



POLSKA AKADEMIA NAUK
Instytut Badań Systemowych

**TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE
W ZARZĄDZANIU
SYSTEMY
WSPOMAGANIA DECYZJI**

pod redakcją:
Jana Studzińskiego,
Ludostawa Drelichowskiego,
Olgierda Hryniewicza,
Janusza Kacprzyka



**TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE W ZARZĄDZANIU
SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI**

Polska Akademia Nauk • Instytut Badań Systemowych

Seria: BADANIA SYSTEMOWE
tom 26

Redaktor naukowy:

Prof. dr hab. Jakub Gutenbaum

Warszawa 2000

**TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE
W ZARZĄDZANIU
SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI**

pod redakcją

Jana Studzińskiego, Ludosława Drelichowskiego

Olgierda Hryniewicza i Janusza Kacprzyka

Książka zawiera wybór referatów przedstawionych na konferencji "Komputerowe systemy wielodostępne KSW'2000" w Ciechocinku w 2000 r. Konferencja pod patronatem Komitetu Badań Naukowych została zorganizowana przez Akademię Techniczno-Rolniczą w Bydgoszczy, Instytut Badań Systemowych PAN, Komisję Informatyki PAN - Oddział w Gdańsku oraz Bydgoskie Zakłady Elektromechaniczne "BELAM" S.A. w Bydgoszczy.

Komitet Naukowo-Programowy konferencji:

Witold Abramowicz, Ryszard Budziński, Ryszard Choraś, Ludosław Drelichowski (przewodniczący), Grzegorz Głownia, Adam Grzech, Jakub Gutenbaum, Olgierd Hryniewicz, Janusz Kacprzyk, Zbigniew Kierzkowski, Jerzy Kisielnicki, Adam Kopiński, Maciej Krawczak, Henryk Krawczyk, Bernard F. Kubiak, Roman Kulikowski, Marian Kuraś, Ludwik Maciejec, Marek Miłosz, Janusz Stokłosa, Jan Studziński, Zdzisław Szyjewski.

© Instytut Badań Systemowych PAN, Warszawa 2000

ISBN 83-85847-53-7
ISSN 0208-8028

Rozdział 3

Modele matematyczne w systemach komputerowych

OPTYMALIZACJA WIELOKRYTERIALNA PRZY WIELU OŚRODKACH DECYZYJNYCH - NA PRZYKŁADZIE MODELOWANIA MAKROEKONOMICZNEGO ROZWOJU POLSKI

Jakub Gutenbaum, Michał Inkielman

Instytut Badań Systemowych PAN

Methods concerning decision-making in multiobjective cases consist in the determining the efficient (Pareto-optimal) solutions and selecting among them a preferred one, in accord with some subjective opinions of the decision-maker. During the whole process the number of objectives (N) is constant. The approach presented in this paper is different, namely the determination of the preferred solution is done on the basis of the comparison of efficient sets for different combinations of n ($1 < n < N$) from the whole set of N objectives. It corresponds to the problem for which there are many decision-makers; each of them can choose a different subset of objectives. The concept of the degree of decision efficiency has been introduced.

The method is applied to analyse macroeconomic decision making scenarios and macroeconomic process simulation.

Key words: Macroeconomics, multiobjective optimization, Pareto sets

1. Wprowadzenie

Zadanie optymalizacji wielokryterialnej polega na wyborze określonej decyzji ze zbioru dopuszczalnego, w sytuacji kiedy nie można, ze względu na sprzeczność ocen, jednoznacznie uporządkować elementów tego zbioru. Różni się to zasadniczo od zadań optymalizacji konwencjonalnej, w których ocena, wyrażona konkretną liczbą, wprowadza porządek do zbioru decyzji.

Zadania wielokryterialne są na ogół rozwiązywane przez sprowadzenie ich do optymalizacji konwencjonalnej, wielokrotnie powtarzanej przy różnych dodatkowych założeniach umożliwiających skalaryzację. Wynik każdej iteracji, w postaci wektora ocen, analizowany jest przez decydenta

(eksperta), który określa wytyczne do iteracji następnej. W ten sposób decydent, mniej lub bardziej świadomie, wprzęga swoją intuicję, doświadczenie i preferencje do procesu podejmowania decyzji.

Zasadnicza różnica między różnymi metodami optymalizacji wielokryterialnej polega na różnych sposobach formułowania wytycznych przez decydena. W metodach skalaryzacji z wagami - jest to wybór zestawu wag, w metodach leksykograficznych - zmiana hierarchii ważności ocen, w metodach zastąpienia wszystkich kryteriów, poza jednym - wiodącym, ograniczeniami - jest to zmiana poziomu ograniczeń. To co jest najbardziej istotne przy wyborze określonej metody, to stopień zrozumienia przez decydena, jaki jest sens proponowanych przez niego zmian w trakcie iteracyjnego procesu doboru końcowej decyzji. Niezależnie od tego, we wszystkich znanych nam pracach z zakresu optymalizacji wielokryterialnej wyboru określonej decyzji dokonuje jeden decydent, kierujący się niezmiennym, zadaniem zestawem kryteriów.

