



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

CENTRUM SYMULACJI
I KOMPUTEROWYCH GIER WOJENNYCH

ZASTOSOWANIE TEORII PODEJMOWANIA DECYZJI
W ANALIZACH ROZWOJU POTENCJAŁU
BOJOWEGO SIŁ ZBROJNYCH

~~Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/5770
05-005770-002-0~~

WARSZAWA

68701



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

CENTRUM SYMULACJI

I KOMPUTEROWYCH GIER WOJENNYCH

1	WSTĘP	1
2	1.1. WSTĘP	1
3	1.2. WSTĘP	1
4	1.3. WSTĘP	1
5	1.4. WSTĘP	1
6	1.5. WSTĘP	1
7	1.6. WSTĘP	1
8	1.7. WSTĘP	1
9	1.8. WSTĘP	1
10	1.9. WSTĘP	1
11	1.10. WSTĘP	1
12	1.11. WSTĘP	1
13	1.12. WSTĘP	1
14	1.13. WSTĘP	1
15	1.14. WSTĘP	1
16	1.15. WSTĘP	1
17	1.16. WSTĘP	1
18	1.17. WSTĘP	1
19	1.18. WSTĘP	1
20	1.19. WSTĘP	1
21	1.20. WSTĘP	1
22	1.21. WSTĘP	1
23	1.22. WSTĘP	1
24	1.23. WSTĘP	1
25	1.24. WSTĘP	1
26	1.25. WSTĘP	1
27	1.26. WSTĘP	1
28	1.27. WSTĘP	1
29	1.28. WSTĘP	1
30	1.29. WSTĘP	1
31	1.30. WSTĘP	1
32	1.31. WSTĘP	1
33	1.32. WSTĘP	1
34	1.33. WSTĘP	1
35	1.34. WSTĘP	1
36	1.35. WSTĘP	1
37	1.36. WSTĘP	1
38	1.37. WSTĘP	1
39	1.38. WSTĘP	1
40	1.39. WSTĘP	1
41	1.40. WSTĘP	1
42	1.41. WSTĘP	1
43	1.42. WSTĘP	1
44	1.43. WSTĘP	1
45	1.44. WSTĘP	1
46	1.45. WSTĘP	1
47	1.46. WSTĘP	1
48	1.47. WSTĘP	1
49	1.48. WSTĘP	1
50	1.49. WSTĘP	1
51	1.50. WSTĘP	1
52	1.51. WSTĘP	1
53	1.52. WSTĘP	1
54	1.53. WSTĘP	1
55	1.54. WSTĘP	1
56	1.55. WSTĘP	1
57	1.56. WSTĘP	1
58	1.57. WSTĘP	1
59	1.58. WSTĘP	1
60	1.59. WSTĘP	1
61	1.60. WSTĘP	1
62	1.61. WSTĘP	1
63	1.62. WSTĘP	1
64	1.63. WSTĘP	1
65	1.64. WSTĘP	1
66	1.65. WSTĘP	1
67	1.66. WSTĘP	1
68	1.67. WSTĘP	1
69	1.68. WSTĘP	1
70	1.69. WSTĘP	1
71	1.70. WSTĘP	1
72	1.71. WSTĘP	1
73	1.72. WSTĘP	1
74	1.73. WSTĘP	1
75	1.74. WSTĘP	1
76	1.75. WSTĘP	1
77	1.76. WSTĘP	1
78	1.77. WSTĘP	1
79	1.78. WSTĘP	1
80	1.79. WSTĘP	1
81	1.80. WSTĘP	1
82	1.81. WSTĘP	1
83	1.82. WSTĘP	1
84	1.83. WSTĘP	1
85	1.84. WSTĘP	1
86	1.85. WSTĘP	1
87	1.86. WSTĘP	1
88	1.87. WSTĘP	1
89	1.88. WSTĘP	1
90	1.89. WSTĘP	1
91	1.90. WSTĘP	1
92	1.91. WSTĘP	1
93	1.92. WSTĘP	1
94	1.93. WSTĘP	1
95	1.94. WSTĘP	1
96	1.95. WSTĘP	1
97	1.96. WSTĘP	1
98	1.97. WSTĘP	1
99	1.98. WSTĘP	1
100	1.99. WSTĘP	1
101	1.100. WSTĘP	1



ZASTOSOWANIE TEORII PODEJMOWANIA DECYZJI W ANALIZACH ROZWOJU POTENCJAŁU BOJOWEGO SIŁ ZBROJNYCH

101	101	101
102	102	102
103	103	103
104	104	104
105	105	105
106	106	106
107	107	107
108	108	108
109	109	109
110	110	110
111	111	111
112	112	112
113	113	113
114	114	114
115	115	115
116	116	116
117	117	117
118	118	118
119	119	119
120	120	120
121	121	121
122	122	122
123	123	123
124	124	124
125	125	125
126	126	126
127	127	127
128	128	128
129	129	129
130	130	130
131	131	131
132	132	132
133	133	133
134	134	134
135	135	135
136	136	136
137	137	137
138	138	138
139	139	139
140	140	140
141	141	141
142	142	142
143	143	143
144	144	144
145	145	145
146	146	146
147	147	147
148	148	148
149	149	149
150	150	150
151	151	151
152	152	152
153	153	153
154	154	154
155	155	155
156	156	156
157	157	157
158	158	158
159	159	159
160	160	160
161	161	161
162	162	162
163	163	163
164	164	164
165	165	165
166	166	166
167	167	167
168	168	168
169	169	169
170	170	170
171	171	171
172	172	172
173	173	173
174	174	174
175	175	175
176	176	176
177	177	177
178	178	178
179	179	179
180	180	180
181	181	181
182	182	182
183	183	183
184	184	184
185	185	185
186	186	186
187	187	187
188	188	188
189	189	189
190	190	190
191	191	191
192	192	192
193	193	193
194	194	194
195	195	195
196	196	196
197	197	197
198	198	198
199	199	199
200	200	200



Ppłk dr inż. Janusz WOCIAŁ
Płk dr inż. Ryszard WIELEBA

Spis treści

SPIS TREŚCI	2
WPROWADZENIE	3
1 TEORIA PODEJMOWANIA DECYZJI	5
1.1 MODELE PODEJMOWANIA DECYZJI W NORMATYWNEJ TEORII	6
1.2 ZASTOSOWANIA NORMATYWNEJ TEORII PODEJMOWANIA DECYZJI.....	19
2 MODEL PODEJMOWANIA DECYZJI W WARUNKACH PEWNOŚCI	21
2.1 FORMALIZACJA PROBLEMU DECYZYJNEGO W WARUNKACH PEWNOŚCI	21
2.2 KRYTERIA PORZĄDKOWANIA ALTERNATYW DECYZYJNYCH	22
2.3 METODY WYZNACZANIA DECYZJI W SKOŃCZONYM ZBIORZE ALTERNATYW	28
2.4 WARTOŚCIOWANIE WARIANTÓW DECYZYJNYCH.....	32
2.5 MODELOWANIE PROBLEMU OCENOWEGO	40
3 MODEL PODEJMOWANIA DECYZJI W WARUNKACH NIEPEWNOŚCI	44
3.1 FORMALIZACJA PROBLEMU DECYZYJNEGO W WARUNKACH NIEPEWNOŚCI	44
3.2 KRYTERIA PODEJMOWANIA DECYZJI W WARUNKACH NIEPEWNOŚCI.....	45
4 MODEL PODEJMOWANIA DECYZJI W WARUNKACH RYZYKA	56
4.1 FORMALIZACJA PROBLEMU DECYZYJNEGO W WARUNKACH RYZYKA	56
4.2 KRYTERIA PODEJMOWANIA DECYZJI W WARUNKACH RYZYKA.....	57
5 MODEL PODEJMOWANIA DECYZJI W WARUNKACH KONFLIKTOWYCH (GROWYCH) 63	
5.1 FORMALIZACJA PROBLEMU DECYZYJNEGO DLA GIER DWUOSOBOWYCH O SUMIE WYPŁAT ZERO	64
5.2 REGUŁY PODEJMOWANIA DECYZJI W WARUNKACH GROWYCH.....	66
6 SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI	69
6.1 KLASYCZNE SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI	73
6.2 SYSTEMY INFORMACYJNE DLA KIEROWNICTWA (EIS).....	78
6.3 SYSTEMY EKSPERCKIE (EXPERT SYSTEM)	81
6.4 SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI Z BAZĄ WIEDZY	83
6.5 SYSTEM Wczesnego ostrzegania.....	95
ZAKOŃCZENIE	98
BIBLIOGRAFIA	99
1 ANALIZA DECYZJI Z ZASTOSOWANIEM SYSTEMU EXPERT CHOICE	101
1.1 CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU <i>EXPERT CHOICE</i>	101
1.2 PRACA Z SYSTEMEM <i>EXPERT CHOICE</i>	104
1.3 POZYSKIWANIE OCEN OD DECYDENTA.....	108
1.4 ANALIZA WRAŻLIWOŚCI	119

uwagi na rodzaj informacji, w szerokiej teorii decyzji mamy do czynienia z następującymi klasami modeli: (1) modelami deterministycznymi (w warunkach pewności), (2) modelami w warunkach ryzyka oraz (3) modelami w warunkach niepewności. Modele deterministyczne to takie, w których parametry są znane i stałe. Z sytuacjami ryzykownymi mamy do czynienia, gdy zadana są rozkłady prawdopodobieństwa zmiennej losowej. Sytuacje niepewne wywołują się brakiem znajomości rozkładów, wpływające właściwie dotyczy zaś reguł zachowania się przeciwnika znajdującego się w stanie konfliktu (np. w teorii gier).

Wprowadzenie

Prezentowane opracowanie „Zastosowanie teorii podejmowania decyzji w analizach rozwoju potencjału bojowego sił zbrojnych” zrealizowane zostało w ramach pracy naukowo – badawczej (poz. 7.12.0.0 w „Planie zadaniowo – finansowym działalności naukowej AON na lata 2000 – 2003”).

W rozwoju cywilizacyjnym świata nie było chyba takich czasów, aby lekceważono poprawność podejmowania decyzji, aby nie próbowano optymalizować ich skutków albo, aby nie starano się podejmować decyzji racjonalnych. W warunkach współczesnych jest podobnie (nie będziemy pisać, że szczególnie(!)). Sprawność dowodzenia wojskami, zarządzania firmami i przedsięwzięciami, kierowania personelem, administrowania zasobami, sterowania systemami jest jednym z głównych postulatów współczesności. Do jego realizacji potrzebna jest zatem, gruntowna wiedza z zakresu teorii podejmowania decyzji (badań operacyjnych) oraz efektywne systemy wspomagania procesu podejmowania decyzji.

W procesie podejmowania decyzji mamy do czynienia przede wszystkim z optymalizacją warunkową. Oznacza to, że uwzględniając zbiór warunków ograniczających, poszukujemy największej lub najmniejszej wartości funkcji – kryterium. W modelach takich ograniczenia odwzorowują relacje techniczno – bilansowe analizowanego systemu, dostępność zasobów, relacje z otoczeniem. Mogą one być wyrażone w dowolnych jednostkach miary (w skali kardynalnej). Innymi słowy, układ ograniczeń reprezentuje to, co jest dla systemu „możliwe i konieczne”. Funkcja- kryterium określa cel działania systemu wyrażony ilościowo. Im jej wartość jest większa lub odpowiednio mniejsza, tym lepiej dla analizowanego systemu.

W pracy przedstawione zostały podstawowe klasy modeli podejmowania decyzji. Z uwagi na rodzaj informacji, w normatywnej teorii decyzji mamy do czynienia z następującymi klasami modeli: (1) modelami deterministycznymi (w warunkach pewności), (2) modelami w warunkach ryzyka oraz z (3) modelami w warunkach niepewności. Modele deterministyczne to takie, w których parametry są znane i stałe. Z sytuacjami ryzykownymi mamy do czynienia, gdy zadane są rozkłady prawdopodobieństwa zmiennej losowej. Sytuacje niepewne wyróżniają się brakiem znajomości rozkładów, informacje wejściowe dotyczą zaś reguł zachowania się przeciwnika znajdującego się w stanie konfliktu (np. w teorii gier).

Prezentowane opracowanie stanowi syntezę przeprowadzonych analiz i refleksji teoretycznych nad zastosowaniem znanych metod normatywnej teorii decyzji w badaniu sił zbrojnych i ich potencjału bojowego. Zasadność stosowania metod normatywnej teorii podejmowania decyzji jest oczywista, albowiem w normatywnym nurcie teorii podejmowania decyzji określa się reguły podejmowania decyzji racjonalnych (optymalnych), które można lub powinno się stosować w określonej sytuacji decyzyjnej. Przedstawione zostały zatem podstawowe problemy dotyczące modeli decyzyjnych. Omówiono aspekty metodyczne i merytoryczne ich dotyczące. Sformułowane zostały schematy poprawnego postępowania w stosowaniu każdego z nich. Przypomniano, że celem budowy modeli nie jest jedynie opisanie (i identyfikacja) badanego przedmiotu, ale wyjaśnienie prawidłowości jego funkcjonowania (zachowania się), a przede wszystkim – sterowanie nim tak, aby osiągnąć w możliwie optymalnym (w sensie przyjętych kryteriów) znaczeniu – pożądany cel. Treści ogólnoteoretyczne zostały udokumentowane przykładami ich stosowania.

Praca składa się z wprowadzenia, sześciu rozdziałów merytorycznych, zakończenia, bibliografii i załącznika. W załączniku przedstawiono przeprowadzenie analizy decyzyjnej w oparciu o system *Export Choince* opracowany przez prof. Saaty'ego (USA), który jest implementacją modelu ocenowego w oparciu o metodę porównywania parami z *metakryterium* typu addytywnej funkcji ważonej, agregującej wymiary. W rozdziałach merytorycznych omówione zostały: (rozdział 1) istota normatywnej teorii podejmowania decyzji, (rozdział 2) model podejmowania decyzji w warunkach pewności, (rozdział 3) model podejmowania decyzji w warunkach niepewności, (rozdział 4) model podejmowania decyzji w warunkach ryzyka, (rozdział 5) model podejmowania decyzji w warunkach konfliktowych, (rozdział 6) systemy wspomaganie decyzji.

1 Teoria podejmowania decyzji

Teoria podejmowania decyzji (decision making theory) to kształtujący się system twierdzeń dotyczący zasad, metod i warunków rozwiązywania problemów w określonych sytuacjach decyzyjnych i na różnych szczeblach zarządzania (złożoność układów organizacyjnych) oraz dokonywania wyborów rozwiązań optymalnych.

Nauka ma poważny dorobek w zakresie teorii podejmowania decyzji. Wykształciła nawet w tym względzie trzy teorie: **normatywną, psychologiczną i socjologiczną.**

Teoria normatywna wykorzystuje do preparacji decyzji *modele matematyczne* (programowanie liniowe, teorię gier) oraz *technikę komputerową*. Dzięki opracowanym modelom prognozuje się zmiany w otoczeniu, przepowiada wyniki różnych działań i ocenia je pod kątem ich wpływu na przyszłość organizacji. Teoria ta znajduje zastosowanie przede wszystkim tam, gdzie jest możliwa kwantyfikacja informacji "wejściowych", tj. w tych dziedzinach, w których można ustalić mierzalne czynniki problemu decyzyjnego

Teoria psychologiczna jest zbiorem twierdzeń o rozwiązywaniu zadań decyzyjnych przez ludzi, którzy realizując ten proces dążą do osiągnięcia pewnych stanów rzeczy. Próbuje ona przewidywać i wyjaśniać czynności (procesy) decyzyjne człowieka, zwracając szczególną uwagę na jego zachowanie się w czasie rozwiązywania problemu decyzyjnego, a więc w sytuacji działania i wyboru. Zachowanie to zależy głównie od rodzaju i założeń sytuacji decyzyjnej, rodzaju i struktury cech osobowościowych decydenta, a także od subiektywnej percepcji ryzyka.

Teoria socjologiczna bada uwarunkowania i formułuje zalecenia odnoszące się do podejmowania decyzji w kontekście interakcji społecznych w organizacji oraz stosowanego w niej stylu kierowania. Szczególnie interesuje się takimi problemami, jak decyzje kierownicze jako składnik roli zawodowej kierownika, czynniki determinujące decyzje kierownicze, decyzje indywidualne a decyzje zespołowe, sposoby przekazywania decyzji, konflikty na tle rozwiązywania problemów decyzyjnych oraz podejmowania decyzji itp.

1.1 Modele podejmowania decyzji w normatywnej teorii

Zanim opiszemy modele decyzyjne w normatywnej teorii podejmowania decyzji, uwagę skoncentrujemy na kilku podstawowych definicjach pojęć i ich własnościach,

1.1.1 Decyzja i jej klasyfikacje

Określenie treści jakiegoś pojęcia, które może być ujmowane z różnych punktów widzenia, nie jest sprawą prostą, wymaga pogodzenia tej różności i ujęcia w jedną spójną całość. Różni autorzy różnie ujmowali treść pojęcia decyzji, w zależności od wyznawanej filozofii człowieka, płaszczyzny odniesienia, realizowanych celów, typu zjawisk, do których problem decyzji miał się odnosić, itp. Poniżej, w tabeli 1 przytoczymy kilka przykładów:

Tabela 1. Poglądy na definicję decyzji

<i>Autor</i>	<i>Definicja</i>
J. Ferrier	Decyzja polega na wyborze opierającym się na preferencjach i porównaniach.
M. Frank	Podejmowanie decyzji polega na rozważeniu wielu możliwych działań w przyszłości, porównaniu ich i zdecydowaniu, który z wariantów jest najodpowiedniejszy.
W. Flakiewicz	Decyzja jest procesem transmisji przekształcającej podstawę decyzji w zbiór wariantów, z których wybrana zostaje, w drodze aktu decyzyjnego, decyzja ostateczna.
A. Koźmiński	Za decyzję uważa się świadomy (nielosowy) wybór jednego z rozpoznanych i uznanych za możliwe wariantów przyszłego działania.
J. Kurnal	Podejmowanie decyzji polega na akcie świadomego wyboru jednego z rozpoznanych i dostępnych wariantów działania.
W. Menzel	Podejmowanie decyzji oznacza wybór z kilku możliwości, poprzedzonych kilkoma etapami: Planowanie decyzji, przygotowanie decyzji; Podjęcie decyzji, sterowanie jej realizacją; Kontrola wyników.
J. O'Shaughnessy	Podejmowanie decyzji oznacza: dokonywanie wyboru spośród szeregu możliwych kierunków działania.
H. Simon	Wybór świadomy z wielu możliwości
J. Targalski	Decyzja to szczególny rodzaj procesu umysłowego i logiczne rozłożenie go na elementy. Pozwala sformułować wzorcowy, idealny wzorzec postępowania decydenta, podejmującego decyzje racjonalne.
J. Zieleniewski	Decydowanie to dokonywanie nielosowego wyboru w działaniu.

Podstawowe kryterium klasyfikacji decyzji dotyczy szczebla (poziomu) zarządzania, na jakim decyzja jest podejmowana. W każdej organizacji wyróżnia się trzy szczeble zarządzania: strategiczny, taktyczny i operacyjny. W tabeli 2 przedstawiono przykłady decyzji ze względu na szczebel zarządzania w kilku wyróżnionych aspektach.

Tabela 2. Charakterystyka rodzajów decyzji

<i>Elementy Charakterystyki</i>	<i>Rodzaje decyzji</i>		
	strategiczne	taktyczne	operacyjne
Rodzaj problemu	Kierunki rozwoju działalności instytucji	Zapewnienie warunków do sprawnej realizacji celów instytucji	Optymalizacja wykorzystania zasobów instytucji
Istota problemu	Alokacja ogółu zasobów w zależności od możliwości określonych przez otoczenie	Pozyskiwanie, organizacja i rozwój zasobów	Zastosowanie zasobów; Nadzór i kontrola
Najważniejsze cele	Cele i zadania, strategia dywersyfikacji, strategię w zakresie finansów i administracji, metody rozwoju	Organizacja i struktura informacji, odpowiedzialności; pozyskiwanie zasobów i ich rozwój; Środki pieniężne; Narzędzia i przedmioty pracy; Ludzie	Cele i zadania operatywne; Organizacja zaopatrzenia produkcji i zbytu; Kontrola procesów
Ogólna charakterystyka decyzji	Decyzje scentralizowane, niepowtarzalne, jednostkowe, podejmowane rzadko	Rozwiązujące konflikty między strategią i wykonawstwem; rozwiązujące konflikty między celami indywidualnymi i celami instytucji	Decyzje zdecentralizowane; powtarzalne, duża liczba, podejmowana często

Innym, często stosowanym kryterium klasyfikacyjnym jest aspekt strukturalizacji problemu decyzyjnego (tabela 3). Istotnie ważne jest bowiem, czy decyzja jest:

- decyzja programowalna – czyli decyzją dotyczącą rutynowych problemów, określoną przez zasady, procedury lub zwyczaje. Decyzje programowalne są decyzjami ułatwiającymi podejmowanie decyzji w powtarzających się sytuacjach.
- decyzja nieprogramowalna – czyli decyzją dotyczącą nie rutynowych problemów, opracowywaną w procesie o nie określonej z góry strukturze. Decyzje nieprogramowalne to decyzje w sprawach nietypowych lub wyjątkowych. Problem wymaga decy-

zji nieprogramowalnych jeśli występuje zbyt rzadko aby być przedmiotem ustalonych zasad programowania albo gdy jest tak ważny, że wymaga szczegółowego potraktowania.

Tabela. 3. Tradycyjne i nowoczesne techniki podejmowania decyzji programowalnych i nieprogramowalnych

<i>Rodzaje decyzji</i>	<i>Techniki decyzyjne</i>	
	<i>tradycyjne</i>	<i>Nowoczesne w oparciu o systemy wspomagania decyzji</i>
<p>Programowalne: rutynowe, dobrze ustrukturyzowane, powtarzalne.</p> <p>Organizacja wypracowała określone procesy ich rozwiązywania</p>	<p>1. zwyczaj 2. rutyna biurowa: standardowe procedury 3. struktura organizacyjna: wspólne oczekiwania, system celów niższego rzędu, dokładnie zdefiniowane kanały informacyjne</p>	<p>1. badania operacyjne: analiza matematyczna, modele, symulacja komputerowa 2. przetwarzanie danych</p>
<p>Nieprogramowalne: jednorazowe, słabo ustrukturyzowane, nowe.</p> <p>Rozstrzygnięcie za pomocą ogólnych procesów rozwiązywania problemów</p>	<p>1. osąd, intuicja, twórczość 2. reguły robocze 3. dobór i szkolenie kierowników</p>	<p>Technika heurystycznego rozwiązywania problemów stosowana do:</p> <ul style="list-style-type: none"> • szkolenia podejmujących decyzje • konstruowania heurystycznych programów komputerowych

Różnorodność rodzajów i typów decyzji, z jakimi możemy mieć do czynienia pokazana została w tabeli 4. Różnorodność ta wynika z przyjętych kryteriów klasyfikacji, tj. opartych o systemowe cechy przedmiotu, stanowiącego problem decyzyjny – decyzyjnego jednej strony i podmiotu decyzyjnego – z drugiej strony.

Tabela 4. Podstawowe elementy analizy decyzyjnej

<i>Elementy</i>	<i>Rodzaje, typy, cechy</i>
Potrzeby (przyczyny decyzji)	<ul style="list-style-type: none"> • Zewnętrzne • Wewnętrzne
Cele (kryteria wyboru)	<ul style="list-style-type: none"> • Zaspokojenie potrzeb • Uzyskanie akceptacji otoczenia • Usprawnienie organizacji • Maksymalizacja wartości efektów • Minimalizacja wartości strat • Maksymalizacja jakości wyrobów • Zachowanie równowagi • Wzrost
Uczestnicy procesu decyzyjnego	<ul style="list-style-type: none"> • Indywidualni • Kolektyw • Udział doradców, ekspertów itp.
Informacje (jako podstawa decyzji)	<ul style="list-style-type: none"> • Pełne (niepełne) • Aktualne (nieaktualne) • Zawodne (niezawodne)
Liczba możliwych wariantów	<ul style="list-style-type: none"> • Jeden wariant • Wiele wariantów
Typ procedur decyzyjnych	<ul style="list-style-type: none"> • Zrutynizowana lub intuicyjna • Analityczna
Typ kryteriów wyboru (oceny efektywności)	<ul style="list-style-type: none"> • Skwantyfikowany (ilościowy) • Nie skwantyfikowany (jakościowy)
Charakter skutków	<ul style="list-style-type: none"> • Rozpoznane (pewne) • Nie rozpoznane (niepewne, ryzykowne)
Technologia procesów decyzyjnych	<ul style="list-style-type: none"> • Tradycyjna • Informatyczna (komputerowe wspomaganie decyzji)

1.1.2 Model podejmowania decyzji racjonalnych

Człowiek myślący i rozsądny racjonalnie postrzega otaczający go świat i racjonalnie ocenia obserwowaną rzeczywistość. Dlatego zajmować się będziemy zasadami racjonalności w analizowaniu sytuacji problemowych i podejmowaniu decyzji w sytuacjach decyzyjnych¹.

¹ Nie interesują nas tutaj, tak ważne z drugiej strony zagadnienia, jak cele (godne, niegodne), wartości (szlachetne, haniebne), etyka. Rzeczywistość jest zbyt złożona, aby możliwe było powiedzieć wszystko jednocześnie!

Dlatego interesować nas będą zagadnienia podejmowania decyzji racjonalnych, tj. takich, które spełniają warunki optymalizacji warunkowej. Oznacza to, że *uwzględniając zbiór warunków ograniczających, poszukujemy największej lub najmniejszej wartości funkcji – kryterium*. Innymi słowy, poszukujemy najlepszego rozwiązania w danym układzie ograniczeń, czyli takiego działania, które jest jednocześnie „możliwe i konieczne”.

Decydent, który podejmuje takie decyzje nazywany jest *decydem racjonalnym*. Jednak nie zawsze tak jest. Nie zawsze dysponujemy pełną i wiarygodną informacją o problemie decyzyjnym, nie zawsze też dysponujemy wymaganym czasem do pełnego rozważenia sytuacji decyzyjnej, albo po prostu nie wiemy, nie umiemy, nie chcemy takich decyzji podjąć! Jeżeli decydent podejmuje decyzje w warunkach niepełnej informacji, to mówimy o *ograniczonej racjonalności*. Jeżeli decydent godzi się na zadowalające go rozwiązanie pamiętając jednak o celach organizacji, to możemy mówić o podejmowaniu *decyzji zadowalających*.

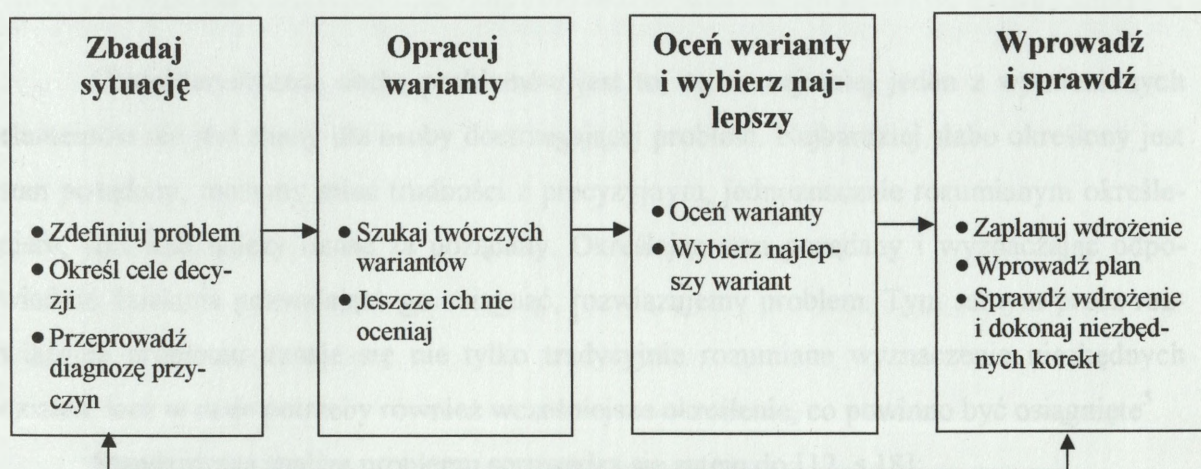
Natomiast pod pojęciem *podejmowanie decyzji* rozumiemy proces rozpoznawania wyboru określonego kierunku działania, prowadzącego do rozwiązywania konkretnego problemu. Przy podejmowaniu decyzji, rozwiązywaniu problemów decyzyjnych bardzo ważny jest czas jaki mamy, dostępne siły i środki, sytuacja wewnętrzna systemu (słabe i mocne strony organizacji) i zewnętrzna jego otoczenia (zagrożenia i szanse), a także antycypacja zmian zachodzących lub mogących zajść w systemie i jego otoczeniu.

Racjonalny model podejmowania decyzji sprecyzować można tak, jak na rys. 1. Racjonalny model podejmowania decyzji jest czteroetapowym procesem ułatwiającym decydentowi rozwiązanie problemu i wybór z wielu możliwości tej, która zapewnia największą korzyść i szansę powodzenia. Realizowany jest w następujący sposób:

1. **Etap I – Analiza sytuacji** (zbadanie sytuacji) – obejmuje on zbadanie problemu, ustalenie jego przyczyn, określenie celu podjęcia decyzji.
2. **Etap II – Wyszukiwanie możliwych rozwiązań** – obejmuje poszukiwanie twórczych, często abstrakcyjnych rozwiązań, na razie ich nie oceniając. Czasami jest tu stosowana „burza mózgów” – swobodne proponowanie przez grupę lub jednostki wielu różnych możliwości choćby wydawały się nierealne lub fantastyczne.
3. **Etap III – Ocena możliwych rozwiązań i wybór najlepszego z nich** – w etapie tym należy zastanowić się: czy rozpatrywane możliwości są realne do realizacji, czy nie, czy dysponujemy środkami do ich realizacji, czy dana wybrana najlepsza możliwość stanowi rozwiązanie zadowalające oraz jakie będą możliwe konsekwencje dla organi-

zacji po wdrożeniu decyzji. Decyzja może także wpływać na całe otoczenie (np. konkurentów), należy więc próbować przewidywać ewentualne reakcje otoczenia.

4. **Etap IV** – Obejmuje **wdrożenie decyzji i śledzenie jej skutków**. Kierownicy opracowują budżet i programy działań na które są zdecydowani, umożliwiając w przyszłości pomiar i kontrolę osiąganych postępów w zamierzonych kategoriach. Należy pamiętać o ryzyku bądź niepewności z którymi wiąże się realizacja danej alternatywy, sprawdzić czy skuteczność działania poszczególnych ludzi jest zgodna z oczekiwaniami, jak reaguje konkurencja.



Rys. 1. Przedsięwzięcia związane z wyszukaniem i wdrożeniem rozwiązań problemów

Źródło: J.A.F. Stoner, Ch. Wankel, *Kierowanie*, Warszawa 1992, s. 132.

1.1.3 Sytuacja problemowa, a sytuacja decyzyjna

Cechą rozpoznawczą rozpatrywanych sytuacji będzie zawsze to, że nie potrafimy natychmiast dać odpowiedzi na pytanie: *jakie powinno być nasze działanie?* Z reguły zawsze wtedy będziemy mówić o zaistnieniu problemu². Jeżeli sprawa dotyczy jednej osoby, to mamy do czynienia z problemem indywidualnym, jeżeli jakiejś szerszej grupy ludzi – z problemem zbiorowym.

² Natomiast w potocznym znaczeniu problem to jakieś zagadnienie, sprawa do rozwiązania, zadanie do rozstrzygnięcia czy bezwzględnego wykonania [27, s. 37].

Problem decyzyjny to postrzegane przez osobę³ odchylenie między tym, co w rzeczywistości jest lub co może w niej stać się przy naszej bierności, a tym, co dana osoba w tej sytuacji uznaje za pożądane, przy czym w okresie postrzegania osoba nie wie, jak zlikwidować bądź uniknąć tego odchylenia⁴.

Tak sformułowana definicja problemu akceptuje trzy podstawowe elementy:

1. **stan wyjściowy** – postrzegany przez osobę stan istniejący,
2. **stan pożądany** – stan określony przez osobę jako docelowy
3. **działania** – wszelkie myślowe lub fizyczne aktywności pozwalające osiągnąć stan pożądany

Charakterystyczną cechą problemów jest to, że co najmniej jeden z wymienionych elementów nie jest znany dla osoby dostrzegającej problem. Najbardziej słabo określony jest stan pożądany, możemy mieć trudności z precyzyjnym, jednoznacznie rozumianym określeniem, jaki stan należy uznać za pożądany. Określając stan pożądany i wyznaczając odpowiednie działania pozwalające go osiągnąć, rozwiązujemy problem. Tym samym przez rozwiązanie problemu uznaje się nie tylko tradycyjnie rozumiane wyznaczenie niezbędnych działań, lecz w razie potrzeby również wcześniejsze określenie, co powinno być osiągnięte⁵.

Standardowa analiza problemu sprowadza się zatem do [12, s.18]:

1. **rozpoznania** stanu wyjściowego
2. **określenia** stanu pożądanego
3. **poszukiwania** rozwiązania

Człowiek, przed którym staje problem decyzyjny, czuje się niejako wezwany do własnej aktywności ukierunkowanej na rozstrzygnięcie tego problemu. Aktywność ta wynikać może z [37, s. 38]:

- Powinności działania (obowiązku odpowiedniego zachowania się);
- Możliwości działania (uprawnienie do działania w określonej sferze);

³ Z psychologicznego punktu widzenia wiemy, że umysł człowieka realizuje (tu interesujące) trzy metafunkcje: analizowanie, syntetyzowanie i wyobrażenie oraz ocenianie. Te trzy funkcje są w użyciu we wszystkich stosowanych formach efektywnego myślenia – podczas podejmowania decyzji, rozwiązywania problemów oraz myślenia twórczego i innowacyjnego. {patrz [1, s.13]}

⁴ Problem decyzyjny to odchylenie między stanem pożądanym, tj. tym, co powinno lub mogłoby być, a stanem rzeczywistym – B. Wawrzyniak, *Encyklopedia Organizacji i Zarządzania*, 1981, s. 386.

⁵ Przyjęcie takiego aspektu, pozwala rozróżnić problem od zadania, które w odróżnieniu od problemu cechują się tym, że wszystkie elementy wymieniane w ujęciu problemu są formalnie znane, a wyznaczenie rozwiązania polega na umiejętnej technice wyznaczenia poszukiwanych działań.

- Psychicznego dążenia do celu;
- Faktu znalezienia się w sytuacji koniecznościowej;
- Posiadania określonej władzy w stosunku do rzeczy lub ludzi.

Problem decyzyjny jest prawie zawsze swoistym impulsem ukierunkowującym wolę i intelekt człowieka na potrzebę rozwiązania określonego zagadnienia, istotnego z punktu widzenia pewnych celów.

Jeżeli poszukując rozwiązania potrafimy określić tok postępowania ujęty w skończoną liczbę reguł służących do rozwiązania problemu / zadania, wówczas sprecyzować można **algorytm**. W zależności od klasy problemu i przyjętej (opracowanej) metody (algorytmu) jego rozwiązania, możemy uzyskać rozwiązanie:

- dokładne
- przybliżone (aproxymowane)
- heurystyczne

W ogólności problemy odzwierciedlają w różny sposób rozbieżności między tym, co postrzegamy, a tym, co pragniemy osiągnąć. Wyróżnić więc możemy:

- czego nie ma, a powinno być (problemy innowacyjne);
- co jest, ale powinno być inaczej (problemy modyfikacyjne);
- co jest, a czego być nie powinno (problemy likwidacyjne).

1.1.4 Strukturalizacja problemu

Jednym z głównych elementów problemu jest, jak powiedziano, stan pożądany, a więc taki, który odzwierciedlałby nasze pragnienia czy też życzenia. Zawsze w takiej sytuacji należy zdać sobie sprawę z tego, czy to, co jest chciane, jest realnie osiągalne?

Jeżeli z pojęciem „stanu pożadanego” zwiążemy motywacje łączące się z pewnymi zobowiązaniami jego osiągnięcia, to zamiast „stan pożądany” można mówić o **celach, które chcemy osiągnąć**. A zatem rozpoznanie problemu wiąże się z określeniem celów, do których realizacji należy wyznaczyć odpowiednie działanie. Poprawne określenie celów wymaga przestrzegania pewnych zasad formalnych. Cel określamy za pomocą **charakterystyki**.

Sformułowanie celów polega na podaniu warunków, jakie mają spełniać wartości (znaczenia) poszczególnych charakterystyk oraz związków czy zależności między tymi warunkami.

W każdym realnym problemie określony jest na ogół nie jeden, lecz wiele celów. Ich lista nie pojawia się jako gotowy zestaw, lecz jest tworzona sukcesywnie w trakcie analizy i precyzacji problemu. Zbiór wyspecyfikowanych celów należy uporządkować. Przez porządkowanie zbioru celów uzyskuje się **strukturalizację problemu**. Strukturalizacja jest czynnością wymagającą zarówno właściwego wyspecyfikowania celów, jak i starannego określenia warunków i relacji między stawianymi wymaganiami. Dokonując przeglądu przyjętych celów należy zwrócić uwagę na to, między którymi z nich występują następujące relacje:

- identyczności,
 - komplementarności,
 - neutralności,
 - konkurencji,
 - antynomii.
- **Identyczność celów** oznacza po prostu, że to samo pragnienie zostało przedstawione przez odmienne aspekty, a w konsekwencji przez różne charakterystyki. Ponieważ w istocie rzeczy chodzi o to samo, zbiór nie powinien zawierać identycznych celów i zbędne powinny być z niego usunięte.
 - **Komplementarność celów** można stwierdzić na podstawie rozpatrzenia propozycji rozwiązań. O komplementarności dwóch celów mówimy wtedy, gdy lepszemu osiągnięciu jednego z nich towarzyszy również lepsze osiągnięcie drugiego.
 - **Neutralność celów** stwierdza się wtedy, gdy lepsze lub gorsze osiągnięcie jednego nie ma żadnego związku z osiągnięciem drugiego.
 - **Konkurencja celów** odzwierciedla sytuację, w której propozycja pozwalająca lepiej osiągnąć jeden z nich oznacza pogorszenie osiągnięcia drugiego.
 - **Antynomia**, podobnie jak identyczność, oznacza ogólne stwierdzenie, że wymagania określające te cele wykluczają się wzajemnie. Zbiór celów zawierający chociaż jedną parę takich celów nazywamy sprzecznym. Aby ją usunąć, wystarcza na ogół zmodyfikować warunki określające takie cele lub zrezygnować z jednego z nich.

W fazie precyzowania problemu jedynie relacje identyczności i antynomii są bardzo ważne i muszą być sprawdzone w celu usunięcia celów powtarzających się i skorygowania

celów wykluczających się. Informacje o pozostałych relacjach mają znaczenie w fazie poszukiwania rozwiązania.

Po dokonaniu niezbędnych zmian w zbiorze celów należy dokonać analizy pozwalającej na ich **hierarchizację**. W tym celu rozstrzygnąć należy, które cele są:

- **podstawowe**
- **pomocnicze**

Celem podstawowym nazwiemy taki, którego pragnienie osiągnięcia wynika wyłącznie z woli osoby rozpatrującej problem, wobec czego nie wymaga innego uzasadnienia. Od razu należy zastrzec, że samo zaklasyfikowanie pewnego celu do podstawowych nie musi oznaczać jego ważności. W gronie celów podstawowych mogą znaleźć się cele zarówno o dużej doniosłości, niemal rozstrzygające o istocie problemu, jak i zupełnie błahe.

Cel pomocniczy jest również określany przez tę samą osobę, ale w zamyśle jego osiągnięcie ma wspomagać osiągnięcie pewnego celu podstawowego. Niekiedy o roli, jaką rzeczywiście odgrywa konkretny cel, można mówić dopiero po konfrontacji wszystkich celów. Wprowadzony podział na ogół nie jest jednoznaczny i wyraźnie zależy od okoliczności, w jakich rozpatrywany jest problem.

W problemie, w którym wszystkie cele są równorzędne, to tworzą one strukturę **jednopoziomową**. Jeżeli cele podstawowe osiągane są za pomocą celów pomocniczych, (a te z kolei przez inne cele pomocnicze, wtedy stają się dla nich celami pomocniczymi) to wówczas cele tworzą **strukturę hierarchiczną**.

Dotychczas mówiąc o relacjach między celami, zwracano uwagę na strukturę zależności między nimi. Nie mniej ważne jest uwzględnienie, jak dalece zależy nam na osiągnięciu każdego z celów. Należy więc odpowiedzieć na czym polegać ma ważność celów i różnicowanie tej ważności. Wstępnie wyróżniamy:

1. **Cele kateryczne**. Propozycja rozwiązania musi spełniać warunek określający dany cel. Jeżeli go nie ma zostanie odrzucona.
2. **Cele referencyjne**. Propozycja rozwiązania powinna spełniać warunek określający dany cel. Nie wyklucza się jednak akceptacji propozycji rozwiązania formalnie nie spełniającej warunku, jeśli odchylenie nie przekracza pewnych granic tolerancji ustalonych z góry.

3. **Cele wzbogacające.** Spełnienie warunku jest co prawda pożądane, ale nawet nie osiągnięcie tego celu nie musi wykluczać propozycji rozwiązania.

W ramach każdej z tych kategorii można wprowadzić uporządkowanie ważności (co posiada duże znaczenie zarówno praktyczne, jak i formalne).

Formy warunków określających cele:

1. **Warunki punktowe.** Rozpatrywany aspekt rozwiązania może przyjąć jedną określoną wartość. Każda inna dyskwalifikuje propozycję rozwiązania.
2. **Warunki wyliczeniowe.** Rozpatrywany aspekt rozwiązania może przyjąć jedną wartość z ustalonego, skończonego zbioru wartości. Każda inna dyskwalifikuje propozycję rozwiązania.
3. **Warunki przedziałowe.** Warunki tego typu mogą być stawiane, gdy wartości aspektów mogą być mierzone za pomocą liczb. Warunek przedziałowy oznacza, że znaczenie aspektu powinno wyrażać się liczbą z zadanego przedziału.
4. **Warunki kierunkowe.** Ten typ warunku może być formułowany, gdy w odniesieniu do różnych realizacji znaczeń danego aspektu można orzec, która realizacja jest preferowana, a więc „lepsza”. warunek tego typu wskazuje kierunek preferencji.

Dość powszechnie uważa się, że dobre rozpoznanie problemu to połowa sukcesu w procesie uzyskania rozwiązania. W przypadku problemów realnych, nie osobistych, formułowanie problemu, a na końcu propozycja jego rozwiązania podlegają pewnej kontroli zainteresowanego otoczenia. Dlatego proces rozwiązywania powinien przebiegać zgodnie z regułami wynikającymi z doświadczeń. Zbiór tych reguł nie może być traktowany rygorystycznie. Dlatego określa się go mianem **scenariusza**.

