ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1980
Seria: AUTOMATYKA z. 54 Nr kol. 650

Wojciech Tarnowski
Politechnika Śląska

FORMALIZACJA POJĘCIA JAKOŚCI KOMPLEKSOWEJ Z UWZGLĘDNIENIEM OPISU PROBABILISTYCZNEGO

Streszczenie. Przedstawiono liniowy model oraz algorytm ilościowego wyznaczania jakości elementów określonego zbioru obiektów, przy probabilistycznym opisie stanu otoczenia, z wykorzystaniem znanego pojęcia funkcji użyteczności.

Wykaz oznaczeń

$[a_i, b_i]$ - przedział zmienności wartości k_i w zbiorze obiektów $\{R\}$,
$f(k_{iv})$ - rozkład gęstości prawdopodobieństwa funkcji k_{iv},
Φ - opisowe, niesformalizowane sformułowanie jakości /wartości, użyteczności/ obiektu; nadrzędne kryterium optymalizacji,
F - skalarna miara jakości,
$\{k_i\}$, $i = 1,\ldots,I$ - dyskretny, skończony zbiór kryteriów jakości,
$\{R\}$ - dany zbiór obiektów,
$S = \{s_g\}$ - wektorowy opis stanu otoczenia w przestrzeni stanu, o współrzędnych $\{s_g\}$, $g = 1,\ldots,G$,
$\underline{s}_g$, $\overline{s}_g$ - dolna i górna granica wartości zmiennej s_g,
$\{s_g^{l_g}\}$, $l_g = 1,\ldots,L_g$ - wyróżnione stany zmiennej s_g, po jej dyskretyzacji,
$\{S^t\}$, $t = 1,\ldots,T$ - wyróżnione dyskretne stany otoczenia,
u_i - wartość funkcji preferencji, $u_i \in [0, 1]$,
w_i - współczynnik wagi i-tego kryterium oceny k_i,
$X = \{x_p\}$, $p = 1,\ldots,P$ - wektorowy opis obiektu za pomocą zmiennych niezależnych /decyzyjnych/ $\{x_p\}$.

1. Wstęp

W literaturze dotyczącej teorii jakości i sterowania jakością można spotkać wiele definicji jakości /patrz np. [1] lub [9]/. Definicje te wprost nie

umożliwiają zbudowania skali jakości ani nie stwarzają dostatecznej podstawy do formalizacji tego pojęcia i zbudowania algorytmu obliczania jakości dla konkretnego obiektu w danym zbiorze obiektów. Tymczasem w wielu praktycznych sytuacjach inżynierskich, szczególnie w zadaniach decyzyjnych, istnieje potrzeba porównania różnych obiektów ze względu na ich jakość, tzn. ze względu na stopień natężenia tej cechy w tych obiektach. Przykłady:

1° - Konstruktor maszyny, obiektu budowlanego czy innego urządzenia musi wybrać najlepszy wariant rozwiązania konstrukcyjnego, albo wariant wymagań projektowych, albo wariant procedury projektowania.

2° - Analityk wartości musi odpowiedzieć na pytanie dyrekcji, który wariant procesu lub struktury jest najlepszy, albo, jakie powinny być podstawowe parametry produkowanych wytworów, aby ich jakość była najlepsza dla użytkownika lub również dla producenta.

3° - Operator musi podjąć decyzję co do sposobu sterowania obiektem, w szczególności wybrać wartości nastaw /wielkości decyzyjnych/, tak, aby rezultaty działania sterowanego obiektu były najkorzystniejsze.

Zatem z reguły dla celów optymalizacji chcemy określić jakość obiektów w sposób ilościowy.

We wszystkich przypadkach decydent powinien uwzględnić, że:

- na pojęcie "jakości" składa się wiele jej atrybutów, które są zmiennymi fizycznymi, ekonomicznymi /np.: koszt, wskaźnik rentowności i inne/ lub psychofizycznymi /np.: bezpieczeństwo, wygoda, trudność obsługi i inne/,
- zarówno miara jakości, jak i ocena konkretnego obiektu ze względu na określony atrybut są losowe,
- jakość jest pojęciem subiektywnym, zależnym od konkretnego człowieka i jego sytuacji oraz od kontekstu określonej sytuacji decyzyjnej.