W przedstawionej pracy w procesie podejmowania decyzji uczestniczy wielu decydentów, każdy z których może mieć inny zestaw kryteriów, którymi się kieruje przy ocenie i wyborze decyzji. Przykładem takiej sytuacji jest proces podejmowania decyzji makroekonomicznych, takich, jak np. wysokość stóp procentowych, podatki, kursy walutowe, stosunek inwestycji budżetowych do konsumpcji. Wpływ na te decyzje ma wiele ośrodków (min. finansów, bank centralny, partie polityczne, związki zawodowe, korporacje gospodarcze). Każdy z tych ośrodków może mieć inne preferencje i dąży, przez uchwalanie ustaw, dekrety, naciski lub reklamę - do wygodnych dla siebie rozwiązań. Tak więc, w wielu ważnych zagadnieniach, mamy do czynienia, nie tylko z wielością ocen, ale również z różnorodnością zestawów ocen, którymi kierują się decydenci (eksperti), z których każdy ma pewien wpływ na wybór decyzji.

Problem rozpatrywany jest z punktu widzenia modelowania matematycznego i symulacji komputerowej przy wspomaganium dynamicznych (wieloetapowych) procesów zarządzania systemami makroekonomicznymi.

Symulacja komputerowa w rozważanych zastosowaniach, polega na generowaniu różnych scenariuszy decyzyjnych, porównywaniu, przez symulację, ich wpływu na wielokryterialną ocenę działania modelowanego systemu oraz wskazanie scenariusza (scenariuszy), które mogą być zaakceptowane przez jak największą liczbę decydentów. Powstaje więc zagadnienie racjonalnego wyboru scenariuszy, uwzględnianych przy modelowaniu.

W ogólnych zarysach istotą proponowanej metody jest założenie, że jakość decyzji wyraża się miarą opartą na liczbie decydentów, dla których dana decyzja jest efektywna (Pareto-optymalna) (patrz p.4).

2. Decyzje efektywne i zbiory niezdominowane

Rozpatrujemy system decyzyjny, którego jakość oceniana jest za pomocą wektora N ocen:

$$y(x) = [y_1(x), y_2(x), \dots, y_N(x)]^T; x \in X \quad (1)$$

gdzie: X – zbiór decyzji dopuszczalnych, x – wektor decyzji dopuszczalnych.

Rozpatrujemy dalej zadanie minimalizacji wszystkich ocen, co nie zmniejsza ogólności rozważań, gdyż w przypadku zadania maksymalizacji części lub wszystkich ocen, przekształcamy problem, biorąc oceny maksymalizowane ze znakiem ujemnym.

Wprowadzamy następującą relację preferencji (\prec): decyzja x' jest decyzją lepszą od x'' ($x' \prec x''$) jeśli:

$$y_i(x') \leq y_i(x'') \text{ dla } i = 1, 2, \dots, N \text{ oraz } \exists i: y_i(x') < y_i(x'') \quad (2)$$

Do zbioru efektywnego (Pareto-optimalnego) XN^+ , przy N kryteriach, należą decyzje xN^+ , od których nie ma lepszych w sensie wprowadzonej relacji preferencji.

Zbiór decyzji efektywnych może być określony zależnością:

$$X^{N^+} = \{x^{N^+} \in X: \forall x \in X \quad y_i(x^{N^+}) \leq y_i(x), i \in \{1, \dots, N\}; \\ \text{oraz } \exists j \in \{1, \dots, N\}: y_j(x^{N^+}) < y_j(x)\} \quad (3)$$

Odwzorowanie zbioru decyzji dopuszczalnych X w N -wymiarowy zbiór ocen daje **osiągalny zbiór ocen** Y^N :

$$Y^N = \{y^N(x); x \in X\} \quad (4)$$

$$Y^N \subseteq R^N \quad (5)$$

Zbiór ocen Y^{N^+} odpowiadający odwzorowaniu:

$$Y^{N^+} = \{y^{N^+}(x); x \in X^{N^+}\} \quad (6)$$

nazywamy zbiorem **niezdominowanym**

3. Zbiory efektywne przy zmianie zestawu kryteriów

Założmy, że spełniona jest implikacja:

$$x' \neq x'' \rightarrow y(x') \neq y(x'') \quad (7)$$

gdzie:

$$(x', x'') \in X \quad (8)$$

Wówczas zbiór efektywny X^{N+} można określić zależnością:

$$X^{N+} = \{ x^{N+} \in X: \forall x \in X \exists i \in \{1, \dots, N\}: y_i(x^{N+}) < y_i(x) \} \quad (9)$$

Należy zwrócić uwagę na to, że zależność (9) nie obejmuje przypadków, w których różne decyzje efektywne mogą skutkować tym samym wektorem ocen:

$$\forall j \in \{1, \dots, N\} \quad y_j(x') = y_j(x'') \quad (10)$$

Jednakże takie przypadki zostały wykluczone przez założenie (7).

