

Henryk PRZYBYŁA

Instytut Organizacji i Ekonomiki Górnictwa
Politechnika Śląska

WIELOWYMIAROWA ANALIZA PORÓWNAWCZA I JEJ ZASTOSOWANIE
W BADANIACH WIELOCECHOWYCH ROZWIĄZAŃ
TECHNICZNO-ORGANIZACYJNYCH

Streszczenie. W badaniach dotyczących efektywności stosowania w wyrobiskach górniczych odpowiednich układów techniczno-organizacyjnych problemem jest wyszukanie odpowiedniego układu stanowiącego punkt odniesienia, w stosunku do którego ocenia się efektywność. Zarówno poszczególne układy techniczno-organizacyjne, jak i warunki ich pracy są opisywane za pomocą wielu zmiennych, co stanowi o tym, iż trudno odpowiedzieć w sposób jednoznaczny, czy spełnione zostały warunki porównywalności uzyskiwanych wyników. Liczność cech opisujących układy i warunki ich pracy oraz intuicyjnie wyczuwane różnice w znaczeniu tych cech dla analiz porównawczych wyrobiły u praktyków górników przekonanie o niepowtarzalności warunków i niemożności porównywania wyników. Przekonanie to wynika również z deterministycznego traktowania zjawisk górniczych. Przedstawione w formie algorytmizowanej procedury wyznaczania zbioru zmiennych opisujących układy i warunki ich pracy oraz sformułowane procedury grupowania wyrobisk w podzbiory statystycznie jednorodne przekonują, że można prowadzić analizy porównawcze wyników i oceniać efektywność pracy stosowanych układów techniczno-organizacyjnych. Do wyznaczenia zmiennych opisujących układy i warunki ich pracy zaproponowano w artykule system dialogowy, gdzie stronami w dialogu są eksperci oraz wyniki obliczeń z elektronicznej maszyny cyfrowej. Wykorzystany w pracy wskaźnik podobieństwa obiektów umożliwia wyznaczenie przedziałów zmienności wyników, a wypracowane rozwiązanie wzorcowe - ocenienie, jaki dystans dzieli konkretne rozwiązanie od rozwiązania wzorcowego. Wskaźnik podobieństwa wykorzystano również do wskazania tych zmiennych sterowanych, dzięki którym można uzyskać wzrost efektów, czyli skracanie dystansu do rozwiązania wzorcowego.

1. OPRACOWANIE ZBIORU CECH DIAGNOSTYCZNYCH

Do pełnego opisu każdego układu techniczno-organizacyjnego (UTO) trzeba by użyć prawie nieskończonej ilości cech. Każdą z tych cech wyróżnia ilość informacji, jaką ona wnosi o danym UTO. W badaniach wielocechowych rozwiązań techniczno-organizacyjnych tak jak w każdym świadomym działaniu, sprecyzować należy cel badania. Informacje, jakie wnoszą cechy o danym UTO, badane w aspekcie celu badania, mogą być nieistotne, mało istotne, istotne itd., może również nastąpić dublowanie informacji. Jeżeli

zrezygnujemy z informacji nie- i mało istotnych, jak również zrezygnujemy z tych cech, które dublują informację o rozpatrywanym UTO, to zbiór cech zostanie znacznie ograniczony, a cel badania będzie możliwy do realizacji. W ograniczonym zbiorze pozostaną tylko te cechy, które wnoszą istotne ze względu na cel badania informacje o badanych układach techniczno-organizacyjnych. Na podstawie analizy literatury oraz na podstawie własnych doświadczeń, do ustalenia zbioru cech istotnych proponuje się korzystać z wiedzy ekspertów wspomaganych rachunkiem korelacji. Ustalenie zbioru cech istotnych odbywa się etapowo w tzw. systemie dialogowym. Organizatorem tego systemu jest osoba lub osoby prowadzące wielowymiarową analizę porównawczą. Stronami w tym systemie są eksperci i maszyna cyfrowa.

Udział ekspertów w badaniach wielocechowych rozwiązań techniczno-organizacyjnych jest również konieczny z uwagi na wymagania, jakie stawiają sformalizowane metody badawcze. W zbiorze cech opisujących UTO mogą, a najczęściej występują, cechy jakościowe, które ze względu na stosowaną metodę badawczą muszą być skwantyfikowane - wyrażone w postaci liczb. Do kwantyfikacji cech jakościowych wykorzystujemy wiedzę i doświadczenie ekspertów. Pierwszy etap pracy w prowadzonych badaniach polega na ustaleniu: zbioru cech opisujących UTO istotnych ze względu na cel badania, ustaleniu zbioru cech wyrażających cel badania, kwantyfikacji cech jakościowych oraz pozyskaniu informacji o wartościach liczbowych rozpatrywanych cech.

