

120

**RAZLIKE IZMEĐU GRUPA STUDENATA VŠFK,  
FORMIRANIH NA OSNOVU REZULTATA PRI-  
JEMNIH ISPITA, U NEKIM FAKTORIMA SNAGE**

Metikoš Dušan

Odjel za primjenjenu kineziologiju VŠFK

## **The Differences in some Factors of Strength between Student Groups of High School for Physical Culture in Zagreb (VŠFK) Formed According to Entering Examination Results**

According to entering examination results the students of VŠFK were classified into three relatively homogenous groups in order to make pedagogical process as efficient as possible.

In this work two qualitatively opposite groups of 30 subjects each were analysed.

Belonging to the groups was treated as a criterion variable and the results in 9 strength test as predictor variables.

Regression analysis showed that prediction of belonging to qualitative different groups by strength test was relatively efficient.

The differences in factors of explosive strength, repetitive strength of arms and shoulders and repetitive strength of legs between groups were determined by Fisher's discriminative analysis. Significantly discriminant were factors of explosive and repetitive strength of arms and shoulders.

### **Отличия между группами студентов Высшей школы физической культуры (ВШФК), сформированными на основе результатов приемных экзаменов, в некоторых факторах силы**

На основе результатов приемных экзаменов студенты ВШФК-ы ориентировочными приемами распределены в три относительно гомогенные группы с целью проведения как можно более эффективного учебного процесса.

В настоящей работе анализируются две качественно противоположные группы, состоящие из 30-и испытуемых. В регрессионном анализе принадлежность студентов группам является критерием, а их результаты в 9-и тестах силы считаются предикторными изменяемыми. Регрессионный анализ показал, что прогноз критерия при помощи тестов силы был относительно удачным.

При помощи линейного дискриминационного анализа Фишера определены отличия между группами в латентном пространстве, которое было ограничено факторами эксплозивной силы, повторительной силы рук и плечевой области и повторительной статичной силы ног. Значимой дискриминационной величиной явились и факторы эксплозивной силы и повторительной силы рук и плечевой области.

## 0. UVOD

Nema sumnje da je homogenost jedan od bitnih faktora za efikasnost pedagoških procesa kojima su podvrgnute skupine živih bića. Zbog toga sve pedagoške institucije nastoje na najrazličitije načine homogenizirati skupine koje će biti podvrgnute određenim transformacijskim postupcima. I na Visokoj školi za fizičku kulturu u Zagrebu nastoji se udovoljiti ovom principu. Na osnovu rezultata koje studenti postižu na prijemnom ispitu nastoje se formirati homogene radne grupe kako bi se nastavni proces odvijao što efikasnije.

Međutim, iako se kategorizacija posljednjih godina vršila favorizirajući različite kriterije, ne može se reći da je problem riješen na zadovoljavajući način. Odsutnost egzaktnih klasifikacionih procedura otežava situaciju još više, budući nije moguća nikakova komparativna analiza upotrebljenih kriterija.

Vjerojatno bi se ovaj problem najpogodnije mogao riješiti primjenom pogodnih taksonomskih procedura izvršenih u prostoru onih psihosomatskih dimenzija koje su relevantne za kineziološke transformacijske procese.

Od ne manje važnosti u pedagoškoj praksi je i utvrđivanje kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika homogenih skupina, kao i razlika među njima. Ove informacije neophodne su za racionalno programiranje usmjerenih kinezioloških procesa, a također i za pravovremenu orijentaciju, a po potrebi i selekciju. Ove probleme moguće je na zadovoljavajući način riješiti primjenom uobičajenih regresivnih ili diskriminacionih postupaka.

Ovaj rad predstavlja skroman doprinos rješavanju problematike formiranja i analize homogenih radnih grupa studenata na VSFK.

## 1. PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Problem ove radnje je utvrđivanje razlika u nekim psihomotornim karakteristikama radnih skupina studenata prve godine, koje su aproksimativnim procedurama homogenizirane na temelju informacija dobivenih na prijemnim ispitima.

Od tri skupine studenata, koliko ih se obično formira, analizi će biti podvrgnute samo dvije kvalitativno kontrarne skupine, koje će biti sastavljene od predstavnika dviju generacija.

