RESTRUKTURYZACJA REGIONALNYCH RYNKÓW PRACY

GORZÓW WIELKOPOLSKI - SZCZECIN 1996

Urząd Wojewódzki w Gorzowie Wielkopolskim

Wydział Ekonomiki i Organizacji Gospodarki Żywnościowej
Akademii Rolniczej w Szczecinie

Instytut Badań Systemowych PAN, Oddział w Szczecinie

Wojewódzki Urząd Pracy w Gorzowie Wielkopolskim

Agencja Własności Rolnej Skarbu Państwa
O/T w Gorzowie Wielkopolskim

Międzynarodowa konferencja

RESTRUKTURYZACJA REGIONALNYCH RYNKÓW PRACY

Praca pod redakcją

prof. dr hab. *Bogdana Krawca*

Gorzów Wielkopolski - Szczecin 1996 r.

Zbiór referatów międzynarodowej konferencji naukowej w Lubniewicach, która odbyła się w dniach 30-31 maja 1996 r.

Recenzent: prof. dr hab. ***Paweł Żukowski***

Skład komputerowy: ***Irena Moczulska***

Instytut Badań Systemowych PAN w Warszawie
BIBLIOTEKA
43429/I

Publikacja dofinansowana przez
Krajowy Urząd Pracy

ISBN 83-85847-36-7

KOMITET PROGRAMOWY

1. ***Henryk ANTOSIAK***
   Prezes Agencji Restrukturyzacji
   i Modernizacji Rolnictwa, Warszawa
2. ***Andrzej BĄCZKOWSKI***
   Minister Pracy i Polityki Socjalnej
3. Prof. dr hab. ***Ryszard BUDZIŃSKI***
   Instytut Badań Systemowych PAN,
   Kierownik Oddziału w Szczecinie
4. Prof. dr hab. ***Zygmunt DOWGIAŁŁO***
   Przewodniczący Komisji Organizacji
   i Zarządzania Gospodarką
   Żywnościową PAN, Oddział w Gdańsku
5. ***Marian ECKERT***
   Wojewoda Zielonogórski
6. ***Zbigniew FALIŃSKI***
   Wojewoda Gorzowski - **przewodniczący**
7. ***Roman JAGIELIŃSKI***
   Wicepremier, Minister Rolnictwa
   i Gospodarki Żywnościowej, Warszawa
8. ***Aleksander ŁUCZAK***
   Przewodniczący Komitetu
   Badań Naukowych w Warszawie
9. Prof. dr hab. ***Tadeusz MADEJ***
   Uniwersytet Szczeciński
10. ***Jerzy OLSZAK***
    Wojewoda Pilski
11. ***Andrzej PIŁAT***
    Prezes Krajowego Urzędu Pracy, Warszawa
12. ***Adam TAŃSKI***
    Prezes Agencji Własności Rolnej
    Skarbu Państwa, Warszawa

KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący	
Bogusław BIL	Wicewojewoda Gorzowski
Sekretarz naukowy	
Prof. dr hab. ***Bogdan KRAWIEC***	Instytut Badań Systemowych PAN, Oddział w Szczecinie Akademia Rolnicza w Szczecinie,
Kazimierz BŁASZCZYK	Dyrektor Wojewódzkiego Urzędu Pracy w Gorzowie Wielkopolskim
Jan RYDZANICZ	Dyrektor Wydziału Rolnictwa Urzędu Wojewódzkiego w Gorzowie Wielkopolskim
Franciszek KUNCEWICZ	Agencja Własności Rolnej Skarbu Państwa O/T w Gorzowie Wielkopolskim
Dr hab. ***Marian MALICKI***	Prodziekan Wydziału Ekonomiki i Organizacji Gospodarki Żywnościowej Akademii Rolniczej w Szczecinie
Sekretarz	
Alfreda WINNICKA	Instytut Badań Systemowych PAN, Oddział w Szczecinie
Magda PALIWODA	Gabinet Wojewody Gorzowskiego

