Studia i Materiały Informatyki Stosowanej, Tom 5, Nr 13, 2013
str. 19-28

ZASTOSOWANIE METODY PUNKTU ODNIESIENIA DO ZNAJDOWANIA DECYZJI SYMETRYCZNIE EFEKTYCHNYCH W MODELOWANIU WIELOKRYTERIALNYM PROCESU NEGOCJACJI DWUSTRONNYCH

Andrzej Łodziński

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki
ul. Nowoursynowska 159/ p.3/42A, 02-776 Warszawa
e-mail: andrzej_lodzinski@sggw.pl

Streszczenie: *W pracy przedstawiono metodę wyboru decyzji symetrycznie efektywnych w procesie negocjacji dwustronnych. Proces negocjacji modeluje się przy pomocy optymalizacji wielokryterialnej. Metoda znajdowania rozwiązania polega na interaktywnym prowadzeniu procesu wyboru kolejnych propozycji rozwiązań. Strony przedstawiają swoje propozycje dotyczące przedmiotów negocjacji, które stanowią parametry zadania optymalizacji wielokryterialnej. Wybór kolejnych rozwiązań dokonuje się przez rozwiązywanie zadania optymalizacji z parametrami, które określają aspiracje każdej ze stron biorących udział w negocjacjach i przez ocenę przez strony otrzymywanych rozwiązań.*

Słowa klucze: *Proces negocjacji, optymalizacja wielokryterialna, decyzja symetrycznie efektywna, funkcja skalaryzująca, metoda punktu odniesienia*

1. REFERENCE POINT METHOD APPLIED TO FIND SYMMETRICLY EFFECTIVE DECISIONS IN MULTICRITERIA MODELLING OF TWO-SIDE NEGOTIATIONS PROCESS

Abstract: *A method of making symmetrically effective decisions in a two-side negotiation is presented. A negotiation process is modeled by multicriteria optimization. The solution finding consists in an interactive choosing among decision proposals. Each part presents its proposition concerning the objects of negotiation that are parameters of multicriteria optimization problem. Choosing subsequent solutions is made by the solution of optimization problem with parameters, that determine the aspiration of each part of negotiation, as well as by estimation of the obtained solution.*

Keywords*: negotiation process, muticriteria optimization, symmetric effective decision, scalarizing function, reference point method*

1. WPROWADZENIE

W pracy przedstawiono sposób wyboru decyzji symetrycznie efektywnych w procesie negocjacji. Negocjacje to uzgadnianie decyzji w sytuacji z odmiennymi interesami uczestników. Negocjacje prowadzi się, aby doprowadzić do rezultatu korzystniejszego niż ten, który można osiągnąć bez negocjacji. Strony uczestniczące w negocjacjach mogą zyskać dogadując się między sobą, niż gdyby działały oddzielnie. Dobrze skonstruowana umowa jest lepsza dla stron niż brak umowy w ogóle, a niektóre umowy są korzystniejsze dla obu stron niż inne. W negocjacjach złożonych strony nie tylko dążą do zawarcia

porozumienia, lecz szukają umowy optymalnej – tzn. takiej, która byłaby najlepsza dla obu stron.
Rozwój technik komputerowych pozwala na tworzenie systemów wspomagania negocjacji. Są to systemy, które implementują formalne modele i procedury wspomagania decyzji, posiadają możliwości komunikacyjne i są zaprojektowane do wspomagania negocjatorów lub stron udzielających pomocy w negocjacjach. Celem działania tych systemów jest doprowadzenie do satysfakcjonującego strony kompromisu [15], [16].
Negocjacje charakteryzują się brakiem jednoznacznej definicji rozwiązania i koniecznością uwzględniania preferencji stron w określaniu rozwiązania. Proces negocjacji dwustronnych można modelować przy pomocy teorii gier. Rozwiązaniem jest wtedy rozwiązanie kooperatywne Nasha lub rozwiązanie Raiffy-Kalai'a-Smorodinsky'go [5], [12], [15].
W pracy proces negocjacji dwustronnych modeluje się w postaci specjalnego zadania optymalizacji wielokryterialnych. Rozwiązaniem jest decyzja symetrycznie efektywna. Jest to decyzja efektywna spełniająca dodatkowy warunek – warunek anonimowości. Znajdowanie decyzji symetrycznie efektywnych polega na interaktywnym prowadzeniu procesu wyboru kolejnych propozycji rozwiązań tzn. algorytm wymaga w trakcie działania reakcji stron. Strony przedstawiają swoje propozycje dotyczące przedmiotów negocjacji, które stanowią parametry zadania optymalizacji wielokryterialnej i zadanie to jest rozwiązywane. Następnie strony oceniają otrzymane rozwiązanie: akceptując je lub odrzucając. W drugim przypadku strony podają nowe propozycje – nowe wartości parametrów i problem jest rozwiązywany ponownie dla nowych parametrów. Proces wyboru rozwiązania nie jest procesem jednorazowym, ale iteracyjnym procesem uczenia się stron o problemie negocjacyjnym.

2. MODELOWANIE PROCESU NEGOCJACJI

W procesie negocjacji strony w drodze wymiany informacji i argumentów dążą do wyboru pewnej decyzji, która będzie akceptowana przez obie strony. Negocjacje opierają się na wymianie informacji, co daje możliwość znalezienia korzystnych dla obu stron rozwiązań. Proces negocjacji polega, więc na uzgadnianiu wspólnej decyzji przez strony.