## 2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Ciljevi ovog istraživanja mogu se formulirati na slijedeći način:

- (1) da se utvrde razlike dviju kvalitativno kontrarnih grupa studenata u prostoru primjenjenih manifestnih varijabli snage
- (2) da se utvrde razlike istih grupa studenata u latentnom prostoru primjenjenih varijabli snage
- (3) da se utvrdi koji su mjerni instrumenti rele-

- vantni za diskriminaciju analizirane skupine
- (4) da se utvrdi koje su latentne varijable relevantne za diskriminaciju grupa
- (5) da se na temelju izvršene analize grupa odredi diskriminacijska funkcija i njezina greška klasifikacije.

## 3. HIPOTEZE

Budući će diskriminacija grupa u manifestnom prostoru biti učinjena regresionim postupkom, pri čemu će kriterij biti definiran binarnom varijablom pripadnosti grupama  $K(1,0)$ , dok će se manifestne varijable tretirati kao sistem prediktora, postavljene su hipoteze za ovaj dio problema na slijedeći način:

$H_1$ : multipla korelacija između baterije mjernih instrumenata za procjenu snage i kriterijske varijable pripadnosti grupama ( $K$ ) različita je od nule;

$H_2$ : koeficijenti korelacije između kriterijske varijable ( $K$ ) i svake pojedinačne prediktorske varijable različiti su od nule;

$H_3$ : koeficijenti parcijalne regresije prediktorskih varijabli na kriterij različiti su od nule.

Kako će se diskriminacija grupa provesti i u prostoru latentnih dimenzija, reducirat će se manifestni prostor pomoću iterativne multigrupne faktorske analize. Za ovaj dio problema postavljene su slijedeće hipoteze:

$H_4$ : Kovarijabilitet manifestnih varijabli moguće je objasniti sa tri slijedeće latentne dimenzije:

(1) Eksplozivna snaga — FE

(sposobnost za maksimalno početno ubrzanje pokreta tijela, koje rezultira u premeštaju tijela u prostoru ili djelovanju na vanjske predmete)

(2) Repetitivna snaga ruku i ramenog pojasa — FRA (sposobnost za ponavljajuće savladavanje otpora mišićima ruku i ramenog pojasa)

(3) Kombinirana repetitivna statička snaga nogu — FRSL (sposobnost za dugotrajno savladavanje statičkog ili dinamičkog otpora mišićima nogu);

$H_5$ : Tri faktora nužna su za eksplikaciju matrice interkorelacija manifestnih varijabli ( $R$ ), tako da će determinanta matrice kosinusa latentnih osovina ( $M$ ) biti različita od nule;

$H_6$ : Tri latentne dimenzije dovoljne su za objašnjenje kovarijabiliteta mjernih instrumenata, te će nakon ekstrakcije latentnih struktura rezidualna matrica biti statistički nula matrica.

Diskriminacija grupa u prostoru kinezioloških činilaca bit će učinjena linearnom diskriminativnom analizom. Postavljene su slijedeće hipoteze:

$H_7$ : Generalizirana funkcija udaljenosti između centroida analiziranih skupina u latentnom prostoru razlikuje se od nule;

$H_s$ : Mahalanobisovo odstojanje između centroida skupina u sistemu od  $k-1$  dimenzija razlikuje se značajno od onog u sistemu od  $k$  latentnih dimenzija.

#### 4. UZORAK ISPITANIKA

Uzorak ispitanika sačinjavaju dvije grupe od 30 studenata I godine VŠFK iz generacija 1970/71 i 1971/72, pripadnika kontrarnih skupina homogeniziranih na temelju postignutih rezultata na prijemnim ispitima.

#### 5. UZORAK VARIJABLI

Analiza razlika između grupa provedena je u prostoru ograničenom s 9 manifestnih varijabli snage, koje su već u mnogim dosadašnjim kineziološkim istraživanjima bile nosioci informacija. Stoga se razložito moglo pretpostaviti da će i u ovom uzorku ispitanika biti jednako valjani prediktori onih funkcionalnih struktura koje su i do sada reprezentirali.

