

A. NIWIŃSKA (Wrocław)

*ZASTOSOWANIE WSKAŹNIKÓW PERKALA  
DO ANALIZY ZESPOŁU CECH PSYCHOLOGICZNYCH\**

**1. Cel i metoda pracy.** Celem niniejszej pracy była analiza czynnikowa zespołu testów psychologicznych stosowanych w badaniach lotniczych. Stosując metodę Perkala ([7]) podzielono zespół dziesięciu testów na cztery podzespoły i pokazano stopień przydatności każdego z tych podzespołów do dyskryminacji badanych grup osobników.

Badania psychologiczne przeprowadza się często za pomocą testów. Są to próby (zadania do wykonania), identyczne dla wszystkich osób badanych, ze ściśle określonym sposobem liczbowej oceny wyników ([10]). Oceny testów zadanych osobnikowi można uważać za układ cech w znaczeniu statystycznym.

Rezultat testu zależy nie tylko od stopnia zdolności posiadanych przez badaną osobę, lecz także od innych czynników natury psychicznej, fizjologicznej, lub fizycznej. Wyniki testów, a zwłaszcza tych, w których mierzy się czas wykonania, są także uzależnione od wybranego przez badaną osobę sposobu wykonania zadania. Nie można więc uważać rezultatu testu za pośrednią miarę zdolności ([4]).

Wyniki różnych testów mających na celu ocenę uzdolnień badanych osób są na ogół dodatnio skorelowane między sobą. C. Spearman, który dał początek matematycznej analizie czynników, postawił hipotezę, że korelacje między różnymi testami są wywoływane jakimś czynnikiem wspólnym. Zaczęto badać korelacje usiłując dotrzeć do przyczyn, które je wywołują. Dzięki temu rozwinęło się wiele metod analizy czynnikowej. Metody te mają na celu wyróżnienie wspólnych czynników w testach i dokonanie psychologicznej analizy tych czynników. Analiza czynnikowa jest także podstawą do wyboru tych testów, które lepiej niż inne nadają się do pewnych celów określonych przez potrzeby praktyki psychologicznej.

Często stosowana jest jednoczynnikowa metoda Spearmana lub, będąca jej uogólnieniem, wieloczynnikowa metoda Thurstone'a. Obie te

---

\* W przygotowaniu niniejszej pracy autorka wielokrotnie korzystała z rad i pomocy prof. dr J. Perkala za co składa mu serdeczne podziękowania.

metody nie są jednak doskonałe. Wadą metody Spearmana jest zastąpienie całego zespołu cech jednym tylko wektorem wspólnym, co nie wystarcza do psychologicznej analizy zespołu testów. Metoda Thurstone'a zaś nie jest matematycznie jednoznaczna a ponadto stosowanie jej wymaga żmudnych rachunków ([3], [7]).

Nową metodę analizy zespołu cech podał J. Perkal. Za pomocą tej metody osiągnięto już interesujące wyniki w naukach przyrodniczych. Metoda Perkala pozwala zastąpić zespół cech wyjściowych przez wspólny wektor  $m$ , odgrywający podobną rolę jak wektor wspólny Spearmana, oraz znaleźć wskaźniki określające wielkości poszczególnych cech w porównaniu ze wszystkimi cechami zespołu. W zależności od znaku współczynników korelacji między wskaźnikami można zespół cech wyjściowych podzielić na dodatnio skorelowane podzespoły i dla tych podzespołów obliczyć wektory wspólne. Są one analogiczne do wektorów Thurstone'a, jednakże zachowana jest matematyczna jednoznaczność. Wektory wspólne mają naturalną interpretację psychologiczną a metoda ich wyznaczania nie wymaga żmudnych rachunków, co w praktyce jest ważne ([7], [9]). Zwróćmy uwagę na fakt, że wykonanie skomplikowanych rachunków w obliczeniach prowadzonych według metody Thurstone'a przy małej dokładności wyników testów i wykonywaniu działań z zaokrągleniem do niedużej ilości cyfr może prowadzić do fikcyjnych rezultatów wynikających wyłącznie z superpozycji błędów oceny i zaokrągleń rachunku.

Przedmiotem niniejszej pracy jest zespół następujących dziesięciu testów:

Test I: Zadaniem osoby badanej było odtworzenie pokazywanych przez kilka sekund rysunków w czasie przerw między ekspozycjami.

Test II: Osoba badana miała w czasie krótkiej ekspozycji narysować odbicie lustrzane pokazywanych rysunków.

Test III: Należało narysować trasę opisaną ustnie.

Test IV: Osoba badana musiała odszukiwać wybrane krzywe z narysowanej siatki.

Test V: W czasie krótkiej ekspozycji należało odtwarzać rysunki przy jednocześnie działających przeszkodach.

Test VI: Odtwarzanie różnej długości serii liczb.

Test VII: Należy odtworzyć kilka ostatnich liczb serii o różnej długości.

Test VIII: Odtwarzanie liczb wraz z wykonywaniem działań na niektórych liczbach w czasie ekspozycji tych liczb.

Test IX: Zadaniem osoby badanej było wyróżnianie elementów przedstawionych na rysunkach brył.