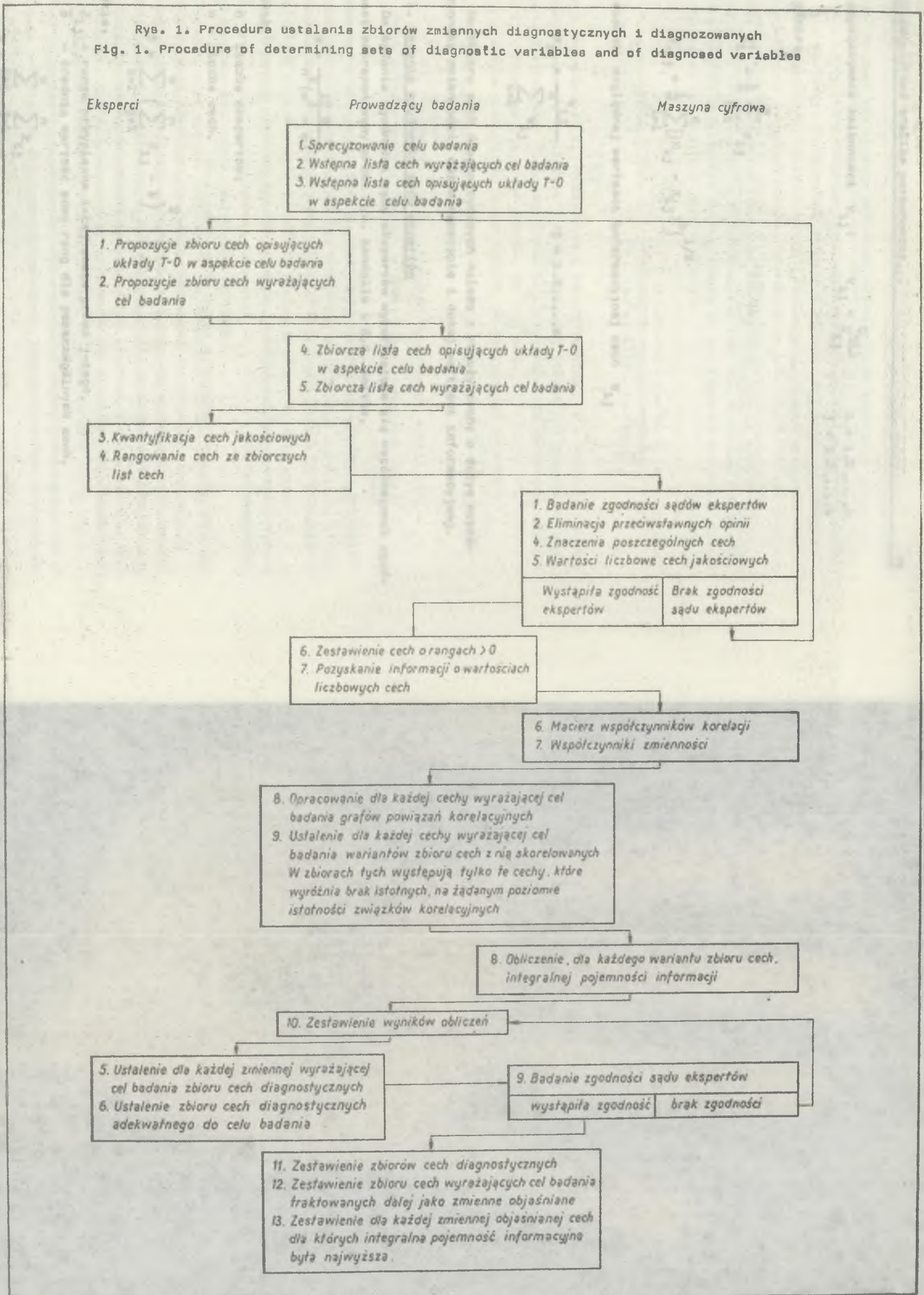
Organizację pracy pierwszego etapu badań można przedstawić w formie graficznej w postaci schematu blokowego (rys. 1). Każdy z ekspertów otrzymuje informację o skorelowaniu cech, a także w formie uporządkowanej warianty zbiorów cech wzajemnie skorelowanych (na przyjętym poziomie istotności). W wyniku przeprowadzonych badań otrzymujemy zbiory cech diagnostycznych, które umożliwiają prowadzenie analiz porównawczych oraz zbiory zmiennych objaśniających, na których opierając się możemy budować modele zmiennych objaśniających.

Zbiory cech diagnostycznych i cech - zmiennych objaśniających mogą być równo- lub różnoliczne. Zbiór cech diagnostycznych może zawierać również te cechy, dla których $r_{yi/xj} < r_k$, tzn. dla których współczynniki korelacji pomiędzy zmiennymi objaśniającymi wyrażającymi cel badania, a zmiennymi objaśniającymi opisującymi UTO na przyjętym poziomie istotności są nieistotne.