Ogólnie można wyróżnić następujące fazy **scenariusza** analizy problemu:

1. **Fundamentalne ujęcie problemu.** W tej fazie następuje dostrzeżenie problemu, rozpoznanie, co w nim jest istotne, i wychwycenie wstępnych o nim informacji.
2. **Sformułowanie problemu.** W tej fazie następuje precyzowanie zakresu i szczegółowości problemu (zapis problemu przedstawiony w języku naturalnym lub sformalizowanym, ale dostępny dla innych osób).

3. **Poszukiwanie rozwiązania.** W tej fazie wymaga się twórczego myślenia wspomaganego odpowiednimi metodami o charakterze formalnym (logika, matematyka).
4. **Akceptacja rozwiązania.** Ponieważ problem nie jest zadaniem, to propozycja rozwiązania problemu wymaga akceptacji, wyboru wariantu rozwiązania.
5. **Postanowienia.** W tej fazie zapadają postanowienia realizacyjne: Tak albo nie.

1.1.5 Problemy decyzyjne i sytuacje decyzyjne

Punktem wyjścia do dalszych rozważań są sytuacje, w których efektem przemyśleń nad problemem będzie nie jedna, lecz co najmniej dwie propozycje wskazujące, że każda z nich może być uznana za rozwiązanie i że niezbędne jest rozstrzygnięcie, która z nich stanie się nim rzeczywiście. Mówimy wtedy o **sytuacjach decyzyjnych**. Sam zaś problem zaklasyfikowany zostanie do klasy **problemów decyzyjnych**. Cechą charakterystyczną problemu decyzyjnego jest to, że z samej jego treści nie wynika zasada rozstrzygnięcia, którą z propozycji należy uznać za rozwiązanie. W celu dokonania wyboru należy określić reguły pomocnicze. Każdą z propozycji, w odniesieniu do której nie ma podstaw do jej odrzucenia nazwiemy **rozwiązaniem dopuszczalnym**. Zbiór rozwiązań dopuszczalnych będzie tworzyć **pole decyzyjne**. Ponieważ jako rozwiązanie ma być wskazana jedna propozycja z wielu rozwiązań dopuszczalnych, to elementami pola decyzyjnego są **alternatywy** rozwiązań. Pomocniczą regułą wskazującą rozwiązanie spośród alternatyw nazywamy **funkcją decyzyjną**⁶. Określenie *funkcja decyzyjna* ma charakter formalny, bowiem w przypadku subiektywnych⁷ wskazań zasady wyboru mówimy o **regule wyboru**. Rozwiązanie wskazane zgodnie z przyjętą procedurą wyboru nazywamy **decyzją**. Osobę uprawnioną do określenia funkcji decyzyjnej (reguły wyboru) nazywa się **decydentem**.

Poprawne określenie funkcji decyzyjnej (reguły wyboru) stanowi o racjonalności wyboru (decyzji). Odwołując się do racjonalności, należy wyraźnie podkreślić, że nie należy jej mylić z użytecznością. Decyzja racjonalna nie jest tożsama z decyzją użyteczną. Oczywiście, trudno sobie wyobrazić, aby ktoś nie pragnął wskazać rozwiązania korzystnego z punktu widzenia problemu.

⁶ Szerszym pojęciem jest funkcja użyteczności. To podstawowe pojęcie występuje w problemach decyzyjnych w których używane są subiektywne funkcje korzyści i subiektywne prawdopodobieństwa.

⁷ jeszcze innym wskazaniem może być po prostu losowanie.

W odniesieniu do problemów decyzyjnych zasada racjonalności opiera się na dwóch postulatach:

1. **Postulat dominacji.** Z dwóch propozycji dopuszczalnych rozwiązań uznajemy za lepszą tę w której przynajmniej jeden aspekt jest korzystniejszy niż w drugiej, a pod każdym innym względem nie jest od niej gorsza.
2. **Postulat przechodności.** Jeżeli w wyniku porównań uznajemy propozycję *A* za lepszą od *B*, a z kolei propozycję *B* za lepszą niż *C*, to konsekwentnie powinniśmy uznać, że propozycja *A* jest lepsza niż *C*.

Podstawową regułą decyzyjną stosowaną w procesie racjonalnego decydowania jest reguła maksymalizacji korzyści. Ze względu na jakość informacji opisujących sytuację decyzyjną, reguła maksymalizacji korzyści przyjmuje postać następujących reguł – tabela 5.

Tabela 5. Reguły podejmowania decyzji /w matematycznej teorii podejmowania decyzji/

	ELEMENTY OPISU PROBLEMU DECYZYJNEGO	REGUŁA WYBORU
DECYZJA	Ocena wartości decyzji	Zasada maksymalizacji wartości
	<i>Subiektywna</i> ocena decyzji	Zasada maksymalizacji użyteczności
	Ocena decyzji Prawdopodobieństwo	Zasada maksymalizacji wartości oczekiwanej
	<i>Subiektywna</i> ocena decyzji Prawdopodobieństwo	Zasada maksymalizacji wartości oczekiwanej użyteczności
	<i>Subiektywna</i> ocena decyzji <i>Subiektywne</i> prawdopodobieństwo	Zasada maksymalizacji subiektywnej wartości oczekiwanej użyteczności

$$PD = \langle J, D, G, Z, M \rangle$$

f – funkcja kryterialna (reguła wyboru)

1.2 Zastosowania normatywnej teorii podejmowania decyzji

W wielu różnych sytuacjach podejmujemy *decyzje*. Sytuacje te nazywamy *sytuacjami decyzyjnymi*, a osobę podejmującą decyzje – *decydentem*. Warunki, w jakich działa decydent, nie pozwalają na wybór dowolnej decyzji. Decyzję zgodną z warunkami ograniczającymi nazywamy *decyzją dopuszczalną*.

Nie każda decyzja dopuszczalna jest równie dobra. W świetle celów, jakie sobie stawia decydent, jedne decyzje mogą być lepsze, inne gorsze. Stąd wynika problem wyboru decyzji najlepszej, zwanej *decyzją optymalną*. Wybór decyzji optymalnej wymaga przyjęcia określonego kryterium, według którego oceniamy decyzje jako lepsze lub gorsze. Kryterium to nazywa się *kryterium wyboru (oceny)*.

Jak określić te kryteria wyboru decyzji optymalnej? Na jakiej podstawie? Odpowiedź jest oczywista. Należy sformułować model formalny danej sytuacji decyzyjnej. Albowiem, gdy przy podejmowaniu decyzji zaczynamy zastanawiać się, co jest lepsze, a co gorsze (i na ile?), to wkraczamy wtedy zawsze w dziedzinę wartościowania i porównywania, co z kolei wymaga stosowania języka matematyki. Przejście od opisu werbalnego do formalnego (matematycznego) nie jest łatwe. I nie można sformułować uniwersalnych zasad czy reguł tworzenia modeli formalnych. Praktyka jednak podpowiada pewne wymagania, których należy przestrzegać w konstrukcji modelu [28, s. 13]:

1. Konstrukcji modelu musi towarzyszyć świadomość celu, dla którego realizacji model jest tworzony;
2. Model powinien odzwierciedlać elementy i własności oraz relacje między elementami i ich własnościami;
3. Model powinien być wewnętrznie spójny i zgodny z informacjami, które były podstawą jego konstrukcji;
4. Prezentacja modelu powinna uwzględniać relacje między realnym systemem a jego otoczeniem.

Ogólny model formalny podejmowania decyzji sformułować można następująco:

$$PD = \langle f, D, O, Z, M \rangle$$

gdzie:

f – funkcja kryterialna (reguła wyboru);

D – zbiór alternatyw (wariantów decyzyjnych), może być podany w sposób jawny, albo może być nieznan;

O – ograniczenia, które rozwiązanie powinno spełniać;

Z – zakłócenia (przypadkowe lub świadome);

M – metoda rozwiązania problemu.

Sformułowanie *szczególnego modelu formalnego* podejmowania decyzji polega na określeniu wszystkich zmiennych modelu ogólnego: **f** – postaci funkcji kryterialnej, określeniu (liniowa, nieliniowa (jak?)), pożądanego kierunku jej monotoniczności (zależy od podmiotu decyzyjnego i jego preferencji (systemu wartości i celu, jaki chce osiągnąć)), **D** – opracowanie (konceptualizacja) zbioru wariantów rozwiązań – dla problemu z jawnym polem decyzyjnym albo określenie zbioru rozwiązań dopuszczalnych – dla problemu z niejawnym polem decyzyjnym (klasyczny problem optymalizacji), **O** – zbioru ograniczeń, które spełniać powinny warianty (rozwiązania) dopuszczalne, **Z** – zbioru możliwych zakłóceń, zniekształcających wpływ zmiennych decyzyjnych na wartość funkcji kryterialnej (losowe o nieznanym lub znanym rozkładzie prawdopodobieństw, zakłócenia – działania antagonistyczne), **M** – metod (algorytmów) rozwiązania problemu.

2.1 Formalizacja problemu decyzyjnego w warunkach pewności

W modelu podejmowania decyzji w warunkach pewności (z jawnym polem decyzyjnym) przewidujemy następujące dane:

Dany jest zbiór D alternatyw decyzyjnych (działań) taki, że

$$D = \{d_1, \dots, d_k, \dots, d_l\}$$

Model podejmowania decyzji w warunkach pewności będzie miał następującą postać

$$PD^P = \langle D \rangle$$

Zadaniem do rozwiązania jest określenie

$$f: D \rightarrow \mathbb{R}(-\infty, \infty) \text{ czyli } f(d) \text{ dla } d \in D \text{ (wartość funkcji kryterialnej)}$$

2 Model podejmowania decyzji w warunkach pewności

Podejmowanie decyzji w warunkach pewności charakteryzuje się tym, że wartość (użyteczność) rozpatrywanych wariantów (alternatyw) decyzyjnych jest niezależna od warunków (otoczenia), w jakich będą się realizować. Zależy tylko i wyłącznie od ocenianego (wartościowanego) przedmiotu – wariantu decyzyjnego.

W modelu zakłada się, że określenie wartości albo ocenę wariantu realizuje decydent. W przypadku *wartości* wariantu, wartościowanie jest wynikiem kalkulacji (pomiaru obiektywnego) danego przedmiotu, z założenia, niezależnego od decydenta. Wartość przedmiotu jest cechą przynależną tylko i wyłącznie przedmiotowi. Natomiast, w przypadku *oceny* wariantu, wartościowanie jest wynikiem konfrontacji obiektywnej wartości przedmiotu z (subiektywnymi) potrzebami podmiotu oceniającego, wynikającymi z reprezentowanego przez niego systemu wartości (preferencji), wynikającymi także z pożądanego przez niego celu, jaki chce osiągnąć.

Dla problemów decyzyjnych w warunkach pewności – z jawnym polem decyzyjnym – należy zatem opracować (akceptowalny, możliwie przez najszersze grono specjalistów w danej dziedzinie) *model ocenowy* wariantu decyzyjnego.

2.1 Formalizacja problemu decyzyjnego w warunkach pewności

W modelu podejmowania decyzji w warunkach pewności (z jawnym polem decyzyjnym) posiadamy następujące dane:

Dany jest zbiór *D* alternatyw decyzyjnych (działania) taki, że:

$$D = \{ d_1, \dots, d_i, \dots, d_I \}$$

Model podejmowania decyzji w warunkach pewności będzie miał następującą postać:

$$PD^{PJ} = \langle D \rangle$$

Zadaniem do rozwiązania jest określenie:

$$f: D \rightarrow \mathcal{R}(\langle 0, 1 \rangle) \text{ (zbiór liczb rzeczywistych albo ułamek właściwy).}$$

Jeżeli każdy wariant decyzyjny zostanie określony liczbą rzeczywistą, wówczas relację porządku (liniowego) istniejącą w zbiorze liczb rzeczywistych przenosimy na rozpatrywane warianty i w sposób jednoznaczny możemy wskazać element najlepszy (maksymalny) i najgorszy (minimalny). Natomiast orzeczenie jak (na ile?) jeden jest lepszy / gorszy od drugiego zależy od skali, jaką przyjęto w procesie pomiaru wartości przedmiotów (lub ich charakterystyk). Rozwiązanie problemu polega zatem na określeniu reguły wyznaczenia (oceny) (**funkcji ocenowej**) wskazującej rozwiązanie spośród alternatyw dopuszczalnych. Rozwiązanie wskazane zgodnie z przyjętą regułą wyboru nazwiemy **decyzją**. Normatywna teoria podejmowania decyzji zajmuje się określaniem reguł oceny wariantów, które decydent może lub powinien stosować w określonej sytuacji decyzyjnej, aby maksymalizować cele, jakie chce osiągnąć (zgodnie ze swoim systemem wartości).

2.2 Kryteria porządkowania alternatyw decyzyjnych

2.2.1 Skale pomiarów wartości (znanzeń) charakterystyk

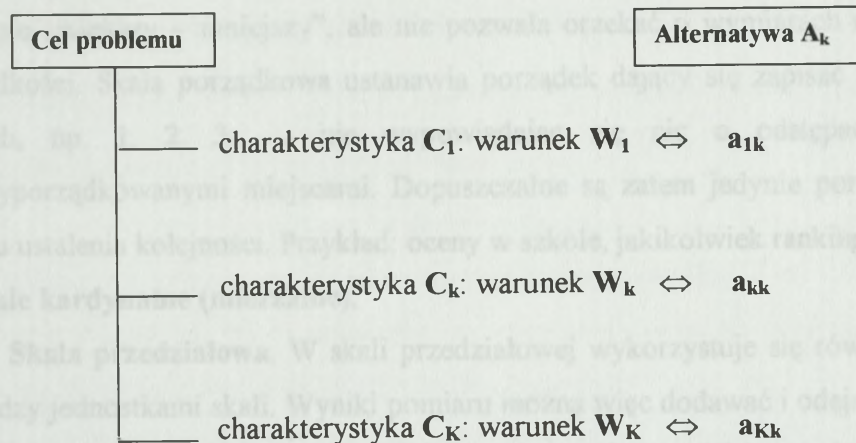
Analizę rozpoczynamy, gdy po sformułowaniu problemu i jego analizie stwierdzamy, że istnieją, co najmniej dwie propozycje rozwiązań i naszym zadaniem jest wskazanie jednej z nich jako decyzji. Zakładamy, że charakterystyki określające system celów są na jednym poziomie, a warunki określające cele łączy relacja koniunkcji. Innymi słowy, przyjmujemy, że wszystkie cele są kategoriyczne. Zgodnie z ustaleniami obiekt będący alternatywą z pola decyzyjnego można przedstawić za pomocą wektora wartości charakterystyk opisujących system celów.

Symboliczny zapis dotychczasowych ustaleń:

1. Problem jest opisywany przez K celów przedstawianych przez charakterystyki C_1, \dots, C_K .
2. Każdy cel reprezentowany jest przez warunek oznaczany W_1, \dots, W_K .
3. Pole decyzyjne składa się z N alternatyw A_1, \dots, A_N .
4. Alternatywa A_n ($n=1, \dots, N$) jest wektorem o K składowych:

$$A_n = [a_{1n}, \dots, a_{kn}, \dots, a_{Kn}]^T$$

Relacje między problemem a alternatywą przedstawia rys.2.



Rys. 2. Struktura problemu prostego

Pragnąc wskazać pewną alternatywę jako decyzję, powinniśmy się kierować określonymi zasadami wyboru, nazywanymi często **kryteriami**. Kryteria są pomocniczymi funkcjami wprowadzanymi do wartościowania i porządkowania alternatyw i spełniają rolę funkcji decyzywnych. Racjonalność wskazania pewnej alternatywy jako decyzji powinna być wnioskiem z porównania jej z innymi. Porównane powinny być wyłącznie wartości charakterystyk. Aby operacja porównania była możliwa, wartości te powinny być wyrażone jako wielkości na określonej skali umożliwiającej porównania. Skale pomiarów tworzą systemy odniesienia dla określonego aspektu pewnej klasy obiektów. Moment tworzenia skali pomiaru nie jest sprawą obojętną w rozwiązywaniu problemu.

W problematyce porównań, niezależnie od kategorii skali, interesujące są dwa przypadki tworzenia skali:

- **normatywne** – przed wyróżnieniem obiektów,
- **adaptacyjne** – na podstawie obiektów mających podlegać pomiarowi.

W teorii pomiaru [1, s. 224] wyróżnia się następujące skale:

1. **Skala nominalna**. Klasyfikuje aspekty jakościowe. Jedyny warunek jaki powinna spełniać, to jednoznaczne przyporządkowanie wartości pomiaru danemu obiektowi. Wynik pomiaru może być dowolnym jednoznacznie identyfikowalnym symbolem. Na takich wynikach nie można przeprowadzać żadnych operacji rachunkowych (nawet jeśli są to liczby). Przykład: numery rejestracyjne samochodów, numery PESEL, oznaczenia kodowe towarów, itp.

2. **Skala porządkowa.** Pozwala dokonać orzeczeń o relacjach wielkości obiektów w sensie „większy – mniejszy”, ale nie pozwala orzekać o wymiarach różnic tych wielkości. Skala porządkowa ustanawia porządek dający się zapisać za pomocą liczb, np. 1. 2. 3. ..., nie wypowiadając się nic o odstępach między przyporządkowanymi miejscami. Dopuszczalne są zatem jedynie porównania w celu ustalenia kolejności. Przykład: oceny w szkole, jakkolwiek ranking.

3. Skale kardynalne (mieralne).

3.1. **Skala przedziałowa.** W skali przedziałowej wykorzystuje się równe odstępy między jednostkami skali. Wyniki pomiaru można więc dodawać i odejmować. Nie wolno ich jednak ani mnożyć, ani dzielić, gdyż skala przedziałowa nie ma wyróżnionego punktu zerowego, który w rzeczywistości odzwierciedlałby zanik mierzonego aspektu. Przykład: daty kalendarzowe, czas mierzony zegarkiem, itp.

3.2. **Skala ilorazowa.** Stanowi naturalne rozszerzenie skali przedziałowej przez wprowadzenie punktu zerowego. Dzięki temu dozwolone stają się operacje mnożenia i dzielenia wyników pomiaru. Przykład: skale pomiarów długości, wagi, czasu, temperatury wg Kelvina, itp.

3.3. **Skala absolutna.** Określa najwyższy zakres pomiaru, odwołując się do liczb rzeczywistych. Formalnie można ją wykorzystać w teorii miary, gdyż jest granicznym przypadkiem skali ilorazowej. Na jej wynikach wolno dokonywać wszystkich operacji matematycznych. Wyniki jednak nie mają mian (wymiarów). Przykład: prawdopodobieństwo.

2.2.2 Porządkowe miary charakterystyk

W rozważaniach dotyczących wartościowania i porządkowania alternatyw rozpatruje się przypadki w których charakterystyki mają określoną co najmniej skalę przedziałową, a znaczenia (wartości) charakterystyk są liczbami. Tymczasem w różnych badaniach zauważa się potrzebę dokonywania porównań między obiektami opisanymi charakterystykami jakościowymi. Do wartościowania takich charakterystyk wprowadza się miary subiektywne. Na ogół nie są to miary neutralne, ale związane z sytuacją w której są wprowadzane. Ich określenie pomaga porządkować obiekty, wskazać lepszego i gorszego.

Analiza formalna, poparta badaniami psychologicznymi zachowania się osób dokonujących porównań, pozwala rozszerzyć zakres skal porządkowych. Wśród nich wyróżnia się:

1. Skalę rankingową. Jest to skala porządkowa. Dla uporządkowanego ciągu $x_1 \prec \dots \prec x_n$ jego elementom można przyporządkować rangi:

$$r(x_i) = i \text{ dla wszystkich } i$$

Skalę rankingową nazywa się też **skalą naturalnego porządku**. Generowany porządek istotnie zależy od zbioru obiektów, wprowadzenie więc do porównań nowego obiektu może zmienić wcześniej przyporządkowane rangi.

2. Skalę referencyjną. Jest to skala naturalnego porządku odniesiona do skończonego niezmiennego zbioru obiektów. Wtedy można wprowadzić miarę odległości między obiektami. Jest nią liczba wskazująca liczbę obiektów leżących między nimi. Formalnie, przyjmąwszy, że $|\{z\}|$ oznacza moc zbioru elementów z , mamy:

$$d(x, y) = |\{z: x \prec z \prec y, z \neq x, z \neq y\}|$$

Wprowadzenie odległości nie umożliwia jednak żadnych operacji oceniających różnice między obiektami. Ponieważ w wielu przypadkach można dokonywać subiektywnej oceny tych różnic, wprowadza się bardziej precyzyjną skalę porządkową, nazywaną skalą quasi – kardynalną.

3. Skalę quasi – kardynalną. Nie ma jednolitego sposobu określania tej skali. U podstaw jej konstrukcji leży przesłanka, że liczby przyporządkowane obiektom nie powinny się zmieniać w przypadku wprowadzania nowych obiektów. Aby spełnić ten postulat, skala quasi – kardynalna dopuszcza numerację miejsc nie odwołującą się jedynie do liczb naturalnych, przy czym przyporządkowane liczby mają wskazywać jedynie porządek pomiędzy obiektami.

O ile skale referencyjne mają znaczenie wyłącznie teoretyczne, o tyle skale quasi – kardynalne są wprowadzane do badań dość często, jako skale pośrednie między porządkową a kardynalną.

2.2.3 System celów i jego rola w eliminacji propozycji rozwiązań

Alternatywy znajdujące się w polu decyzyjnym przeszły już test dopuszczalności w procesie analizy problemu. Jeżeli jednak pewne aspekty nie miały do tej pory skali pomiaru,

to nie można wykluczyć, że wśród alternatyw uznanych za rozwiązania dopuszczalne są i takie, które nie spełniają sprecyzowanych warunków. Przypomnijmy, jaką postać mogą przyjąć warunki określające cele, przyjmując, że wszystkie skale pomiarów posiadają jednostki w postaci liczb, a analizowany aspekt problemu ma przyjąć nieznaną wartość x :

1. **Warunek może mieć postać punktową:**

$$x = x^*$$

co odczytujemy: cel jest osiągnięty przez obiekt, którego wartość jest równa dokładnie x^* .

2. **Warunek może mieć postać wyliczeniową:**

$$x \in \{x^1, \dots, x^p\}$$

co odczytujemy: cel jest osiągany przez obiekt, którego wartość jedną z wartości powyższego zbioru.

3. **Warunek może mieć postać przedziałową**

$$x^d < x < x^g$$

co oznacza, że cel jest osiągnięty, gdy wartość obiektu jest liczbą między ograniczeniem dolnym (progiem) x^d , a ograniczeniem górnym (vetem) x^g .

Każdy obiekt nie spełniający odpowiedniego warunku, jeżeli on jest traktowany jako kategoriyczny, powinien być odrzucony. Są to warunki pozwalające dyskwalifikować propozycje rozwiązań. Z tego powodu nazywa się je **warunkami dopuszczalności**. Ich forma nie pozwala niczego więcej orzekać o obiektach, które je spełniają. Formalnie – każdy z nich ma jednakowe prawo być uznany za decyzję!

4. **Warunki kierunkowe**

$$x \rightarrow \max \text{ lub } x \rightarrow \min$$

odzwierciedlają one pragnienie osiągnięcia jak największej (najmniejszej) możliwej wartości danego aspektu.

W tym przypadku mamy do czynienia z **problemem wielokryterialnym**.

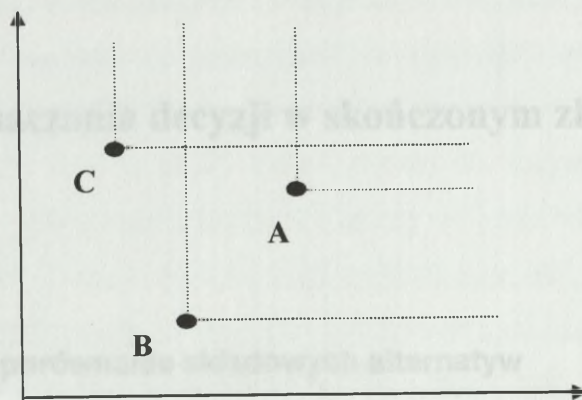
Przykład 2.2.3. Niech A i B będą alternatywami określonymi wektorami:

$$A = [a_1, a_2]^T, B = [b_1, b_2]^T$$

Alternatywę A uznamy za korzystniejszą, gdy każda składowa wektora A ma wartość większą niż odpowiadająca jej składowa wektora B, tzn. gdy $a_1 > b_1$ oraz $a_2 > b_2$. Podobny wniosek

sformułujemy również wtedy gdy zachodzi jeden z następujących przypadków $a_1 \geq b_1$ oraz $a_2 > b_2$ lub $a_1 > b_1$ oraz $a_2 \geq b_2$. W takich przypadkach mówimy, że alternatywa A dominuje nad alternatywą B, natomiast alternatywa B jest zdominowana przez A. (Dominację A nad B zapisujemy $A > B$.)

Słabość warunków kierunkowych ujawnia się już w przypadku $a_1 > b_1$ oraz $a_2 < b_2$, tzn. gdy ze względu na pierwszą składową alternatywa A jest korzystniejsza niż B, natomiast ze względu na drugą składową jest odwrotnie. Ani alternatywa A nie dominuje nad alternatywą B, ani alternatywa B nie dominuje nad alternatywą A. W takim przypadku każdą z alternatyw A, B nazywamy niezdominowaną. Graficznie przedstawia to rys. 3.



Rys. 3. Przykład alternatyw: dominującej, zdominowanej i niezdominowanej.

Z rysunku 3. widać, że:

- A dominuje nad B;
- B jest zdominowana przez A;
- E nie dominuje nad A, A nie dominuje nad E.

O ile w przypadku alternatyw o dwóch składowych porównania nie sprawiają większych trudności, o tyle w ogólniejszym przypadku nie jest to takie oczywiste. Wygodnie jest stosować następujący algorytm:

ALGORYTM (eliminacji alternatyw zdominowanych)

Dla n – tej alternatywy ($n = 2, \dots, N$)

Porównaj n – tą alternatywę z alternatywą m – tą ($m = 1, \dots, n-1$)

Jeżeli A_n dominuje nad A_m , to skreślamy A_m .

Jeżeli A_n jest zdominowana przez A_m , to skreślamy A_n (przechodzimy do alternatywy A_{n+1}) ■

Alternatywa raz skreślona nie uczestniczy w dalszych porównaniach. Po zakończeniu porównania, jako nie skreślone pozostają alternatywy niezdominowane. To one w myśl racjonalnego działania są potencjalnymi decyzjami. Rzadko jednak się zdarza, aby w polu decyzyjnym po wyeliminowaniu alternatyw zdominowanych pozostała jedna dominująca. Wtedy taka alternatywa jest decyzją. Jest ona **rozwiązaniem idealnym**. Niemniej bardziej interesujący jest przypadek, jeżeli w polu decyzyjnym pozostaną przynajmniej dwie alternatywy niezdominowane.

2.3 Metody wyznaczania decyzji w skończonym zbiorze alternatyw

2.3.1 Bezpośrednie porównanie składowych alternatyw

Jeżeli w polu decyzyjnym pozostała więcej niż jedna alternatywa, to oznacza to, że analizę należy prowadzić dalej, koncentrując uwagę na znaczeniu jakie mają dla nas tak same charakterystyki, jak i ich wartości. Generalnie, chodzi o weryfikację (redefinicję) preferencji decydenta, a więc celów (kategorycznych, referencyjnych, wzbogacających i priorytetów w każdej z tych grup) oraz o lepsze dookreślenie (zwartościowanie) charakterystyk.

W dalszych rozważaniach przyjmujemy, że im większy numer ma charakterystyka celu, tym mniejszy priorytet ma sam cel. Oznacza to, że im dalszy jest cel, tym bardziej gotowi jesteśmy zrezygnować z ostrości jego wymagań na rzecz ważniejszych celów.

Zakładamy, że system celów został zredukowany do K warunków kierunkowych typu $x \rightarrow \max$, a pole decyzyjne, oznaczane D , zawiera N alternatyw A_1, \dots, A_N .

Kryterium Borda

1. Alternatywy rozpatrujemy ze względu na kolejne cele $i = 1, \dots, K$.

1. Ustalonymu celowi C_i , $i = 1, \dots, K$ – alternatywie uznanej przez nas za najkorzystniejszą – przyznajemy N punktów, drugiej w kolejności $N-1$ punktów, itd., a ostatniej przyznajemy 1 punkt.
2. W odniesieniu do każdej z alternatyw sumujemy punkty uzyskane przez nią za miejsca w osiąganiu poszczególnych celów.
3. Jako najkorzystniejszą wskazujemy tę alternatywę, która uzyskała największą sumę miejsc. ■

Kryterium Borda jest proste w wykorzystaniu, łatwe w realizacji oraz odwołuje się do minimum informacji.

Jednak kryterium to nie odwołuje się do priorytetów celów. W literaturze dotyczącej podejmowania decyzji dopuszcza się uwzględnienie priorytetów celów przez wprowadzenie współczynników nazywanych **wagami**. Na ogół przyjmuje się, że celowi C_k można przyporządkować liczbę ω_k , $0 \leq \omega_k \leq 1$, tak aby suma tych liczb dla wszystkich celów była równa 1. Następnie liczbę określającą znaczenie aspektu mnoży się przez wagę, przez co uzyskuje się skorygowane znaczenie każdego aspektu. Należy jednak pamiętać, że jeśli alternatywy są oceniane na skalach porządkowych, to na przyporządkowanych im liczbach nie wolno wykonywać żadnych operacji rachunkowych. Już sumowanie miejsc jest operacją mającą prawo budzić zastrzeżenia formalne. Zyskało jednak prawo bytu przez powszechną akceptację w praktyce. Na podobnych warunkach można przyjmować wykorzystanie wag.

Przyjmijmy, że dokonaliśmy porównań ważności celów i możemy uznać, że dla $i < j$ cel C_i jest ważniejszy od C_j . Załóżmy, że nie znamy zbioru porównywanych alternatyw, wiemy jednak, że będzie ich więcej niż N . Celem rozważań jest zaproponowanie normatywnej metody porządkowania alternatyw, a więc takiej, której zasady wynikają z rozpoznania tego co jest pożądane, a nie ze znajomości alternatyw⁸.

Potraktujmy każdy z celów jako konkurencję i wprowadźmy „premie za zajęcie miejsca w danej konkurencji”. Niech p_{ij} oznacza wielkość premii przyznawanej za zajęcie j – tego miejsca w osiągnięciu celu C_i .

Ponieważ premiowanie powinno zachować porządek zarówno w klasyfikacji celów, jak i w randze miejsc przyznanych w osiągnięciu każdego z celów, musi spełniać określone warunki. Przyjmijmy następujące warunki premiowania miejsc:

⁸ Tak powinny być tworzone np. reguły przetargów czy konkursy na obsadę stanowisk.

a) Im dalsze miejsce w danej konkurencji, tym mniejsza (nie większa) powinna być premia, a więc: dla $r > q \Rightarrow p_{ir} \leq p_{iq}$

b) Im mniej ważna jest konkurencja, tym mniejsza (nie większa) powinna być premia za to samo miejsce, a więc: dla $r > q \Rightarrow p_{ij} \leq p_{qj}$

Wymienione dwa warunki dają stosunkowo dużą swobodę tworzenia porządków alternatyw przy zachowaniu wymagań dotyczących racjonalności postępowania. Tworząc zasady porządkowania, możemy uwzględniać stopień precyzji lokalizacji alternatyw ze względu na osiąganie poszczególnych celów. W każdym przypadku realizowany jest ogólny schemat porównań, który można ująć w formę algorytmu.

ALGORYTM (premiowanie miejsc)

Założenie: Porównujemy zbiór N alternatyw A_1, \dots, A_N ze względu na K uporządkowanych celów C_1, \dots, C_K . Przyjmujemy, że dla $i < j$ cel C_i jest ważniejszy niż cel C_j .

1. krok

Tworzymy system premiowania i odzwierciedlamy go w postaci macierzy $P = (p_{ij})$, $i = 1, \dots, I, j = 1, \dots, J$.

2. krok

Elementy macierzy P ustawiamy w ciągu od największego do najmniejszego. Przy jednakowych premiach powtarzamy je w ciągu tyle razy, ile razy wystąpiły w macierzy P .

3. krok

Każdy element ciągu premii otrzymuje numer zajmowanego przezeń miejsca. W razie jednakowych premii odpowiadające im elementy ciągu otrzymują numer będący średnią z numerów, jakie wynikają z kolejności w ciągu.

4. krok

Dla każdego z celów C_i , $i = 1, \dots, I$, porządkujemy alternatywy, korzystając z jednej z przedstawionych wcześniej propozycji. Po dokonaniu uporządkowania ze względu na C_i alternatywa A_k otrzymuje premię, jaka przypada za uzyskane miejsce w osiągnięciu celu C_i .

5. krok

Dla każdej alternatywy A_k , $k = 1, \dots, K$, bierzemy pod uwagę przyznane jej premie, za osiągnięcie poszczególnych celów, i tworzymy podciąg z miejsc. Oznaczmy numer miejsca przyporządkowanego alternatywie A_k ze względu na cel C_i przez $R_i(A_k)$. Dla każdej alternatywy A_k obliczamy teraz globalny wskaźnik miejsca:

$$\Phi(A_k) = \sum_{i=1}^I R_i(A_k)$$

Uporządkowanie systemu celów zgodnie z ich priorytetami w osiągnięciu celu głównego

6. krok

Porządek alternatyw określa relacja:

$$A_i < A_j \Leftrightarrow \Phi(A_i) < \Phi(A_j)$$

■

Spełnienie relacji lub funkcji formujących składniki poszczególnych celów.

Alternatywa o najmniejszym globalnym wskaźniku miejsc jest ustawiana na pierwszym miejscu, możemy więc uznawać ją za najlepszą.

Etap 2

Uporządkowanie alternatyw zgodnie z warunkami etapu 1.

2.3.2 Metody oparte na agregacji korzyści

W metodach wskazywania propozycji decyzji, gdy alternatywy mogą być oceniane z punktu widzenia korzyści, jakie sugerują poszczególne wartości ich składowych, bardzo ważnym jest formalne założenie, że każda ze składowych jest mierzona w skali kardynalnej.

Sugerując, że podstawą porównań będą oceny korzyści wynikające z potencjalnej realizacji alternatywy, na każdą ze składowych opisującego go wektora będziemy patrzeć jako na udział danego aspektu w osiągnięciu ogólnego celu problemu. Prawidłowe operowanie taką interpretacją wymaga spełnienia pewnych założeń przez system celów.

1. Każde osiągnięcie celu daje się interpretować jako pewna „korzyść” z punktu widzenia ogólnego celu problemu. Formalnie wyraża się to w zapisie warunku kierunkowego jako maksymalizacji.
2. Cele są z jednego poziomu i odpowiadają znaczeniom składowych alternatyw.
3. Cele odzwierciedlają istotne różniące się aspekty. Wykluczone są cele identycznościowe. Należy unikać również formułowań celów nie będących rozłącznymi. To ostatnie wymaganie o istotnym znaczeniu teoretycznym jest trudne do spełnienia w praktyce.

Istota tych założeń polega na tym, że przyjmujemy, iż poszczególne cele „sumują się” w osiągnięciu celu ogólnego⁹.

⁹ Metody sumowania korzyści są bardzo popularne w praktyce.

ALGORYTM (analizy korzyści)

Etap 1

Uporządkowanie systemu celów zgodnie z ich priorytetami w osiągnięciu celu głównego problemu.

Etap 2

Określenie wag celów.

Etap 3

Sporządzenie tabeli lub funkcji normujących osiągnięcie poszczególnych celów.

Etap 4

Wartościowanie alternatyw.

Etap 5

Uporządkowanie alternatyw zgodnie z warunkami etapu 4.



W procesie wyboru miary pomiaru wyspecyfikowanych współrzędnych przestrzeni kryterialnej, należy nie tylko dobrze określić skalę, ale także:

- Czy zakres nowej, jednolitej skali ma być określony obiektywnie na podstawie wymagań ogólniejszych niż rozpatrywany przypadek problemu czy też na podstawie rozpoznanych alternatyw?
- Czy kierunek skali ma być rosnący czy malejący i jaki ma być zakres skali?

2.4 Wartościowanie wariantów decyzyjnych

W procesie oceny wartości (albo użyteczności¹⁰) przedmiotu badanego wyróżnić można trzy niezależne fazy:

1. określenie wymiarów /cech/ i ich znaczenia /wag, hierarchii/;
2. określenie wartości wymiarów /cech/;
3. agregacja /integracja/ wymiarów /cech/.

¹⁰ Rozróżnienie pomiędzy wartością a użytecznością:

Należy zauważyć, że określanie wag wymiarów i wartości wymiarów, to dwa merytorycznie zupełnie różne problemy - nie mające żadnego związku między sobą. Natomiast metody umożliwiające ich określenie mogą być jednakowe. O ile wagi wymiarów określamy metodami eksperckimi, to wartości wymiarów określane są w zależności od ich "natury" i dostępności instrumentów pomiarowych. I tak, jeżeli wymiary są niemierzalne, to dane o ich wartości uzyskać możemy stosując te same metody, co dla uzyskania danych o ich wagach. Przedstawimy trzy metody umożliwiające określenie wag /i/ lub wartości/ wymiarów. Wszystkie są eksperckie. Metoda porównywania parami powinna (i raczej jest) najczęściej stosowana (po elementarnej ocenie bezpośredniej), metoda Churchmana - Ackoffa wykorzystana może być raczej w realizacji komputerowej, metoda "określenia miary względnej" jest ideowo i praktycznie uciążliwa dla eksperta oceniającego.

Modelowanie przestrzeni opisu przedmiotu badawczego

Każdy badany przedmiot ma praktycznie nieskończoną liczbę cech. Człowiek podejmujący problem jego oceny bierze pod uwagę tylko niektóre z nich. O selekcji wymiarów decydują cele, do których dąży badacz. Wymiary, które wybierze do analizy nazywamy *predyktywnymi*¹¹. Wtedy badany przedmiot x opisujemy:

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$$

w którym x_n to kolejne wymiary predyktywne.

Wymiary predyktywne mogą różnić się z punktu widzenia ich ważności. Dla jednego eksperta ważniejsza jest jedna cecha, dla drugiego inna, dla innego zaś wszystkie mogą być jednakowo ważne. Widać stąd subiektywne traktowanie ważności wymiarów. Ocena ważności polega na przypisaniu wymiarom odpowiednich wag.

Określenie wag albo inaczej szacowanie hierarchii cech, albo jeszcze inaczej *rangowanie* cech przeprowadzić można wieloma metodami. Najczęściej stosowane są proste algorytmy albo metoda porównywania parami¹².

2.4.1 Proste algorytmy określania wartości cech

Poniżej przedstawiamy algorytm za pomocą którego określić możemy zarówno ważność (znaczenie) cech predyktywnych, jak i wartości badanych przedmiotów (zbiorczo) albo każdej wyróżnionej jego cechy (jednostkowo) w skali quassiprzędziałowej (a nie tylko porząd-

¹¹ J. Koziński - *Psychologiczna teoria decyzji*, PWN, 1977, s. 121 i dalsze

¹² K. Cholewicka - Goździk - *Kompleksowa ocena jakości. Metoda, przykłady*, PWE, 1984r, s. 116

kowej (rankingowej)). Wiemy bowiem, że jeżeli mamy do czynienia z cechą niemierzalną, jakościową, wówczas jej pomiaru dokonać możemy na dwa różne sposoby:

- Skonstruować analityczny sposób pomiaru;
- Uzyskać opinię ekspercką dotyczącą jej oceny.

Sposób pierwszy jest trudny, nie gwarantujący poprawności, nadto może być prowadzony do przypadku drugiego. Drugi sposób pozyskania oceny także może być kontrowersyjny. Aby zwiększyć przeswiadczenie podmiotu, co do poprawności uzyskanych oszacowań można zastosować dwie różne strategie działania:

- Zwiększać licznosc ekspertów dokonujących oceny;
- Stosować proceduralne metody wypracowywania oceny przez ekspertów.

W zbiorze metod klasy drugiej wymienić można *proste algorytmy* i ich rozszerzenie do postaci (starej) *metody porównywania param¹³i*, której „ukoronowaniem” jest francuska metoda *Electre*.

Algorytm

Start

Przyjmujemy: $r(A_0) = 0$, $r(A_{N+1}) = N+1$.

Założenie. Jedyłą informacją, z której możemy korzystać, jest orzeczenie, która z dwóch porównywanych alternatyw jest korzystniejsza, a więc powinna otrzymać mniejszy numer miejsca.

Krok 1

Dla obiektu A_1 (numer nie ma żadnego znaczenia) przyporządkowujemy

$$r(A_1) = N/2$$

Krok k, $k = 2, \dots, N$.

Rozpatrujemy A_k .

Spośród alternatyw umieszczonych na skali wskazujemy sąsiednie A_p i A_q , dla których $A_p \prec A_k \prec A_q$, i dokonujemy przyporządkowania:

$$r(A_k) = 1/2 [r(A_p) + r(A_q)]$$

Koniec

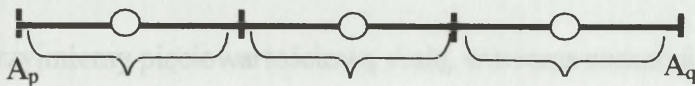
¹³ patrz Kulczyki R., Aleksyn L., Gogolewski J., Wocial J., *Problemy oceny organizacji wojskowej*, AON, 1992

PROPOZYCJA 2

Założenie. Uznajemy, że oceniając położenie alternatywy A_k względem umieszczonych na skali sąsiednich alternatyw A_p i A_q , potrafimy rozróżnić trzy strefy tego położenia:

- 1) strefa **A** - A_k jest bliska A_p ,
- 2) strefa **B** - A_k jest tak samo bliska A_p jak i A_q ,
- 3) strefa **C** - A_k jest bliska A_q .

Podział skali między A_p i A_q oraz możliwe położenia alternatywy A_k przedstawia rys. 4.



Rys. 4. Trzy strefy położenia A_k

W postępowaniu 2 zmienia się krok k dla $k = 2, \dots, n$

Krok k : $k = 2, \dots, n$

Dokonyjemy kwalifikacji położenia alternatywy A_k .

