



POLSKA AKADEMIA NAUK
Instytut Badań Systemowych

WSPOMAGANIE DECYZJI INWESTYCYJNYCH

**Roman Kulikowski,
Marek Libura,
Leon Słomiński**



WSPOMAGANIE DECYZJI INWESTYCYJNYCH

Polska Akademia Nauk • Instytut Badań Systemowych

Seria: BADANIA SYSTEMOWE
tom 21

Redaktor naukowy:

Prof. dr hab. Jakub Gutenbaum

Warszawa 1998

Roman KULIKOWSKI

Marek LIBURA

Leon SŁOMIŃSKI

**WSPOMAGANIE DECYZJI
INWESTYCYJNYCH**

Publikację opiniowali do druku:

Prof. dr hab. Maria Podgórska
Doc. dr hab. Leszek S. Zaremba

Książka powstała w wyniku realizacji projektu badawczego
finansowanego przez KOMITET BADAŃ NAUKOWYCH

Copyright © by Instytut Badań Systemowych PAN
Warszawa 1998

ISBN 83-85847-09-X
ISSN 0208-8029



Biblioteczna

Gench

44006

Część II.

Modelowanie

dyskretne

i optymalizacja

w analizie portfelowej

na rynku papierów

dłużnych

Warunki (85) spełnia równość:

$$nz_0 - \sum_{i=1}^n z_i = 0, \quad (86)$$

lub równoważne jej dwie nierówności:

$$\begin{aligned} -nz_0 + \sum_{i=1}^n z_i &\geq 0, \\ nz_0 - \sum_{i=1}^n z_i &\geq 0. \end{aligned} \quad (87)$$

W pracy Słomińskiego i Bertocchi (1997) przedstawiono różnorodne aspekty modelowania instrumentów syntetycznych z użyciem zmiennych binarnych.

5. Portfele o długim horyzoncie inwestycji - portfele funduszy emerytalnych

Długookresowe portfele celowe, to portfele inwestycyjne takich inwestorów, jak fundusze powiernicze, fundusze ubezpieczeniowe życia, zdrowia i mienia, fundusze emerytalne i plany emerytalne, a także fundusze gwarancyjne dla banków i innych podmiotów rynku finansowego. Instytucje te mają wyraźnie określony ustawowo lub statutowo cel inwestowania. Horyzont inwestowania jest w tych przypadkach bardzo długi, a praktycznie nieograniczony. Przy wszelkich różnorodnościach tych funduszy ich wspólnym wyróżnikiem jest konieczność bilansowania wpływów z inwestowanego kapitału z zobowiązaniami płatniczymi, w których czynnik losowy odgrywa istotną rolę.

Teoria portfela inwestycyjnego dużo uwagi poświęca problematyce portfeli celowych. Istnieje bogata literatura na temat praktycznych doświadczeń tego rodzaju inwestycji dla krajów o rozwiniętych rynkach kapitałowych. Poznawcze ujęcie tej problematyki w ramach obecnej monografii usprawiedliwione jest m.in. wagą i znaczeniem jakie ta tematyka nabiera w związku z oczekiwanymi w naszym kraju reformami systemu ubezpieczeń społecznych i systemu emerytalnego.

Rynek papierów dłużnych jest zdominowany przez inwestorów instytucjonalnych. Są to wspomniane fundusze emerytalne i ubezpieczeniowskie. Dla tych funduszy, które charakteryzuje długi horyzont inwestowania i ostre wymagania w odniesieniu do ryzyka inwestycji, bezpieczne papiery wierzytelne są szczególnie atrakcyjne, Słomiński (1997a, b).