Dosadašnja istraživanja pokazala su da se uzorak manifestnih varijabli može razvrstati u tri skupine od po tri testa sa relativno nezavisnim intencionalnim predmetima mjerenja.

Eksplzivna snaga (FE) procjenjena je pomoću tri mjerna instrumenta:

1. DM — Skok u dalj s mjesta  
Ispitanik skače sunožnim odrazom s mjesta u dalj. Ima pravo na 3 pokušaja, a rezultat je duljina najdužeg skoka u cm.
2. BML — Bacanje medicinke iz ležanja  
Ispitanik leži na leđima i obim rukama iz uzručenja baca medicinku preko nogu prema naprijed. Bacanje se izvodi 3 puta, a rezultat je dužina najdaljeg hica u dm. Težina medicinke je 3 kg.
3. VM — Skok u vis iz mjesta.  
Ispitanik stane bočno uz zid i sunožnim odrazom skoči vertikalno u vis. Prstima ruke koja je uz zid dotakne u najvećoj mogućoj visini skalu na dasci koja je pričvršćena na zidu. Skače se 3 puta. Rezultat je razlika u cm između najviše točke dohvata i visine ispitanika.  
Repetitivna snaga ruku i ramenog pojasa (FRA) bila je reprezentirana sa slijedeća tri testa:
1. ZG — Zgibovi pothvatom  
Ispitanik izvodi maksimalni mogući broj zgibova pothvatom na dohvatnoj preči. Rezultat je broj pravilno izvedenih zgibova.
2. SK — Sklekovi na razboju  
Ispitanik izvodi maksimalni mogući broj sklekova iz upora na sredini ruča. Rezultat je broj pravilno izvedenih sklekova.
3. UR — Penjanje na uže rukama  
Ispitanik se popne što brže može 5 m uz uže koristeći se samo rukama. Rezultat je vrijeme koje ispitanik postigne u desetinkama sekunde.

Kombinirana repetitivno-statička snaga nogu (FSRL) procjenjena je slijedećim manifestnim varijablama:

1. C30 — Čučnjevi sa 30 kg  
Ispitanik stane u pretkoračni stav i postavi uteg od 30 kg iza vrata. Izvodi čučnjeve do otkaza. Rezultat je broj pravilno izvedenih čučnjeva.
2. CVT — Čučnjevi sa vlastitom težinom  
Ispitanik u malom raskoračnom stavu izvodi duboke čučnjeve, a na ramenima pridržava uteg vlastite težine. Rezultat je broj pravilno izvedenih čučnjeva.
3. IZP — Izdržaj u polučučnju sa vlastitom težinom  
Ispitanik opterećen utegom vlastite težine zadržava polučučanj pri kojem su natkoljenice paralelne sa podlogom a trup uspravan. Rezultat je vrijeme u kojem ispitanik može zadržati zadan položaj u sekundama.

#### 6. METODE OBRADJE REZULTATA

Diskriminacija grupa u manifestnom prostoru provedena je regresionim postupkom pri čemu je kriterijska varijabla definirana kao binarna varijabla  $K(1,0)$ , koja ima vrijednost 1 ako je subjekt S član grupe A, a vrijednost 0 ako je član grupe C.

Sistem od 9 manifestnih varijabli tretiran je kao sistem prediktora.

Povezanost kriterijske varijable sa svakom pojedinačnom prediktorskom varijablom procjenjena je na temelju razlika u vrijednosti reakcija onih entiteta koji u kriterijskoj varijabli imaju vrijednost 1 i onih koji imaju vrijednost 0. Ove korelacije odštampane su u tabeli u obliku vektora pod oznakom  $r_{iK}$ . Značajnost svakog korelacijskog koeficijenta testirana je funkcijom  $t$ -distribucije i odštampana u tabelama pod oznakom  $t$ .

U ovom radu vjerojatnost greške pri testiranju bilo koje hipoteze fiksirana je na  $p = 0.05$ .

Standardizirani koeficijenti parcijalne regresije kriterijske varijable na prediktorske varijable dobiveni su množenjem vektora  $r_{iK}$  sa inverzom matrice interkorelacija prediktora.

