

XIII MIĘDZYNARODOWE KOŁOKWIUM
"MODELE W PROJEKTOWANIU I KONSTRUOWANIU MASZYN"
13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
"MODELS IN DESIGNING AND CONSTRUCTIONS OF MACHINES"
25-28.04.1989 ZAKOPANE

Jacek Misiakiewicz

Politechnika Śląska w Gliwicach

Wojciech Tarnowski

Wyższa Szkoła Inżynierska w Koszalinie

KOMPUTEROWY SYSTEM WSPOMAGANIA WYBORU ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH: ZAŁOŻENIA, BUDOWA, DZIAŁANIE

Podano podstawy teoretyczne procesu wyboru w projektowaniu i konstruowaniu technicznym, a także charakterystykę tego procesu. Przedstawiono konwersacyjny program wspomaganie procesu wyboru na skończonym zbiorze wariantów, przeznaczony do implementacji na mikrokomputerze IBM PC.

1. Wstęp

W projektowaniu typowa jest sytuacja, kiedy należy wybrać najlepszy wariant ze skończonego zbioru wariantów (o liczności zwykle nie przekraczającej kilkanaście do kilkudziesięciu). Zwykle należy uwzględnić wiele kryteriów, zwanych tu kryteriami oceny, niezależnie od ograniczeń nierównościowych, nałożonych na właściwości obiektu. Przykładami mogą być: wybór koncepcji konstrukcji, wybór zespołu handlowego z katalogu lub wybór oferty (np. oferty licencyjnej).

Kryteria powinny być ujmowane probabilistycznie, to znaczy stochastyczny powinien być opis preferencji, ponieważ zależą one od losowych warunków eksploatacji. Także sam optymalizowany obiekt powinien być opisany losowo, gdyż losowy jest proces jego wytwarzania i losowe są zakłócenia zewnętrzne (np. zużycie paliwa przez silnik zależy od przypadkowych parametrów stanu otoczenia). Zauważmy także, że niektóre kryteria mają charakter rozmyty (np. wygoda czy bezpieczeństwo) i taki też powinien być ich opis.

Problemy te rozważano w pracy [3], gdzie zaproponowano teorię procesu wyboru, a także zbiór metod wspomagających wybór. W oparciu o tę pracę, w ramach Programu RP.I.06 stworzono program do komputerowego wspomaganie procesu wyboru [2], pracujący w trybie

dialogowym z projektantem. Dalsze prace rozwojowe są w toku.

2. Podstawy teoretyczne

Założmy, że dane są:

$$1) \text{ Zbiór wariantów (nazw): } A = \{a : v = 1, \dots, V\} \quad \dots (1)$$

$$2) \text{ Zbiór kryteriów oceny: } K = \{k_i : i = 1, \dots, I\} \quad \dots (2)$$

przy czym pewne kryteria mają osiągnąć wartości maksymalne:

$$k_i = \max ! (i=1, \dots, n),$$

zaś pozostałe kryteria wartości minimalne:

$$k_j = \min !, (j=n+1, \dots, I),$$

3) Macierz ocen:

$$|k_{iv}|, i = 1, \dots, I, v = 1, \dots, V \quad \dots (3)$$

Oceny są liczbami, rozkładami prawdopodobieństwa (np. gęstościami $f_{iv}(k_i)$) lub funkcjami przynależności $\mu_v(k_i)$ w przypadku oceny rozmytej; charakteryzują one osiągi obiektu,

4) Ograniczenia Ω :

$$g_j(k_{1v}, \dots, k_{Iv}) \geq 0 : j = 1, \dots, J \quad \dots (4)$$

gdzie k_{iv} są ocenami.

Należy znaleźć taki wariant $a_0 \in A$ (zwany dalej optymalnym), który spełni możliwie dobrze kryteria (2), a jednocześnie spełni bezwzględnie ograniczenia (4):

$$a_0 = a_p \in A : \left(\bigwedge_{i \in \{1, I\}} k_i(a_p) = \min ! \cup \max ! \right) \cap \left(\bigcap_{j \in \{1, J\}} g_j(k_{1p}, \dots, k_{Ip}) \geq 0 \right) \quad \dots (5)$$

Powyższe zadanie jest zadaniem polioptymalizacji i jako takie jest niejednoznaczne. Wymaga więc od użytkownika arbitralnej decyzji.