Z zależności (9) wynika ważny wniosek: dodanie do zestawu kryteriów dodatkowego kryterium nie eliminuje żadnego elementu zbioru efektywnego. Ogólniej - element zbioru efektywnego dla dowolnego zestawu $N - k$ kryteriów ($k = 1, \dots, N - 1$) jest elementem zbioru efektywnego przy dodaniu do tego zestawu dodatkowych kryteriów.

4. Wielokryterialne zadanie decyzyjne

W podejmowaniu decyzji w zadaniach wielokryterialnych może uczestniczyć wielu decydentów, kierujących się różnymi kryteriami. Powstaje problem oceny i wyboru decyzji w takich przypadkach. Również przy symulacji procesów decyzyjnych spotykamy się z problemem wyboru scenariuszy, które mają największe szanse realizacji. Proponujemy rozwiązanie tego problemu w sposób następujący.

Określa się zbiór, wchodzących w grę kryteriów, na ogół z pewnym nadmiarem. Każdy decydent może wybrać, z tego zbioru podzbiór kryteriów, które uważa za istotne. Na tej podstawie każdemu decydentowi odpowiada zbiór efektywny, zgodnie z wybranymi przez niego kryteriami. Ważne jest to, że każda decyzja efektywna dla poszczególnych decydentów jest również decyzją efektywną dla pełnego zbioru kryteriów.

Każdej dopuszczalnej decyzji x można przypisać miarę zerojedynkową, w zależności od tego, czy dla k -tego decydenta jest to decyzja efektywna, czy też nie efektywna:

$$\rho_k(x) = \begin{cases} 1 & \text{jeśli } x \in X_k^+; x \in X \\ 0 & \text{jeśli } x \notin X_k^+; x \in X \end{cases} \quad (11)$$

gdzie X_k^+ - zbiór efektywny dla k -tego eksperta.

Stopniem efektywności decyzji $R(x)$ jest ważona suma miar (11):

$$R(x) = \sum_{k=1}^K \alpha_k \rho_k(x) \quad (12)$$

gdzie α_k - waga nadana k -temu decydentowi.

Jeśli, zgodnie z przyjętym milcząco założeniem, zbiory efektywne każdego eksperta są wyznaczone w tej samej przestrzeni X , to $R(x)$ wydaje się być dobrą miarą oceny decyzji. Wybór decyzji, dla której $R(x)$ przyjmuje wartość maksymalną, satysfakcjonuje możliwie dużą liczbę ekspertów. Decyzja taka jest równocześnie decyzją efektywną dla pełnego zestawu N kryteriów.

W praktyce może się zdarzyć, że poszczególni decydenci nie tylko posługują się różnymi zestawami kryteriów, ale także uczestniczą w decydowaniu o różnych składowych wektora decyzji x . Mamy wówczas do czynienia ze znacznie trudniejszym zagadnieniem gry wielokryterianej, którego tutaj nie rozpatrujemy.

5. Wybór decyzji preferowanej

Postępowanie prowadzące do wyznaczenia decyzji preferowanej w oparciu o opinie ekspertów przebiega następująco:

1) Każdy z decydentów podaje zestaw I_k kryteriów istotnych, wg jego opinii, dla danego zadania:

$$I_k \subseteq I_N \quad (13)$$

gdzie: k - indeks eksperta, $k \in \{1, \dots, K\}$

I_N - pełny zbiór indeksów kryteriów;

I_k - zbiór indeksów kryteriów podanych przez k -tego eksperta

2) Wyznacza się dla każdego z tych zestawów zbiór decyzji efektywnych X_k^+ ,

3) Wyznacza się decyzje x^* , dla których $R(x)$ przyjmuje wartość maksymalną

$$x^* = \{x \in X : R(x^*) = \max_x R(x)\} \quad (14)$$

Zaproponowany sposób postępowania jest szczególnie skuteczny, jeśli wyznaczenie zbiorów decyzji efektywnych nie stanowi problemu obliczeniowego. Ma to miejsce np. w przypadku, gdy zbiory decyzji dopuszczalnych są dyskretne i mało liczne i dla każdego elementu zbioru decyzji dysponujemy wartościami wszystkich kryteriów - np., jako rozwiązania modelu symulacyjnego.

Szczególne znaczenie praktyczne ma analiza zbiorów efektywnych dla par kryteriów. Oznacza to sytuację, w której każdy decydent ma do wyboru tylko dwa kryteria spośród zestawu N kryteriów. O ile interpretacja kombinacji wielu kryteriów jest w praktycznych przykładach utrudniona, to ich różne kilkuelementowe podzbiory często można utożsamić z wyraźnie zróżnicowanymi grupami celów strategicznych i odpowiednie podzbiory efektywne decyzji określają łatwe do intuicyjnej klasyfikacji strategie działania [J. Gutenbaum, M. Inkielman, 1998].