Proces negocjacji modelowany jest, jako interaktywny proces decyzyjny. Każda ze stron przedstawia swoje propozycje rozwiązań. Proces negocjacji jest wtedy procesem poszukiwania wspólnej decyzji, która pogodzi interesy obu stron. Strony próbują znaleźć wspólne rozwiązanie kompromisowe. Decyzje w danej sprawie wymagają dobrowolnej zgody obu stron i podejmowane są wspólnie, a nie jednostronnie. Obie strony muszą się na nie zgodzić.

W procesie negocjacji występuje wiele różnych celów, które są realizowane za pomocą tego samego zbioru rozwiązań dopuszczalnych. Proces negocjacji modeluje się wprowadzając zmienną decyzyjną, która opisuje rozwiązanie oraz dwie funkcje oceny, które stanowią kryterium oceniające rozwiązanie z punktu widzenia każdej ze stron. Każda ze stron ma swoje kryteria oceny. Każda propozycja w negocjacjach jest oceniana przez każdą ze stron przy pomocy swojej funkcji oceny. Funkcje te są miarą satysfakcji stron z danego rozwiązania. Oceniają one stopień realizacji każdego przedmiotu negocjacji przez każdą stronę. Większa wartość funkcji oznacza wyższą satysfakcje stron, więc każda funkcja jest maksymalizowana. Podstawą oceny i wyboru rozwiązania są dwie funkcje oceny – kryteria obu stron.

Przyjmujemy następujące oznaczenia:
strona 1 i strona 2 - strony w negocjacjach,
n - ilość przedmiotów do negocjacji,
$x \in X_0$ – rozwiązanie - decyzja, którą mają uzgodnić strony, należąca do zbioru decyzji dopuszczalnych $X_0 \subset R^n$, $x = (x_1, x_2, ..., x_n)$ - każda współrzędna $x_i, i = 1,..., n$ określa $i-ty$ przedmiot negocjacji,
$f1 : X_0 \to R^{m1}$ – funkcja oceny decyzji x przez stronę 1, $f1 = (f1_1, f1_2, ..., f1_{m1})$ - funkcja wektorowa, która określa stopień realizacji rozwiązania przez stronę 1,
$f2 : X_0 \to R^{m2}$ – funkcja oceny decyzji x przez stronę 2, $f2 = (f2_1, f2_2, ..., f2_{m2})$ - funkcja wektorowa, która określa stopień realizacji rozwiązania przez stronę 2.

Problem wyboru decyzji ma charakter wielokryterialny. Optymalizacja wielokryterialna pozwala wyznaczyć rozwiązanie w przypadku, gdy występuje kilka funkcji kryterialnych. Decyzja jest scharakteryzowana przez złożoną funkcję oceny, której pierwsza składowa jest funkcją oceny decyzji przez stronę pierwszą, a druga składowa jest funkcją oceny decyzji przez stronę drugą. Każda ze stron chce maksymalizować swoją funkcję oceny, ale musi uwzględnić istnienie drugiej strony. Wybór rozwiązanie dokonuje się przy pomocy dwóch funkcji ocen.

Proces negocjacji rozpatruje się, jako zadanie optymalizacji wielokryterialnej o funkcji celu $f = (f1, f2)$:

$$\max_x \{(f1(x), f2(x)) : \quad x \in X_0\} \quad (1)$$

gdzie:
$x \in X$ – wektor zmiennych decyzyjnych,
$f = (f1, f2)$ – funkcja wektorowa przekształcająca przestrzeń decyzji X w przestrzeń ocen $Y_0 \subseteq R^{m1+m2}$,
X_0 – zbiór decyzji dopuszczalnych.
Zadanie (1) polega na znalezieniu takiej decyzji dopuszczalnej $\hat{x} \in X_0$, dla której $m1 + m2$ ocen przyjmuje jak najlepsze wartości.

Zadanie (1) rozpatruje się w przestrzeni ocen, tzn. rozpatruje się następujące zadanie:

$$\max_x \{y = (y1, y2) : \quad y \in Y_0\} \quad (2)$$

gdzie:
$x \in X$ – wektor zmiennych decyzyjnych,
$y = (y1, y2) = (y_1, ... y_{m1}, y_{m1+1}, ..., y_{m1+m2})$ – wektorowy wskaźnik jakości, poszczególne współrzędne $y_i = f_i(x), \quad i = 1,2,.., m1 + m2$ reprezentują pojedyncze, skalarne kryteria, pierwsze $m1$ współrzędnych stanowi kryterium oceny rozwiązania przez stronę 1, następne $m2$ współrzędnych stanowi kryterium oceny rozwiązania przez stronę 2,
$m = m1 + m2$ - wymiar przestrzeni kryteriów,
$Y_0 = (f1, f2)(X_0)$ – zbiór dopuszczalnych wektorów ocen.