Do czasu wprowadzenia uregulowań ustawowych dla tworzenia funduszy emerytalnych, proponowane są na naszym rynku krajowym, przez różne instytucje finansowe, plany emerytalne. Plan emerytalny jest dobrowolną umową, w której pracodawca lub inny ubezpieczyciel, zobowiązuje się wypłacać świadczenia emerytalne pracownikom - ubezpieczeniobiorcom, po ich odejściu z pracy (po określonym okresie oszczędzania). Fundusze gromadzone w ramach pracowniczego planu emerytalnego są zarządzane, z reguły, przez instytucję finansową, z którą pracodawca zawiera umowę.

W dalszym ciągu tego rozdziału skupiamy się na zagadnieniu konstrukcji portfela dopasowanego - portfela, który powinien zapewnić taki strumień wpływów, aby można było wypełnić harmonogram przyjętych zobowiązań płatniczych. Jedną z metod realizacji portfela dopasowanego jest metoda nazywana ogólnie dedykacją portfela. Przedstawimy kilka modeli konstruowania optymalnych portfeli dedykowanych, uwzględniających ograniczenia całkowitoliczbowości dla części zmiennych decyzyjnych. Modele te mogą być pomocne dla zarządzających portfelami inwestycyjnymi funduszy emerytalnych.

Zwracamy uwagę na fakt, że inna - dobrze znana - metoda konstruowania portfela, który powinien służyć wypełnieniu zobowiązań płatniczych - metoda immunizacji (patrz: część I), polega na dopasowaniu trwałości, krzywizny i ewentualnie dalszych parametrów wtórnych strumienia wpływów do identycznych parametrów strumienia zobowiązań. Wiadomo przy tym, że jeżeli immunizacja uwzględnia coraz wyższe pochodne funkcji wartości wpływów i zobowiązań, to immunizacja staje się równoważna dedykacji.

5.1. Zagadnienie portfela dopasowanego

Pozostaniemy w obszarze portfeli deterministycznych, co oznacza założenie iż strumień wpływów, strumień zobowiązań i charakter zmian stóp procentowych są znane w interesującym nas przedziale czasu. Niech L będzie wektorem zobowiązań płatniczych, którego składowe L_t , $t = 1, 2, \dots, T$, przedstawiają wartości zobowiązań w określonych momentach czasu i niech będzie dany portfel, dla którego W jest wektorem wpływów o składowych W_t , dla tych samych momentów czasu, $t = 1, 2, \dots, T$. O stopach procentowych będziemy zakładać, że w każdym momencie czasu t znana jest odsunięta stopa dochodu dla okresu czasu $[t, t+1]$.

Zagadnienie portfela dopasowanego formułujemy następująco. Dla znanego strumienia zobowiązań, znanego strumienia wpływów i przy ustalonych założeniach co do rynkowych stóp procentowych, należy skonstruować portfel inwestycyjny, tak aby było wyeliminowane ryzyko niewypełnienia zobowiązań płatniczych.

Podstawowymi instrumentami portfela o gwarantowanym strumieniu wpływów są wolne od opcji obligacje skarbowe. Podkreślmy, że mówimy o gwarantowanym strumieniu (w ustalonym czasie pojawi się ustalony co do wartości wpływ), którego wartość bieżąca jest gwarantowana z dokładnością do założeń o zachowaniu się funkcji stóp procentowych. Obligacje opcyjne są wykluczone, dlatego że opcja

przedterminowego wykupu/sprzedaży wprowadza niepewność co do faktu istnienia strumienia, poczynając od pewnego przyszłego momentu czasu (np. decyzja o wykupie obligacji przez emitenta będzie podjęta w przyszłości i przy niekorzystnym dla inwestora układzie stóp procentowych strumień może zostać obcięty całkowicie). Dopuszczenie do portfela obligacji różnych od obligacji skarbowych, jak i innych instrumentów finansowych, jest możliwe pod warunkiem wszechstronnego rozważenia ryzyka z tym związanego.