2. Założenia

1. W danym zadaniu określony jest pewien ograniczony zbiór obiektów alternatyw, wariantów/ $\{R\}$, ciągły lub dyskretny, w przestrzeni obiektów, określonej zmiennymi decyzyjnymi $\{x_p\}$, $p = 1,\ldots,P$. W szczególnym przypadku jest to zbiór nazw. Dane obiekty R należy uszeregować wg ich jakości.

2. Szukamy miary jakości, ważnej tylko w danym zadaniu decyzyjnym.

3. W danym zadaniu określona jest pewna wielkość /np. ogólny koszt społeczny, lub kłopoty związane z uruchomieniem obiektu i jego eksploatacją/

lub zbiór wielkości /np. wygoda użytkowania i atrakcyjność wyglądu zewnętrznego/, niekoniecznie zdefiniowanych, które w sposób heurystyczny stanowią o jakości elementów R_v w danym zbiorze $\{R\}$. Informacja ta, zwana w dalszym ciągu nadrzędnym kryterium optymalizacji /wyboru/ Φ [2] ma charakter opisowej /rozmytej/ dyrektywy co do tego, jak w danym konkretnym zadaniu wyboru należy rozumieć jakość obiektu.

4. Istnieje możliwość określenia pewnego skończonego zbioru wielkości fizycznych lub/i ekonomicznych $\{k_i\}$, $i = 1,\dots,I$, zwanych dalej kryteriami oceny, takich, że: a) są możliwe do ilościowego określenia ich wartości dla poszczególnych rozwiązań $k_i/R_v/ = k_{iv}$ w sposób deterministyczny: k_{iv}, albo losowy: $f/k_{iv}/ = f_{iv}$ albo losowy uzależniający rozkład prawdopodobieństwa od losowych stanów otoczenia S^t: $f_{iv}/S^t/$, b) charakteryzują w sposób adekwatny wszystkie dane obiekty $\{R\}$ ze względu na kryterium nadrzędne Φ, c) są wzajemnie niezależne.

5. Istnieje dostęp do kompetentnych respondentów /ekspertów/.

6. W danym zadaniu mamy tylko określoną informację o zbiorze obiektów, o wymaganiach i ograniczeniach, a zdobywanie nowej lub dokładniejszej informacji jest albo niemożliwe albo kosztowne.

3. Sformułowanie problemu

Mając zbiór obiektów $\{R\}$ ciągły lub dyskretny, określony w przestrzeni obiektów za pomocą zmiennych będących zmiennymi decyzyjnymi $\{x_p\}$, $p = 1,\dots,P$, należy znaleźć taką funkcję skalarną $F = F/k_1,\dots,k_I/$, która by mogła być miarą jakości rozwiązań $R_v \in \{R\}$, uwzględniającą losowy charakter ocen poszczególnych rozwiązań R_v ze względu na wartości k_{iv} poszczególnych kryteriów oceny k_i.

4. Proponowana ilościowa miara jakości

Miarą jakości mogło by być nadrzędne kryterium wyboru Φ, gdyby było zdefiniowane i gdyby dało się znaleźć jego model matematyczny $\Phi = \Phi(\mathcal{X})$. Ponieważ w ogólnym przypadku nie jest to możliwe, wprowadzamy pewną sztuczną funkcją skalarną F taką, że:

1. Jest pewną miarą $F: \Phi \to R$, dzięki czemu może być miarą jakości.
2. Zależy od skończonej liczby kryteriów oceny: $F = F/k_i/$, $i = 1,\dots,I$.

3. Nie musi mieć interpretacji fizykalnej ani ekonomicznej.
4. Jest ważna tylko w danym zadaniu wyboru.

Istnieje wiele możliwych postaci funkcji $F/k_1,\ldots,k_p/$. Przyjmujemy tu formę addytywną i liniową ze względu na funkcje $\varphi_i/k_i/$

$$F = \sum_{i=1}^{i=I} \varphi_i/k_i/,$$

ponieważ:

- brak przesłanek, które by kazały preferować jakąkolwiek inną formę, z wyjątkiem bardzo specjalnych i zbadanych przypadków /patrz np. [4] i [5]/, przyjmujemy więc formę najprostszą,
- zgodnie z założeniem /4c/ argumenty k_i /kryteria oceny/ są niezależne,
- formę addytywną możemy traktować jako liniową aproksymację, tym dokładniejszą im mniejszy jest rozrzut wartości k_{iv} danego kryterium oceny k_i dla całego zbioru $\{R\}$, czyli im mniejsze są przedziały $[a_i, b_i]$.