Zbiór rezultatów osiągalnych Y_0 dany jest w postaci niejawnej – poprzez zbiór decyzji dopuszczalnych X_0 i odwzorowanie modelu $f = (f1, f2)$. Aby wyznaczyć wartość y potrzebna jest symulacja modelu $y = (f1, f2)(x) \quad x \in X_0$.
Celem zadania (1) jest pomoc w wyborze takiej decyzji, która jak najlepiej uwzględnia interesy obu stron [3], [7]. [18], [19].
Rozwiązanie w procesie negocjacji powinno spełniać pewne własności, które strony zaakceptują, jako sprawiedliwe. Rozwiązanie powinno być:

– symetryczne - tzn., że nie powinno zależeć od sposobu ponumerowania stron, nikt nie jest ważniejszy, strony są traktowane w jednakowy sposób w tym sensie, że rozwiązanie nie zależy od nazwy strony lub innych czynników charakteryzujących strony,
– rozwiązaniem optymalnym w sensie Pareto - tzn. takim, że nie można polepszyć rozwiązania dla jednej strony bez pogarszania rozwiązania dla drugiej oraz rozwiązanie powinno uwzględniać siły stron w negocjacjach.

Decyzja, która spełnia te warunki jest to decyzja symetrycznie efektywna. Jest to decyzja efektywna (decyzja Pareto-optymalna), która spełnia dodatkową własność – własność anonimowości.

Rezultaty niezdominowane (Pareto-optymalne) są definiowane w następujący sposób:

$$\hat{Y}_0 = \{\hat{y} \in Y_0 : (\hat{y} + \tilde{D}) \cap Y_0 = \emptyset)\} \quad (3)$$

gdzie: $\tilde{D} = D \setminus \{0\}$ – stożek dodatni bez wierzchołka. Jako stożek dodatni można przyjąć $\tilde{D} = R^m_+$.
W przestrzeni decyzji określa się odpowiednie decyzje dopuszczalne. Decyzję $\hat{x} \in X_0$ nazywa się decyzją efektywną, jeśli odpowiadający jej wektor ocen $\hat{y} = f(\hat{x})$ jest wektorem niezdominowanym.

W problemie wielokryterialnym (1), który służy do modelowania procesu negocjacji przy danym zestawie funkcji oceny nie jest ważna kolejność poszczególnych funkcji. Nie rozróżnia się wyników, które różnią się uporządkowaniem. Wymaganie to formułuje się jako własność anonimowości (bezstronności) relacji preferencji.

Relację nazywa się relacją anonimową wtedy, gdy dla każdego wektora ocen $y = (y_1, y_2, ..., y_m)$ i dla dowolnej permutacji P zbioru $\{1, ..., m\}$ zachodzi:

$$(y_{P(1)}, y_{P(2)}, ..., y_{P(m)}) \approx (y_1, y_2, ..., y_m). \quad (4)$$

Wektory ocen mające te same współrzędne, ale w innej kolejności są utożsamiane. Relacje preferencji spełniającą dodatkowy warunek anonimowości nazywa się anonimową relacją preferencji.
Wektor niezdominowany spełniający własność anonimowości nazywa się wektorem symetrycznie

niezdominowanym. Zbiór wektorów symetrycznie niezdominowanych oznacza się $\hat{Y}_{0S}$. W przestrzeni decyzji określa się odpowiednie decyzje dopuszczalne. Decyzję $\hat{x} \in X_0$ nazywa się decyzją symetrycznie efektywną, jeśli odpowiadający jej wektor ocen $\hat{y} = f(\hat{x})$ jest wektorem symetrycznie niezdominowanym [4], [9].

3. ROZWIĄZANIE SYMETRYCZNIE EFEKTYWNE

Rozwiązanie w procesie negocjacji powinno spełniać pewne własności, które strony zaakceptują, jako sprawiedliwe. Rozwiązanie powinno być:

- symetryczne - tzn., że nie powinno zależeć od sposobu ponumerowania stron, nikt nie jest ważniejszy, strony są traktowane w jednakowy sposób w tym sensie, że rozwiązanie nie zależy od nazwy strony lub innych czynników charakteryzujących strony,
- rozwiązaniem optymalnym w sensie Pareto - tzn. takim, że nie można polepszyć rozwiązania dla jednej strony bez pogarszania rozwiązania dla drugiej oraz rozwiązanie powinno uwzględniać siły stron w negocjacjach.

Decyzja, która spełnia te warunki jest to decyzja symetrycznie efektywna. Jest to decyzja efektywna (decyzja Pareto-optymalna), która spełnia dodatkową własność – własność anonimowości.

Rezultaty niezdominowane (Pareto-optymalne) są definiowane w następujący sposób:

$$\hat{Y}_0 = \{\hat{y} \in Y_0 : (\hat{y} + \tilde{D}) \cap Y_0 = \emptyset) \} \qquad (3)$$

gdzie: $\tilde{D} = D \setminus \{0\}$ – stożek dodatni bez wierzchołka. Jako stożek dodatni można przyjąć $\tilde{D} = R_+^m$.

W przestrzeni decyzji określa się odpowiednie decyzje dopuszczalne. Decyzję $\hat{x} \in X_0$ nazywa się decyzją efektywną, jeśli odpowiadający jej wektor ocen $\hat{y} = f(\hat{x})$ jest wektorem niezdominowanym.

W problemie wielokryterialnym (1), który służy do modelowania procesu negocjacji przy danym zestawie funkcji oceny nie jest ważna kolejność poszczególnych funkcji. Nie rozróżnia się wyników, które różnią się uporządkowaniem. Wymaganie to formułuje się jako własność anonimowości (bezstronności) relacji preferencji.