Test X: Należało wybrać elementy i uzupełnić nimi figury geometryczne.

Wszystkie te testy (a w razie potrzeby i inne) stosowane są w Głównym Ośrodku Badań Lotniczo-Lekarskich przy standardowym badaniu pilotów, skoczków spadochronowych i kandydatów do lotnictwa. Ze względów praktycznych ważnym jest wyróżnienie wspólnych czynników i ewentualne utworzenie lepszego zespołu testów, mającego większą użyteczność praktyczną.

Osoby, które badane były opisanymi wyżej testami podzieliłam, ze względu na zaawansowanie i rodzaj uprawianej dyscypliny, na 10 grup. Oto lista poszczególnych grup (w nawiasach podano ilości  $n_j$  osób w każdej grupie)<sup>(1)</sup>.

A. Mistrzowie<sup>(2)</sup> sportu samolotowego ( $n_1 = 12$  osób),

B. Mistrzowie sportu szybowcowego ( $n_2 = 17$ ),

C. Mistrzowie sportu spadochronowego ( $n_3 = 20$ ),

D. Piloci z ilością powyżej 600 godzin lotu ( $n_4 = 19$ ),

E. Piloci z ilością poniżej 100 godzin lotu ( $n_5 = 24$ ),

F. Skoczkowie z ilością powyżej 150 skoków ( $n_6 = 12$ ),

G. Skoczkowie z ilością poniżej 30 skoków ( $n_7 = 14$ ),

H. Kandydaci zdolni<sup>(3)</sup> do szkolenia lotniczego ( $n_8 = 20$ ),

I. Kandydaci niezdolni do szkolenia lotniczego z powodu negatywnej oceny badań lekarskich ale mający pozytywną ocenę badań psychologicznych ( $n_9 = 20$ ),

J. Kandydaci niezdolni do szkolenia lotniczego z powodu negatywnej oceny badań psychologicznych ( $n_{10} = 20$ ).

Ocenę  $i$ -tego testu ( $i = 1, 2, \dots, 10$ ) u  $k$ -tego osobnika ( $k = 1, 2, \dots, n_j$ ) z  $j$ -tej grupy ( $j = 1, 2, \dots, 10$ ) będą oznaczać w dalszym tekście symbolem  $x_{ijk}$ .

Ze względów praktycznych interesowało mnie zagadnienie, czy wartości wektora wspólnego  $m$  i wskaźników istotnie się różnią w poszczególnych grupach. W tym celu dla każdej grupy i dla każdego testu obliczyłam najpierw średnie arytmetyczne ocen  $\bar{x}_{ij}$  i dyspersje  $\sigma_{ij}$ .

<sup>(1)</sup> Materiał pochodzi z Głównego Ośrodka Badań Lotniczo-Lekarskich we Wrocławiu z Pracowni Psychologicznej mgr H. Kopla.

<sup>(2)</sup> Badania psychologiczne mistrzów sportów lotniczych (grupy A, B i C) były wykonane przed zdobyciem przez te osoby tytułów mistrzowskich.

<sup>(3)</sup> Ocena badań psychologicznych decydujących o przynależności kandydatów do grup H, I, J była stawiana indywidualnie, nie tylko na podstawie wyników danego zespołu testów, lecz także na podstawie innych badań. W szczególności o przynależności kandydatów do grupy H prócz pozytywnej oceny badań psychologicznych decydowała pozytywna ocena szczegółowych badań lekarskich.

$$\bar{x}_{ij\cdot} = \frac{1}{n_j} \sum_{k=1}^{n_j} x_{ijk}, \quad \sigma_{ij\cdot} = \sqrt{\frac{1}{n_j} \sum_{k=1}^{n_j} (x_{ijk} - \bar{x}_{ij\cdot})^2}.$$

Obliczyłam także dla każdego testu średnią ogólną  $\bar{x}_{i\cdot\cdot}$  i dyspersję ogólną  $\sigma_{i\cdot\cdot}$ .

$$\bar{x}_{i\cdot\cdot} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{10} \sum_{k=1}^{n_j} x_{ijk}, \quad \sigma_{i\cdot\cdot} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^{10} \sum_{k=1}^{n_j} (x_{ijk} - \bar{x}_{i\cdot\cdot})^2},$$

gdzie  $N = \sum_{j=1}^{10} n_j = 178$  jest ogólną liczbą osób we wszystkich grupach.

Otrzymane średnie arytmetyczne  $\bar{x}_{ij\cdot}$  ocen testów w każdej grupie potraktowałam jako oceny „osobników średnich”. Te wartości średnie znormalizowałam następnie odejmując średnią ogólną  $\bar{x}_{i\cdot\cdot}$  i dzieląc przez dyspersję ogólną  $\sigma_{i\cdot\cdot}$  każdego testu. Otrzymałam w ten sposób układ wartości 10 cech znormalizowanych (testów) dla 10 osobników średnich

$$t_{ij} = \frac{\bar{x}_{ij\cdot} - \bar{x}_{i\cdot\cdot}}{\sigma_{i\cdot\cdot}},$$

gdzie  $t_{ij}$  jest wartością  $i$ -tej cechy ( $i = 1, 2, \dots, 10$ )  $j$ -tego osobnika średniego ( $j = 1, 2, \dots, 10$ ).