Jeżeli uznajemy, że $A_k \in \mathbf{A}$, to dokonujemy przyporządkowania:

$$r(A_k) = \frac{5}{6} r(A_p) + \frac{1}{6} r(A_q)$$

Jeżeli uznajemy, że $A_k \in \mathbf{B}$, to dokonujemy przyporządkowania:

$$r(A_k) = \frac{3}{6} r(A_p) + \frac{3}{6} r(A_q)$$

Jeżeli uznajemy, że $A_k \in \mathbf{C}$, to dokonujemy przyporządkowania:

$$r(A_k) = \frac{1}{6} r(A_p) + \frac{5}{6} r(A_q)$$

KONIEC

2.4.2 Metoda porównywania parami

Metodę porównywania parami charakteryzuje następujące postępowanie:

I. Należy przyjąć wielowartościową skalę zróżnicowania hierarchii cech względem siebie. Wielowartościowość oznacza tu liczbę rang, jakimi rozróżnić będziemy badane cechy. Rozróżnienie może być dychotomiczne lub wielowartościowe. Przy dychotomicznym rozróżnianiu orzekamy, że między cechami występuje związek przewyższania albo równo-

ważności. Dla "właściwego" wielowartościowego rozróżniania, jego znaczenie zależy od liczby rang, jaką przyjęliśmy.

Jeśli przyjmiemy trójwartościową skalę wówczas znaczenie rang będzie następujące:

1. cechy wcale nie różnią się rangą;
2. cechy różnią się rangą średnio;
3. cechy różnią się rangą bardzo znacznie.

Jeśli przyjmiemy pięciowartościową skalę, wówczas znaczenie rang będzie następujące:

1. cechy prawie wcale nie różnią się rangą;
2. cechy nieznacznie różnią się rangą;
3. cechy różnią się rangą średnio;
4. cechy znacznie różnią się rangą;
5. cechy różnią się rangą bardzo znacznie.

Więcej wartościowych skal nie zaleca się stosować.

II. Należy sporządzić tabelę zróżnicowania cech według schematu pokazanego w tabeli 6 /przykład dla skalowania pięciowartościowego i siedmiu cech predyktywnych/.

Tabela 6. Ustalanie hierarchii cech.

NUMER CECHY	1	2	3	4	5	6	7	Σ	%
1		1/5	1/5	1/4	5/2	1/4	7/2	1/18	26,4
2	1/5		2/3	2/2	5/4	6/2	7/4	2/5	7,3
3	1/5	2/3		4/2	5/5	6/3	7/4	3/0	0,3
4	1/4	2/2	4/2		5/4	6/1	7/4	4/2	2,9
5	5/2	5/4	5/5	5/4		5/4	5/2	5/21	30,8
6	1/4	6/2	6/3	6/1	5/4		7/2	6/6	8,8
7	7/2	7/4	7/4	7/4	5/2	7/2		7/16	23,5
Σ	-	-	-	-	-	-	-	- / 68	100,0

W tabeli 6 w główce każdego wiersza i każdej kolumny wpisano kolejne numery porównywanych cech. Porównania należy dokonać, konfrontując kolejno każdą cechę z każdą i wpisując wynik oceny na przecięciu każdego wiersza i każdej kolumny. W polu przecięcia występują dwa trójkąty: górny i dolny. W górnym trójkącie ekspert wpisuje numer cechy,

której rangę uznaje za ważniejszą w porównaniu z rangą cechy porównywanej. W dolnym wpisuje stopień, w jakim uznaje, że poziom cechy górującej rangą różni się od poziomu cechy porównywanej. W kolumnie przedostatniej przedstawia się /dla każdego wiersza - cechy/ sumę punktów /wartości z dolnych trójkątów/, przypadających dla wiersza - cechy o randze wyższej od każdej cechy porównywanej /tzn. w górnym trójkącie występuje numer wiersza - cechy/. W ostatnim wierszu przedostatniej kolumny wpisuje się sumę punktów, jaką uzyskały wszystkie objęte oceną cechy /sumę tę przyjmuje się za 100%/. W ostatniej kolumnie tablicy oblicza się procent punktów przypadających na każdą z porównywanych cech. Jest to poszukiwana ranga wartości każdej cechy /w zbiorowości wszystkich badanych cech - predyktywnych/, uzyskana na podstawie oceny /deklaracji/ indywidualnej eksperta.

Podsumowując należy stwierdzić, że określenie wag ma zasadnicze znaczenie w rozwiązywaniu zadań ocenowych. Przy czym preferencje pojedynczych ekspertów mogą być różne, nawet dość istotnie. Powstaje wtedy problem integracji preferencji indywidualnych /pojedynczych ekspertów/ w preferencję uogólnioną /dotyczącą całego zespołu ekspertów/.

Wartościowanie przedmiotu w ustalonej przestrzeni opisu

Zależy od rodzaju wymiaru i miary jego wartości. Polega na ocenie /przypisaniu wartości/ każdej cechy predyktywnej dla badanego obiektu. Oceny takiej dokonuje się najczęściej w skali punktowej w odniesieniu do jakiegoś wzorca.

Agregacja wymiarów i porządkowanie przedmiotów

Dokonując integracji wartości wymiarów i ich wag¹⁴, ekspert określa globalną użyteczność obiektu /procesu/ x . W fazie tej stosuje się różnorodne reguły¹⁵. Najczęściej stosowane to ¹⁶:

- 1. strategia liniowa /kompensacyjna/;**
- 2. strategia koniunkcyjna;**
- 3. strategia alternatywna;**
- 4. strategię konfiguracyjną.**

¹⁴ M. Łukasik – Goszczyńska – *Decyzje wielowymiarowe i strategie ich podejmowania*, PAN, 1977.

¹⁵ R. Kolman – *Ilościowe określanie jakości*, PWN, 1973, s. 110 podaje dwie rodziny reguł: addytywną (zwykłą, korygowaną, wykładniczą, wykładniczo – korygowaną) i multiplikatywną (zwykłą, korygowaną, wykładniczą, wykładniczo – korygowaną).

¹⁶ B. Roy – *Wielokryterialne wspomaganie decyzji*, WNT, 1990, s. 246 i dalsze.

1. Strategia liniowa

Globalna użyteczność wyniku jest ważoną sumą jego zalet i wad. Strategia ta nazywana jest często strategią kompensacyjną, ponieważ traktuje wymiary jako kompensujące się nawzajem - przyjmuje, że niska wartość jednej cechy kompensowana jest przez wysoką wartość cechy drugiej /nazywana także "moralną algebrą"/.

Aproksymacją formalną strategii jest formuła postaci /B. Franklin/:

$$u(x) = \sum_{i=1}^I \omega_i \cdot x_i$$

gdzie: x_i - oznacza wartość i-tego wymiaru

ω_i - oznacza wagę i-tego wymiaru

2. Strategia koniunkcyjna

Ekspert ustala minimalne, czyli progowe wartości wymiarów predyktywnych. Jeśli wszystkie wymiary są co najmniej równe progowi, to przypisuje wynikowi użyteczność pozytywną, w przeciwnym przypadku uznaje go za niekorzystny. Strategie te stosuje często przyroda.

Za dość dobrą aproksymację koniunkcyjnej strategii oceny użyteczności wielowymiarowej można uznać funkcję paraboliczną /H. Einhorn/ postaci:

$$u(x) = \prod_{i=1}^I x_i^{\omega_i}$$

Funkcja ta osiąga maksimum gdy wszystkie wymiary posiadają taką samą wartość, a więc, gdy natężenie cech jest równomierne /przeciętna wszechstronność/.

3. Strategia alternatywna

Polega na tym, że ekspert określa progowe natężenia wymiarów - przy czym progi te są tutaj w zasadzie wyższe niż w strategii koniunkcyjnej i każdy wynik, którego co najmniej jeden wymiar osiąga próg, oceniany jest pozytywnie. O globalnej ocenie użyteczności decydują najsilniejsze strony /zalety/ przedmiotu, a nie jego wady.

Pewną aproksymacją alternatywnej strategii oceny użyteczności wielowymiarowej jest funkcja hiperboliczna /B. Einhorn/ w postaci:

$$u(x) = \prod_{i=1}^I \left(\frac{1}{\bar{a}_i - x_i} \right)^{\omega_i}$$

gdzie \bar{a}_i - arbitralnie wybrana stała, w zasadzie równa liczbie większej o jeden od najwyższej wartości skali, za pomocą której mierzy się wymiar i .

2.5 Funkcja ta wzrasta gwałtownie, gdy co najmniej jedna ze zmiennych x_i osiąga wysoką wartość.

4. Strategie konfiguracyjne

Wspomniane wyżej strategie należały do klasy niekonfiguracyjnych, ponieważ nie dopuszczały żadnych interakcji między wymiarami /cechami/. Mówiąc precyzyjniej, waga przyisywana danemu wymiarowi i ocena wartości nie zależy od pozostałych wymiarów.

Strategie konfiguracyjne zakładają wzajemną interakcje między wymiarami. W tym przypadku dobór każdej cechy i oraz jej waga zależą od konfiguracji innych cech. Stosując strategie konfiguracyjne decydent spostrzega wynik bardziej całościowy.

Istnieje wiele prób formalizacji tego rodzaju strategii. L. S. Goldberg przedstawił jej model iloczynowy w postaci:

$$u(x) = \sum_{i=1}^{I-1} \sum_{j=2}^I \omega_{ij} \cdot x_i x_j$$

Jest to model zakładający interakcje między cechami x_i oraz x_j , w którym oblicza się złożone wagi ω_{ij} .

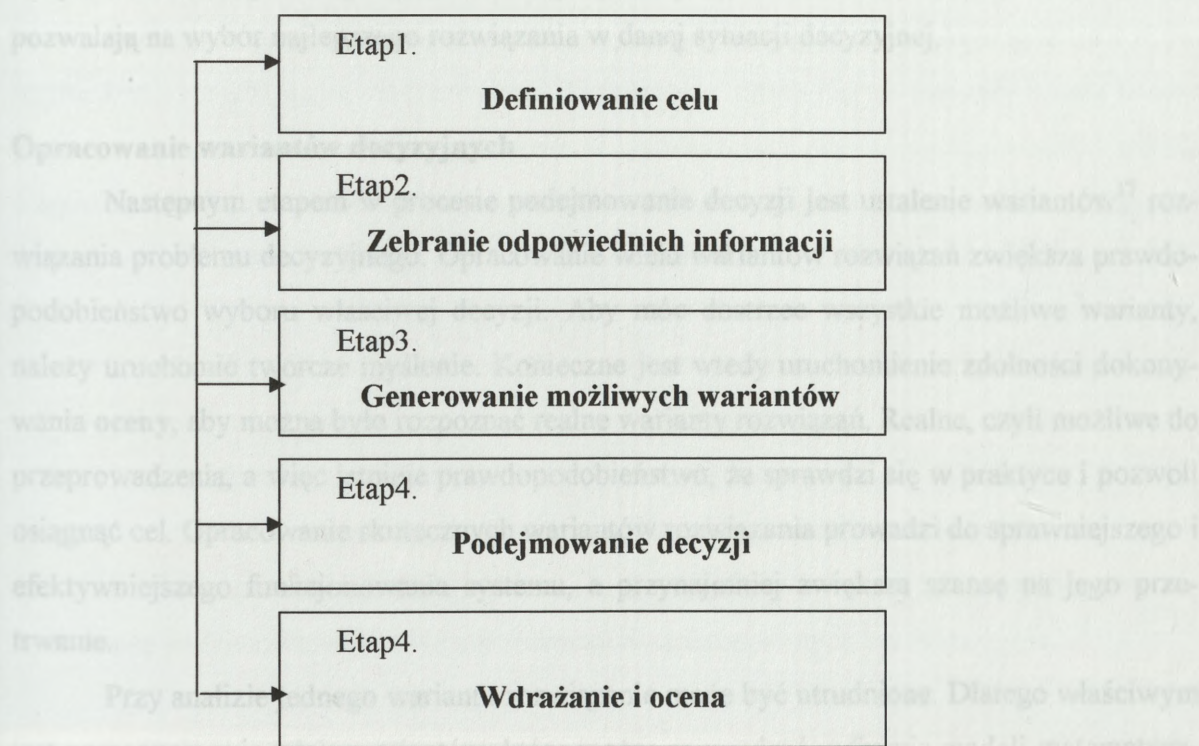
Podsumowanie

Przedstawione metody rozwiązania problemu wartościowania przedmiotów /lub cech tych przedmiotów / - a w konsekwencji ich uporządkowania - opierają się na naturalnym podejściu analitycznym do problemu. Problem złożony /albo nie w pełni znany/ dekomponujemy na czynniki prostsze /jednowymiarowe/, które łatwiej jest rozpoznać.

Nie należy lekceważyć takiego podejścia. Sytuacja decyzyjna występująca w procesie ocenowym przedmiotu jest zawsze /ze swojej natury/ niedokładna, niepewna, nieokreślona. Oceny prawdopodobnych skutków są zawsze hipotetyczne, przewidywane. Dlatego, aby zmniejszyć subiektywizm tych ocen, prowadzi się szerokie badania wśród znawców przedmiotu (ekspertów).

2.5 Modelowanie problemu ocenowego

Na rys. 5 przedstawiony został schemat podejmowania decyzji. Uświadomienie sobie przebiegu poszczególnych etapów jest korzystne, gdyż pozwala łatwiej identyfikować i następnie korygować popełnione w jej trakcie błędy. Przedstawione etapy wyznaczają kolejność postępowania. Jednak zaznaczone strzałki uświadamiają możliwości (i niejednokrotnie potrzebę) powrotów i ponownego rozpatrzenia dotychczasowych ustaleń.



Rys. 5. Klasyczne podejście do podejmowania decyzji

Zebranie odpowiednich informacji

Konieczność wyboru jednego sposobu z wielu różnych możliwości rozwiązań danego zagadnienia wywołuje wymóg zebrania największej ilości informacji dotyczących tych rozwiązań. Źródłami pozyskania tych informacji są najczęściej dane statystyczne, dokumenty,

wiązań. Źródłami pozyskania tych informacji są najczęściej dane statystyczne, dokumenty, ale także prowadzenie obserwacji czy pomiarów jakiegoś zjawiska.

Etap zebrania odpowiednich informacji wymaga umiejętności poszukiwania i segregowania informacji. Istotne jest uświadomienie sobie różnicy (i konsekwencji – w każdym przypadku) pomiędzy informacją **dostępną** i **adekwatną**. (Udoskonalenie środków komunikacji wyzwoliło syndrom nadmiaru informacji, na który należy być odpornym!) W szczególności należy rozważyć dalsze postępowanie w przypadku kiedy informacja **dostępna** w niedostatecznym stopniu pokrywa się z informacją **potrzebną**.

Zebrane informacje po odpowiedniej obróbce i selekcji przechodzą proces analizy (system przewidywań) w celu określenia miar bezwzględnych, np. prawdopodobieństw wyników.

W problemach decyzyjnych typu strategicznego i operacyjnego sięgamy najczęściej do odpowiednich systemów informatycznych i danych zgromadzonych w ich bazach danych. Systemy informatyczne, a więc zbiory informacji zewnętrznych i wewnętrznych oraz procesy ich przetwarzania, powinny dostarczać decydentom przeświadczenia, że uzyskane informacje pozwalają na wybór najlepszego rozwiązania w danej sytuacji decyzyjnej.

Opracowanie wariantów decyzyjnych

Następnym etapem w procesie podejmowania decyzji jest ustalenie wariantów¹⁷ rozwiązania problemu decyzyjnego. Opracowanie wielu wariantów rozwiązań zwiększa prawdopodobieństwo wyboru właściwej decyzji. Aby móc dostrzec wszystkie możliwe warianty, należy uruchomić twórcze myślenie. Konieczne jest wtedy uruchomienie zdolności dokonywania **oceny**, aby można było rozpoznać realne warianty rozwiązań. Realne, czyli możliwe do przeprowadzenia, a więc istnieje prawdopodobieństwo, że sprawdzi się w praktyce i pozwoli osiągnąć cel. Opracowanie skutecznych wariantów rozwiązania prowadzi do sprawniejszego i efektywniejszego funkcjonowania systemu, a przynajmniej zwiększa szansę na jego przetrwanie.

Przy analizie jednego wariantu rozwiązanie może być utrudnione. Dlatego właściwym jest opracowywanie wielu wariantów, które można sporządzać w formie modeli matematycznych bądź określonego algorytmu postępowania w celu generowania wariantów. Jednak

¹⁷ Posługujemy się pojęciem wariantu, a nie alternatywy. Alternatywa jest jedną z dwóch możliwości. Ludzie o niewielkim doświadczeniu w podejmowaniu decyzji mają tendencję do zbyt łatwego decydowania się na jedną z dwóch możliwości. Nie są skorzy do wysiłku umysłowego, ani nie mają czasu na poszukiwanie co najmniej kilku możliwości. Warto zacytować tu słowa Bismarcka do generałów: „Możecie być pewni, że jeżeli nieprzyjaciel ma tylko dwie możliwości działania, to wybierze trzecią”.

opracowywanie rozwiązań wielowariantowych jest dość złożone i wymaga od analityków (decydentów) dużych umiejętności i doświadczenia.

Analiza i ocena wariantów

Najważniejszą czynnością w procesie analizy i oceny wariantów jest ustanowienie kryteriów ich oceny.

Z metodycznego punktu widzenia dobrze jest wyodrębnić w nich trzy kategorie: **konieczne**, **pożądane**, **możliwe**. Każda ewentualność, która nie spełnia kategorii konieczne, powinna być w pierwszym etapie selekcji odrzucona. Kiedy potrzeby podstawowe zostaną zaspokojone, przechodzimy do rozważania opcji pożądanych, a następnie możliwych.

Z punktu widzenia rzeczowego, każdy wariant można rozpatrywać z punktu widzenia inwestycyjnego (nakłady finansowe lub bezinwestycyjne - organizacja pracy i jej usprawnienie) lub z innych punktów widzenia, zależnie od przyjętych kryteriów. Z reguły kryteria działania decyzyjnego można sprowadzić do następujących: koszty, jakość, elastyczność i zależność.

Ostateczna cena wariantów uzależniona jest od właściwej ich selekcji zgodnie z przyjętymi kryteriami, które są bardzo ważne. Wielokrotnie zdarza się, że warianty należy rozpatrywać z punktu widzenia kilku kryteriów, w szczególności gdy występuje konflikt celów. Często w takich przypadkach ocena wariantów ułatwiona jest dzięki zastosowaniu matematycznych modeli ocenowych.

Z praktycznego punktu widzenia, pomocnym okazać się może analiza i ocena wyodrębnionych wariantów poprzez:

1. sporządzenie listy wad i zalet,
2. rozważenie ewentualnych konsekwencji każdego z możliwych wyborów,
3. odniesienie każdej z rozważanych możliwości do stawianych celów i zamierzeń,
4. ocenę podejmowanego ryzyka w stosunku do spodziewanych korzyści.

O trudności dokonywanego wyboru decyduje związany z nimi stopień **ryzyka**. Umiejętność kalkulowania ryzyka to jedna z bardziej istotnych umiejętności. Na pewno zawsze warto spróbować nakreślić scenariusz najgorszy z możliwych do przewidzenia – co grozi w razie całkowitego niepowodzenia. Jednak w sytuacji, gdy wysokie ryzyko związane jest z wysoką stawką „wygrania”, decydent może je podjąć, mimo świadomości, że grozi mu katastrofa, jeśli się nie uda. Należy zawsze przedsięwziąć takie środki, które zredukują to ryzyko.

Doświadczenie, praktyka, konsultacja specjalistów, rekonesans oraz ćwiczenia (umysłu) mogą okazać się przydatnymi metodami. Celem tych działań jest bowiem przekształcenie możliwości sukcesu w prawdopodobieństwo sukcesu, ale całkowite wyeliminowanie ryzyka na pewno nie będzie możliwe. Zbyt wiele czynników niemożliwych do przewidzenia wpływa na wynik (efektywność) decyzji.

Drugim, obok ryzyka, istotnym czynnikiem są **konsekwencje** jakie wywoła podjęta decyzja. Przy czym konsekwencje mogą być dwojakiego rodzaju: jawne i ukryte. Konsekwencje jawne, to takie, które z reguły decydent (o określonej wiedzy, doświadczeniu, umiejętnościach wymaganych na tym stanowisku) powinien był przewidzieć. Konsekwencje ukryte, które nastąpić mogą jako efekt skomplikowanego łańcucha zdarzeń, nie są nawet możliwe do przewidzenia.

Wszystkie możliwe warianty powinny być zatem dokładnie zbadane i skontrolowane z punktu widzenia racjonalności, granic dopuszczalności oraz poziomu aspiracji (celu), związanego z uznaniem określonego poziomu wykonania za zadowalający, ryzyka i konsekwencji.

Wybór wariantu najlepszego

Po dokonaniu kompleksowej analizy i oceny, w wyniku której rozpatrzone zostały wszystkie "za i przeciw", na podstawie przyjętych kryteriów, możemy przystąpić do wyboru najlepszego wariantu. Decydenci po dokonaniu prezentacji mogą podejmować selekcję i preferować określony wariant. W trakcie wyboru powinni oni konfrontować warianty z celem jaki chcą osiągnąć, i czasem „życia” decyzji w określonym środowisku.

Najczęściej, w wyniku tych rozważań powstaje jedno kryterium (po redefinicji celów, kryteriów i warunków, czyli tzw. kompromisie), będące wypadkową możliwości i konieczności. Często też, decydenci wolą akceptować satysfakcjonujące rozwiązania, w których uzyskuje się polepszenie istniejącej sytuacji, a nie sięgać do najlepszego rozwiązania.

3 Model podejmowania decyzji w warunkach niepewności

Podjęcie decyzji w warunkach niepewności charakteryzuje się tym, że użyteczność rozpatrywanych wariantów (alternatyw) decyzyjnych jest różna w zależności od warunków (otoczenia, stanów rzeczy¹⁸) w jakich będą się realizować. Przy czym o tych stanach, oprócz tego, że potrafimy je scharakteryzować i nazwać, to nic więcej nie wiemy. W szczególności:

- nie umiemy sensownie określić częstości ich wystąpienia (w kategoriach prawdopodobieństwa obiektywnego),
- nie potrafimy wyrazić swojego przeświadczenia o ich wystąpieniu (w kategoriach prawdopodobieństwa subiektywnego (psychologicznego)),
- nie mamy podstaw (doświadczenia), aby na podstawie przeszłości wносить cokolwiek o ich wystąpieniu (w kategoriach prawdopodobieństwa statystycznego).

W modelu zakłada się, że decydent nie zna prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych stanów rzeczy. Mają one bowiem charakter losowy o nieznanym rozkładzie prawdopodobieństwa.

Dla problemów decyzyjnych w warunkach niepewności nie wymaga się szacowania prawdopodobieństwa zaistnienia różnorodnych stanów świata - z zasady zakładamy, że nie możemy nic powiedzieć o możliwości ich wystąpienia¹⁹.

3.1 Formalizacja problemu decyzyjnego w warunkach niepewności

W modelu podejmowania decyzji w warunkach niepewności posiadamy następujące dane:

¹⁸ Stanów natury, dlatego model ten nazywany jest także modelem „gry z naturą”.

¹⁹ Jest to istotna idealizacja modelu. Rzadko raczej się zdarza, aby decydent nie miał ukształtowanego przeświadczenia o możliwościach wystąpienia stanów świata.

Dany jest zbiór D alternatyw decyzyjnych (działania) taki, że:

$$D = \{d_1, \dots, d_i, \dots, d_I\}$$

Dany jest zbiór S stanów rzeczy (świata, warunków, zdarzeń) taki, że:

$$S = \{s_1, \dots, s_j, \dots, s_J\}$$

Dana jest macierz W wyników (użyteczności) alternatywy decyzyjnej d_i w stanie rzeczy s_j postaci:

$$W = (w_{ij})_{\substack{i=1..I \\ j=1..J}}$$

taka, że $W: D \times S \rightarrow \mathcal{R}(<0, 1>)$ (zbiór liczb rzeczywistych albo ułamek właściwy)

Model podejmowania decyzji w warunkach niepewności będzie miał następującą postać:

$$PD^N = \langle D, S, W \rangle$$

Rozwiązanie problemu polega na określeniu reguły wyboru (**funkcji decyzyjnej**) wskazującej rozwiązanie spośród alternatyw dopuszczalnych. Rozwiązanie wskazane zgodnie z przyjętą regułą wyboru nazwiemy **decyzją**. Normatywna teoria podejmowania decyzji zajmuje się określaniem reguł podejmowania decyzji, które decydent może lub powinien stosować w określonej sytuacji decyzyjnej, aby maksymalizować cele, jakie chce osiągnąć (zgodnie ze swoim systemem wartości).

3.2 Kryteria podejmowania decyzji w warunkach niepewności

Przypominamy, że kryterium jest dobrze zdefiniowane wtedy i tylko wtedy, gdy podaje precyzyjny algorytm wyboru takiej alternatywy, która tautologicznie zwie się „optymalna zgodnie z kryterium”.

Teoria decyzji i inne dyscypliny naukowe wypracowały kilka sposobów (kryteriów) rozwiązywania problemów decyzyjnych w warunkach niepewności. Podejmując decyzję w warunkach niepewności możemy posłużyć się następującymi kryteriami wyboru decyzji:

- **MaxiMax** (skrajne postępowanie ryzykanta, optymisty);
- **MaxiMin** (skrajne postępowanie asekuranta, pesymisty);

- **Hurwicza** (postępowanie wypośredkowane pomiędzy postępowaniem ryzykanta i asekuranta);
- **Savage'a** (postępowanie minimalizujące straty z tytułu złe podjętej decyzji; kryterium to jest nazywane również kryterium **MiniMax żalu** lub kryterium **MiniMax** dogodnej straty);
- **Laplace'a** (postępowanie maksymalizujące oczekiwany zysk; wszystkie stany natury są jednakowo prawdopodobne);
- **Kryterium β** (postępowanie wypośredkowane pomiędzy postępowaniem minimaxowym i Laplace'a).

3.2.1 Kryterium MaxiMax

Decydent stosujący to kryterium wyboru charakteryzuje się skrajną skłonnością do ryzyka. W kryterium tym wyznacza się dla każdej alternatywy decyzyjnej d_i największy możliwy (maksymalny, ale nie gwarantowany) wynik o_i , a następnie wskazuje na taką decyzję d^* , dla której maksymalna korzyść jest największa. Należy zatem wybrać taką decyzję d^* , że:

$$\begin{cases} d^* : o^* = \max_i \{o_i(d_i)\} \\ o_i(d_i) = \max_j \{w_{ij}\} \end{cases}$$

Przykład 3.2.1.

Dla analizowanego problemu dotyczącego wyboru określonego modelu sił zbrojnych w zależności od przyszłego sposobu ich użycia określamy o_i . Otrzymujemy:

$$W_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 10 & 7 & 5 & 4 \\ 7 & 8 & 6 & 5 \\ 4 & 5 & 8 & 9 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} o_1(d_1) &= 10 \\ o_2(d_2) &= 8 \\ o_3(d_3) &= 9 \end{aligned}$$

Ponieważ największa z maksymalnych korzyści występuje przy alternatywie decyzyjnej d_1 , tj. $o_1 = \max\{o_1(d_1), o_2(d_2), o_3(d_3)\} = \max\{10, 8, 9\} = 10$, to najlepszą alternatywą decyzyjną z punktu widzenia tego kryterium jest decyzja d_1 czyli model organizacji sił zbrojnych typu M_1 . ■

3.2.2 Kryterium MaxiMin (Walda)

Decydent stosujący to kryterium wyboru charakteryzuje się skrajną skłonnością do asekuracji. W kryterium tym wyznacza się dla każdej alternatywy decyzyjnej d_i najgorszy możliwy (minimalny, ale gwarantowany) wynik p_i , a następnie wskazuje na taką decyzję d^* , dla której taki gwarantowany wynik jest największy. Należy zatem wybrać taką decyzję d^* , że:

$$\begin{cases} d^* : p^* = \max_i \{o_i(d_i)\} \\ p_i(d_i) = \min_j \{w_{ij}\} \end{cases}$$

Przykład 3.2.2.

Dla analizowanego problemu dotyczącego wyboru określonego modelu sił zbrojnych w zależności od przyszłego sposobu ich użycia określamy p_i . Otrzymujemy:

$$W_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 10 & 7 & 5 & 4 \\ 7 & 8 & 6 & 5 \\ 4 & 5 & 8 & 9 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} p_1(d_1) &= 4 \\ p_2(d_2) &= 5 \\ p_3(d_3) &= 4 \end{aligned}$$

Ponieważ największa z najgorszych korzyści występuje przy alternatywie decyzyjnej d_2 , tj. $p_2 = \max\{p_1(d_1), p_2(d_2), p_3(d_3)\} = \max\{4, 5, 4\} = 5$, to najlepszą alternatywą decyzyjną z punktu widzenia tego kryterium jest decyzja d_2 czyli model organizacji sił zbrojnych M_2 . ■

3.2.3 Kryterium HURWICZA

Postępowanie pośrednie pomiędzy postępowaniem pesymisty (asekuranta) a postępowaniem optymisty (ryzykanta) zapewnia kryterium Hurwicza.

W kryterium Hurwicza każdej alternatywie decyzyjnej d_i przyporządkowuje się wskaźnik $\alpha_i(d_i)$, który oznacza skłonność decydenta do ryzyka przy podejmowaniu decyzji d_i . Następnie, wyznacza się dla każdej decyzji d_i indeks $h_i(d_i)$, który jest średnim ważonym zyskiem decyzji d_i . Dla obliczeń $h_i(d_i)$ wykorzystuje się skrajne stanowiska ryzykanta i asekuranta. Jest to średnia ważona z zysków maksymalnego o_i i minimalnego p_i dla danej decy-

zji d_i . Wagami są tutaj skłonności do ryzyka α_i . Następnie wskazuje się na taką decyzję d^* , dla której średni ważony zysk jest największy. Należy zatem wybrać taką decyzję d^* , że:

$$\begin{cases} d^* : h^* = \max_i \{h_i\} \\ h_i = \alpha_i o_i + (1 - \alpha_i) p_i \end{cases}$$

Część autorów przyjmuje α_i jako skłonność do asekuracji przy decyzji d_i . Wówczas oczywiście zmienia się sposób wyliczania średniego ważonego zysku - h_i , tj. zamiast podanego, stosujemy $h_i = (1 - \alpha_i) o_i + \alpha_i p_i$.

Przykład 3.2.3.

Dla analizowanego problemu dotyczącego wyboru określonego modelu sił zbrojnych w zależności od przyszłego sposobu ich użycia określamy h_i . W tym celu korzystamy z danych dostarczonych przez analityków, a określających skłonność decydenta do ryzyka przy każdej decyzji. Kształtuje się on następująco:

- w 40 % decydent skłonny jest wybrać alternatywę d_1 , czyli akceptować model M_1 sił zbrojnych, a zatem $\alpha_1 = 0,4$;
- w 50 % decydent skłonny jest wybrać alternatywę d_2 , czyli akceptować model M_2 sił zbrojnych, a zatem $\alpha_2 = 0,5$;
- w 60 % decydent skłonny jest wybrać alternatywę d_3 , czyli akceptować model M_3 sił zbrojnych, a zatem $\alpha_3 = 0,6$;

Otrzymujemy:

$$W_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 10 & 7 & 5 & 4 \\ 7 & 8 & 6 & 5 \\ 4 & 5 & 8 & 9 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} h_1(d_1) &= 0,4 \cdot 10 + (1 - 0,4) \cdot 4 = 6,4 \\ h_2(d_2) &= 0,5 \cdot 8 + (1 - 0,5) \cdot 5 = 6,5 \\ h_3(d_3) &= 0,4 \cdot 9 + (1 - 0,6) \cdot 4 = 7,0 \end{aligned}$$

Ponieważ największa, z ważonych skłonnościami do ryzyka korzyść, występuje przy alternatywie decyzyjnej d_3 , tj. $h_3 = \max\{h_1(d_1), h_2(d_2), h_3(d_3)\} = \max\{6,4, 6,5, 7,0\} = 7,0$, to najlepszą alternatywą decyzyjną z punktu widzenia tego kryterium jest decyzja d_3 czyli model organizacji sił zbrojnych M_3 . ■

Przykład 3.2.3a

Rozważmy dwa przypadki rozwiązania problemu przedstawionego w przykładzie zgodnie z kryterium Hurwicza, przy przyjęciu różnych założeń odnośnie wag α_i .

Przypadek (1). Przyjmijmy $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0.5$, tzn., że przy każdej z trzech decyzji decydent jest w jednakowym stopniu pesymistą i optymistą. Jest to postępowanie właściwe w przypadkach, gdy nie jesteśmy w stanie określić prawdopodobieństw zajścia „stanów natury” s_j . Otrzymujemy wówczas:

$$W_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 10 & 7 & 5 & 4 \\ 7 & 8 & 6 & 5 \\ 4 & 5 & 8 & 9 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} h_1(d_1) &= 0,5 \cdot 10 + (1 - 0,5) \cdot 4 = 7,0 \\ h_2(d_2) &= 0,5 \cdot 8 + (1 - 0,5) \cdot 5 = 6,5 \\ h_3(d_3) &= 0,5 \cdot 9 + (1 - 0,5) \cdot 4 = 6,5 \end{aligned}$$

Decyzją wyznaczoną przez to kryterium, zgodnie z założeniami jest d_1 .

Przypadek (2). Przyjmijmy $\alpha_1 = 0.3$, $\alpha_2 = 0.5$, $\alpha_3 = 0.4$. Oznacza to, że przy decyzji d_1 decydent ma większą skłonność do bycia asekurantem (nie chce ryzykować), przy decyzji d_2 jest w jednakowym stopniu asekurantem i ryzykantem oraz przy decyzji d_3 ma skłonność być większym ryzykantem.

$$W_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 10 & 7 & 5 & 4 \\ 7 & 8 & 6 & 5 \\ 4 & 5 & 8 & 9 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} h_1(d_1) &= 0,3 \cdot 10 + (1 - 0,3) \cdot 4 = 5,8 \\ h_2(d_2) &= 0,5 \cdot 8 + (1 - 0,5) \cdot 5 = 6,5 \\ h_3(d_3) &= 0,4 \cdot 9 + (1 - 0,4) \cdot 4 = 6,0 \end{aligned}$$

Decyzją wyznaczoną przez to kryterium, zgodnie z założeniami jest d_2 .

WNIOSEK. Wybór decyzji racjonalnej, zgodnie z kryterium Hurwicza może być bardzo wrażliwy na dobrane subiektywnie wagi α_i . Załóżmy, w naszym przypadku, że $\forall i: \alpha_i = \alpha$. Wówczas mamy:

$$W_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 10 & 7 & 5 & 4 \\ 7 & 8 & 6 & 5 \\ 4 & 5 & 8 & 9 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} h_1(d_1) &= 10\alpha + (1-\alpha) \cdot 4 = 6\alpha + 4 \\ h_2(d_2) &= 8\alpha + (1-\alpha) \cdot 5 = 3\alpha + 5 \\ h_3(d_3) &= 9\alpha + (1-\alpha) \cdot 4 = 5\alpha + 4 \end{aligned}$$

Tak określone funkcje zobrazowane zostały na rys. 6, w zależności od zmiany wartości współczynnika α , w zakresie jego zmienności od 0 do 1. Analiza zachowania się indeksów $h(\bullet)$ jako funkcji wagi α wskazuje, że dla $\alpha \leq 0,3$ optymalną alternatywą decyzyjną jest strategia wyboru d_2 . Alternatywa d_3 jest zawsze gorsza od d_1 . Dla $\alpha \geq 0,5$ optymalną alternatywą decyzyjną jest strategia wyboru d_1 . Przy czym dla wartości $0,3 < \alpha < 0,5$ alternatywa d_3 jest w dalszym ciągu gorsza od d_2 , natomiast dla $\alpha > 0,5$ lepszą jest alternatywa d_3 niż d_2 .

Jeśli $\alpha = 1$, wówczas kryterium Hurwicza staje się znanym kryterium MAXIMIN (A. Walda) o postaci:

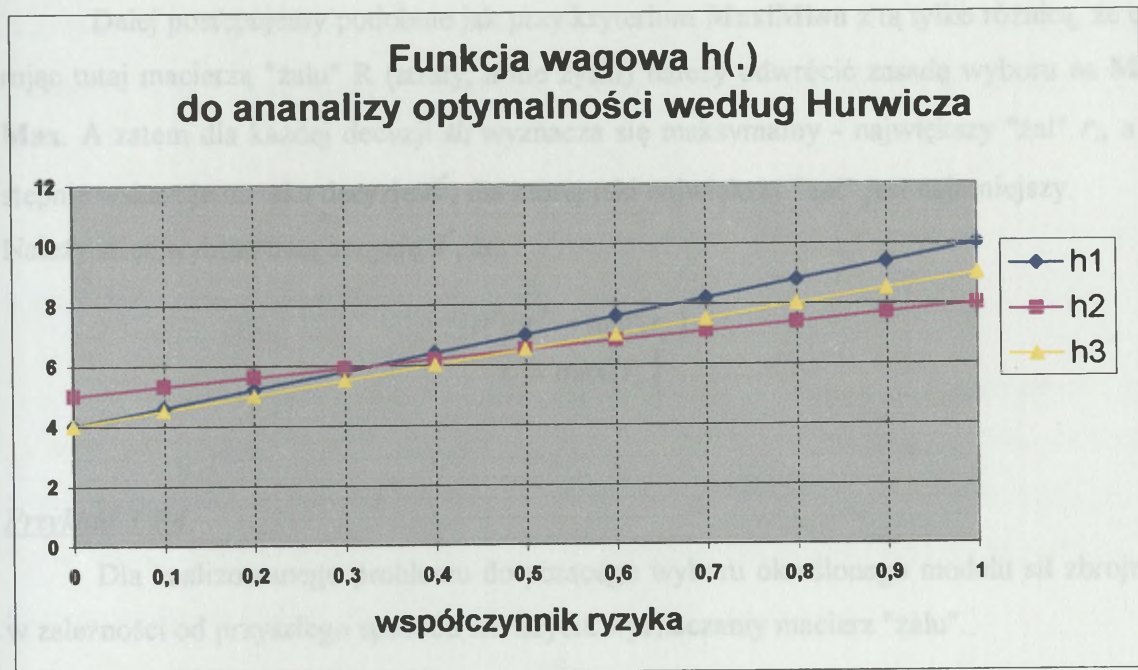
$$\min_i \{p_i\} = \max_i \min_j \{w_{ij}\}$$

czyli największego pesymizmu (zaleca maksymalizować minimalną użyteczność osiągalną przy danej alternatywie decyzyjnej).

Jeśli $\alpha = 0$, wówczas kryterium HURWICZA staje się znanym kryterium MAXIMAX o postaci:

$$\min_i \{o_i\} = \max_i \max_j \{w_{ij}\}$$

czyli największego optymizmu (zaleca maksymalizować maksymalną użyteczność osiągalną przy danej alternatywie decyzyjnej). ■



Rys. 6. Zależność funkcji wagowej w analizie Hurwicza od współczynnika optymizmu

Kryterium HURWICZA relatywizuje problem *asekuracyjności* decydenta, poprzez ustalany przez niego parametr α .

3.2.4 Kryterium Savage'a (MiniMax „żalu”)

Dla każdego stanu natury S_j istnieje alternatywa decyzyjna optymalna, dająca maksymalny wynik w_j . Przy stanie natury s_j każdą alternatywę decyzyjną można scharakteryzować wartością, która stanowi różnicę pomiędzy wynikiem maksymalnym w_j , a wynikiem osiąganym przy danej alternatywie decyzyjnej w_{ij} . Różnicę taką ($w_j - w_{ij}$) nazywamy "żalem" r_{ij} - stratą w stosunku do źle podjętej decyzji. Jest to żal za tym, że podjąwszy określoną decyzję, nie zyskam tyle, ile mógłbym zyskać, podejmując decyzję najlepszą dla danego stanu, który właśnie wystąpił.

W pierwszym kroku należy zbudować macierz "żalu"

$$\begin{cases} R_{i \times j} = [r_{ij}] = [w_j - w_{ij}]_{i \times j} \\ w_j = \max_i \{w_{ij}\} \end{cases}$$

Dalej postępujemy podobnie jak przy kryterium **MaxiMinu** z tą tylko różnicą, że operując tutaj macierzą "żału" R (straty, a nie zyski) należy odwrócić zasadę wyboru na **Mini-Max**. A zatem dla każdej decyzji d_i wyznacza się maksymalny - największy "żał" r_i , a następnie wskazuje na taką decyzję d^* , dla której taki największy "żał" jest najmniejszy. Należy więc wybrać taką decyzję d^* , że:

3.2.5 Kryterium Laplace'a

$$\begin{cases} d^* : r^* = \min \{r_i\} \\ r_i = \max_j \{r_{ij}\} \end{cases}$$

Przykład 3.2.4.

Dla analizowanego problemu dotyczącego wyboru określonego modelu sił zbrojnych w zależności od przyszłego sposobu ich użycia wyznaczamy macierz "żału".

$$W_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 10 & 7 & 5 & 4 \\ 7 & 8 & 6 & 5 \\ 4 & 5 & 8 & 9 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} w_1(s_1) &= \max \{10, 7, 4\} = 10 \\ w_2(s_2) &= \max \{7, 8, 5\} = 8 \\ w_3(s_3) &= \max \{5, 6, 8\} = 8 \\ w_4(s_4) &= \max \{4, 5, 9\} = 9 \end{aligned}$$

Przy stanie s_1 najlepszą decyzją jest decyzja d_1 dająca maksymalny wynik 10. Z kolei przy stanie s_2 najlepszą decyzją jest decyzja d_2 dająca maksymalny wynik 8, itd. Macierz "żału" wyliczamy następująco:

$$R_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 10-10 & 8-7 & 8-5 & 9-4 \\ 10-7 & 8-8 & 8-6 & 9-5 \\ 10-4 & 8-5 & 8-8 & 9-9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 3 & 5 \\ 3 & 0 & 2 & 4 \\ 6 & 3 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Maksymalne straty przy każdej decyzji wynoszą:

$$R_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 3 & 5 \\ 3 & 0 & 2 & 4 \\ 6 & 3 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} r_1 &= \max \{0, 1, 3, 5\} = 5 \\ r_2 &= \max \{3, 0, 2, 4\} = 4 \\ r_3 &= \max \{6, 3, 0, 0\} = 6 \end{aligned}$$

20 W pakietach komputerowych kryterium to nazywane jest skrótowo "maximin" i, z braku wystarczającego powodu do uznania dowolnego stanu natury za bardziej prawdopodobny niż pozostałe.

