ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2016
Seria: ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE z. 88 Nr kol. 1948

Andrzej ŁODZIŃSKI
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki
andrzej_lodzinski@sggw.pl

OPTYMALIZACJA WIELOKRYTERIALNA DLA WYBORU DECYZJI W PROCESIE NEGOCJACJI

Streszczenie. W pracy przedstawiono metodę wspomagania wyboru decyzji w procesie negocjacji. 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, jak również przez ocenę otrzymywanych rozwiązań przez strony.

Słowa kluczowe: proces negocjacji, optymalizacja wielokryterialna, decyzja wyrównująco efektywna, funkcja skalaryzująca, metoda punktu odniesienia, wspomaganie wyboru rozwiązania

MULTICRITERIA OPTIMIZATION FOR DECISION MAKING IN NEGOTIATION PROCESS

Summary. The paper presents a method of supporting the decision making in negotiation process. This process is modeled as a multicriteria optimization. It is an interactive choose of subsequent proposals. Parts present their propositions 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 valuation of the obtained solutions.

Keywords: negotiation process, multicriteria optimization, equitably efficient decision, scalarizing function, reference point method, decision support making

1. Wprowadzenie

W pracy przedstawiono metodę wyboru decyzji 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.

Negocjacje charakteryzują się brakiem jednoznacznej rozwiązania: koniecznością uwzględniania preferencji stron w jego określaniu. Proces negocjacji dwustronnych można modelować przy pomocy teorii gier. Rozwiązaniem jest wtedy rozwiązanie kooperatywne Nasha lub rozwiązanie Raiffy-Kalai'a-Smorodinsky'go [2], [7], [8], [9].

W pracy proces negocjacji dwustronnych modeluje się w postaci zadania optymalizacji wielokryterialnej. Metoda znajdowania rozwiązania polega na interaktywnym prowadzeniu procesu wyboru kolejnych propozycji rozwiązań.

2. Modelowanie procesu negocjacji

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 propozycja w negocjacjach jest oceniana przez każdą ze stron przy pomocy swojej funkcji oceny. 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 – liczba 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;

- $f1 : X_0 \to R$ – funkcja oceny decyzji x przez stronę 1;
- $f2 : X_0 \to R$ – funkcja oceny decyzji x przez stronę 2.

Problem wyboru decyzji ma charakter wielokryterialny. 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. Wyboru rozwiązania dokonuje się przy pomocy dwóch funkcji ocen.

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

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

gdzie:

$x \in X$ – wektor zmiennych decyzyjnych,

$f = (f1, f2)$ – funkcja wektorowa przekształcająca przestrzeń decyzji X w przestrzeń ocen $Y_0 \subseteq R^2$,

X_0 – zbiór decyzji dopuszczalnych.

Zadanie (1) polega na znalezieniu takiej decyzji dopuszczalnej $\hat{x} \in X_0$, dla której dwuwymiarowy wektor ocen przyjmuje jak najlepsze wartości.

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

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

gdzie:

$x \in X$ – wektor zmiennych decyzyjnych,

$y = (y1, y2)$ – wektorowy wskaźnik jakości, poszczególne współrzędne $y = (f1(x), f2(x))$ reprezentują pojedyncze, skalarne kryteria, pierwsza współrzędna stanowi kryterium oceny rozwiązania przez stronę 1, druga współrzędna stanowi kryterium oceny rozwiązania przez stronę 2,

$Y_0 = (f1, f2)(X_0)$ – zbiór osiągalnych 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 $y = (f1, f2)$ $x \in X_0$.

Celem zadania (1) jest pomoc w wyborze takiej decyzji, która jak najlepiej uwzględnia interesy obu stron [3], [4]. [5], [7], [12].

3. Rozwiązanie wyrównująco efektywne

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

- rozwiązaniem optymalnym w sensie Pareto – tzn. takim, że nie można polepszyć rozwiązania dla jednej strony bez pogarszania rozwiązania dla drugiej;
- rozwiązaniem symetrycznym – 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 wyrównującym – tzn. mniejsze zróżnicowanie współrzędnych wektora oceny jest preferowane w stosunku do wektora oceny o takiej samej sumie współrzędnych, ale o większym zróżnicowaniu współrzędnych;
- rozwiązanie powinno uwzględniać siły stron w negocjacjach.

