ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1983
Seria: AUTOMATYKA z.65 Nr kol. 760

Wojciech TARNOWSKI, Mariusz WACŁAWEK
Instytut Automatyki
Politechniki Śląskiej

OPTYMALIZACJA WIELOKRYTERIALNA W OBECNOŚCI OCEN ROZMYTYCH

Streszczenie. Przedstawiono koncepcję rozmytej oceny wariantów rozwiązań projektowych na bazie aparatu pojęciowego teorii zbiorów rozmytych. Pokazano sposób interpretacji cząstkowych ocen rozmytych oraz sposób agregowania tych ocen do skalarnej wielokryterialnej oceny wariantu. Wyróżniono dwa przypadki:
a) gdy rozmyte są wartości ocen,
b) gdy rozmyte (ze względu na niemierzalność) są kryteria i odpowiadające im współczynniki wagi.
Proponuje się także, w oparciu o literaturę, sposoby porównania i interpretacji końcowych ocen rozmytych.

1. Wstęp

W projektowaniu technicznym operuje się zwykle wielkościami (fizycznymi i ekonomicznymi) dobrze zdefiniowanymi i mierzalnymi (np. natężenie prądu, stężenie składników, cena itp.). Jednak zdarza się, że niektóre wielkości nie dadzą się opisać za pomocą zmiennych zdefiniowanych bądź ich wartości nie da się zmierzyć i przedstawić w postaci liczbowej, zdeterminowanej, np. wygoda użytkowania czy poczucie bezpieczeństwa. Próby formalizacji takich zmiennych lingwistycznych mogą być następujące:

a) poszukuje się zastępczych zmiennych, zdefiniowanych lub dających się zmierzyć, np. "stopień zagrożenia" można mierzyć prawdopodobieństwem wypadku, albo
b) tworzy się umowną, sztuczną skalę, przyporządkowującą wartości liczbowe poszczególnym wartościom zmiennej lingwistycznej (np. szkolnej ocenie "bardzo dobry" odpowiada liczba 5), albo
c) korzysta się z aparatu pojęciowego teorii zbiorów rozmytych.

Zajmiemy się tym ostatnim przypadkiem.

2. Ocena rozmyta

Oceną k_{iv} nazywamy wartość i-tego kryterium oceny k_i dla v-tego wariantu rozwiązania R_v. Zwykle wariant R_v definiowany jest za pomocą wartości skończonej liczby cech konstrukcyjnych $\{x_p\}$ p = 1,...,P:

$$R_v = \{x_{1v},\dots,x_{pv}\} \tag{1}$$

Oznacza to, że każdy wariant R_v wyznaczony jest przez wektor w P-wymiarowej przestrzeni wartości cech konstrukcyjnych. Niniejsza praca ogranicza się do przypadku dyskretnych cech konstrukcyjnych (zmiennych decyzyjnych). Jeśli cechy x_p są zmiennymi dyskretnymi "z natury" lub sztucznie skwantowanymi, zbiór $\{R_v\}$, $v = 1,\dots,V$ jest zbiorem skończonym lub przeliczalnym ("dyskretnym"). Wówczas oceny mogą być przedstawione w postaci macierzy ocen k_{iv}, dim $k_{iv} = I \cdot V$, gdzie I jest liczbą kryteriów oceny a V liczbą wariantów rozwiązań. Widać więc, że każde rozwiązanie R_v wyznaczone jest przez wektor w I-wymiarowej przestrzeni kryteriów (przestrzeni celu), pod warunkiem że oceny k_{iv} są podane w sposób deterministyczny. Mogą jednak zaistnieć dwa następujące przypadki:

a) kryterium oceny k_i jest zmienną zdefiniowaną ale niedostępną pomiarowo, wówczas oceny k_{iv} są formułowane w sposób rozmyty,
b) kryterium oceny k_i jest zmienną lingwistyczną, tym samym oceny k_{iv} muszą być także rozmyte.

Istotą oceny rozmytej jest przedstawienie danego rozwiązania R_v jako zbioru rozmytego, scharakteryzowanego własną funkcją przynależności i określonego w przestrzeni:

a) wartości i-tego kryterium k_i, gdy chodzi o ocenę cząstkową (ze względu na jedno kryterium),
b) wartości funkcji celu P, gdy chodzi o ocenę kompleksową (wielokryterialną).