6. Model symulacyjny

W IBS PAN opracowano dynamiczny średniokresowy model symulacyjny gospodarki polskiej, uwzględniający 6 sektorów, wyodrębnionych ze względu na rodzaj wytwarzanych produktów (surowce, dobra inwestycyjne i konsumpcyjne) oraz formę własności (państwową i prywatną). Model umożliwia obserwację dużej liczby zmiennych makroekonomicznych, zawiera ponad 1000 zmiennych szczegółowych i oblicza wszystkie ważniejsze wskaźniki takie jak: PKB, konsumpcja, ceny, bezrobocie, bilans handlu zagranicznego, inwestycje, itd. [J. Gutenbaum, M. Inkielman, 1998].

Wyniki numeryczne otrzymano dla modelu dostrojonego do danych statystycznych dla Polski w latach 1994-1996 i generującego prognozy w horyzoncie 10 lat (do 2004 roku).

Model służy do celów poznawczych, umożliwiając badanie statycznych i dynamicznych sprzężeń między zmiennymi makroekonomicznymi, ich wrażliwość na zmiany różnorodnych parametrów, weryfikację hipotez o mechanizmach gospodarczych w okresie transformacji.

Model daje możliwość badania wpływu zmiennych decyzyjnych, będących instrumentami polityki ekonomicznej, na rozwój gospodarczy kraju.

Daje odpowiedź na pytanie o skutki gospodarcze prowadzenia określonej polityki fiskalnej, charakteryzowanej przez wysokość stóp podatkowych, poziom planowanego dopuszczalnego deficytu budżetowego w stosunku do PKB, priorytety przy zwiększaniu bądź redukcji wydatków budżetowych. Analogicznie model może służyć do analizy polityki monetarnej, poprzez określenie jaki jest wpływ instrumentów polityki pieniężnej, takich jak stopa procentowa lub kurs walutowy na podstawowe kategorie makroekonomiczne, w szczególności na poziom inflacji, wzrost gospodarczy, bezrobocie, handel zagraniczny. Model pozwala także badać wpływ takich wielkości, które wprawdzie nie poddają się bezpośredniemu sterowaniu (przez wyznaczanie ich wartości), na które jednakże rząd lub bank centralny może oddziaływać w pewnym stopniu pośrednio, poprzez politykę gospodarczą państwa. W opisywanym modelu takimi zmiennymi są przykładowo wielkość i struktura kredytów czy też współczynnik indeksacji płac.

Model pomaga w odpowiadaniu na pytania o wpływ na uzyskiwane wyniki ekonomiczne założonych mechanizmów gospodarczych i reguł decyzyjnych, czyli równań behawioralnych, opisujących zachowanie poszczególnych podmiotów gospodarczych i funkcjonowanie rynków. Specyficzna blokowa struktura modelu umożliwia względnie prostą rozbudowę lub wymianę poszczególnych elementów. Pozwala to na elastyczne wykorzystanie modelu i weryfikację alternatywnych zależności ekonomicznych. Tego typu badania przeprowadzono np. dla różnych mechanizmów kształtowania cen.

Model stwarza możliwości testowania konkretnych scenariuszy rozwoju, konstruowanych przy wykorzystaniu zaproponowanej metody poszukiwania preferowanych ścieżek rozwoju gospodarczego. Zgodnie z nią poszukuje się decyzji zapewniających maksymalny stopień efektywności.

W modelu wiele uwagi poświęcono zagadnieniom związanym z inflacją oraz problemom prywatyzacji. Podczas badania procesów inflacji w transformowanej gospodarce napotyka się na istotne problemy metodologiczne, tym poważniejsze, że, jak wie każdy, kto zajmował się modelowaniem gospodarki narodowej, model wykazuje silną wrażliwość na zmiany cen. Mechanizm kształtowania cen w tym okresie nie jest rozpoznany do końca. W okresie przejściowym, po wielu latach centralnego planowania z charakterystyczną dla niego bierną rolą cen, mechanizmy rynkowe jeszcze nie są ukształtowane. Zagadnienie równowagi i kształtowania się cen wymaga z pewnością pogłębionych badań, dla których model może być nieocenioną pomocą. Model poprzez swą elastyczność i blokową strukturę umożliwia rozważenie różnych wariantowych hipotez, dotyczących zjawisk inflacyjnych (różne mechanizmy kształtowania cen, oczekiwania inflacyj-

ne). Dodajmy, że w modelu nie zakłada się dla każdego okresu (kwartału) równowagi, ani na rynku produktów, ani na rynku czynników produkcji: pracy i kapitału.

W wyniku przeprowadzenia wielu testów próbnych przedstawiono kilka scenariuszy rozwoju gospodarczego Polski do roku 2002. Scenariusze te prezentują różne koncepcje polityki makroekonomicznej, odmienne wizje przyszłości gospodarczej kraju. Uzyskano je, stosując zaproponowaną metodologię poszukiwania efektywnych ścieżek rozwoju gospodarki narodowej, opartą na konstruowaniu scenariuszy decyzji wybranych ze zbiorów efektywnych dla różnych grup kryteriów.