Zbadałam następnie czy wszystkie testy są dodatnio skorelowane obliczając korelacje rangowe  $\rho$  Spearmana ([2]),

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)},$$

gdzie  $D$  jest różnicą między rangami danych dwu cech u jednego osobnika a sumowanie rozciąga się na wszystkich  $N$  osobników.

Z układu korelacji między testami można w bezpośredni sposób otrzymać korelacje między wskaźnikami ([7]), lub też można z układu cech znormalizowanych  $t_{ij}$  obliczyć wektor wspólny  $m$  i wskaźniki, a następnie korelacje między wskaźnikami. Wybrałam ten drugi sposób.

Wektor wspólny  $m$  jest to średnia arytmetyczna cech znormalizowanych jednego indywiduum; wartość tego wskaźnika dla  $j$ -tego osobnika średniego wynosi

$$m_j = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} t_{ij}, \quad j = 1, 2, \dots, 10.$$

Wektor wspólny  $m$  jest wskaźnikiem wielkości. Jego wartość charakteryzuje wielkość danego osobnika ze względu na zespół cech mierzoną w odniesieniu do całej populacji.

Wskaźniki są to reszty otrzymane przez odjęcie wektora wspólnego  $m_j$  od poszczególnych cech znormalizowanych danego  $j$ -tego osobnika:

$$w_{ij} = t_{ij} - m_j, \quad i = 1, 2, \dots, 10; j = 1, 2, \dots, 10.$$

Charakteryzują one poszczególne cechy osobnika w odniesieniu do badanego zespołu cech ([7]).

Dla stwierdzenia czy różnice między wektorami wspólnymi  $m$  oraz różnice między wskaźnikami  $w_{ij}$  u różnych osobników są statystycznie istotne weryfikowałam hipotezę o równości wektorów wspólnych lub wskaźników stosując test  $t$ -Studenta na poziomie 0,05 ([11]).

Obliczyłam także korelacje rangowe między wskaźnikami ([2]), a otrzymana macierz korelacji pozwoliła mi podzielić zbiór badanych testów na podzespoły, tak że wszystkie testy wewnątrz jednego podzespołu mają dodatnie współczynniki korelacji między wskaźnikami ([7]). Tam gdzie podział mógłby być niejednoznaczny kierowałam się dodatkową zasadą, aby wewnątrz każdego podzespołu testów średnia arytmetyczna współczynników korelacji między wskaźnikami była najwyższa.

Badając indywidua określone zespołem  $k$  cech można każdemu indywiduum przyporządkować punkt w  $k$ -wymiarowej przestrzeni a następnie (określając w pewien sposób odległość między punktami) uporządkować ten zbiór punktów na płaszczyźnie za pomocą najkrótszego dendrytu czyli najkrótszej linii łamanej nie zawierającej cykli. Dendryt zachowuje niektóre związki zachodzące między indywiduami w wielowymiarowej przestrzeni. Mała odległość punktów w dendrycie świadczy o dużej dodatniej korelacji ([8]).

W niniejszej pracy skonstruowałam 2 dendryty: jeden porządkujący testy, drugi porządkujący grupy osób. Za odległość  $d_{i_1 i_2}$  między testami o numerach  $i_1, i_2$  przyjąłam wielkość

$$d_{i_1 i_2} = \sum_{j=1}^{10} |w_{i_1 j} - w_{i_2 j}|.$$

Za odległość  $\delta_{j_1 j_2}$  między grupami o numerach  $j_1, j_2$  przyjąłam wielkość

$$\delta_{j_1 j_2} = \sum_{i=1}^{10} |w_{i j_1} - w_{i j_2}|.$$

Dla dalszych badań wygodniej było tak zredukować materiał statystyczny, aby w każdej grupie była jednakowa ilość osób badanych. Z całego materiału 178 osób wybrałam w sposób losowy 120 osób, tak aby w każdej grupie było dokładnie po 12 osób.

Na tak zredukowanym materiale przeprowadziłam dla każdego testu osobno analizę wariancji Fishera w klasyfikacji podwójnej bez powtórzeń ([1]). Grup było  $r = 10$ , w każdej  $v = 12$  osób. Dla każdego testu hipotezę zerową o równości średnich ocen w każdej grupie weryfikowałam na poziomie 0,01 i 0,05 przy  $r-1$  i  $v-1$  stopniach swobody.



Analizę wariancji przeprowadziłam ponownie, usunąwszy jedną z grup. W drugiej analizie wariancji było więc grup  $r = 9$ , w każdej grupie było  $v = 12$  osób. Hipotezę o równości średnich weryfikowałam na poziomie 0,05 przy  $r-1$  i  $v-1$  stopniach swobody.

**2. Wyniki obliczeń.** W tablicy I przedstawione są średnie i dyspersje wyników każdego z testów dla każdej grupy osób badanych oraz średnia ogólna i dyspersja ogólna dla każdego testu. W tablicy II podane są współczynniki korelacji między poszczególnymi testami. Wszystkie testy są dodatnio skorelowane. Współczynniki korelacji w tablicy II zawierają się w przedziale od +0,43 do +0,98.