Relację nazywa się relacją anonimową wtedy, gdy dla każdego wektora ocen $y = (y_1, y_2, ..., y_m)$ i dla dowolnej permutacji P zbioru $\{1,...,m\}$ zachodzi:

$$(y_{P(1)}, y_{P(2)}, ..., y_{P(m)}) \approx (y_1, y_2, ..., y_m). \qquad (4)$$

Wektory ocen mające te same współrzędne, ale w innej kolejności są utożsamiane. Relacje preferencji spełniającą dodatkowy warunek anonimowości nazywa się anonimową relacją preferencji.

Wektor niezdominowany spełniający własność anonimowości nazywa się wektorem symetrycznie niezdominowanym. Zbiór wektorów symetrycznie niezdominowanych oznacza się $\hat{Y}_{0S}$. W przestrzeni decyzji określa się odpowiednie decyzje dopuszczalne. Decyzję $\hat{x} \in X_0$ nazywa się decyzją symetrycznie efektywną, jeśli odpowiadający jej wektor ocen $\hat{y} = f(\hat{x})$ jest wektorem symetrycznie niezdominowanym [4], [9].

Relację symetrycznej dominacji można wyrazić jako relację nierówności dla wektorów ocen, których współrzędne są uporządkowane w porządku niemalejącym. Relację tę można zapisać z użyciem przekształcenia $T : R^m \rightarrow R^m$ porządkującego niemalejąco współrzędne wektorów ocen, czyli wektor $T(y)$ jest wektorem z uporządkowanymi niemalejąco współrzędnymi wektora y, tzn. $T(y) = (T_1(y), T_2(y), ..., T_m(y))$, gdzie $T_1(y) \le T_2(y) \le ... \le T_m(y)$ oraz istnieje permutacja P zbioru $\{1,...,m\}$ taka, że $T_i(y) = y_{P(i)}$ dla $i = 1,..,m$. Relacja symetrycznej dominacji jest zwykłą dominacją dla uporządkowanych niemalejąco wektorów [3], [4], [9].

Wektor ocen y^1 dominuje symetrycznie wektor ocen y^2 wtedy i tylko wtedy, gdy

$$T(y^1) \ge T(y^2) \qquad (5)$$

Rozwiązanie problemu polega na wyznaczeniu decyzji symetrycznie niezdominowanej odpowiadającej preferencjom stron.

4. ZBIÓR NEGOCJACJI

W negocjacjach złożonych nie chodzi tylko o zawarcie porozumienia miedzy stronami, nawet, jeżeli jest ono korzystne dla obu stron, ale znalezienie takiego rozwiązania, które jak najbardziej spełnia oczekiwania stron i nie jest gorsze od tego, co każda ze stron może zapewnić sobie bez negocjacji z drugą stroną.

Przed negocjacjami strony powinny zastanowić się, jaki rezultat mogą sobie zapewnić, gdy negocjacje się nie powiodą – jaki jest ich punkt odniesienia (punkt status quo) dla danego problemu negocjacji. Ten punkt to wynik, jaki każda ze stron może zapewnić sobie samodzielnie, bez negocjacji z drugą stroną. Jeżeli strony mogą sobie zapewnić bez negocjacji wynik $ys=(y1s,y2s)$ - strona 1 może sobie zapewnić wynik $y1s$, strona 2 może sobie zapewnić wynik $y2s$, to żadna ze stron nie zgodzi się na wynik gorszy. Strony chcą polepszyć rozwiązanie w stosunku do tego punktu. Punkt odniesienia określa siły stron w negocjacjach i ma wpływ na wynik negocjacji.

Strony zaczynają negocjacje od pewnego - punktu odniesienia $ys=(y1s,y2s)$ i chcą znaleźć rozwiązanie dla nich lepsze. Zbiór negocjacji to zbiór wartości ocen niezdominowanych dominujących nad punktem odniesienia.

Zbiór negocjacji jest następujący:

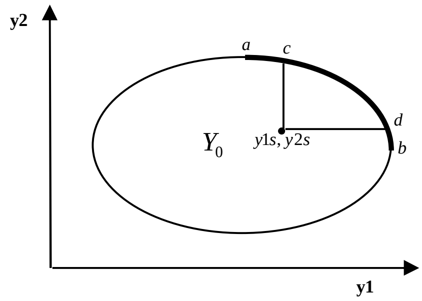
$$B(\hat{Y}_0,ys)=\{\hat{y}=(\hat{y}1,\hat{y}2)\in\hat{Y}_0\wedge\hat{y}1\geq y1s\wedge\hat{y}2\geq y2s\} \quad (6)$$

gdzie:

$\hat{y}=(\hat{y}1,\hat{y}2)\in\hat{Y}_0$ – wektor niezdominowany należący do zbioru $\hat{Y}_0$ Pareto-optymalnego,

$ys=(y1s,y2s)$ – punkt odniesienia, wynik, który strony mogą sobie zapewnić bez porozumienia.

Zbiór negocjacji tworzą punkty ze zbioru rezultatów niezdominowanych dające każdej ze stron, co najmniej tyle, ile może sobie zapewnić indywidualnie (bez negocjacji). Zbiór ten dla $m1=1$ i $m2=1$ przedstawia rysunek 1.



Rysunek 1. Zbiór negocjacji

Ze zbioru rezultatów niezdominowanych – linia ab wycinany jest zbiór rezultatów dominujacyh nad punktem odniesienia $ys=(y1s,y2s)$ - linia cd. Ten zbiór jest zbiorem negocjacji..