Parcijalni regresioni koeficijenti svake prediktorske varijable navedeni su u koloni sa oznakom  $\beta$ . Zatim je izračunan postotak doprinosa svake prediktorske varijable onom dijelu kriterijske varijable, koji se može procijeniti na osnovu čitavog sistema prediktorskih varijabli. Taj postotak je dobiven tako da je produkt korelacije i parcijalnog regresionog koeficijenta svake prediktorske varijable pomnožen sa 100. Postotak parcijalnog doprinosa naveden je u istoj tabeli pod oznakom  $p_i$ .

Značajnost parcijalnih regresionih koeficijenata testirana je funkcijom omjera između koeficijenata parcijalne regresije i standardne devijacije tih koeficijenata. Test značajnosti naveden je u istoj tabeli pod oznakom  $t$ .

Koeficijent determinacije kriterijske varijable dobiven je kao suma produkata korelacija i parcijalnih regresijskih koeficijenata kriterijske varijable u odnosu na prediktorske varijable. Ovaj koeficijent naveden je pod oznakom  $\rho^2$ . Korjenovanjem ovog koeficijenta dobiven je koeficijent multiple korelacije kriterijske varijable i sistema prediktorskih varijabli, koji je naveden pod oznakom  $\rho$ .

Pod oznakom  $e^2$  navedena je varijanca greške prognoze kriterijske varijable na osnovu sistema prediktorskih varijabli, a pod oznakom  $e$  navedena je standardna pogreška prognoze.

Uobičajenim postupkom izračunan je F-test za provjeru hipoteze, da je stvarna vrijednost multiple korelacije u stvari nula. Veličina toga testa navedena je pod oznakom F. Pod oznakama  $df_1$  i  $df_2$  navedeni su stupnjevi slobode tako izračunatog F-testa.

Očekivane vrijednosti parova prediktorskih varijabli dobivene su iz bruto rezultata uobičajenom Pearson-Bravais-ovim produkt-moment metodom. Svi korelacijski koeficijenti prikazani su u obliku matrice pod nazivom Matrica interkorelacija manifestnih varijabli snage (R). Ova matrica invertirana je Tucker-ovom metodom i njen inverz nije prikazan u tabelama.

Budući da se diskriminacija grupa provela i u latentnom prostoru, struktura manifestnog sustava primijenjenih kinezioloških reakcija bila je određena modificiranim multigrupnom metodom (Mirović K., 1963).

Hipoteza o strukturi mjernih instrumenata matematički je definirana binarnom matricom  $P_0$ , u kojoj je maksimalna saturacija svakog mjernog instrumenta sa hipotetskim faktorom označena jedinicom u koloni sa oznakom faktora, a na ostala mjesta su stavljene nule.

Faktorskoj analizi je podvrgnuta reducirana matrica interkorelacija mjernih instrumenata. Velika dijagonala matrice R zamijenjena je vrijednostima procijenjenih komunaliteta. Procjena komunaliteta izvršena je na slijedeći način:

- varijable su bile podjeljene u grupe na temelju njihove hipotetske faktorske strukture,
- onaj test iz svake grupe koji ima najveću saturaciju sa testovima iz svoje grupe dobio je komunalitet veći za približno 0.10 od najveće korelacije u svome redu,
- onaj test iz svake grupe koji ima prosječno visoke korelacije sa testovima iz svoje grupe dobio je komunalitet ravan najvećoj korelaciji svoga reda zaokružen na dolje za približno 0.05,
- onaj test koji ima najmanju korelaciju sa testovima iz svoje grupe dobio je komunalitet ravan najvećoj korelaciji svoga reda, ali zaokružen na dolje za preko 0.10.

Uobičajenim algoritmom modificirane multigrupne metode odvijao se iterativni proces ostva-

rivanja parsimonične strukture latentnog prostora. Proces je zaustavljen kad su potvrđene hipoteze o strukturi analiziranog prostora, o rangu toga prostora i o veličini komunaliteta. Konačne solucije prikazane su u matricama M, F, A,  $h^2$  i RR.