Ponieważ najmniejsza z największych strat występuje przy decyzji d_2 , tj. $r_2 = \min\{r_1, r_2, r_3\} = \min\{5, 4, 6\} = 4$, to najlepszą decyzją z punktu widzenia tego kryterium jest decyzja d_2 - czyli model organizacji sił zbrojnych M_2 . ■

3.2.5 Kryterium Laplace'a

Kryterium konstruowane jest na bezpośrednim założeniu modelu podejmowania decyzji w warunkach niepewności. A mianowicie, skoro nic nie potrafimy powiedzieć o możliwościach wystąpienia wyróżnionych stanów świata, to założmy, że każdy z nich może pojawić się w równej mierze. Przyjmuje się tutaj, że prawdopodobieństwo zaistnienia każdego z s_j stanów natury jest jednakowe²⁰ i wynosi:

$$p(s_j) = \frac{1}{J}$$

Kryterium Laplace'a wykorzystuje wartość oczekiwaną wyniku, co może sugerować podejmowanie decyzji w warunkach ryzyka, a nie w warunkach niepewności. Zauważmy jednak, że prawdopodobieństwa stanów natury wynikają z przyjętego założenia, że wszystkie stany natury są jednakowo prawdopodobne, a nie z rzeczywistej wiedzy o zachowaniu się natury. Stąd kryterium Laplace'a zaliczane jest do grupy kryteriów wyboru w warunkach niepewności.

W kryterium Laplace'a wyznacza się dla każdej decyzji d_i oczekiwaną wartość wyniku l_i używając prawdopodobieństw stanu natury $p\{s_j\} = 1/J$ (faktycznie jest to średnia arytmetyczna), a następnie wskazuje na taką decyzję d^* , dla której taki oczekiwany zysk jest największy. Należy zatem wybrać taką decyzję d^* , że:

$$\left\{ \begin{array}{l} d^* : l^* = \max_i \{l_i\} \\ l_i = \sum_{j=1}^J p(s_j) \cdot w_{ij} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J w_{ij} \end{array} \right.$$

²⁰ W pakietach komputerowych kryterium to nazywane jest skrótowo "insufficient reason", tj. braku wystarczającego powodu do uznania dowolnego stanu natury za bardziej prawdopodobny niż pozostałe.

Przykład 3.2.5.

Dla analizowanego problemu dotyczącego wyboru określonego modelu sił zbrojnych w zależności od przyszłego sposobu ich użycia określamy l_i . Otrzymujemy:

$$W_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 10 & 7 & 5 & 4 \\ 7 & 8 & 6 & 5 \\ 4 & 5 & 8 & 9 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} l_1(d_1) &= 0,25(10 + 7 + 5 + 4) = 0,25 \cdot 26 = 6,5 \\ l_2(d_2) &= 0,25(7 + 8 + 6 + 5) = 0,25 \cdot 26 = 6,5 \\ l_3(d_3) &= 0,25(4 + 5 + 8 + 9) = 0,25 \cdot 26 = 6,5 \end{aligned}$$

Mamy tu szczególny przypadek - dla każdej alternatywy decyzyjnej wartość wskaźnika l_i jest taka sama. Można powiedzieć, że kryterium nie rozróżnia użyteczności alternatyw (pesymistyczna interpretacja) albo - ze względu na rozpatrywane kryterium, wszystkie alternatywy są jednakowo użyteczne (optymistyczna interpretacja). ■

Kryterium to maksymalizuje średnia arytmetyczną użyteczności (można interpretować, że jest szczególnym przypadkiem kryterium SEU - dla problemu decyzyjnego w warunkach ryzyka - zakłada mianowicie równomierny rozkład prawdopodobieństwa w zbiorze S). Wychodzi z idei *niepewności*, tzn. skoro decydent nie zna rozkładu prawdopodobieństwa na *stanach świata* (albo nie ma sensu mówić o częstotliwości ich zachodzenia), to najlepiej przyjąć, że są one jednakowo prawdopodobne.

3.2.6 Kryterium β

Przyjmując następujące oznaczenia:

$$p_i = \min_j w_{ij}; \quad l_i = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J w_{ij}$$

powiemy, że alternatywa d^* jest optymalna wtedy i tylko wtedy, gdy:

$$\begin{cases} d^* : b^* = \max\{b_i\} \\ b_i = \beta p_i + (1 - \beta)l_i \end{cases}$$

gdzie β (ustalona przez decydenta liczba) $0 < \beta < 1$.

Kryterium to maksymalizuje sume ważoną dwóch składników: najmniejszej spośród użyteczności związanych z danym działaniem oraz ich wartości średniej. Jest kompromisem pomiędzy kryterium **MaxiMin** ($\beta=0$) a kryterium **Laplace'a** ($\beta=1$). Kryterium β odznacza się *ostrożnościowym* charakterem.

Przykład 3.2.6.

Dla analizowanego problemu dotyczącego wyboru określonego modelu sił zbrojnych w zależności od przyszłego sposobu ich użycia określamy b_i . Otrzymujemy:

$$W_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 10 & 7 & 5 & 4 \\ 7 & 8 & 6 & 5 \\ 4 & 5 & 8 & 9 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} b_1(d_1) &= 0,25 \cdot 4 + 0,75 \cdot 6,5 = 5,875 \\ b_2(d_2) &= 0,25 \cdot 5 + 0,75 \cdot 6,5 = 6,125 \\ b_3(d_3) &= 0,25 \cdot 4 + 0,75 \cdot 6,5 = 5,875 \end{aligned}$$

Ponieważ największa wartość b_i występuje przy alternatywie decyzyjnej d_2 , tj. $b_2 = \max\{b_1(d_1), b_2(d_2), b_3(d_3)\} = \max\{5,875, 6,125, 5,875\} = 6,125$, to najlepszą alternatywą decyzyjną z punktu widzenia tego kryterium jest decyzja d_2 czyli model organizacji sił zbrojnych M_2 . ■

Przedstawione powyżej kryteria podejmowania decyzji w **warunkach niepewności** nie wyczerpują wszystkich możliwych. Kończąc, warto skonkludować główny ich sens słowami²¹, że kryterium **maksyminowe** charakteryzuje decydenta *ostrożnego*, kryterium **Hurwicza** - *przedsiębiorczego*, kryterium **Laplace'a** - *racjonalnego*, kryterium **Savage'a** - *nie lubiącego przegrywać*.

21 Patrz P. Sienkiewicz - *Inżynieria systemów*, MON 1983.

4 Model podejmowania decyzji w warunkach ryzyka

Termin "*podejmowanie decyzji w warunkach ryzyka*" wiąże się z taką sytuacją decyzyjną, gdy każdej decyzji odpowiada więcej niż jeden wynik i znamy prawdopodobieństwo z jakim taki wynik może wystąpić. Dla każdego stanu natury s_j ($j = 1, 2, \dots, J$) określone jest prawdopodobieństwo zaistnienia tego stanu $p(s_j)$. Prawdopodobieństwa te noszą nazwę **prawdopodobieństw *a priori***. Znamy zatem rozkład prawdopodobieństwa zmiennej losowej, jaką jest stan świata.

4.1 Formalizacja problemu decyzyjnego w warunkach ryzyka

W modelu podejmowania decyzji w warunkach ryzyka posiadamy następujące dane:

Dany jest zbiór D **alternatyw decyzyjnych** (działania) taki, że:

$$D = \{ d_1, \dots, d_i, \dots, d_I \}$$

Dany jest zbiór S **stanów rzeczy** (świata, warunków, zdarzeń) taki, że:

$$S = \{ s_1, \dots, s_j, \dots, s_J \}$$

Dany jest wektor p **prawdopodobieństw** wystąpienia każdego stanu rzeczy:

$$p = \{ p_1, \dots, p_j, \dots, p_J \}$$

Dana jest macierz W **wyników** (użyteczności) alternatywy decyzyjnej d_i w stanie rzeczy s_j postaci:

$$W = (w_{ij})_{\substack{i=1 \dots I \\ j=1 \dots J}}$$

taka, że $W: D \times S \rightarrow \mathcal{R}(<0, 1>)$ (zbiór liczb rzeczywistych albo ułamek właściwy)

Model podejmowania decyzji w warunkach ryzyka będzie miał następującą postać:

$$PD^R = \langle D, S, W p \rangle$$

Rozwiązanie problemu polega na określeniu reguły wyboru (**funkcji decyzyjnej**) wskazującej rozwiązanie spośród alternatyw dopuszczalnych. Rozwiązanie wskazane zgodnie z przyjętą regułą wyboru nazwiemy **decyzją**. Normatywna teoria podejmowania decyzji zaj-

muje się określaniem reguł podejmowania decyzji, które decydent może lub powinien stosować w określonej sytuacji decyzyjnej, aby maksymalizować cele, jakie chce osiągnąć (zgodnie ze swoim systemem wartości).

4.2 Kryteria podejmowania decyzji w warunkach ryzyka

Teoria decyzji i inne dyscypliny naukowe wypracowały kilka sposobów (kryteriów) rozwiązywania problemów decyzyjnych w warunkach ryzyka. Podejmując decyzję w warunkach ryzyka możemy posłużyć się następującymi **kryteriami** wyboru decyzji:

- **maksymalizacji oczekiwanej wartości zysku;**
- **minimalizacji utraconych szans ("żalu");**
- **minimalizacji ryzyka.**

W każdym kryterium analizowane są wartości oczekiwane w celu wskazania na decyzję o ekstremalnej wartości oczekiwanej.

4.2.1 Kryterium maksymalizacji oczekiwanej wartości

Kryterium maksymalizacji oczekiwanej wartości zwane też strategią scalania prawdopodobieństwa i użyteczności (*subjectively expected utility -SEU*)

Wywodzi się z intuicyjnych przesłanek: połączyć to, co prawdopodobne z tym, co jest wartościowe subiektywnie. Kryterium bierze pod uwagę:

- prawdopodobieństwo subiektywne $p_s(s_j)$ antycypowanych wyników podjętej alternatywy decyzyjnej d_i w różnych stanach świata s_j ;
- użyteczność w_{ij} podjętej alternatywy decyzyjnej d_i w zbiorze różnych stanów świata s_j .

Dla alternatywy decyzyjnej d_i zachodzi zatem:

Ponieważ największa z wartości oczekiwanych użyteczności występuje przy alternatywie decyzyjnej d_3 , tzn. $SEU_1(d_1) = 5,95$; $SEU_2(d_2) = 6,35$; $SEU_3(d_3) = 6,95$ to najlepszą decyzją z punktu widzenia tego kryterium jest decyzja d_3 , czyli model gdzie: $j = 1, \dots, J$ określa zbiór stanów świata.

Decyzja d^* jest optymalna, jeżeli jej SEU jest **maksymalne**:

$$d^* = \max_i \{SEU(d_i)\}$$

W kryterium tym wyznacza się dla każdej decyzji d_i oczekiwaną wartość zysku ($SEU_i(d_i)$) używając prawdopodobieństw *a priori* stanu natury $p(s_j)$ w stosunku do macierzy wyników W , a następnie wskazuje na taką decyzję d^* dla której oczekiwana wartość zysku jest największa.

Należy zatem wybrać taką decyzję d^* , że:

$$\begin{cases} d^* = \max_i \{SEU_i(d_i)\} \\ SEU_i(d_i) = \sum_{j=1}^J p(s_j) \cdot w_{ij} \end{cases}$$

Przykład 4.2.1.

Dla analizowanego problemu dotyczącego wyboru określonego modelu sił zbrojnych w zależności od przyszłego sposobu ich użycia określamy oczekiwaną wartość ich użyteczności w każdym modelu. Przy czym przyjmujemy dane pozyskane z komórki analitycznej (opracowane na podstawie wypowiedzi (oszacowań) ekspertów w dziedzinie „wizji przyszłej wojny”) dotyczące oceny prawdopodobieństwa *a priori* zaistnienia wyróżnionych stanów świata. Są one następujące: $p_1 = p(s_1) = 0,15$; $p_2 = p(s_2) = 0,25$; $p_3 = p(s_3) = 0,3$; $p_4 = p(s_4) = 0,3$. Otrzymujemy:

$$W_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 10 & 7 & 5 & 4 \\ 7 & 8 & 6 & 5 \\ 4 & 5 & 8 & 9 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} SEU_1(d_1) &= 0,15 \cdot 10 + 0,25 \cdot 7 + 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 4 = 5,95 \\ SEU_2(d_2) &= 0,15 \cdot 7 + 0,25 \cdot 8 + 0,3 \cdot 6 + 0,3 \cdot 5 = 6,35 \\ SEU_3(d_3) &= 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,3 \cdot 8 + 0,3 \cdot 9 = 6,95 \end{aligned}$$

Ponieważ największa z wartości oczekiwanych użyteczności występuje przy alternatywie decyzyjnej d_3 , tj. $SEU_3(d) = \max\{SEU_1(d_1), SEU_2(d_2), SEU_3(d_3)\} = \max\{5,95; 6,35; 6,95\} = 6,95$ to najlepszą decyzją z punktu widzenia tego kryterium jest decyzja d_3 , czyli model organizacji sił zbrojnych typu M_3 .

4.2.2 Kryterium minimalizacji utraconych szans

W kryterium tym wyznacza się dla każdej decyzji d_i oczekiwaną wartość "żału" (oczekiwana wartość straty dla alternatywy decyzyjnej, gdy ją wybrałem, zamiast najlepszej, jaką powinienem był wybrać, gdybym wiedział, że wystąpi stan świata, jaki wystąpił) ($E_i(r_i)$) używając subiektywnego prawdopodobieństw *a priori* stanu natury $p_j(s_j)$ w stosunku do macierzy "żału" R , a następnie wskazuje się taką decyzję d^* , dla której oczekiwana wartość "żału" jest najmniejsza. Należy zatem wybrać taką decyzję d^* , że:

$$\begin{cases} d^* = \min_i \{E_i(r_i)\} \\ E_i(r_i) = \sum_{j=1}^J p(s_j) \cdot r_{ij} \end{cases}$$

Przykład 4.2.2.

Dla analizowanego problemu dotyczącego wyboru określonego modelu sił zbrojnych w zależności od przyszłego sposobu ich użycia określamy oczekiwaną wartość starty („żału”), że wybrałem model nieadekwatny do sytuacji, jaka wystąpiła. Otrzymujemy:

Tabela 7. Ocena

$$R_{3 \times 4} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 3 & 5 \\ 3 & 0 & 2 & 4 \\ 6 & 3 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} E_1(d_1) &= 0,15 \cdot 0 + 0,25 \cdot 1 + 0,3 \cdot 3 + 0,3 \cdot 5 = 2,65 \\ E_2(d_2) &= 0,15 \cdot 3 + 0,25 \cdot 0 + 0,3 \cdot 2 + 0,3 \cdot 4 = 2,25 \\ E_3(d_3) &= 0,15 \cdot 6 + 0,25 \cdot 3 + 0,3 \cdot 0 + 0,3 \cdot 0 = 1,65 \end{aligned}$$

Ponieważ najmniejsza z wartości oczekiwanych zysku występuje przy alternatywie decyzyjnej d_3 , tj. $E_3(r) = \min\{E_1(r), E_2(r), E_3(r)\} = \min\{2,65; 2,25; 1,65\} = 1,65$, to najlepszą decyzją z punktu widzenia tego kryterium jest decyzja d_3 , czyli model organizacji sił zbrojnych typu M_3 . ■

4.2.3 Ocena ryzyka

W formalnej analizie i ocenie ryzyka, w modelu podejmowania decyzji w warunkach ryzyka, obliczamy:

- wartość oczekiwaną użyteczności i -tej decyzji:

$$E(d_i(w_{ij})) = \bar{u}_i = \sum_{j=1}^J p_j u_{ij}$$

- wariancję i -tej decyzji

$$V(u_i) = \sum_{j=1}^J p_j (u_{ij} - \bar{u})^2$$

- odchylenie standardowe dla i -tej decyzji

$$\delta_i = \sqrt{V(u_i)}$$

- współczynnik zmienności (ryzyko)

$$\zeta_i = \frac{\delta_i}{\bar{u}_i}$$

Alternatywa decyzyjna o najmniejszym współczynniku zmienności jest decyzją racjonalną w sensie zaproponowanej oceny ryzyka.

Przykład 4.2.3.

Dla analizowanego problemu dotyczącego wyboru określonego modelu sił zbrojnych w zależności od przyszłego sposobu ich użycia dla każdej alternatywy decyzyjnej określamy: wartość oczekiwaną użyteczności, wariancję, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności (ryzyko). Otrzymujemy:

Tabela 7. Ocena ryzyka alternatywy decyzyjnych

stan świata		s_1	s_2	s_3	s_4				
p_i		0,15	0,25	0,3	0,3	$E(u_i) = \bar{u}$	$V(u_i)$	δ_i	ζ_i
alternatywy	d_1	10	7	5	4	5,95	4,15	2,04	0,34
	d_2	7	8	6	5	6,35	1,33	1,15	0,18
	d_3	4	5	8	9	6,95	3,85	1,96	0,28

Według tego kryterium najmniejszy współczynnik zmienności (ryzyko) posiada alternatywa decyzyjna d_3 , to najlepszą decyzją z punktu widzenia tego kryterium jest decyzja d_3 , czyli model organizacji sił zbrojnych typu M_3 . ■

4.2.4 Ocena graniczna doskonałej informacji

Ocena graniczna doskonałej (perfekcyjnej) informacji jest to maksymalna kwota jaką warto zainwestować w dodatkowe badanie związane z poznaniem przyszłego zachowania się natury. Wiąże się to na ogół ze zrewidowaniem prawdopodobieństw *a priori* $p(s_j)$ i przyjęciem nowych ich wartości $p^\#(s_j)$, tj. wartości *a posteriori*.

Doskonałą (perfekcyjną) informację definiujemy jako wiedzę o stanie natury przed podjęciem decyzji.

Można zadać sobie pytanie, jaką korzyść osiągnęlibyśmy w warunkach doskonałej informacji? Wykorzystując prawdopodobieństwa *a priori* $p(s_j)$ możemy policzyć **wartość oczekiwaną zysku** przy założeniu, że możliwe byłoby podjęcie decyzji po zarejestrowaniu stanu natury s_j , tj. **w warunkach doskonałej informacji**. Wielkość tę nazwiemy **oczekiwaną korzyścią w warunkach doskonałej (perfekcyjnej) informacji (OKPI)**.

Dla każdego stanu natury s_j istnieje decyzja optymalna, tj. decyzja, dająca maksymalną korzyść (przy omawianiu wyznaczania macierzy "żału" R oznaczyliśmy ją jako $w_j = \max\{w_{ij}\}$). Oczekiwaną korzyść w warunkach doskonałej informacji wyznaczymy jako oczekiwaną wartość z optymalnych korzyści dla kolejnych stanów natury, tj.

$$OKPI = \sum_{j=1}^J p(s_j) w_j$$

Przykład 4.2.4.

Dla analizowanego problemu dotyczącego wyboru określonego modelu sił zbrojnych w zależności od przyszłego sposobu ich użycia dla każdej alternatywy decyzyjnej wyznaczymy: oczekiwaną korzyść z doskonałej informacji wykorzystując prawdopodobieństwa *a priori* i kwoty w_j wyznaczone już wcześniej przy konstruowaniu macierzy "żału" R .

Otrzymujemy:

$$OKPI = \sum_{j=1}^J p(s_j) * w_j = 0,15*10+0,25*8+0,3*8+0,3*9 = 8,6 \blacksquare$$

Cena graniczna doskonałej informacji (CGPI)²² wynika z porównania korzyści osiąganey w warunkach doskonałej informacji z korzyścią osiąganą w warunkach "normalnych" tj. w warunkach, kiedy decyzja musi być podjęta przed zarejestrowaniem stanu natury. Ścisłej, cena ta stanowi różnicę pomiędzy kwotą *OKPI* i kwotą *SEU* (kryterium maksymalnej oczekiwanej wartości wyniku). W problemie rozpatrywanym w przykładzie cena ta wynosi:

$$CGPI = 8,6 - 6,95 = 1,65$$

Otrzymałą kwotę możemy interpretować jako maksymalną cenę, którą bylibyśmy skłonni zaakceptować za dodatkowe badanie natury w celu zyskania większej pewności w zakresie podejmowanej decyzji.

Zauważmy, że otrzymana kwota jest równa minimalnemu oczekiwanemu "żałowi" $E^*(r_i)$, tj.

$$E^*(r) = \min_i \{ E_i(r_i) \} = \min_i \{ \sum_{j=1}^J p(s_j) r_{ij} \} = \min_i \{ \sum_{j=1}^J p(s_j) (w_j - w_{ij}) \} = \min_i \{ \sum_{j=1}^J p(s_j) w_j + \sum_{j=1}^J p(s_j) (-w_{ij}) \} = \sum_{j=1}^J p(s_j) w_j - \max_i \{ \sum_{j=1}^J p(s_j) w_{ij} \} = OKPI - MOW$$

Wykazaliśmy zatem że, **cena graniczna doskonałej informacji jest równa minimalnemu oczekiwanemu "żałowi"**

$$CGPI = E_k(r)$$

Wynika stąd, że wykorzystując informacje *a priori* $p(s_j)$ z góry możemy powiedzieć ile maksymalnie dodatkowo możemy zyskać przechodząc na informacje *a posteriori* $p^\#(s_j)$.

²² Cena graniczna doskonałej informacji nazywana jest też **oczekiwaną wartością doskonałej informacji**. W pakietach komputerowych używany jest skrót *EVPI* (*Expected Value of Perfect Information*).

5 Model podejmowania decyzji w warunkach konfliktowych (growych)

Teorię gier²³ opracowano wcześniej niż teorię podejmowania decyzji i stanowi ona obecnie integralną jej część. Przedmiotem badań teorii gier są sytuacje decyzyjne w których każdy z niezależnych uczestników musi podejmować decyzje. Zwykle pomiędzy decydentami istnieje konflikt interesów. Najczęściej stosowanym kryterium w rozwiązywaniu problemów tego rodzaju jest kryterium minimaksowe.

Słowo **gra** oznacza, w literaturze zarówno zbiór umów i reguł rozgrywania gry jak i pojedynczą rozgrywkę (partię), tj. szczególną realizację tych reguł dotyczącą jednej sytuacji.

Zakładamy, że po zakończeniu gry G każdy z graczy P_n , $n=1, \dots, N$, otrzymuje (bądź traci) pewną ilość dóbr (np. pieniędzy) v_n zwaną wygraną (przegraną) gracza P . Celem każdego z graczy jest maksymalizacja jego wygranej. W najbardziej znanych grach, jak np. poker, całkowita ilość pieniędzy straconych przez przegrywających graczy jest równa całkowitej ilości pieniędzy wygranych przez wygrywających. Przyjmujemy, że zachodzi warunek:

$$\sum_{n=1}^N v_n = 0$$

Wartości wygranych v_n mogą być dodatnie, ujemne bądź równe zero, przy czym $v_n > 0$ oznacza wygraną gracza P_n , $v_n < 0$ – jego przegraną, a $v_n = 0$ – wynik remisowy z punktu widzenia gracza P_n . Gry w których zachodzi powyższy warunek nazywamy **grami o sumie wypłat zero (grami zerowymi)**. W grach o sumie zero gracze nie tworzą ani nie uszczuplają puli bankowej.

Najwcześniej znaleziono rozwiązania dla gier dwuosobowych o sumie wypłat zero. Będą one przedmiotem naszych zainteresowań. Sytuacje, w których tylko jedna strona jest zainteresowana wynikiem gry, zwane są **grami z naturą**, i były przedmiotem zainteresowań w p.4.

²³ Literatura dotycząca teorii gier jest dość bogata. Niemniej rekomendować należy, jedną z nowszych publikacji: Ph. D. Straffin, *Teoria gier*, Wyd. naukowe SCHOLAR, 2001.

5.1 Formalizacja problemu decyzyjnego dla gier dwuosobowych o sumie wypłat zero

Przedstawiamy pojęcia używane w dalszej części punktu:

- Każdą z zainteresowanych grą stron nazywamy **graczem**,
- Dokładnie sprecyzowana przed rozpoczęciem gry reguła decyzyjna, na podstawie której gracz podejmuje decyzję, określona dla każdej decyzji przeciwnika zwana jest **strategią** (gracze nie znają nawzajem swoich strategii),
- **Strategia mieszana** to strategia polegająca na tym, że gracz postanawia w pewnej ustalonej proporcji zastosować wszystkie lub kilka z dostępnych mu sposobów działania. Jeżeli gracz decyduje się na jeden tylko określony sposób działania mówimy, że stosuje **strategię czystą**,
- Mówimy, że gracze rozgrywają **partię** gry wówczas, gdy każdy z nich podjął decyzję o sposobie działania,
- Po każdej rozegranej partii jeden z graczy wypłaca drugiemu kwotę wynikającą z obranych przez nich sposobów działania,
- **Wartość gry** to średnia kwota na partię, którą wygrałby w długim okresie czasu jeden z graczy, gdyby obaj stosowali swoje najlepsze strategie,
- **Macierz wypłat** to tablica ukazująca w wierszach kwoty otrzymane przez gracza P1 (sposoby działania gracza P1 wyróżnione są w boczku tablicy) dla każdego sposobu działania gracza P2 (sposoby działania gracza P2 wyróżnione są w główce tablicy). Wypłaty pokazane są tylko dla gracza P1 – ze względu na zerowy charakter gry wypłaty dla gracza P2 są liczbami przeciwnymi. Przy danej tablicy wypłat gracz P1 maksymalizuje wygraną, zaś gracz P2 minimalizuje wygraną.

Gra określona może być przez podanie **macierzy gry** postaci:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1L} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2L} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{K1} & a_{K2} & \cdots & a_{KL} \end{bmatrix}$$

o wymiarach $K \times L$, której elementy a_{kl} są dowolnymi liczbami rzeczywistymi. Macierz A nazywamy macierzą wypłat. Element a_{kl} jest sumą wypłatą graczy P1 przez gracza P2, jeśli P1 wybiera decyzję k -tą, a gracz P2 wybiera decyzję l -tą.

Przez **strategię mieszaną gracza P1** rozumiemy wektor $\mathbf{X}^T = [x_1, x_2, \dots, x_K]$ liczb rzeczywistych spełniających warunek:

$$x_1 + x_2 + \dots + x_K = 1$$

Przez **strategię mieszaną gracza P2** rozumiemy wektor $\mathbf{Y}^T = [y_1, y_2, \dots, y_L]$ liczb rzeczywistych spełniających warunek:

$$y_1 + y_2 + \dots + y_L = 1$$

Elementy x_k i y_l przedstawiają odpowiednio częstości (prawdopodobieństwa) z jakimi gracz P1 wybiera k -ty sposób postępowania a P2 l -ty sposób postępowania.

Dla każdego $k = 1, 2, \dots, K$ strategię mieszaną, której k -ta współrzędna jest równa 1 a pozostałe współrzędne są równe 0 nazywa się k -tą **strategią czystą** gracza P1. Oznaczmy ją przez k . Podobnie l -ta strategia czysta gracza P2, oznaczona przez l jest strategią czystą gracza P2 o l -tej współrzędnej równej 1 i pozostałych współrzędnych równych 0.

Mówimy, że r -ta strategia czysta gracza P1, reprezentowana przez r -ty wiersz macierzy A , jest **zdominowana** przez k -tą strategię czystą, jeżeli

$$\forall a_{rl} \leq a_{kl} \quad \exists l \quad a_{rl} < a_{kl}$$

k -ta strategia czysta nosi wówczas nazwę strategii **dominującej**.

Mówimy, że p -ta strategia czysta gracza P2, reprezentowana przez p -tą kolumnę macierzy A , jest **zdominowana** przez l -tą strategię czystą, jeżeli

$$\forall a_{kp} \leq a_{kl} \quad \exists k \quad a_{kp} > a_{kl}$$

l -ta strategia czysta nosi wówczas nazwę strategii **dominującej**.

5.2 Reguły podejmowania decyzji w warunkach growych

Funkcję wypłaty dla gracza P1, tj. wartość oczekiwaną jego wygranej określamy jako:

$$E(X, Y) = \sum_{l=1}^L y_l \times E(X/Y = l) = X^T A Y = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L x_k a_{kl} y_l$$

gdzie X i Y są dowolnymi strategiami mieszanymi graczy P1 i P2, x_k i y_l są prawdopodobieństwami wyboru k -tej strategii czystej przez gracza P1 i l -tej strategii czystej przez gracza P2, a $E(X|Y=l)$ oznacza oczekiwaną wypłatę dla gracza P1, jeżeli stosuje on strategię mieszaną X pod warunkiem, że gracz P2 stosuje strategię czystą l .

Rozwiązaniem gry macierzowej jest para strategii mieszanych:

$$X^* = [x_1^*, x_2^*, \dots, x_K^*], Y^* = [y_1^*, y_2^*, \dots, y_L^*]$$

i liczba rzeczywista v taka, że zachodzą następujące warunki:

$$\forall l=1,2, \dots, L \quad E(X^*|Y=l) \geq v$$

$$\forall k=1,2, \dots, K \quad E(Y^*|X=k) \leq v$$

Strategie X^* i Y^* nazywamy **strategiami optymalnymi**, a liczbę v **wartością gry**.

Każdy gracz powinien grać racjonalnie, co oznacza tutaj, że powinien minimalizować swoje maksymalne straty. To kryterium, zwane **kryterium minimaxowym**, jest standardowym kryterium proponowanym w teorii gier dla wyboru strategii optymalnej. Przy danej macierzy wypłat gracz P1 wybiera strategię, dla której najmniejsza z wypłat jest maksymalna (maximin) – jest to tzw. **dolna wartość gry**, oznaczana przez v , gracz P2 zaś strategię, dla której największa ze strat jest najmniejsza (minimax) – jest to tzw. **górna wartość gry**, oznaczana przez v^* . W przypadku, gdy dolna i górna wartość gry są sobie równe mówimy, że gra posiada **punkt siodłowy**, który odpowiada czystym strategiom minimaxowym obu graczy. Nie wszystkie gry będą posiadały punkt siodłowy. W takich przypadkach dopuszczamy wyściepowanie strategii mieszanych.

Gry o sumie zerowej opisują sytuacje konfliktu, a ich rozwiązania mają wskazywać racjonalne strategie postępowania jego uczestników. Skrajną formą konfliktów jest wojna,

toteż jednym z pierwszych obszarów gdzie stosowano teorię gier była taktyka konfliktów zbrojnych. Różne epizody z II wojny światowej opisane teorią gier znaleźć można u Haywooda²⁴ oraz Beresforda i Pestona²⁵ oraz u Koflera [11, s.54]. Z bardziej współczesnych, Straffin [53, s.34-40] rozpatruje grę „partyzanci kontra partyzanci” polegającą na określeniu podziału uczestników stron oraz grę taktyczną sformułowaną przez Jonhsona²⁶ „problem ataku raketowego”, odnoszący się do funkcjonowania programów obrony przeciwraketowej, takich jak amerykański program „wojen gwiezdnych”.

Przykład 5.1.1.

Rozpatrzmy problem wyboru racjonalnej strategii działania dla stron: A i B, będących w konflikcie interesów. Załóżmy, że strona A broni pewnego obiektu o ważnym znaczeniu, może realizować ją na trzy różne sposoby, niejednakowo skuteczne (użyteczne). Natomiast strona B chce ten obiekt zdobyć. Może to uczynić również na trzy różne sposoby, niejednakowo wydajne. Każda strona jest inteligentna i potrafiła oszacować wyniki realizacji każdej pary strategii stron. Macierz ta ma postać:

$$A = \begin{bmatrix} 20 & -150 & -250 \\ 150 & -80 & -100 \\ 250 & 100 & 40 \end{bmatrix}$$

Jaka para strategii (s_i^* , s_j^*) jest optymalna w sensie maksymalizacji korzyści. Czy jest taka para strategii, że jeśli strona A zastosuje inną niż s_i^* , to zyska mniej niż mogłaby, oraz dla strony B – jeśli zastosuje inną to straci więcej niż wtedy, kiedy wybierze s_j^* .

Rozwiązanie problemu (udowodnione przez J. Nasha w 1954) polega na sprawdzeniu, czy w macierzy wyników jest element spełniający warunek:

$$\min_j \max_i a_{ij} = v = \max_i \min_j a_{ij}$$

Na rys. 7. Pokazane zostało rozwiązanie problemu. Okazuje się, że gra posiada punkt równowagi. Optymalną strategią dla gracza A jest strategia s_3 , natomiast dla gracza B – strategia s_3 .

²⁴ Haywooda O. G., „Military decision and game theory”, Journal of the Operations Research Society of America 2 (1954), s. 365-385

²⁵ Beresford R. S., M. H. Peston, „A mixed strategy in action”, Operational Research 6 (1955), s. 173-175

²⁶ Jonhson S. M., „A game solution to a missile penetration problem”, s. 250-267, w A. Mensch (red), *The Theory of Games: Techniques and Applications*, Elsevier, 1996c

Żadnej ze stron nie opłaca się zrezygnować ze wskazanych strategii. Jeśli to uczynią, to uzyskają gorszy wynik. W tym przypadku gra posiada wartość 40, a zatem w lepszej sytuacji znajduje się gracz A.

	B1	B2	B3	$\min_j a_{ij}$	\max_i
A1	20	-150	-250	-250	↓
A2	150	-80	-100	-100	
A3	250	100	40	40	
$\max_i a_{ij}$	250	100	40		

\min_j	→	"="
----------	---	-----

Rys. 7. Rozwiązanie przykładu 5.1.1.



Rozwiązania te, stanowiące w swej istocie *informatyczne systemy wspomaganie zarządzania (SIZ) (Management Information Systems - MIS)*, realizują wspomaganie procesu zarządzania, rozumianego jako wielostopowy, sekwencyjny proces podejmowania decyzji. SIZ zapewnia efektywne gromadzenie, organizację przepływu i sprawny dostęp do danych. Początkowo określano tego typu systemy mianem automatycznego przetwarzania danych (APD), a następnie elektronicznego przetwarzania danych (EPD) (dzisiaj zajmują się tym systemy typu TPS). Systemy te powinny przede wszystkim umożliwić odpowiedź na pytanie typu "Co się dzieje w organizacji?". A bardziej szczegółowo na pytania: "Co jest..?", "Nie jest..?", "Gdzie jest..." itp. SIZ jest najważniejszą i największą częścią systemu informacyjnego organizacji. SIZ głównie opiera się na bazach danych, na ich przetwarzaniu oraz prezentacji wyników w postaci raportów.

Jednym ze sposobów przetwarzania informacji w systemach SIZ jest dokonywanie różnego rodzaju prognoz przy wykorzystaniu stosunkowo prostych modeli analitycznych. Często wykorzystywane są do tego celu modele statystyczne oraz modele badań operacyjnych, które bez wsparcia komputerowego miały bardzo niske zastosowanie. Korzystanie z tych modeli wymaga jednak pewnego przygotowania teoretycznego od użytkowników, aby móc właściwie przygotować dane wejściowe i umiejętnie interpretować wyniki.

Klasyfikowanie SIZ jest możliwe ze względu na różne kryteria. Szybki rozwój ich strukturalnych i funkcjonalnych właściwości, stymulowany rozwojem metod i środków technicznych informatyki oraz potrzebami jego użytkowników pozwala wyróżniać systemy o długim

6 Systemy wspomaganie decyzji

Podstawowym zadaniem rozwiązań informatycznych w zakresie wspomaganie zarządzania jest zapewnienie wysokiej jakości informacji wykorzystywanej w procesach podejmowania decyzji. Informacja ta powinna być:

- **wiarygodna**, czyli musi występować określony stopień pewności, że jest ona prawdziwa;
- **relewantna**, czyli istotna w odniesieniu do potrzeb użytkownika;
- **przyswajalna**, czyli nie powinna wymagać dodatkowych przekształceń jej postaci;
- **dostępna** w stosunkowo krótkim czasie;
- **zapewniająca** poufność dostępu;
- **gwarantująca** pełne bezpieczeństwo.

Rozwiązania te, stanowiące w swej istocie *informatyczne systemy wspomaganie zarządzania* (SIZ) (*Management Information Systems - MIS*), realizują wspomaganie procesu zarządzania, rozumianego jako wieloetapowy, sekwencyjny proces podejmowania decyzji. SIZ zapewnia efektywne gromadzenie, organizację przepływu i sprawnego dostępu do danych. Początkowo określano tego typu systemy mianem automatycznego przetwarzania danych (APD), a następnie elektronicznego przetwarzania danych (EPD) (dzisiaj zajmują się tym systemy typu TPS). Systemy te powinny przede wszystkim umożliwić odpowiedź na pytanie typu "Co się dzieje w organizacji?". A bardziej szczegółowo na pytania: "Co jest..?", "Ile jest..?", "Gdzie jest..." itp. SIZ jest najważniejszą i największą częścią systemu informacyjnego organizacji. SIZ głównie opiera się na bazach danych, na ich przetwarzaniu oraz prezentacji wyników w postaci raportów.

Jednym ze sposobów przetwarzania informacji w systemach SIZ jest dokonywanie różnego rodzaju prognoz przy wykorzystaniu stosunkowo prostych modeli analitycznych. Często wykorzystywane są do tego celu modele statystyczne oraz modele badań operacyjnych, które bez wsparcia komputerowego miały bardzo niskie zastosowania. Korzystanie z tych modeli wymaga jednak pewnego przygotowania teoretycznego od użytkowników po to, by móc właściwie przygotować dane wejściowe i umiejętnie interpretować wyniki.

Klasyfikowanie SIZ jest możliwe ze względu na różne kryteria. Szybki rozwój ich strukturalnych i funkcjonalnych właściwości, stymulowany rozwojem metod i środków technicznych informatyki oraz potrzebami jego użytkowników pozwala wyróżniać systemy według:

- **problemów zastosowania** - człowiek, jego otoczenie społeczne, polityczne, przyrodnicze oraz dziedziny aktywności człowieka produkcja, usługi itp.,
- **rodzaju użytkowników** - rozróżnia się ich według szczebli (poziomów) zarządzania w hierarchii możliwych instytucji (np. użytkownicy centralni, terenowi, resortowi, organizacje itp.),
- **zakresu realizowanych funkcji zarządzania** (np. planistyczne, ewidencyjne),
- **rodzaju i przestrzennego rozmieszczenia sprzętu komputerowego** (np. lokalna sieć komputerowa, system scentralizowany oparty na serwerze klasy mainframe;
- **technologii przetwarzania danych** (np. z klasycznymi zbiorami danych, bazami danych),
- **sposobu tworzenia systemu** (np. indywidualne, powielarne, parametryzowane),
- **innych atrybutów**, wynikających z celu badania.

Przedmiotem dalszych rozważań będą systemy realizujące funkcje zarządzania organizacją, tak o zasięgu wewnętrznym, jak i pozostającym w ścisłym powiązaniu z otoczeniem. Można zatem przyjąć dwa generalne kryteria wydzielenia SIZ:

- podstawowe cechy oraz właściwości struktury i funkcjonowania organizacją, dla której procesy zarządzania będą wspomagane przez SIZ,
- zakres i forma wspomaganie procesu zarządzania w ramach SIZ.

W pierwszym kryterium podziału typologicznego SIZ można wyodrębnić między innymi następujące subkryteria szczegółowe:

- złożoność organizacyjna (np. systemy dla organizacji jedno i wieloszczeblowych),
- różnorodność i intensywność interakcji z otoczeniem,
- rozproszenie terytorialne,
- złożoność informacyjna organizacji,
- przyjęty model zarządzania.

W drugim kryterium można wyróżnić następujące subkryteria szczegółowe:

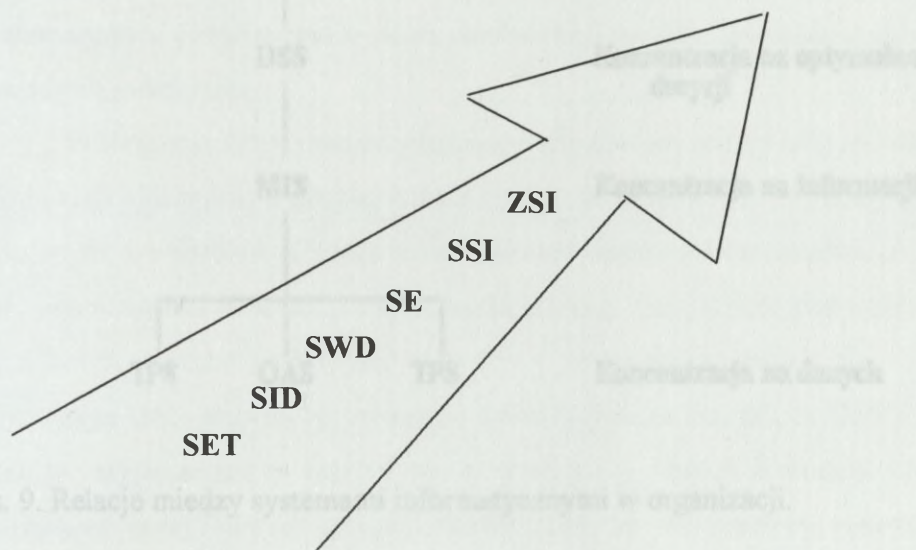
- zakres merytoryczny SIZ (np. systemy cząstkowe, dziedzinowe, wielodziedzinowe, kompleksowe),
- zakres funkcjonalny (np. systemy ewidencyjne, analizy ekonomicznej, wspomaganie procesów decyzyjnych),

- forma komunikacji użytkownika z systemem (np. systemy pośrednie i bezpośrednie,
- konstrukcja systemu (np. systemy jedno i wielomodułowe),
- lokalizacja SIZ w strukturze organizacyjnej
- technologia przetwarzania danych (np. systemy z klasycznymi zbiorami danych, bazą danych, bazą wiedzy).

Należy zauważyć, że wymienione subkryteria szczegółowe są w wielu przypadkach w pewnym zakresie komplementarne, co jedynie potwierdza wzajemne zależności między podstawowymi cechami SIZ oddającymi specyfikę konkretnej organizacji.

W dotychczasowym rozwoju zastosowań systemów informatycznych wspomagających procesy zarządzania w organizacji daje się wyodrębnić podstawowe generacje SIZ, ukazujące ich ewolucyjny charakter (rys. 8):

1. **systemy ewidencyjno-transakcyjne** - SET (*Transaction Processing Systems - TPS*),
2. **systemy nowoczesnego biura** (*Office Automation Systems - OAS*),
3. **systemy informacyjno-decyzyjne** - SID (*Management Information Systems - MIS*),
4. **systemy wspomaganie decyzji** - SWD (*Decision Support Systems - DSS*),
5. **systemy ekspertowe** - SE (*Expert Systems - ES*),
6. **systemy informowania kierownictwa** - SIK (*Executive Information Systems - EIS*), utożsamiane niekiedy z systemami wspomaganie kierownictwa SWK (*Executive Support Systems - ESS*),
7. **systemy sztucznej inteligencji** - SSI (*Artificial Intelligence Systems - AIS*), utożsamiane często z systemami sieci neuronowych - SSN (ang. *Artificial Neuron Networks*),
8. **zintegrowane systemy informatyczne** - ZSI (*Integrated Management Information Systems - IMIS*).



