

**WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI STOSOWANEJ
I ZARZĄDZANIA**



**ANALIZA SYSTEMOWA
W FINANSACH I ZARZĄDZANIU**

Wybrane problemy

Pod redakcją
Jerzego HOŁUBCA

**WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI STOSOWANEJ
I ZARZĄDZANIA**

**ANALIZA SYSTEMOWA
W FINANSACH I ZARZĄDZANIU
Wybrane problemy**

Pod redakcją
Jerzego HOŁUBCA

Warszawa 1999

Wykaz opiniodawców artykułów zamieszczonych w tomie:

prof. dr hab. Jerzy **HOLUBIEC**

prof. dr hab. Janusz **KACPRZYK**

prof. dr hab. Tadeusz **NOWICKI**

prof. dr hab. Stanisław **PIASECKI**

prof. dr hab. Piotr **SZCZEPANIAK**

prof. dr hab. Tadeusz **TRZASKALIK**

doc. dr hab. Sławomir **WIERZCHOŃ**

doc. dr hab. Leszek **ZAREMBA**

© **Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania**

Warszawa 1999

ISBN 83-85847-24-3

Przedmowa

Na niniejszą publikację składa się zbiór prac doktorantów Zaocznych Studiów Doktoranckich "Informatyka w zarządzaniu i finansach" działających przy *Instytucie Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk*.

Prace te były referowane na konferencji BOS'98 "Rozwój średnich i małych miast w XXI wieku w Polsce: Rola badań operacyjnych i systemowych", Kutno, 8-10 czerwca 1998 r.¹, a także na seminariach Studiów Doktoranckich "Informatyka w zarządzaniu i finansach". Nad stroną merytoryczną publikacji czuwał Pan Prof. dr hab. Jerzy Hołubiec oraz grono recenzentów i opiekunów naukowych doktorantów.

Prace dotyczą głównie problemów analizy systemowej oraz jej zastosowań w dziedzinie finansów, a zwłaszcza - teorii portfela, obligacji i problemów inwestycyjnych. Niektóre prace przy analizie finansowej posługują się tzw. algorytmami genetycznymi i sieciami neuronowymi, a także modelowaniem rozmytym i strukturami fraktalnymi. Część prac dotyczy zarządzania i sterowania produkcją.

Wypada zauważyć, iż doktoranci Studiów atakują w swych pracach tematy nowoczesne i znajdujące się w obszarze tzw. frontu badawczego analizy systemów. Wypada im życzyć sukcesów i wytrwałości w pracy, która winna zakończyć się obronioną pracą doktorską.

¹ Głównymi organizatorami konferencji było Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych oraz Instytut Badań Systemowych PAN.

Wypada także zaznaczyć, iż wydanie niniejszej publikacji stało się możliwe dzięki wsparciu finansowemu ze strony **Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej i Zarządzania**, działającej w ramach Fundacji Krzewienia Nauk Systemowych. Fundacja ta została założona w 1991 roku z inicjatywy Prof. L. Kuźnickiego, wówczas Sekretarza Naukowego Polskiej Akademii Nauk. Do zadań Fundacji należy, między innymi, wspieranie i promocja prac młodych pracowników nauki, a zwłaszcza prac doktorantów.

Mamy nadzieję, iż publikacja niniejsza zostanie życzliwie przyjęta przez specjalistów działających w obszarze nauk systemowych.

Rektor WSISiZ
Prof. Roman Kulikowski

O ZASTOSOWANIU METOD ANALIZY PORTFOLIO DO PODEJMOWANIA DECYZJI W WARUNKACH NIEPEWNOŚCI

Mirosław LULA - DUŻYŃSKI

Zaoczne Studium Doktoranckie IBS PAN

1. Wprowadzenie

Podjęcie decyzji stanowi jedno z trudniejszych zagadnień w działalności człowieka. W szeregu sytuacji decyzyjnych niezbędne jest uwzględnienie wielu konkurencyjnych i sprzecznych kryteriów oceny skutków decyzji. Sama zaś ocena jakości i skutków realizacji różnych decyzji wymaga często analizy skomplikowanych relacji pomiędzy wieloma zmiennymi i wskaźnikami, za pomocą których ocenia się skutki decyzji. Dodatkowym czynnikiem utrudniającym ocenę podjętej decyzji jest to, że w chwili jej podejmowania istniała duża niepewność, co do jej skutków.