Matrica faktorskih skorova ispitanika procijenjena je umnoškom transponirane matrice standardiziranih koeficijenata parcijalne regresije za procjenu faktora (B) i matrice standardnih vrijednosti ispitanika u manifestnim varijablama (Z).

Matrica standardiziranih koeficijenata parcijalne regresije za procjenu faktora, koja se može tumačiti i kao matrica paralelnih projekcija faktorskih osovina na vektore manifestnih varijabli, dobivena je kao generalizirani inverz matrice koordinata varijabli u prostoru latentnih dimenzija. Ova matrica prikazana je pod oznakom B.

Standardizacija manifestnih varijabli učinjena je zet-skor transformacijom i nije prikazana u tabelama.

Diskriminacija grupa u latentnom prostoru učinjena je Fischer-ovim metodom linearne diskriminacijske analize.

Centroidi analiziranih grupa prikazani su kao vektori očekivanih vrijednosti grupa u latentnim varijablama. Ovi parametri odštampani su u tabeli pod oznakama  $\Phi_A$  i  $\bar{\Phi}_C$ . U istoj tabeli odštampan je i vektor razlika parametara grupa pod oznakom d.

Udaljenost centroida grupa u latentnom prostoru izračunata je kao Mahalanobis-ovo odstojanje, tako da je inverz unije matrica centriranih kvadrata produkata grupa pomnožen s jedne i druge strane sa vektorom razlika centralnih parametara grupa. Matrice centriranih kvadrata produkata, njihova unija i njen inverz nisu prikazani u tabelama.

Mahalanobis-ovo odstojanje označeno je u tabelama simbolom  $D^2$ .

Relativni doprinos izoliranih faktora diskriminaciji grupa izračunat je množenjem inverza disperzione matrice sa vektorom razlika centralnih parametara grupa. Ovi koeficijenti prikazani su u obliku vektora označenog simbolom  $\lambda$ .

Značajnost udaljenosti između centroida grupa testirana je F-testom.

Parametri diskriminacijske funkcije prikazani u istoj tabeli izračunati su uobičajenim procedurama.

Značajnost diskriminativne vrijednosti pojedinih faktora testirana je funkcijom F-a za udaljenost centroida grupa u sistemu n-1 dimenzija. Veličine udaljenosti centroida grupa u tako reduciranom sistemu, kao i veličine F-testova prikazani su u tabeli sa naslovom Testovi značajnosti koeficijenata linearne diskriminacije.

## 7. REZULTATI I DISKUSIJA

Tabela 1  
VEKTOR KORELACIJA TESTOVA I KRITERIJA

		$r_{ik}$	t
1	DM	.431	3.64
2	BML	.429	3.62
3	VM	.320	2.57
4	SK	.389	3.22
5	ZG	.473	4.09
6	UR	.512	4.54
7	C30	.076	0.58
8	CVT	.094	0.72
9	IZP	.357	2.91

$$df = N_A + N_C - 2 = 58$$

$$t \text{ uz } p = 0.05 = 1.67$$

U tabeli 1 nalaze se u prvoj koloni pod oznakom  $r_{ik}$  korelacijski koeficijenti između binarne kriterijske varijable pripadnosti grupama i svake manifestne varijable posebno.

U koloni t nalaze se koeficijenti značajnosti svakog korelacijskog koeficijenta izraženi u djelovima standardne devijacije t-distribucije.

Od 9 izračunatih korelacija 7 je veza značajno različito od nule, tako da nulte hipoteze za te testove možemo odbaciti. Ovi rezultati ukazuju na postojanje značajnih veza između postignutih rezultata u testovima i pripadnosti kontrarnim skupinama.

Veze sedme i osme varijable sa kriterijskom varijablom nisu statistički značajno različite od nule, tako da se nulte hipoteze u odnosu na te veze ne mogu odbaciti. U ovim varijablama nije bilo značajnim razlika između grupa u postignutim rezultatima, tako da veze sa ovako konstruiranom kriterijskom varijablom nisu niti mogle biti značajne.