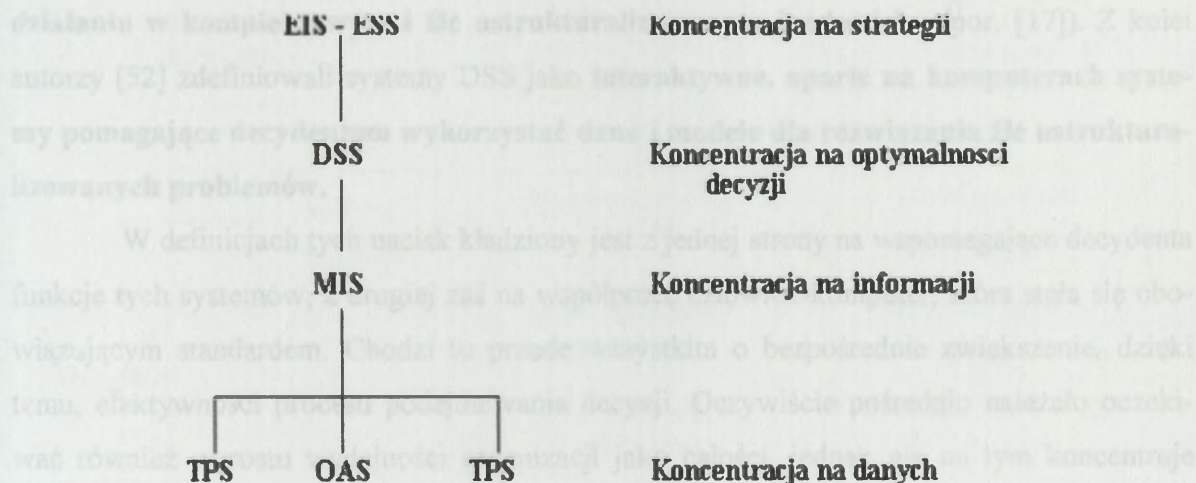
Rys. 8. Ewolucja systemów wspomagania zarządzania

Niezależnie od sposobu grupowania systemów, pewne cechy SIZ są wspólne, wynikają bowiem ze struktury systemu informatycznego, jako zbioru elementów i relacji występujących między nimi. W praktyce, liczba elementów i relacji jest duża, że rozpatrywanie ich w układzie jednowymiarowym nie daje zadowalającej interpretacji. Słusznym zatem jest, by traktować SIZ jako rozwiązanie przestrzenne w układzie wielu współrzędnych. Należy wówczas rozpatrywać wiele struktur systemu w wielu odrębnych (choć wzajemnie powiązanych) przekrojach, z różnych punktów widzenia, w zależności od odmiennych kryteriów analizy i dekompozycji. Stosując tego typu podejście, można w zależności od potrzeby wyodrębnić wiele możliwych i celowych przekrojów.

6.1 Wzajemne relacje między nimi (w uproszczeniu) przedstawione zostały na rys. 9.

Kluczowe systemy wspomagania decyzji (DSS) to bardzo pojemny definicyjnie termin. Stąd częste nadużywanie tego terminu zaczęło się zaraz, na początku jak termin ten został spopularyzowany przez Keena i Scotta Mortona [16].

Pojawiło się wiele definicji DSS. Przykładowe: DSS to system informatyczny, który dostarcza informacje w danej dziedzinie przy wykorzystaniu analitycznych modeli decyzyjnych z dostępem do baz danych w celu wspomagania decydentów w skutecznym



Rys. 9. Relacje między systemami informatycznymi w organizacji.

Najniżej w hierarchii systemów informatycznych wspierających zarządzanie w organizacji znajdują się tzw. systemy transakcyjne (TPS). Ich działanie ogranicza się zazwyczaj do kompleksowego przetwarzania danych źródłowych, czyli do gromadzenia, przechowywania, weryfikacji, aktualizacji i przesyłania danych. Systemy typu TPS nie wspomagają procesów decyzyjnych bezpośrednio, chociaż są bardzo pomocne przy podejmowaniu prostych decyzji rutynowych. Zastosowanie systemów transakcyjnych jest dziś powszechne. Szacuje się, że około 70% systemów informacyjnych organizacji to takie właśnie systemy. Trudno także sobie wyobrazić działanie bardziej wyrafinowanych systemów przeznaczonych do współpracy z decydentami wyższych szczebli bez pośredniego korzystania z danych uzyskiwanych dzięki systemom TPS. Systemy te, jak również systemy typu OAS nie będą przedmiotem naszych rozważań w tym opracowaniu.

6.1 Klasyczne systemy wspomaganie decyzji

Klasyczne **systemy wspomaganie decyzji (DSS)** to bardzo pojemny definicyjnie termin. Stąd częste nadużywanie tego terminu szczególnie zaraz na początku jak termin ten został spopularyzowany przez Keena i Scott Mortona [16].

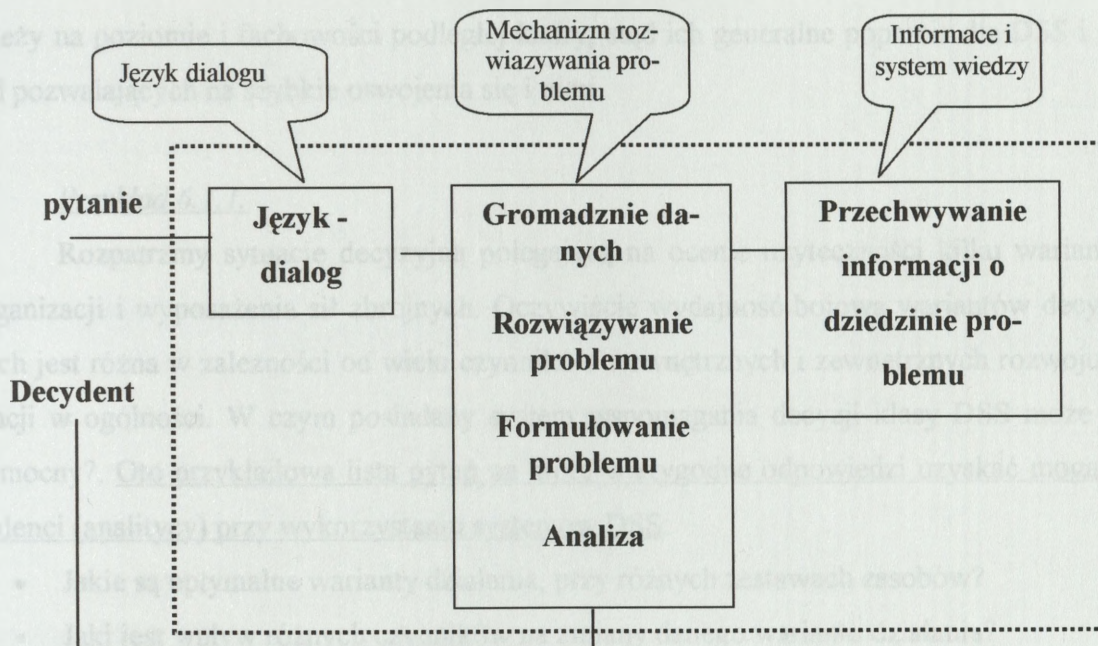
Pojawiło się wiele definicji DSS. Przykładowo: DSS to **system informatyczny, który dostarcza informacje w danej dziedzinie przy wykorzystaniu analitycznych modeli decyzyjnych z dostępem do baz danych w celu wspomaganie decydentów w skutecznym**

działaniu w kompleksowym i źle ustrukturalizowanym środowisku (por. [17]). Z kolei autorzy [52] zdefiniowali systemy DSS jako **interaktywne, oparte na komputerach systemy pomagające decydentom wykorzystać dane i modele dla rozwiązania źle ustrukturalizowanych problemów**.

W definicjach tych nacisk kładziony jest z jednej strony na wspomagające decydenta funkcje tych systemów, z drugiej zaś na współpracę człowiek-komputer, która stała się obowiązującym standardem. Chodzi tu przede wszystkim o bezpośrednie zwiększenie, dzięki temu, efektywności procesu podejmowania decyzji. Oczywiście pośrednio należało oczekiwać również wzrostu wydajności organizacji jako całości, jednak nie na tym koncentruje swoją uwagę DSS. Stąd za najpełniejszą definicję można przyjąć, że **DSS'y to systemy komputerowe wyposażone w interaktywny dostęp do danych i modeli, które wspomagają rozwiązanie specyficznych sytuacji decyzyjnych nie dających się rozwiązać automatycznie przy użyciu samego komputera**. Definicja taka powoduje, że zakwalifikowane tu mogą być systemy bardzo istotnie różniące się między sobą.

Można powiedzieć, że każdy system informatyczny ma na celu wspieranie zarządzania, a więc i podejmowanie decyzji. Jednak systemy DSS zostały wyróżnione ze względu na charakter decyzji jakich rozwiązanie wspomagają i sposób w jaki to wspomaganie się odbywa (chodzi o udział decydenta). Każdy decydent może podjąć inną decyzję przy rozwiązywaniu identycznej sytuacji decyzyjnej, albowiem systemy DSS pozwalają na indywidualizację decyzji nie tylko poprzez możliwość zmiany założeń, ale i interaktywne rozbudowywanie lub przebudowywanie systemu. Natychmiastowe odpowiedzi, jakie uzyskuje decydent pozwalają na "uczenie się" decydenta w trakcie pracy z systemem. DSS również powinien mieć bezpośredni dostęp do baz danych w organizacji, chociaż na własny użytek bardzo często zakłada własne zbiory danych, ważne z jego punktu widzenia. DSS posiada zestaw procedur i mechanizmów do badania pożądalności możliwych wyborów i odpowiada na pytania *"Co jeżeli wybierzemy daną opcję?"*.

Warto zwrócić uwagę na fakt, iż posiadanie DSS przez decydenta zachęca go często do bardziej dogłębnych i szerszych analiz, na które nigdy by się nie zdecydował wcześniej lub które by mu nigdy nie przyszły do głowy, jako możliwe do zrobienia. Bardzo często dzięki DSS i uzyskane rozwiązania pozwalają decydentom lepiej zrozumieć organizację, a zwłaszcza środowisko i otoczenie, w którym ona funkcjonuje. A to stanowi bardzo istotny element



Rys. 10. Klasyczna struktura DSS

W wielu przypadkach DSS jest wdrażany przez samego przyszłego użytkownika. Jest to konsekwencją faktu, że system zostaje w pełni zdefiniowany dopiero w trakcie pracy nad nim. Innymi słowy proponowany decydentowi system, nie jest zdolny do satysfakcjonującej współpracy z użytkownikiem od samego początku, wymagane jest stworzenie lokalnego środowiska dla takiej współpracy. Aktualnie oferowane już są tzw. **generatory DSS**.

Jak wiadomo DSS bazuje na komputerowych algorytmach i modelach decyzyjnych. **Model decyzyjny jest zestawem instrukcji oraz pewnych relacji matematycznych i logicznych, które mogą być wykorzystane do przyszłych działań w danej sytuacji decyzyjnej.** Wymusza to zapotrzebowanie na różnego rodzaju informacje, co nazywane jest *analizą decyzji*. W przypadku generatorów DSS, końcowy użytkownik staje się projektantem systemu, co pozwala na stworzenie systemu uwzględniającego specyfikę problemów, których rozwiązanie ma wspierać. Aby jednak używać skutecznie takiego narzędzia, to od decydenta wymaga się dużej fachowości w dziedzinie, w której ma być ten DSS wykorzystywany lub przynajmniej umiejętności doboru specjalistów z tej dziedziny. Wszystko to odbywa się w środowisku pełnej interakcji między podejmującym decyzje (projektantem), a komputerem.

Warto zwrócić uwagę na fakt, iż poznanie DSS przez decydenta zachęca go często do bardziej dogłębnych i szerszych analiz, na które nigdy by się nie zdecydował wcześniej lub które by mu nigdy nie przyszły do głowy, jako możliwe do zrobienia. Bardzo często dopiero DSS i uzyskane rozwiązania pozwalają decydom lepiej zrozumieć organizację, a zwłaszcza środowisko i otoczenie, w którym ona rezyduje. A że kierownictwu najwyższego szczebla

zależy na poziomie i fachowości podległej kadry, stąd ich generalne poparcie dla DSS i metod pozwalających na szybkie oswojenia się i nimi.

Przykład 6.1.1.

Rozpatrzmy sytuację decyzyjną polegającą na ocenie użyteczności kilku wariantów organizacji i wyposażenia sił zbrojnych. Oczywiście wydajność bojowa wariantów decyzyjnych jest różna w zależności od wielu czynników wewnętrznych i zewnętrznych rozwoju sytuacji w ogólności. W czym posiadany system wspomaganie decyzji klasy DSS może być pomocny? Oto przykładowa lista pytań na które wiarygodne odpowiedzi uzyskać mogą decydenci (analitycy) przy wykorzystaniu systemów DSS:

- Jakie są optymalne warianty działania, przy różnych zestawach zasobów?
- Jaki jest wpływ różnych czynników na zmiany danego wariantu działania?
- Jakie będą przyszłe warunki działania?
- Jakie powinny być kryteria oceny wariantów?
- Jakie jest prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych czynników?
- Które kryteria są najważniejsze i w jakim stopniu? (Jakie nakłady związane są z poszczególnymi wariantami?).
- Czy występują ograniczenia dla nakładów?
- Jakie strategie, scenariusze mogą być wybrane przez przeciwników i z jakim prawdopodobieństwem?
- Jakie problemy czy możliwości mogą pojawić się w najbliższej przyszłości, których obecnie nie dostrzegamy? Jak jest ich prawdopodobieństwo i od czego zależy? Ile mamy czasu do ich ewentualnego zaistnienia?
- Jakie, potencjalnie, nowe rozwiązania mogą się pojawić?

Lista powyższa ma jedynie charakter przykładowy i kolejność na niej nie jest skorelowana z ich ważnością. Ważność stawianych pytań jest sprawą indywidualną każdej sytuacji decyzyjnej i zależy od wielu czynników, takich między innymi jak: obszar na którym działania odbywają się, sprawność organizacyjna, efektywność funkcjonowania, potencjał, otoczenie, sytuacja polityczna, militarna i gospodarcza kraju i w regionie (świecie), itd. ■

A oto główne cechy promujące DSS w organizacji:

- łatwy w użyciu,
- łatwa i szybka manipulacja danymi,
- prawie wcale niezależny od profesjonalnych informatyków,

- zintegrowany z istniejącymi w firmie bazami danych,
- zwiększa profesjonalność podejścia do procesów planowania i podejmowania decyzji w firmie,
- umożliwia szybkie analizy w tym także prowadzenie analizy wrażliwości,
- daje dokładne i trafne rozwiązanie,
- zwiększa jakość informacji,
- zwiększa znacznie liczbę możliwych ocen i oszacowań,
- wymusza podniesienie wiedzy o zarządzaniu na szczeblach kierowniczych wykorzystujących model.

Jako przykłady systemów DSS wykorzystywanych w praktyce można wymienić następujące [3]:

- PMS - *Portfolio Management System*,
- IRIS - *Industrial Relations Information*,
- IFPS - *Interactive Financial Planning System*,
- ISSPA - *Interacyve Support System for Policy Analysis*,
- IMS - *Interactive Marketing System*.

Pakietami, które także są zaliczane do DSS są np. QSB - *Quantitative Systems for Business - Decision Support Systems*, CMMS - *Computer Models for Management Science*, VISA - *Visual Interactive Sensitivity Analysis for Multiple Criteria Decision Aid* czy DSSMS - *Decision Support Systems for Management Science*. Są to przykłady DSS powstałych na bazie modeli badań operacyjnych.

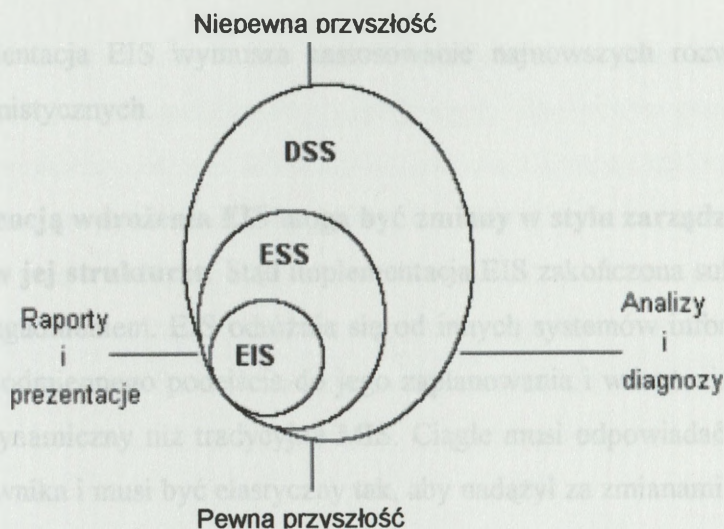
Systemy wspomaganie decyzji zostały pomyślane jako systemy proponowane indywidualnym decydom, a pozwalające na uwzględnienie w konwersacyjnym trybie indywidualności decydenta. Nie mniej większość najważniejszych decyzji jest podejmowana lub przynajmniej konsultowana w grupie decydentów. Okazało się, że systemy DSS są również bardzo przydatne i przy takim podejściu, pozwalając decydentowi na zapoznanie się z opiniami pozostałych członków kierownictwa. Są to specjalne pakiety programowe skupiające się nie tylko na rozwiązaniu problemów, ale na wymianie informacji, a także uwzględnianiu w rozwiązaniu różnorodnych opinii. Istotną cechą tego typu pakietów jest stwarzanie warunków zachęcających, czy wręcz zmuszających uczestników do wyrażenia swojej opinii czy stanowiska w danej sprawie (podobnie jak ma to miejsce w metodzie "burzy mózgów"). System pomaga grupie osiągnąć consensus. W tym przypadku systemy DSS noszą nazwę *Group Decision Support Systems (GDSS)*. Powstało już nawet kilka szkół promujących różne metody-

logie dla znajdowania skutecznych rozwiązań przy wykorzystaniu GDSS. Jako przykłady tego typu systemów można podać [7]: *Coordinator*, *VisionQuest*, *SAMM*, *TeamFocus*, *OptionFinder*, *GroupSystems* czy *Lotus Notes*.

6.2 Systemy informacyjne dla kierownictwa (EIS)

W literaturze przedmiotu [3], [7], [42], [66] systemy informacyjne dla kierownictwa (EIS) traktuje się zamiennie z systemami wspomagania dla kierownictwa (ESS). Ich wzajemne relacje są bardzo "nie ostre" i najlepiej pokazuje je rysunek 3. EIS to wykorzystanie najnowszych rozwiązań z dziedziny informatyki dla stworzenia jak najbardziej komfortowych warunków decydującym najwyższego szczebla. Mamy tu już do czynienia z czymś, co można określić mianem sztuki komputerowej, dzięki której system zostaje w maksymalnym stopniu dopasowany do indywidualnych cech decydenta najwyższego szczebla. System taki albo jest od początku konstruowany pod wybranego decydenta (*tailor-made*) lub będąc uniwersalnym system jest adaptowany do indywidualności decydenta. Jeżeli na przykład: jedni użytkownicy chcą jedynie prezentacji graficznej, a drudzy także numerycznej, to trzeba stworzyć opcje wyświetlania informacji na życzenie.

Celem EIS jest szybkie udzielanie odpowiedzi na pytania, na które musi sobie odpowiedzieć członek najwyższego kierownictwa organizacji. Przy czym nie może to być "sucha" odpowiedź. Musi jej towarzyszyć (na żądanie) pełne uzasadnienie i wyjaśnienie. Musi być ona podana w sposób zrozumiały dla zadającego pytanie. Stąd EIS wyposażone są bardzo bogato w możliwości prezentacji graficznej, która zawsze jest bardziej czytelna od informacji stabelaryzowanej. Połączenia z bazami danych i system tzw. "*drill-down*" pozwala dotrzeć wnikliwemu decydentowi do dowolnego poziomu szczegółowości. EIS pomaga kierownictwu prowadzić tzw. *monitoring* skupiając jednak uwagę bardziej na ogólnym sprawnym działaniu organizacji niż na optymalizacji konkretnych decyzji. Służą temu rozbudowane systemy zapytań oraz indywidualizacja przedstawianych raportów i narzędzi do komunikacji z systemem.



Rys. 11. *Relacje między EIS, ESS i DSS* (na podstawie Turban E, 1988, s368)

Dobry EIS musi być systemem otwartym w tym sensie, że oczekuje na zmiany i z nimi sobie radzi - nie jest nigdy zakończony. Jeżeli użytkownik potrzebuje dokonać pewnych zmian, to EIS musi zrobić to samo tak, aby zawsze być dopasowanym do użytkownika. Stąd niezbędna jest współpraca informatyków z użytkownikami przy projektowaniu formatu grafik, wykresów i schematów systemu, które mają się ukazywać na ekranie.

Poniżej przedstawione są najważniejsze cechy EIS:

- zaprojektowany jest pod kątem zaspokajania potrzeb najwyższego kierownictwa,
- uwzględnia indywidualność i specyfikę stylu zarządzania stosowanego przez to kierownictwo,
- wykorzystywany jest głównie dla sterowania działalnością organizacji i jej monitorowaniu,
- jest konglomeratem różnych systemów wykorzystywanych dla realizacji postawionych przed nim zadań,
- jest nastawiony na użytkownika i jego zastosowanie wyzwała możliwości pozwalające lepiej realizować strategię (misję) organizacji,
- zabezpiecza różnym kierownikom korzystanie z niezbędnych dla nich fragmentów jednej lub wielu baz danych,
- zaawansowana technologia telekomunikacyjna gwarantuje wysoką jakość raportów do tworzenia których niezbędna jest analiza i przetwarzanie różnorodnych danych i informacji,

- implementacja EIS wymusza zastosowanie najnowszych rozwiązań sprzętowo-programistycznych.

Konsekwencją wdrożenia EIS mogą być zmiany w stylu zarządzania organizacją, a także zmiany w jej strukturze. Stąd implementacja EIS zakończona sukcesem jest wyjątkowo trudnym zagadnieniem. EIS odróżnia się od innych systemów informatycznych także tym, że wymaga odmiennego podejścia do jego zaplanowania i wdrożenia. EIS jest ze swej natury bardziej dynamiczny niż tradycyjne MIS. Ciągłe musi odpowiadać na coraz to nowe zapytania użytkownika i musi być elastyczny tak, aby nadążył za zmianami w organizacji.

Bardzo często pomocnym jest zaprojektowanie dodatkowych modułów prezentujących wiedzę o organizacji i zarządzaniu wykraczającą poza potrzeby systemu, ale podnoszącą ogólny poziom wiedzy u użytkowników.

Dobre wyniki daje także nauka przez przykłady. Można tu wyliczyć trzy sposoby:

- nauczanie różnymi sposobami analizowania zagadnień biznesu i rozwiązywania ich przy wykorzystaniu technologii komputerowej,
- wybieranie problemu do rozwiązania i przeglądanie przykładów odnoszących się do niego (podobnych),
- pracowanie wspólnie z ekspertem - konsultantem z danej dziedziny.

Wydaje się, że w przyszłości można wykorzystać do tych celów specjalnie przygotowane, symulacyjne gry decyzyjne. Gry takie, dzięki m.in. takim cechom jak łatwość, powtarzalność, brak ryzyka, zyskały szczególną akceptację ludzi najwyższego szczebla kierowniczego jako doskonała metoda treningu. Przy okazji pozwalałyby na uzmysłowienie tej grupie decydentów ich potrzeb informacyjno-decyzyjnych jeszcze przed ostatecznym wdrożeniem systemu. A innym dodatkowym efektem byłoby tu zwiększenie kreatywności decydentów najwyższego szczebla, co jest udokumentowanym efektem stosowania symulacyjnych gier decyzyjnych [6], [49].

W tej klasie systemów rozwijają się systemy wyposażone w hurtownię danych (*Data Warehouse*). W systemie informacyjnym z hurtownią danych gromadzone są bardzo duże zbiory informacyjne, które zaspokajają potrzeby wielu użytkowników.

Do podstawowych efektów stosowania hurtowni danych zaliczyć należy:

- szybkie uzyskiwanie informacji przez penetrację danych tzw. *data-drilling* (obejmuje ona między innymi operacje: uszczegóławiającą zwaną analizą wglębną *drill-down*, agregującą - *drill-up*, analizę wieloprzekrojową *slicing&dicing*),

- pozyskanie wiedzy z danych tzw. *data-mining* (jest to technologia pozyskiwania wiedzy przez stosowanie modeli sieci neuronowych, algorytmów genetycznych, technik statystycznych) niekiedy jest też określana jako inteligentna eksploracja danych.

Hurtownie danych stosowane są głównie do rozwiązywania problemów zarządzania, które - w zasadzie - nie wymagają pracy w czasie rzeczywistym. Można jednak przypuszczać, że wraz z rozwojem technologii komputerowej ta niedogodność zostanie usunięta. Jednak należy mieć na uwadze, że budowa hurtowni danych jest przedsięwzięciem kosztownym.

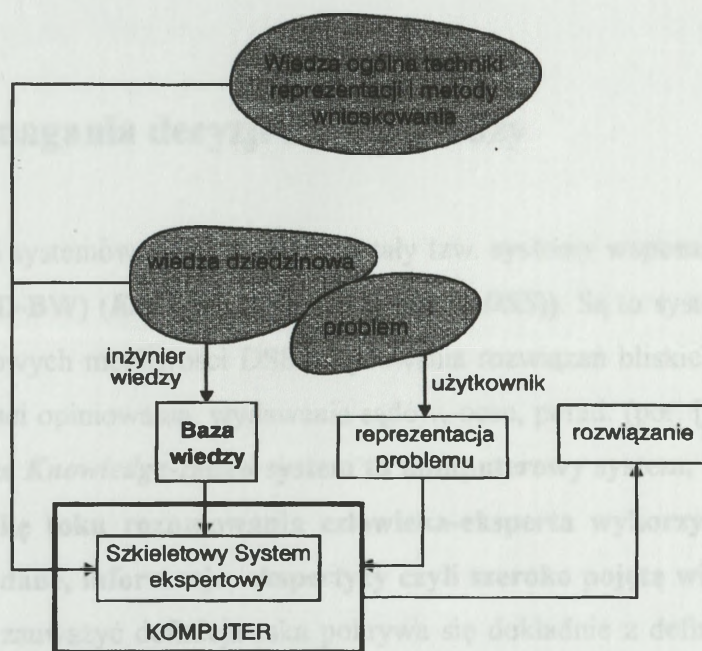
6.3 Systemy eksperckie (Expert System)

Systemy eksperckie (*Expert System*), charakteryzują się odmiennym podejściem i filozofią od omawianych wcześniej. Systemy te starają się naśladować decyzje eksperta - człowieka w konkretnej wybranej dziedzinie i potrafią to robić w wielokrotnie powtarzalny i przyjazny dla użytkownika sposób. **Systemy eksperckie**, zwane na polskim rynku również **systemami ekspertowymi** lub **systemami doradczymi**, podpowiadają decyzje lub rozwiązują jakiś problem na poziomie porównywalnym z ekspertem ludzkim, w jakiejś wyspecjalizowanej dziedzinie. Systemy eksperckie są gałęzią stosowanej sztucznej inteligencji. Podstawowa idea polega na przeniesieniu zasobów wiedzy eksperta do komputera, który wyposażony jest w specjalne reguły wnioskowania i język komunikacji z użytkownikiem. Użytkownicy zwracają się do komputera, kiedy potrzebna jest im konkretna rada. System, podobnie jak ludzki ekspert udziela najlepszej rady i jeżeli to konieczne, tłumaczy logikę na podstawie, której doszedł do takiej, a nie innej konkluzji.

Najistotniejszymi cechami systemów eksperckich są [19]:

- zgromadzenie jak najbardziej kompletnej wiedzy z danej dziedziny oraz możliwość jej permanentnej aktualizacji zgodnie z następującym w niej postępem naukowym,
- umiejętność naśladowania sposobu rozumowania człowieka - eksperta stosowanego przy rozwiązywaniu tego samego typu problemów,
- zdolność wyjaśniania przeprowadzonego toku "rozumowania" dla przyjętych rozwiązań,
- zdolność konwersacji z użytkownikiem w jego ojczystym języku w sposób "przyjazny" i klarowny,

Systemy tego typu są również dostępne w postaci tzw. pustych skorup (*shells*), które użytkownik musi wypełnić wiedzą według zadanych reguł. W zależności od tego, jaka wiedza zostanie do takiego systemu włożona, takiego eksperta będzie reprezentował system. Jeżeli będzie to wiedza techniczna otrzymamy eksperta - inżyniera, jeżeli medyczna to ekspert-lekarza, jeżeli prawnicza to eksperta - mecenasa itd. Tego typu systemy eksperckie są w tej chwili bardzo popularne i powszechnie dostępne, dając możliwość stworzenia dowolnego systemu uwzględniającego wszelkie specyfiki danej dziedziny czy organizacji. Aktualnie, do wypełnienia wiedzą wykorzystuje się najnowsze techniki *software*'owe takie jak GUI i OLE. Czyni to proces budowania systemu eksperckiego jeszcze bardziej prosty i przyjemny.



Rys. 12. Ogólna koncepcja SE.

Inną grupą systemów eksperckich są systemy pracujące w oparciu o sieci neuronowe, czyli w oparciu o komputerowy model komórek wzorowany na budowie mózgu człowieka. Komórki te tworzą sieci, które są generowane przez system. Użytkownik wprowadza do systemu znane mu "historyczne" przypadki, na których podstawie system sam uczy się reguł wnioskowania. "Mądrość" systemu rośnie wraz z ilością przypadków, które poznaje. Po pomyslnym przetestowaniu systemu staje się on relatywnie mało wrażliwy na niepełne dane tzn. daje zadawalające rozwiązania nawet przy brakujących informacjach. Dyskusje na temat porównań przydatności tych systemów doprowadziły do konkluzji, że przyszłość należeć będzie do systemów będących jakąś mieszaniną wszystkich spotykanych dziś na rynku, co pozwoli na uzyskanie swego rodzaju efektu synergetycznego (por. [5]).

Wydaje się jednak, że powszechne wykorzystanie dużych, gromadzących wszelką najnowszą wiedzę w danej dziedzinie systemów eksperckich nastąpi w wyniku rozwoju sieci telekomunikacyjnych. Wówczas dostęp do systemu będzie odbywał się na zasadzie subskrypcji. Pozwoli to na znaczne zwiększenie ilości użytkowników przy jednoczesnym skoncentrowaniu się na jakości systemu, tj. aktualizacji baz wiedzy i metod. Problem ten jest najtrudniejszy (ze względu na dynamiczny postęp naukowy) i bardzo kosztowny (ze względu na odpowiedzialność przy gwarantowaniu wiarygodności dokonywanych zmian. Wysokość kosztów, jaka temu towarzyszy czyni nabywanie tego typu systemów przez poszczególne organizacje nieekonomicznym lub wręcz niemożliwym.

6.4 Systemy wspomaganie decyzji z bazą wiedzy

Z połączenia DSS i systemów eksperckich powstały tzw. **systemy wspomaganie decyzji z bazą wiedzy (SWD-BW) (*Knowledge-Based DSS (KB-DSS)*)**. Są to systemy posiadające oprócz dotychczasowych możliwości DSS znajdowania rozwiązań bliskich optymalnym, dodatkowo możliwości opiniowania, wydawania sądów, ocen, porad. (por. [17]). Z kolei autorzy [34] uważają, że ***Knowledge-Based system to komputerowy system, który próbuje naśladować specyfikę toku rozumowania człowieka-eksperta wykorzystując dostępne bazy zawierające dane, informacje, ekspertyzy czyli szeroko pojętą wiedzę z danej dziedziny***. Jak łatwo zauważyć definicja taka pokrywa się dokładnie z definicją systemów eksperckich podaną wcześniej. Autorzy ci (podobnie jak [56]) twierdzą, że nazwa system ekspercki jest skrótem od ***Ekspert Knowledge-based System (EKBS)***. Natomiast pojęcie system ekspercki jest ogólnym pojęciem, którym można określić większość współczesnych, zaawansowanych systemów komputerowych takich jak:

- interaktywne systemy wspomaganie decyzji (DSS)
- systemy informowania kierownictwa (EIS), które są bardziej skoncentrowanymi informatycznymi systemami zarządzania (MIS), które generują raporty dla najwyższego kierownictwa
- systemy wspomaganie kierownictwa, które często łączą możliwości DSS i MIS.

W skróconej postaci charakterystykę własności systemów wspomaganie decyzji z bazą wiedzy (SWD-BW) można wyrazić następująco: ***jest to narzędzie informatyczne wspo-***

magania decyzji złożonych i słabo strukturalizowanych w ramach określonej klasy decyzji,

które umożliwia:

- wspomaganie analizy procesu decyzyjnego,
- projektowanie doskonalszych narzędzi do uczenia się podejmowania decyzji,
- rozwój łatwego dialogu,
- wspomaganie doboru elementów systemu do kreowania rozwiązań,
- gromadzenie i rozszerzenie wiedzy dostarczanej z modeli i metod symbolicznych w bazie wiedzy i bazie danych.

Wiedzę danej dziedziny i wiedzę o charakterze metodologii podejmowania decyzji z danej dziedziny gromadzić można zarówno za pomocą takich form, jak modele, jak również bazy wiedzy lub łącząc obie te formy.

SWD-BW w istotny sposób przyczyniają się do zmniejszenia zasobów (uczestnictwa osób, obliczeń numerycznych, kontaktów itp.) oraz czasu ludzi i komputerów towarzyszących kosztownym procesom analizy decyzji przez zastąpienie ich uproszczonymi procedurami. Ta klasa systemów może bowiem doradzać w jaki sposób strukturalizować sytuację decyzyjną, rozwiązać problem i jak zastosować rozwiązanie. Systemy bazujące na wiedzy przyczyniają się znakomicie do wyróżniania charakterystycznych klas decyzji i ich formalnego opisu za pomocą reguł, ram lub scenariuszy.

Rozwinięte formy dialogu w ramach metodologii budowy SWD-BW umożliwiają łatwe łączenie algorytmów numerycznych oraz wybór i zastosowanie modeli. Najnowsze narzędzia informatyczne powiązane z modułem ekspertowym SWD-BW znacznie rozbudowują możliwości uczenia się użytkownika. Liczne prace wskazują również na możliwość dostarczania nowej wiedzy z procesów przetwarzania danych, z reguł zależności, z rozmaitych testów i gotowych narzędzi ze statystyki i ekonometrii itp. Modele zwykle złożone z układu równań, zawierają wiedzę niepewną o charakterze teoretycznym. Główne elementy bazy wiedzy, reguły lub ramy dla odmiany zawierają wiedzę eksperymentalną. Na przykład w procesie wnioskowania realizowanego przez element ekspertowy SWD-BW należy często zastosować model dla symulacji sytuacji problemowej, aby ustalić niezbędne kryteria i wtedy wracając do modułu ekspertowego zakończyć proces wnioskowania.

Klasyczny już dzisiaj model SWD można rozbudować w pięciu kierunkach

A. Porada ekspertka w specyficznym obszarze problemów

Porada o specyficznym charakterze wykracza poza możliwości SWD i należałoby poprosić o nią eksperta. Zwiększenie możliwości SWD w tym kierunku wymaga zbudowania bazy wiedzy np. bazy wiedzy obejmującej analizę militarną dla SWD wspomagającego podejmowanie decyzji strategicznych w zakresie wariantów rozwojowych sił zbrojnych. Jednym z fundamentalnych aspektów porady eksperckiej jest możliwość symbolicznego rozumowania jako nowej metody działania kreatywnego.

Rzecz polega na tym, że SWD pomaga użytkownikowi w sformułowaniu koncepcji, realizacji obliczenia według procedur, realizacji modeli decyzyjnych prezentując rezultaty w postaci, jaką może przedstawić ekspert-człowiek. Inaczej mówiąc, za pomocą programowania tradycyjnego można wytworzyć wiadomość zawierającą konkluzję wtedy, kiedy spełniona została seria warunków, lecz nie jest możliwa realizacja tego w sposób elastyczny z rozdzielonych elementów bazy wiedzy i mechanizmu wnioskowania zawartych w SE. Tego typu funkcje może spełnić ekspert uzupełniający SWD, którego opinie są brane pod uwagę lub pomijane przez użytkownika. Integracja elementów SE w SWD w istotny sposób rozszerza treść ekspertyz zawartych w SWD oraz zwiększa możliwość użytkownika w wykorzystaniu tych ekspertyz. Sprowadza się to do rozszerzenia procesu uczenia się użytkownika oraz wzmocnienia sprzężenia zwrotnego pomiędzy użytkownikiem a systemem.

B. Wyjaśnienie wniosków eksperta

Dodatkowa wartość SE polega na rozszerzeniu możliwości systemu o wyjaśnienie przeprowadzonego procesu rozumowania. Możliwość ta jest istotna, ponieważ wypełnia ideę często formułowaną w badaniach, a mianowicie, że dobry SWD winien udoskonalić proces uczenia się użytkownika.

Funkcja objaśniania jest istotna, co najmniej z kilku powodów:

- użytkownik silnie poszukuje lepszego rozwiązania i zwiększa swoje zaufanie do systemu,
- założenia zawarte w systemie powstają raczej *explicite* zamiast stałych *implicite*.

C. Inteligentne wspomaganie analizy decyzji

Można dostrzec, że inteligentne wspomaganie analizy decyzji jest jedną z najistotniejszych integracji SWD i SE. Pierwszym krokiem do zrozumienia modelu jest zdolność czytania tekstu modelu (zwykle zbioru równań) i łatwego rozumienia struktury logicznej (strukturalnej zależności pomiędzy zmiennymi). Oczywiście, korzyści języka modelowania w

stosunku do np. arkusza kalkulacyjnego polegają na możliwości klarownego wyrażania nie tylko związków decyzyjnych, lecz także ogólnych struktur modeli. Jedną z niezwykle użytecznych możliwości SWD jest możliwość znalezienia definicji zmiennej modelu.

Jak powszechnie wiadomo wielu decydentów nie stosuje metod sformalizowanych, ponieważ nie wiedzą, jak je wykorzystać. Na przykład wielu decydentów nie pamięta przyjętych założeń dla niektórych zastosowań modelu regresji wielokrotnej. Użyteczność skorzystania z eksperta jest w wielu przypadkach oczywista, lecz w wielu przypadkach koszt i nieosiągalność eksperta uniemożliwia zastosowanie wspomnianych metod. Wbudowanie elementu ekspertowego zawierającego bazę ze statystyki, prognozowania krótkookresowego i wybranych metod badań operacyjnych poprawia znacznie tę sytuację.

Inteligentna pomoc informatyczna posiada wtedy cztery cele:

- uczy nowicjusza-użytkownika zastosowania metod we właściwy sposób,
- umożliwia użytkownikowi uczenie się właściwych strategii wykorzystania narzędzi (rozwińcie heuretystyki),
- umożliwia wydzielenie właściwego obszaru wiedzy w dużej bazie danych,
- rozszerza inteligentny dialog z użytkownikiem.

D. Pomoc przy formułowaniu pytań

W przypadku dużej bazy danych, ze złożonymi zależnościami, formułowanie wielu pytań może być trudne. SE może pomóc użytkownikowi formułować pytania.

E. Inteligentne wspomaganie w procesie budowy modelu

Idea inteligentnego wspomaganie budowy modeli sprowadza się do tego, że wiedza pewnej dziedziny może być wykorzystana do budowy modeli analitycznych. Dotyczy to oczywiście takich problemów, które można sformułować za pomocą narzędzi modelowania. W literaturze idea ta często opisywana jest pod nazwą zarządzania modelami, obejmuje wiedzę, która może być pomocna użytkownikowi w procesie formułowania problemu, co polega na dostarczaniu (wskazywaniu) właściwych bloków modelu do tworzenia jego rozwiązania.

Z powyższych przykładów wynika, że celem SWD-BW jest integracja tradycyjnego SWD (zarządzania danymi, językiem modelowania, metodologii decyzji, prezentacji danych numerycznych itd.) z nowymi możliwościami SE tj. rozumowaniem symbolicznym oraz możliwościami objaśniania.

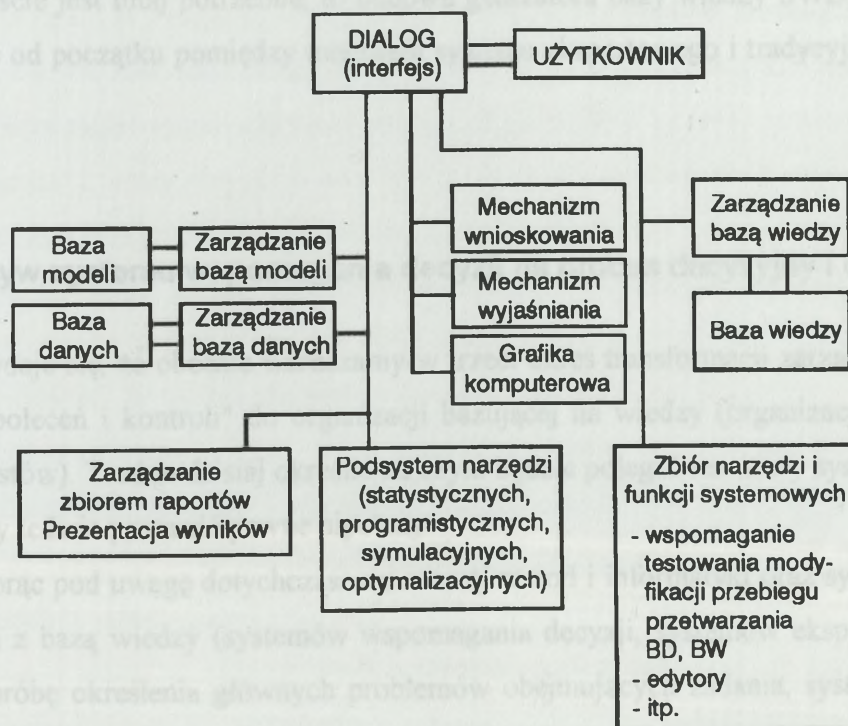
Rys. 13. Struktura SWD-BW

6.4.1 Struktura systemu wspomagania decyzji z bazą wiedzy

Strukturę SWD-BW definiuje się przez podsystemy wraz z istniejącą pomiędzy nimi integracją (komunikacja i sterowanie) jak również z przyjętą hierarchizacją. Prezentowana koncepcja (rys. 13) systemu składa się z następujących komponentów:

- zarządzanie danymi lub bazą danych,
- zarządzanie bazą modeli (modele),
- statystyki, optymalizacje, prognozy, symulacje,
- prezentacja wyników,
- dialog z użytkownikiem,
- zbiór narzędzi systemowych,
- mechanizm wnioskowania,
- mechanizm wyjaśniający,
- zarządzanie bazą wiedzy (baza wiedzy),
- grafika.

