

Andrzej Łodziński*

PODEJMOWANIE DECYZJI KOMPROMISOWYCH WYKORZYSTUJĄCYCH ASPIRACJE PODAWANE PRZEZ UŻYTKOWNIKA

W artykule przedstawiono sposób podejmowania decyzji oparty na analizie wielokryterialnej. Metody optymalizacji wielokryterialnej nie dają jednego rozwiązania, ale cały zbiór rozwiązań. Podejmowanie decyzji polega na interaktywnym prowadzeniu procesu podejmowania decyzji. Wybór decyzji dokonuje się przez rozwiązywanie problemu z parametrami sterującymi, które określają aspiracje użytkownika, i przez ocenę otrzymywanych rozwiązań.

Słowa kluczowe: sytuacja decyzyjna, optymalność w sensie Pareto, funkcja skalaryzująca

DECISION MAKING COMPROMISE DECISION USING ASPIRATION GIVEN BY THE USER

A decision making based on multiobjective analysis has been presented in this paper. Methods of multiobjective optimization do not give one unique solution, but a whole set of them. A decision making relies on interactive conducting of the decision making process. Selection of given decision is made by way of solving a problem with parameters defining user's aspirations and the evaluation of obtained results.

Keywords: decision making, scalarization function, optimality in a Pareto sense

1. WPROWADZENIE

W pracy przedstawiono sposób podejmowania decyzji oparty na analizie wielokryterialnej. Proces decyzyjny modeluje się za pomocą optymalizacji wielokryterialnej. Metody optymalizacji wielokryterialnej nie dają jednego rozwiązania, ale cały zbiór rozwiązań. Metoda podejmowania decyzji polega na interaktywnym prowadzeniu procesu podejmowania decyzji. Wybór decyzji dokonuje się przez rozwiązywanie problemu z parametrami sterującymi, które określają aspiracje użytkownika, i przez ocenę otrzymywanych rozwiązań. Użytkownik zadaje parametr, dla którego wyznaczana jest decyzja Paretooptymalna. Następnie ocenia otrzymaną decyzję, akceptując ją lub odrzucając. W drugim przypadku użytkownik podaje nową wartość parametru i problem jest rozwiązywany ponownie dla nowego parametru.

Proces podejmowania decyzji nie jest procesem jednorazowym, ale iteracyjnym procesem uczenia się decydenta o problemie decyzyjnym. Stosując ten sposób wyboru decyzji, decydent może otrzymać taką decyzję, jaką chce, a nawet ją polepszyć i przybliżyć do zgodnej z aspiracjami.

* Katedra Ekonometrii i Informatyki, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

2. MODELOWANIE SYTUACJI DECYZYJNEJ

Podjmowanie decyzji jest to proces wyboru decyzji celem rozstrzygnięcia określonego problemu. Decyzją nazywamy wybór pomiędzy wieloma możliwościami, które nazywa się opcjami (wariantami) decyzyjnymi. Osobę podejmującą decyzję nazywa się decydem. Dokonywanie wyboru oznacza więc działania związane z wyborem jednej możliwości ze zbioru wielu możliwości, gdzie sam wybór jest zaledwie częścią procesu podejmowania decyzji.

Podjmowanie decyzji obejmuje następujące etapy: rozpoznanie problemu, modelowanie problemu, wybór decyzji oraz realizacja i nadzór decyzji. Problem przygotowania decyzji jest zazwyczaj znacznie bardziej złożony niż sam problem wyboru między opcjami. Początkowo nie zna się zazwyczaj wszystkich opcji decyzyjnych, należy je samemu przygotować; sam też proces przygotowania opcji wariantów decyzji jest często bardziej złożony i czasochłonny niż sam problem wyboru. Na etapie realizacji i nadzoru decyzji można dokonywać modyfikacji decyzji na zasadzie obserwacji skutków decyzji [1, 2, 3, 4, 5].