Decyzja, która spełnia pierwsze trzy warunki jest to decyzja wyrównująco symetryczna. Jest to decyzja efektywna (decyzja Pareto-optymalna), która spełnia dodatkowe warunki – własność anonimowości i aksjomat przesunięć wyrównujących.

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

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

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

W problemie wielokryterialnym (1), który służy do wyboru decyzji w procesie negocjacji relacja preferencji powinna spełniać dodatkowe własności: własność anonimowości i własność przesunięć wyrównujących.

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

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

Nie rozróżnia się wyników, które różnią się uporządkowaniem. Wektory ocen mające te same współrzędne, ale w innej kolejności są utożsamiane.

Relacja preferencji spełnia aksjomat przesunięcia wyrównującego, jeżeli spełniony jest następujący warunek:

dla wektora ocen $y = (y_1, y_2, ..., y_m) \in R^m$:

$$y_{i'} > y_{i''} \Rightarrow y - \varepsilon \cdot e_{i'} + \varepsilon \cdot e_{i''} \succ y \ \text{ dla } 0 < y_{i''} - y_{i'} < \varepsilon \tag{5}$$

Przesunięcie wyrównujące polegające na niewielkim pogorszeniu lepszej współrzędnej wektora ocen i jednoczesnej poprawie o tę samą wielkość gorszej współrzędnej daje wektor ocen ściśle preferowany w stosunku do wyjściowego wektora ocen. Jest to konstrukcja wyrównywania – wektor ocen o mniejszym zróżnicowaniu współrzędnych jest preferowany w stosunku do wektora o takiej samej sumie współrzędnych, ale o większym zróżnicowaniu współrzędnych.

Wektor niezdominowany spełniający własność anonimowości i aksjomat przesunięć wyrównujących nazywa się wektorem wyrównująco niezdominowanym. Zbiór wektorów wyrównująco niezdominowanych oznacza się $\hat{Y}_{ow}$. W przestrzeni decyzji określa się decyzje wyrównująco efektywną. Decyzję $\hat{x} \in X_0$ nazywa się decyzją wyrównująco efektywną, jeśli odpowiadający mu wektor ocen $\hat{y} = f(\hat{x})$ jest wektorem wyrównująco niezdominowanym. Zbiór decyzji wyrównująco efektywnych oznacza się $\hat{X}_{0w}$ [6].

Relację wyrównującej dominacji można wyrazić jako relację nierówności dla skumulowanych uporządkowanych wektorów ocen. Relację tę można zapisać z użyciem przekształcenia $\overline{T} : R^m \to R^m$, który kumuluje współrzędne uporządkowanego niemalejąco wektora ocen.

Przekształcenie $\overline{T} : R^m \to R^m$ jest określone w następujący sposób:

$$\overline{T}_i(y) = \sum_{l=1}^{i} T_i(y) \quad \text{dla } i = 1,2,...,m \tag{6}$$

gdzie: $T(y)$ jest wektorem z uporządkowanymi niemalejąco współrzędnymi wektora y, tzn. $T(y) = (T_1(y), T_2(y),...,T_m(y))$, gdzie $T_1(y) \le T_2(y) \le,...,\ge T_m(y)$ oraz istnieje permutacja P zbioru $\{1,2,...,m\}$ taka, że $T_i(y) = y_{P(i)}$ dla $i = 1,2,...,m$.

Relacja wyrównującej dominacji $\succ_w$ jest zwykłą dominacją wektorową dla wektorów ocen o współrzędnych będących skumulowanymi wartościami uporządkowanego wektora ocen [6].

Wektor ocen y^1 dominuje wyrównująco wektor y^2 jeśli spełniony jest warunek:

$$y^1 \succ_w y^2 \Leftrightarrow \overline{T}(y^1) \ge \overline{T}(y^2) \tag{7}$$

Rozwiązanie problemu wyboru decyzji w procesie negocjacji polega na wyznaczeniu decyzji wyrównująco efektywnej odpowiadającej preferencjom stron.