Przeanalizowano trzy scenariusze rozwoju odpowiadające różnym celom polityki makro-ekonomicznej państwa:

- scenariusz polityki monetarystycznej, której głównym celem jest walka z inflacją,
- scenariusz polityki keynesowskiej, dla której priorytet stanowi wzrost konsumpcji i wydatków budżetowych,
- scenariusz polityki, stawiającej sobie za zadanie przyspieszenie wzrostu gospodarczego.

Każda z powyższych polityk była przetestowana w dwóch wersjach: skrajnej oraz złagodzonej. Można wysnuć generalny wniosek, że stosowanie jednej polityki przez dłuższy czas, prowadzi do polepszenia niektórych wskaźników gospodarczych (np. w przypadku polityki monetarystycznej – inflacji, stanu finansów publicznych, handlu zagranicznego) kosztem pogorszenia innych wskaźników (np. wzrostu gospodarczego, bezrobocia, konsumpcji). Tak więc, każdej z analizowanych polityk można przypisać pozytywne i negatywne efekty jej stosowania. W długim horyzoncie czasu negatywne skutki przeważają w przypadku wszystkich przebadanych polityk skrajnych. Prowadziłyby to do sytuacji kryzysowych; przykładowo – bądź do drastycznego deficytu w handlu zagranicznym, bądź do znacznego realnego spadku konsumpcji, bądź do wystąpienia wysokiej inflacji, itp. Wersje skrajne zostały więc odrzucone jako nieefektywne.

Dla złagodzonych wersji wymienionych wyżej polityk ekonomicznych uzyskano ciekawe wyniki porównawcze. Scenariusz monetarystyczny daje największe możliwości w zakresie obniżania inflacji i deficytu budżetowego oraz osiągnięcia dobrych wyników w handlu zagranicznym. Z drugiej strony – charakteryzuje się niższym wzrostem gospodarczym, wyższym bezrobociem, niższym poziomem konsumpcji i płac realnych, w porównaniu

z pozostałymi scenariuszami. Z kolei scenariusz keynesowski pozwalający uzyskać najwyższy poziom płac realnych i konsumpcji oraz stosunkowo niskie bezrobocie, niesie za sobą także zagrożenia, między innymi, duże zadłużenie zagraniczne w wyniku permanentnego ujemnego bilansu handlu zagranicznego, wysoki deficyt budżetowy oraz zadłużenie przedsiębiorstw, a przede wszystkim powrót wysokiej inflacji. Scenariusz przyspieszonego wzrostu cechuje, wyższy niż w innych scenariuszach, udział inwestycji w PKB. Dzięki temu możliwy jest najszybszy wzrost gospodarczy oraz osiągnięcie najniższego bezrobocia. Niestety po pewnym czasie następuje przegrzanie gospodarki, nie jest ona w stanie samodzielnie ponosić kosztów tak wysokiego tempa inwestowania – rezultatem jest więc niebezpiecznie wysokie zadłużenie zagraniczne i wysoka inflacja.

Pod wpływem analizy zarówno zalet, jak i mankamentów przedstawionych powyżej scenariuszy, opracowano inny scenariusz rozwoju gospodarczego, uwzględniający wszystkie podstawowe aspekty rozwoju gospodarki w sposób kompleksowy. Nazwano go **scenariuszem zrównoważonego wzrostu**, bowiem jego cechą charakterystyczną jest względnie stały udział inwestycji w PKB. Scenariusz ten pozwala uchronić się przed niebezpieczeństwem inflacji i nadmiernego zadłużenia zagranicznego, zapewniając jednocześnie szybkie tempo wzrostu gospodarczego, a także realny wzrost konsumpcji oraz niski poziom bezrobocia, choć te wskaźniki są nieco gorsze niż w scenariuszu keynesowskim czy przyspieszonego wzrostu. Scenariusz ten charakteryzuje się wysokim tempem wzrostu PKB, porównywalnym z tym, jaki osiągany jest w scenariuszu maksymalizacji produkcji. Okres przyspieszonego wzrostu przypada na lata 1999-2000.

Czynnikami umożliwiającymi tak szybki rozwój są:

- wzrost efektywności produkcji w wyniku prywatyzacji;
- wysokie tempo inwestowania (udział inwestycji w PKB – ok. 28%), przy wykorzystaniu dodatkowych źródeł inwestowania w postaci kredytów inwestycyjnych i inwestycji zagranicznych.

Wysokie tempo wzrostu gospodarczego osiągnięte jest kosztem, między innymi:

- zmniejszenia udziału sfery budżetowej w gospodarce, co powoduje zmniejszenie obciążeń produkcyjnej części gospodarki narodowej, lecz także zmniejszenie udziału wydatków budżetowych na konsumpcję zbiorową w konsumpcji ogółem,
- utrzymywania się deficytu w handlu zagranicznym.

Dodajmy, że tak duży wzrost PKB może być uzyskany jedynie przejściowo, aż do wyczerpania pozytywnych efektów, działających w ograniczonym czasie czynników i zjawisk, charakterystycznych dla okresu transformacji gospodarki narodowej (np. prywatyzacji, zwiększenia napływu inwestycji zagranicznych, zmian w budżecie państwa, zmiany struktury konsumpcji indywidualnej i zbiorowej, itp.). Należy się spodziewać, że w ślad za stopniowym wyczerpywaniem źródeł przyspieszonego wzrostu, również i tempo wzrostu PKB będzie malało.