Problem decyzyjny opisuje się matematycznie, wprowadzając zmienne decyzyjne x z pewnej przestrzeni decyzji X , której elementy jednoznacznie opisują podjęte decyzje. Zmienne decyzyjne nie mogą przyjmować dowolnych wartości. Występują ograniczenia zmiennych wynikające na przykład z określonego zasobu surowców, ograniczonych nakładów finansowych czy możliwości technologicznych. Zmienne decyzyjne x powinny należeć do pewnego ustalonego zbioru decyzji dopuszczalnych X_0 . Zbiór X_0 nazywa się zbiorem decyzji dopuszczalnych, a należące do niego zmienne decyzyjne $x \in X_0$ zmiennymi dopuszczalnymi. W problemach decyzyjnych występują pewne miary jakości podejmowania decyzji. Matematycznie miarę jakości decyzji wyraża się za pomocą funkcji oceny: za pomocą jednego lub wielu kryteriów.

Przyjmujemy następujące oznaczenia:

$x \in X_0$ – decyzja należąca do zbioru decyzji dopuszczalnych,
 $X_0 \subset R^n$,

$y \in Y_0$ – skutek, czyli rezultat decyzji należącej do zbioru rezultatów osiągalnych, $Y_0 \subset R^m$,

$y = f(x) \quad F: X_0 \rightarrow Y$ – odwzorowanie decyzji w ich rezultaty, które zawiera też reprezentację niepewności.

Większość problemów ma charakter wielokryterialny, czyli nie ma w nich jednego wskaźnika jakości, którego optymalna wartość zapewniłaby decyzję najlepszą. Decyzje są scharakteryzowane przez wiele kryteriów, które są sprzeczne między sobą, tzn. polepszenie jednego z nich powoduje pogorszenie innego lub innych kryteriów.

Podjmowanie decyzji przy wielu kryteriach oceny jest szukaniem kompromisu w sytuacji konfliktu kryteriów. Chcemy znaleźć taką decyzję, która byłaby akceptowalna dla każdego kryterium. Powstaje więc zadanie znalezienia odpowiedniego rozwiązania kompromisowego. Aby wyznaczyć taką decyzję, należy stosować metody optymalizacji wielokryterialnej, które pozwalają wyznaczać decyzje Paretooptymalne.

Problem decyzyjny rozpatruje się jako zadanie optymalizacji wielokryterialnej:

$$\min_x \{f_1(x), \dots, f_m(x) : x \in X_0\} \quad (1)$$

gdzie:

$x \in X$ – wektor zmiennych decyzyjnych;
 $f = (f_1, \dots, f_m)$ – funkcja wektorowa, która przyporządkowuje każdemu wektorowi zmiennych decyzyjnych $x \in X_0$ wektor ocen $y = f(x)$; poszczególne współrzędne $f_i, i = 1, \dots, m$ reprezentują skalarne funkcje ocen;
 X_0 – zbiór decyzji dopuszczalnych.

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

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

$$\min_y \{y_1, \dots, y_m : y \in Y_0\} \quad (2)$$

gdzie:

$x \in X$ – wektor zmiennych decyzyjnych;
 $y = (y_1, \dots, y_m)$ – wektorowy wskaźnik jakości; poszczególne współrzędne $y_i, i = 1, \dots, m$ reprezentują pojedyncze, skalarne kryteria;
 Y_0 – zbiór dopuszczalnych wskaźników jakości.

Funkcja $y = f(x)$ przyporządkowuje każdemu wektorowi zmiennych decyzyjnych x wektor ocen $y \in Y_0$, który mierzy jakość decyzji x z punktu widzenia ustalonego układu wskaźników jakości $y_1, \dots, y_m$. Obraz zbioru dopuszczalnego X_0 dla funkcji y stanowi zbiór osiągalnych wektorów ocen Y_0 . Celem zadania jest pomoc w znalezieniu właściwej decyzji i wybór decyzji właściwej.

3. OPTYMALNOŚĆ W SENSIE PARETO

W optymalizacji wielokryterialnej ważny jest nie cały zbiór Y_0 , ale tylko jego odpowiednia część. Interesujące są elementy niezdominowane zbioru Y_0 , czyli tak zwane rezultaty Paretooptymalne.