5.2. Portfele dedykowane. Strategie pasywne

Z uwag poczynionych wyżej należy wnosić, że bezpieczeństwo zainwestowanych funduszy i terminowe wywiązywanie się z podjętych zobowiązań płatniczych to fundamenty, na których opierają swoją działalność fundusze emerytalne. Jednym ze sposobów realizacji tak rozumianego celu jest utworzenie portfela nazywanego portfelem dedykowanym i następnie odpowiednie zarządzanie jego aktywami.

Dedykacja jest to procedura konstruowania portfela złożonego z papierów dłużnych o najwyższej wiarygodności, w celu wypełnienia harmonogramu zobowiązań płatniczych wobec wierzycieli. Można mówić o portfelu dedykowanym do wypełnienia jednorazowego zobowiązania lub o portfelu dedykowanym do wypełnienia wielokrotnych, regularnie powtarzalnych zobowiązań o dokładnie ustalonym horyzoncie czasowym lub o horyzoncie bliżej nie sprecyzowanym. Harmonogram zobowiązań płatniczych można traktować jako obiekt zewnętrzny względem portfela. Harmonogramy przygotowują wyspecjalizowane służby dla potrzeb różnych funduszy, w tym funduszy emerytalnych. Mając harmonogram zobowiązań, który dopuszcza pewne marginesy błędu, należy utworzyć portfel umożliwiający sprostanie zobowiązaniom przy scenariuszach przewidujących szerokie przedziały zmian stóp procentowych.

Celowość optymalizacji portfela dedykowanego nasuwa się sama przez się: wśród możliwych konstrukcji portfela, który spełnia warunki sponsora funduszu, będzie szukany portfel o minimalnym koszcie poniesionym na jego utworzenie. Należy podkreślić, że utworzony portfel wymaga okresowych działań takich jak wymiana istniejących instrumentów lub zakup nowych. Te działania nie mogą naruszać bezpieczeństwa funduszu, kryterium minimalizacji kosztów tych działań jest również kryterium wiodącym.

W najprostszej postaci wymagania dla portfela dedykowanego można ująć w kilku punktach:

1. Uniwersum instrumentów traktowanych jako dopuszczalne dla portfela jest starannie sprecyzowane i poddane stosownym ograniczeniom. Dla przykładu, jedną z reguł jest nie kupowanie obligacji opcyjnych, nie mówiąc o obligacjach z ryzykiem niewypłacalności. Obowiązuje zróżnicowanie sektorów, z których pochodzą papiery dłużne (papiery skarbowe, obligacje instytucji o najwyższym poziomie w profesjonalnych rankingach itp.). Chociaż należy zaznaczyć, że obserwuje się także zmienne trendy w tym zakresie i niektóre fundusze, szczególnie zakładowe fundusze emerytalne (plany emerytalne), tworzą portfele złożone z obligacji i wyselekcjonowanych akcji, a także z innych instrumentów traktowanych jako „bezpieczne”, w tym instrumentów pochodnych.
2. Do szacowania dochodów z reinwestycji bieżących wpływów i nadwyżek pozostałych po zrealizowaniu zobowiązań, w określonym terminie, przyjmuje się tzw. bezpieczną stopę zwrotu. Wybór bezpiecznej stopy reinwestycji (w skrajnie zachowawczym postępowaniu przyjmuje się stopę równą zero) to kluczowy problem właściciela funduszu (portfela) i jego menedżera. Doświadczenia funduszy emerytalnych i dedykowanych dla nich portfeli pokazują, że w warunkach stabilnego otoczenia można zapewnić bezpieczne

reinwestycje, przy których zwykle wpływy przewyższają poziom uznany za graniczny.

3. W każdym terminie wypłat przewidzianych harmonogramem portfel gwarantuje niezbędną sumę pieniędzy do wypełnienia zobowiązań wobec wierzycieli. Możliwa jest nadwyżka kapitału będącego w dyspozycji nad wysokością zobowiązania, którą inwestuje się do następnego terminu płatności, zakładając stopę dyskonta równą przyjętej stopie „bezpiecznej”.
4. Portfel należy utworzyć przy najmniejszych kosztach. Koszty można zmniejszać m.in. kupując okrągłe pakiety papierów, gdyż są one tańsze od pakietów ułamkowych, tak w kupnie, jak i w sprzedaży.