Wprowadźmy następujące oznaczenia:

$\{k_i\}$ – zbiór kryteriów oceny $i = 1,\dots,I$,
$\{w_i\}$ – zbiór współczynników wagi,
$\{R_v\}$ – zbiór wariantów rozwiązań dopuszczalnych $v = 1,\dots,V$,
P_i – klasa zbiorów rozmytych dla i-tego kryterium oceny, stanowiąca repertuar ocen rozmytych dla tego kryterium (dotyczy tylko kryteriów ocenianych w sposób rozmyty – por. p.4),
T_i – klasa zbiorów rozmytych dla i-tego współczynnika wagi, stanowiąca repertuar ocen rozmytych dla tego współczynnika wagi (dotyczy tylko współczynników wagi ocenianych w sposób rozmyty- por. p.5).
U_i – przestrzeń wartości i-tego kryterium,
W_i – przestrzeń wartości i-tego współczynnika wagi,
U_P – przestrzeń wartości funkcji celu,
P_{ik}, T_{iz} – k-ty zbiór rozmyty w klasie P_i, T_i $k=1,\dots,K_i$ $z=1,\dots,Z_i$,
k_{iv} – ocena v-tego wariantu ze względu na i-te kryterium (rozmyta lub ostra),
$\mu_{P_{ik}}$ – funkcja przynależności zbioru rozmytego P_{ik}.

Zdanie:

$$k_{iv} \text{ jest } P_{ik},\ P_{ik} \in P_i \quad \text{oraz} \quad P_{ik} \subset U_i \tag{2}$$

formułuje ocenę rozmytą.

PRZYKŁAD

Niech i-tym kryterium oceny będzie niezawodność ($U_i = <0,1>$). Jest to wielkość zdefiniowana, ale załóżmy, że na danym etapie projektowania niedostępna pomiarowo. Przyjmujemy dla tego kryterium następujący repertuar ocen rozmytych, czyli klasę zbiorów rozmytych P_i:

$$P_i = \left\{P_{i1}, P_{i2}, P_{i3}\right\}$$

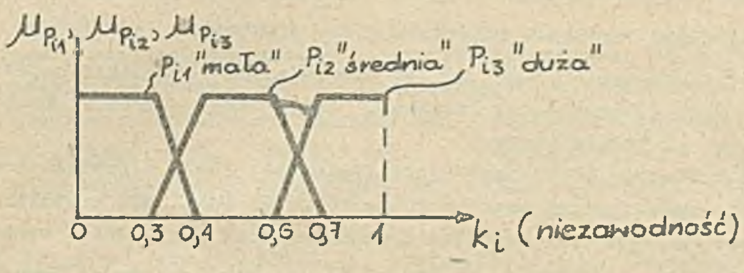
gdzie:

P_{i1} - "mała"

P_{i2} - "średnia"

P_{i3} - "duża"

Załóżmy, że funkcje przynależności $\mu_{P_{i1}}, \mu_{P_{i2}}, \mu_{P_{i3}}$ są takie, jak przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Przykładowy repertuar ocen rozmytych dla kryterium oceny "niezawodność"

Ocena rozmyta ze względu na i-te kryterium oceny k_i polega na przyporządkowaniu każdemu z elementów zbioru $\left\{R_v\right\}$ jednego ze zbiorów rozmytych z rodziny P_i, czyli na przedstawieniu każdego z rozwiązań jako rozmytego podzbioru przestrzeni $U_i = <0,1>$. Np.

Na przykład stwierdzenie

"Niezawodność wariantu R_1 jest średnia" odpowiada zapisowi:

$$R_1 = P_{i2} \Longleftrightarrow k_{i1} \text{ jest } P_{i2},$$

$$P_{i2} = ((k_i, \mu_{P_{i2}}) \mid k_i \in U_i, \mu_{P_{i2}} : U_i \ <0,1>)$$

3. Zadanie optymalizacji

Ograniczymy się [3] do przypadku liniowej i addytywnej ze względu na funkcje u_i funkcji celu F_v o postaci:

$$F_v = \sum_{i=1}^{i=I} w_i u_i\,(k_{iv}) \tag{3}$$

gdzie:

F_v – wartość funkcji celu dla v-tego wariantu rozwiązania,

$u_i(k_{iv})$ – wartość funkcji użyteczności (preferencji) dla i-tego kryterium i v-tego wariantu rozwiązania $u_i = \langle 0,1 \rangle$,

w_i – współczynnik wagi i-tego kryterium, przy czym $\sum_{i=1}^{i=I} w_i = 1$ (współczynniki wagi są znormalizowane) oraz wartości w_i są dodatnie.