Funkcje φ_i można by interpretować jako funkcje czułości: $\varphi_i = \frac{\partial \Phi}{\partial k_i}$, gdyby Φ miało postać analityczną.

Przyjmijmy dalej, że kolejnych funkcji φ_i będziemy poszukiwać w postaci:

$$\varphi_i/k_i/ = w_i \cdot u_i/k_i/,$$

gdzie w_i jest współczynnikiem wagi i-tego kryterium oceny, charakteryzującym wpływ k_i na Φ, uśredniony w przedziale $[a_i, b_i]$, natomiast $u_i:[a_i, b_i] \to [0, 1]$, jest funkcją preferencji, opisującą nieliniowość wpływu k_i na Φ. Funkcja preferencji $u/k_i/$ jest miarą stopnia spełnienia nadrzędnego kryterium optymalizacji Φ przez poszczególne wartości danego kryterium oceny. Może też być interpretowana jako miara atrakcyjności jaką ekspert przydaje poszczególnym wartościom k_i ze względu na szeroko rozumiane "dopasowanie" do otoczenia. Stanowi ona uogólnienie znanego z psychologicznej teorii decyzji pojęcia funkcji użyteczności [4].

Zatem przyjmujemy nast. postać szukanej funkcji skalarnej: $F = \sum_{i=1}^{I} w_i \cdot u_i(k_i)$.

5. Określanie funkcji preferencji $u/k_i/$

W ogólnym przypadku przebieg funkcji preferencji w określonym przedziale $k_i \in [a_i, b_i]$ zależy od:

- warunków /całokształtu sytuacji/, np. ekspert może uznać niezawodność rakiety meteorologicznej $R = 0,9$ za dobrą, gdy koszt zainstalowanej aparatury będzie mały, a zaledwie dostateczną - gdy aparatura będzie unikalna i bardzo kosztowna; podobnie ładowność samochodu osobowego, rów-

ną 50 kg, można uznać za kiepską lub za dobrą - zależnie od losowych upodobań użytkowników,

- liczby możliwych powtórzeń danej sytuacji - np. ocena niezawodności rakiety R = 0,9 będzie inna przy jednym możliwym locie tej rakiety, a inna gdy stale używamy tego typu rakiet i badania możemy powtarzać,
- granic $[a_i, b_i]$, np. atrakcyjność kwoty 5 zł w przedziale [0, 10 zł] jest wielokrotnie większa niż w przedziale [0, 1000 zł],
- określonego decydenta /lub respondenta występującego w jego imieniu/.

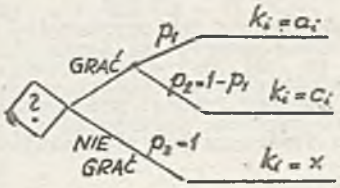
5.1. Przypadek deterministycznego określania $u/k_i/$

Dla określonego przypadku dane jest:

- zbiór obiektów ciągły $\{R\}$ lub dyskretny $\{R_v\}$, $v = 1,\dots,V$, gdzie $R = R(\mathbb{X})$,
- kryterium oceny k_i /nazwa/, $k_i \in \{k\}$,
- wartości tego kryterium $k_i(\mathbb{X})$ lub $k_i/R_v/$,
- określona jest sytuacja użytkowania /stan otoczenia/ i liczba powtórzeń,
- określony jest respondent.