Powszechną tendencją występującą w dzisiejszych czasach jest branie przy podejmowaniu decyzji pod uwagę coraz szerszego wachlarza różnych aspektów. Oznacza to, że podejmowanie decyzji musi być poprzedzone dokładną analizą posiadanych informacji (Makowski, 1993)

W procesie podejmowania decyzji jakim jest proces głosowania wyborca, decydując się na wybór określonego kandydata i/lub partii jednocześnie akceptuje cechy, które w/w kandydat (partia) posiada (lub deklaruje). Oznacza to, że ma on określoną strukturę preferencji (od rzeczy najważniejszych, czasami granicznych, do zupełnie obojętnych).

Należy przy tym zaznaczyć, że w w przypadku głosowań problem uczestnika procesu podejmowania decyzji jest znacznie bardziej skomplikowany niż w przypadku tradycyjnego wyboru dobra lub usługi, gdzie już w momencie wyboru możemy z dużym prawdopodobieństwem określić swoją użyteczność. Sprowadza się on bowiem do następującego zagadnienia: jakiego powinien dokonać wyboru, aby ze swojego częściowego wpływu na wynik osiągnąć możliwie największą korzyść.

Z uwagi na wieloaspektowość niniejszego zagadnienia właściwym wydaje się wprowadzenie pojęcia określającego “zysk” wyborcy, które oznaczyłem ROI (Return on Investment). Celem naszej analizy jest zagadnienie jak maksymalizacji ROI przy minimalizacji związanego z tym ryzyka.

Przy tak postawionych zadaniach należy odpowiedzieć na następujące pytania: jak mierzyć ROI, ryzyko oraz poziom awersji do ryzyka.

2. Pomiar ROI (Return on Investment)

Rozpatrzmy dwa przypadki

1. Wybieramy jednego kandydata (partię) spośród pewnego skończonego zbioru możliwości.
2. Mamy możliwość wyboru „zestawu” (kombinacji liniowej) kandydatów (partii), które zapewnią nam maksymalną korzyść. W takim wypadku możemy powiedzieć, że tworzymy portfel kandydatów (partii).

Niech m będzie liczbą kandydatów ($i = 1, 2, 3, \dots, m$) i niech v będzie liczbą głosów, którymi dysponuje głosujący. Niech x_i będzie liczbą głosów, które głosujący dał i -temu kandydatowi. W ogólnym przypadku x_i może być dowolną liczbą nieujemną. Wektor $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ jest w szczególności dopuszczalnym systemem gło-

sowania zwanym dalej wykonalną strategią głosującego. W ogólnym przypadku głosowanie oznacza wybór wykonalnych strategii ze zbioru

$$X = \{x \in R_m, \sum_{i=1}^m x_i \leq v, x_i \geq 0, x \in D\}$$

gdzie D jest dodatkowym wymogiem, żeby głosowanie odpowiadało właściwościom wybranego systemu.