Wszystkie scenariusze uzyskane przy wykorzystaniu wspomnianej metodologii poszukiwania efektywnych ścieżek wzrostu, a w szczególności opracowany przez autorów scenariusz zrównoważonego wzrostu, spełniają wymóg wewnętrznej spójności i warunek dopuszczalności, ze względu na wszystkie uwzględniane kryteria oceny i warunki ograniczające, odzwierciedlające zarówno czynniki ekonomiczne jak i społeczne. Wydaje się, że tym samym mogą być uwzględniane przez decydentów gospodarczych na szczeblu centralnym.

Oczywiście nie wyczerpuje to wszystkich problemów metodologicznych, występujących przy opisie gospodarki w okresie transformacji. Poza naszymi rozważaniami pozostał np. problem „szarej strefy”, zagadnienia związane z rynkiem kapitałowym, problemy związane z restrukturyzacją rolnictwa, etc. Przypuszczalnie więc, badania nad modelowaniem gospodarki znajdującej się w fazie przekształceń systemowych będą kontynuowane; wpłynie to także na postać modeli rozważanych zjawisk ekonomicznych.

Dalej przedstawiono niektóre wyniki badań symulacyjnych, ograniczając się do tych, które ilustrują zaproponowaną metodę wyznaczania decyzji preferowanych w oparciu o maksymalizację stopnia efektywności decyzji.

7. Wyniki badań symulacyjnych

W omówionych badaniach symulacyjnych zastosowano omówioną w rozdziałach 2 - 5 metodę wyznaczania stopnia efektywności decyzji. Posłużono się tą metodą przy konstruowaniu scenariuszy symulacyjnych realizujących cele określone przez wybór pojedynczych kryteriów, jak i różnych ich kombinacji.

Dalej przytoczono wybrane wyniki badań symulacyjnych służących do wyznaczania zbiorów niezdominowanych i efektywnych dla 4 kryteriów jakości: inflacja, PKB, bezrobocie, konsumpcja – w horyzoncie 5-letnim,

przy różnych wielkościach decyzyjnych. Rys. 1 i 2 przedstawiają zbiory dopuszczalne i niezdominowane dla różnych par kryteriów.

Rys. 3, 4 ilustrują wyznaczanie stopnia efektywności przy różnych podzbiorach kryteriów na płaszczyźnie zmiennych decyzyjnych, którymi są współczynniki indeksacji płac względem PKB w dwóch przedziałach czasu: początkowe 2 lata (a_1) oraz następne 3 lata (a_2) –

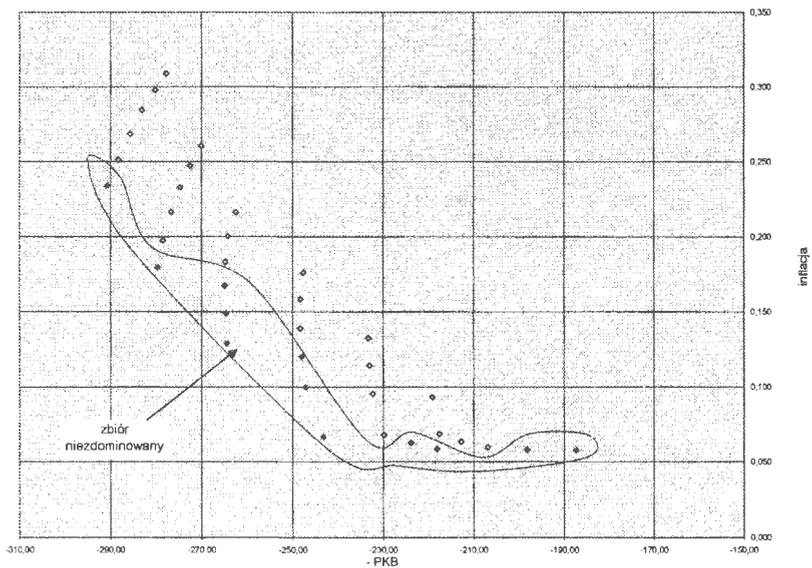
Na rys. 3 przedstawiono nakładające się na siebie zbiory efektywne dla różnych par kryteriów. Natężenie zacierzenia ilustruje wartość stopnia efektywności R . Najwyższa wartość R przypada na wartości a_1 i a_2 około $0,98 \div 0,99$, co oznacza, że wzrost konsumpcji powinien być nieco niższy od wzrostu PKB.

Na rys. 4 przedstawiono nakładające się na siebie zbiory efektywne dla wszystkich możliwych kombinacji kryteriów. Rezultaty są zbliżone do przedstawionych na rys. 3, jednak bardziej jednoznacznie wskazują decyzje o wyższym stopniu efektywności.