Postępowanie jest następujące: ustalamy zakres zmienności k_i: $[a_i, b_i]$, następnie intuicyjnie ustalamy najbardziej pożądaną wartość $k_i = c_i$, tzn. taką wartość k_i, dla której $u_i/c_i/ = \max\limits_{c_i \in [a_i, b_i]} \{u_i/k_i/\}$ $k_i \in [a_i, b_i]$ lub odpowiednio minimum. Jeśli ta wartość c_i leży nie na granicy zakresu $[a_i, b_i]$, lecz wewnątrz niego, to zakres ten dzielimy na podzakresy, w których funkcja $u/k_i/$ jest ściśle monotoniczna. Jeśli w całym zakresie $[a_i, b_i]$ ekspert uzna $u/k_i/$ = const., oznacza to, że wielkość k_i nie może być kryterium oceny w danym zadaniu.

Dla każdego z podzakresów postępujemy następująco: arbitralnie ustala się wartości brzegowe, np. $u/a_i/ = 0$ oraz $u/c_i/ = 1$. Następnie wybiera się dowolną wartość $k_i = x$ z wnętrza podzakresu i przedstawia się ekspertowi sytuację decyzyjną /rys.1/, gdzie musi zdecydować, co woli: GRAĆ czy NIE GRAĆ. Jeśli zdecyduje się GRAĆ, oznacza to, że bierze udział w loterii, gdzie z prawdopodobieństwem p_1 wygrywa wartość $k_i = a_i$, lub z prawdopodobieństwem $p_2 = 1-p_1$ wygrywa wartość c_i. Jeśli decyduje się NIE GRAĆ, otrzymuje bez ryzyka wartość $k_i = x$. Nie zmieniając wartości innych kryteriów oceny $k_j \in \{k\}$, $k_j \neq k_i$, zmieniamy wartość prawdopodobieństwa p_1 tak długo, aż obie możliwe



Rys.1. Sytuacja decyzyjna do wyznaczania wartości funkcji preferencji $u = u/k_i = x/ = p_1$.

decyzje są dla eksperta równoważcenne, i tę wartość przyjmujemy jako wartość funkcji preferencji i nanosimy na wykres $u_i = u/k_i/$. Tę procedurę powtarzamy dla dostatecznie dużej liczby punktów $x \in [a_i, c_i]$.

5.2. Przypadek losowego określania funkcji preferencji przy ciągłych zmiennych przestrzeni stanu

We wstępie do p. 5 zauważyliśmy, że w ogólnym przypadku przebieg funkcji preferencji zależy od warunków otoczenia. Ponieważ szukana funkcja preferencji dotyczy przyszłych stanów otoczenia, należy więc prognozować te stany /patrz np. [7]/, a stąd wynika losowy ich opis.

Załóżmy, że wszystkie możliwe stany otoczenia $\{S\}$ mogą być określone w pewnej przestrzeni kartezjańskiej za pomocą wektora stanu, posiadającego skończoną liczbę współrzędnych $\{s_g\}$, $g = 1,\ldots,G$, ciągłych lub dyskretnych, zdefiniowanych i mierzalnych. Zmienne te dalej nazywać będziemy zmiennymi stanu. Każdy stan otoczenia S może więc być jednoznacznie określony za pomocą zbioru wartości zmiennych stanu: $S = \langle s_1, s_2, \ldots, s_G \rangle$.

Na przykład szukając funkcji preferencji "u" różnych wartości współczynników tłumienia amortyzatorów samochodu osobowego stwierdzamy, że zależy ona m. in. od: s_1 - nierówności drogi, s_2 - prędkości jazdy, s_3 - całkowitej masy pojazdu, a więc obciążenia.

Załóżmy dalej, że w przestrzeni stanów otoczenia $\{S\}$, posługując się metodą podaną w p. 5.1, da się określić funkcję preferencji $u_i = u_i/\{S\}/$, dla określonej wartości k_{io} = const. Zbiór tych wartości tworzy pewną powierzchnię w przestrzeni $\{u_i, S\}$, G+1 - wymiarowej.

Załóżmy także, że w przestrzeni $\{S\}$ da się określić funkcję gęstości prawdopodobieństwa $f/\{S\}/$, rozumianą jako opis rozkładu prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych stanów $S \in \{S\}$, przy czym $f/S/ = \prod_{g=1}^{G} f_g/s_g/$, gdzie $f_g/s_g/ = f_g$ jest rozkładem gęstości prawdopodobieństwa zmiennej s_g. Analogicznie jak poprzednio, $f/\{S\}/$ utworzy pewną powierzchnię w przestrzeni $\{f, S\}$, G+1 - wymiarowej.