Wartości wektora wspólnego  $m$  oraz wskaźników podane są w tablicy III. Najwyższe wartości wektora wspólnego  $m$  mają mistrzowie sportu samolotowego i szybowcowego. Mistrzowie sportu spadochronowego mają wartość wektora wspólnego  $m$  bliską 0, czyli średnią. Ujemne, tzn. niższe od średniej wartości wektora wspólnego  $m$  mają skoczkowie z ilością poniżej 30 skoków i kandydaci niezdolni do szkolenia lotniczego z powodu negatywnej oceny badań psychologicznych. Wielkość tych osobników ze względu na rozważany zespół cech jest więc niższa od średniej wielkości wszystkich badanych osobników.

Następujące grupy osób badanych nie różnią się w sposób statystycznie istotny wartościami wektora wspólnego  $m$  (w nawiasach podano wartość wektora wspólnego  $m$ ): mistrzowie sportu szybowcowego (+0,61), mistrzowie sportu samolotowego (+0,55) piloci z ilością poniżej 100 godzin lotu (+0,35), piloci z ilością powyżej 600 godzin lotu (+0,31), kandydaci niezdolni do szkolenia lotniczego z powodu negatywnej oceny badań lekarskich (+0,20), kandydaci zdolni do szkolenia lotniczego

TABLICA III

Wektor wspólny  $m_j$  i wskaźniki  $w_{ij}$ 

Grupa	$m_j$	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
A	+0.55	+0.54	+0.09	-0.31	-0.04	+0.45	-0.28	-0.22	+0.25	-0.49	+0.04
B	+0.61	+0.25	+0.46	+0.02	+0.04	+0.06	-0.33	-0.38	+0.10	-0.04	-0.14
C	-0.03	+0.18	+0.14	+0.07	+0.22	-0.29	-0.05	-0.35	-0.01	+0.22	-0.10
D	+0.31	+0.30	+0.35	-0.21	+0.21	+0.29	-0.52	-0.37	-0.29	+0.30	-0.03
E	+0.35	+0.02	-0.02	-0.17	-0.19	+0.27	-0.08	+0.07	+0.24	-0.10	-0.01
F	+0.09	+0.38	+0.27	-0.15	-0.26	+0.21	-0.19	-0.25	-0.08	+0.15	-0.05
G	-0.58	-0.20	+0.09	-0.15	-0.22	+0.11	+0.07	+0.16	+0.16	-0.21	+0.16
H	+0.15	-0.20	-0.20	+0.30	+0.22	-0.52	+0.11	-0.18	+0.28	+0.37	-0.17
I	+0.20	-0.11	-0.19	+0.13	0	-0.33	-0.14	+0.49	-0.24	+0.36	+0.07
J	-1.56	-0.75	-0.83	+0.30	-0.09	+0.06	+1.20	+0.83	-0.30	-0.69	+0.29

(+0,15), skoczkowie z ilością powyżej 150 skoków (+0,09), mistrzowie sportu spadochronowego (-0,03).

Skoczkowie z ilością poniżej 30 skoków mają wartość wektora wspólnego  $m$  istotnie różną od innych grup z wyjątkiem grupy mistrzów sportu spadochronowego. Kandydaci niezdolni do szkolenia lotniczego z powodu negatywnej oceny badań psychologicznych mają wartość wektora wspólnego  $m$  istotnie różną od wszystkich pozostałych grup.

Jeśli chodzi o wartości wskaźników, to nie we wszystkich testach występowały statystycznie istotne różnice. Były one istotne jedynie w testach: I, II, V, VI, VII, IX. Natomiast w testach III, IV, VIII, X nie było statystycznie istotnych różnic między wskaźnikami.

Poniżej przedstawiam niektóre największe i najmniejsze wartości wskaźników wybrane z tablicy III, w testach w których różnice między wskaźnikami były istotne, tzn. I, II, V, VI, VII, IX.

Grupy	Testy					
	I	II	V	VI	VII	IX
A	+ .54		+ .45	- .28		- .49
B	+ .25	+ .46		- .33	- .38	
C	+ .18		- .29		- .35	+ .22
D		+ .35	+ .29	- .52	- .37	
E			+ .27	- .08	+ .07	- .10
F	+ .38		+ .21	- .19	- .25	
G	- .20		+ .11		+ .16	- .21
H	- .20	- .20	- .52	+ .11		+ .37
I		- .19	- .33		+ .49	+ .36
J	- .75	- .83		+ 1.20	+ .83	

Następujące grupy osób nie różnią się między sobą w sposób statystycznie istotny wartościami wskaźników w żadnym z testów: mistrzowie sportu samolotowego, mistrzowie sportu szybowcowego oraz piloci z ilością poniżej 100 godzin lotu.