Eksperci mają prawo potraktować te zmienne jako zmienne diagnostyczne, gdyż korelacja nie zaprzecza związku przyczynowo-skutkowego. W podjęciu decyzji, które ze zmiennych potraktować jako zmienne diagnostyczne, niezwykle pomocne są informacje o statystycznej charakterystyce cech. W charakterystyce tej najczęściej podaje się:

- rozstęp R ; $R_1 = X_{1max} - X_{1min}$

Rys. 1. Procedura ustalania zbiorów zmiennych diagnostycznych i diagnozowanych
 Fig. 1. Procedure of determining sets of diagnostic variables and of diagnosed variables



- współczynnik zmienności V_{ij} : $V_{ij} = \frac{Q_{x_{ij}}}{\bar{x}_{ij}}$ $i = 1, 2, \dots, n$
 $j = 1, 2, \dots, m$

gdzie:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m x_{ij}$$

$$Q_{x_{ij}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(x_{ij} - \bar{x}_{ij})^2]^{1/2}$$

- miernik względnej wartości informacyjnej cech w_{ij}

$$w_{ij} = \frac{V_{ij}}{\sum_{i=1}^m V_{ij}} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

Do zbioru cech diagnostycznych należą z reguły cechy o dużym współczynniku zmienności, dużym rozstępie i dużej wartości informacyjnej.

1.1. Badanie zgodności sądu ekspertów

Do badania zgodności sądu ekspertów wykorzystuje się współczynnik zgodności zaproponowany przez M.G. Kendalla i B.B. Smitha.

$$W = \frac{12 S}{n^2 (m^3 - m)}$$

gdzie:

n - liczba ekspertów;

m - liczba cech.

$$S = \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^n z_{ij} - \bar{a} \right)^2$$

gdzie:

z_{ij} - ranga przypisana i -tej cesze przez j -tego,

\bar{a} - średnia wartość sumy rang dla poszczególnych cech.

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n z_{ij}}{m}$$

Do oceny istotności współczynnika zgodności stosuje się test chi-kwadrat o $m-1$ stopniach swobody

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} mn (m+1)}$$

Statystycznie istotny współczynnik zgodności świadczy o tym, że zbieżność opinii ekspertów nie jest przypadkowa. Przy eliminowaniu skrajnych opinii ekspertów korzysta się ze współczynnika konkordacji rang wyrażonego wzorem:

$$\rho_i = \frac{\frac{1}{6} (m^3 - m) - S - M - L}{\sqrt{\left[\frac{1}{6} (m^3 - m) - M\right] \left[\frac{1}{6} (m^3 - m) - L\right]}}$$

gdzie:

$$M = \sum_{T_j} T_j(T_j - 1); \quad L = \sum_{l_j} l_j(l_j - 1)$$

$$T_j = \frac{1}{12} \sum_{t_j} (t_j^3 - t_j)$$

t_j - j -ta liczba jednakowych rang w i -tym szeregowaniu,

l_j - liczba powtórzeń każdej rangi w ocenach jednego spośród dwóch ekspertów.

Współczynnik ten zezwala na wyodrębnienie grupy ekspertów o jednakowych i zbliżonych opiniach. W przypadku gdy opinie i -tego eksperta są sprzeczne z opiniami pozostałych członków grupy ekspertów, współczynnik $\rho_i < 0$. Oceny takiego eksperta należy wyeliminować z macierzy ocen i ponownie obliczyć współczynnik W . Wzrasta wówczas zgodność pozostałej grupy ekspertów.

1.2. Analiza i porządkowanie związków korelacyjnych

Na podstawie doświadczeń można powiedzieć, że graficzne przedstawienie związków korelacyjnych pomiędzy analizowanymi cechami oraz zestawienie poszczególnych kombinacji zmiennych objaśniających wzajemnie skorelowanych ułatwia pracę ekspertom. Wyraża się to odpowiednio wysokimi współczynnikami zgodności.

Etapy pracy przy opracowaniu grafów powiązań korelacyjnych [3]:

1. Na podstawie danych empirycznych dotyczących n obserwacji na m zmiennych budujemy macierz X o wymiarach $n \times m$.

2. Z powyższych danych budujemy symetryczną macierz współczynników korelacji r_{ij} , którą oznaczamy jako W (będzie to macierz o wymiarze $n \times n$).

3. Z macierzy W wyłączamy wiersze i kolumny, w których występowały zmienne objaśniane, tworzymy macierz współczynników korelacji zmiennych objaśniających łączonych parami. Oznaczmy ją jako R . Wymiar tej macierzy wynosi $(m-1) \times (m-1)$. Gdzie 1 - liczba zmiennych objaśniających.