4. Technika generacji decyzji wyrównująco efektywnych

Dla wyznaczenia rozwiązań wyrównująco efektywnych zadania wielokryterialnego (1) rozwiązuje się szczególne zadanie wielokryterialne. Jest to zadanie z wektorową funkcją skumulowanych uporządkowanych wektorów ocen, tzn. następujące zadanie:

$$\max_x \{(T_1(y), T_2(y), ..., T_m(y)) : y \in Y_0\} \tag{8}$$

gdzie:

$y = (y_1, y_2, ..., y_m)$ – wektor ocen,

$\overline{T}(y) = (\overline{T}_1(y), \overline{T}_2(y), ..., \overline{T}_m(y))$ skumulowany uporządkowany wektor ocen,

Y_0 – zbiór osiągalnych wektorów ocen.

Rozwiązanie efektywne zadania optymalizacji wielokryterialnej (8) jest wyrównująco efektywnym rozwiązaniem zadania wielokryterialnego (1).

Aby wyznaczyć rozwiązanie zadania wielokryterialnego (6) rozwiązuje się skalaryzację tego zadania z funkcją skalaryzującą $s : Y \times \Omega \to R^1$:

$$\max_x \{s(y, \overline{y}) : x \in X_0\} \tag{9}$$

gdzie:

$y = (y_1, y_2, ..., y_m)$ – wektor ocen,

$\overline{y} = (\overline{y}_1, \overline{y}_2, ..., \overline{y}_m)$ – parametry sterujące dla poszczególnych ocen.

Jest to zadanie optymalizacji jednokryterialnej specjalnie utworzonej funkcji skalaryzującej dwóch zmiennych – wektora ocen $y \in Y_0$ i parametru sterującego $\overline{y} \in \Omega \subset R^m$ o wartości rzeczywistej, tzn. funkcji $s : Y \times \Omega \to R^1$. Parametr $\overline{y} = (\overline{y}_1, \overline{y}_2, ..., \overline{y}_m)$ jest w dyspozycji decydenta, co umożliwia mu przeglądanie zbioru rozwiązań wyrównująco efektywnych.

Rozwiązanie optymalne zadania (7) powinno być rozwiązaniem zadania wielokryterialnego (6). Funkcja skalaryzująca powinna spełniać pewne własności – własność zupełności i własność wystarczalności. Własność wystarczalności oznacza, że dla każdego parametru sterującego $\overline{y}$ rozwiązanie zadania skalaryzacji jest rozwiązaniem wyrównująco efektywnym, tzn. $\hat{y} \in \hat{Y}_{ow}$. Własność zupełności oznacza, że za pomocą odpowiednich zmian parametru $\overline{y}$ można osiągnąć dowolny rezultat $\hat{y} \in \hat{Y}_{ow}$. Taka funkcja w pełni charakteryzuje rozwiązania wyrównująco efektywne. Każde maksimum takiej funkcji jest rozwiązaniem wyrównująco efektywnym. Każde rozwiązanie wyrównująco efektywne można osiągnąć, przyjmując odpowiednie wartości parametrów sterujących $\overline{y}$.

Zupełną i wystarczającą parametryzację zbioru rozwiązań wyrównująco efektywnych $\hat{Y}_{0w}$ otrzymujemy, stosując metodę punktu odniesienia do zadania (8). Metoda ta używa jako parametrów sterujących poziomów aspiracji. Poziomy aspiracji są takimi wartościami funkcji ocen, które satysfakcjonują decydenta.

Funkcja skalaryzującą w metodzie punktu odniesienia ma następującą postać:

$$s(y, \overline{y}) = \min_{1 \le i \le m} (\overline{T}_i(y) - \overline{T}_i(\overline{y})) + \varepsilon \cdot \sum_{i=1}^{m} (\overline{T}_i(y) - \overline{T}_i(\overline{y})) \tag{10}$$

gdzie:

$y = (y_1, y_2, ..., y_m)$ – wektor ocen,

$\overline{T}(y) = (\overline{T}_1(y), \overline{T}_2(y), ..., \overline{T}_m(y))$ − skumulowany uporządkowany wektor ocen,