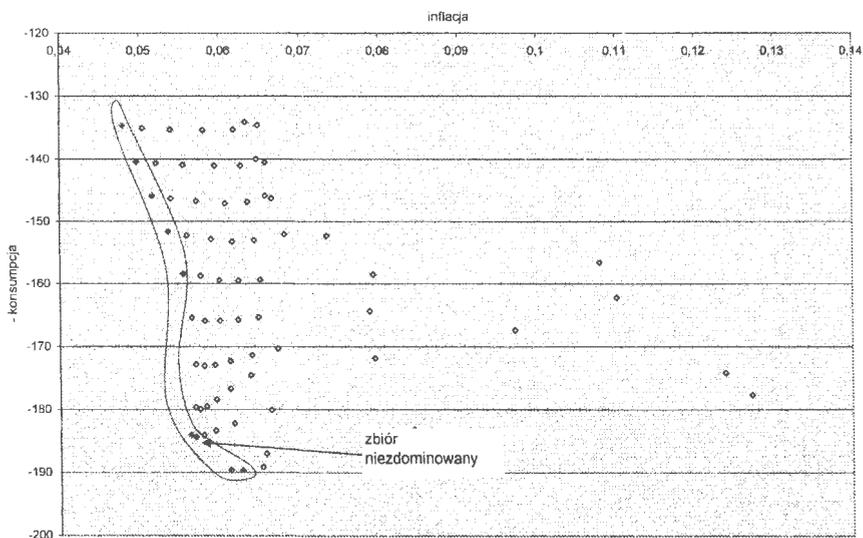
Na rys. 5a i 5b przedstawiono przykładowe wyniki symulacji modelu makroekonomicznego dla scenariuszy wyznaczonych w oparciu o analizę stopnia efektywności decyzji kombinacji kryteriów odpowiadających podstawowym wariantom strategii ekonomicznych. Scenariusze wynikające z pojedynczych kryteriów lepiej (zwłaszcza w krótkim horyzoncie czasu – do kilku lat) realizują wybrane cele. Scenariusz zrównoważony, oparty na analizie efektywności względem wszystkich kryteriów posiada dwie ważne cechy: jest stosunkowo najpewniejszą prognozą w sytuacji nie znanych udziałów różnych decydentów w przyszłych decyzjach oraz jest scenariuszem, który w stosunkowo najdłuższym horyzoncie czasu zapewnia stabilność systemu z tendencją wzrostu gospodarczego.

Literatura

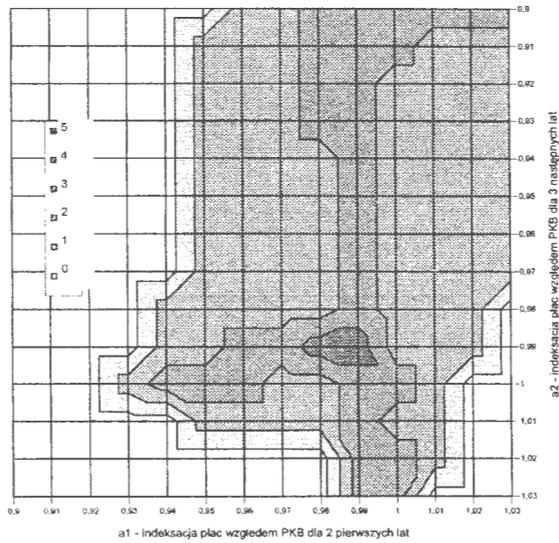
- Galas Z., Nykowski I., Żółkiewski Z. (1987) Programowanie wielokryterialne. PWE.
- Gutenbaum J., Inkielman M., red. (1998) Model symulacyjny gospodarki Polski. *Seria: Badania Systemowe*, nr 20, Wyd. IBS PAN.
- Ogryczak W. (1997) Wielokryterialna optymalizacja liniowa i dyskretna. *Rozprawy Uniwersytetu Warszawskiego*, poz. 442.
- Kaliszewski I. (1994) Quantitative Pareto Analysis by Cone Separation Technique. Kluwer Academic Publishers.
- Peschel M., Riedel C. (1979) Polioptymalizacja. WNT.



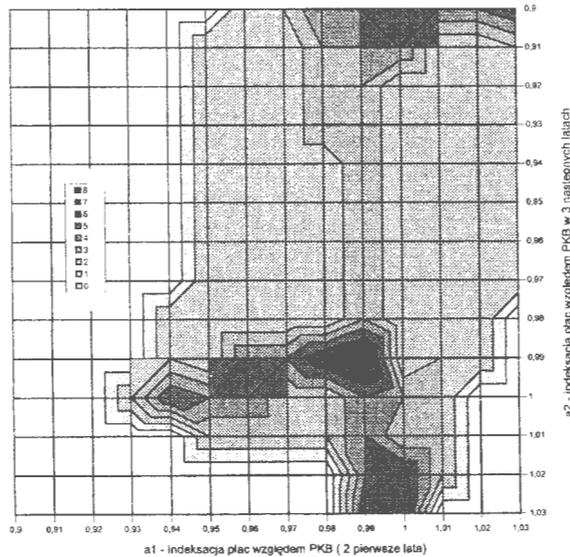
Rys. 1 Zbiory dopuszczalny i niezdominowany na płaszczyźnie dwóch kryteriów: PKB i inflacja, dla dwóch zmiennych decyzyjnych: deficyt budżetowy, kredyty dla przedsiębiorstw.