3. Ujęcia polioptymalizacji

Spotyka się trzy ujęcia problemu polioptymalizacji:

1. Najogólniejsze to takie, kiedy staramy się wyznaczyć w zbiorze wariantów poprawnych (tzn. spełniających ograniczenia (4), czyli wymagania) podzbiór wariantów polioptymalnych (niezdominowanych, efektywnych, kompromisowych, Pareto-optymalnych). Jeśli ten podzbiór jest liczny (w szczególności jeśli jest nieprzeliczalny)

problemem staje się znalezienie jego dobrej reprezentacji skończonej, wygodnej do podjęcia decyzji przez projektanta. To podejście bywa nazywane optymalizacją wektorową lub polioptymalizacją.

2. Aby uniknąć niejednoznaczności rozwiązania i konieczności arbitralnego podejmowania decyzji przez projektanta, w wielu przypadkach formułuje się zadanie optymalizacji wielokryterialnej, tzn. tworzy się zastępcze skalarnie kryterium optymalizacji F:

$$F = F(k_1, \dots, k_I) \quad \dots (6)$$

Często jest to kryterium sztuczne, tzn. nie mające interpretacji fizycznej. Można wykazać, że najbardziej przydatna jest liniowa postać

$$F = \sum_{i=1}^I w_i \cdot u_i(k_i); \quad \dots (7)$$

gdzie: k_i^* są ocenami unormowanymi [3], u_i są funkcjami użyteczności [3], w_i są wagami unormowanymi [3]. Wszystkie te wartości leżą w przedziałach [0,1]. Metody określania mogą być wspomagane komputerem.

W przypadku zadania optymalizacji wielokryterialnej należy znaleźć taki wariant a_j który spełnia ograniczenia (4) i maksymalizuje (ewent. minimalizuje - zależnie od jej zdefiniowania) skalarną funkcję optymalizacji F (6).

3. Najczęstszym, ale też najbardziej arbitralnym sposobem jest wybranie spośród kryteriów jednego najważniejszego i rozwiązanie zadania optymalizacji jednokryterialnej, przy pozostałych kryteriach zamienionych na ograniczenia.

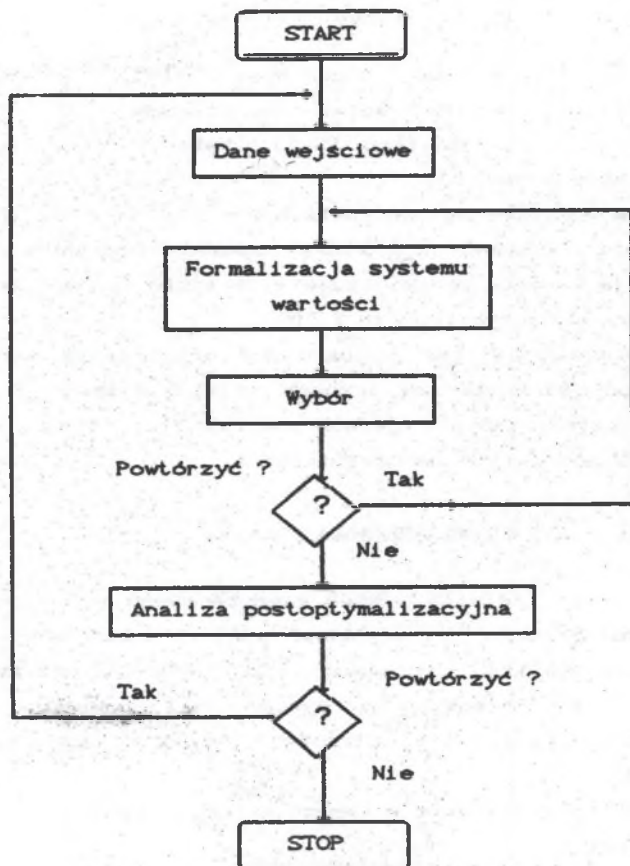
4. Komputerowy system wspomagania wyboru

Podstawowym zadaniem system komputerowego wspomagania wyboru jest dostarczenie użytkownikowi (decydentowi) jak najwszechstronnejszej informacji o zadaniu wyboru i jego rozwiązaniu. W szczególności system taki powinien:

- umożliwiać realizację strategii wyboru przedstawionych w punkcie 3;
- umożliwiać wykorzystanie w ramach każdej z tych strategii różnych metod wyboru;
- wspomagać użytkownika w podejmowaniu decyzji sterujących przebiegiem procesu wyboru;

- wspomagać analizę wyników procesu wyboru;
- umożliwiać dialogową komunikację użytkownika z procesem wyboru;
- umożliwiać powtarzanie pewnych etapów wyboru ze zmienionymi parametrami procesu;
- być "przyjacielski" dla użytkownika;
- być możliwym do realizacji na mikro/minikomputerze z jak najlepszym wykorzystaniem jego zasobów, w szczególności grafiki.