Portfel dedykowany jest wolny od najpowszechniejszych postaci ryzyka i zapewnia wywiązanie się z przyjętych zobowiązań. Powstaje pytanie czym płacimy za te własności, w porównaniu na przykład do portfela immunizowanego, Christensen, Sorensen (1994), Perold (1984), Platt (1986). Odpowiedź jest prosta - portfel dedykowany jest znacznie droższy od portfela zimmunizowanego, i to jest cena naszego bezpieczeństwa. Nie powinno więc dziwić dążenie do zminimalizowania kosztów dedykacji, co znajduje wyraz w sformułowaniu zadania optymalizacji.

Formalne wypełnienie postawionych wymagań przedstawimy w postaci liniowych modeli programowania mieszanego. Jak to już wielokrotnie podkreślano, całkowitoliczbowość jest naturalną cechą inwestycji na rynku papierów dłużnych, wynikającą z obrotu instrumentami o dużych nominałach, skokowo denominowanych, oferowanych w pakietach o dużej wartości, co zapewnia większą płynność na rynku, i z potrzeby spełnienia wielu innych wymagań, które omówiono szczegółowo w Rozdziale 4. Prezentację zaczniemy od najprostszego modelu jednookresowego portfela dedykowanego.

5.2.1. Jednookresowy portfel dedykowany

Zdefiniujmy współczynniki i zmienne:

- U - uniwersum instrumentów branych pod uwagę dla portfela,
 $|U| = I$,
- L_t - wartość zobowiązania w momencie t ; $t = 1, 2, \dots, T$,
- C_{it} - wpływ z obligacji typu i do momentu czasu t ; $t = 1, 2, \dots, T$,
- P_i - cena obligacji (pakietu obligacji) typu i , $i \in U$,
- \mathbf{x} - wektor o składowych całkowitoliczbowych,
- x_i - składowa wektora \mathbf{x} - liczba kupionych obligacji (pakietów) typu i , $i \in U$,
- \mathfrak{R}^I - zbiór wszystkich I -wymiarowych wektorów \mathbf{x} .

Zadanie optymalizacji przyjmuje postać:

$$\underset{\mathbf{x} \in \mathfrak{R}^I}{\text{MINIMALIZUJ}} \sum_{i \in U} P_i x_i$$

przy ograniczeniach:

(D1)

$$\sum_{i \in U} C_{it} x_i \geq L_t, \quad \forall t,$$

$$x_i \geq 0 \quad \text{oraz całkowite, } \forall i.$$

Przyjmujemy, że zobowiązania są pokrywane z wpływów z kuponów i z zapadających obligacji - nie przewiduje się sprzedaży obligacji w międzyczasie. Dzięki takiemu założeniu eliminujemy ryzyko zmiany stóp rynkowych. Jeżeli portfel zawiera tylko obligacje skarbowe i obligacje nieskarbowe o najwyższym rankingu, to portfel można uważać za wolny od ryzyka.

Model (D1) sygnalizuje problematykę. Realne fundusze emerytalne muszą uwzględniać systematycznie powtarzane okresy regulo-

wania zobowiązań płatniczych. Dlatego celowym jest uwzględnienie ogólniejszej postaci tego modelu. Uogólnienie polega na wprowadzeniu wielookresowości i na dopuszczeniu reinwestowania środków powstających między kolejnymi wypłatami (kupony, wygasające obligacje) i nadwyżek, które mogą pozostać po zrealizowaniu wypłaty. Nadal nie jest jednak brana pod uwagę możliwość sprzedaży obligacji, co eliminuje ryzyko strat na zainwestowanym kapitale.