Wartość funkcji preferencji $u_i/k_i = k_{io}/$ dla wszystkich możliwych stanów otoczenia $\{S\}$ zdefiniujemy zatem jako wartość oczekiwaną funkcji preferencji:

$$u_i/k_{io}/ = \int_{\underline{s}_1}^{\bar{s}_1} ds_1 \int_{\underline{s}_2}^{\bar{s}_2} ds_2 \ldots \int_{\underline{s}_G}^{\bar{s}_G} u_i/k_{io}, \{S\}/ \cdot f/\{S\}/ ds_G .$$

Zmieniając wartości k_{io} w całym przedziale $[a_i, b_i]$ możemy określić szukaną funkcję preferencji dla danego kryterium oceny k_i.

Omówiony tu przypadek jest jednak teoretyczny, gdyż funkcja podcałkowa z pewnością nie ma charakteru analitycznego, a w szczególności funkcja preferencji $u_i/k_{io},\{S\}/$, która jest określana przez eksperta, a więc nieanalitycznie. Prócz tego pokazane postępowanie jest bardzo pracochłonne.

5.3. Przypadek losowego określania funkcji preferencji przy dyskretnych zmiennych przestrzeni stanu

Praktyczne znaczenie ma przypadek dyskretny: arbitralnie dokonuje się segmentacji przedziałów $[\underline{s}_g, \overline{s}_g]$ na skończoną liczbę podzakresów, reprezentowanych np, ich nazwami albo wartościami średnimi $s_g^l : [\underline{s}_g, \overline{s}_g] \rightarrow \{s_g^1,\ldots,s_g^{l_g},\ldots,s_g^{L_g}\}$. Np. zakres temperatur otoczenia $[-10^oC, +20^oC]$ możemy zastąpić trzema podzakresami o temp. średnich: -5, +5 i 15^oC lub nazwami: "temperatury niskie", "temperatury średnie" i "temperatury wysokie".

Możemy więc zdefiniować pewien skończony zbiór stanów otoczenia $\{S^t\}$, $t = 1,\ldots,T$, który jest iloczynem kartezjańskim wyróżnionych stanów poszczególnych zmiennych $\{s_g^{l_g}\}$, $l_g = 1,\ldots,L_g$:

$$\{S^t\}_{t=1,\ldots,T} = \{s_1^{l_1}\}_{l_1=1,\ldots,L_1} \times \ldots \times \{s_g^{l_g}\}_{l_g=1,\ldots,L_g} \times \ldots \times \{s_G^{l_G}\}_{l_G=1,\ldots,L_G}.$$

przy czym moc tego zbioru: $T = \prod_{g=1}^{G} L_g$

Następnie, posługując się metodą podaną w p. 5.1, każdemu stanowi S^t przy określonej wartości $k_i = k_{io}$ możemy przypisać pewną wartość funkcji preferencji $u_i/k_{io},S^t/ = u_{io}^t$.

Z kolei każdemu ze stanów S^t przypisujemy pewne prawdopodobieństwo $p^t/S^t/$, przy czym:

$$p^t/S^t/ = p^t = \prod_{g=1}^{G} p/s_g^{l_g}/,$$

gdzie $\{s_g^{l_g}\}$ jest zbiorem stanów kolejnych zmiennych konstytuujących dany stan otoczenia S^t, a p jest prawdopodobieństwem poszczególnych stanów, przy czym musi być spełniony warunek: $\sum_{l_g=1}^{L_g} p/s_g^{l_g}/ = 1$, dla $g = 1,\ldots,G$.