Problem „zwrotu z inwestycji” porusza w swojej pracy z 1997 „Voting as a multi-criteria optimisation problem” Frantisek Turnovec. Analizuje on zagadnienie odległości preferencji pomiędzy wektorem preferencji (hierarchii ważności poszczególnych kwestii) partii a preferencjami głosującego. Rozpatrzenie przypadku indywidualnego głosującego mającego dokonać optymalnego wyboru jako wielokryterialnego problemu optymalizacyjnego powinniśmy rozpocząć od od kilku trywialnych i w pewnym sensie upraszczających założeń:

Wielość kwestii: Przypuśmy, że dana jest lista głównych politycznych kwestii $\pi = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_t)$, gdzie $t \geq 1$ i indywidualny głosujący jest zdolny do stworzenia rankingu kwestii dla niego najważniejszych. Oznaczmy listę rankingową $r_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{it})$, gdzie r_{ik} jest liczbą całkowitą z przedziału od 0 do t , wyrażenie pozycji k -tej kwestii to uporządkowanie głosującego, lub waga (założmy, między 0 a 100) wyrażająca relatywną ważność kwestii głosującego.

Obserwacja pozycji kandydata: Założmy, że każdy kandydat deklaruje oficjalnie swój ranking ważności głównych politycznych kwestii. Oznaczmy ranking j -tego kandydata przez $z_j = (z_{j1}, z_{j2}, \dots, z_{jt})$.

Wartościowanie kandydatów: Założmy, że nie ma niepewności co do przyszłej pozycji kandydata (oficjalna deklaracja wyraża prawdziwe poglądy kandydata)

Problem optymalizacji jest następujący:

Niech x do X będzie możliwą strategią głosowania: (również wybranym portfelem kandydatów), wtedy:

$$z_k(x) = \sum_{i=1}^m z_{ik} \frac{x_i}{\sum_{i=1}^m x_i}$$

jest zagregowanym rankingiem k -tych kwestii generowanych przez wybrany portfel kandydatów i

$$z(x) = (z_1(x), z_2(x), \dots, z_t(x))$$

jest zagregowanym uporządkowanym wektorem. Wtedy to ma sens oczekiwanie, że racjonalny głosujący będzie szukał takiej strategii, że zagregowany ranking $z(x)$ generowany przez wybraną strategię głosującego będzie „tak blisko jak to możliwe” osobistemu rankingowi opisanemu przez wektor r .

W takiej sytuacji otrzymujemy wielokryterialny problem optymalizacyjny

$$\min d = z(x) - r \mid x \in X$$

Uczestnik minimalizuje odległość (sumę odległości) czyli maksymalizuje użyteczność. Możemy przyjąć, że im preferencje są bardziej zbieżne tym większe oczekiwane ROI.

W swojej pracy F. Turnovec przyjął założenia, które często nie uwzględniają sytuacji występujących w rzeczywistości. Wyróżniłem dwa przypadki mogące mieć znaczący wpływ na wartość wcześniej zdefiniowanej odległości d .

Po pierwsze: wśród najważniejszych elementów mogą wystąpić elementy graniczne, których spełnienie jest koniecznym warunkiem

podjęcia decyzji aprobującej. Możemy to opisać następującym wzorem:

$$\exists x_i \exists y_i \quad x_i - y_i > \varepsilon \Rightarrow \text{aprobata nie zachodzi}$$

gdzie ε - graniczna odległość warunkująca podjęcie decyzji

Biorąc pod uwagę powyższy model zauważamy, że istotna jest nie tylko odległość będąca sumą odległości, ale także spełnienie powyższego warunku.

Po drugie: w przypadku porównywania dwóch wektorów (partii i głosującego) mogą pojawić się kwestie obojętne dla głosującego, które przy przyjętym przez Turnovca sposobie obliczeń mogłyby zniekształcać obliczenie odległości (maksymalizować ją). Dlatego też proponuję zmodyfikować wzór na odległość do następującej postaci:

$$d_i = \begin{cases} 0, & \text{dla braku relacji między } z_j \text{ a } r_i \\ (z_j - r_i) & \text{dla pozostałych} \end{cases}$$

3. Portfolio voting

W celu dokładniejszego omówienia zastosowania metody portfolio do analizy preferencji wyborczych omówię założenia, które w swojej pracy (1997) zrobił Turnovec. Weźmy następujące założenie reguły głosowania proporcjonalnego dla wyboru komitetu, zwanego „regułą portfela głosowań” (portfolio voting rule).