WYKORZYSTANIE ROZMYTEGO PROGRAMOWANIA LINIOWEGO W PODEJMOWANIU DECYZJI

Jaroslav Havlicek, Jan Ziskal
Uniwersytet Rolniczy w Pradze

1. Wstęp

Opisywanie świata rzeczywistego za pomocą modeli matematycznych jest głównym trendem współczesnej nauki i techniki. Rzeczywiste zdarzenia bardzo często nie są zdeterminowane i dlatego modele deterministyczne bardzo często nie są w stanie opisać problemów praktycznych. Aby uporać się z niepewnością zwykło się używać teorii prawdopodobieństwa. Jednak doświadczenia praktyczne wykazały, że modele probabilistyczne nie oddają w pełni różnorodności problemów realnego świata.

W latach 60-tych zmieniono podejście i poddano krytyce znaczenie teorii prawdopodobieństwa w budowaniu modeli sztucznej inteligencji i problemach podejmowania decyzji. W 1965 roku w czasie powstania teorii chaosu, powstała również teoria zbiorów rozmytych, utworzona przez *L. A. Zadeha.* Od tego czasu teoria zbiorów rozmytych była używana do opisywania i rozwiązywania ważnych problemów z takich dziedzin jak: produkcja, transport, alokacja, gry, zarządzanie środowiskiem, zarządzanie zasobami wodnymi, nawożenie, logistyka, księgowość, bankowość, finanse, marketing, bilans handlowy i ekonomika rolnictwa *Hwang (1992).*

W ciągu ostatnich 30 lat zbiory rozmyte znalazły zastosowanie w wielu dyscyplinach mauki: badaniach operacyjnych, zarządzaniu, systemach ekspertowych, teorii kontroli. Zarówno techniki jak i ich aplikacje oparte na zbiorach rozmytych były systematycznie rozwijane. Od początku lat 80-tych teoria możliwości (`possibility theory`) stawała się coraz ważniejsza w dziedzinie zarządzania co spowodowało rozwój programowania matematycznego nazywanego (`possibilistic mathematical programming`) co w spolszczonej nazwie nazywać będziemy: possibibli-stycznym lub możliwościowym programowanie matematycznymm. W badaniach operacyjnych i analizie systemowej teoria zbiorów rozmytych została zastosowana w technikach programowania liniowego i nieliniowego, programowania dynamicznego, w teorii kolejek, wielokryterialnym podejmowaniu decyzji, grupowym podejmowaniu decyzji i w budowie efektywnych systemów inteligentnego wspomagania decyzji.

2. Rozmyte liniowe programowanie matematyczne

Symbolicznie podstawowy problem programowania liniowego (PL) można przedstawić następująco:

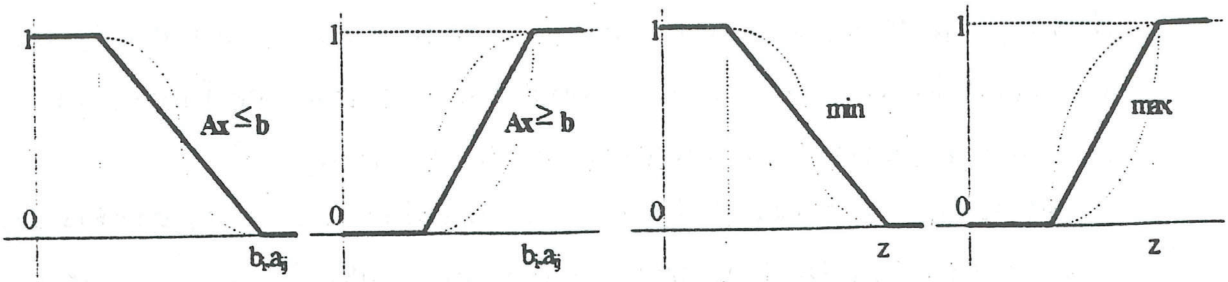
zmaksymalizować

$$Z = \mathbf{c}^{\mathbf{T}}\mathbf{x} \tag{2.1.}$$

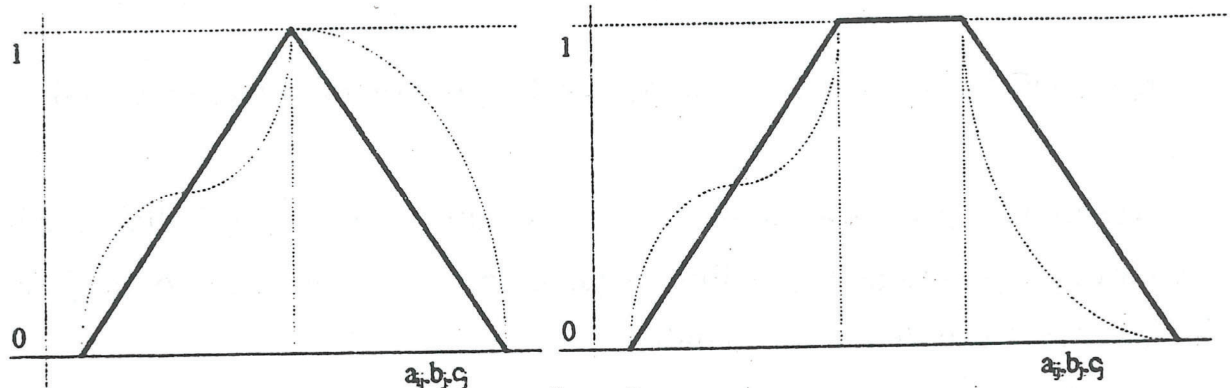
z ograniczeniami

$$\mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}, \mathbf{x} \geq \mathbf{0} \tag{2.2.}$$

Przyjmujemy, że dane wejściowe $\{\mathbf{A}, \mathbf{b}, \mathbf{c},\}$ mogą być rozmyte (niedokładne) z powodu niekompletnej informacji, lub informacji trudnej do uzyskania. Aby określić te rozmyte wielkości można posłużyć się w zależności od problemu funkcją przynależności (`membership function`) lub rozkładem możliwości (`possibility distribution`). Formy funkcji przynależności i rozkładu możliwości dla różnych problemów programowania liniowego przedstawione są odpowiednio na rysunkach 1 i 2.



rys. 1



rys. 2

W przypadku wystąpienia rozmytych danych wejściowych, układ 2.1. i 2.2. nazywa się rozmytym/możliwościowym (possibilistycznym) programowaniem liniowym. Rozmyte dane wejściowe $A = (a_{ij})$, $b = (b_i)$, $c = (c_j)$ oznaczamy odpowiednio $\tilde{A} = (\tilde{a}_{ij})$, $\tilde{b} = (\tilde{b}_i)$, $\tilde{c} = (\tilde{c}_j)$. Ogólnie problem rozmytego/możliwościowego programowania można przedstawić jako:

zmaksymalizować

$$z = \tilde{\mathrm{c}}\tilde{\mathrm{x}} \tag{2.3.}$$

z ograniczeniami

$$\tilde{A}x \geq \tilde{\mathrm{b}}, \ \mathrm{x} \geq 0 \tag{2.4.}$$

Poziom funkcji przynależności wskazuje subiektywny poziom satysfakcji przy danej tolerancji, z drugiej zaś strony poziom możliwości wskazuje subiektywny lub obiektywny poziom trafności (dokładności) danego zdarzenia. Wykorzstanie określonego typu funkcji przynależności tworzy dwie różne koncepcje w rozmytym programowaniu matematycznym:

1. Rozmyte programowanie matematyczne (o rozmytych danych wejściowych, które powinny być modelowane za pomocą funkcji przynależności opartych na subiektywnych preferencjach).
2. Programowanie possibilistyczne (`possibilistic programming`), w którym rozmyte dane wejściowe modelu określa się za pomocą rozkładu możliwości, który jest analogiczny do rozkładu prawdopodobieństwa i może być albo obiektywny albo subiektywny.

Rysunek 1 przedstawia różne przypadki preferencji funkcji przynależności.

Rysunek 2 przedstawia rozkłady possibilistyczne $\tilde{A}$, $\tilde{b}$, $\tilde{c}$ dla możliwościowego programowania liniowego, które często przyjmuje się jako funkcje trójkątne lub trapezoidalne.