W wyniku prowadzonych prac powstał program nazwany SWW (System Wielokryterialnego Wyboru Wariantów) przeznaczony na mikrokomputery klasy IBM PC/XT/AT/PS 2. Program napisano w języku Turbo-Pascal wersja 4.0. Jego ogólną strukturę przedstawiono na schemacie blokowym (rys. 1).



Rys. 1. Ogólny schemat blokowy programu SWW

Program SWWW składa się z szeregu modułów funkcjonalnych realizujących poszczególne zadania w procesie wyboru.

Poniżej przedstawiono funkcje realizowane przez system:

a) Wprowadzanie i edycja danych.

Funkcja ta umożliwia wprowadzenie i modyfikowanie informacji wejściowych w procesie wyboru, zgodnie z wzorami (1)..(4).

Zbiór ograniczeń (4) nałożonych na warianty pełni rolę selektora umożliwiającego wyznaczenie zbioru wariantów dopuszczalnych.

Użytkownik ma możliwość definiowania jednej z dwóch struktur zbioru kryteriów: prostej (jednopoziomowej) oraz złożonej (inaczej: wielopoziomowej, zagłębionej, hierarchicznej).

b) Formalizacja systemu wartości

Realizacja zadania wyboru wymaga formalizacji systemu wartości, tj. określenia nadrzędnego kryterium optymalizacji i przyjęcia zgodnej z nim metody wyboru oraz podjęcia decyzji pomocniczych dotyczących ewentualnej normalizacji wartości kryteriów oraz określenia współczynników wagi.

Metody wyboru

W systemie oprogramowano szereg metod wyboru umożliwiających zastosowanie dowolnej z opisanych strategii wyboru. W obecnej wersji systemu są to metody: maximin, ważony maximin, suma ważona, TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), Electre, próg satysfakcji, analiza clusterowa oraz wyznaczanie zbioru Pareto.

Szczegółowy opis tych metod i dyskusję ich właściwości można znaleźć w literaturze (np. w pracy [1]).

System zawiera także opcję "podpowiadania" wyboru metody, co wymaga wprowadzenia przez użytkownika pewnych dodatkowych informacji o zadaniu wyboru.

Normalizacja

Wiele metod wyboru wymaga, by wartości ocen znajdowały się na wspólnej skali wartości; zwykle przyjmuje się skalę $\langle 0, 1 \rangle$.

W systemie SWWW użytkownik ma możliwość wyboru sposobu normalizacji, uwzględniając dodatkowo rodzaj kryterium

(deterministyczne lub probabilistyczne). Obecnie w systemie dostępne są następujące typy transformacji: liniowa (dwa rodzaje), wektorowa (wymagana m.in. przez metody TOPSIS i Electre), punktowa konstrukcja przebiegu funkcji użyteczności w oparciu o loterię von Neumanna - Morgensterna, predefiniowane, "typowe" przebiegi funkcji użyteczności.

W przypadku kryteriów zależnych od stanów otoczenia, dla których znane są rozkłady prawdopodobieństwa, system umożliwia skonstruowanie przebiegu funkcji użyteczności (zgodnie z opisem podanym w pracy [3]).

Współczynniki wagi

Niektóre metody wyboru wymagają określenia przez użytkownika wartości współczynników wagi (wzajemnej ważności kryteriów), przy czym ich wartości są zwykle znormalizowane tak, by

$$\sum_{i=1}^I w_i = 1. \quad \dots (8)$$

Użytkownik może bezpośrednio definiować współczynniki wagi, bądź też może skorzystać z jednej z metod wspomaganie, np. tablicy wymuszonych decyzji.

c) Wybór

Po wprowadzeniu niezbędnych danych wymaganych przez przyjętą metodę przeprowadzane są obliczenia. Wyniki obliczeń mogą być archiwizowane w celu ich późniejszego wykorzystania w analizie postoptimalizacyjnej wyników wyboru.

Cały proces wyboru lub też pewien jego etap może być powtórzony ze zmienionymi niektórymi parametrami (inna metoda, inny sposób normalizacji, inne współczynniki wagi).

d) Analiza postoptimalizacyjna

Funkcja ta umożliwia zestawienie wyników wyboru dokonanych różnymi metodami i ich statystyczną obróbkę. Stanowi początek planowanego postprocesora.