Przy rozważaniu inwestycji międzyokresowych istotną rolę odgrywa założenie dotyczące bezpiecznej stopy zwrotu r_b . Zasadą jest podejście konserwatywne, polegające na przyjęciu wartości r_b mniejszej od zaobserwowanego minimum wieloletniego. W skrajnych przypadkach przyjmuje się $r_b = 0$. Rozważymy wielookresowy model z reinwestycjami.

5.2.2. Wielookresowy portfel dedykowany

Rozszerzymy oznaczenia przyjęte dla modelu (D1):

- τ - indeks terminu zobowiązania płatniczego należący do podzbioru terminów płatniczych $T_l \subseteq T$,
- $\Delta\tau$ - długość odcinka czasu między terminem płatniczym $\tau - 1$ i $\tau \in T_l$,
- s_τ - nadwyżka pieniądza w momencie τ ,
- r_b - stopa dochodu dla reinwestycji (jednakowa dla wszystkich okresów czasu),
- $F_{i\tau}$ - wartość wpływu z obligacji za okres $[\tau - 1, \tau]$, inwestowanego w momencie $\tau \in T_l$.

Wartość wpływów z określonej obligacji w okresie między kolejnymi wypłatami, ustalona dla terminu najbliższego zobowiązania, wynosi:

$$F_{i\tau} = \sum_{t \in [\tau-1, \tau]} C_{it} (1+r_b)^{\tau-t} \quad (88)$$

Następny krok polega na zbilansowaniu wpływów z zobowiązaniami dla każdego terminu przewidzianego harmonogramem. W każdym terminie płatności następuje realizacja zobowiązań, a ewentualna reszta zostaje zainwestowana na okres czasu do następnego terminu płatności, z uwzględnieniem bezpiecznej stopy zwrotu

$$\sum_i F_{it}x_i + s_{\tau-1}(1+r_b)^{\Delta\tau} = L_\tau + s_\tau \quad (89)$$

Stosując symbole \mathfrak{R}^I i \mathbf{x} , podobnie jak wyżej, i przyjmując oczywistą nierówność $s_\tau \geq 0$, otrzymamy zadanie optymalnego wielo-
okresowego portfela dedykowanego:

$$\text{MINIMALIZUJ } \sum_{i \in U} P_i x_i \\ \mathbf{x} \in \mathfrak{R}^I$$

przy ograniczeniach:

$$\sum_{i \in U} F_{it} + s_{\tau-1}(1+r_b)^{\Delta\tau} = L_\tau + s_\tau, \quad \forall \tau \in T_l \quad (D2)$$

$$s_\tau \geq 0, \quad \forall \tau \in T_l, \quad s_{-1} = 0,$$

$$x_i \geq 0, \quad \forall i.$$

Zadania (D1) i (D2) zostały sformułowane przy minimalnej liczbie ograniczeń. Zadania rzeczywiste muszą uwzględnić szereg dodatkowych warunków, których przykłady były omawiane w rozdziale 4. Zadanie programowania mieszanego (D2) można wzbogacić dalszymi warunkami, które wprowadzą nowe zmienne dyskretne. Przykłady takich warunków, to:

1. Skokowa denominacja bonów skarbowych i obligacji.
2. Dolny próg wartości inwestycji.

3. Obrót pakietami instrumentów. Obrót pełnymi pakietami instrumentów zapewnia większą płynność i zmniejsza koszty manipulacyjne. Obrót pakietami ułamkowymi, chociaż dopuszczalny na giełdach, jest obciążony dodatkowymi kosztami transakcji. (Często spotykanym ograniczeniem na wartość minimalną pakietu jest 2 000 000\$ - wartości nominalnej, przy kwancie zmiany nominału wynoszącym 1 000 000\$.
4. Warunki dywersyfikacji sektorowej dla instrumentów tworzących portfel.