Tabela 2  
VEKTOR KOEFICIJENATA PARCIJALNE REGRESIJE

		$\beta$	$\pi_i$	t
1	DM	.55	27.705	4.20
2	BML	.05	2.145	0.50
3	VM	.01	0.320	0.09
4	SK	-.12	-4.668	1.05
5	ZG	.08	3.784	0.69
6	UR	.73	37.376	5.98
7	C30	-.14	-1.604	1.49
8	CVT	-.20	-1.880	2.04
9	IZP	.32	11.424	3.56

$$df = 50$$

$$t \text{ uz } p = 0.05 = 1.68$$

U prvoj koloni ( $\beta$ ) tabele 2 prikazani su koeficijenti parcijalne regresije kriterijske varijable na prediktore, koje se mogu interpretirati i kao paralelne projekcije kriterijske varijable na sistem manifestnih varijabli. U koloni pod oznakom  $\pi_i$  nalaze se dijelovi predvidivog varijabiliteta kriterij-

ske varijable pripadnosti grupama izraženi u postocima. U koloni t nalazi se test značajnosti svakog pojedinog koeficijenta parcijalne regresije.

Iz tabele je vidljivo da značajan utjecaj na varijabilitet kriterijske varijable imaju samo četiri od devet prediktorskih varijabli i to DM, UR, CVT i IZP, dok je utjecaj ostalih varijabli beznačajan. Nadalje je vidljivo da varijabla UR objašnjava gotovo 40% predvidivog varijabiliteta kriterijske varijable, a slijede ju varijable DM sa 27,7% i IZP sa 11,4%. Posljednja varijabla koja još objašnjava značajan dio predvidivog varijabiliteta kriterijske varijable je varijabla CVT čija beta je negativnog predznaka, što je vjerojatno posljedica djelovanja varijable IZP. Naime iz korelacijske matrice je vidljivo da su testovi za procjenu snage nogu u relativno visokim međusobnim korelacijama, dok su njihove korelacije sa kriterijem značajno različite. CVT i C30 ne učestvuju značajno, dok IZP učestvuje značajno u predikciji kriterija. Može se opravdano pretpostaviti da se vektor kriterijske varijable ne nalazi unutar prostornog segmenta što ga zaklapaju sva tri testa nogu, već se nalazi izvan toga segmenta i to najbliže vektoru IZP. Zato su i njihovi koeficijenti parcijalne regresije negativni, jer IZP objašnjava kriterijsku varijablu u dovoljnoj mjeri umjesto svih testova nogu.

U ostalim homogenim skupinama varijabli slična je situacija, samo što vektor kriterijske varijable prolazi unutar prostornih segmenata što ih zaklapaju vektori homogenih varijabli te nema negativnih projekcija, osim kod testova snage ruku i ramenog pojasa, gdje test SK ima negativni koeficijent parcijalne regresije. Može se zaključiti da, zbog visokih međusobnih interkorelacija testova istog intencionalnog predmeta mjerenja, najveći dio varijabiliteta kriterijske varijable objašnjava po jedan test iz svake grupe, i to najvjerojatnije onaj, koji je najmanje povezan sa varijablama iz ostalih grupa. Radi toga nul-hipoteze možemo odbaciti samo za testove DM, ZG, CVT i IZP.

Tabela 3  
IZLAZNE VELIČINE TESTIRANE HIPOTEZE

$H_0 : \rho_K = 0$	
(1)	$\rho^2 = 0.73$
(2)	$\rho = 0.86$
(3)	$F = 15.48$
(4)	$df_1 = 9$ $df_2 = 50$ $uz p = 0.05 \quad F = 2.07$
(5)	$e^2 = 0.27$
(6)	$e = 0.52$

U tabeli 3 prikazane su slijedeće veličine:

- (1) veličina koeficijenta determinacije tj. dijela varijabiliteta kriterijske varijable koji je objašnjen pomoću upotrebljenih manifestnih varijabli;
- (2) koeficijent multiple korelacije kriterijske varijable sa čitavim sistemom prediktorskih varijabli;

- (3) veličina F-testa za koeficijent multiple korelacije ;
- (4) stupnjevi slobode za ulaz u tablicu F-distribucije sa odštampanom graničnom vrijednošću F-testa uz unaprijed dogovorenu vjerojatnost greške od 1.00—0.95.
- (5) varijanca greške prognoze
- (6) standardna pogreška prognoze.