Uwzględniając więc definicję podaną w p. 5.2, określimy wartość funkcji preferencji $u_i/k_i=k_{io}/$ dla wszystkich możliwych dyskretnych stanów otoczenia $\{S^t\}$, $t = 1,\ldots,T$ jako wartość oczekiwaną dla wszystkich losowych stanów otoczenia:

$$u_i/k_{io}/ = \sum_{t=1}^{T} u_{io}^t \cdot p_{io}^t .$$

Przykład:

Należy ocenić jakość pewnego zbioru katalogowych robotów przemysłowych w celu zakupu jednego z nich. Jednym spośród kilku przyjętych kryteriów oce-

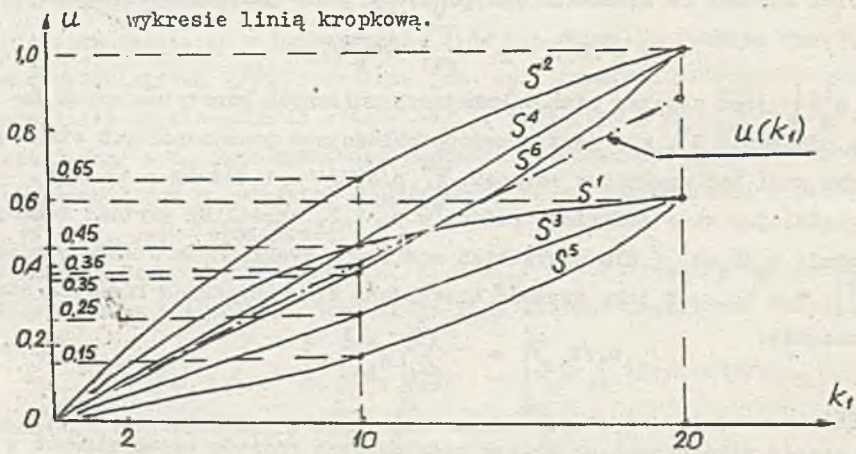
ny jest uniwersalność zastosowania, którą zdecydowano się mierzyć liczbą podstawowych programów /k_1/. W rozpatrywanym zbiorze robotów liczba ta waha się od 3 do 20, przy czym jako minimum przyjęto 2, zatem $a_1 = 2$, $b_1 = 20$. Dla rozpatrywanego kryterium k_1 przyjęto nast. dwie zmienne otoczenia: s_1 - liczba przyszłych zastosowań robota, i s_2 - możliwość zakupu w przyszłości innych typów robota. Dla pierwszej zmiennej wyróżniono trzy stany: s_{11}:/$s_1 < 3$/, s_{12}/$3 \leq s_1 \leq 6$/, s_{13}:/$s_1 > 6$/. Dla drugiej zmiennej dwa stany: s_{21}: TAK, s_{22}: NIE. Po przeprowadzeniu odpowiednich badań prognostycznych określamy prawdopodobieństwa poszczególnych stanów s_g^1 obu zmiennych /g = 1,2/: $p_{11} = 0,1$, $p_{12} = 0,6$, $p_{13} = 0,3$, $p_{21} = 0,4$, $p_{22} = 0,6$. Mamy więc 6 możliwych stanów otoczenia $\{S^t\}$, t = 1,...,6 i ich prawdopodobieństwa $\{p^t\}$, t = 1,...,6:

$S^1 = s_{11} \wedge s_{21}$, $p^1 = p_{11} \cdot p_{21} = 0,1.0,4 = 0,04$
$S^2 = s_{11} \wedge s_{22}$, $p^2 = p_{11} p_{22} = 0,1.0,6 = 0,06$
$S^3 = s_{12} \wedge s_{21}$, $p^3 = p_{12} \cdot p_{21} = 0,6.0,4 = 0,24$
$S^4 = s_{12} \wedge s_{22}$, $p^4 = p_{12} \cdot p_{22} = 0,6.0,6 = 0,36$
$S^5 = s_{13} \wedge s_{21}$, $p^5 = p_{13} \cdot p_{21} = 0,3.0,4 = 0,12$
$S^6 = s_{13} \wedge s_{22}$, $p^6 = p_{13} \cdot p_{22} = 0,3.0,6 = 0,18$

$$\sum_{t=1}^{6} p^t = 1,00$$

Następnie, posługując się metodą pokazaną w p. 5.2 określamy przebieg funkcji preferencji u^t/k_1/, osobno dla każdego stanu t = 1,...,6 /rys. 2/.

Wreszcie, korzystając ze wzoru na u_1/k_{i0}/ określamy wartość oczekiwaną funkcji preferencji dla wybranych wartości $k_1 = 10$ i $k_1 = 20$, biorąc u^t z kolejnych wykresów: np. $u_1/10/ = 0,45.0,04 + 0,65.0,06 + 0,25.0,24 + 0,45.0,36 + 0,15.0,12 + 0,35.0,18 = 0,36$. Rezultat, czyli u/k_1/ pokazano na wykresie linią kropkową.