Portfele funduszy emerytalnych i niektóre inne fundusze wierzycielskie są tworzone przy założeniu bardzo wysokich gwarancji wypłacalności. Niemniej niektóre z tych portfeli biorą pod uwagę możliwość głębokiej restrukturyzacji lub likwidacji. Taka możliwość jest zwykle obwarowana procedurą kolejności wypłaty zobowiązań wierzycielom i wysokości, do jakiej będą one realizowane w przypadku braku pełnego pokrycia w posiadanych środkach. Typowa procedura może polegać na pełnej spłacie klientów o najwyższym priorytecie i częściowych wypłat, do wyczerpania środków, dla pozostałych wierzycieli.

5.3. Portfel dedykowany z elementami strategii aktywnej

Wskazemy na jedną z możliwości bardziej aktywnego zarządzania portfelem funduszu emerytalnego. Polega ona na stałym monitorowaniu rynku obligacji w celu wyławiania tych, które spełniają kryteria minimalnego ryzyka niewypłacalności emitenta, nie naruszają warunków dedykacji, a przy tym poprawiają wskaźnik jakości portfela. Postępowanie polega więc na wymianie obligacji droższych na obligacje tańsze, przy zachowaniu ograniczeń.

Zdefiniujmy dodatkowe parametry i zmienne:

$P^K(i)$ - cena kupna obligacji i , $i \in U' \subseteq U$,

- $P^S(i)$ - cena, którą otrzymamy za sprzedaż obligacji i ,
 W_{it} - wpływ z obligacji i w czasie t ,
 $x^K(i)$ - liczba kupionych obligacji typu i ,
 $x^S(i)$ - liczba sprzedanych obligacji typu i ,
 s_t - zmienna ustalająca wysokość inwestycji krótkoterminowej,
 r_b - bezpieczna stopa zwrotu dla reinwestycji (jednakowa dla wszystkich okresów czasu).

Dla modelu (D2) zadanie wymiany obligacji przyjmie postać:

$$\text{MAKSYMALIZUJ}_{x \in \mathcal{R}^I} \left(\sum_{i \in U'} P^S(i) x^S(i) - \sum_{i \in U'} P^K x^K(i) \right)$$

przy ograniczeniach:

$$\sum_{i \in U'} W_{it} x^K(i) + s_{t-1} (1 + r_b) \geq \sum_{i \in U'} W_{it} x^S(i) + s_t, \quad \forall t,$$

$$x^K(i), x^S(i) \geq 0, \text{ oraz całkowite, } \forall i, \quad (D3)$$

$$s_t \geq 0 \quad \forall t, \quad s_{-1} = 0.$$

Przedstawione modele (D1-D3) mogą być wzbogacone o różne dodatkowe warunki, takie jak na przykład: możliwość zaciągania pożyczek krótkoterminowych, uwzględnienie kapitału początkowego w postaci portfela papierów wartościowych lub gotówki itp.

Wykaz cytowanej literatury

1. Bertocchi M., R. Giacometti and L. Słomiński (1997) Bond Portfolio Management with Repo Contracts: the Italian Case. Report presented at International Conference on *Transition to Advanced Market Institutions and Economies*. Warsaw, June 18-21.