Każdy głosujący wybiera spośród list partyjnych. Niech n będzie liczbą głosujących, m liczbą partii a k liczbą miejsc w komitecie. Każdy głosujący ma k głosów (tyle głosów ile numerów miejsc). Niech x_{ij} oznacza numer miejsca przypisany przez i -tego głosującego do j -tej partii (konkretny głosujący do konkretnej partii). W naturalnym założeniu wszyscy głosujący biorą udział w wyborze i używają

wszystkich głosów, więc suma głosów oddana przez jednego głosującego wynosi k (na partię można oddać od 0 do k głosów)

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = k, \quad p_{ij} = \frac{1}{k} x_{ij}$$

(dla $i = 1, 2, \dots, n$ i $j = 1, 2, \dots, m$) i $p_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{im})$ jest i -tym indywidualnym portfelem głosów, lub wg poprzedniej terminologii, dopuszczalną strategią głosowań i -tego głosującego. Wtedy $t = (t_1, t_2, \dots, t_m)$ jako

$$t_j = \frac{x_j}{nk}, \quad x_j = \sum_{i=1}^n x_{ij}$$

jest „społecznym portfelem głosów” czyli udziałem popularności poszczególnych partii w przeliczeniu na pojedynczego głosującego i pojedynczy mandat. Przyjmijmy dalej, że istnieje lista głównych politycznych kwestii $\pi = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_t)$ i oznaczmy ranking i -tego głosującego przez $r_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{it})$. Każda partia deklaruje swój własny ranking $z_j = (z_{j1}, z_{j2}, \dots, z_{jt})$. Racjonalne zachowanie indywidualnego głosującego może być zdefiniowane przez rozwiązanie wielokryterialnego problemu optymalizacyjnego.

$$\min d\left(\sum_{i=1}^m p_{ij} z_j, r_i\right)$$

gdzie

$$\sum_{i=1}^m p_{ij} = 1, \quad p_{ij} \geq 0$$

gdzie d jest odległością pomiędzy i -tym indywidualnym rankingiem i zagregowanym rankingiem komitetu.

Zagadnienie optymalizacji z punktu widzenia partii sprowadza się do stworzenia takiej hierarchii ważności poszczególnych kwestii (są one reprezentowane przez wektor z) aby odległość d była jak najmniejsza (zakładamy, że preferencje głosujących są stałe lub zmienne w niewielkim przedziale).

4. Identyfikacja i pomiar ryzyka

Wybór konkretnej partii, podobnie jak konstrukcja portfela, obarczone jest pewnym ryzykiem. Podstawowym problemem w „analizie portfolio” jest znalezienie optymalnego portfela (maksymalny zwrot - minimalna odległość, minimalne ryzyko).

Fundamentalnym zagadnieniem przy ocenie ryzyka jest kwestia jego pomiaru. Można oczywiście przyjąć normy ryzyka zaproponowane przez Markowitz, a ale pojawia się szereg wątpliwości co do takiego podejścia. Dlatego też moim zdaniem należy wyjść od bardziej ogólnych definicji.

Pierwsza grupa definicji rozpatruje ryzyko w kategoriach decyzji podejmowanych dla realizacji określonych celów. M. Sierpińska i T. Jachna przy okazji analizy problematyki decyzji rozwojowych definiują ryzyko jako niebezpieczeństwo poniesienia straty lub szerzej jako niebezpieczeństwo niezrealizowania celu założonego przy podejmowaniu decyzji. Dokonują też ważnego rozróżnienia, stwierdzając, że prawdopodobieństwo to miara ryzyka, a nie jego istota.

Druga grupa definicji obejmuje zagadnienia, podkreślające informacyjny charakter przyczyn powstawania ryzyka. K. Jakubczak twierdzi za R. Holsher, że ryzyko jest to wynikające z posiadania niepełnej informacji zagrożenie nieosiągnięcia w istniejących warunkach zamierzonego zwrotu z inwestycji (ROI). Ryzyko to także sytuacja, w której na skutek niepełnych informacji podejmowane są decyzje, które nie są optymalne z punktu widzenia założonego celu.