Rys. 2. Przebieg funkcji preferencji dla stanów S^2 do S^6 oraz uśredniony przebieg $u(k_1)$

6. Określanie współczynników wagi w_i

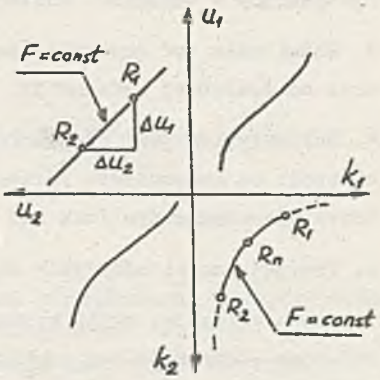
Istnieje wiele intuicyjnych sposobów określania wartości współczynników wagi w_i dla poszczególnych kryteriów oceny k_i, $i = 1,\dots,I$. [6]. Tu pokażemy sposób najmniej arbitralny, oparty na pojęciu funkcji użyteczności.

Załóżmy, że jest dany zbiór kryteriów oceny $\{k_i\}$ oraz zbiór ich funkcji preferencji $u_i/k_i/$. Należy znaleźć zbiór wartości współczynników wagi $\{w_i\}$ taki, aby funkcja $F = \sum_{i=1}^{I} w_i \cdot u_i/k_i/$ mogła być miarą jakości w sensie opisanym w p.4.

Weźmy dowolną parę kryteriów $\{k_1, k_2\} \in \{k_i\}$ oraz ich funkcje preferencji u_1 i u_2 i przedstawmy to na wykresie /rys. 3/. Korzystając z pomocy eksperta, na płaszczyźnie $\langle k_1, k_2 \rangle$ określamy kilka obiektów równocennych: R_1, R_2, $\dots, R_n$ o różnych wartościach k_1, k_2, tzn. takich, że $F/R_1/ = F/R_2/ = \dots = F/R_n/$, przy czym wartości pozostałych kryteriów $k_3, k_4, \dots, k_I$ pozostają niezmienne na swoich średnich wartościach. Po przerzutowaniu krzywej $F = \text{const}$ z płaszczyzny $\langle k_1, k_2 \rangle$, otrzymujemy krzywą stałej wartości $F = \text{const}$ na płaszczyźnie $\langle u_1, u_2 \rangle$. Ponieważ $F/R_1/ = F/R_2/$, więc $w_1 \cdot u_1/R_2/ + w_2 \cdot u_2/R_2/ = w_1 \cdot u_1/R_1/ + w_2 \cdot u_2/R_1/$, skąd otrzymujemy:

$$\frac{w_2}{w_1} = \frac{u_1/R_1/ - u_1/R_2/}{u_2/R_2/ - u_2/R_1/} = \frac{\Delta u_1}{\Delta u_2}.$$

Jeśli przyjmiemy $w_1 = 1$, to $w_2 = \frac{\Delta u_1}{\Delta u_2}$.



Rys. 3. Wyznaczanie współczynników wagi

Jeżeli okaże się, że krzywa $F = \text{const}$ w płaszczyźnie $\langle u_1, u_2 \rangle$ bardzo odbiega od linii prostej, to świadczy to o tym, że albo: 1/pozostałe trzy krzywe nie odpowiadają istotnym przekonaniom eksperta, albo:2/kryteria oceny są nieortogonalne, albo:3/liniowa postać F nie jest adekwatna dla danego przypadku. W związku z tym rezultaty tego działania /wg p.6/ stanowią pewien sposób weryfikacji poprawności wszystkich poprzednich działań.

Postępując analogicznie z następną parą kryteriów oceny: $\{k_2, k_3\}$ i przyjmując wartość w_2 wyliczoną w poprzednim kroku, możemy obliczyć wartość w_3, i tak dalej aż do ostatniego kryterium k_I.

Ostatnią czynnością jest normalizacja wartości w_i taka, aby $\sum_{i=1}^{I} w_i' = 1$, korzystając ze wzoru: $w_i' = \frac{w_i}{\sum w_i}$.