Najaktualniejszymi publikacjami dotyczącymi rozmytego PL są prace *Zimmermana (1978, 1983, 1985)*, *Lay i Hwang'a (1992)*, *Luhandjula (1989)* i *Słovinskiego (1986)*.

3. Rozmyte programowanie liniowe

W literaturze przedstawione są następujące główne podejścia do rozwiązania problemów rozmytego PL:

1. model niesymetryczny, ekwiwalentny do programowania parametrycznego *Verdegay (1982)*,
2. model niesymetryczny *Wernersa* z rozmytą funkcją celu, *Werners (1987)*,
3. model niesymetryczny *Chanas'a* odpowiadający programowaniu celowemu, *Chanas (1984)*,
4. interaktywne PL, *Lay (1992)*,
5. model symetryczny *Zimmermana* odpowiadający programowaniu celowemu, *Zimmerman (1976)*,

Podejście *Zimmermana* jest reprezentywne i bardzo dobrze ilustruje problematykę rozmytości w PL. Należy zaznaczyć, że jest to pierwsze podejście zawierające praktyczną metodę rozwiązania problemu PL z rozmytymi ograniczeniami i funkcją celu.

Przedstawimy teraz w jaki sposób wykorzystać niesymetryczny model *Vordegay'a* do mierzenia ryzyka podejmowania decyzji przy użyciu PL z rozmytymi prawymi stronami w ograniczeniach.

Przyjmijmy, że musimy wybrać wariant rozwiązania po to by móc modyfikować ryzyko decyzji. Rozmyty zbiór A tworzy zbiór możliwych rozwiązań problemu.

Jeśli choćby jeden parametr modelu liniowego jest rozmyty, to wartość funkcji celu jest także liczbą rozmytą. Oznacza to, że określona wartość funkcji celu może być osiągnięta z pewnym poziomem funkcji przynależności, co jednoznacznie może być traktowane jako miara ryzyka związanego z rozwiązaniem.

Przyjmijmy, że ograniczenia prawej strony b_i problemu PL są nieokreślone i wyrażone jako liczby rozmyte. Rozwiązanie takich problemów może być osiągnięte poprzez rangowanie prawych stron. Prawa strona i-tego ograniczenia jest równoważna z wyrażeniem

$$\tilde{b}_i = b_i + \rho p_i$$

gdzie p_i jest maksymalną tolerancją b_i, a $\rho \in [0, 1]$.

Dla ograniczenia $\sum a_{ij}x_j \leq b_i$ przyjmiemy następującą funkcję przynależności

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 1 & \text{jeżeli} \quad \sum a_{ij}x_j < b_i \\ 1 - \frac{\sum a_{ij}x_i - b_i}{p_i} & \text{jeżeli} \quad b_i \leq \sum a_{ij}x_j \leq b_i + p_i \\ 0 & \text{jeżeli} \quad \sum a_{ij}x_j > b_i + p_i \end{cases}$$

$\mu(x) = 1$ jeżeli ograniczenie jest spełnione, $\mu(x) \in [0, 1]$ jeżeli maksymalna tolerancja p_i zbliża się stopniowo do wartości zerowej, $\mu(x) = 0$, jeśli ograniczenie jest z całą pewnością nie zrealizowane.

Jeżeli tolerancja p_i jest dana, problem PL można sformułować następująco:

$$\max\left\{c^\rho x_\rho \middle| \sum a_{ij}x_i \leq b_i + (1-\pi)p_i, x_j \geq 0, \pi \in [0,1]\right\} \quad (2.5.)$$

Problem (2.5) jest problemem rangowania prawych stron ograniczeń z parametrem $\rho = 1 - \pi$. Wartość ρ jest poziomem funkcji przynależności, a przez to miarą ryzyka wybranego rozwiązania. Jeżli $\rho = 1$ to $\pi = 0$ i maksymalna tolerancja p_i osiąga swoją wartość maksymalną, czyli rozwiązanie jest obciążone największym ryzykiem.