Podobnie nie ma statystycznie istotnych różnic wskaźników w żadnym z testów między następującymi grupami: mistrzowie sportu szybowcowego, piloci z ilością powyżej 600 godzin lotu, piloci z ilością poniżej 100 godzin lotu, skoczkowie z ilością powyżej 150 skoków, skoczkowie z ilością poniżej 30 skoków.

Istotność różnic wskaźników w grupach kandydatów przedstawia się jak niżej: kandydaci zdolni do szkolenia lotniczego mają wartości wskaźników istotnie różne od pozostałych grup z wyjątkiem grupy mistrzów sportu spadochronowego. Kandydaci niezdolni do szkolenia lotni-



TABLICA IV

Macierz współczynników korelacji między wskaźnikami  $w_i$   
z pogrupowaniem testów na podzespoły

	I	II	V	III	IV	IX	VI	VII	X	VIII
I	1	+0.74	+0.64	-0.71	-0.01	+0.04	-0.82	-0.70	-0.31	+0.10
II	+0.74	1	+0.41	-0.52	+0.08	+0.11	-0.77	-0.86	-0.43	-0.08
V	+0.64	+0.41	1	-0.89	-0.44	-0.50	-0.53	-0.23	+0.28	+0.04
III	-0.71	-0.52	-0.89	1	+0.33	+0.30	+0.69	+0.41	-0.08	-0.18
IV	-0.01	+0.08	-0.44	+0.33	1	+0.61	-0.05	-0.40	-0.56	+0.10
IX	+0.04	+0.11	-0.50	+0.30	+0.61	1	-0.14	-0.27	-0.60	+0.24
VI	-0.82	-0.77	-0.53	+0.69	-0.05	-0.14	1	+0.71	+0.27	+0.11
VII	-0.70	-0.86	-0.23	+0.41	-0.40	-0.27	+0.71	1	+0.89	-0.08
X	-0.31	-0.43	+0.28	-0.08	-0.56	-0.60	+0.27	+0.89	1	-0.22
VIII	+0.10	-0.08	+0.04	-0.18	+0.10	+0.24	+0.11	-0.08	-0.22	1

czego z powodu negatywnej oceny badań lekarskich mają wartości wskaźników istotnie różne od pozostałych grup z wyjątkiem grupy skoczków z ilością poniżej 30 skoków. Kandydaci niezdolni do szkolenia lotniczego z powodu negatywnej oceny badań psychologicznych mają wartości wskaźników istotnie różne od wszystkich pozostałych grup. Wartości ich wskaźników w teście VI są istotnie wyższe, natomiast w teście II istotnie niższe.

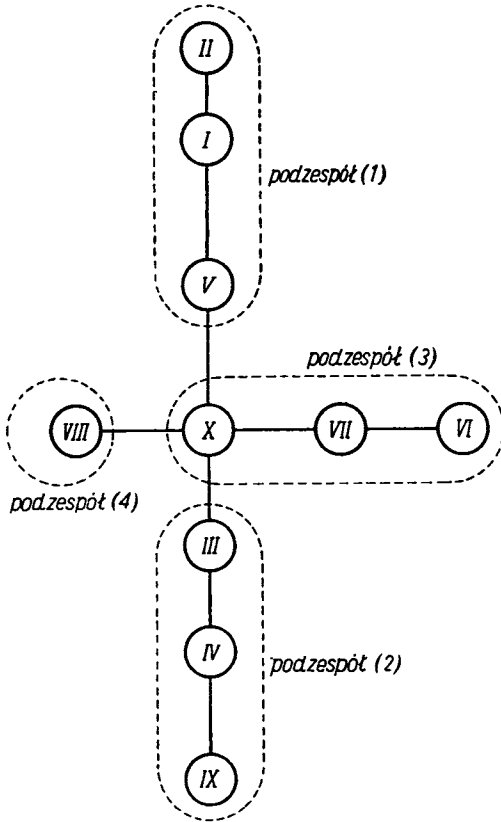
Obliczone współczynniki korelacji między wskaźnikami zawierają się w granicach od  $-0,86$  do  $+0,89$ . Macierz korelacji podzieliłam na następujące podzespoły (tablica IV):

- (1) Testy: I, II, V (średnia korelacja wynosi  $+0,60$ );
- (2) Testy: III, IV, IX (średnia korelacja wynosi  $+0,61$ );
- (3) Testy: VI, VII, X (średnia korelacja wynosi  $+0,41$ );
- (4) Test VIII stanowi osobny podzespół.

Dendryt dla testów przedstawiony jest na rysunku 1. W dendrycie zaznaczono cztery podzespoły wyodrębnione za pomocą podziału macierzy korelacji między wskaźnikami. W podzespole (1) testy I i II mają mniejszą odległość w dendrycie niż testy I i V. Testy I i II są bardziej podobne niż testy I i V. Testy III i IV w podzespole (2) są bardziej podobne niż testy IV i IX tego podzespołu. W podzespole (3) większe podobieństwo wykazują testy VI i VII niż VII i X.