4. W odniesieniu do występujących tu współczynników korelacji weryfikujemy hipotezę $H_0 : (r_{ij} = 0, i = j)$.

Sprawdzianem tej hipotezy jest statystyka

$$t_0 = \frac{r_{ij}}{\sqrt{1 - r_{ij}^2}} \sqrt{n - 2}$$

która porównana z t_t odczytanym z tablic rozkładu t - Studenta przy zadanym poziomie istotności i danej wielkości próbki (n) pozwala na orzeczenie o słuszności hipotezy. Jeśli $t_0 > t_t$, hipotezę odrzucamy, gdy zaś $t < t_t$ utrzymujemy ją, skąd wynika, że $r_{ij} \approx 0$.

W praktyce postępujemy w ten sposób, że korzystając ze wzoru:

$$r^* = \sqrt{\frac{\frac{t_t^2}{n-2}}{1 + \frac{t_t^2}{n-2}}}$$

ustalamy wartość krytyczną r powodującą odrzucenie hipotezy. Wszystkie współczynniki korelacji, dla których zachodzi relacja $|r_{ij}| \leq r^* (i \neq j)$, zastępujemy w macierzy R zerami. Otrzymaną w ten sposób macierz oznaczamy jako R' .

5. Wykorzystując macierz R' budujemy graf, w którym wierzchołkami są zmienne, a łukami współczynniki korelacji $r_{ij} = 0$. W rezultacie takiego postępowania mogą zajść następujące przypadki:

- powstał graf spójny, co oznacza, że wszystkie wybrane zmienne są z sobą bezpośrednio lub pośrednio skorelowane;
- powstało kilka grafów spójnych, co oznacza, że występują grupy zmiennych skorelowanych z sobą bezpośrednio lub pośrednio, podczas gdy inne grupy są z sobą nieskorelowane;
- powstały punkty odosobnione, co oznacza, że wszystkie zmienne są z sobą nieskorelowane.

6. Określamy stopień każdego wężła grafu K , tzn. liczbę łuków, którymi jest on związany z innymi wierzchołkami. Dla wierzchołków izolowanych $K = 0$.

7. W każdym grafie spójnym wyróżniamy wierzchołek o maksymalnym K . Jeżeli w danym grafie spójnym jest kilka takich wierzchołków, to pierwszą kombinację otrzymamy wtedy, gdy jako pierwszy wyróżnimy wierzchołek charakteryzujący tę zmienną, która jest najmocniej skorelowana ze zmienną objaśnianą (lub tę zmienną, którą charakteryzuje największy zakres sterowania - rozstęp). Kolejne kombinacje otrzymamy wybierając kolejno wierzchołki o tym samym stopniu. Po wybraniu wierzchołka, z grafu eliminujemy wszystkie wierzchołki, które połączone są z nim łukami. Ostatecznie jako zmienne objaśniające pozostawimy zmienne reprezentujące wierzchołki izolowane oraz wierzchołki wyróżnione z grafów spójnych.

Dla każdej kombinacji zmiennych objaśniających wyznaczamy integralną pojemność informacji według zależności (1):

$$H = \sum_{j=1}^p h_j$$

$$h_j = \frac{r_1^2}{1 + \sum_{i=1}^j |r_{ij}|}$$

gdzie:

h_j - pojemność indywidualna j -tej zmiennej objaśniającej,

r_j - współczynnik korelacji j -tej zmiennej objaśniającej ze zmienną objaśnianą,

r_{ij} - współczynnik korelacji i -tej i j -tej zmiennej objaśniającej,

p - liczba zmiennych objaśniających w danej kombinacji.

Za najkorzystniejszą z punktu widzenia dopasowania modelu do ciągu danych empirycznych uznajemy kombinację o największej integralnej pojemności informacji (H_{max}).

Bardzo często zdarza się, że w wyniku przeprowadzonych obliczeń otrzymujemy kilka kombinacji, dla których integralna pojemność informacji jest w przybliżeniu taka sama. Pamiętajmy, że w zbiorze zmiennych objaśniających występują zmienne sterowane i niesterowane, a zmienne sterowane różnią się zakresem sterowania. W takiej sytuacji za dodatkowe kryteria wyboru kombinacji przyjmujemy liczbę zmiennych sterowanych w danej kombinacji i zakresy sterowania. Przyjęcie zbioru zmiennych diagnostycznych i kombinacji zmiennych objaśniających kończy pierwszy etap prac przy wielowymiarowej analizie porównawczej.