Jeśli $\rho = 0$ to $\pi = 1$, ograniczenie uczestniczy w rozwiązaniu z wartością $b_i + 0p_i = b_i$, co oznacza rozwiązanie bez ryzyka.

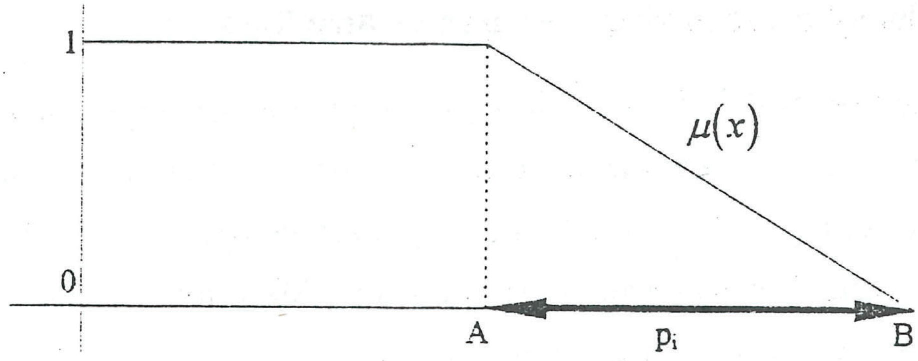
W przypadku, gdy koszty c_j lub parametry techniczne a_{ij} są zdefiniowane poprzez liczby rozmyte, należy zastosować analogiczne rangowanie kosztów lub parametrów technicznych.

4. Procedura rozwiązania

1. Należy sformułować deterministyczny model PL.
2. Identyfikujemy ograniczenia, których prawe strony (RHS) mogą być liczbami rozmytymi.
3. Niech i-te ograniczenie b_i będzie liczbą rozmytą. Należy określić maksymalną tolerancję p_i. Jeżeli niemożliwe jest jej określenie bezpośrednio, stosujemy estymację ekspertową. W tym przypadku wyznacza się dwa punkty:

   a) Punkt A, najbardziej wysunięty w prawo, ale ciągle należący do rozmytego zbioru ze stopniem 1.
   b) Punkt B, najbardziej wysunięty na prawo ciągle należący do zbioru rozmytego z niezerowym stopniem.

Odległość pomiędzy tymi punktami jest maksymalną tolerancją p_i, co przedstawia rysunek 3.



rys. 3

4. Przeprowadzamy obliczenia, stosując standardowy algorytm sympleksowy, dla wartości otrzymanych w pierwszym kroku procedury. Ostateczna tablica sympleksowa jest przedstawiona poniżej:

B	$x_1, \ldots, x_n$	$s_1, \ldots, s_m$	RHS
	A	B^{-1}	β_i
$z_j - c_i$	d_j	d_k	z_{max}

gdzie:

B - baza rozwiązania optymalnego,

x_j - zmienne decyzyjne,

s_k - zmienne pomocnicze,

A - macierz współczynników technicznych,

B^{-1} - macierz odwrotna do B,

d_j, d_k - ceny dualne,

β_i - współrzędne rozwiązania bazowego.

5. Należy rozwiązać problem rangowania prawych stron (RHS) dla $b_i = b_i + \rho p_i$, czyli określić

$$b_i^\rho = b^{-1}(b_i + \rho p_i) = \beta_i + \rho B^{-1} p_i$$

Dla $p \in [0, 1]$ uzyskujemy wartości wektora rozwiązań z ryzykiem o stopniu $\mu(x) = \rho$.

6. Przeprowadzamy analizę i syntezę uzyskanych wyników.

5. Uwagi do rozmytego programowania liniowego

Rozmyte modele PL opisujące problemy praktyczne są duże. Na Uczelni przeprowadziliśmy doświadczenia w analizie programu produkcji gospodarstwa rolnego z wykorzystaniem podejścia rozmytego, w celu zmierzenia ryzyka proponowanego rozwiązania. Metodologia okazała się użyteczna w następujących dziedzinach:

a) W zarządzaniu, gdzie występuje duża niepewność i szybko zmieniające się ograniczenia. Występują tytaj bardzo często systemy semi i nieustrukturyzowane wraz z ich rozwiązaniami. W wielu problemach rozmytych miara ryzyka rozwiązania może wpływać na analizę "co - jeśli" przeprowadzaną po optymalizacji.