Iz tabele je vidljivo da je koeficijent multiple korelacije značajno različit od nule, što ukazuje na značajnu vezu između sistema primijenjenih varijabli i kriterijske varijable pripadnosti grupama.

Veličina koeficijenta determinacije parova varijabli ukazuje nam da je snaga definirana primijenjenim sistemom varijabli relevantan faktor za diskriminaciju analiziranih grupa, jer ona sama objašnjava 73% varijabilneta kriterijske varijable pripadnosti grupama.

Veličina standardne greške prognoze pokazuje da je prilikom prognoze pripadnosti grupama na osnovu rezultata u 9 analiziranih testova snage moguća greška za veličinu standardne devijacije od 0.52, što znači da bi se prognozirani rezultat kretao unutar granice od preko jedne standardne devijacije.

Rezultati regresione analize pokazuju da je na osnovu rezultata u primijenjenim manifestnim varijablama snage moguće relativno efikasno diskriminirati entitete u kontrarne homogene skupine, uz pretpostavku da se poštuje isti kriterij koji je bio primijenjen za klasifikaciju grupa na kojima je analiza vršena.

Budući nije analizirana grupa koja se po primijenjenom kriteriju nalazi između tretiranih skupina, greška prognoze se ne može smatrati malom, jer je prilikom klasifikacije u zaista značajno različite skupine učinjena pogreška u otprilike 5% slučajeva. To znači, da sistem prediktorskih varijabli sastavljen samo od testova snage ne bi bio dovoljan za praktičnu klasifikaciju grupa studenata VŠFK i da bi u budućim analizama ovog tipa snaga morala biti uvrštena u sistem ostalih relevantnih prediktorskih varijabli. Ukoliko bi se diskriminacija vršila u manifestnom prostoru bilo bi pogodno uvrstiti u prediktorski sistem varijabli po jednog reprezentanta svakog latentnog faktora snage i to onoga koji je najmanje povezan sa ostalim varijablama.

Tabela 4

MATRICA INTERKORELACIJA MANIFESTNIH VARIJABLI SNAGE

	DM	BML	VM	SK	ZG	UR	C30	CVT	IZP
DM	(.65)	.51	.70	-.06	.15	-.22	.07	.23	.13
BML	.51	(.45)	.58	.28	.07	.26	-.07	.18	.04
VM	.70	.58	(.80)	.01	-.08	-.14	.12	-.02	-.02
SK	-.06	.28	.01	(.55)	.67	.65	-.18	.10	.22
ZG	.15	.07	-.08	.67	(.85)	.73	.02	.21	.22
UR	-.22	.26	-.14	.65	.73	(.70)	.10	.29	.34
C30	.07	-.07	.12	-.18	.02	.10	(.50)	.54	.41
CVT	.23	.18	-.02	.10	.21	.29	.54	(.65)	.54
IZP	.13	.04	-.02	.22	.22	.34	.41	.54	(.50)

U tabeli 4 prikazane su međusobne korelacije testova snage izračunate uobičajenom produkt-momenta metodom. U velikoj dijagonali matrice R navedeni su hipotetski komunaliteti procjenjeni operacijom koja je opisana u metodama obrade rezultata.

Mora se napomenuti da je izbor selekcioniranih kvalitativno kontrarnih uzoraka ispitanika uzrokovao umjetne oscilacije većine korelacijskih koeficijenata. To tim više što su razlike među grupama u parovima varijabli bile veće.

Analizirajući matricu interkorelacija i uspoređujući dobivene koeficijente sa komparabilnim koeficijentima iz drugih istraživanja nisu se mogle ustanoviti promjene smjera povezanosti, dok su veličine međusobnih veza nešto uvećane, što vjerojatno neće znatno poremetiti strukturu manifestnog prostora.

Pregledom matrice R može se uočiti grupiranje visokih korelacijskih koeficijenata oko velike dijagonale između onih varijabli koje su nosioci hipotetskih faktorskih struktura.