$\bar{y} = (\bar{y}_1, \bar{y}_2, ..., \bar{y}_m)$ – wektor poziomów aspiracji,

$\overline{T}(\bar{y}) = (\overline{T}_1(\bar{y}), \overline{T}_2(\bar{y}), ..., \overline{T}_m(\bar{y}))$ − skumulowany uporządkowany wektor poziomów aspiracji,

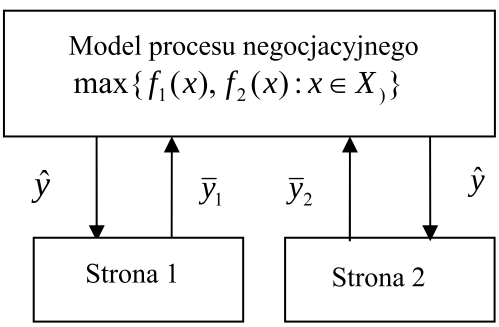
ε – arbitralnie mały, dodatni parametr regularyzacyjny.

Taka funkcja skalaryzującą nazywa się funkcją osiągnięcia. Maksymalizacja takiej funkcji ze względu x wyznacza rozwiązanie wyrównująco niezdominowane $\hat{y}$ i generującą je decyzję wyrównująco efektywną $\hat{x}$. Wyznaczone decyzja wyrównująco efektywna $\hat{x}$ zależy od wartości poziomów aspiracji $\bar{y}$ [4], [5], [6].

5. Metoda wspomagania wyboru decyzji

Rozwiązaniem zadania optymalizacji wielokryterialnego (8) jest cały zbiór decyzji wyrównująco 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. Na podstawie wartości tych parametrów system przestawia różne rozwiązania wyrównująco efektywne do analizy odpowiadające bieżącym wartością parametrów sterujących. Dąży się do znalezienia rozwiązania, które zbliża się tak blisko, jak to możliwe do spełnienia określonych wymagań – poziomów aspiracji.

Sposób wyboru decyzji jest przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Metoda wyboru decyzji
Fig. 1. The method of decision selection
Źródło: Własne.

Wybór decyzji nie jest pojedynczym aktem optymalizacji, ale dynamicznym procesem poszukiwania rozwiązań, w trakcie którego 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 otrzymuje 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.

6. Przykład negocjacji dwustronnych

Dla ilustracji metody wyboru decyzji w procesie negocjacji dwustronnych pokazany jest przykład [13].

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;
- $X_0 = \{(x_1, x_2) \in R^2 : 10 \cdot x_1 \geq 50, \quad x_2 \leq 8,\ x_1 + x_2 \leq 14,\ x_1 \geq 0,\ x_2 \geq 0\}$ – zbiór decyzji dopuszczalnych;
- $f1: X_0 \to R^1$ $f1(x) = 10 \cdot x_1$ – funkcja oceny decyzji x przez stronę 1;
- $f2: X_0 \to R^1$ $f2(x) = x_1 + 5 \cdot x_2$ – funkcja oceny decyzji x przez stronę 2;
- $ys = (ys_1, ys_2) = (80, \quad 20)$ – punkt status quo.

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

$$\max_x \{(f1(x), f2(x)) : \qquad x \in X_0\} \tag{11}$$

gdzie:

$x \in X$ – wektor zmiennych decyzyjnych;

$f = (f1, f2)$ – funkcja wektorowa przekształcająca przestrzeń decyzji X w przestrzeń ocen $Y_0 \subset R^2$;

X_0 – zbiór decyzji dopuszczalnych.

Do wyznaczania decyzji wyrównująco efektywnych zadania wielokryterialnego (12) rozwiązuje się zadanie wielokryterialne z wektorową funkcją skumulowanych uporządkowanych wektorów ocen przy pomocy metody punktu odniesienia.