Optymalizacja polega na znalezieniu takiego wariantu rozwiązania R_{vo} ze zbioru R_v, które maksymalizuje funkcję celu, czyli:

$$R_{vo} : R_{vo} \in \{R_v\} \quad \text{i} \quad \bigwedge_{1 \leqslant v \leqslant V} F_{vo} \geqslant F_v \tag{4}$$

W dalszej części artykułu rozpatrzymy dwa przypadki:

1) wszystkie kryteria oceny k_i są zdefiniowane, wszystkie współczynniki wagi w_i zdeterminowane liczbowo, część ocen wartości kryteriów k_i rozmyta, pozostałe ostre,
2) część kryteriów oceny jest niezdefiniowana, czyli odpowiadające im oceny i współczynniki wagi są także rozmyte. Pozostałe kryteria zdefiniowane, a ocena ich wartości i współczynniki wagi dane w sposób ostry.

Na przykładzie tych dwóch przypadków zaproponowany zostanie sposób określenia zbiorów rozmytych w przestrzeni U_F wartości funkcji celu, stanowiących ostateczną wielokryterialną ocenę rozwiązań oraz przedstawione zostaną sugestie co do końcowej interpretacji takiej oceny.

4. Przypadek pierwszy

Dane są:

F – postać funkcji celu,
$\{R_v\}$ – zbiór rozwiązań dopuszczalnych (poprawnych) [4],
$\{k_p\}$, p=1,...,L – zbiór kryteriów, których oceny są rozmyte,
$\{k_s\}$, s=L+1,...,I – zbiór kryteriów, których oceny są ostre,
$\{w_i\}$, i=1,...,I – zbiór ostrych współczynników wagi,

$u_i(k_i)$ - zbiór funkcji użyteczności określonych na zbiorach U_i,

$\{k_{pv}\}$ - zbiór ocen rozmytych dla v-tego wariantu,

$\{k_{sv}\}$ - zbiór ocen deterministycznych dla v-tego wariantu.

Funkcję celu dla v-tego wariantu rozwiązania możemy zapisać (korzystając z zależności (3)) jako:

$$F_v = F_{rv} + F_{dv}$$

gdzie:

$$F_{rv} = \sum_{p=1}^{p=1} w_p\, u_p\,(k_{pv}) \quad \text{- składnik rozmyty funkcji celu,}$$

$$F_{dv} = \sum_{s=L+1}^{s=I} w_s\, u_s\,(k_{sv}) \quad \text{- składnik ostry funkcji celu.}$$

Procedura postępowania jest następująca:

1) dokonujemy transformacji funkcji przynależności $\mu_{\tilde{P}_{pk}}$ zbiorów rozmytych P_{pk}, które formułują oceny rozmyte kryteriów k_p z przestrzeni wartości U_p kryteriów k_p do przestrzeni wartości funkcji użyteczności $u_p(k_p)$, którymi jest przedział $<0,1>$ (wg konstrukcji z rys.3, patrz przykład),
2) przeskalowujemy osie wartości funkcji użyteczności $u_p(k_p)$ poprzez przemnożenie ich przez wartości odpowiadających współczynników wagi w_p,
3) dokonujemy sumowania (składania) ocen cząstkowych występujących w składniku rozmytym F_{rv} funkcji celu F_v wg następującej formuły (dla dwóch dowolnych ocen cząstkowych ze względu na kryteria k_l i k_t):

$$\mu_{R_v}(F_{rv}) = \sup_{\substack{w_l u_l, w_t u_t \in U_F \\ w_l u_l + w_t u_t = F_{rv}}} \left\{ \min(1, \mu_{p_{lm}}(w_l \cdot u_l(k_l)) + \mu_{p_{tn}}(w_t u_t(k_t))) \right\} \tag{5}$$

$$= \sup_{\substack{a,b \in U_F \\ a+b + F_{rv}}} \left\{ \min(1, \mu_{p_{lm}}(a) + \mu_{p_{tn}}(b)) \right\} = \sup_{a \in U_F} \left\{ \min(1, \mu_{p_{lm}}(a) + \mu_{p_{tn}}(F_{rv} - a)) \right\}$$

przy czym

$$1 \leq l,t \leq L$$

$$1 \leq m \leq K_l$$

$$1 \leq n \leq K_t$$

(inne oznaczenia wg p.2)

4) obliczamy wartość składnika ostrego F_{dv} funkcji celu F_v i dokonujemy przesunięcia wykresu funkcji $\mu_{R_v}(F_{rv})$ o tę wartość.