Nowymi elementami w stosunku do klasycznego SWD są mechanizm wnioskowania, system zarządzania bazą wiedzy, mechanizm wyjaśniania i dodatkowe narzędzia systemowe.



Rys. 13. Struktura SWD-BW

Mechanizm wnioskowania został wydzielony w postaci odrębnego podsystemu, zdolnego do realizacji wielu funkcji SE w SWD-BW. Mechanizm wyjaśniania jest elastycznym narzędziem zapewniającym łatwą współpracę projektanta lub użytkownika podczas opracowywania, modyfikacji i weryfikacji systemu oraz podczas analizy rozwiązania problemu decyzyjnego. Elastyczny, prosty dialog z użytkownikiem jest wspomagany licznymi dodatkowymi narzędziami informatycznymi do modyfikacji systemu, obserwacji przebiegu przetwarzania lub wnioskowania, wyjaśniania wątpliwości i niejasności użytkownika itp. Istotnym elementem dialogu jest formułowanie przez system rozwiązań w postaci graficznej.

Integracja jest podstawowym problemem, z którym spotyka się projektant opracowujący narzędzia SWD-BW. Jak już wcześniej dostrzegliśmy występuje istotna różnica między kompatybilnością dwóch programów (systemów lub podsystemów), a integracją tych programów.

Podjęto liczne przedsięwzięcia powiązania przez wspólne zbiory istniejących systemów ekspertowych. Niestety większość tych wysiłków zakończyła się niepowodzeniem, ponieważ zbiór powiązań mógł być tylko wtedy użyteczny, jeżeli informacja potrzebna w systemie ekspertowym jest znana wcześniej, co się zdarza rzadko. Informacje potrzebne w SE ulegają zmianie wraz z danymi i integracją z użytkownikiem. W konsekwencji działanie SE prowadzi do przemian w BW, w tym czasie również ulega modyfikacjom zawartość BD. To, co rzeczywiście jest tutaj potrzebne, to budowa generatora bazy wiedzy SWD, który należy projektować od początku pomiędzy modułem systemu ekspertowego i tradycyjnymi modelami SWD.

6.4.2 Wpływ systemu wspomaganie decyzji na proces decyzyjny i decydenta

Wydaje się, że obecnie wkraczamy w trzeci okres transformacji zarządzania organizacją, od „poleceń i kontroli” do organizacji bazującej na wiedzy (organizacji ekspertów i profesjonalistów). Trudno dzisiaj określić na czym będzie polegać ten nowy system zarządzania, możemy ledwie postawić pewne hipotezy.

Biorąc pod uwagę dotychczasowy rozwój metod i informatyki oraz systemów informatycznych z bazą wiedzy (systemów wspomaganie decyzji, systemów ekspertowych) podejmiemy próbę określenia głównych problemów obejmujących zadania, system wartości i zachowań oraz zmiany organizacyjne i infrastrukturę techniczną nowej organizacji.

Nowy rodzaj organizacji bazującej na wiedzy ma szansę realizować zasadę elastycznego dopasowania się do nowych potrzeb.

Będzie to możliwe dzięki temu, że:

- podejmowanie decyzji będzie przekształcane z opinii w diagnozy,
- intensywne korzystanie z wiedzy wymagać będzie większej liczby specjalistów na stanowiskach operacyjnych,
- zamiast działu funkcjonalnego podstawową jednostką stanie się zespół zadaniowy,
- zwiększa się indywidualna odpowiedzialność za własne powiązania i komunikację.

Organizacja bazująca na wiedzy będzie zmuszona wytworzyć własne metody kształtowania systemu zarządzania, polegające między innymi na:

- udoskonaleniu systemu nagradzania i kreowania kariery specjalistów,
- wykreowaniu jednolitej wizji miejsca specjalistów w organizacji,
- doskonaleniu podziału struktury zarządzania na zadania (grupy) robocze,
- zapewnienie dopływu, rozwoju i sprawdzania ludzi na stanowiska kierownictwa na czelnego.

Na zadania realizowane przez organizację coraz większy wpływ wywiera złożoność otoczenia. Zwiększona niepewność spowodowana jest zmieniającym się zachowaniem klientów, większą konkurencją i liczbą proponowanych wyrobów na rynku. Zadania stają się mniej ustrukturalizowane i wymagające zwiększonej liczby, coraz bardziej złożonych decyzji. Powoduje to u decydentów większe zapotrzebowanie na wiedzę o rynku, klientach, wyrobach. To z kolei wywołuje wzrost zapotrzebowania na rozwinięte systemy informatyczne, sieci komputerowe itp. Zmiany powyższe wymagać będą zmian strukturalnych organizacji i zarządzania. Wraz ze zwiększoną intensywnością decyzji i intensywnością wykorzystania wiedzy dla wielu podstawowych zadań, czynności uzupełniające również ulegają zmianie. Wielu doradców i ekspertów organizacji musi zmienić swoje rutynowe działania i zastąpić je elementem badań i rozwoju. W ten sposób wiele ról w organizacji ulegnie zmianie.

Zasadnicze zmiany zadań i ról w organizacji wymuszają potrzebę innego typu ludzi w niej zatrudnionych. Zwiększy się liczba rozmaitych specjalistów zatrudnionych na stanowiskach operacyjnych. Będą to specjaliści baz danych, profesjonalści biurowi o wyszukanych umiejętnościach w podejmowaniu decyzji.

Nowa sytuacja spowoduje wysoką samodyscyplinę oraz większy nacisk na indywidualną odpowiedzialność za powiązania i komunikację. Zindywidualizowana odpowiedzialność zwiększy dyskretność, która jest elementem władzy i wpływów. Systemy informatyczne

z bazą wiedzy będą miały wpływ na zawartość baz wiedzy i jej rozkład w organizacji. Na przykład systemy ekspertowe mogą zmniejszać władzę pewnych grup, ponieważ ich wiedza stanie się powszechnie znana. Może to spowodować przesunięcie części władzy z poziomu strategicznego i taktycznego do operacyjnego. Pojawi się zapewne ogromna szansa kariery dla specjalistów wiedzy. Awans będzie mógł być kreowany w ramach specjalności, w odróżnieniu od dotychczasowych tradycji; kiedy to awans wiąże się z opuszczeniem specjalności i dołączeniem do kierownictwa naczelnego. Prognozy formułowane przez wielu specjalistów wskazują, że zwiększy się liczba osób biorących udział w podejmowaniu decyzji, często osób spoza jednostki formalnie podejmującej decyzję. Kluczową jednostką pracy stanie się zespół zadaniowy specjalistów różnych funkcji pracujących razem. Pojawią się w tym miejscu liczne pytania: Kto będzie wtedy kierownikiem? Czy będzie lider zespołu roboczego? Jak będzie wyglądać struktura zarządzania? Czy nastąpi przejście do hierarchii kompetencyjnej?

Rosnąca rola systemów bazujących na wiedzy będzie polegała na rozprzestrzenianiu wiedzy w organizacji. Z technicznego punktu widzenia potrzeby pracownika korzystającego z bazy wiedzy można scharakteryzować następująco:

- musi istnieć dostęp do różnych zasobów informacji,
- muszą być dostępne różnorodne narzędzia przetwarzania i prezentacji informacji,
- musi być zapewniona wymiana i dystrybucja informacji ze współpracownikami w organizacji.

Potrzebne będą, więc systemy wspomagania indywidualne i grupowe. Nowy system zarządzania będzie charakteryzować przede wszystkim dwie zmienne:

- autonomia polegająca na tym, jak dużo swobody będzie miał użytkownik końcowy dla wykonania własnych zastosowań,
- rodzaj dostępu, jak ważny dla użytkownika końcowego jest natychmiastowy dostęp do danych operacyjnych wspólnego komputera.

Od kiedy wiedza może być ustrukturalizowana w SWD-BW, może być również wykorzystana dla ujednolicenia i rozszerzenia możliwości specjalistów korzystających z bazy wiedzy. Wiedza oraz ekspertyzy mogą być przekazywane od osoby do osoby na drodze uczenia, lecz mogą być również przekazywane przez pojedynczą osobę dla całej organizacji. Konsekwencją tego zjawiska jest traktowanie wiedzy w organizacji jako istotnego zasobu, którym można zarządzać poza umysłem ludzkim.

Pojawienie się tego nowego zasobu w postaci wiedzy w organizacji wywoła potrzebę określenia, gdzie i kiedy oraz dla których osób wiedza zawarta w bazie wiedzy organizacji

może być pomocna przy podejmowaniu decyzji lub przygotowaniu ekspertyzy. Z takiego punktu widzenia może się okazać, że ekspertyzy wielu osób trzeba będzie wziąć pod uwagę, aby ustalić lub rozwinąć bazę wiedzy.

Dostęp do wspólnej wiedzy wywoła dwie dalsze implikacje. Po pierwsze uniknie się powtarzania wysiłków w celu gromadzenia i utrzymania wiedzy. Po drugie, uzyska się większą jednolitość w podejmowaniu decyzji.

W każdym przypadku budowy nowej bazy wiedzy, kierownictwo organizacji będzie zmuszone badać potrzebną wielkość pamięci, sposoby dystrybucji wiedzy itp. Warto w tym miejscu zaproponować następujący plan postępowania:

- ustalić czy wiedza należy do określonej dziedziny,
- na czym polegać będzie utrzymanie wiedzy,
- ustalić źródła wiedzy,
- oszacować koszty formalizacji wiedzy.

Należy przypuszczać, że zmiany wywołane pojawieniem się baz wiedzy w organizacji spowodują zmiany w pewnym sensie podobne do zmian spowodowanych systemami zarządzania bazą danych, które ułatwiły utrzymanie i rozwój zastosowań wykorzystujących wspólne dane i niezależne dane.

Nowy system informacyjny organizacji w przyszłości będzie bazował na sieciach komputerowych. Sieci komputerowe będą wzajemnie łączyć komputerowe stanowiska pracy, centra wspomaganie decyzji z bazą wiedzy oraz centra transakcyjnego przetwarzania danych. Klasyczne już dzisiaj działy systemów informatycznych ulegną ogromnym przekształceniom lub zostaną zastąpione centrami informatycznymi lub centrami SWD. Dla budowy i utrzymania tego typu systemów informatycznych potrzebne będą osoby odpowiednio do tego przygotowane w zakresie wykorzystania generatorów SWD, arkuszy kalkulacyjnych, narzędzi budowy bazy wiedzy, zarządzania bazami danych, Internetu itp.

Nowa rola działu systemów informatycznych wymagać będzie dużej elastyczności, znakomitego przygotowania personelu w szczególności w zakresie *software* dla budowy SWD-BW oraz inżynierii wiedzy. Dział systemów informatycznych będzie bowiem coraz bardziej angażowany w udzielanie pomocy użytkownikowi końcowemu przy projektowaniu i wdrażaniu SWD-BW, sieci komputerowych zapewniających wspomaganie bazy wiedzy, itp. Organizacja o nowym kształcie musi traktować wiedzę jako jeden z podstawowych zasobów, który trzeba planować, rozwijać, zabezpieczać i obsługiwać. Kierownictwo musi brać udział

w projektowaniu sposobów wykorzystania istniejącej wiedzy w organizacji oraz opracowaniu nowej wiedzy do realizacji celów organizacji.

Zastosowanie systemów informatycznych z bazą wiedzy rozszerza możliwości rozwiązywania problemów i podejmowania decyzji poza grupę kilku osiągalnych ekspertów w organizacji. Nowe narzędzia i metody informatyki umożliwiają zobiektywizowanie wiedzy o charakterze heurystycznym, której użycie dotychczas było obciążone subiektywizmem eksperta

6.4.3 Znaczenie integracji SE z SWD

W latach osiemdziesiątych liczne grono autorów podejmowało problem łączenia SE z SWD. Integracja ta odbyła się z użyciem różnych nazw między innymi: SE-SWD, SWDK, Inteligentny SWK. Jej celem było rozszerzenie skuteczności SWD oraz wykorzystanie SWD do rozwiązywania złożonych problemów. Integracja ta miała umożliwić połączenie SE z bazą modeli, z interfejsem lub z całym SWD.

W literaturze trudno spotkać dyskusję nad integracją SE i SIK. W kraju temat ten stał się popularny w końcu lat siedemdziesiątych i na początku osiemdziesiątych, zapewne w związku z pojawieniem się pojęcia SWD.

Wydaje się, że główne korzyści wynikające z łączenia SE i SIK polegają na interpretacji ogromnej ilości informacji zawartej w SIK, np.: sprawdzaniu potencjalnych trendów, poszukiwaniu odchyłeń itp. Innym obszarem może być formułowanie odpowiedzi na pytania, które mogą pojawić się u użytkownika. Ważnym obszarem jest tutaj również ułatwienie dostępu do baz danych dziedzinowych. Bazy te są opracowywane niezależnie, z użyciem różnych języków, struktur zbiorów i protokołów dostępu. Jeśli dodać do tego częsty brak standaryzacji, wtedy wyraźnie uwidacznia się potrzeba ogromnej wiedzy potrzebnej do wykorzystania efektywnie bazy danych. System ekspertowy zastosowany jako interfejs do bazy danych zawiera wiedzę o strategii poszukiwania. Na przykład taki system może doradzać nowicjuszowi jak zorganizować proste wyszukiwanie lub pomóc doświadczonemu użytkownikowi, w jaki sposób efektywnie wykorzystać bazę danych.

WBROŻENIE

Rys. 14. Informatyczne wspomaganie podejmowania decyzji.

6.4.4 Procesy podejmowania decyzji a wspomaganie

Na rys. 14 zilustrowano sposób, w jaki może być zrealizowane wspomaganie decydenta przez takie systemy jak: SE, SWD i SIK. Łatwiej wtedy można wyobrazić sobie możliwości integracji tych systemów.

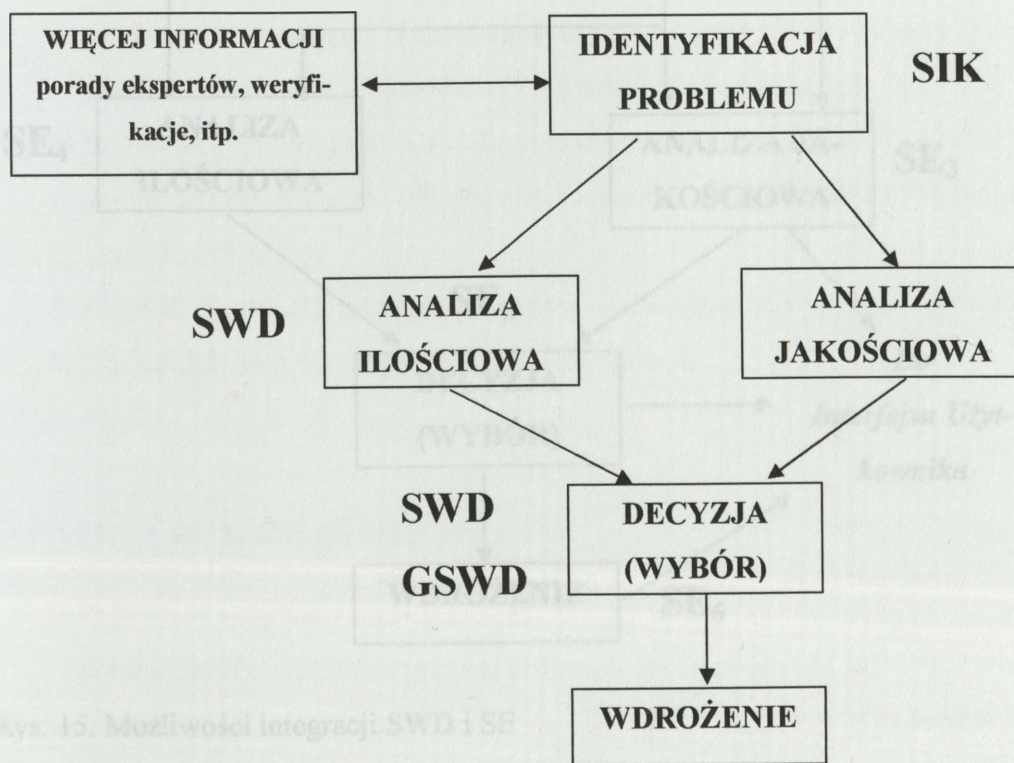
W tym celu proces decyzyjny podzielono na cztery etapy:

1. Identyfikacja problemu

W pierwszym etapie procesu decyzyjnego następuje gromadzenie informacji z różnych źródeł w celu identyfikacji problemu i szans, głównie wspierane przez SIK. Następnie system może badać otoczenie, przygotować raporty, skupić uwagę na kluczowych czynnikach, pogłębić badanie itp. Na tym etapie mogą być pomocne dodatkowe informacje, porady ekspertów, weryfikacje itd.

2. Analiza

Kiedy określi się na czym polega problem powstaje pytanie, co dalej z tym zrobić? Ten etap nazwano analizą. Można ją podzielić na ilościową i jakościową (albo połączoną). Analizę ilościową możemy wspomagać SWD.



Rys. 14. Informatyczne wspomaganie podejmowania decyzji.

3. Wybór

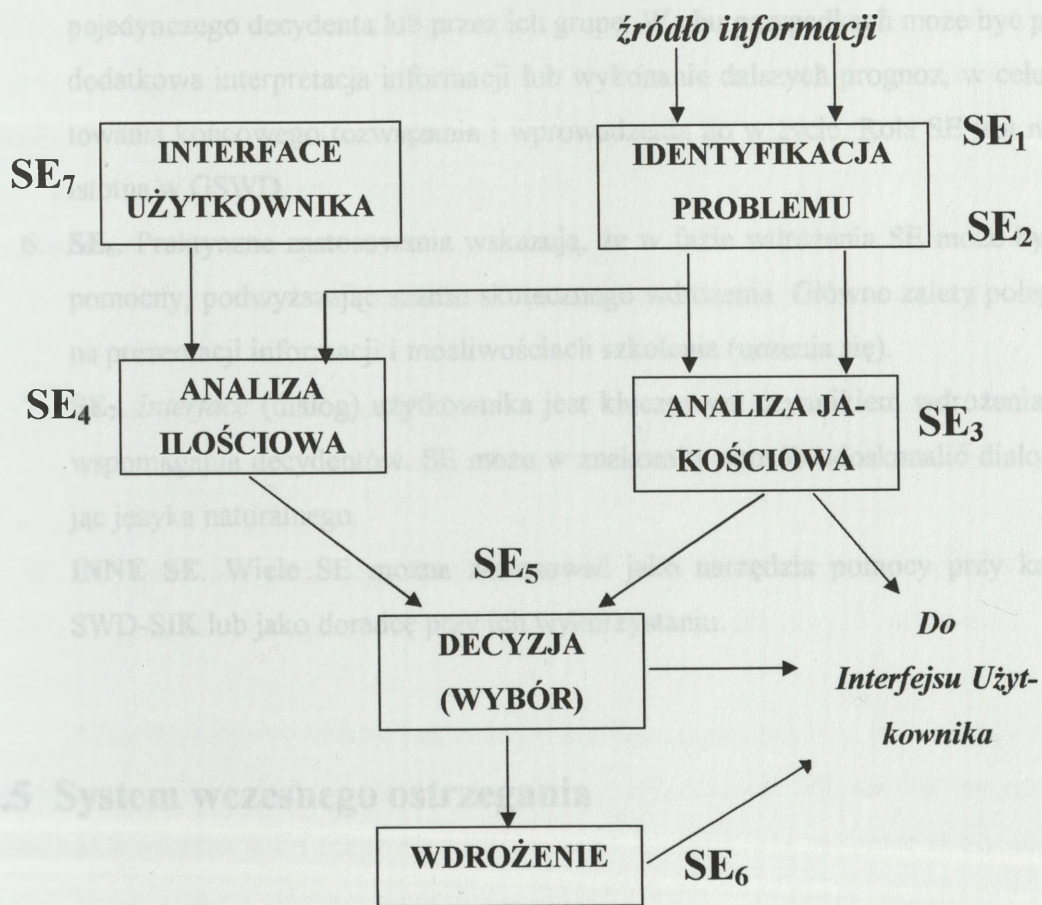
Na tym etapie podjęcie decyzji zależy od rezultatów analizy. Etap ten można wspomagać SWD - pojedynczego decydenta, oraz przez GSWD - grupę decydentów.

4. Wdrożenie

Nawet, jeśli decyzja ulega modyfikacji musi być wdrożona.

6.4.5 Integracja

Na rys. 15 pokazano potencjalne możliwości integracji SE z SWD-SIK w procesie wspomagania decyzji w systemie, który często nazywano inteligentny SWK lub zintegrowany SE-SWD-SIK. Na rysunku widoczne jest zastosowanie siedmiu różnych systemów eksper-tych. Prześledźmy obecnie zadania tych siedmiu systemów.



Rys. 15. Możliwości integracji SWD i SE

1. **SE₁**. Ten system powinien dopomóc w projektowaniu przepływu informacji dla decydenta, monitorowaniu i interpretacji gromadzonej informacji. Połączenie SE z przetwarzaniem typu neuronowego może być bardzo pomocne przy interpretacji informacji rozmytej. Prognozy, trendy, oszacowania dostarczane przez SE znakomicie ułatwiają możliwości rozpoznania problemu przez decydenta.
2. **SE₂**. System ekspertowy bazując na zgromadzonej informacji może wspomóc identyfikację problemu oraz precyzyjne zdefiniowanie go.
3. **SE₃**. Analizę jakościową można wykonać za pomocą ekspertyzy. Eksperta może zastąpić SE, np. dostarczając porady prawnej lub podatkowej. Możemy również zastosować SE do wspomagania metod prognozowania jakościowego.
4. **SE₄**. Szczególna rola SE będzie tutaj polegać na jasnym i zrozumiałym przedstawieniu rezultatów analizy.
5. **SE₅**. Końcowy wybór rozwiązania (podjęcie decyzji) może być dokonywany przez pojedynczego decydenta lub przez ich grupę. W obu przypadkach może być potrzebna dodatkowa interpretacja informacji lub wykonanie dalszych prognoz, w celu przygotowania końcowego rozwiązania i wprowadzenia go w życie. Rola SE jest niezwykle istotna w GSWD.
6. **SE₆**. Praktyczne zastosowania wskazują, że w fazie wdrożenia SE może być bardzo pomocny, podwyższając szanse skutecznego wdrożenia. Główne zalety polegają tutaj na prezentacji informacji i możliwościach szkolenia (uczenia się).
7. **SE₇**. *Interface* (dialog) użytkownika jest kluczowym czynnikiem wdrożenia systemu wspomagania decydentów. SE może w znakomity sposób udoskonalić dialog używając języka naturalnego.
3. **INNE SE**. Wiele SE można zastosować jako narzędzia pomocy przy konstrukcji SWD-SIK lub jako doradcę przy ich wykorzystaniu.

6.5 System wczesnego ostrzegania

Monitorowanie polega na jak najszybszym powiadomieniu kierownictwa o możliwych zagrożeniach i zmuszeniu go do interwencji, zanim nastąpią straty. **System Monitorowania Kierownictwa (SMOK)** jest systemem informacyjnym wspomagającym decydenta w podjęciu decyzji strategicznej:

- - czy stać na czele analityków i wraz z nimi rozwiązywać pojawiający się problem?
- - czy jedynie czujnie obserwować problem, ale jeszcze nie interweniować?

Zadaniem SMOK jest wspomaganie kierownictwa w nadzorowaniu najbardziej istotnych składników funkcjonowania organizacji i przygotowania decyzji interwencyjnych. SMOK pozwala na praktyczne stosowanie technik zarządzania, takich jak zarządzanie przez wyjątki, czy zarządzanie przez cele, czyli na dobre kierowanie organizacją. Zakłada się tu, że mniej kosztuje zapobieganie niż leczenie. Decydent, mając informacje o nadciągającej „burzy”, przystąpi do działań osłonowych i minimalizujących jej negatywne skutki

Filozofia funkcjonowania tego typu systemu polega na tym, że informacje o funkcjonowaniu organizacji i jej otoczeniu są dostarczane do bazy danych przez układ zasilania. W Normatywnej Bazie Danych istnieją wzorce i normy. Porównywane są one z informacjami otrzymanymi w wyniku działalności organizacji. Jeżeli istnieją różnice między informacjami pożądanymi a informacjami uzyskanymi, wysłane jest zestawienie porównawcze do kierownictwa organizacji. System może być zaprojektowany tak, że informacja znajduje się u kierownictwa organizacji tylko wtedy, jeżeli różnica przekroczy założoną wartość graniczną. Zadaniem SMOK jest jak najwcześniejsze dostarczenie informacji o zagrożeniach, aby umożliwić szybkie podjęcie decyzji interwencyjnych.

Podstawowe trudności w projektowaniu systemu to:

1. określenie podstawowego „atomu” przedsięwzięcia, czyli działania, które poddane jest analizie,
2. określenie kryterium analizy, na przykład może nim być czas realizacji działania. Często sytuacja decyzyjna uwzględnia takie kryteria jak: zysk, koszty, pracochłonność, itd.
3. przyjęcie dla poszczególnych „atomów” wielkości normatywnych. Wielkości te przyjmowane są zgodnie z wiedzą, normami lub oczekiwanymi rezultatami.

Filozofia budowy SMOK jest dość prosta. Niebezpieczeństwa, jak w każdym systemie wspomagającym zarządzanie, tkwią w przyjętych założeniach. Nieprawidłowe zasady funkcjonowania systemu jak i błędy projektowe mogą spowodować ogromne straty. Błędnie zaprojektowany system, dostarczający mylących informacji, „przytępia” wrażliwość kierownictwa na istniejące zagrożenia. Natomiast dobry system SMOK oddaje kierownictwu ogromne usługi. Pozwala na bieżący wgląd w funkcjonowanie organizacji, zarówno w całości, jak i do poszczególnych parametrów. W konsekwencji stosowania systemu, kierownictwo organizacji może mniej czasu poświęcać na budowanie i realizację strategii rozwoju organizacji.

W organizacji, w której funkcjonuje podstawowy system informacyjny, koszt budowy tego typu systemu stanowi jedynie zaprojektowanie SMOK.

Posumowanie

We współczesnym świecie obserwować można tendencje integrujące wszystkie wymienione wyżej systemy w **komputerowe systemy wspomaganie zarządzania** (*Management Support Systems - MSS*). Owe tendencje integracyjne powodują, stopniowe rozmywanie się ostrych granic definicji owych systemów. Nie mniej przedstawiony podział jest istotny i jego zrozumienie jest niezbędne dla właściwego ich wykorzystania.

Natomiast wydaje się, że **przyszłość należeć będzie do systemów elastycznych, skalowanych (dostosowywalnych do wielkości i potrzeb organizacji), integrujących w sobie różne oprogramowanie, z przyjaznym graficznym interfejsem dla użytkownika i ich nazwy i klasyfikacje nie będą miały większego znaczenia.**

Zakończenie

W pracy przedstawione zostały podstawy normatywnej (matematycznej) teorii decyzji. Stosowanie zasad tej teorii obserwowane jest w wielu dyscyplinach i dziedzinach naukowych. Autorzy proponują, czynić wysiłki zmierzające do stosowania jej metod również w naukach wojskowych. Wydaje się to uzasadnione, co pokazane zostało w opracowaniu, na licznych przykładach, dotyczących analiz rozwoju potencjału bojowego sił zbrojnych. Niestety, jak zawsze w metodach formalnych, wymaga się, aby badany przedmiot opisany został miarami ilościowymi, co nie zawsze akceptowane jest przez wszystkich badaczy (analityków).

Celem, jaki autorzy postawili sobie w pracy, było zapoznać czytelnika z podstawami teorii we wszystkich klasach modeli podejmowania decyzji. Modele te wyodrębnione zostały ze względu na sytuację decyzyjną i dostępność informacyjną jej dotyczącą. Rozważania dotyczyły teorii podejmowania decyzji w aspekcie metodologicznym i merytorycznym. Główne metody zostały poparte przykładami empirycznymi, których wyniki zostały przedstawione.

W opracowaniu skoncentrowano uwagę na problemach analizy rozwoju potencjału bojowego sił zbrojnych w mierze ilościowej. Rozważania rozpoczęto od kwantyfikacji pojęcia i jego relatywizacji (co utożsamiać można z użytecznością potencjału bojowego) w zależności od potrzeb podmiotu oceniającego. Sytuacja taka odpowiada założeniom modelu podejmowania decyzji w warunkach pewności, czyli dotyczy modelu ocenowego sił zbrojnych.

Następnie omówione zostały modele podejmowania decyzji w warunkach niepewności i ryzyka. Modele takie odpowiadają sytuacjom decyzyjnym, w których wpływ otoczenia istotnie zmienia wartość (użyteczność) wariantów decyzyjnych. Przedmiotem analizy w oparciu o modele tej klasy może być badanie wartości (użyteczności) różnych wariantów sił zbrojnych w różnych sposobach ich użycia.

Opracowanie, będące syntezą badań tak empirycznych, jak i apriorycznych, które autorzy przeprowadzili, powinno przyczynić się do powszechniejszego stosowania metod ilościowej oceny sił zbrojnych i ich potencjału bojowego. Siła metod ilościowych tkwi w tym, że wykrywane związki, zależności i tendencje określane są na podstawie empirycznej, a nie tylko metodami indukcyjno – dedukcyjnymi.

Bibliografia

1. Ackoff R. L., *Decyzje optymalne w badaniach stosowanych*, PWN, 1969
2. Adair J., *Podjęcie decyzji*, Wyd. Petit, 1998
3. Adamczewski P., *Zintegrowane systemy informatyczne w praktyce*, Mikom, 2000
4. Antoszkiewicz J., *Metody heurystyczne. Twórcze rozwiązywanie problemów*, PWE, 1990
5. Barker D. "Analyzing Financial Health: Integrating Neural Networks and Expert Systems", PC AI May/June 1990
6. Bielecki W.T. "DSS MANAGER: Turning Business Simulation into a Decision Support System", The Journal of Management Development, vol 12, 3/93.
7. Bielecki W. T., *Współczesne systemy komputerowe wspomagające zarządzanie*
<http://www.ue.eti.pg.gda.pl/WA/KIE/CAX/dok01-00.htm>
8. Dorosiewicz Sł, Gruszczyński M, Kołatkowski D, Kuszewski T, Podgórska M, Syczewska E, *Ekonometria*, Oficyna Wydawnicza Szkoły Głównej Handlowej, Warszawa 1998
9. Flakiewicz W., *Podjęcie decyzji kierowniczych*, PWE, Warszawa 1983
10. Gass S. I., *Programowanie liniowe. Metody i zastosowania*, PWN, Warszawa 1976
11. Galas Z., Nykowski I., Żółkiewski Z. *Programowanie wielokryterialne*, PWE, Warszawa 1987
12. Grabowski W., *Programowanie matematyczne*, PWE, Warszawa 1982
13. Greń J., *Gry statystyczne i ich zastosowania*, PWE, Warszawa 1972
14. Hellwig Z (red), *Elementy rachunku ekonomicznego*, PWE, Warszawa 1985
15. Karwacki Z., Konarzewska I, *Elementy teorii decyzji*, Absolwent, Łódź 1997
16. Keen P.G., Scott Morton M.S. "Decision Support Systems. An Organizational Perspective", Reading MA, Addison-Wesley 1978
17. Klein M. and Methlie L.B., "Expert Systems. A Decision Support Approach with Applications in Management and Finance", Addison-Wesley Publishing Company 1992
18. Kietliński R., *Podjęcie decyzji w warunkach ryzyka*, PWN, Warszawa 1972
19. Kisielnicki J. "Informatyczna infrastruktura zarządzania", PWN 1993
20. Kisielnicki J., H.Sroka., *Systemy informacyjne biznesu. Informatyka dla zarządzania. Metody projektowania i wdrażania systemów*, Placet, Warszawa, 1999
21. Kulczyki R., *Metodyka diagnozowania i prognozowania stanu zagrożenia i pokoju*, praca n-b „Opcja”, AON, 1996
22. Kulczyki R., Wocial J., *Parametryczny opis systemów wojennych porównywanych stron*, praca n-b „Sieć-1”, AON, 1998
23. Kofler E., *Wstęp do teorii gier*, PZWS, 1963
24. Kofler E., *Podjęcie decyzji przy niepełnej informacji*, Redl Publishers, 1993
25. Konarzewska-Gubała E. *Programowanie przy wielorakości celów*, PWN, 1980
26. Kozielnicki J., *Psychologiczna teoria decyzji*, PWE, Warszawa 1977
27. Krawczyk St., *Badania operacyjne dla menedżerów*, Wyd. AE we Wrocławiu, 1996
28. Krawczyk St., *Matematyczna analiza sytuacji decyzyjnych*, PWE, 1990
29. Luce R. D., Raiffa H., *Gry i decyzje*, PWN, Warszawa 1964
30. Łukaszewicz J., *Jak szukać optymalnych decyzji?*, Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 1996
31. Martos B., *Programowanie nieliniowe. Teoria i metody*, PWN, Warszawa 1983
32. Miller D., Starr M. K., *Praktyka i teoria decyzji*, 1971
33. Miszczyński M. *Programowanie liniowe*, Absolwent, Łódź 1996
34. Mockler R.J. and Dologite D.G. "Knowledge-Based Systems. An Introduction to Expert Systems", Macmillan Publishing Company 1992

35. Naylor T.H., "Decision Support Systems or whatever happened to MIS?", *Interface* 12/82
36. Neumann, J. Von, Morgenstern O., *Theory of Games and Economic Behaviour*, Princeton University Press, 1944
37. Nykowski I. *Programowanie liniowe*, PWE, Warszawa 1980
38. O'Shaughnessy J., *Metodologia podejmowania decyzji*, PWE, Warszawa 1975
39. Owen G, *Teoria gier*, PWN, Warszawa 1975
40. Penc J., *Decyzje w zarządzaniu*, 1993
41. Pietraś J., *Decydowanie polityczne*, PWN, Warszawa-Kraków 1998
42. Radosiński E., *Systemy informatyczne w dynamicznej analizie decyzyjnej*, PWN, Warszawa-Wrocław, 2001
43. Radzikowski W, *Badania operacyjne w organizacji i zarządzaniu*, Wyd. UW, Warszawa 1985
44. Radzikowski W., *Komputerowe systemy wspomaganie decyzji*, PWE 1990
45. Radzikowski W., *Badania operacyjne w zarządzaniu*, Wyd. UW, 1994
46. Roy B., *Wielokryterialne wspomaganie decyzji*, Warszawa 1990
47. Sadowski W., *Teoria podejmowania decyzji*, PWE, Warszawa 1960
48. Sadowski W. *Decyzje i prognozy*, PWE, Warszawa 1977
49. Sienkiewicz P., *Analiza systemowa. Podstawy i zastosowania*, Wydawnictwo Bellona 1994
50. Sienkiewicz P., Wieleba R., Wocial J., Kadra T., *Wielowariantowa analiza decyzyjna w warunkach niepewności i ryzyka. Metoda wielokryterialnej oceny wariantów i wyboru wariantu optymalnego*, AON, 2002
51. Sprague R.H., Carlson E.D. "Building Effective Decision Support Systems", Englewood Cliffs NJ, Prentice Hall 1982
52. Sprague R.H. and Watson H. "Decision Support Systems", Englewood Cliffs NJ, Prentice Hall 1989
53. Straffin Ph. D., *Teoria gier*, Wyd. Naukowe SCHOLAR, 2001
54. Szapiro T., *Co decyduje o decyzji*, PWN, Warszawa 1993
55. Trzaskalik T. *Modelowanie optymalizacyjne*, Absolwent, Łódź 1997
56. Turban E. "Decision Support and Expert Systems. Management Support Systems", Macmillan Publishing Company 1990
57. Tyszka T., *Konflikty i strategię. Niektóre zastosowania teorii gier*, WNT, Warszawa 1978
58. Tyszka T., *Analiza decyzyjna i psychologia decyzji*, PWN Warszawa 1986
59. Tyszka T., Zaleskiewicz T., *Racjonalność decyzji*, PWE, 2001
60. Weres L., *Teoria gier w amerykańskiej nauce o stosunkach międzynarodowych*, Poznań 1982
61. Wit R., *Metody programowania nieliniowego*, WNT, Warszawa 1986
62. Wocial J., *Modele ocenowe sił zbrojnych*, AON, 1999
63. Wocial J., Wieleba R., *Model oceny potencjału bojowego sił zbrojnych. Wielokryterialna ocena potencjału bojowego sił zbrojnych państw NATO*, AON, 2002
64. Zorychta K, Ogryczak Wł., *Programowanie liniowe i całkowitoliczbowe*, WNT, 1981
65. Witkowski T., *Decyzje w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, WNT, Warszawa, 2000
66. Zdyb M., *Istota decyzji*, Wyd. Uniwersytetu M. Curie-Skłodowskiej, Lublin 1993
67. -, *Sztuka podejmowania decyzji*, National Institute of Business Management, Signum, Kraków 1994
68. <http://www.expertchoice.com/>
69. <http://www.ozz.pl/td/index.php>

1 Analiza decyzji z zastosowaniem systemu

Expert Choice

1.1 Charakterystyka systemu *Expert Choice*

Expert Choice stanowi system do analizy decyzji oraz przeprowadzania ocen wariantów decyzyjnych. Jest używany w wielu organizacjach do zastosowań obejmujących m.in.:

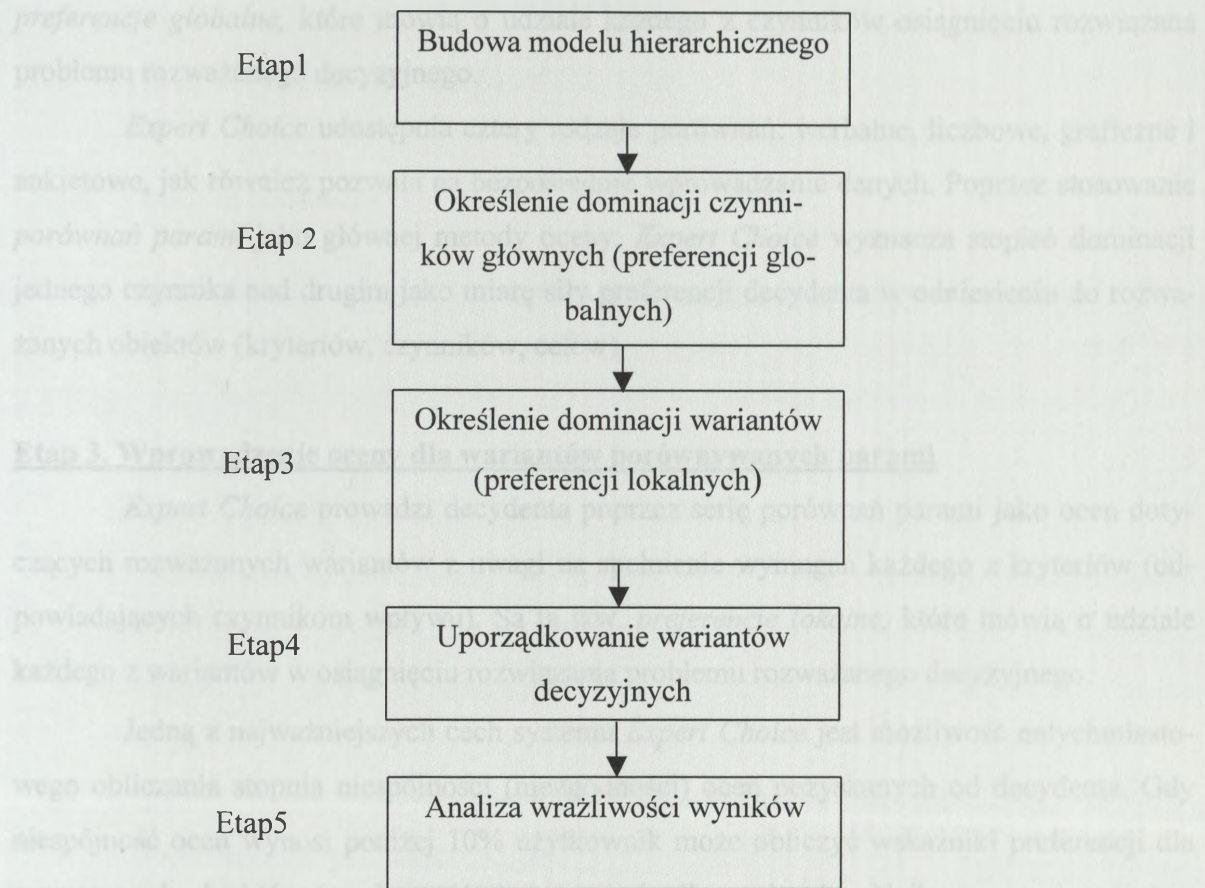
- alokację zasobów;
- wspomaganie decyzji zespołowych ;
- ocenę pracowników i decyzje zespołowe;;
- analizę korzyści/nakładów;
- ocenę projektów inżynierskich;
- wybór wariantów.

System *Expert Choice* wspomaga podejmowanie decyzji, umożliwiając decydentowi zmniejszenie obszaru niepewności i zgadywania. Zastosowana w systemie *Expert Choice* technika, zwana *hierarchiczną analizą problemu* (ang. *Analytic Hierarchy Process - AHP*) umożliwia logiczne powiązanie analizy i intuicji decydenta dla analizowania i przeglądania wszystkich rozważanych wariantów. Za pomocą systemu *Expert Choice* czynniki mierzalne, np. „koszt projektu” mogą być także porównywane z czynnikami niemierzalnymi, typ. „wiarygodność projektu”. Podejście to dopuszcza występowanie niepewności i pozwala jednostkom i grupom na wielostronną analizę wariantów z uwzględnieniem występujących ograniczeń oraz subiektywnych preferencji decydenta.

Charakterystyczną cechą systemu *Expert Choice* metody AHP jest to, że główną metodą pozyskiwania danych od decydenta jest określanie stopnia wzajemnej dominacji rozważanych obiektów (wariantów) ocen przez porównania parami. Rozwiązywanie problemu decyzyjnego z pomocą systemu *Expert Choice* przebiega w kilku etapach opisanych poniżej, pokazanych na rys. 1.

Etap 1. Wprowadzenie ocen dla czynników wpływu przez porównywanie parami

Expert Choice prowadzi decydenta poprzez serie porównań parami, jako ocen dotyczących względnej istotności rozważanych czynników wpływu (kryteriów oceny). Są to tzw.