Jako pierwszy krok analizy wielokryterialnej stosuje się jednokryterialną optymalizację względem funkcji oceny każdej ze stron oddzielnie. W wyniku powstaje tzw. macierz realizacji celów zawierająca wartości kryteriów każdej ze stron, otrzymanych podczas rozwiązywania dwóch problemów jednokryterialnych. Macierz ta pozwala na oszacowanie zakresu zmian poszczególnych funkcji oceny na zbiorze dopuszczalnym oraz dostarczenie pewnych informacji na temat konfliktowości funkcji ocen. Macierz realizacji celów generuje wektor utopii reprezentujący najlepsze wartości każdego kryterium rozpatrywanego osobno.

Tabela 1

Macierz realizacji celów z wektorem utopii

Optymalizowane kryterium	Rozwiązania $\hat{y}_1$	$\hat{y}_2$
Funkcja oceny strony 1 − $f1$	140	14
Funkcja oceny strony 2 − $f2$	60	46
Wektor utopii	140	46

Źródło: Obliczenia własne.

Analizując tabelę 1, widać, że wartości funkcji oceny zmieniają się znacznie w zależności od wybranego kryterium optymalizacji. Maksymalizacja funkcji oceny strony 1 pozostaje w konflikcie z maksymalizacją funkcji oceny strony 2. Z tabeli 1 widać przewagę negocjacyjną strony 1.

Strony sterują wyborem rozwiązania, podając swoje propozycje rozwiązania w postaci punktów aspiracji $\bar{y} = (\bar{y}_1, \bar{y}_2)$, stanowiących pożądane wartości swoich funkcji ocen, a system wyznacza rozwiązania $\hat{y} = (\hat{y}_1, \hat{y}_2)$ odpowiadające aktualnym wartościom parametrów do analizy przez obie strony.

Dla każdej propozycji rozwiązania dla każdej strony obliczany jest koszt sprawiedliwości (ang. *price of fairness*) [1]. Jest to iloraz różnicy pomiędzy wartością maksymalną zadania optymalizacji funkcji oceny każdej strony i wartości funkcji oceny z zadania optymalizacji wielokryterialnej w stosunku do wartości rozwiązania maksymalnego. Koszt sprawiedliwości ma następującą postać:

$$POF(y_i) = \frac{\max y_i - \hat{y}_i}{\max y_i}, \; i = 1,2 \tag{12}$$

gdzie:

$\max y_i$ – rozwiązanie optymalne w sensie maksymalizacji funkcji oceny strony $i = 1,2$,

$\hat{y}_i, i = 1,2$ – wartość funkcji oceny strony z rozwiązania zadania optymalizacji wielokryterialnego.

Przebieg analizy wielokryterialnej przedstawia tabela 2.

Tabela 2

Interaktywna analiza poszukiwania rozwiązania

Iteracja	Strona 1	Strona 2	POF_1	POF_2
1. Punkt aspiracji $\bar{y}$ Rozwiązanie $\hat{y}$	140 140	46 14	0	0,69
2. Punkt aspiracji $\bar{y}$ Rozwiązanie $\hat{y}$	130 130	40 18	0,07	0,60
3. Punkt aspiracji $\bar{y}$ Rozwiązanie $\hat{y}$	120 120	40 26	0,14	0,52
4. Punkt aspiracji $\bar{y}$ Rozwiązanie $\hat{y}$	100 100	30 30	0,28	0,34
5. Punkt aspiracji $\bar{y}$ Rozwiązanie $\hat{y}$	95 95	30 32	0,32	0,30
6. Punkt aspiracji $\bar{y}$ Rozwiązanie $\hat{y}$	96 96	30 31,6	0,31	0,31

Źródło: Obliczenia własne.