Tabela 1

Ogólne własności wybranych procedur teknonomicznych

Nazwa procedury	własności procedur								metano- nicz- ności	
	najlep- szego obrazu	wypuk- łości	połą- cze- nia	poprawnej struktury według grup	poprawnej struktury według drzewka	powsta- wania punktów	powsta- wania grup	opu- szcza- nia grup		
Teknomia Wrocławska	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Najdalezszego sąsiedztwa	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Średniej grupowej	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-
R.F. Linga	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+
Obszarowa metoda Wrocławska	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-

♦ jeśli procedura spełnia własność
- jeśli nie spełnia własności

2. KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA METOD STOSOWANYCH DO GRUPOWANIA I PODZIAŁU OBIEKTÓW

Do prowadzenia analiz porównawczych konieczne jest zgrupowanie obiektów w podzbiory statystyczne jednorodne. Do klasycznych metod stosowanych do grupowania i podziału obiektów można już dzisiaj zaliczyć: diagram Czekanowskiego, metody wrocławską i katowicką, metodę kul, metodę graficzną, metodę środka ciężkości, metodę potencjałów, metodę stabilnego podobieństwa itd. Przeprowadzone badania [2] wykazały, że wśród znanych metod nie ma metody dominującej ze względu na zbiór kryteriów "dobrego podziału". Uważamy, że prowadzący badania zobowiązany jest do sprecyzowania wymagań, jakie powinny być spełnione i do tych wymagań dobrać odpowiednią metodę. Pomocne w tym zakresie może być zestawienie zaczerpnięte z pracy [2] (tab. 1).

2.1. Wyrażenie UTO w postaci sformalizowanej

Zbiór cech diagnostycznych umożliwia sformalizowany opis każdego układu techniczno-organizacyjnego. Informacje o wartościach liczbowych cech zestawiamy w odpowiednie tabele 2 i 3.

Tabela 2

Informacje o wartościach liczbowych cech

	Zmienna diagnostyczna X_1	Zmienna diagnostyczna X_2	...	Zmienna diagnostyczna X_m
UTO-1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1m}
UTO-2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2m}
...
...
...
UTO-n	X_{n1}	X_{n2}	...	X_{nm}

Każda ze zmiennych diagnostycznych wyrażona jest w odpowiedniej dla niej jednostce miary. Taki sposób wyrażenia zmiennych diagnostycznych uniemożliwia obliczenia numeryczne. Zachodzi zatem konieczność wyrażenia zmiennych diagnostycznych w postaci bezwymiarowej. Biorąc pod uwagę możliwe formy normowania, do prowadzonych prac należy wybrać tę, przy której w największym stopniu zachowany jest indywidualny charakter cech. Prawidłowo przeprowadzone normowanie powinno spełniać następujące postulaty:

- wartości unormowane są liczbami niemianowanymi, niezależnie od rodzaju cech, których wartości są normowane,
- wartości unormowane są nieujemnie,
- wartości unormowane należą do skończonego, uniwersalnie unormowanego przedziału liczbowego,
- w miarę wiernie odzwierciedlają zmienność wartości unormowanej.

Normowanie możemy przeprowadzić przez:

- przekształcenie ilorazowe:

$$U_j = \frac{x_{jmin}}{x_j} \quad \text{lub} \quad U_j = \frac{x_j}{x_{jmax}}$$

- standaryzację:

$$U_j = \frac{x_j - \bar{x}_j}{\sigma_{xj}}$$

gdzie:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j$$

$$\sigma_{xj} = \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x}_j)^2 \right]^{1/2}$$

- normalizację:

$$U_j = \frac{x_j}{\sigma_{xj}}$$

Wybór metody możemy uzależnić od wysokości współczynnika zmienności V_{pj} gdzie:

$$P_j = \frac{x_j}{U_j}$$

Wybieramy ten sposób normalizacji, przy którym V_{pj} osiąga wartość minimalną

$$V_{pj} = \frac{\sigma_{pj}}{\bar{p}_j}; \quad \bar{p}_j = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n p_j$$

$$\sigma_{p_j} = \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |p_j - \bar{p}_j|^2 \right]^{1/2}$$

Po przeprowadzeniu normowania tabela informacyjna o rozpatrywanych układach techniczno-organizacyjnych będzie miała postać:

Tabela 3

Informacje o wartościach liczbowych cech

	Unormowana zmienna diagnostyczna U_1	Unormowana zmienna diagnostyczna U_2	...	Unormowana zmienna diagnostyczna U_m
UTO-1	U_{11}	U_{12}	...	U_{1m}
UTO-2	U_{21}	U_{22}	.	U_{2m}
.
.
.
UTO-n	U_{n1}	U_{n2}	...	U_{nm}

Zawarte w tabeli informacje będą wykorzystane do wydzielenia statystycznie jednorodnych podzbiorów UTO, tzn. wydzielenie podzbiorów, w których różnice pomiędzy układami należącymi do tego samego podzbioru są na przyjętym poziomie istotności nieistotne.