5. <u>Przypadek drugi</u>

Dane są:

F - postać funkcji celu,

$\{R_v\}$ - zbiór rozwiązań dopuszczalnych (poprawnych) [4],

$\{k_p\}$, p=1,...,L - zbiór kryteriów nie zdefiniowanych, których oceny są rozmyte,

$\{k_s\}$, s=L+1,...,I - zbiór kryteriów, których oceny są ostre,

$\{w_p\}$ - zbiór współczynników wagi, odpowiadających kryteriom nie zdefiniowanym, które są dane w sposób rozmyty poprzez ich oceny rozmyte T_{pz},

$\{w_s\}$ - zbiór zdeterminowanych liczbowo współczynników wagi,

$\{u_i(k_i)\}$ - zbiór funkcji użyteczności określonych na zbiorach u_i,

$\{k_{pv}\}$ - zbiór ocen rozmytych dla v-tego wariantu,

$\{k_{sv}\}$ - zbiór ocen ostrych dla v-tego wariantu.

Funkcję celu dla v-tego wariantu rozwiązania możemy zapisać jako:

$$F_v = F_{rv} + F_{dv}$$

gdzie:

$$F_{rv} = \sum_{p=1}^{p=L} w_p u_p(k_{pv})$$ - składnik rozmyty funkcji celu,

$$F_{dv} = \sum_{s=P+1}^{s=I} w_s u_s(k_{sv})$$ - składnik ostry funkcji celu.

Proponuje się następującą procedurę postępowania:

1) Dokonujemy transformacji funkcji przynależności $\mu_{P_{pk}}$, zbiorów rozmytych P_{pk}, które formułują oceny rozmyte kryteriów k_p, z przestrzeni wartości U_p kryteriów k_p do przestrzeni wartości funkcji użyteczności $u_p(k_p)$, z przedziału $<0,1>$ (konstrukcja z rys. 3, patrz przykład).

2) Złożenie ocen rozmytych użyteczności kryteriów k_p z ocenami rozmytymi odpowiadających im współczynników wagi w_p wg następującej formuły (dla danego kryterium oceny k_p i odpowiadającego mu współczynnika wagi w_p):

$$\mu_{R_v}(F^p_{rv}) = \sup_{\substack{w_p \in W_p \\ k_p \in U_p \\ w_p k_p = F^p_{rv}}} \left(\mu_{T_{pz}}(w_p) \cdot \mu_{P_{pk}}(u_p(k_p))\right) \qquad (6)$$

gdzie:

F^p_{rv} - składnik części rozmytej F_r funkcji celu odpowiadający p-temu kryterium oceny

oraz

$$1 \leqslant k \leqslant K_p$$

$$1 \leqslant z \leqslant Z_p$$

(pozostałe odznaczenia jak w p.2).

3) Dokonujemy sumowania (składania) ocen cząstkowych występujących w składniku rozmytym F_{rv} funkcji celu F_v wg formuły (5).

4) Obliczamy składnik ostry F_{dv} funkcji celu F_v i dokonujemy przesunięcia o jego wartość wykresu funkcji $\mu_{R_v}(F_{rv})$.

6. Przykład

Przyjmijmy, że w pewnym procesie projektowym otrzymano trzy warianty R_1, R_2 i R_3 rozwiązania problemu pomiaru napięcia w określonych warunkach. Dla dokonania oceny przyjęto dwa kryteria oceny:

k_1 - niezawodność,
k_2 - dokładność.