Rys. 1. Etapy rozwiązywania problemu decyzyjnego w systemie *Expert Choice*

Opis etapów pracy:

Etap 1. Budowa modelu hierarchicznego (drzewo czynników wpływu)

Użytkownik systemu - występujący najczęściej w roli decydenta - definiuje problem decyzyjny jako drzewo-hierarchię czynników, na szczycie, której znajduje się cel nadrzędny (jako stan docelowy, do którego dąży, stanowiący rozwiązanie), następnie określa czynniki występujące na niższym poziomie modelu hierarchicznego, które mają silny wpływ na osiągnięcie stanu docelowego. Czynniki te odgrywać będą rolę kryteriów, według których oceniać się będą następne warianty decyzyjne.

Gdy drzewo czynników wpływu zostanie już określone, następnie na najniższym poziomie hierarchii drzewa umieszcza się dostępne warianty decyzyjne.

Etap 2. Wprowadzenie ocen dla czynników wpływu przez porównywania parami

Expert Choice prowadzi decydenta poprzez serie porównań parami, jako ocen dotyczących względnej istotności rozważanych czynników wpływu (kryteriów oceny). Są to tzw.

preferencje globalne, które mówią o udziale każdego z czynników osiągnięciu rozwiązana problemu rozważanego decyzyjnego.

Expert Choice udostępnia cztery rodzaje porównań: werbalne, liczbowe, graficzne i ankietowe, jak również pozwala na bezpośrednie wprowadzanie danych. Poprzez stosowanie *porównań parami* jako głównej metody oceny, *Expert Choice* wyznacza stopień dominacji jednego czynnika nad drugim jako miarę siły preferencji decydenta w odniesieniu do rozważanych obiektów (kryteriów, czynników, celów).

Etap 3. Wprowadzenie oceny dla wariantów porównywanych parami

Expert Choice prowadzi decydenta poprzez serię porównań parami jako ocen dotyczących rozważanych wariantów z uwagi na spełnienie wymagań każdego z kryteriów (odpowiadających czynnikom wpływu). Są to tzw. *preferencje lokalne*, które mówią o udziale każdego z wariantów w osiągnięciu rozwiązania problemu rozważanego decyzyjnego.

Jedną z najważniejszych cech systemu *Expert Choice* jest możliwość natychmiastowego obliczania stopnia niespójności (niezgodności) ocen pozyskanych od decydenta. Gdy niespójność ocen wynosi poniżej 10% użytkownik może obliczyć wskaźniki preferencji dla rozważanych obiektów (np. kryteriów) a następnie dla wariantów. Najlepszy wariant to ten, który uzyskał najwyższy wskaźnik preferencji (przewyższania pozostałych wariantów). Gdy niespójność wynosi powyżej 10%, należy powtórzyć zbieranie danych od decydenta, aby wykryć, które oceny są niezgodne.

Etap 4. Uporządkowanie wariantów decyzyjnych

Expert Choice dokonuje syntezy wszystkich zebranych danych, aby wyznaczyć ogólny ranking wariantów decyzyjnych, jako wynik końcowy analizy problemu decyzyjnego.

Etap 5. Przeprowadzenie analizy wrażliwości

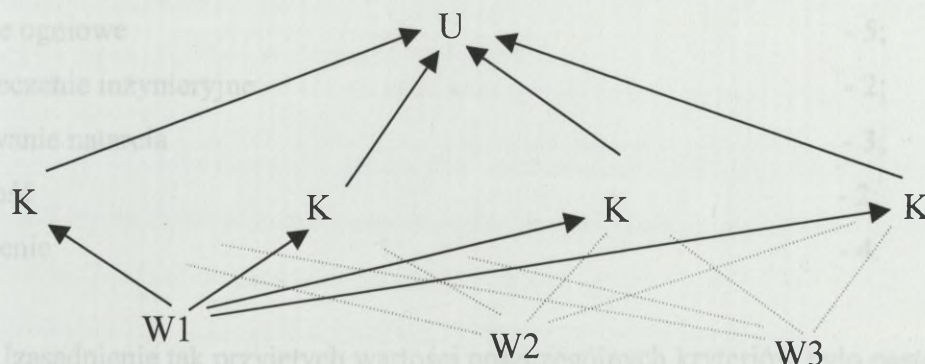
Po przeprowadzeniu syntezy, analiza wrażliwości może zostać przeprowadzana na pięć różnych sposobów, aby określić jak zmiany dokonanych ocen mogą wpłynąć na końcowe uporządkowanie (ranking) wariantów decyzyjnych.

1.2 Praca z systemem *Expert Choice*

1.2.1 Budowa modelu

Każdorazowe rozwiązanie problemu decyzyjnego z wykorzystaniem *Expert Choice* zaczyna się od budowy modelu problemu decyzyjnego w formie hierarchii lub drzewa (rys. 2.). Najprostsza postać struktury modelu hierarchicznego składa się z trzech poziomów:

- celu nadrzędnego, opisującego cel decyzji lub też stan docelowy (GOAL), do którego uzyskania zmierza decydent,
- kryteriów opisujących czynniki główne, których spełnienie przybliża do realizacji celu nadrzędnego; kryteria reprezentują cele niższego rzędu, których realizacja wspomaga osiągnięcie celu głównego i mogą dzielić się na podkryteria (dla uproszczenia nie pokazane na rys. 2),
- wariantów opisujących rozważane możliwości działania, stany lub alternatywy decyzyjne stanowiące przedmiot analizy.



Rys. 2. Struktura hierarchicznego modelu decyzyjnego w systemie *Expert Choice*

Dekompozycja problemu decyzyjnego na czynniki tworzące hierarchię ma celu uporiadkowanie się ze złożonością rzeczywistego problemu przez pogrupowanie czynników z uwagi na ich hierarchię i stopień ogólności.

Czynniki o największym stopniu ogólności (kryteria) znajdują się na górnych poziomach hierarchii i mogą być podzielone na bardziej szczegółowe czynniki (podkryteria) składowe, na niższych poziomach hierarchii. Czynniki wyższego rzędu zawierają w sobie czynniki niższego rzędu, ich spełnienie jest skutkiem realizacji celów podrzędnych (składowych).

Warianty decyzyjne lokują się na najniższym poziomie hierarchii, a stopień spełnienia przez każdy z nich celów cząstkowych podanych w hierarchii, prowadzących do realizacji celu nadrzędnego, stanowi podstawę wartościowania przydatności wariantów do rozwiązania rozważanego problemu decyzyjnego.

1.2.2 Opis problemu decyzyjnego

W czasie II semestru studiów w AON przeprowadzone zostało ćwiczenie nr 121 pt. *Przemieszczanie, obrona i natarcie oddziału*, w którym podczas wyboru kryteriów oceny wariantów działania oddziału w natarciu (73 Bpanc), przyjęto następujące kryteria i ich wskaźniki znaczenia (wagi):

- prostota działania - - 3
- możliwość reagowania na nieprzewidziane sytuacje - 4;
- utrzymanie tempa natarcia - 5;
- utrzymanie inicjatywy - 5;
- elastyczność ugrupowania - 4;
- zabezpieczenie logistyczne - na całą głębokość - 4;
- wsparcie ogniowe - 5;
- zabezpieczenie inżynieryjne - 2;
- potęgowanie natarcia - 3;
- aktywność - 2;
- zaskoczenie - 4.

Uzasadnienie tak przyjętych wartości poszczególnych kryteriów było następujące:

Wartość (5) przyznano dla utrzymania tempa działania, gdyż miało ono uniemożliwić przeciwnikowi zorganizowanie skutecznej brony na kolejnych rubieżach. Utrzymanie inicjatywy było rozumiane jako: skuteczne odpieranie kontrataków przeciwnika przy jednoczesnym kontynuowaniu natarcia; niedopuszczenie do uzyskania przewagi przez przeciwnika na kierunkach działania i stworzenie warunków do wprowadzenia do walki odwodowej 1 BZ. Wsparcie ogniowe istotną rolę miało odegrać w: zwalczaniu artylerii przeciwnika na SO; zwalczaniu środków opancerzonych i ppanc oraz w powstrzymaniu podejścia odwodów przeciwnika na rubieżę kontrataku.

Na (4) wyceniono znaczenie kolejnych trzech kryteriów. Zaskoczenie realizowane miało być poprzez uderzenia zgrupowaniami w różnym czasie z linii ataku, użycie OW i

zmianę punktu ciężkości natarcia. Możliwość reakcji na nagłe zmiany sytuacji uwidaczniała się w opracowanych wariantach posiadaniem odwodów w gotowości do użycia i ograniczeniem możliwości zaskoczenia przez przeciwnika.

Zabezpieczenie logistyczne na całą głębokość działania polegało na: ciągłym odtwarzaniu zdolności bojowej przez walczące pododdziały i zabezpieczenie logistyczne OW.

Kolejna grupa złożona z dwóch kryteriów otrzymała wartość (3), w tym prostota działania miała się przejawiać w prostych i zrozumiałych zadaniach dla podwładnych oraz w zabezpieczeniu wejścia do walki odwodów własnych i przełożonego. Natomiast potęgowanie natarcia miały umożliwić silne odwody.

Poniżej przedstawiono prezentację zastosowania systemu *Ekspert Choice* do powyższego problemu decyzyjnego, w którym wyróżniono tylko 3 warianty działania przedstawione w następującej przestrzeni opisu:

Nr	Nazwa	W 1	W 2	W 3
1	prostota działania -	3	2	3
2	możliwość reagowania na nieprzewidziane sytuacje	4	1	3
3	utrzymanie tempa natarcia	5	5	5
4	utrzymanie inicjatywy	4	2	2
5	zabezpieczenie logistyczne - na całą głębokość	5	3	2
6	wsparcie ogniowe	2	1	2

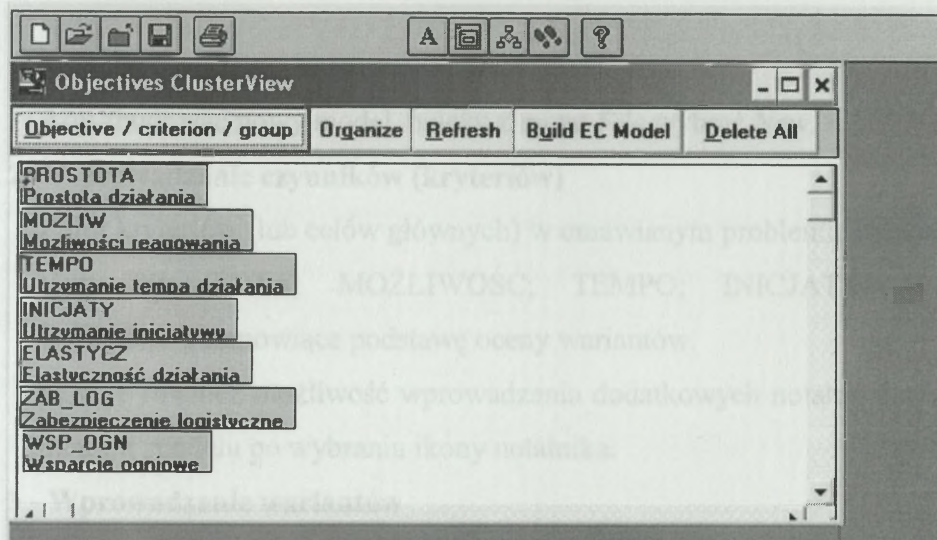
Budowę modelu hierarchicznego dla rozważanego problemu decyzyjnego przeprowadzono od góry do dołu, wprowadzając kolejno :cel nadrzędny, czynniki-kryteria i warianty decyzyjne. Rys. 4 pokazuje model hierarchiczny, który został zbudowany dla tego problemu.

- Cel –wybór najlepszego (racjonalnego) wariantu decyzyjnego;
- Kryteria: prostota działania; możliwość reagowania na nieprzewidziane sytuacje; utrzymanie tempa natarcia; utrzymanie inicjatywy; zabezpieczenie logistyczne - na całą głębokość; wsparcie ogniowe - stanowiące podstawę oceny wariantów;
- Warianty decyzyjne jako potencjalne decyzje.

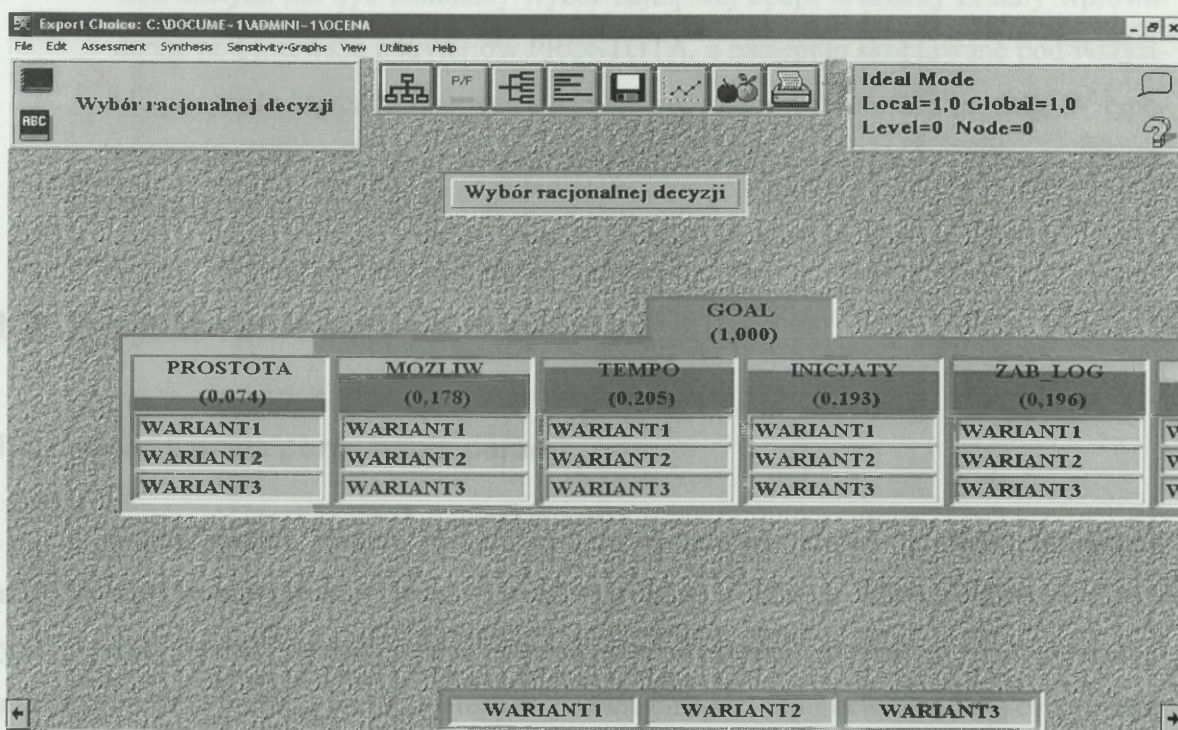
Do realizacji tak określonego celu przy pomocy systemu *Ekspert Choice* można zastosować jego dwa podstawowe komponenty:

- **Evaluation and Choice:** moduł używany do budowy modeli, dokonywania ocen, syntezy preferencji oraz analizy wrażliwości; omawiany przykład wyboru wariantu decyzyjnego jest realizowany z pomocą tego modelu;

- **Structuring**: model używany do opisu i organizowania czynników w model hierarchiczny, który następnie będzie analizowany w modelu *Evaluation and Choice*.



Rys. 3. Budowa struktury modelu przy użyciu systemu Structuring.



Rys. 4. Hierarchiczny model problemu decyzyjnego w systemie *Expert Choice*

Powyższy rysunek przedstawia strukturę modelu w systemie *Evaluation and Choice*, a dalsza część opracowania dotyczy wyłącznie pracy w tym module

1.2.3 Budowa nowego modelu

Krok 1 - Budowa struktury nowego modelu.

Aby zbudować nowy model, należy z menu *File* wybrać *New*.

Krok 2 - Wprowadzanie czynników (kryteriów)

Zbiór kryteriów (lub celów głównych) w omawianym problemie składa się z elementów: PROSTOTA; MOŻLIWOŚĆ; TEMPO; INICJATYWA; ZAB_LOG, WSP_OGN, stanowiące podstawę oceny wariantów.

Istnieje również możliwość wprowadzania dodatkowych notatek dla każdego z elementów modelu po wybraniu ikony notatnika.

Krok 3 - Wprowadzanie wariantów

Następnie należy wprowadzić warianty decyzyjne jako dostępne lokalizacje, spośród których ma być dokonany wybór najlepszej opcji. Warianty zostały wprowadzone pod pierwsze z kryteriów PROSTOTA, a następnie skopiowane pod wszystkie pozostałe kryteria. Warianty stanowiąc będą najniższy poziom modelu. W typowej sytuacji ten sam zbiór wariantów pojawia się pod każdym kryterium na przedostatnim poziomie modelu.

1.3 Pozyskiwanie ocen od decydenta

1.3.1 Ocena przez porównania parami

Po zbudowaniu modelu hierarchicznego, można przystąpić do oceny elementów przez porównania parami. Porównania parami mają doprowadzić do porównania parami każdych dwóch elementów modelu, pod kątem względnej ważności, preferencji (przewyższania) lub prawdopodobieństwa z uwagi na realizację związanego z nimi celu znajdującego się bezpośrednio na wyższym poziomie modelu.

Prowadzi to do zbudowania macierzy ocen, z której zostaną wyznaczone priorytety dla rozważanych elementów w ramach każdego kryterium, jak i dla każdego kryterium w ramach celu nadrzędnego GOAL.

Wybór metody porównań

Proces porównywania parami jest uruchamiany opcją menu *Assessment*. Należy wybrać jedną z dostępnych opcji rodzaju i sposobu przeprowadzania porównań:

Rodzaj porównań:

- **Importance** (ważność): właściwa, gdy porównujemy istotność jednego kryterium względem innego,
- **Preference** (preferencja, przewyższanie): właściwa, gdy dokonuje się porównania wariantów,
- **Likelihood** (prawdopodobieństwo); właściwe, kiedy porównuje się prawdopodobieństwa wystąpienia pewnych stanów czy zjawisk; może być używane zarówno do kryteriów jak i dla wariantów.

Sposób porównań:

- **Verbal** (werbalny): pozwala na porównywanie czynników z użyciem języka naturalnego,
- **Graphical** (graficzny): pozwala na porównywanie czynników z użyciem suwaka graficznego,
- **Numerical** (liczbowy): pozwala na porównywanie czynników z użyciem liczb w macierzy porównań lub kwestionariuszu.

Rodzaj i sposób wybranego porównania nie ma wpływu na przebieg obliczeń, a służy jedynie do opisu prowadzonych porównań.

Krok 1 - Rozpoczęcie porównań parami

Dla każdej pary porównywanych elementów należy podać, który element jest bardziej preferowany, ważniejszy czy bardziej prawdopodobny z uwagi na realizację celu-rodzica podanego na bezpośrednio wyższym poziomie modelu hierarchicznego. Ocena będzie przedstawiana albo graficznie (w postaci słupka lub wykresu kołowego), werbalnie (np. ważniejszy w stopniu umiarkowanym) albo liczbowo (jako wskaźnik dominacji).

W większości przypadków najwygodniej jest przystąpić do oceny przechodząc między kolejnymi poziomami modelu, czyli najpierw porównać warianty, potem określić istotność kryteriów oceny (lub odwrotnie, według uznania oceniającego).

Aby przystąpić do porównywania elementów na danym poziomie modelu, należy najpierw uaktywnić ich element nadrzędny, tzn.:

- dla kryteriów głównych - cel nadrzędny;
- dla podkryteriów - ich kryterium główne („rodzic”);
- dla wariantów - element znajdujący się w modelu bezpośrednio nad wariantami.

Krok 2 - Porównania w sposób liczbowy dla określenia istotności kryteriów

Aby wyznaczyć istotność czynników (względną ważność kryteriów) należy dokonać serii porównań parami ich wzajemnej dominacji.

Porównania należy rozpocząć od przygotowania oceny w następujący sposób:

1. Ponieważ kryteria główne znajdują się bezpośrednio pod celem nadrzędnym GOAL, należy wybrać opcję GOAL, aby go uaktywnić (podświetlić).
2. Z menu *Assessment* należy wybrać *Pairwise*.
3. Następnie należy wybrać typ porównania (*Importance*, *Preference* lub *Likelihood*) i sposób porównania (*Verbal*, *Numerical* lub *Graphical*).

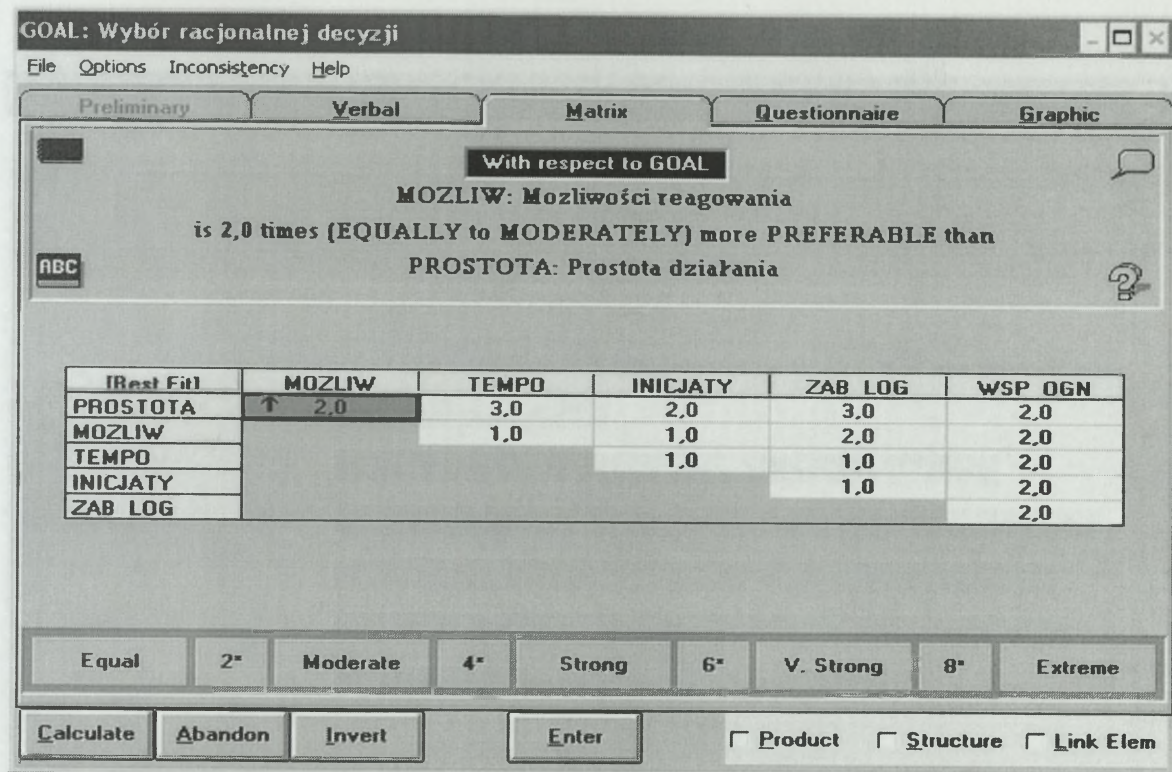
Następnym etapem pracy jest dokonanie serii porównań parami rozważanych kryteriów i umieszczenie przyznanych ocen w komórkach macierzy porównań pokazanej na ekranie (rys.5). W porównaniach sposobem liczbowym podaje się „krotność” dominacji jednego obiektu nad drugim, używając 9-stopniowej skali ocen i wypełniając ocenami kolejne komórki macierzy porównań.

Ponieważ porównań parami dokonuje się w sposób iteracyjny, z przerwami i zmianami ocen, poniżej macierzy ocen znajdują się przyciski, z których korzysta się podczas dokonywania oceny:

- **Calculate:** kończy wprowadzanie ocen, inicjuje obliczenia i wyświetla wyniki (priorytety dla elementów) w postaci wykresu słupkowego,
- **Abandon:** usuwa wszystkie oceny wprowadzone od ostatniego zapisu modelu na dysk i powraca do menu głównego,
- **Invert:** zmienia kierunek dominacji w aktualnie prezentowanej parze elementów.
- **Enter:** zapisuje ostatnio wprowadzoną ocenę i przenosi kursor do następnej komórki.

Aby wprowadzić oceny liczbowe dla porównania dominacji kryteriów, należy wybrać GOAL:

1. Ponieważ kryteria główne znajdują się bezpośrednio pod celem nadrzędnym GOAL, należy wybrać GOAL, aby go uaktywnić (podświetlić).
2. Z menu *Assessment* wybierz *Pairwise*.
3. Wybierz typ porównania (*Importance*, *Preference* lub *Likelihood*) i sposób porównania (*Verbal*, *Numerical* lub *Graphical*). Dla określenia względnej ważności kryteriów zaleca się w tym przykładzie wybrać *Preference* i *Numerical*.



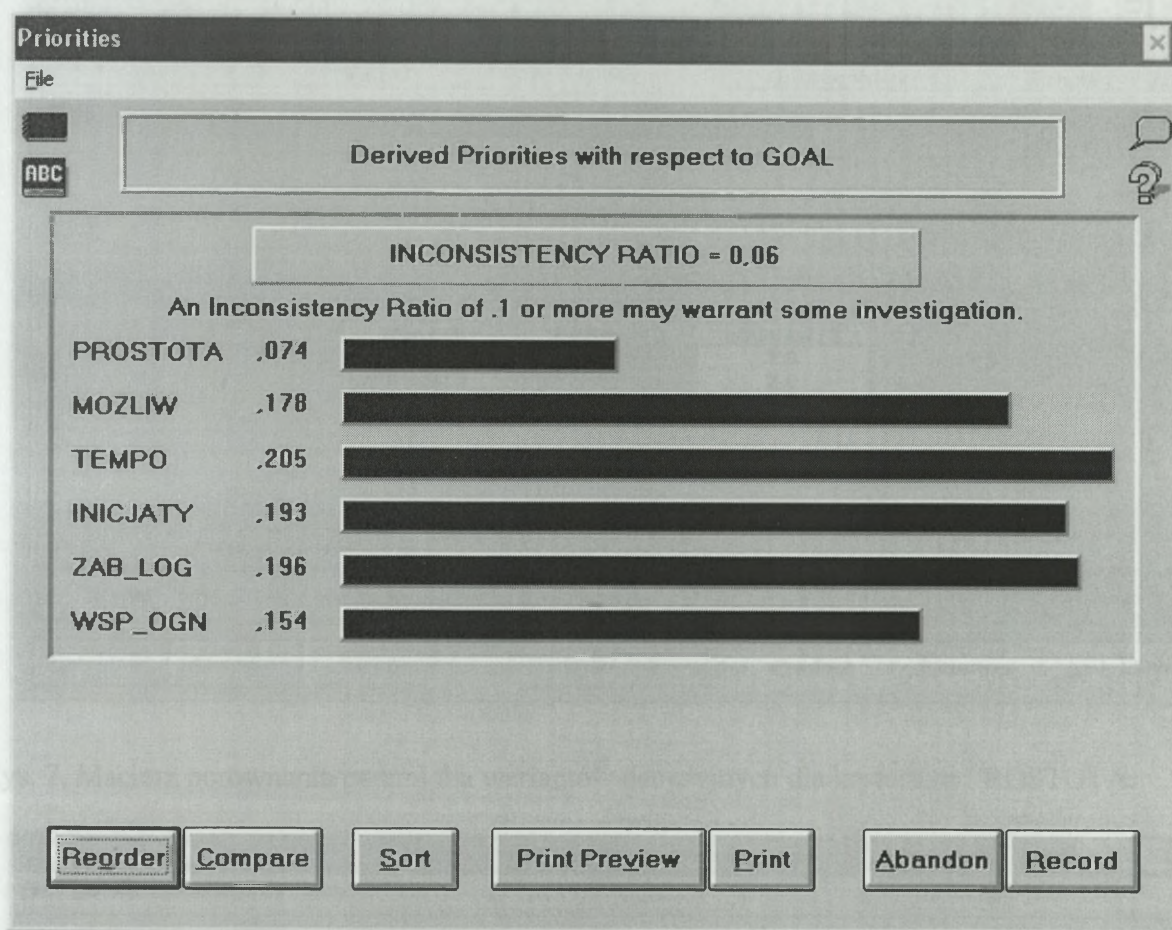
Rys.5. Macierz porównania parami

Dla pierwszej pary PROSTOTA-MOZLIWOŚĆ, kryterium MOZLIWOŚĆ jest preferowane. Aby zmienić kierunek dominacji i wskazać element dominujący, należy wybrać przycisk *Invert*, aby strzałka wskazywała element MOZLIWOŚĆ i liczba w komórce tabeli zmieniła się na czerwono.

Aby obliczyć wartości względnych istotności kryteriów (jako ich udziałów w realizacji funkcji celu nadrzędnego, należy wybrać przycisk *Calculate*. Wyniki oceny zostaną pokazane w postaci wykresu słupkowego teraz z wartością obliczonego wskaźnika niespójności ocen (rys. 6). Aby uporządkować kryteria według malejącej istotności, należy nacisnąć przycisk *Sort*.

Z zestawienia i wykresu wynika, że najistotniejszymi dla decydenta kryteriami są TEMPO i ZAB_LOG.

Ponieważ oceny pochodzące od człowieka rzadko są, całkowicie konsekwentne i spójne, system *Expertt Choice* dopuszcza pewien stopień niespójności, mierzony wartości wskaźnika niespójności ocen (INCONSISTENCY RATIO), podaną nad wykresem słupkowym. Jeżeli wartość wskaźnika niespójności przekracza 0,1 należy macierz ocen poddać analizie, aby wyjaśnić (i najlepiej usunąć) źródła niezgodności i sprzeczności w ocenach.



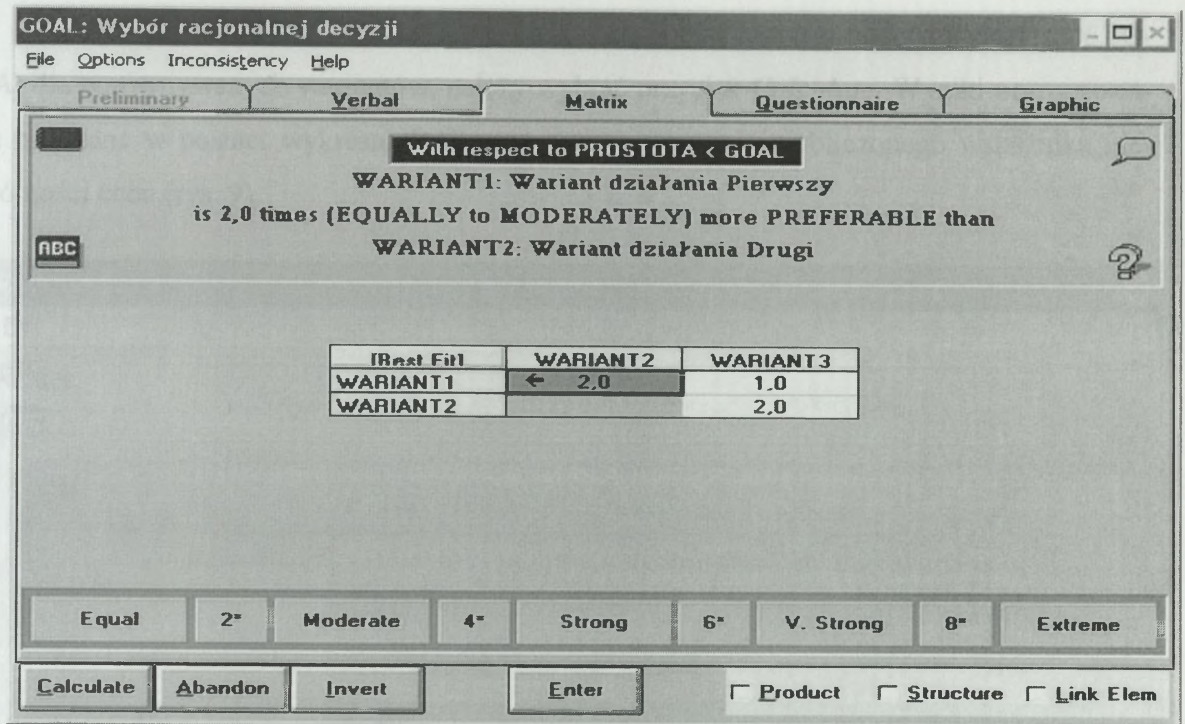
Rys. 6. Wyznaczone priorytety istotności dla kryteriów oceny

Krok 3. Określanie priorytetów (uporządkowania) dla wariantów

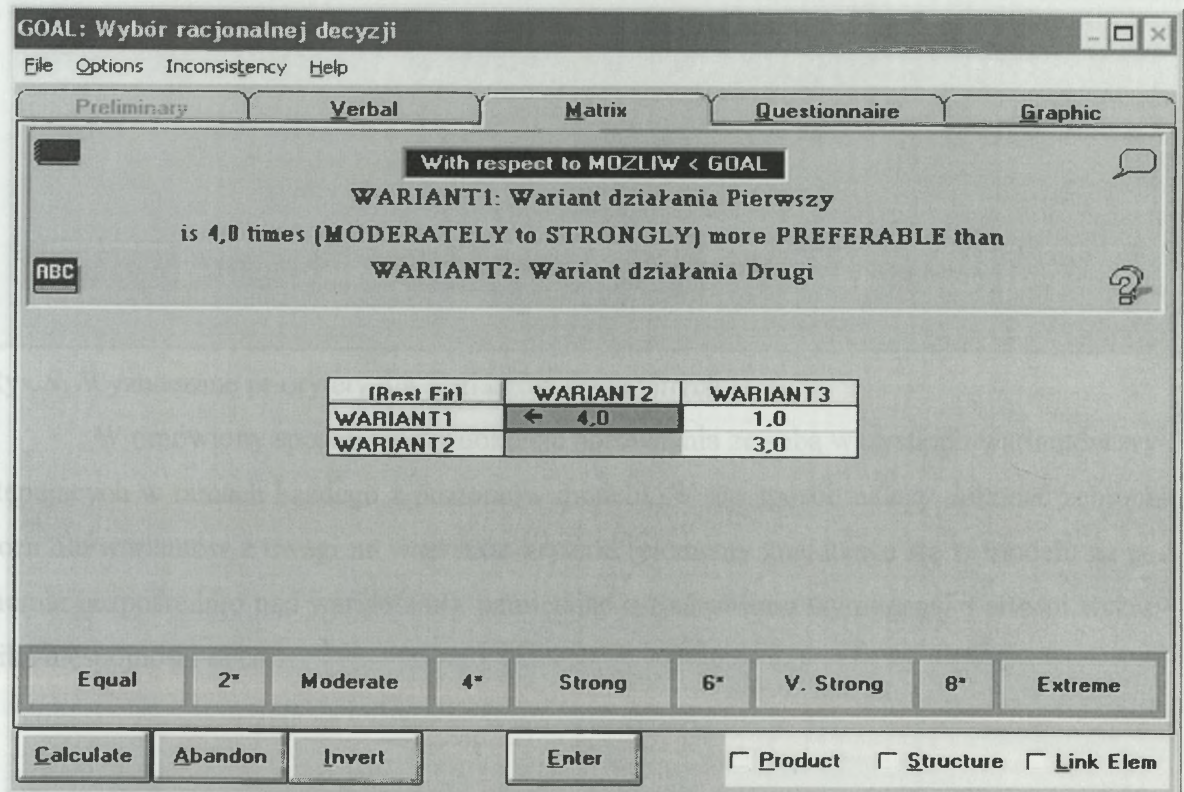
Aby wprowadzić oceny liczbowe dla określenia priorytetów lokalnych przez porównanie parami wariantów na dolnym poziomie modelu, należy wybrać WARIANT1, aby go uaktywnić (podświetlić), następnie:

1. Wybierz opcję menu *Assesmet|Pairwise*.
2. Wybierz typ oceny *Preference i Numerical*.

Rys. 5. Macierz porównania parami dla wariantów decyzyjnych dla kryterium MOZLIWO-

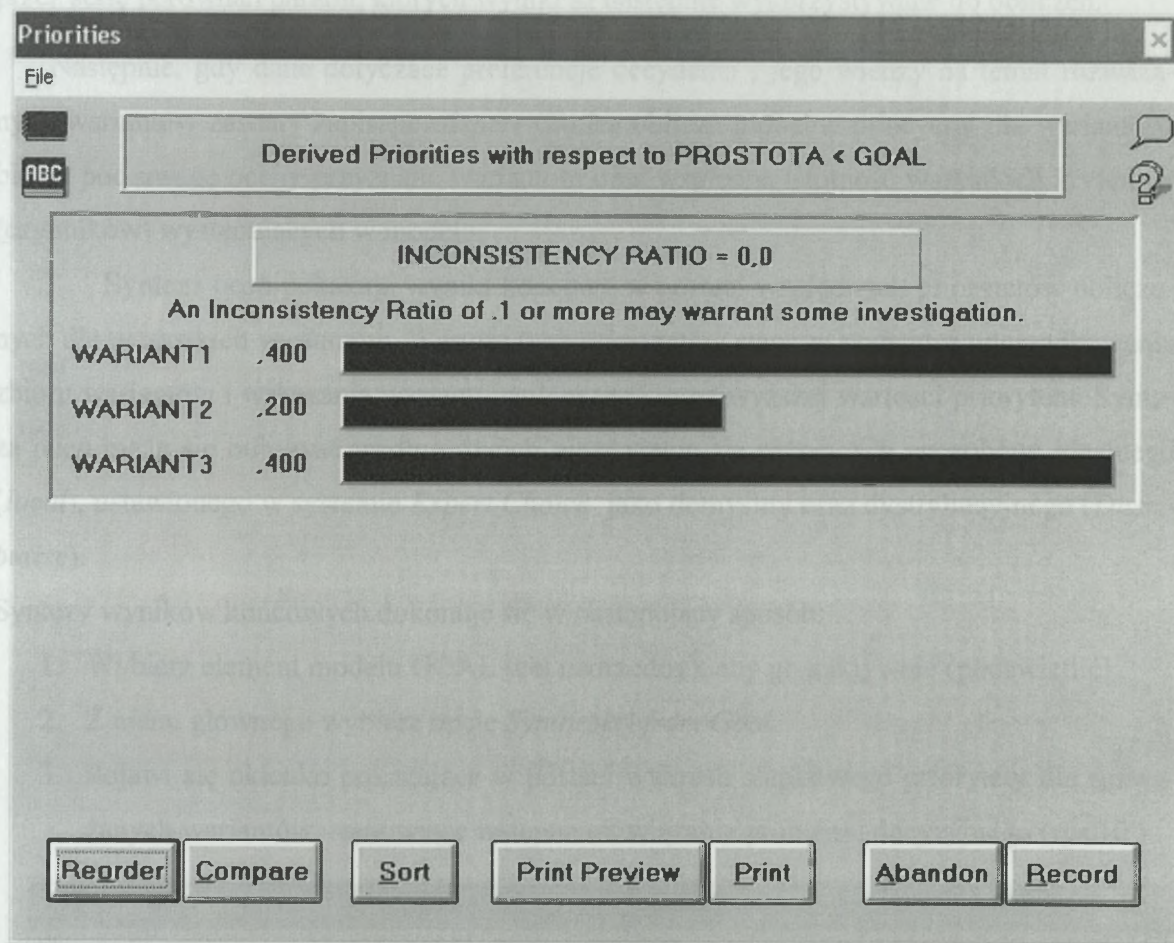


Rys. 7. Macierz porównania parami dla wariantów decyzyjnych dla kryterium PROSTOTA.



Rys. 8. Macierz porównania parami dla wariantów decyzyjnych dla kryterium MOŻLIWOŚCI.

Aby obejrzeć wartości priorytetów lokalnych (tylko z uwagi na kryterium PROSTOTA) dla porównywanych wariantów, należy wybrać przycisk *Calculate*. Wyniki oceny zostaną pokazane w postaci wykresu słupkowego wraz z wartością obliczonego wskaźnika niespójności ocen (rys. 9).



Rys. 9. Wyznaczane priorytety dla wariantów decyzyjnych.

W omówiony sposób należy dokonać porównania ze sobą wszystkich wariantów występujących w ramach każdego z poziomów modelu. W ten sposób należy dokonać zebrania ocen dla wariantów z uwagi na wszystkie kryteria (elementy znajdujące się w modelu na poziomie bezpośrednio nad wariantami), pamiętając o zachowaniu wymaganej wartości wskaźnika niespójności ocen.

Rys.10. Priorytety wyznaczone dla wariantów decyzyjnych

2.2.3. Synteza ocen

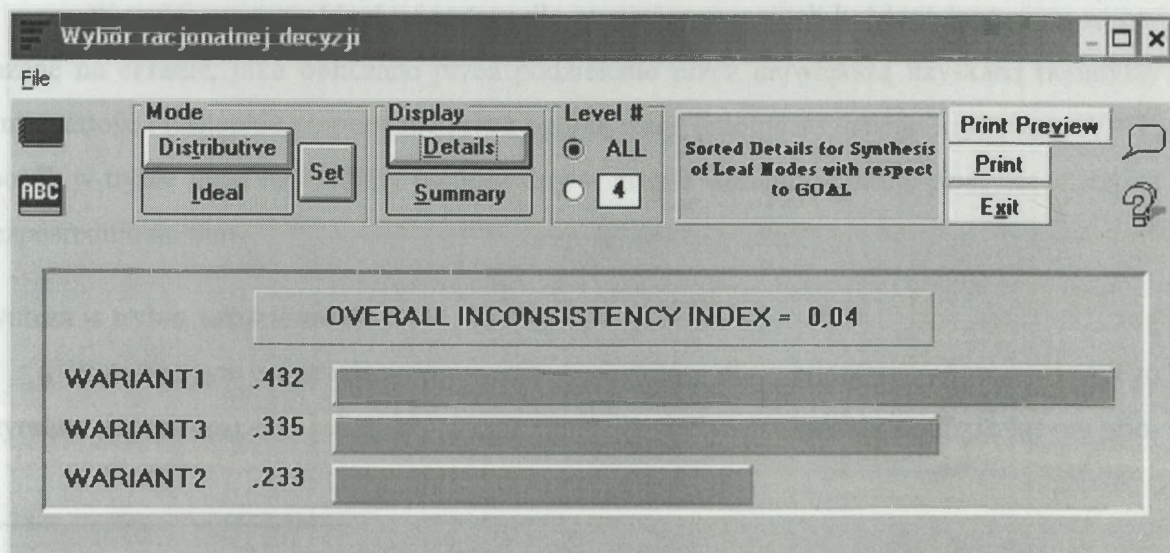
Określenie relatywnej wartości (atrakcyjności, priorytetu) wariantów odbywa się poprzez serię porównań parami, których wyniki są następnie wykorzystywane do obliczeń.

Następnie, gdy dane dotyczące preferencje decydenta i jego wiedzy na temat rozważanych wariantów zastany zapisane, *Expert Choice* oblicza globalne priorytety dla wariantów, biorąc pod uwagę oceny przyznane wariantom oraz względną istotność wszystkich kryteriów (czynników) występujących w modelu.