2.2. Uszeregowanie obiektów według malejącego miernika rozwoju

Otrzymane w wyniku podziału i grupowania obiektów podzbiory umożliwiają prowadzenie analiz porównawczych. Gdy cel badania potrafimy wyrazić za pomocą jednej cechy, możemy uszeregować UTO według malejących (dla stymulanty) bądź rosnących (dla destymulanty) wartości liczbowych tej cechy. Ekstremalne (maksymalne dla stymulant, a minimalne dla destymulant) wartości liczbowe cechy wyrażającej cel badania w poszczególnych podzbiórach wskazują układy wzorcowe, w stosunku do których prowadzimy porównywanie pozostałych układów należących do tego samego podzbioru, co układ wzorcowy. W przypadkach, gdy cel badania wyrażany jest przez kilka cech, a w otrzymanych podzbiórach nie ma układów dominujących, do uszeregowania układów możemy wykorzystać miernik rozwoju (za układ dominujący uważamy taki, który zawiera ekstremalne wartości liczbowe każdej cechy wyrażającej cel badania). Cechy wyrażające cel badania dzielimy na stymulanty, destymulanty i nominanty. Dla każdej cechy wyrażającej cel badania prowadzimy normowanie według przekształcania ilorazowego, tj.:

$$U_i = \frac{x_i}{x_{\max}} \quad \text{dla cech stymulant i nominat w przedziale, gdy są stymulantami,}$$

$$U_i = \frac{x_{\min}}{x_i} \quad \text{dla cech destymulant i nominat w przedziale, gdy są destymulantami.}$$

Cechy wyrażające cel badania mogą być między sobą równoważne bądź też ich znaczenie w wyrażaniu celu badania jest zróżnicowane. W przypadku cech równoważnych miernik rozwoju wyznaczamy według formuły:

$$w_{r1} = 1 - \frac{d_1}{d}$$

$$d_1 = \left[\sum_{i=1}^m (u_{ij}^0 - u_{ij})^2 \right]^{1/2}$$

gdzie:

$$d = d_{\max}$$

u_{ij}^0 - ekstremalna wartość unormowanej cechy.

Dla cech o różnym znaczeniu (w_z) do realizacji celu, miernik rozwoju wyznaczamy z formuły

$$w_{r1} = 1 - \frac{d_1}{d}$$

$$d_1 = \left[\sum_{i=1}^m w_{zj} (u_{ij}^0 - u_{ij})^2 \right]^{1/2}$$

gdzie:

w_{zj} - znaczenie przypisane j-tej cesze.

Obliczony według podanych formuł miernik rozwoju wskazuje, na ile rozpatrywany układ T-O zbliżył się do punktu w m wymiarowej przestrzeni, którego współrzędne u_{ij} mają wartości ekstremalne. Do rozwiązania wzorcowego $u_{ij} = u_{ij}^0$

$$d_1 = 0 \quad w_{r1} = 1$$

Dla rozwiązania najmniej korzystnego $d_i = d$

$$w_{r1} = 1 - 1 = 0$$

W każdym podzbiornie układ techniczno-organizacyjny, którego miernik rozwoju ma wartość najwyższą, stanowi rozwiązanie wzorcowe dla wszystkich układów należących do tego podzbiornie.

2.3. Wyznaczenie podobieństwa pomiędzy UTO z tego samego podzbiornie

Przeprowadzone łączenie UTO w podzbiornie zapewnia nam podobieństwo tych układów rozumiane w sensie statystycznym. Taki sposób traktowania podobieństwa oznacza również i to, że układy należące do tego samego podzbiornie różnią się stopniem podobieństwa od układu wzorcowego. Stopień podobieństwa pomiędzy dwoma układami wyznaczamy w zależności:

$$d_{u_i, u_{i+r}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m |u_{ij} - u_{i+r,j}|$$

$$p_{u_i, u_{i+r}} = 1 - d_{u_i, u_{i+r}}$$

gdzie:

$p_{u_i, u_{i+r}}$ - podobieństwo pomiędzy i -tym i $i+r$ -tym układem techniczno-organizacyjnym.

Stopień podobieństwa układów do układu wzorcowego wykorzystamy do ustalenia dopuszczalnych przedziałów zmian w zmiennych diagnostycznych. Zakładamy bowiem, że podobieństwo cech powinno być co najmniej takie, jak podobieństwo obiektów. Punktem odniesienia do obliczeń będzie zawsze układ wzorcowy o najwyższym mierniku rozwoju.

Jeżeli stopień podobieństwa pomiędzy układem wzorcowym a układem z tego samego podzbiornie wynosi p_{uw}, u_i , to wartości zmiennych diagnostycznych powinny się zawierać w przedziałach:

$$\text{dolnym} \quad P_{Di} = p_{uw}, u_i \cdot x_{ij}$$

$$\text{górnym} \quad P_{Gi} = (p_{uw}, u_i)^{-1} \cdot x_{ij}$$

Taki sposób traktowania podobieństwa pozwala wskazać cechy, których wartości liczbowe nie mieszczą się w ustalonych dla nich przedziałach i na które powinno się zwrócić szczególną uwagę.