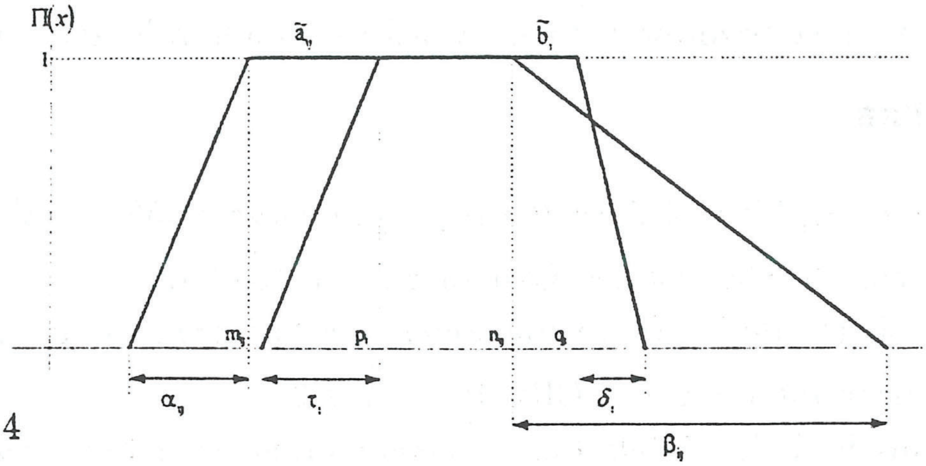
b) W problemach marketingowych przy badaniu rynku oraz w polityce cenowej produktów.

c) W produkcji, przy budowie rozmytych systemów regulacyjnych.

6. Possibilistyczne PL - podejście podstawowe

Programowanie możliwościowe (possibilistyczne) (`possibistic programming`) jest stosowane od końca lat 70-tych. Pionierskie prace w tym zakresie przeprowadzili: *Ramik i Rimanek (1985), Tanaka (1984), Dubois (1987), Lai i Hwang (1992), Hanuscheck i Wolf (1989)* i inni. *Zadeh (1978)* zapoczątkował intensywne badania nad teorią możliwości. Modele możliwościowego podejmowania decyzji wprowadziły ważny aspekt w rozwiązywaniu praktycznych problemów podejmowania decyzji. W przeciwieństwie do stochastycznego PL, możliwościowe PL zapewnia lepszą sprawność obliczeniową i jest elastyczniejsze w użyciu. Miara możliwości (`possibility`) pewnego zdarzenia może być interpretowana jako stopień trafności w rozkładzie możliwości $\pi(x)$ analogicznie do rozkładu prawdopodobieństwa $p(x)$ w stochastycznym PL.

W możliwościowym (possibilistycznym) PL wejściowe dane $\tilde{A}$, $\tilde{b}$, $\tilde{c}$ mogą mieć możliwościowe rozkłady, w których $\tilde{a}_{ij}$, $\tilde{b}_i$, $\tilde{c}_{ij}$ są liczbami L-R rozmytymi. Mimo, że istnieje wiele różnych określeń dla liczb L-R rozmytych (trójkątne, trapezoidalne, liniowe i nieliniowe), można użyć dla nich wyrażenia tetradowego $\tilde{c} = (m, n, \alpha, \beta)$, gdzie m jest lewą, główną wartością, n jest prawą główną wartością z całkowitą przynależnością, α jest lewą rozpiętością a β prawą, co przedstawia rys. 4.



rys. 4

Po zrangowaniu, problem jest transformowany do problemu PL:

zmaksymalizować cx pod warunkiem

$$\sum m_{ij}x_j \leq p_i$$

$$\sum (m_{ij} - d_{ij})x_j \leq p_i - \tau_i$$

$$\sum n_{ij}x_j \leq q_i$$

$$\sum (n_{ij} + \beta_{ij})x_j \leq q_i + \delta_i$$

$$x \geq 0$$

Występujące tu wartości p_i, q_i, τ, δ_i są parametrami procesu rangowania. Optymalne rozwiązanie tego problemu jest możliwe do osiągnięcia za pomocą standardowej metody sympleksowej, *Lai (1992)*.