Wybór decyzji to wybór ze zbioru negocjacji - optymalne dzielenie niezadowolenia, jedna strona by chciała d, druga c, ale to jest niemożliwe. Strony muszą zrezygnować ze swego najlepszego rezultatu na rzecz drugiej strony. Proces negocjacji jest, więc procesem poszukiwani rozwiązania, które pogodzi interesy obu stron. Strony chcą znaleźć taką decyzję $\hat{x}\in X_0$, że odpowiadający jej wektor ocen $\hat{y}=(\hat{y}1,\hat{y}2)=(f1(\hat{x}),f2(\hat{x}))$ należy do zbioru negocjacji $B(\hat{Y}_0,ys)$ [3],[6], [14], [17].

5. SKALARYZACJA PROBLEMU

Dla wyznaczenie rozwiązania symetrycznie efektywnego zadania wielokryterialnego (1) rozwiązuje się szczególne zadanie wielokryterialne. Jest to zadanie z uporządkowanymi w kolejności niemalejącej współrzędnymi, tzn. następujące zadanie:

$$\max_y\{(T_1(y),T_2(y),...,T_m(y)): \quad y\in Y_0\} \quad (7)$$

gdzie:

$y=(y_1,y_2,...,y_m)$ – wektorowy wskaźnik jakości,

$T(y)=(T_1(y),T_2(y),...,Tm(y))$, gdzie $T_1(y)\leq T_2(y)\leq....\leq T_m(y)$ - uporządkowany niemalejąco wektor ocen.

Rozwiązanie efektywne zadania optymalizacji wielokryterialnej (7) jest symetrycznie efektywnym rozwiązaniem zadania wielokryterialnego (1).

Metodą wyznaczania poszczególnych decyzji symetrycznie efektywnych jest rozwiązywanie parametrycznej skalaryzacji zadania wielokryterialnego. Jest to zadanie optymalizacji jednokryterialnej specjalnie utworzonej funkcji skalaryzującej dwóch zmiennych - wskaźnika jakości $y \in Y$ i parametru sterującego $\bar{y} \in \Omega \subset R^m$ o wartości rzeczywistej tzn. funkcji $s : Y \times \Omega \to R^1$. Parametr $\bar{y} = (\bar{y}_1, \bar{y}_2, ..., \bar{y}_m)$ jest w dyspozycji stron, co umożliwia im przeglądanie zbioru rozwiązań symetrycznie efektywnych.

Aby wyznaczyć rozwiązanie symetrycznie efektywne zadania wielokryterialnego rozwiązuje się skalaryzację tego zadania z funkcją skalaryzującą $s : Y \times \Omega \to R^1$:

$$\max_{x \in X_o} \{ s(y, \bar{y}) : \quad y \in B(\hat{Y}_0, ys) \} \qquad (8)$$

gdzie:

$y = (y_1, y_2, ..., y_m)$ – wektorowy wskaźnik jakości,

$\bar{y} = (\bar{y}_1, \bar{y}_2, ..., \bar{y}_m)$ – poziomy aspiracji dla poszczególnych kryteriów.

$B(\hat{Y}_0, ys)$ - zbiór negocjacji.

Rozwiązanie optymalne zadania (8) powinno być rozwiązaniem zadania wielokryterialnego (7). Funkcja skalaryzująca powinna spełniać pewne własności – własność zupełności i własność wystarczalności. Własność wystarczalności oznacza, że dla każdego parametru sterującego $\bar{y}$ rozwiązanie zadania skalaryzacji jest rozwiązaniem symetrycznie efektywnym, tzn. $\hat{y} \in B(\hat{Y}_0, ys)$. Własność zupełności oznacza, że za pomocą odpowiednich zmian parametru $\bar{y}$ można osiągnąć dowolny rezultat $\hat{y} \in B(\hat{Y}_0, ys)$. Taka funkcja w pełni charakteryzuje rozwiązaniem symetrycznie efektywnym. Każde maksimum takiej funkcji jest rozwiązaniem symetrycznie efektywnym. Każde rozwiązanie symetrycznie efektywnym można osiągnąć przyjmując odpowiedni poziom aspiracji $\bar{y}$ [3], [6], [14], [19].

Zupełną i wystarczającą parametryzację zbioru rozwiązań otrzymuje się stosując metodę punktu odniesienia do zadania (7). Metoda ta używa jako parametrów sterujących poziomów aspiracji. Poziomy aspiracji oceniają, jaką wartość ma mieć rozwiązanie, które satysfakcjonuje osoby w grupie. Są to pożądane wartości poszczególnych ocen. Wartości poszczególnych ocen są dobrymi parametrami sterującymi.

Funkcja skalaryzującą w metodzie punktu odniesienia ma następującą postać:

$$s(y,\bar{y}) = \min_{1 \le i \le m} (T_i(y) - T_i(\bar{y}_i) + \varepsilon \cdot \sum_{i=1}^{m} (T_i(y) - T_i(\bar{y})_i) \qquad (9)$$

gdzie:

$y = (y_1, y_2, ..., y_m)$ – wektorowy wskaźnik jakości,

$T(y) = (T_1(y), T_2(y), ..., T_m(y))$, gdzie $T_1(y) \le T_2(y) \le .... \le T_m(y)$ - uporządkowany niemalejąco wektor ocen,

$\bar{y} = (\bar{y}_1, \bar{y}_2, ..., \bar{y}_m)$ – poziomy aspiracji dla poszczególnych kryteriów,

$T(\bar{y}) = (T_1(\bar{y}), T_2(\bar{y}), ..., T_k(\bar{y}))$, gdzie $T_1(\bar{y}) \le T_2(\bar{y}) \le ... \le T_m(\bar{y})$ - uporządkowany niemalejąco wektorów poziomów aspiracji,

ε – arbitralnie mały, dodatni parametr regularyzacyjny.