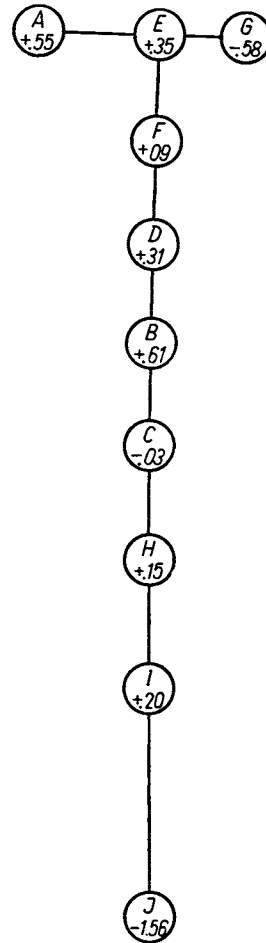
Rysunek 2 przedstawia dendryt dla grup. Brane są w nim pod uwagę jedynie różnice wskaźników grup, bez uwzględnienia wartości wektora wspólnego  $m$ . Grupy blisko położone w dendrycie są do siebie podobne. Mała odległość w dendrycie grupy pilotów z ilością poniżej 100 godzin lotu i skoczków z ilością poniżej 30 skoków wskazuje podobieństwo

ich cech po wyłączeniu wektora wspólnego  $m$ . Można powiedzieć o tych osobnikach, że wprowadzicie różnią się oni wielkością, jeśli chodzi o rozważany zespół cech, ale są podobni gdy rozważamy ich cechy w stosunku do badanego zespołu cech.



ZM-465

Rys. 1. Dendryt testów z podziałem na podzespół



ZM-466

Rys. 2. Dendryt grup na tle testów (liczby oznaczają wartości wektora wspólnego  $m_j$ )

Wyniki analizy wariancji dla 10 grup w każdym z testów przedstawia tablica V. Istotność ilorazu  $F$  w danym teście świadczy o sile dyskryminacji. Oznacza ona, że dany test dobrze różnicuje grupy, ponieważ są istotne różnice między średnimi grup. Wartość ilorazu  $F$  jest na poziomie 0,05 istotna w następujących testach: I, II, IV, V, VII, VIII, IX, X. Jedynie w testach III i VI iloraz  $F$  jest nieistotny.

Przypuszczając, że wyniki grupy kandydatów niezdolnych do szkolenia lotniczego z powodu negatywnej oceny badań psychologicznych, jako niskie w porównaniu z wynikami innych grup, mogą wpływać w niektórych testach na istotność ilorazu  $F$ , przeprowadziłam ponownie analizę wariancji usunawszy grupę kandydatów niezdolnych do szkolenia lotniczego z powodu negatywnej oceny badań psychologicznych. Wyniki powtórnej analizy wariancji potwierdziły to przypuszczenie (tablica VI). W drugiej analizie wariancji wartości ilorazu  $F$  na poziomie 0,05 okazały się istotne tylko w testach I, V, VIII.

TABLICA V

Analiza wariancji  
czyli siła dyskryminacyjna testów

I	10,07**
II	11,47**
III	1,12
IV	5,79**
V	6,74**
VI	1,72
VII	4,05*
VIII	6,07**
IX	7,83**
X	3,68*

\* Iloraz  $F$  jest istotny na poziomie 0,05 dla  $F > 2,90$  przy 9 i 11 stopniach swobody

\*\* Iloraz  $F$  jest istotny na poziomie 0,01 dla  $F > 4,63$  przy 9 i 11 stopniach swobody

TABLICA VI

Druga analiza wariancji

I	4,42*
II	2,6
III	—
IV	2,2
V	3,01*
VI	—
VII	2,7
VIII	3,02*
IX	2,1
X	1,71

\* Iloraz  $F$  jest istotny na poziomie 0,05 dla  $F > 2,95$  przy 8 i 11 stopniach swobody

\*\* Iloraz  $F$  jest istotny na poziomie 0,01 dla  $F > 4,74$  przy 8 i 11 stopniach swobody

Dobrze różnicującymi grupy testami wśród wszystkich testów zespołu są testy: II oraz I, V, VIII. Test II, który ma istotną i najwyższą wartość ilorazu  $F$  między grupami w pierwszej analizie wariancji, a nieistotną wartość ilorazu  $F$  w drugiej analizie wariancji, dobrze różnicuje grupę kandydatów niezdolnych do szkolenia lotniczego z powodu negatywnej oceny badań psychologicznych od pozostałych grup. Natomiast testy I, V, VIII, w których są istotne wartości ilorazu  $F$  w drugiej analizie wariancji, dobrze różnicują grupy osób bez grupy kandydatów niezdolnych do szkolenia lotniczego z powodu negatywnej oceny badań psychologicznych.

Obliczyłam wartości ilorazu  $F$  w grupach osób. Okazały się one wszystkie nieistotne. Nie ma więc istotnych różnic między rezultatami osób w grupach w żadnym z testów.