Oba te kryteria są zdefiniowane. Niezawodność zdefiniowano jako prawdopodobieństwo braku awarii w zadanym czasie i w określonych warunkach. Dokładność określono jako całkowity błąd bezwzględny odniesiony do zakresu pomiarowego i wyrażono w procentach. Okazało się jednak, że tylko dokładność poszczególnych wariantów można w danej chwili określić ostro, zaś co do niezawodności przyjęto ocenę rozmytą. Sytuacja ta odpowiada rozważanemu powyżej przypadkowi pierwszemu, przy czym:

$$F = \sum_{i=1}^{i=2} w_i \, u_i(k_i)$$

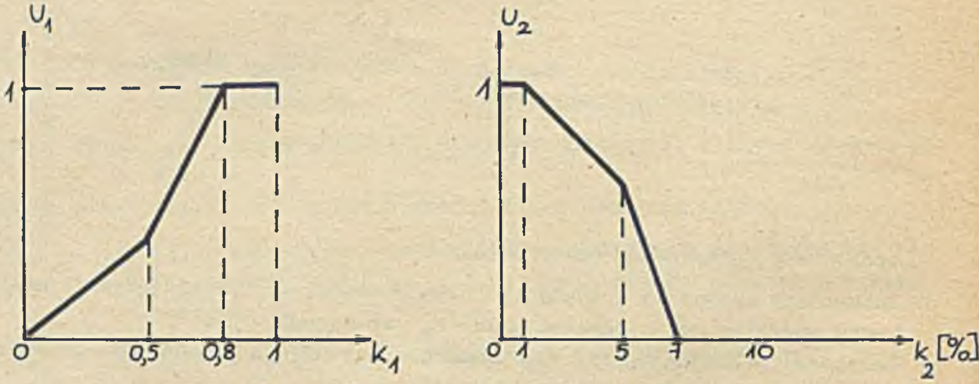
$$\{R_v\} = \{R_1, R_2, R_3\}$$

$$\{k_p\} = \{k_1\} \quad L = 1$$

$\{k_s\} = k_2 \quad I=2$

$\{w_i\} = w_1, w_2$

zbiór $\{u_i(k_i)\}$ dany na rys. 2.



Rys. 2. Funkcje użyteczności kryteriów oceny k_1 "niezawodność" i k_2 "dokładność"

Zbiory ocen rozmytych $\{k_{11}, k_{12}, k_{13}\}$ oraz deterministycznych $\{k_{21}, k_{22}, k_{23}\}$ podaje tabela 1.
Informacja wejściowa do etapu oceny jest przedstawiona w tabeli 1.

Tabela 1

Warianty R_v / Kryteria k_i	w_i	R_1	R_2	R_3
niezawodność k_1	$w_1 = 0.3$	mała	średnia	duża
dokładność k_2 [%]	$w_2 = 0.7$	0,1	4	6

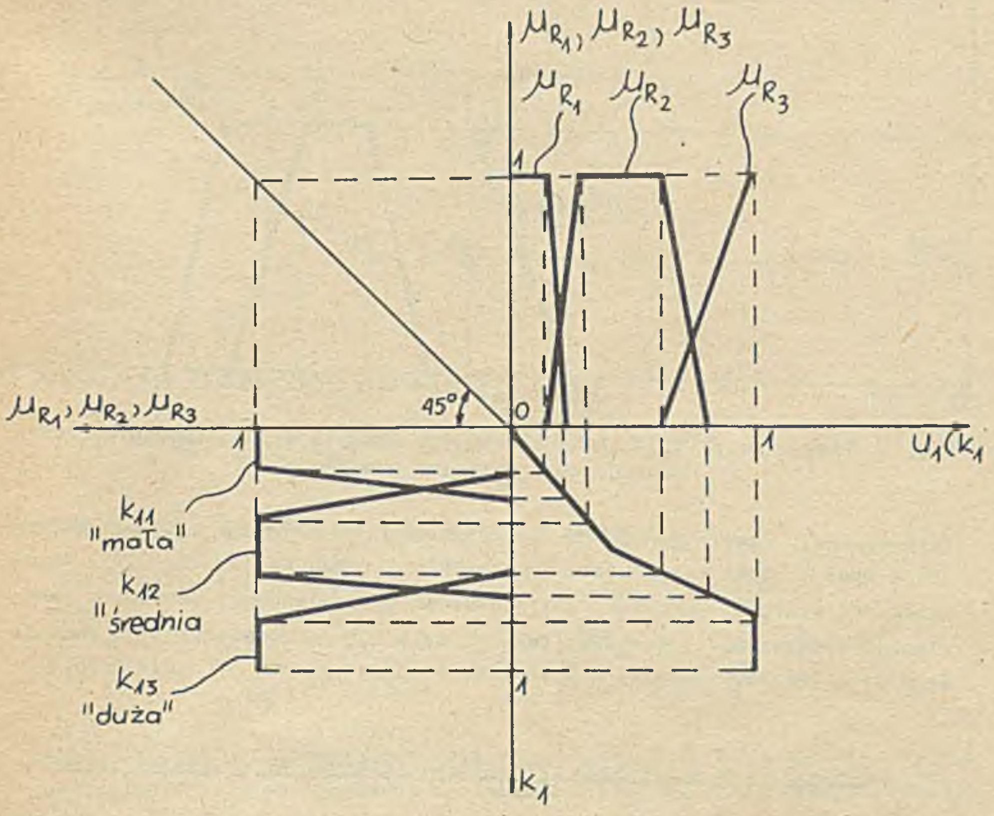
Funkcje przynależności zbiorów rozmytych formułujących oceny rozmyte są uwidocznione na rys. 3 (płaszczyzna $\langle \mu, k \rangle$).
Składnik rozmyty funkcji celu ma postać:

$$F_r = w_1 \, u_1(k_1)$$

Składnik ostry:

$$F_d = w_2 \, u_2(k_2)$$

Sposób transformacji funkcji przynależności $\mu_{R_1}(k_1)$, $\mu_{R_2}(k_1)$ i $\mu_{R_3}(k_1)$ z przestrzeni wartości kryterium k_1 do przestrzeni wartości funkcji preferencji $u_1(k_1)$ pokazuje rys. 3.



Rys. 3. Transformacja funkcji przynależności z przestrzeni wartości kryteriów do przestrzeni wartości funkcji użyteczności

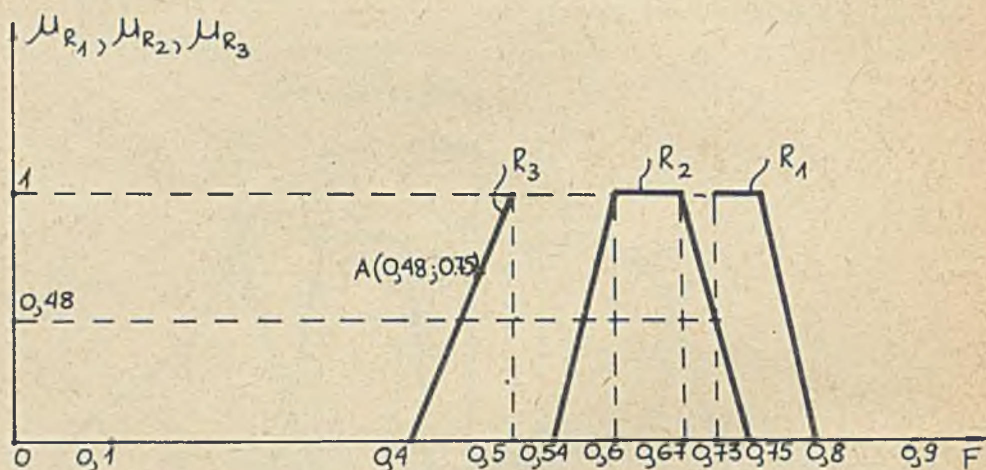
Składnik ostry dla poszczególnych rozwiązań ma następujące wartości (por. rys. 2 i tabela 1):

$$F_{d1} = 0,7 \cdot 1 = 0,7,$$

$$F_{d2} = 0,7 \cdot 0,7 = 0,49,$$

$$F_{d3} = 0,7 \cdot 0,3 = 0,21.$$

Przeskalowując oś wartości $\mu_1(k_1)$ z rys. 3 przez w_1 i przesuwając poszczególne wykresy funkcji przynależności o wartości odpowiadającego im składnika ostrego otrzymujemy ostateczną rozmytą ocenę całkowitą wariantów rozwiązań ze względu na przyjęte kryteria oceny. Pokazuje to rys. 4.



Rys. 4. Rozwiązania R_1, R_2, R_3 jako zbiory rozmyte w przestrzeni wartości funkcji celu F (patrz przykład)

Interpretacja dowolnego punktu A, należącego do któregoś z trzech wykresów z rys. 4, jest następująca /na przykładzie punktu A(0,48; 0,75) należącego do wykresu funkcji $\mu_{R_3}(F)$/: stopień przynależności pewnego pomyślanego rozwiązania o wartości funkcji celu 0,5 do rozwiązania R_3 rozumianego jako podzbiór rozmyty w przestrzeni U_F wartości F jest 0,75.