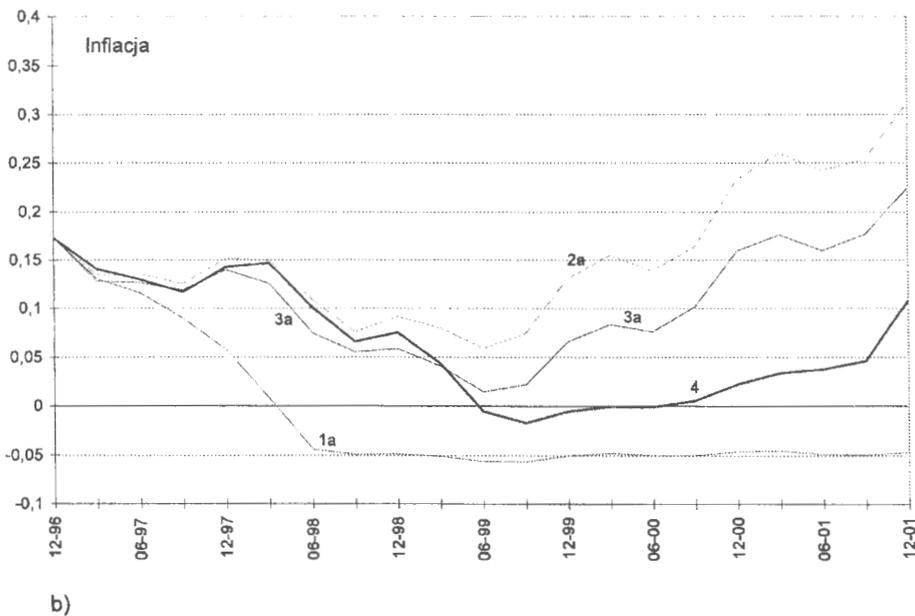
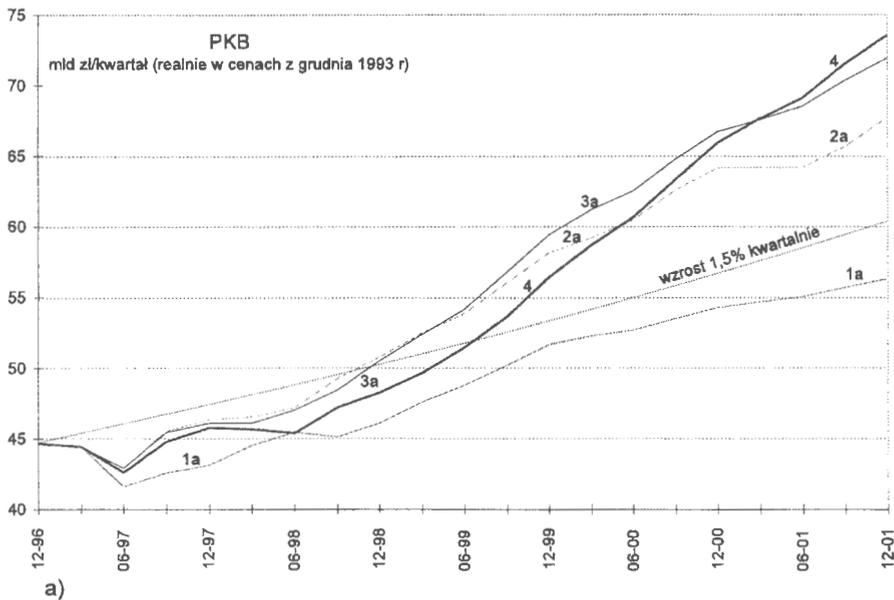
Rys. 2 Zbiory dopuszczalny i niezdominowany na płaszczyźnie kryteriów: inflacja i konsumpcja dla zmiennych decyzyjnych: tempo prywatyzacji i indeksacja płac.



Rys. 3 Stopień efektywności R dla wszystkich kombinacji par kryteriów (spośród 4), przedstawiony na płaszczyźnie zmiennych decyzyjnych (indeksacja plac w dwóch kolejnych etapach)



Rys. 4 Stopień efektywności R dla wszystkich kombinacji kryteriów (przykład j.w.).



Rys. 5 Porównanie przebiegów a) PKB, b) inflacji, dla różnych scenariuszy polityki gospodarczej: 1a) ograniczenie inflacji-strategia monetarystyczna, 2a) maksymalizacja konsumpcji, 3a) maksymalizacja PKB, 4) strategia zrównoważonego rozwoju.

ISSN 0208-8029
ISBN 83-85847-53-7

**W celu uzyskania bliższych informacji i zakupu dodatkowych egzemplarzy
prosimy o kontakt z Instytutem Badań Systemowych PAN
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa
tel. 837-35-78 w. 241 e-mail: bibliote@ibspan.waw.pl**