Rozwiązując problem programowania stochastycznego, głównym zadaniem jest konwersja przypadkowości (losowości) problemu do odpowiedniej sytuacji deterministycznej. Po przeprowadzeniu tego zadania uzyskujemy nieliniowy model deterministyczny. Oczywiste są trudności z rozwiązaniem tego modelu.

Programowanie możliwościowe z drugiej strony zapewnia bardziej wydajne techniki rozwiązywania nieprecyzyjnych z natury zadań z wartościami A, b, c, a także zachowuje postać oryginalnego modelu liniowego. Poza tym funkcje przynależności i rozkłady możliwości zapewniają bardziej elastyczne odwzorowanie niepewności w systemach rzeczywistych.

Literatura

1. Chanas S., 1984: *A fuzzy linear programming problem with equality constraints.* Control and Cybernerics 13, 195-201.
2. Dubois D., 1987: *Linear programming with fuzzy data.* In "Analysis of Fuzzy Information", CRC Press, 241-263.
3. Hanuscheck R., 1989: *Linear programming with fuzzy objectives.* Fuzzy sets and systems 29, 31-48.
4. Havlicek J., 1992: *An Interactive Goal Programming,* Proc. Conf. Agrar Perspectives I, Univ. of Agriculture, Prague, 339-346.
5. Havlicek J., Ziskal J., 1994: *Fuzzy Measure and Fuzzy Linear Programming.* Czech Agricultural University of Prague, 51 pp.
6. Havlicek J., Ziskal J., 1996: *Decision in Soft Systems.* Czech Agricultural University of Prague, 57 pp.
7. Hwang Ch. L., Lai Y. J., 1992: *Fuzzy Mathematical Programming.* Springer Verlag.
8. Lay Y. J., Hwang Ch. L., 1992: *Interactive fuzzy linear programming.* Fuzzy sets and systems 45, 67-86.
9. Lai Y. J., Hwang Ch. L., 1992: *Possibilistic linear programming for managing interest rate risk.* Fuzzy sets and systems 49, 162-171.

10. Lai Y. J., 1992: *A new approach to some possibilistic programming problem.* Fuzzy sets and systems 50, 235-241.
11. Lai Y. J., 1992: IFLP-II *A decision support system.* Fuzzy sets and systems 50. 227-234.
12. Luhandjula M. K., 1989: *Fuzzy optimization an appraisal.* Fuzzy sets and systems, 30, 257-282.
13. Ramik J., Rimanek J., 1985: *Inequality relation between fuzzy numbers and its use in fuzzy optimization.* Fuzzy sets and systems 16, 123-138.
14. Słowinski R. A., 1986: *A multicriteria fuzzy linear programming method for water supply system development planning.* Fuzzy sets and systems 19, 217-237.
15. Tanaka H. H., 1984: *A formulation of fuzzy linear programming based on comparsion of fuzzy numbers.* Control and Cybernetics 13, 186-194.
16. Werners B., 1987: *Interactive multuple objective programming subject to flexible constraints.* European J. O. R. 31, 342-349.
17. Verdegay J. L., 1982: *Fuzzy mathematical programming.* In "Approximate Reasoning in Decision Analysis", North-Holland, 231236.
18. Zadeh L. A., 1978: *Fuzzy sets as a basis a theory of possibility.* Fuzzy sets and systems 1, 3-28.
19. Zimmermann H. J., 1978: *Fuzzy programming and linear programming with several objective functions.* Fuzzy sets and Systems 1, 45-55.
20. Zimmermann H. J., 1983: *Using fuzzy sets in operational research.* European J. O. R. 13, 201-216.
21. Zimmermann H. J., 1985: *Application of fuzzy set theory to mathematical programming,* Inf. Sci. 36, 29-58.

IBS
43429/I

RESTRUKTURYZACJA REGIONALNYCH RYNKÓW PRACY

ISBN 83-85847-36-7