**3. Interpretacja psychologiczna otrzymanych wyników.** Wszystkie testy zespołu są dodatnio skorelowane. Zakłada się, że korelacja ta zależy od różnych wspólnych czynników. Te wspólne czynniki zawiera wektor wspólny  $m$ , który będzie tym większy im więcej wspólnych czynni-

ków zawierają badane testy. Przez odjęcie wektora wspólnego  $m$  od układu cech znormalizowanych usunięte zostają czynniki wspólne zespołu testów. Wektor wspólny  $m$  oznacza wielkość osobników populacji ze względu na różne czynniki od których zależą rezultaty testów; oznacza on też wielkość osobników ze względu na różne właściwości badane przez rozważany zespół testów; oznacza wreszcie wielkość osobników ze względu na dany zespół cech. Ponadto pozwala uporządkować indywidua populacji według wielkości.

Rozważany zespół testów używany jest do badania przydatności zawodowej pilotów. Jeśli osobnicy wykazujący powodzenie w zawodzie lotniczym mają istotnie wyższe wartości wektora wspólnego  $m$ , świadczą to, że zespół testów został dobrze dobrany do określonego celu.

Interpretacja wektora wspólnego  $m$  jest podobna do interpretacji wektora wspólnego Spearmana. Ma on znaczenie względne, zależne od doboru testów. Gdy do zespołu testów są brane testy badające uzdolnienia intelektualne, wektor wspólny  $m$  będzie opisywał czynniki intelektualne, gdy w zespole testów będą testy uzdolnień mechanicznych, to wektor wspólny będzie opisywał czynniki mechaniczne.

Wszystkie czynniki od których zależy wspólna korelacja między testami zespołu zostają przez odjęcie wektora wspólnego  $m$  wyeliminowane wskutek czego pozostają reszty dodatnie lub ujemne. Reszty te, tj. wskaźniki, są charakterystyczne dla rozważanych testów. Nie odróżniają one indywiduów, ale mówią jak w jednym indywiduum przedstawia się wielkość jego cech czyli rezultatów testów, które cechy są duże a które małe w porównaniu ze wszystkimi cechami zespołu.

Jeśli osobnicy wykazujący powodzenie w zawodzie lotniczym mają istotnie wyższe wartości wskaźników w pewnych testach, oznacza to, że testy te są bardziej diagnostyczne dla określenia przydatności zawodowej pilotów.

Układ wskaźników będzie miał po skorelowaniu znaki korelacji dodatnie lub ujemne. Można więc układ ten podzielić na podzespoły testów mających między sobą wszystkie znaki korelacji wskaźników dodatnie.

Wspólna korelacja w takim podzespole testów zależy także od różnych czynników, które są wspólne w danym podzespole testów i możemy obliczyć wektory wspólne  $m_i$  dla podzespołów testów. Wektory te są analogiczne do wektorów Thurstone'a.

Podzespoły testów można poddać psychologicznej analizie rozumowej lub introspekcyjnej ([4]) i na tej podstawie wnioskować, co badają te testy i jakiego rodzaju są te wspólne czynniki charakteryzujące podzespoły. Interpretacja psychologiczna w metodzie Perkala nie jest utrudniona jak w innych metodach analizy czynnikowej ([5]); można tu w naturalny sposób nadać wynikom obliczeń matematycznych sens psychologiczny.

Poniżej przedstawiam krótką analizę psychologiczną otrzymanych podzespołów testów:

Podzespół (1). Test I zawiera takie czynniki, jak pamięć, spostrzegawczość, całościowe ujęcie rysunku i inne. W teście II występuje ponadto czynnik wyobraźni, natomiast pamięć nie odgrywa tu takiej roli jak w teście I. Czynnik spostrzegania i całościowego ujmowania układu występuje także w teście V, a ponadto ważna jest w nim podzielność uwagi i opanowanie nerwowe. Wszystkie trzy testy podzespołu mają bardzo krótkie czasy ekspozycji i przerw między ekspozycjami, co uniemożliwia kolejne odrysowywanie elementów rysunku. Do pozytywnego rezultatu przyczynia się przede wszystkim szybkie i całościowe ujęcie kształtów. Wspólnym czynnikiem testów podzespołu (1) jest więc szybkość spostrzegania.

Podzespół (2). Test III zawiera takie czynniki, jak pamięć, wyobraźnia, umiejętność wyodrębniania kształtu i kierunków, wyodrębnianie części płaszczyzny, orientacja na płaszczyźnie. W teście IV pamięć nie jest ważna lecz odgrywa rolę spostrzegawczość a także orientacja na płaszczyźnie, szybkie wyodrębnianie jej części i kierunków. Test IX zawiera czynnik wyobraźni i orientacji przestrzennej związanej z rozumieniem dwuwymiarowego przedstawiania przedmiotów trójwymiarowych. Wspólnym czynnikiem testów podzespołu (2) jest orientacja w przestrzeni.

W testach podzespołu (3) występują takie czynniki, jak pamięć, spostrzegawczość, wyobraźnia. W testach VI i VII ważny jest przede wszystkim czynnik pamięci, w X ponadto spostrzegawczość i wyobraźnia. Wspólnym czynnikiem w tym podzespole testów jest pamięć.

Jedyny test podzespołu (4), test VIII, posiada jako ważny czynnik zdolność szybkiego i sprawnego operowania liczbami. Czynnik ten nazywany jest czynnikiem liczbowym ([5]).