Na początku analizy strony określają swoje preferencje jako punkt aspiracji równy wektorowi utopii. Otrzymane rozwiązanie wyraźnie preferuje stronę 1 i jest nie do przyjęcia dla strony 2. Aby poprawić rozwiązanie obie strony w następnej iteracji zmniejszają swoje wymagania. Następuje pogorszenie rozwiązania dla strony 1 i poprawa dla strony 2. Rozwiązanie w dalszym ciągu jest nie do przyjęcia dla strony 2, nie osiąga jej punktu status quo. W kolejnej iteracji strony chcą w dalszym ciągu poprawić rozwiązanie dla strony 2 i obie zmniejszają swoje wymagania. Otrzymane rozwiązanie przekracza punkt status quo strony 2. Strony chcą w dalszym ciągu poprawić rozwiązanie dla strony 2: obie zmniejszają swoje wymagania. Następuje pogorszenie rozwiązania dla strony 1 i polepszenie rozwiązania dla strony 2. Strony chcą w dalszym ciągu chce poprawić rozwiązanie dla strony 2: obie w dalszym ciągu zmniejszają swoje aspiracje. Nastąpiło pogorszenie rozwiązania dla strony 1 i poprawa rozwiązania dla strony 2. W kolejnej iteracji strona 1 chce teraz polepszyć swoje rozwiązanie i tylko ona zwiększa swoje wymagania. Nastąpiła poprawa dla strony 1 i pogorszenie dla strony 2. Dla iteracji 5, 6 odpowiednie decyzje są następujące $\hat{x}^5 = (9{,}5 \;\; 4{,}5)$; $\hat{x}^6 = (9{,}6 \;\; 4{,}4)$. Koszt sprawiedliwości w ostatniej iteracji jest taki sam dla obu stron.

Ostateczny wybór specyficznego rozwiązania zależy od preferencji stron. Przedstawiony przykład pokazuje, że metoda pozwala stronom poznać możliwości decyzyjne w trakcie analizy interaktywnej i prowadzić poszukiwania rozwiązania satysfakcjonującego dla obu stron.

7. Zakończenie

W pracy przedstawiono sposób modelowania procesu negocjacji dwustronnych w postaci zadania optymalizacji wielokryterialnej, które jest wykorzystywane do wspomagania wyboru decyzji. Model procesu negocjacji w postaci zadania optymalizacji wielokryterialnej pozwala na konstruowanie wariantów decyzyjnych i śledzenie ich konsekwencji.

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.

Bibliografia

1. Bertsimas D., Farias V.F., Trichakis N.: The price of fairness, “Operations Research”, Vol. 59, no. 1, 2011
2. Luce D.R., Raiffa H.: Gry i decyzje, PWN, Warszawa 1964
3. Lewandowski A. Wierzbicki A., eds.: Aspiration Based Decision Support Systems, “Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems”, Vol. 331, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1989
4. Łodziński A.: System wspomagania decydenta w podejmowaniu decyzji zadawalających, Zagadnienia techniczno-ekonomiczne, Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2007
5. Łodziński A.: Interaktywna sposób analizy i podejmowania decyzji wielokryterialnych, „Zeszyty Naukowe Politechniki Warszawskiej”, 2008
6. Ogryczak W.: Multicriteria Optimization and Decisions under Risk, “Control and Cybernetics”, Vol. 31, nr. 4, 2002
7. Raiffa H.: The art. and science of negotiations, Harvard University Press, Cambridge Mass, 1998
8. Roszkowska E.: Wybrane modele negocjacji, Wydawnictwa UwB, Białystok 2011
9. Straffin Ph.D.: Teoria gier, Wydawnictwo Naukowe Scolar, Warszawa 2004
10. Trzaskalik T., (red.): Wielokryterialne wspomaganie decyzji. Metody i zastosowania. PWE, Warszawa 2014.
11. Wachowicz T.: E-negocjacje. Modelowanie, analiza i wspomaganie”, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Karola Adamieckiego w Katowicach, Katowice, 2006
12. Wierzbicki A.: Negotiation and mediation in conficts. Plural rationality and interactive decision processes. Lecture Notes in Economics and mathematical Systems, Springer Verlag, 1984
13. Woźniak A.: Metody optymalizacji, http://wazniak.mimuw.edu.pl. (dostęp 5 II 2016 r.)

Abstract

The paper presents a method of supporting the decision making in negotiation process. This process is modeled as a multicriteria optimization. It is an interactive choose of subsequent proposals. The parties submit their proposals for the subjects of negotiations; these proposals are parameters of the multi-criteria optimization task; this way the task is solved. Then, the parties evaluate the solution: they accept it or reject it. In the second case, the parties shall submit new proposals − the new values of parameters and the problem is solved again for these new parameters. The process of selection of solution is not a one-time process, but an iterative process of learning by parties about the negotiated problem.