Taka funkcja skalaryzującą nazywa się funkcją osiągnięcia. Funkcja skalaryzująca (9) mierzy bliskość danego rozwiązania od poziomu aspiracji. Dąży się do znalezienia rozwiązania, które zbliża się tak blisko, jak to możliwe do spełnienia określonych wymagań – poziomów aspiracji. Wartości optymalne tej funkcji mogą być wykorzystane nie tylko do obliczania rozwiązań symetrycznie efektywnych, lecz także do oceny osiągalności danego punktu aspiracji $\bar{y}$. Jeśli maksimum funkcji osiągnięcia $s(y, \bar{y})$ jest ujemne, to punkt aspiracji $\bar{y}$ nie jest osiągalny, natomiast punkt maksymalny $\hat{y}$ tej funkcji jest rozwiązań symetrycznie efektywnych w pewnym sensie równomiernie najbliższym do punktu $\hat{y}$. Jeśli maksimum funkcji osiągnięcia $s(y, \bar{y})$ jest równe zero, to punkt aspiracji $\bar{y}$ jest osiągalny i jest rozwiązaniem symetrycznie efektywnych. Jeśli maksimum funkcji osiągnięcia $s(y, \bar{y})$ jest dodatnie, to punkt aspiracji $\bar{y}$ jest osiągalny, natomiast punkt maksymalny $\hat{y}$ tej funkcji jest rozwiązań symetrycznie efektywnych w pewnym sensie równomiernie polepszony do punktu $\bar{y}$ [4], [7], [18], [19].

Maksymalizacja takiej funkcji ze względu $y \in B(\hat{Y}_0, ys)$ wyznacza rozwiązanie symetrycznie efektywne $\hat{y}$ i generującą je decyzję symetrycznie efektywną $\hat{x}$. Wyznaczone rozwiązanie symetrycznie efektywne $\hat{y} = (\hat{y}1, \hat{y}2)$ zależy od wartości poziomów aspiracji $\bar{y} = (\bar{y}1, \bar{y}2)$.

6. SPOSÓB ZNAJDOWANIA ROZWIĄZANIA

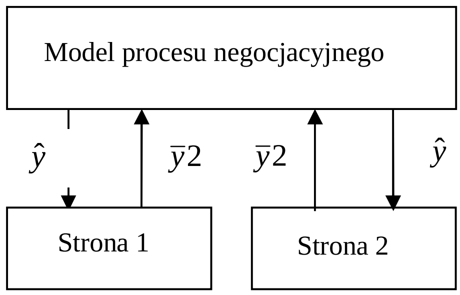
Rozwiązaniem zadania optymalizacji wielokryterialnego (1) jest cały zbiór decyzji symetrycznie efektywnych. W celu rozstrzygnięcia danego problemu należy wybrać jedno rozwiązanie, które będzie oceniane przez obie strony. Ze względu na to, że rozwiązaniem jest cały zbiór rozwiązań, strony dokonują wyboru rozwiązania przy pomocy interaktywnego systemu komputerowego. System taki umożliwia sterowany przegląd zbioru rozwiązań. Każda ze stron w negocjacjach określa swoje propozycje rozwiązań jako poziomy aspiracji. Są to wartości ocen poszczególnych kwestii negocjacyjnych, które na tym etapie negocjacji każda ze stron chciałaby osiągnąć. Wartości te są parametrami sterującymi funkcji skalaryzującej. Dla każdego etapu procesu negocjacji strony mogą podawać inne poziomy aspiracji. Na podstawie podawanych przez strony wartości parametrów sterujących system przestawia różne rozwiązania efektywne do analizy odpowiadające bieżącym wartością parametrów sterujących. Funkcja skalaryzująca (9) mierzy bliskość danego rozwiązania od poziomu aspiracji. Dąży się do znalezienia rozwiązania, które zbliża się tak blisko, jak to możliwe do spełnienia określonych wymagań – poziomów aspiracji.

Sposób wyboru decyzji jest następujący:

1. Ustalenia wstępne – strony podają swoje punkty odniesienia $y1s$ i $y2s$.
2. Algorytm iteracyjny – propozycje kolejnych decyzji.
   2.1. Interakcja z systemem – strony określają swoje propozycje dla poszczególnych przedmiotów negocjacji, jako poziomy aspiracji $\bar{y}1$ i $\bar{y}2$ dla swoich funkcji ocen.
   2.2. Obliczenia – dające kolejne rozwiązania ze zbioru negocjacji $\hat{y} = (\hat{y}1, \hat{y}2) \in B(\hat{Y}_0, ys)$.
   2.3. Ocena otrzymanego rozwiązania $\hat{y} = (\hat{y}1, \hat{y}2)$ – strony mogą zaakceptować rozwiązanie lub nie. W drugim przypadku strony składają nowe propozycje – podają nowe wartości swoich poziomów aspiracji $\bar{y}1$ i $\bar{y}2$ i wyznacza się kolejne rozwiązanie Pareto-optymalne (powrót do punktu 2.2).
3. Ustalenie decyzji, gdy decyzja spełnia wymagania stron.