Rezultaty Paretooptymalne (niezdominowane) 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 $\tilde{D} = R_+^m$ [4–6].

Rezultaty Paretooptymalne to takie, w których nie można poprawić jednego wskaźnika jakości bez pogarszania wskaźników pozostałych.

4. SKALARYZACJA PROBLEMU

Metodą wyznaczania poszczególnych rozwiązań Paretooptimalnych jest optymalizacja specjalnie utworzonej funkcji skalaryzującej dwóch zmiennych (wskaźnika jakości i parametru sterującego) o wartości rzeczywistej, tzn. funkcji o postaci

$$s(y, \bar{y}): Q \times \Omega \rightarrow R^1,$$

gdzie:

- Q – przestrzeń wskaźników jakości,
- Ω – przestrzeń parametrów.

Parametr $\bar{y}$ jest w dyspozycji użytkownika, co umożliwia mu przeglądanie zbioru rozwiązań wielokryterialnych.

W pracy stosuje się funkcję skalaryzującą o postaci:

$$s(y, \bar{y}) = \max_{1 \leq i \leq m} (y_i - \bar{y}_i) + \varepsilon \cdot \sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y}_i) \quad (4)$$

gdzie:

- $y = (y_1, \dots, y_m)$ – wektorowy wskaźnik jakości; y_i – poszczególne współrzędne, $i = 1, \dots, m$ reprezentują pojedyncze, skalarne kryteria;
- $\bar{y}_i$ – poziomy aspiracji dla poszczególnych kryteriów y_i , $i = 1, \dots, m$;
- ε – arbitralnie mały, dodatni parametr regularyzacyjny.

Taka funkcja nazywa się skalaryzującą funkcją osiągnięcia. Minimalizacja takiej funkcji ze względu $y \in Y_0$ na wyznacza rozwiązania Paretooptimalne [3–8].

Funkcja skalaryzująca (4) charakteryzuje się dwiema właściwościami: wystarczalności i zupełności. Własność wystarczalności oznacza, że dla każdego poziomu aspiracji $\bar{y}$ rozwiązanie zadania skalaryzacji jest rozwiązaniem Paretooptimalnym, tzn. $\hat{y} \in \hat{Y}_0$. Własność zupełności oznacza, że za pomocą odpowiednich zmian parametru $\bar{y}$ można osiągnąć dowolny rezultat $\hat{y} \in \hat{Y}_0$. Taka funkcja w pełni charakteryzuje rozwiązania Paretooptimalne. Każde minimum takiej funkcji jest rozwiązaniem Paretooptimalnym. Każde rozwiązanie Paretooptimalne można osiągnąć przyjmując odpowiedni poziom aspiracji $\bar{y}$.

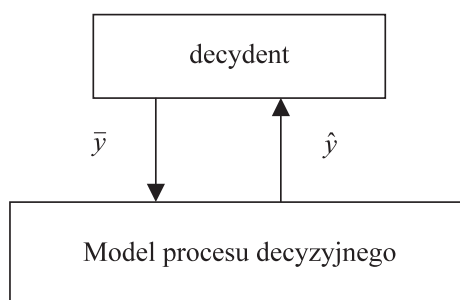
Wartości optymalne tej funkcji mogą być wykorzystane nie tylko do obliczania rozwiązań Paretooptimalnych, lecz także do oceny osiągalności danego punktu aspiracji $\bar{y}$. Jeśli optimum funkcji osiągnięcia jest ujemne, to punkt aspiracji nie jest osiągalny, a rozwiązanie nie jest rozwiązaniem Paretooptimalnym; jeśli optimum funkcji osiągnięcia jest równe zeru, to punkt aspiracji jest osiągalny i jest rozwiązaniem Paretooptimalnym; jeśli optimum funkcji osiągnięcia jest dodatnie, to punkt aspiracji jest osiągalny, a rozwiązanie jest rozwiązaniem Paretooptimalnym polepszonym w stosunku do punktu aspiracji [3–8].