7. Podsumowanie

1. W niniejszej pracy zaproponowano model ilościowego określania jakości obiektu, należącego do pewnego danego zbioru obiektów {R}. Model jest liniowy względem f. preferencji u_i : $F/R_v/ = \sum w_i . u_i/k_{iv}/$, $R_v \in \{R\}$, gdzie u_i jest funkcją preferencji /p.4/. Wartość tej funkcji może być wyliczana deterministycznie /p.5.1/, lub probabilistycznie: przy ciągłych /p.5.2/ lub dyskretnych /p.5.3/ stanach otoczenia, natomiast w_i są współczynnikami wagi /p.6/.

2. Model jest przeznaczony dla takich przypadków, gdy zależność $\Phi = \Phi(X)$ nie jest dana matematycznie.

3. Proponowany model jest uniwersalny: może być użyty do dowolnych obiektów spotykanych w technice, abstrakcyjnych lub konkretnych.

4. Model może być dowolnie upraszczany, zależnie od potrzeb i możliwości oraz od dostępnej informacji.

5. Subiektywizm jest "zepchnięty" na dość niski szczebel ogólności i złożoności: od respondenta /eksperta/ oczekuje się tylko wypowiedzi o charakterze dychotomicznym /tak lub nie, lub wybierz jedną z dwóch możliwości/.

6. Przyjęty model addytywny nie zmniejsza ogólności i zakresu ważności.

7. Ocena obiektów, czyli wyznaczanie $k_{iv} = k_i/R_v/$ lub $k_i/X/$ nie jest tu omówiona - dyskusję tej problematyki można znaleźć w pracach [3],[7] i in.

8. Dla przypadku ocen rozmytych /gdy kryterium oceny nie jest wielkością mierzalną/, można zastosować funkcję przynależności, znaną w teorii zbiorów rozmytych.

9. Przedstawiony tu materiał może być podstawą algorytmizacji procesu wyboru /optymalizacji/ w zarządzaniu, organizacji, sterowaniu, projektowaniu i wszędzie tam, gdzie wypracowywane są ważne decyzje. Przykładem może być algorytm wyboru ofertowego [8], opracowany na potrzeby praktyki przemysłowej.

LITERATURA

[1] Tomassewski A. : Sterowanie jakością produkcji maszyn i urządzeń. WNT, Warszawa 1977.

[2] Tarnowski W. : Kryteria oceny a kryteria optymalizacji w procesie konstrukcyjnym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria "Automatyka" 1976, zeszyt 36, ss.19-30, Gliwice 1976.

[3] Tarnowski W. : General Model and Choice Criterion in Engineering Design. Design Studies, Vol.1, No.1, July 1979.

[4] Kozielecki J. : Psychologiczna teoria decyzji. PWN, Warszawa 1977.

[5] Łukasiak - Goszczyńska M. : Decyzje wielowymiarowe i strategie ich podejmowania. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wydawn. PAN, 1977.

[6] Tarnowski W. Ocena i wybór w projektowaniu technicznym. Wydawn. Ośrodka Postępu Technicznego, Katowice 1978.

[7] Cetron M., Ralph Ch. : Prognozowanie rozwoju przemysłu. WNT, Warszawa 1978.

[8] Tarnowski W. : Algorytmy wyboru w projektowaniu. Opracowanie nauk.-badawcze, Instytut Automatyki Politechniki Śl., Gliwice 1979 /niepubl./.

[9] Kolman R. : Sterowanie jakością wytwarzania. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1977.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПОНЯТИЯ КОМПЛЕКСНОГО КАЧЕСТВА С УЧЕТОМ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТ

Р е з ю м е

В статье представлено линейную модель для количественного определения показателя качества элементов определённогомножества объектов. Модель учитывает случайность внешних условий и использует известно- понятие функции полезности.

FORMALIZED APPROACH TO THE NOTION OF THE QUALITY, REGARDING THE PROBABILISTIC DESCRIPTION

S u m m a r y

An algorithm for a numeric calculation of a quality of a given object is presented. It is based on a linear model and takes into account the probabilistic environment states description.