2. Bierwag, G.O., (1987) *Duration Analysis: Managing Interest Rate Risk*. Ballinger Publishing Co., Cambridge, Ma.
3. Black, F. (1976) The pricing of commodity contracts. *Journal of Financial Economics*, **3**, 167-179.
4. Brown, G.G. and R.D. McBride (1984) Solving generalized networks. *Management Science*, **30**, No. 12 (December).
5. Christensen, P.O. and B.J. Sorensen (1994) Duration, convexity, and time value. *The Journal of Portfolio Management*, Winter, 51-60.
6. Christofides, N., R.D. Hewins and G.R. Salkin (1979) Graph theoretic approaches to foreign exchange operations. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, **14** (September), 481-500.
7. Crum, R.L., D.D. Klingman and L.A. Travis (1979) Implementation of large-scale financial planning models: solution efficient transformations. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, **14**, No. 1 (March), 137-152.
8. Dahl, H., A. Meeraus and S.A. Zenios (1989) Some financial optimization models: III An algebraic modeling system library, Report 89-12-03, Decision Science Department, The Wharton School of Business, University of Pennsylvania, Philadelphia.
9. Daigler, R.T. (1994) *Advanced Options Trading*. Probus Publishing Co., Chicago, Ill.
10. Dell'Olmo P. and Speranza M.G. (1992) A mixed integer linear programming model portfolio optimization. *Rapporti di Ricerca del Dipartimento Metodi Quantitativi, Universita degli Studi di Brescia, Quad. No. 43*.
11. Dembo, R.S., J.M. Mulvey and S.A. Zenios (1984) Large scale nonlinear network models and their applications. *Operations Research*, **37**, 353-372.
12. Elton E. J. and M. J. Gruber (1995) *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*. 5th Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York.
13. Faaland, B. (1974) An integer programming algorithm for portfolio selection, *Management Science*, **20**, No. 10 (June), 1376-1384.
14. Fabozzi, J.F. (1993) *Bond Markets, Analysis and Strategies*. 2nd edition, Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ.
15. Figlewski S., W. L. Silber and M. G. Subrahmanyam, Eds. (1990) *Financial Options: From Theory to Practice*. Business One Irwin, Homewood Ill.
16. Fong, H.G. and F.J. Fabozzi (1985) *Fixed Income Portfolio Management*. Dow Jones-Irwin, Homewood.
17. Fourer, R. (1985) A simplex algorithm for piecewise-linear programming I: Derivation and proof, *Mathematical Programming*, **33**, 204-233.
18. Garfinkel R. S. i G. L. Nemhauser (1978) *Programowanie całkowitoliczbowe*. PWN Warszawa.
19. Glover, F., J. Hultz, D. Klingman and J. Stutz (1978) Generalized networks: a fundamental computer-based planning tool. *Management Science*, **12**, (August), 1209-1220.

20. Grygiel, G., Kaliszewski, I. i L. Słomiński (1986) Komputerowa realizacja systemu analizy wariantów inwestycyjnych decyzji kredytowych. *Prace IBS PAN*, z. 129, Warszawa.
21. Haugen, R.A. (1996) *Teoria nowoczesnego inwestowania* (tłum. z ang.). Wigrpress, Warszawa.
22. Ho, T.S.Y. (1990) *Strategic Fixed-Income Investment*. Dow Jones-Irwin, Homewood, Illinois.
23. Hull, J.C. (1993) *Options, Futures and other Derivative Securities*. Second Edition. Prentice Hall, New Jersey.
24. Jajuga, K. i T. Jajuga (1996) *Inwestycje: instrumenty finansowe, ryzyko finansowe, inżynieria finansowa*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
25. Jarrow R.A. and A. Rudd (1985) *Option Pricing*. Dow Jones-Irwin, Homewood.
26. Jones C. K. (1992) *Portfolio Management*. McGraw-Hill Book Co. London.
27. Kaliszewski, I. i L. Słomiński (1985) Założenia do komputerowego systemu rozdziału kredytu bankowego na inwestycje przedsiębiorstw. *Prace IBS PAN*, z. 113, Warszawa.
28. Kaliszewski I., M. Libura i L. Słomiński (1986) Modele matematyczne działalności kredytowej banków. *Ekonomista*, PWN Warszawa, 871-890.
29. Kulikowski, R. (1995) Wspomaganie decyzji dotyczących inwestycji w papiery wartościowe. W: *Wspomaganie decyzji, Systemy eksperckie*. Pod red.: R. Kulikowski i L. Bogdan. PAN/IBS, Warszawa.
30. Kulikowski, R. (1998) Portfolio Optimization - Two Factors Utility Approach. *Control & Cybernetics*, 3.
31. Kulikowski, R. (1998) Portfolio Optimization - Two Rules Approach. *Control & Cybernetics*, 3.
32. Macaulay, F. (1938) Some theoretical problems suggested by the movement of interest rates, bond yields and stock prices in the U.S. since 1856. National Bureau of Economic Research, New York.
33. Mulvey, J.C. (1984) Network models for cash flow analysis, *Journal of Cash Management*, 4, No.1 (January/February).
34. Nauss, M.R. (1988) On the use of internal rate of return in linear and integer programming. *Operations Research Letters* 7, 285-289.
35. Perold, A.F. (1984) Large scale portfolio immunization, *Management Science*, 30, No.10.
36. Pettway, R.H. (1973) Integer programming in capital budgeting: a note on computational experience. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 8, (September) 665-672.
37. Platt R.B. (1986) *Controlling Interest Rate Risk: New Techniques and Applications for Money Management*. John Wiley & Sons Inc. New York.