Każdy z etapów procesu wyboru jest dokumentowany odpowiednimi raportami w postaci wydruków.

System był już wykorzystywany do wspomaganie decyzji w przypadkach praktycznych: do wyboru mierników poziomu dla systemu

kontroli poziomu wody w zbiornikach retencyjnych oraz do oceny jakości nowo przygotowywanej konstrukcji żurawia samochodowego.

Plany na przyszłość

System S/W/W ma strukturę otwartą, tak że łatwo można go modyfikować i dostosowywać do konkretnych potrzeb. W najbliższej przyszłości przewiduje się:

- dołączenie nowych metod wyboru;
- wprowadzenie rozmytych kryteriów, rozmytych ocen oraz rozmytych wag;
- rozwinięcie zakresu analizy postoptymalizacyjnej;
- umożliwienie modelowania preferencji użytkownika na podstawie informacji o preferencjach między wariantami;
- doskonalenie systemu wspomaganie pracy użytkownika;
- rozszerzenie zakresu wykorzystania grafiki do obrazowania informacji;
- wprowadzenie możliwości współpracy z bazami danych oraz przeprowadzania operacji na danych wejściowych (preprocesor).

5. Uwagi końcowe

Rozpowszechnienie się systemów mikrokomputerowych oraz opracowanie odpowiedniego oprogramowania stwarza szansę na wprowadzenie metod racjonalnego podejmowania decyzji do codziennej praktyki projektowania. Wynika stąd możliwość przyspieszenia prac projektowych, zmniejszenie kosztów i liczby nietrafionych lub błędnych projektów.

Systemy wspomaganie decyzji są bardzo zbliżone do dynamicznie rozwijającej się obecnie dziedziny systemów ekspertowych i w ich połączeniu należy dopatrywać się interesujących rezultatów w przyszłości.

Literatura

- [1] Hwang Ch., Yoon K.: Multiple Attribute Decision Making - Methods and Applications. Springer - Verlag, Berlin 1981.
- [2] Misiakiewicz J.: Mikrokomputerowy system wspomaganie wyboru w projektowaniu. Zeszyty Naukowe WSIInż. Nr 10/1987 (Materiały VI Kraj. Konferencji 'Poliptymalizacja w Projektowaniu - Mielno 87'), Koszalin 1987, ss.143-152,

- [3] Tarnowski W.: Model procesu wyboru w projektowaniu technicznym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Automatyka, z. 72, Gliwice 1984.
- [4] Tarnowski W., Wacławek M.: Optymalizacja wielokryterialna w obecności ocen rozmytych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Automatyka, z. 67 (ss.121-134), Gliwice 1983.
- [5] Tarnowski W.: Opracowanie zbioru metod komputerowych wspomagających proces wyboru w projektowaniu technicznym. Sprawozdanie z prac w ramach zadania RP.I.06.1.13. Koszalin 1987 (niepublikowane).
- [6] Tarnowski W.: Komputerowe wspomaganie wielokryterialnego wyboru na skończonym zbiorze wariantów. Materiały VI Konf. 'Metody i Środki Projektowania Wspomaganego Komputerowo', Instytut Budowy Maszyn Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1987, ss.471-478.
- [7] Tarnowski W., Misiakiewicz J.: Heuristic algorithms for tenders choice and quality appraisal as examples of multiple criteria choice making in the design and practice. Proceedings of the Seminar on "Nonconventional Problems of Optimization", Prace IBS PAN, nr 134. Warszawa 1986.

COMPUTER AIDED SYSTEM FOR DESIGN ALTERNATIVES CHOICE:
FOUNDATIONS, STRUCTURE AND PERFORMANCE

S u m m a r y

The theory, as well as the characteristic of the choice process in design is given. Then an interactive computer program for aiding the choice on a finite set of variants is presented, which is devised for IBM PC microcomputers.

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА ВСПОМОГАНИЯ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ:
ОСНОВЫ, СТРУКТУРА И ВЫПОЛНЕНИЕ

Р е з ю м е

Представлено теоретические основы процесса выбора в проектировании и техническом конструировании, а также характеристику этого процесса. Показано диалоговую программу автоматизированного процесса выбора из конечного набора вариантов конструкции, предназначенную на микрокомпьютер IBM PC.

Recenzent: doc. dr hab. /s. Wojciech

Wpłynęło do Redakcji 20.XII.1988 r.