Synteza ocen pokazuje wyniki końcowe w postaci względnych priorytetów obliczonych dla wszystkich wariantów. Wartość tych priorytetów stanowi podstawę uporządkowania zbioru wariantów i wskazania wariantu najlepszego, o najwyższej wartości priorytetu. Synteza ocen może się odbywać według dwóch nieznacznie się różniących sposobów: idealnego (*Ideal*), ustawionego w systemie *Expert Choice* jako domyślny oraz dystrybucyjnego (*Distributive*).

Syntezy wyników końcowych dokonuje się w następujący sposób:

1. Wybierz element modelu GOAL (cel nadrzędny), aby go uaktywnić (podświetlić).
2. Z menu głównego wybierz opcję *Synthesis | from Goal*.
3. Pojawi się okienko pokazujące w postaci wykresu słupkowego priorytety dla rozważanych wariantów, stanowiące wstępne rozwiązanie problemu decyzyjnego (rys.10)



Rys.10. Priorytety wyznaczone dla wariantów decyzyjnych

W rozpatrywanym problemie decyzyjnym, otrzymane z systemu wyniki wskazują, że **najlepszym wariantem z uwagi na całość rozpatrywanych wariantów jest WARIANT1.**

Przez przygotowaniem ostatecznego zalecenia dla decydenta co do wyboru wariantu decyzyjnego, należy przeanalizować strukturę zebranych ocen i zweryfikować przeprowadzoną ocenę²⁷. W tym celu należy wybrać przycisk **Details**, aby wyświetlić całość zebranych przez wszystkie warianty ocen, z uwagi na wszystkie rozważane kryteria.

LEVEL 1	LEVEL 2	LEVEL 3	LEVEL 4	LEVEL 5
TEMPO = ,205				
	WARIANT1= ,205			
	WARIANT2= ,205			
	WARIANT3= ,205			
ZAB_LOG = ,196				
	WARIANT1= ,196			
	WARIANT3= ,086			
	WARIANT2= ,075			
INICJATY= ,193				
	WARIANT1= ,193			
	WARIANT2= ,097			
	WARIANT3= ,097			
MOZLIW = ,178				
	WARIANT1= ,178			
	WARIANT3= ,161			
	WARIANT2= ,049			
WSP_OGN = ,154				
	WARIANT1= ,154			
	WARIANT3= ,154			
	WARIANT2= ,077			
PROSTOTA= ,074				
	WARIANT1= ,074			
	WARIANT3= ,074			
	WARIANT2= ,037			

Rys 11. Szczegółowe zestawienie ocen trybie *Ideal*

W trybie syntezy *Ideal* priorytety dla wariantów w ramach każdego kryterium są pokazane na ekranie, jako obliczane przez podzielenie przez największą uzyskaną pomiędzy nimi wartość i następnie pomnożone przez ogólną wagę (istotność) danego kryterium. W taki sposób w trybie *Ideal* najbardziej preferowany w grupie wariant uzyskuje priorytet czynnika bezpośrednio na nim.

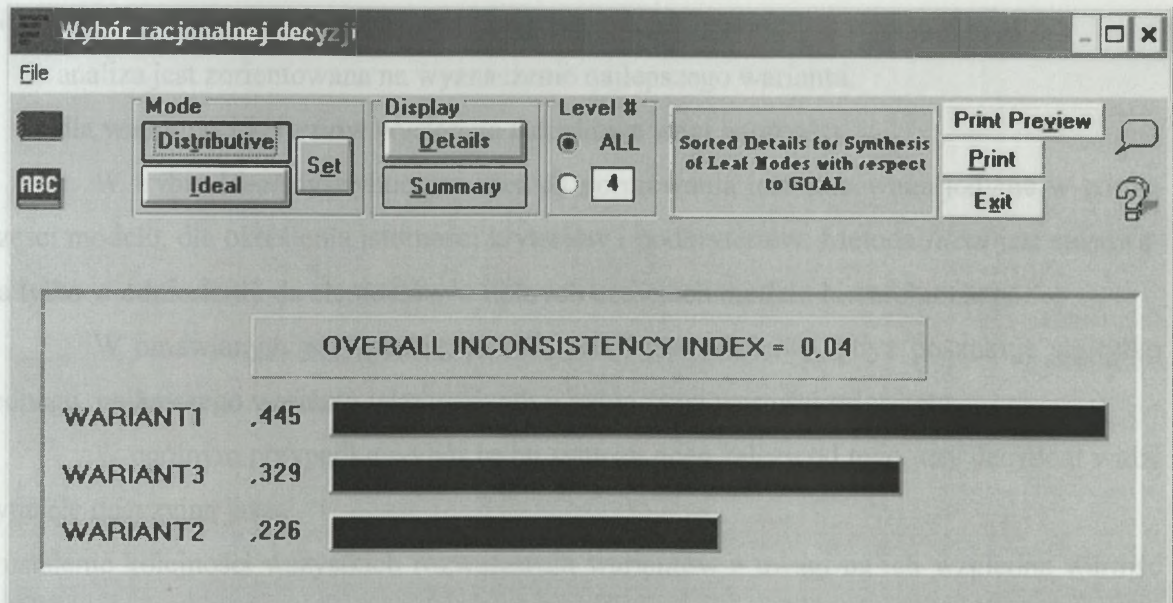
Synteza w trybie (*distributive*)

W trybie tym następuje normowanie priorytetów dla wariantów w ramach każdego czynnika (kryterium), tzn. priorytety wyznaczone dla wariantów sumują się dając łączny prio-

²⁷ szczególnie w sytuacji gdy priorytety obliczane dla wariantów różnią się nieznacznie, co może oznaczać że są w zasadzie jednakowo atrakcyjne; z tego powodu może być wskazane uwzględnienie dodatkowych okoliczności.

rytet. Z tego powodu tryb ten nazywa się dystrybucyjnym, gdyż priorytet dla danego kryterium jest rozłożony pomiędzy trzy różne warianty.

Wykres słupkowy pokazuje priorytety dla wariantów obliczane w trybie dystrybucyjnym, kolejność wariantów nie uległa zmianie, a wartości priorytetów zmieniły się nieznacznie.



Rys.12. Priorytety wyznaczone dla wariantów decyzyjnych

LEVEL 1	LEVEL 2	LEVEL 3	LEVEL 4	LEVEL 5
TEMPO = ,205				
	WARIANT1= ,068			
	WARIANT2= ,068			
	WARIANT3= ,068			
ZAB_LOG = ,196				
	WARIANT1= ,108			
	WARIANT3= ,047			
	WARIANT2= ,041			
INICJATY= ,193				
	WARIANT1= ,097			
	WARIANT2= ,048			
	WARIANT3= ,048			
MOZLIW = ,178				
	WARIANT1= ,081			
	WARIANT3= ,074			
	WARIANT2= ,022			
WSP_OGN = ,154				
	WARIANT1= ,062			
	WARIANT3= ,062			
	WARIANT2= ,031			
PROSTOTA= ,074				
	WARIANT1= ,030			
	WARIANT3= ,030			
	WARIANT2= ,015			

Rys. 13. Szczegółowe zestawienie ocen w trybie *Distributive*

Tryb *Distributive* jest zalecany dla następujących przypadków:

- ustalanie uporządkowania wariantów w uwagi na kolejność ich priorytetów;
- warianty są różne dla większości kryteriów w modelu (nie są takie same we wszystkich kryteriach);
- problemy decyzyjne alokacji zasobów w warunkach deficytu zasobów.

Natomiast tryb *Ideal* jest zalecany dla następujących przypadków:

- analiza jest zorientowana na wyznaczenie najlepszego wariantu;
- dla większości kryteriów występują jednakowe wagi istotności.

W trybie *Ideal* dystrybucyjna metoda normowania jest stosowana jedynie w górnej części modelu, dla określenia istotności kryteriów i podkryteriów. Metoda *Ideal* jest stosowana tylko w odniesieniu do elementów w dolnych częściach modelu hierarchicznego.

W omawianym przykładzie, metoda *Ideal* jest właściwa, gdyż poszukuje się tylko jednego, najlepszego wariantu jako wariantu o najwyższej wartości priorytetu.

W ogólnym przypadku wybór trybu syntezy ocen zależy od tego, czy decydent widzi sytuację decyzyjną jako:

- ustalenie kolejności wszystkich rozważanych wariantów z uwagi na ich względną wartość (*Distributive*);
czy też jako
- ustalenie jednego, najlepszego wariantu (*Ideal*).

Tryb *Distributive* pozwala na zmianę wartości priorytetów, gdy zostanie dodany nowy wariant, co jest częste, w wielu sytuacjach. Tryb *Ideal* nie pozwala na zmianę obliczanych wcześniej wartości.

Sposób wyznaczenia oceny końcowej, opisującej priorytety dla wariantów i wskazującej wariant najlepszy zostanie podany w Syntezie ocen.

Rys. 14. Wykres analizy wrażliwości w trybie *Performance*

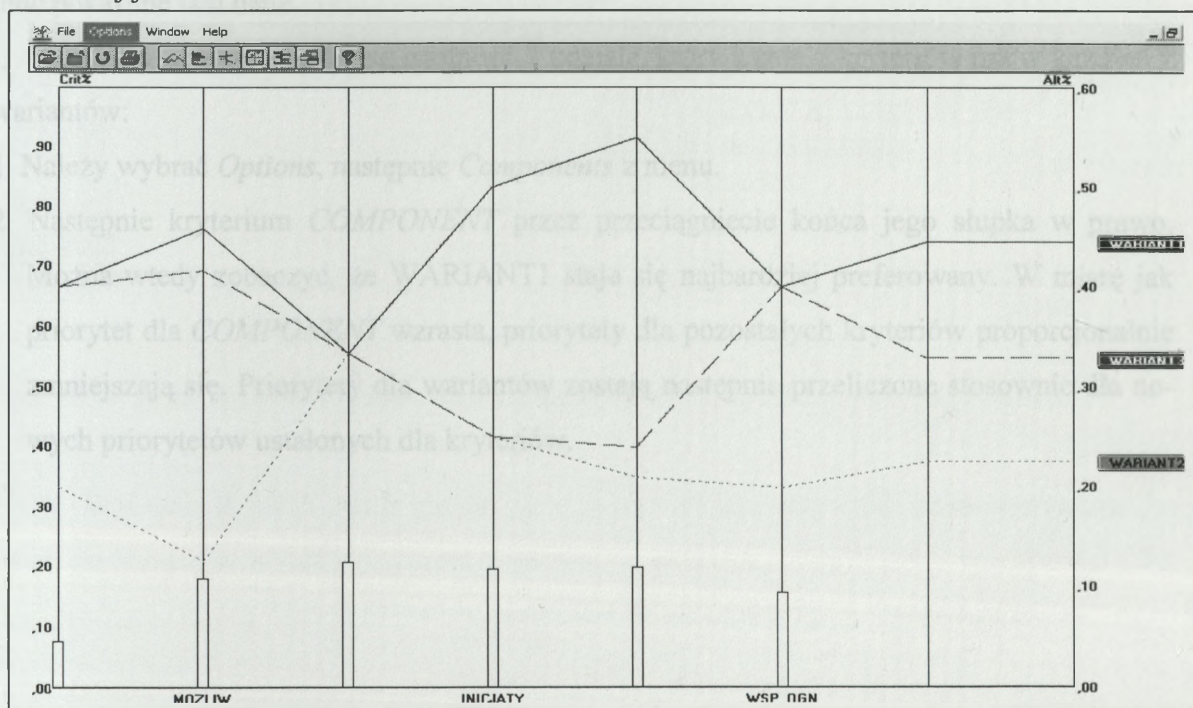
1.4 Analiza wrażliwości

W systemie *Expert Choice* możliwe są następujące rodzaje analizy wrażliwości (*sensitivity*):

- Wartościowa (Performance);
- Dynamiczna (Dynamic);
- Przyrostowa (Gradient);
- Dwuwymiarowa (Two-Dimensional);
- Różnicowa (Difference).

1.4.1.1 Wartościowa analiza wrażliwości

Kryteria są reprezentowane przez słupki pionowe natomiast warianty przez linie poziome. Przecięcie linii wariantu z pionowym słupkiem kryterium pokazuje istotność (priorytet) danego wariantu względem danego kryterium, odczytywany ze skali na lewej osi oznaczonej jako *Crit* {preferencje lokalne}. Ogólny priorytet każdego wariantu (preferencje globalne) jest przedstawiony na linii pionowej *Overall* i odczytywany ze skali na prawej osi oznaczonej jako *Alt*.



Rys. 14. Wykres analizy wrażliwości w trybie *Performance*

Aby przeprowadzić analizę *what-if*, należy wybrać kursorem myszy słupek danego kryterium. Słupek ten, reprezentujący istotność tego kryterium, przerysuje się do tego punktu; obserwuj na prawej osi zmiany w uporządkowaniu wariantów, będące skutkiem zmiany istotności wybranego kryterium.

Jeśli przełączymy się do okna innego typu analizy wrażliwości, można się przekonać się, że zmiana istotności kryterium miała także wpływ na inne pokazane tam dane. Naciśnięcie ikony *Home* w lewym górnym rogu ekranu przywraca pierwotną postać danych, otrzymaną w wyniku porównania parami *Assesment*. Typ analizy wrażliwości i rodzaj prezentowanych danych może być zmieniany przez użycie opcji menu *Options*.

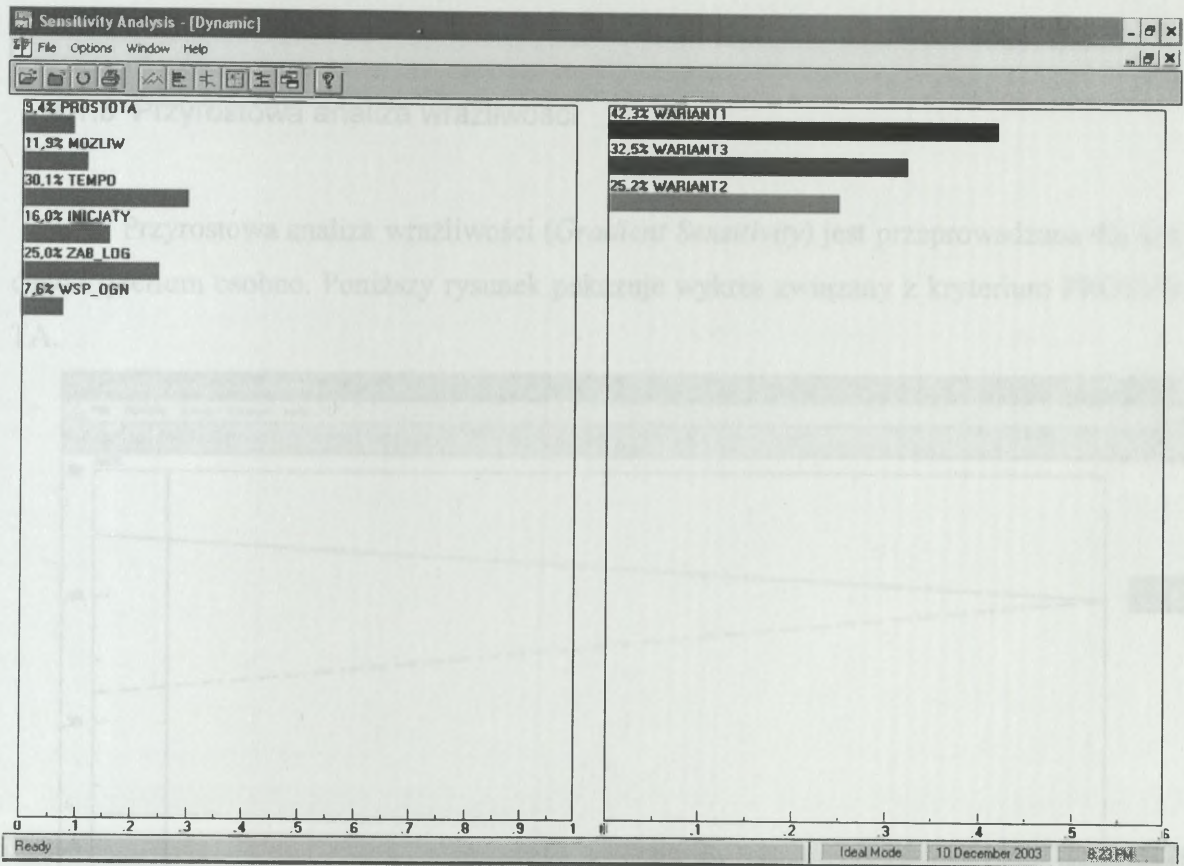
1.4.1.2 Dynamiczna analiza wrażliwości

Dynamiczna Analiza Wrażliwości (*Dynamic Sensitivity*) prezentuje słupki poziome, które pozwalają zwiększać lub zmniejszać istotność danego kryterium, aby zobaczyć tego wpływ na uporządkowanie wariantów. Zmiana istotności danego kryterium odbywa się przez przeciągnięcie prawego końca słupka kursorem myszy. Jeśli przełączysz się do okna innego typu analizy wrażliwości, przekonasz się, że zmiana istotności kryterium ma także wpływ na inne pokazane tam dane.

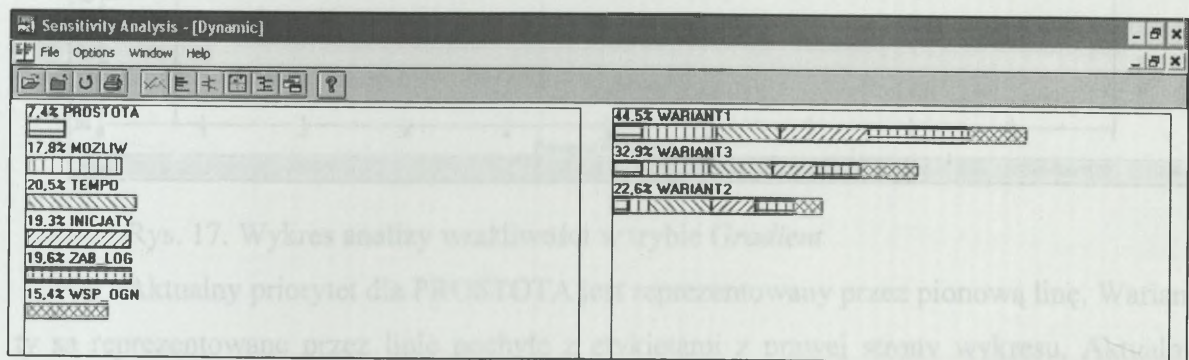
Aby obejrzeć liczbowe istotności i udziały, który każde z kryteriów ma w każdym z wariantów:

1. Należy wybrać *Options*, następnie *Components* z menu.
2. Następnie kryterium *COMPONENT* przez przeciągnięcie końca jego słupka w prawo. Można wtedy zobaczyć, że *WARIANT1* staje się najbardziej preferowany. W miarę jak priorytet dla *COMPONENT* wzrasta, priorytety dla pozostałych kryteriów proporcjonalnie zmniejszają się. Priorytety dla wariantów zostają następnie przeliczone stosownie dla nowych priorytetów ustalonych dla kryteriów.

Wybranie ikony *Home* w lewym górnym rogu ekranu przywraca pierwotną postać danych, otrzymaną w wyniku porównania parami (*Assesment*). Typ analizy wrażliwości i rodzaj prezentowanych danych może być zmieniany przez użycie opcji menu *Options*.



Rys. 15. Wykres analizy wrażliwości w trybie *Dynamic*

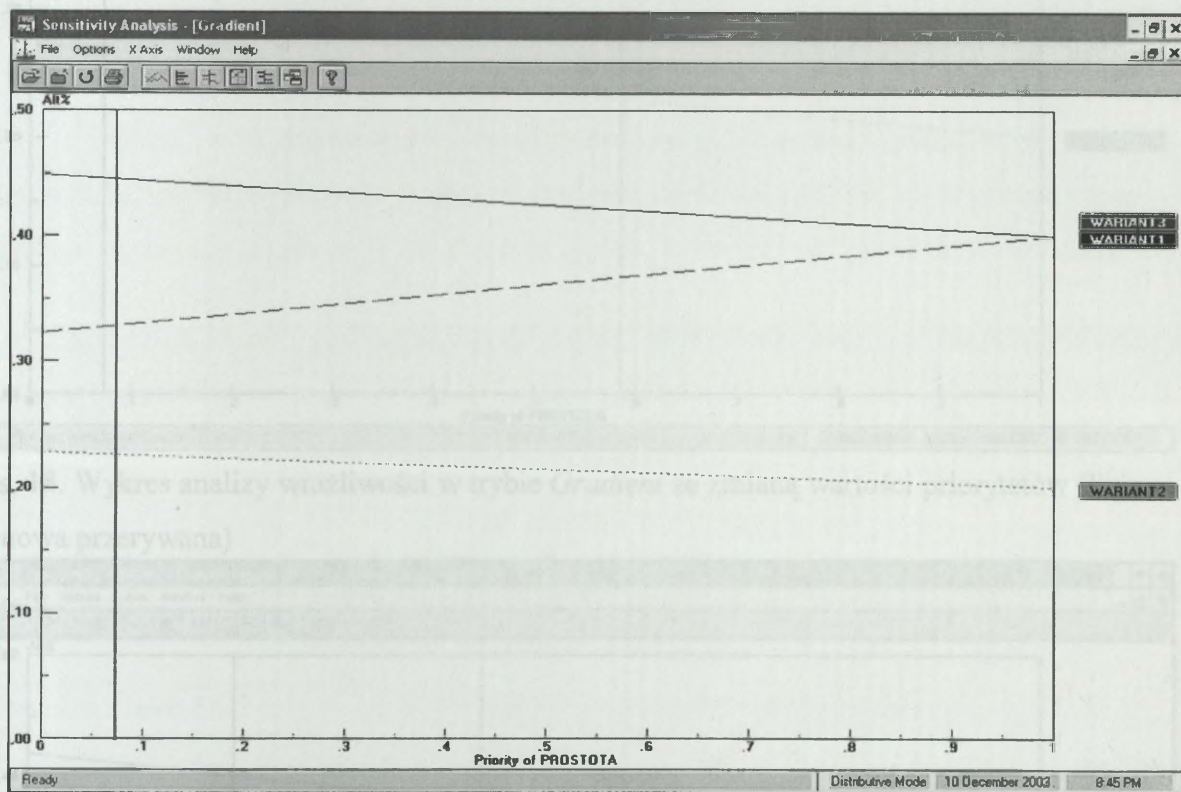


Rys. 16. Wykres analizy wrażliwości w trybie *Dynamic* z wybraną opcją *COMPONENTS*

Wybranie ikony *Home* w lewym górnym rogu ekranu przywraca pierwotną postać danych, otrzymaną w wyniku porównania parami (*Assessment*). Typ analizy wrażliwości i rodzaj prezentowanych danych może być zmieniany przez użycie opcji menu *Options*.

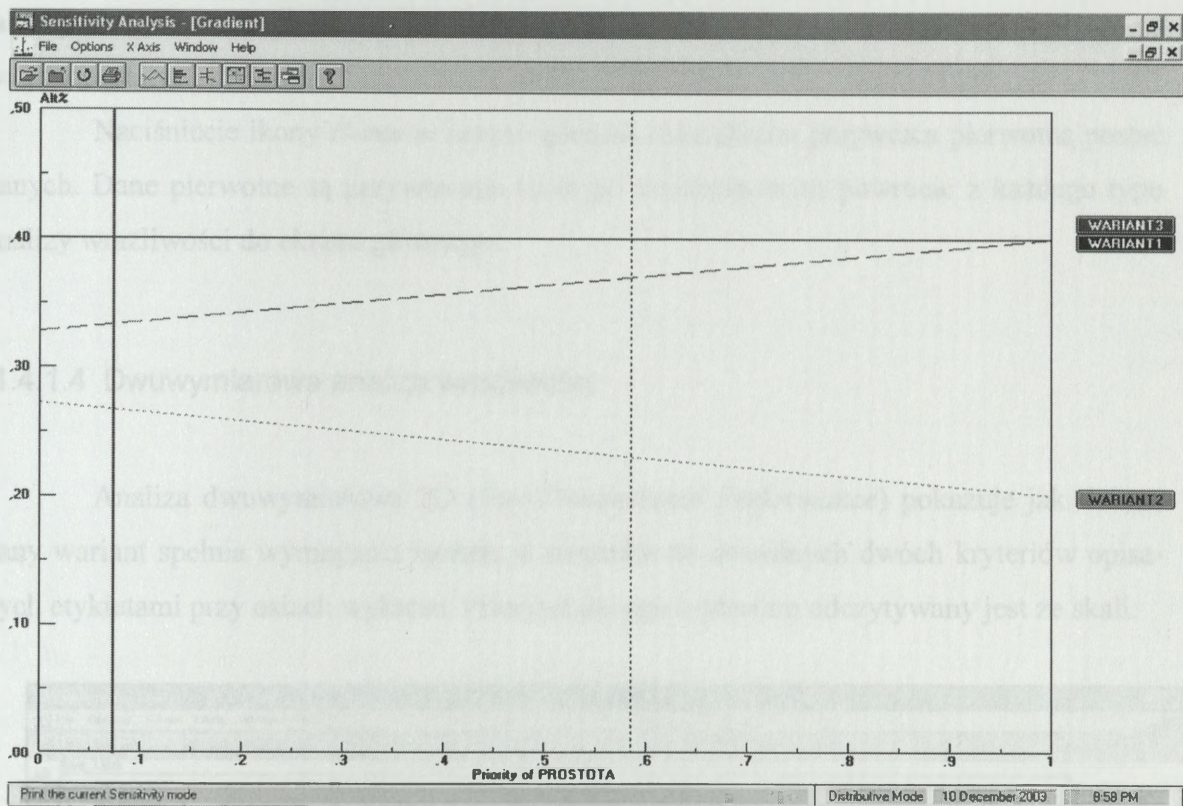
1.4.1.3 Przyrostowa analiza wrażliwości

Przyrostowa analiza wrażliwości (*Gradient Sensitivity*) jest przeprowadzana dla każdego kryterium osobno. Poniższy rysunek pokazuje wykres związany z kryterium PROSTOTA.

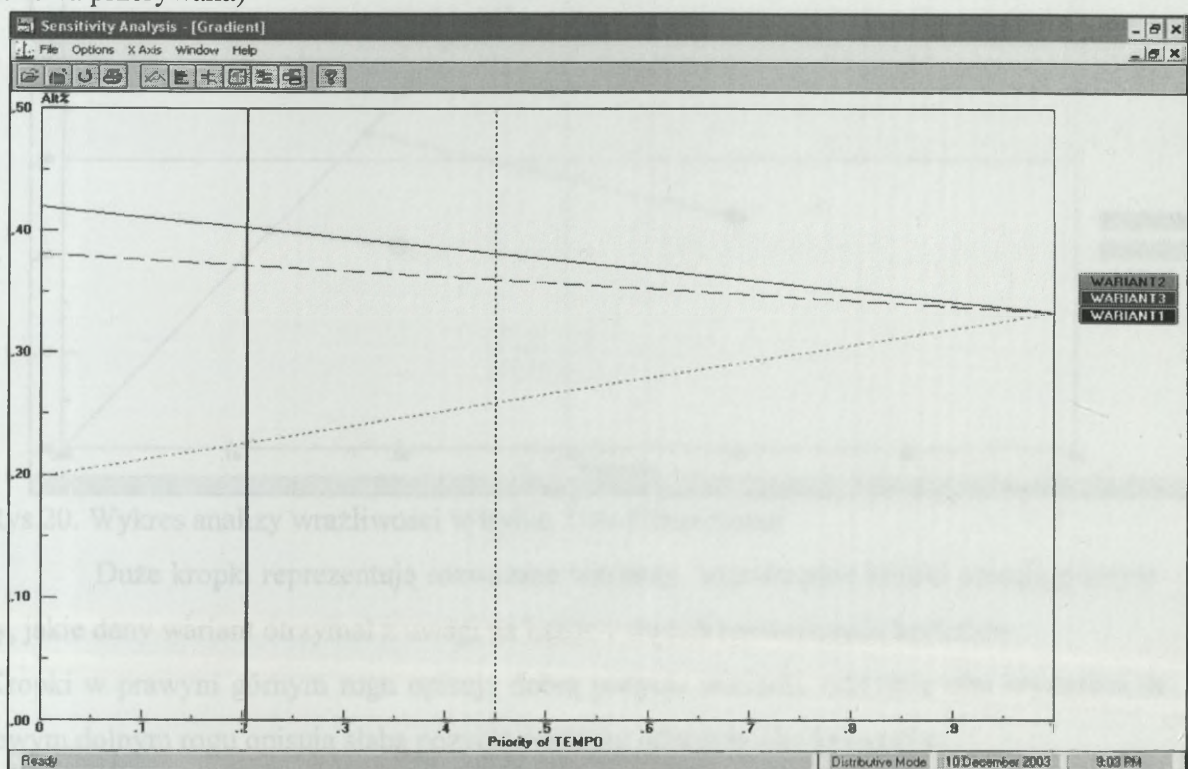


Rys. 17. Wykres analizy wrażliwości w trybie *Gradient*

Aktualny priorytet dla PROSTOTA jest reprezentowany przez pionową linię. Warianty są reprezentowane przez linie pochyłe z etykietami z prawej strony wykresu. Aktualny priorytet dla wariantu jest określony przez punkt, w którym linia wariantu przecina pionową linię kryterium. Aby przeprowadzić analizę wrażliwości, należy przeciągnąć linię pionową kryterium w prawo lub w lewo (zmeni się wtedy na przerywaną, a linia ciągła pozostaje, pokazując pierwotne położenie). W ten sposób można określić jak zmieniają się priorytety dla wariantów, jeśli zmieni się istotność danego kryterium. Punkt, w którym linie wariantów przecinają się, jest zwany punktem *tradeoff*, wskazującym przy jakiej wartości istotności kryterium zmieni się rozkład preferencji (uporządkowania) wariantów.



Rys. 18. Wykres analizy wrażliwości w trybie *Gradient* ze zmianą wartości priorytetów (linia pionowa przerywana)



Rys. 19. Wykres analizy wrażliwości w trybie *Gradient* związany z kryterium TEMPO

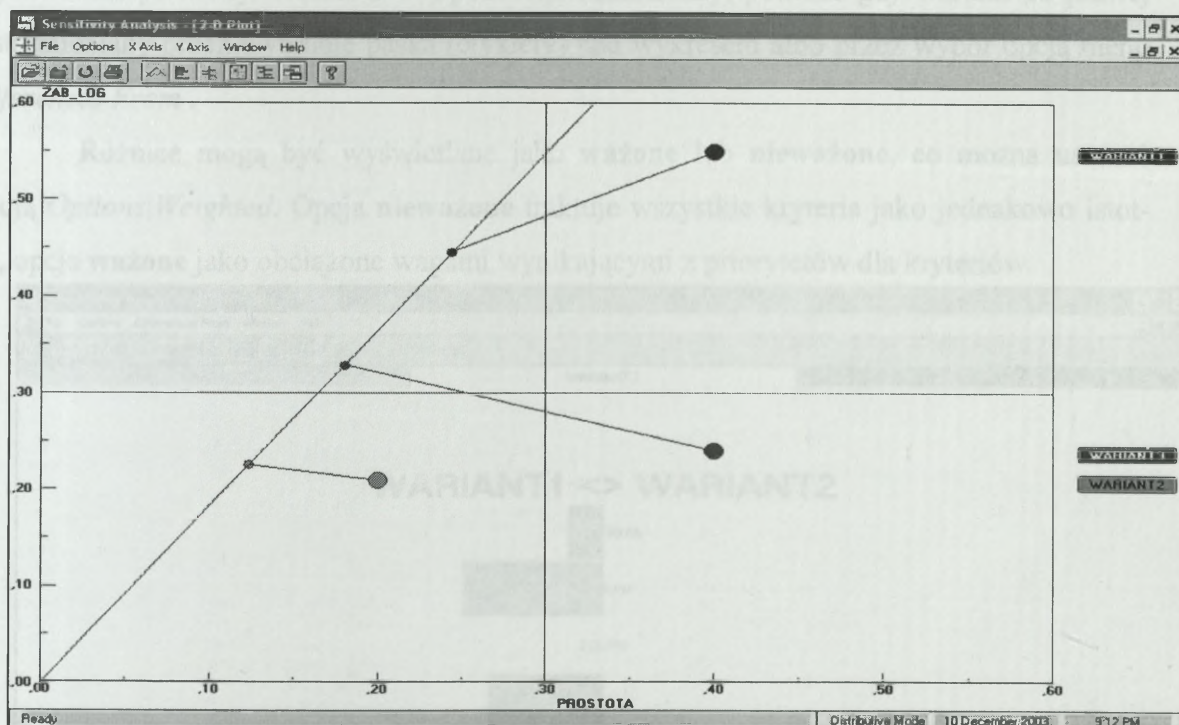
Aby wybrać inne kryterium należy wybrać opcję menu [*X_Axis*] oraz wybrać inne kryterium. Jeśli wybierze się inne kryterium dla sporządzenia wykresu. *Gradient Sensitivity*,

także pokażą się dwie pionowe linie wskazujące jak zmiana jednego z kryteriów wpłynie na wagi pozostałych kryteriów.

Naciśnięcie ikony *Home* w lewym górnym rogu ekranu przywraca pierwotną postać danych. Dane pierwotne są przywracane także po każdorazowym powrocie z każdego typu analizy wrażliwości do ekranu głównego.

1.4.1.4 Dwuwymiarowa analiza wrażliwości

Analiza dwuwymiarowa 2D (*Two-Dimensional Performance*) pokazuje jak dobrze dany wariant spełnia wymagania łącznie w stosunku do dowolnych dwóch kryteriów opisanych etykietami przy osiach wykresu. Priorytet danego kryterium odczytywany jest ze skali.



Rys.20. Wykres analizy wrażliwości w trybie *Two-Dimensional*

Duże kropki reprezentują rozważane warianty, współrzędne kropki opisują priorytety, jakie dany wariant otrzymał z uwagi na każde z dwóch rozważanych kryteriów.

Kropki w prawym górnym rogu opisują dobrą pozycję wariantu odnośnie obu kryteriów, w lewym dolnym rogu opisują słabą pozycję wariantu odnośnie obu kryteriów.

Linia projekcji może być włączona przez opcję menu *Options|Projection*. Położenie rozważanych wariantów względem tej linii pokazuje jak wzajemną relacji wariantów, gdyby wszystkie kryteria były jednakowo istotne. Im dalej dany wariant dalej znajduje się od linii

projekcji, tym lepiej. Analizę *what-if* można przeprowadzić zmieniając istotność kryteriów w pozostałych trybach analizy wrażliwości i obserwując skutek zmiany na wykresie 2D.

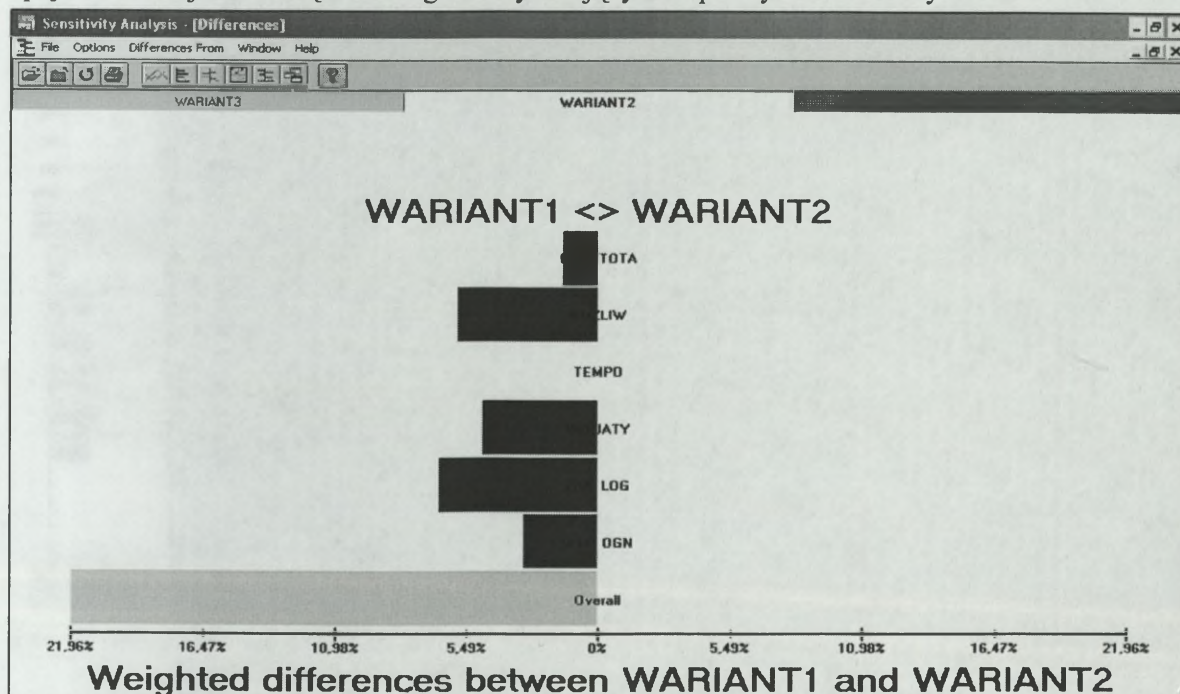
Aby zmienić kryteria na osiach wybierz opcję menu *X-Axis* lub *Y-Axis* stosownie do potrzeb. Naciśnięcie ikony *Home* w lewym górnym rogu ekranu przywraca pierwotną postać danych.

1.4.1.5 Analiza wrażliwości różnicowa

Wykres różnicowy (*Differences Sensitivity*) pokazuje różnice pomiędzy priorytetami dla pary wariantów względem wszystkich rozważanych kryteriów.

Dwa rozważane warianty WARIANT1 i WARIANT2 są pokazane na wykresie poniżej. Wariant po lewej, WARIANT3, pozostaje niezmienny, podczas gdy wariant po prawej jest zmieniany przez wybranie paska (etykiety) nad wykresem albo przez wybór opcją menu *Diferences From*.

Różnice mogą być wyświetlane jako **ważne** lub **nieważne**, co można ustawić opcją *Options|Weighted*. Opcja **nieważne** traktuje wszystkie kryteria jako jednakowo istotne, opcja **ważne** jako obciążone wagami wynikającymi z priorytetów dla kryteriów.



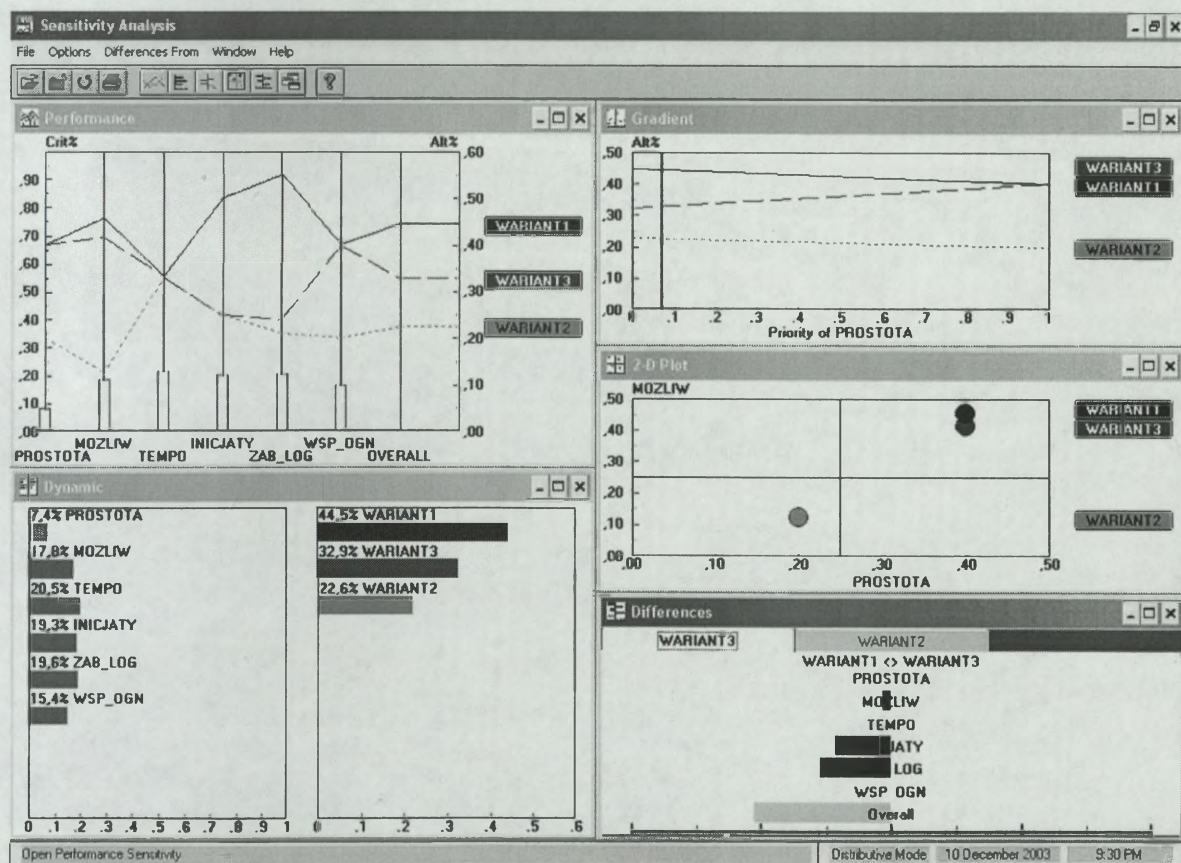
Rys. 21. Wykres analizy wrażliwości trybie *Diferences*

Na rys.21 widać, że wariant WARIANT1 jest preferowany (uznany za lepszy) względem wszystkich kryteriów, szczególnie przez ZAB_LOG.

W przeciwieństwie do innych typów analizy wrażliwości, ten wykres nie pozwala na zmiany priorytetów dla kryteriów, a służy jedynie do pokazania wyników zmian dokonanych wcześniej w innych typach wykresów analizy wrażliwości.

1.4.1.6 Analiza całościowa

Aby wyświetlić wszystkie okna analizy wrażliwości jednocześnie (*Open All Sensitivity Windows*), należy wybrać *Window|Open|All*, zmieniając dane w jednym z okien odpowiadającym danemu typowi analizy. Można tym przypadku obserwować skutek tych zmian jednocześnie w kilku pozostałych oknach.



Rys.22. Wykresy analizy wrażliwości w trybie *Open All Windows*.

Wybranie ikony *Home* w lewym górnym rogu ekranu przywraca pierwotną postać danych. Wyjście z analizy wrażliwości do menu głównego odbywa się przez wybranie opcji menu *File|Exit*.