**4. Wnioski.** Zespół rozważanych 10 testów podzielono na następujące podzespoły posiadające wspólny czynnik:

- (1) testy I, II, V — czynnik szybkości spostrzegania,
- (2) testy III, IV, IX — czynnik orientacji w przestrzeni,
- (3) testy VI, VII, X — czynnik pamięci,
- (4) test VIII — czynnik liczbowy.

Testy I, II, V można uważać za testy szacujące lepiej od innych testów zespołu przydatność zawodową pilotów, gdyż testy te znajdując się w jednym podzespole mają jednocześnie istotne wartości ilorazu  $F$  oraz w testach tych najwyższe wartości wskaźników mają mistrzowie sportu samolotowego lub mistrzowie sportu szybowcowego.

Okazuje się, że podzespół (1) charakteryzujący całościowe ujmowanie

kształtów najlepiej dyskryminuje badanych osobników, tj. najlepiej oddziela mistrzów sportu samolotowego i szybowcowego od mistrzów sportu spadochronowego, pilotów i skoczków i z kolei od kandydatów do zawodu lotniczego.

Czynniki szybkości spostrzegania i orientacji przestrzennej wyróżnione zostały także innymi metodami w zespołach testów używanych do badań nad lotnikami ([6]).

#### Prace cytowane

- [1] M. Fisz, *Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna*, Warszawa 1958.
- [2] J. P. Guilford, *Podstawowe metody statystyczne w psychologii i pedagogice*, Warszawa 1960.
- [3] — *Psychometric methods*, New York 1954.
- [4] M. Kreutz, *Metody współczesnej psychologii*, Warszawa 1962.
- [5] J. Okón, *Analiza czynnikowa w psychologii*, Warszawa 1960.
- [6] J. B. Parry and S. D. Fokkema, *Aviation psychology in Western-Europe and a report on studies of pilot proficiency measurement*, Amsterdam 1958.
- [7] J. Perkal, *On the analysis of a set of characteristics*, Zastosow. Mat. 5 (1960), str. 35-45.
- [8] — *Taksonomia wroclawska*, Przegląd Antropologiczny 19 (1953), str. 82-96.
- [9] — *O wskaźnikach antropologicznych*, Przegląd Antropologiczny 19 (1953), str. 209-221.
- [10] H. Pieron, *Vocabulaire de Psychologie*, Paris 1952.
- [11] W. Romanowski, *Zastosowanie statystyki matematycznej w doświadczalnictwie*, Warszawa 1951.

A. НИВИНСКА (Вроцлав)

#### ПРИМЕНЕНИЕ ИНДЕКСОВ ПЕРКАЛЯ К АНАЛИЗУ СОСТАВА ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

#### РЕЗЮМЕ

В статье дается анализ факторов (методом Перкаля) сбора психологических тестов.

Исследуемыми лицами были чемпионы авиационного спорта, пилоты, парашютисты и кандидаты авиационного обучения.

Сбор тестов состоял из 10 тестов, которыми исследуются такие факторы как память, наблюдательность, воображение, внимание и др.

Все тесты сбора были положительно коррелированы.

Общий фактор  $m$  определяет суммарную величину относительно сбора тестов и позволяет упорядочить личности популяции по величине. После его вычитания получаются остатки, т. е. индексы, определяющие величину признаков в сравнении со всеми признаками состава. Тесты, в которых личности, имеющие успех в авиационной специальности имеют существенно высшие величины

индексов, являются более диагностическими тестами от других тестов сбора для определения пригодности к авиационной специальности.

Матрица корреляции делится на части с положительно коррелированными индексами. Каждая из этих частей определяет подгруппу тестов. Первая подгруппа имеет общим фактор скорости восприятия, он наиболее диагностичен в отношении различия групп исследуемых лиц. Вторая подгруппа — фактор пространственной ориентации, третья — фактор памяти и четвертая — числовой фактор. Дендрит состава признаков указанный на черт. 1 дает возможность выделить группы и наиболее важные признаки.

---

A. NIWIŃSKA (Wrocław)

*APPLICATION OF PERKAL INDICES TO THE ANALYSIS  
OF A SET OF PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS*

SUMMARY

The paper illustrates the factor analysis (with the Perkal method) of a set of psychological tests.

The subjects investigated were pilot champions, pilots, parachutists and pilot candidates.

The set consisted of 10 tests designed to study such factors as memory, perceptiveness, imagination, attention, etc. All tests of the set were positively correlated.

The common factor  $m$  describes the joint score of an individual in the set of tests and allows us to order the studied population with respect to magnitude of this factor. After subtracting it, we get the residuals, i.e. indices giving the magnitude of various characteristics as compared with other characteristics of the set. The tests for which the subjects who attained a success in pilot job have significantly higher scores are more diagnostic than others for testing the pilot candidates.

The correlation matrix is divided into parts with positively correlated indices. Each of these parts determines a subsystem of tests. The first subsystem has common the perceptual speed factor; it is most diagnostic for differentiation of groups of subjects; the second subclass contains the space orientation factor, the third — the memory factor, and the fourth — the number factor.

The dendrite of the set of characteristics is shown in Fig. 1, and allows us to determine the classes and most important characteristics.