Podzbiór

Układy Techniczno-Organizacyjne	Miernik rozwoju	Stopień podobieństwa	Wartości liczbowe		Cechy sterowania				Stymulatory				Dezymulatory				Cechy nie sterowane							
			Y _{i1} ^S	Y _{i2} ^S	Y _{i1} ^D	Y _{i2} ^D	Y _{i1} ^N	Y _{i2} ^N	Y _{i1} ^S	Y _{i2} ^S	Y _{i1} ^D	Y _{i2} ^D	Y _{i1} ^N	Y _{i2} ^N	Y _{i1} ^S	Y _{i2} ^S	Y _{i1} ^D	Y _{i2} ^D	Y _{i1} ^N	Y _{i2} ^N				
1																								
Układ T-O-1	W _{r1}	—	Y ₁₁ ^S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	P _{r12}	—	Y ₂₁ ^S	P ₀₂₁ ^S	P ₆₂₁ ^S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Układ T-O-2	W _{r2}	—	Y ₁₁ ^S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	P _{r12}	—	Y ₂₁ ^S	P ₀₂₁ ^S	P ₆₂₁ ^S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Układ T-O-n	W _{r_n}	—	Y ₁₁ ^S	P _{0n1} ^S	P _{6n1} ^S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	P _{r_n}	—	Y _{n1} ^S	P _{0n1} ^S	P _{6n1} ^S	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
				Dopuszczalne przedziały zmienności		Odchylenie poza przedział		Zakres sterowania		Wartości liczbowe		Dopuszczalne przedziały zmienności		Odchylenie poza przedział		Zakres sterowania		Wartości liczbowe		Dopuszczalne przedziały zmienności		Odchylenie poza przedział		

Zestawienie cech i informacji o wynikach obliczeń

[Faint text and diagrams, possibly a flowchart or data visualization, are present in the bottom left corner of the page, but they are illegible due to low resolution.]

Jeżeli $x_{ij} > P_{Gi}$ to:

$$\text{dla stymulant} \quad + \Delta O_{ij}^S = x_{ij} - P_{Gi}$$

$$\text{dla destymulant} \quad - \Delta O_{ij}^D = x_{ij} - P_{Gi}$$

Jeżeli $x_{ij} < P_{Di}$ to:

$$\text{dla stymulant} \quad - \Delta O_{ij}^S = P_{Di} - x_{ij}$$

$$\text{dla destymulant} \quad + \Delta O_{ij}^D = P_{Di} - x_{ij}$$

Pamiętamy, że wśród cech diagnostycznych występują zarówno cechy sterowane jak i niesterowane, a wśród cech sterowanych stymulanty i destymulanty. Uwaga prowadzącego analizę porównawczą powinna być skoncentrowana na cechach sterowanych, a wśród nich przede wszystkim na tych, których zakres sterowania jest największy.

Uporządkowane zestawienie cech i informacji o wynikach obliczeń zawieszona jest w tabeli 4.

Zakres sterowania dla każdej z cech wyznaczamy z zależności:

$$\text{dla cech stymulant} \quad R_{ij}^S = x_{ij\max} - x_{ij}$$

$$\text{dla cech destymulant} \quad R_{ij}^D = x_{ij} - x_{ij\min}$$

Zakres sterowania może być efektywnie wykorzystany na drodze zmian ilościowo-jakościowych.

Wysokość spodziewanych efektów można oszacować, jeżeli dysponujemy odpowiednimi równaniami regresji.

3. ZAKOŃCZENIE

Przedstawiona procedura postępowania przy prowadzeniu wielowymiarowej analizy porównawczej wydaje się pracochłonna. Pracochłonność ta związana jest z wielokrotną wymianą informacji pomiędzy grupą ekspertów a prowadzącym badania. Pamiętać jednak należy, że opracowany zbiór zmiennych diagnostycznych jest wykorzystywany wielokrotnie. W przedstawionej procedurze znaczącą rolę spełnia wiedza i doświadczenie ekspertów. Weryfikacja zgodności sądu ekspertów czyni ich subiektywne oceny obiektywnymi. Określenie podobieństwa i stopnia zmienności dla każdej z cech umożliwia na etapie analizy porównawczej wskazanie tych cech, których wartości liczbowe nie mieszczą się w ustalonych dla nich przedziałach zmienności, a tym samym stanowią przyczyny powodujące, że analizowany układ uzyskał taki, a nie inny miernik rozwoju.

Wyznaczone zakresy sterowania wskazują, jak głębokie mogą być zmiany ilościowo-jakościowe w zakresie zjawisk reprezentowanych przez daną cechę. Reasumując uważamy, że spełnione zostały wszystkie wymagania stawiane tego typu analizom.