Wybór decyzji nie jest pojedynczym aktem optymalizacji, ale dynamicznym procesem poszukiwania rozwiązań, w trakcie, których strony uczą się i mogą zmieniać swoje preferencje. Porównując otrzymane wyniki oceny $\hat{y}1$ i $\hat{y}2$ ze swoim punktem aspiracji $\bar{y}1$ i $\bar{y}2$ każda ze stron ma informacje o tym, co jest, a co nie jest osiągalne i jak daleko propozycje stron $\bar{y}1$ i $\bar{y}2$ są od możliwego rozwiązania $\hat{y}1$ i $\hat{y}2$. Pozwala to stronom na odpowiednią modyfikacje swoich propozycji – podanie swoich nowych punktów aspiracji. Te poziomy aspiracji są określane adaptacyjnie w procesie uczenia się. Proces ten kończy się, gdy strony znajdą taką decyzję, która pozwala na osiągnięcie rezultatów spełniających ich aspiracje lub w pewnym sensie najbliższych do tych aspiracji.

Sposób znajdowania rozwiązania jest przedstawiony na rysunku 2.



Rysunek 2. Sposób znajdowania rozwiązania

Taki sposób wyboru decyzji nie narzuca stronom żadnego sztywnego scenariusza i dopuszcza możliwość modyfikacji preferencji stron w rozwiązywania problemu negocjacyjnego. Strony uczą się w trakcie o problemie negocjacyjnym. Komputer nie zastępuje stron w wyborze rozwiązania. Całym procesem wyboru rozwiązania sterują obie strony.

7. PRZYKŁAD NEGOCJACJI DWUSTRONNYCH

Dla ilustracji metody znajdowania decyzji symetrycznie efektywnych w procesie negocjacji dwustronnych pokazany jest następujący przykład [16].

Problem negocjacji jest następujący:
Strona 1 i strona 2 – strony w negocjacjach,
$n = 2$ - ilość przedmiotów do negocjacji,
$x = (x_1, x_2) \in X_0$ - rozwiązanie - decyzja, którą mają uzgodnić strony, należąca do zbioru decyzji dopuszczalnych $X_0 \subset R^2$, x_1 - decyzja dotycząca pierwszego przedmiotu negocjacji, x_2 - decyzja dotycząca drugiego przedmiotu negocjacji,
$X_0 = \{(x_1, x_2) \in R^2 : 0 \le x_1 \le 6, \quad 0 \le x_2 \le 7\}$ - zbiór decyzji dopuszczalnych,
$f1 : X \to R^1$ $f1(x) = 2 \cdot x_1 - x_2$ – funkcja oceny decyzji x przez stronę 1,
$f2 : X \to R^2$ $f2(x) = (f2_1(x) = x_1 + 2 \cdot x_2; f2_2(x) = x_2)$ – funkcja oceny decyzji x przez stronę 2,
$ys = (ys1, ys2) = (7, \quad 8, \quad 2{,}5)$ - punkt odniesienia.

Proces negocjacji rozpatruje się, jako zadanie optymalizacji wielokryterialnej o funkcji celu $f = (f1, f2)$:

$$\max_x \{(f1(x), f2(x)) : \quad x \in X_0\} \qquad (10)$$

gdzie: $x \in X$ – wektor zmiennych decyzyjnych,
$f = (f1, f2)$ – funkcja wektorowa przekształcająca przestrzeń decyzji X w przestrzeń ocen $Y_0 \subseteq R^3$,
X_0 – zbiór decyzji dopuszczalnych.

Do wyznaczania rozwiązań zadania (10) stosuje się metodę punktu odniesienia dla zadania z uporządkowanymi w kolejności niemalejącej współrzędnymi wektora ocen. Otrzymuje się następujące wyniki.

Dla wektora aspiracji $\bar{y} = (15, \quad 25, \quad 10)$ decyzja symetrycznie efektywna jest następująca $\hat{x} = (6, \quad 5)$, a wartości funkcji oceny mają wartości $y1 = 7$ i $y2 = (16, \quad 5)$. Wartość funkcji osiągnięcia jest ujemna. Wektor aspiracji $\bar{y}$ nie jest osiągalny. Rozwiązania nie można poprawić w stosunku do wektora aspiracji $\bar{y}$.

Dla wektora aspiracji $\bar{y} = (12, \quad 15, \quad 6)$ decyzja symetrycznie efektywna jest następująca $\hat{x} = (6, \quad 3)$, a wartości funkcji oceny mają wartości $y1 = 9$ i $y2 = (12, \quad 3)$. Wartość funkcji osiągnięcia jest ujemna. Wektor aspiracji $\bar{y}$ nie jest osiągalny. Rozwiązania nie można poprawić w stosunku do wektora aspiracji $\bar{y}$.

Dla wektora aspiracji $\bar{y} = (10, \quad 14, \quad 5)$ decyzja symetrycznie efektywna jest następująca $\hat{x} = (6, \quad 3{,}5)$, a wartości funkcji oceny mają wartości $y1 = 8{,}5$ i $y2 = (13, \quad 3{,}5)$. Wartość funkcji osiągnięcia jest ujemna. Wektor aspiracji $\bar{y}$ nie jest osiągalny. Rozwiązania nie można poprawić w stosunku do wektora aspiracji $\bar{y}$.