5. METODA WYBORU DECYZJI

Rozwiązaniem Paretooptymalnym jest cały zbiór rozwiązań, więc decydent powinien dokonywać wyboru decyzji za pomocą interaktywnego systemu komputerowego. System taki umożliwia sterowany przegląd zbioru rozwiązań. Na podstawie podawanych przez decydent wartości pewnych parametrów sterujących system przedstawia decydentowi różne rozwiązania do analizy.

Decydent rozwiązując problem decyzyjny przy pomocy funkcji skalaryzującej (4), określa poziomy aspiracji, jako pożądane wartości poszczególnych kryteriów. Jeżeli wartości kryteriów nie osiągają poziomów aspiracji, to decydent stara się znaleźć rozwiązanie lepsze. Jeżeli wartości pewnych kryteriów osiągnęły odpowiednie poziomy aspiracji, to decydent koncentruje uwagę na poprawie wartości tych kryteriów, które nie osiągnęły swoich poziomów aspiracji. Gdy wszystkie kryteria osiągną założone poziomy aspiracji, to decydent jest zainteresowany dalszą poprawą kryteriów, o ile jest to możliwe. Parametr sterujący w postaci poziomów aspiracji jest dogodny dla decydenta, gdyż reprezentuje rozumiane przez decydent wielkości rzeczywiste charakteryzujące jego preferencje [3–5].

Sposób podejmowania decyzji przedstawiony jest na rysunku 1.



Rys. 1. Sposób podejmowania decyzji

Taki sposób podejmowania decyzji nie narzuca decydentowi żadnego sztywnego scenariusza analizy problemu decyzyjnego i dopuszcza możliwość modyfikacji jego preferencji w trakcie analizy problemu. W tym sposobie podejmowania decyzji użytkownik spełnia rolę nadrzędną. Komputer nie zastępuje użytkownika w podejmowaniu decyzji, ponieważ całym procesem podejmowania decyzji steruje użytkownik.

6. ZAKOŃCZENIE

W artykule przedstawiono sposób wspomagania podejmowania decyzji oparty na analizie wielokryterialnej. W proponowanym sposobie postępowania użytkownik spełnia rolę nadrzędną. Metoda nie zastępuje użytkownika w podejmowaniu decyzji, ponieważ całym procesem podejmowania decyzji steruje właśnie użytkownik.

Literatura

- [1] Findeisen W., Bailey F., Brdyś M., Malinowski K., Tatjewski P., Woźniak A.: *Control and Coordination in Hierarchical Systems*. Vol. 9, IASA International series, John Wiley & Sons 1980
- [2] Findeisen W.: *Struktury sterowania dla złożonych systemów*. Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 1998
- [3] Lewandowski A., Wierzbicki A.P.: *Aspiration Based Decision Support Systems*. Vol. 331, Berlin/Heilderberg, Springer-Verlag 1989
- [4] Wierzbicki A.P., Makowski M., Wessela J.: *Model-based Decision Support Methodology with Environmental Applications*. Dordrecht – Laxenburg, Kluwer Academic Publishers 2000
- [5] Wierzbicki A.P., Granat J.: *Optymalizacja we wspomaganiu decyzji* 2003 (maszynopis)
- [6] Wierzbicki A.P.: *On the completeness and constructiveness of parametric characterizations to vector optimization problems*. Vol. 8, OR Spektrum 1986
- [7] Łodziński A.: *The use of reference objectives for selecting polyoptimal control in multistage process. System Analysis Modelling Simulation*. Vol. 8, Berlin, Akademie Verlag 1991
- [8] Wierzbicki A.P.: *The use of reference objectives in multi-objective optimization* [w:] Fandel G., Gal T. (red.), *Multiple Criteria Decision Making. Theory and Application*, Lecture Notes in Electronic and Mathematical Systems, vol. 177, Berlin/Heildelberg, Springer-Verlag 1980