LITERATURA

1. Hellwig Z.: Zastosowanie metody taksonomicznej do typologicznego podziału krajów ze względu na poziom ich rozwoju. "Przegląd Statystyczny" 1968, nr 4.
2. Pocięcha J.: Kryterium oceny procedur taksonomicznych. "Przegląd Statystyczny" 1982, nr 1/2.
3. Metody ekonometryczne. Przykłady i zastosowanie. Praca zbiorowa pod red. Bartosiewicz S. PWE, Warszawa 1980.
4. Metody i modele ekonomiczno-matematyczne w doskonaleniu zarządzania gospodarką socjalistycznym. Praca zbiorowa pod red. Welfe W. PWE, Warszawa 1981.
5. Przybyła H.: Wybrane problemy wielowymiarowej analizy porównawczej w odniesieniu do zagadnień górniczych. ZN Pol. Śl. s. Górnictwo, z.139, Gliwice 1985.
6. Rozin B.B.: Teoria rozpoznawania obrazów w badaniach ekonomicznych. PWN, Warszawa 1979.
7. Strahl D.: Dyskryminacja zbioru wg stabilnego podobieństwa. "Przegląd Statystyczny" 1982, nr 1/2.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Jan STACHOWICZ

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1987 r.

МНОГОМЕРНЫЙ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ИССЛЕДОВАНИИ ТЕХНИКО-ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

Резюме

В исследованиях в области эффективности применения в горных выработках различных технико-организационных систем, проблемой является отыскание соответствующей системы в качестве точки отсчета для оценки их эффективности. Как отдельные технико-организационные системы, так и условия их работы описываются с помощью многих переменных, что показывает, как трудно объективно описать - выполнены ли были условия сравнения полученных результатов. Число черт описывающих системы и условия их работы интуитивно чувствуются различны этих черт при сравнительном анализе выработали у горняков мнение, что эти условия неповторимы и, поэтому, невозможно их сравнивать.

Такое мнение является также результатом детерминистической трактовки горных явлений. Представленные в форме алгоритмов процедуры определения множества переменных, описывающих системы и условия их работы, а также сформулированные процедуры группировки выработок в статистически однородные множества утверждают, что можно проводить сравнительный анализ результатов и оценивать эффективность работы технико-организационных систем. Для определения переменных, описывающих системы и условия их работы, предложена диалоговая система, где участниками диалога являются эксперты и результаты расчетов на ЭВМ.

Использованный в работе показатель подобия объектов даёт возможность указания пределов непостоянства результатов, а примерное решение даёт возможность оценить дистанцию, которая отделяет конкретные решения от эталонного решения. Указатель пределов непостоянства используется так же для указания тех управляемых переменных, благодаря которым можно повысить эффективность, т.е. сократить дистанцию до эталонного решения.

MULTIDIMENSIONAL COMPARATIVE ANALYSIS AND ITS APPLICATION IN MULTIFEATURE TESTS OF TECHNO-ORGANIZATIONAL SOLUTIONS

Summary

Among the tests which deals with the effectiveness of applying appropriate techno-organizational systems in mine headings the most important problem is to find the right system which can be treated as a reference point and in relations to this point the effectiveness is judged. Both particular techno-organizational systems and working conditions are described by the means of many variables, and this is why it is rather difficult to answer explicitly if the comparable conditions of obtained results have been fulfilled. Numerous features describing systems in their working conditions and intuitively felt differences in the meaning of these features for comparative analysis have made many practitioners believe uniqueness of conditions and in inability of comparing results.

This conviction is the result of the deterministic treatment of mining phenomena. The procedures of determining the set of variables describing systems in the algorithm form and the formulated procedures of grouping headings in statistically homogenous subsets convince that comparative analysis of results can be carried out and that the work effectiveness of applied techno-organizational systems can be estimated. A dialogue system

has been proposed to define the variables describing the system and working conditions. It is the dialogue between experts and the results of calculations from the electronic digital computer.

The similarity index of examined objects has been applied and it enables to determine the result variation interval and the worked out model solution allows to estimate the distance between the actual solution and the model solution. The similarity index has been applied to show steerable variables thanks to which the increase of effects can be obtained and it also means cutting down of the distance toward the model solution.

MULTIDIMENSIONAL COMPARATIVE ANALYSIS AND ITS APPLICATION IN MATHEMATICAL TESTS OF TECHNO-ORGANIZATIONAL SYSTEMS

A B S T R A C T

Among the tests which deal with the effectiveness of applying operations-organizational systems in the practice the most important problem is to find the right system which can be treated as a reference point and in relation to this point the effectiveness is judged. In particular techno-organizational systems and working conditions are described by the means of many variables, and this is why it is rather difficult to assess objectively if the comparative conditions described have been fulfilled. However, various factors describing systems in their working conditions and including all differences in the meaning of these factors for comparative analysis have been presented. It is shown that the comparative analysis and its possibility of conducting results. This condition is the result of the deterministic treatment of aging phenomena. The procedure of determining the set of variables describing systems in the algorithm form and the formulated procedure of grouping results in statistically homogeneous experts analyze the comparative analysis of results can be carried out and that the work effectiveness of applied techno-organizational systems can be determined. A statistical system