38. Słomiński L. (1995) Wybrane modele optymalizowania decyzji inwestycyjnych na rynku finansowym. W: *Wspomaganie decyzji. Systemy eksperckie*. Red. R. Kulikowski i L. Bogdan, PAN/IBS Warszawa.
39. Słomiński L. and M. Bertocchi (1995) Mixed-Integer Programming for Modeling Financial Decisions. Presented at EURO XIV, 14th European Conference on Operational Research, Jerusalem July 3-6.
40. Słomiński L. (1995) Modelowanie zwrotu z inwestycji w instrumenty o gwarantowanym strumieniu dochodu. BOS '95, Czwarta Krajowa Konferencja Badań Operacyjnych i Systemowych, Gdynia, 21-23 września.
41. Słomiński L. and M. Bertocchi (1997) Binary variables in mathematical modeling of synthetically created securities. Report presented at International Conference on *Transition to Advanced Market Institutions and Economies*, Warsaw June 18-21.
42. Słomiński, L. (1997a) Optymalna dedykacja portfela na potrzeby funduszy emerytalnych. Ukaże się w pracach Ogólnopolskiej Konferencji nt. *Metody i Zastosowania Badań Operacyjnych - MZBO 97*, Wisła, październik.
43. Słomiński, L. (1997b) Optimization models for pension funds management. Referat na IIASA-SRI International workshop on *Decision Support in Social Security*, Warsaw September.
44. *The Handbook of Fixed Income Securities*, F.J. Fabozzi and T.D. Fabozzi eds. (1995) 4th Edition, Irwin Professional Publ., New York.
45. Zenios S.A. (1993) *Financial Optimization*, Ed. Cambridge University Press.

IBS *Seria*

Wspomaganie decyzji inwestycyjnych

Roman Kulikowski,
Marek Libura,
Leon Słomiński

44006

W książce omawiane są zagadnienia z obszaru analizy finansowej i teorii portfela inwestycyjnego z wykorzystaniem komputerowej metodologii wspomagającej podejmowanie decyzji.

Książka może być przedmiotem zainteresowania zarówno decydentów, podejmujących decyzje finansowe, jak i inwestorów giełdowych i doradców finansowych oraz studentów i doktorantów.

Monografia pozwoli głębiej i pełniej zrozumieć złożoną problematykę finansów i inwestycji, z uwzględnieniem różnych form ryzyka i podejmować w działalności praktycznej decyzje optymalne.

Rozważane są zasady konstruowania modeli matematycznych opisujących rynki kapitałowe – kształtowanie się cen oraz oczekiwanych zwrotów nakładów inwestycyjnych – jak również modeli działalności inwestora w postaci tzw. funkcji użyteczności.

ISBN 83-85847-09-X

W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 37-35-78 w. 241 e-mail: kotuszew@ibspan.waw.pl