Trzecia grupa definicji utożsamia ryzyko z jego probabilistycznymi lub statystycznymi miarami i dlatego nazywana jest grupą pseudodefinicji. Klasycznym przykładem takiego podejścia, opartego na zmienności, jest teoria Markowitza. Do tej grupy zalicza się także definicję podaną przez D. M. Howe, który twierdzi, że "... kluczem do zrozumienia ryzyka jest niepewność i stan niepożądania. Może być ono najlepiej opisane jako prawdopodobieństwo tego, że sytuacja przybierze niepożądany obrót".

Jakie są źródła ryzyka? Można wyróżnić dwa obszary powstawania ryzyka. Pierwszy ma charakter informacyjny i dotyczy braku wystarczającej wiedzy o preferencjach i zachowaniu innych uczestników procesu podejmowania decyzji. Drugi wynika z braku realizacji przez partię (portfel partii, kandydata) programu wyborczego, na który wyborca głosował.

Jak wspomniano we wstępie wynik skuteczności głosowania zależy nie tylko od pojedynczego wyborcy ale również od innych głosujących. Stąd też krytyka modelu „typu klienta” jako racjonalnie zachowującego się głosującego wynika z faktu, iż poziom satysfakcji indywidualnego głosującego z wyników głosowania zależy nie tylko jego decyzji, ale także od decyzji pozostałych głosujących. Krótko mówiąc musi się on liczyć z tym, że partia nie dostanie się do parlamentu lub jej siła koalicyjna będzie za mała, aby uzyskać realny wpływ na podejmowane decyzje. Wyrafinowany gracz jest świadom faktu, że jego indywidualny portfel będzie na pewno różny od „social voting portfolio” i jego satysfakcja powinna być mierzona przez odległość pomiędzy jego indywidualnym rankingiem a zagregowanym rankingiem generowanym poprzez „social voting portfolio”, a nie przez indywidualny portfel głosującego.

Odległość pomiędzy k -tym indywidualnym rankingiem i zagregowanym rankingiem generowanym poprzez „social voting portfolio”, gdzie

$$t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \quad t_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_{ij}$$

może być mierzony poprzez k -tego głosującego funkcję odległości:

$$\delta_k(p_k, p_1, \dots, p_{k-1}, p_{k+1}, \dots, p_n) = d\left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^m (p_k + \sum_{i \neq k} p_{ij}) z_j, r_k\right)$$

gdzie tylko indywidualny portfel zmiennych p_{kj} jest pod kontrolą k -tego głosującego. Możemy więc sformalizować grę dla n -głosujących z funkcjami wypłaty j.w. i następującymi zbiorami strategii.

$$X^{(k)} = (p_k \in R_m, \sum_{j=1}^m p_{kj} = 1, p_{kj} \geq 0)$$

Drugim ryzykiem, z którym musi się liczyć wyborca jest to, że partia (portfel partii, kandydat) nie będzie realizować swojego programu. Poziom realizacji każdego z elementów k programu można opisać w następujący sposób:

$$D_k = \begin{cases} 1 & \text{dla przypadku pełnej realizacji składowej } k \text{ wektora } z \\ 0 & \text{dla przypadku braku realizacji składowej } k \text{ wektora } z \\ g_k & \text{dla przypadku częściowej realizacji składowej } k \text{ wektora } z, g_k \in (0;1) \end{cases}$$

Wtedy możemy zdefiniować "historyczny" poziom wiarygodności D partii (portfela, kandydata)

$$D = \sum_{k=1}^l w_k D_k \text{ gdzie } w_k - \text{waga elementu } D_k$$

Mając zdefiniowaną miarę ryzyka $\sigma = 1 - D$ możemy dla (d, s) utworzyć portfel spełniający warunek optimum. Racjonalny głosujący

powinien wybrać ze wszystkich zbiorów o takim samym d zbiór o najmniejszym ryzyku, a ze wszystkich zbiorów o takim samym ryzyku, zbiór o najmniejszym d .