Dla wektora aspiracji $\bar{y} = (8, \quad 13, \quad 3)$ decyzja symetrycznie efektywna jest następująca $\hat{x} = (6, \quad 3{,}67)$, a wartości funkcji oceny mają wartości $y1 = 8{,}3$ i $y2 = (13{,}3, \quad 3{,}66)$. Wartość funkcji osiągnięcia jest dodatnia.. Wektor aspiracji $\bar{y}$ jest osiągalny. Rozwiązanie można poprawić w stosunku do wektora aspiracji $\bar{y}$.

Dla wektora aspiracji $\bar{y} = (8, \quad 14 \quad 4)$ decyzja symetrycznie efektywna jest następująca $\hat{x} = (6, \quad 4)$, a wartości funkcji oceny mają wartości $y1 = 8$ i $y2 = (14, \quad 4)$. Wartość funkcji osiągnięcia jest równa zeru. Wektor aspiracji $\bar{y}$ jest osiągalny i jest rozwiązaniem symetrycznie efektywnym.

Metoda ta pozwala na sprawdzenie stronom każdej dopuszczalnej propozycji rozwiązania.

8. ZAKOŃCZENIE

W pracy przedstawiono sposób modelowania procesu negocjacji dwustronnych w postaci zadania optymalizacji wielokryterialnej. Model procesu negocjacji w postaci zadania optymalizacji wielokryterialnej pozwala na konstruowanie wariantów decyzyjnych i śledzenie ich konsekwencji. Analiza takiego modelu służy do wyboru najkorzystniejszych ofert i analizy propozycji składanych przez strony w negocjacjach. Rozwiązaniem jest decyzja symetrycznie efektywna. W podejściu tym nie ma asymetrii stron, nie premiuje się żadnej ze stron. Postępowanie takie jest w jakimś sensie sprawiedliwe, tzn.:

– jest egalitarne - daje równe prawa każdej ze stron, dzięki temu, że nie zależy od numeracji stron;
– rozwiązania będzie optymalne w sensie Pareto.

Metodą znajdowania decyzji symetrycznie efektywnych jest optymalizacja specjalnej funkcji skalaryzującej – funkcji osiągnięcia. Jako parametry sterujące tej funkcji każda ze stron podaje swoje propozycje rozwiązań dla poszczególnych przedmiotów negocjacji. Taka parametryczna skalaryzacja pozwala wyznaczać decyzje zgodne z preferencjami obu negocjujących stron. Taki sposób postępowania nie wyznacza gotowego rozwiązania, lecz wspomaga i uczy strony o danym problemie negocjacyjnym. Końcowa decyzja ma być podjęta przez strony biorące udział w negocjacjach.

Literatura

1. Fisher R., Ury W., Patron B., „Dochodząc do TAK. Negocjowanie bez poddawania się", PWE, Warszawa 2002
2. Keeney L., Raiffa H., „Decisions with Multiple Objectives. Preferences and Value Tradeoffs", 1993
3. Luce D. R., Raiffa H., „Gry i decyzje", PWN, Warszawa, 1964
4. Lewandowski A. and Wierzbicki A. eds., „Aspiration Based Decision Support Systems", Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol. 331, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 1989
5. Malawski M,, Wieczorek A,. Sosnowska H., „Konkurencja i kooperacja. Teoria gier w ekonomii i naukach społecznych",. PWN, Warszawa 1997
6. Łodziński A., „System wspomagania decydenta w podejmowaniu decyzji zadawalających", Zagadnienia techniczno – ekonomiczne, Uczelniane Wydawnictwo Naukowo – Dydaktyczne AGH, Kraków 2007
7. Łodziński A., „Interaktywna sposób analizy i podejmowania decyzji wielokryterialnych", Zeszyty Naukowe Politechniki Warszawskiej 2008
8. Ogryczak W. „Wielokryterialna optymalizacja liniowa i dyskretna", Wydawnictwa UW, Warszawa. 1997
9. Ogryczak W. „Wspomaganie decyzji w warunkach ryzyka",. Preskrypt Wydawnictwa PW, Warszawa. 2004
10. Raiffa H. „The art. And science of negotiations", Harvard University Press, Cambridge Mass, 1998
11. Samuelson W. F., Marks S. G. „Ekonomia menedżerska", PWE, Warszawa 1998
12. Straffin Ph., D. „Teoria gier", Wydawnictwo Naukowe Scolar, Warszawa 2004
13. Szapiro T., „Co decyduje o decyzji., PWN, Warszawa, 1993
14. Young H. P., „Sprawiedliwy podział",.Warszawa 2003
15. Wachowicz T. „Model wspomagania mediatora w negocjacjach dwustronnych",. Badania operacyjne i Dezyzjie, Politechnika Wrocławska, Wrocław, 2004
16. Wachowicz T. „E-negocjacje. modelowanie, analiza i wspomaganie", Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Karola Adamieckiego w Katowicach, Katowice, 2006
17. Wierzbicki A. „Negotiation and mediation in conficts. Plural rationality and interactive decision processes", Lecture Notes in Economics and mathematical Systems, Springer_verlag, 1984
18. Wierzbicki A., Makowski N., Wessels J. „Model_Based Decision Support Methology with Environmental Applications", IIASA Kluwer, Laxenburg Dordrecht, 2000
19. Wierzbicki A., P., Granat J., „Optymalizacjia we Wspomagamiu Decyzji", maszynopis, 2003.