7. Porównanie ocen globalnych (wielokryterialnych) wariantów rozwiązań

Informacją początkową w tym etapie jest klasa zbiorów rozmytych R_v reprezentujących oceny rozmyte odpowiednich wariantów rozwiązań w przestrzeni wartości funkcji celu F. W literaturze [1] podanych jest kilka sposobów uporządkowania zbiorów rozmytych (odpowiadających rozwiązaniom R_v) ze względu na kryterium F, czyli znalezienia najlepszego wariantu R_{vo}. Za pracą [1] zacytujemy metodę oceny wg Baasa i Kwakernaaka. Zgodnie z tą metodą postępujemy wg następującego schematu:
Niech będą dane dwa zbiory rozmyte, odpowiednie dla dwóch wariantów R_i i R_j:
Dane $\mu_{R_i}(F), \quad \mu_{R_j}(F)$

Określamy rozmytą relację preferencji:

$\mu_p(R_i,R_j) = 1$, gdy R_i jest całkowicie preferowane w stosunku do R_j,

$\mu_p(R_i,R_j) = 0$, gdy R_i jest całkowicie niepreferowane w stosunku do R_j. (7)

Zbiory R_i,R_j muszą być normalne i unimodalne [1].
Wprowadzamy relację F_{ij}, taką że

$$\mu_{F_{ij}}(F_i,F_j) = \begin{cases} 0 & F_i < F_j \\ 1 & F_i \geq F_j \end{cases} \tag{8}$$

gdzie F_i, $F_j \in U_F$

Wtedy:

$$\mu_p(R_i,R_j) = \sup_{F_i,F_j \in U_F} \left\{ \min(\mu_{R_i}(F_i),\ \mu_{R_j}(F_j),\ \mu_{F_{ij}}(F_i,F_j)) \right\} \tag{9}$$

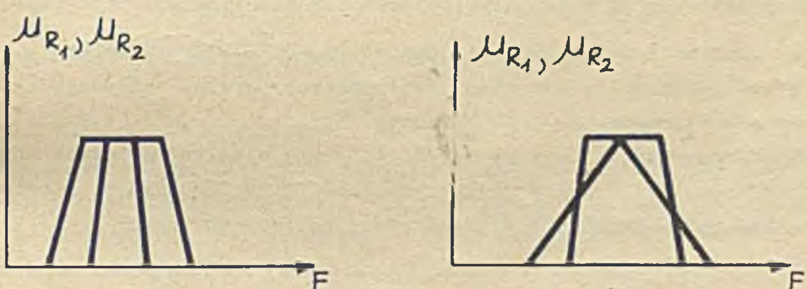
Łatwo wykazać, że dla przypadku z rys. 4 zachodzi:

$\mu_p(R_1,R_2) = 1$ $\quad$ $\mu_p(R_2, R_1) = 0.48$

$\mu_p(R_1,R_3) = 1$ $\quad$ $\mu_p(R_3, R_1) = 0$

$\mu_p(R_2,R_3) = 1$ $\quad$ $\mu_p(R_3, R_2) = 0$

Widać więc, że najlepszym rozwiązaniem jest wariant R_1, chociaż R_2 nie jest całkowicie niepreferowane w stosunku do R_1. R_3 jest zdecydowanie najgorsze.
Istnieją onne [1], bardziej złożone formuły porównywania ocen rozmytych.



Rys. 5. Przypadki rozwiązań równocennych
przy ocenie wg Basse - Kwakernaeka

Warto zauważyć, że ocena wg Baasa-Kwakernaaka zastosowana do wariantów rozwiązań jak na rys. 5 stwierdza, że są to warianty równoważne, jednakowo preferowane, czyli $\mu_p(R_1,R_2) = \mu_p(R_2,R_1) = 1$.