Uwaga metodyczna: nie należy kojarzyć s ze zmiennością w sensie Markowitza (kiedy w każdej chwili można sprzedać posiadane aktywa). Jak twierdzi Robert Jeffrey zmienność nie może wyrażać ryzyka, ponieważ zmienność sama w sobie, w odniesieniu do pogody, stopy zwrotu z portfela inwestycyjnego lub dostaw porannej prasy jest niewiele znaczącym elementem statystycznego prawdopodobieństwa, który nic nie powie o ryzyku dopóki nie zostanie rozpatrzony razem ze skutkami.

5. Jak mierzyć skłonność do ryzyka i nieracjonalność wyborców

Z wyborem partii (kandydata) związana jest kwestia awersji do ryzyka lub też, znacznie bardziej, do niepewności. Samo rozróżnienie pomiędzy ryzykiem a niepewnością zostało wprowadzone przez F. Knighta w 1921r. W swojej pracy doktorskiej „Risk, Uncertainty and Profit” Knight pisze „Pojęcie niepewności należy wyraźnie odróżnić od bliskiego nam pojęcia ryzyka [...] Okazuje się, że mierzalna niepewność lub właściwe „ryzyko” tak bardzo różni się od niepewności niemierzalnej, że w rezultacie nie jest ona żadną niepewnością”. Z awersją do ryzyka związany jest poziom bezpieczeństwa zwrotu z inwestycji (czyli określony poziom użyteczności), które chce sobie zapewnić głosujący.

Czy można powiedzieć, że ludzi cechuje stała lub monotoniczna awersja do ryzyka. Nie. Jak bowiem twierdzą Kahneman i Tversky, kiedy zmuszeni jesteśmy dokonać wyboru, cechuje nas wysoki stopień awersji do ryzyka, jednak w zupełnie innych okolicznościach, mając dokładnie taki sam wybór wykazujemy zamiłowanie do ryzyka. Przypisali oni te schematy zachowań dwóm ludzkim słabościom. Pierwszą z nich są emocje, często zakłócające samokontrolę, która jest istotą racjonalnego podejmowania decyzji. Drugą słabością jest to, że ludzie

często nie są w stanie w pełni zrozumieć tego, z czym mają do czynienia. Doświadczają oni tego, co psychologowie nazywają trudnościami percepcyjnymi. Nieracjonalność w zachowaniu głosujących wynika m.in. z braku wiedzy ekonomicznej (wyborca nie widzi związku pomiędzy podstawowymi wielkościami i tendencjami ekonomicznymi), braku wiedzy politycznej, popieraniu często sprzecznych poglądów.

Kahneman i Tversky stwierdzili, że ludzie nie charakteryzuje awersja do ryzyka, są oni gotowi je wybrać, jeżeli uważają to za właściwe (wybory w 1989r.) Jeżeli jednak ludzie nie charakteryzuje awersja do ryzyka, to co je charakteryzuje. Zdaniem teorii perspektyw jest nim awersja do strat (wybory 1993). Tak naprawdę to ludzie wcale tak bardzo nie nienawidzą niepewności - raczej nienawidzą przegrywać. Straty wydają się nam zawsze o wiele większe niż zyski. Człowiek stara się zabezpieczyć sobie poczucie stabilizacji, dlatego też wybiera opcję nie najbardziej obiecującą, ale gwarantującą mu względne bezpieczeństwo. Po drugie: im dłuższy horyzont inwestycyjny tym większa awersja do ryzyka.

Często wykorzystywanym elementem jest to, że zazwyczaj nie zauważamy wspólnych elementów problemu i skupiamy całą uwagę na każdym elemencie z osobna. Jest to jeden z powodów dla których teoria Markowitz'a napotkała tak silną niechęć zanim została zaakceptowana.