Podsumowanie

Klasyczna literatura teorii zbiorów rozmytych i ich zastosowań w decyzji i optymalizacji wielokryterialnej dotyczy przypadków, gdy wszystkie kryteria (i wagi) mają charakter lingwistyczny.
Tymczasem w praktycznych zastosowaniach inżynierskich (np. w projektowaniu technicznym) charakter rozmyty ma znaczna mniejszość elementów tablicy decyzyjnej, np. tylko jedno kryterium i jego współczynnik wagi. Ta rozmytość może być spowodowana różnymi przyczynami, np. brakiem możliwości zdefiniowania danej zmiennej albo brakiem możliwości wyliczenia lub mierzenia jej wartości, albo uchylaniem się eksperta od sformułowania odpowiedzi w postaci liczbowej (przy ocenie subiektywnej).

Należy dobrze zdawać sobie sprawę z różnicy dwu pojęć: oceny rozmytej i oceny losowej: w drugim przypadku mamy niepewność co do ostro określonych wartości (którą np. eksperyment może zmniejszyć lub usunąć), w pierwszym mamy nieprecyzyjność sformułowania. Zauważmy też, że ujęcie rozmyte ma pewną przewagę nad tworzeniem pewnej sztucznej miary (np. punktowej): ta ostatnia prowadzi do utraty informacji co do stopnia nieprecyzyjności sformułowania.

Operowanie na miarach rozmytych (np. ich dodawanie czy mnożenie) powiększa ich stopień nieprecyzyjności ("rozmywa je").
Użycie aparatu matematycznego teorii zbiorów rozmytych pozwala oszacować to stopniowe rozmywanie się kolejnych rezultatów i uwzględnić je przy interpretacji wyniku końcowego.
Autorzy dostrzegają m.in. następujące nierozstrzygnięte problemy:

- jaka powinna być dokładność wyznaczenia funkcji przynależności np. P_i i T_i, aby dokonać jednoznacznej interpretacji wyniku końcowego (tzn. aby dało się uporządkować dane warianty R_v),
- jak sformułować zadanie optymalizacji przy ciągłych zbiorach wariantów R,
- jak sformułować zadanie polioptymalizacji (jak przedstawiać zbiór wariantów polioptymalnych w przestrzeni celów rozmytych)?

LITERATURA

[1] Czogała E., Pedrycz W.: Elementy i metody teorii zbiorów rozmytych. Skrypt Politechniki Śląskiej nr 989, Gliwice 1980.

[2] Zadeh L.A.: Rachunek ograniczeń rozmytych, artykuł w zbiorze Projektowanie i systemy t. II pod red. W. Gasparskiego i D. Miller. Wydawnictwo PAN, 1980.

[3] Tarnowski W.: Formalizacja pojęcia jakości kompleksowej z uwzględnieniem opisu probabilistycznego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Automatyka, nr 650, z. 54, ss. 161-172, Gliwice 1980.

[4] Tarnowski W.: Ogólna metodyka racjonalnego wyboru rozwiązań w procesach projektowania. Materiały I Krajowej Konferencji "Nowoczesne metody projektowania" cz. I, ss. 185-190, Wałbrzych 1980.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Andrzej Tylikowski

Wpłynęło do Redakcji 11.11.1982 r.

ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИЗИРУЮЩАЯСЯ МНОГОЧИСЛЕННЫМИ КРИТЕРИЯМИ В ПРИСУТСТВИИ РАЗМЫТЫХ ОЦЕНОК

Р е з ю м е

В работе дана концепция расплывчатой оценки вариантов проектиных решений на основе математического аппарата теории расплывчатых множеств. Дана интерпретация расплывчатой оценки, а также способ определения целостной расплывчатой многокритериальной оценки на базе частных расплывчатых однокритериальных оценок для двух случаев:

а) когда расплывчатыми являются также и весовые коэффициенты (система междукритериальных преференций),

б) когда расплывчатыми являются только значения критериев.

В работе также на базе литературы, представлены способы сравнения расплывчатых оценок.

MULTI - ATTRIBUTE SCALAR OPTIMIZATION WITH A FUZZY ASSESSMENT

S u m m a r y

A fuzzy appraisal of design variants is presented, on the basis of the fuzzy sets mathematical concepts. It is proposed how to interpretate partial fuzzy assessments, and a way how to aggregate them into the scalar multiattribute optimization function. Two cases are recognized:

1^{o} when some assessments are of the fuzzy character,

2° when some criteria (attributes) and their weighting factors are fuzzy. Besides, according to the bibliography, a method of a comparison of various design variants with the fuzzy optimization function is given.