Zmodyfikowane zagadnienie optymalizacji z punktu widzenia partii sprowadza się do stworzenia takiej hierarchii ważności poszczególnych kwestii (są one reprezentowane przez wektor z) aby odległość d była jak najmniejsza, przy czym w wykazie preferencji głosujących należy uwzględnić zarówno elementy programu, jak i elementy "regularności" w nieracjonalnym zachowaniu wyborców. Jednocześnie z punktu widzenia siły koalicyjnej warto być w grupie, która przy uzyskanej ilości głosów uzyskuje superaddytywny wpływ na bieżącą politykę. Z uwagi na awersję do ponoszenia strat przez głosujących należy dążyć do udziału w portfelu, mającym największe szanse na zwycięstwo (zarówno ze strony partii jak i głosującego).

Literatura

- [1] Bernstein L. P., *Przeciw Bogom. Niezwykłe dzieje ryzyka*, WIG-Press, Warszawa 1997.
- [2] Fong G., Vasicek A. O., *A Multidimensional Framework for Risk Analysis*, *Financial Analysts Journal*, July/August 1997.
- [3] Hołubiec W. J., Mercik J., *Techniki i tajniki głosowania*, Omnitech Press, Warszawa, 1992.
- [4] Jachna T., Sierpińska M., *Ocena przedsiębiorstwa wg standardów światowych*, PWN, Warszawa 1993.
- [5] Jajuga K. Jajuga T., *Inwestycje*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998r.
- [6] Jackiewicz K., *Ryzyko stopy procentowej a problemy teorii stóp procentowych. Próba nowej definicji i systematyki*, *Bank i Kredyt* nr 7-8/96, Warszawa.
- [7] Keeney R. L., Raiffa H., *Decisions with Multiple Objectives. Preferences and Value Tradeoffs*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1976.
- [8] Kulikowski R., *Access competition and disequilibrium in economic and political models*, Instytut badań Systemowych PAN, Warszawa
- [9] Linnerooth-Bayer J., *The social mismanagement of risk. Risk aversion and economic rationality*, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, 1993.
- [10] Lucky D., Raiffa H., *Game and decisions*, John Wiley & Sons, Inc, New York 1958.
- [11] Makowski Marek, *Projekt MDA: Metody Analizy Decyzji, Materiały z konferencji "Dni Międzynarodowego Instytutu Stosowanej Analizy Systemowej"*, Warszawa 1993
- [12] Raciborski J., *Polskie wybory. Zachowania wyborcze społeczeństwa polskiego 1989 - 1995*, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 1997r.

- [13] Słowiński R., Inteligentne systemy wielokryterialnego wspomaganie decyzji.
- [14] Turnovec, Local and global monotonicity of Power Indices, Charles University, Prague, 1997.
- [15] Turnovec F., Voting as a multi-criteria optimisation problem, Charles University, Prage, 1997.
- [16] Tyszka T., Psychologia zachowań ekonomicznych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1997.

WYŻSZA SZKOŁA INFORMATYKI STOSOWANEJ I ZARZĄDZANIA

działa pod auspicjami
Polskiej Akademii Nauk

ZAŁOŻYCIELEM

Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej i Zarządzania
jest

FUNDACJA KRZEWIENIA NAUK SYSTEMOWYCH
powołana z inicjatywy
Prezesa
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

FUNDATOREM

Fundacji Krzewienia Nauk Systemowych
jest

POLSKA AKADEMIA NAUK

ORGANEM

sprawującym nadzór
jest

MINISTERSTWO EDUKACJI NARODOWEJ

Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania
prowadzi studia wyższe na kierunkach:

INFORMATYKA
ZARZĄDZANIE I MARKETING

SIEDZIBA

Instytut Badań Systemowych
Polskiej Akademii Nauk

ISBN 83-85847-24-3