Intencionalni predmet mjerenja varijabli DM, BML i VM je eksplozivna snaga. Vidi se da se njihove međusobne veze kreću između 0.50 i 0.70. Ove korelacije možemo smatrati značajnima budući se može očekivati uz ovaj broj stupnjeva slobode i dogovorenu grešku zaključivanja, da je svaki korelacijski koeficijent veći od 0.25 značajno različit od nule. Najslabije veze sa ostalima iz grupe ima varijabla BML što proističe iz toga što kod ovog testa sudjeluju druge mišićne skupine nego kod ostala dva. Osim toga težina tereta je fiksna pa je prema tome nejednako distribuirana na ispitanike.

Najveća korelacija u ovoj skupini je između testova DM i VM (.70). Ove dvije kineziološke reakcije razlikuju se samo u smjeru upotrebe eksplozivne snage pa je njihova veza razumljiva.

Analizirajući međusobne korelacije ove grupe sa varijablama 4, 5 i 6 čiji je intencionalni predmet mjerenja repetitivna snaga ruku i ramenog pojasa, možemo uočiti samo dvije korelacije koje su značajne. To su veze između testa BML i testova SK i UR. Čini se da ove veze proizlaze uslijed angažmana iste topološke grupe muskulature. U sva tri testa rad se vrši muskulaturom ruku i ramenog pojasa. Možemo konstatirati da su međusobne veze ovih dviju grupa u biti beznačajne.

Promatrajući međusobne relacije grupe mjernih instrumenata za procjenu eksplozivne snage i mjernih instrumenata za procjenu snage nogu možemo uočiti da nije bilo moguće odbaciti niti jednu nultu hipotezu za bilo koji par varijabli, što nam govori da između ova dva segmenta ne postoji veza značajno različita od nule.

Varijable koje su namjenjene procjeni repetitivne snage ruku i ramenog pojasa u značajnim su međusobnim vezama. Visine korelacijskih koeficijenata pokazuju da je ovo najhomogeniji skup varijabli, a veličine međusobnih koeficijenata deter-

minacije ukazuju na veliki dio zajedničke varijance koji je pod uticajem istih funkcionalnih struktura.

Pregledom međusobnih veza varijabli ovoga skupa sa varijablama za procjenu snage nogu vidljivo je da postoje samo dva korelacijska koeficijenta čije nulte hipoteze smo mogli odbaciti. To su veze između testa UR i testova CVT i IZP. Iako rezultat u testu UR zavisi od drugih topoloških struktura muskulature nego u reakcijama CVT i IZP, značajne veze ovih varijabli mogle bi se objasniti identičnim tipom aktivnosti. U svim slučajevima radi se o tipu aktivnosti kojega karakterizira dugotrajno savladavanje otpora.

Pregledom ostalih korelacijskih veza između ovih dviju skupina varijabli možemo uočiti da su sve pozitivne (osim jedne) i da su kvantitativno veće nego veze između ostalih parova skupina. Iako su značajne samo dvije korelacije, može se pretpostaviti da će ove dvije skupine biti u nešto većim vezama nego ostali parovi skupina.

Grupa varijabli namijenjena za procjenu kombinirane statičko repetitivne snage nogu također je u značajnim međusobnim vezama. Iako su koeficijenti korelacije veći od granične vrijednosti značajnosti, može se odmah uočiti da je ova grupa varijabli međusobno u najmanjim vezama. Uzrok je vjerojatno u neusavršenim mjernim instrumentima kojima je nemoguće izolirano mjeriti efekat rada muskulature nogu, tako da u varijabilitetu tih kinzioloških reakcija sudjeluju u većem obimu i ostali psihomotorni faktori.

Na osnovu analize strukture matrice interkorelacija može se opravdano pretpostaviti mogućnost redukcije ranga matrice R.

Tabela 5

MATRICA HIPOTETSKE FAKTORSKE STRUKTURE TESTOVA

		Po		
		FE	FRA	FSRL
1	DM	1	0	0
2	BML	1	0	0
3	VM	1	0	0
4	SK	0	1	0
5	ZG	0	1	0
6	UR	0	1	0
7	C30	0	0	1
8	CVT	0	0	1
9	IZP	0	0	1

Na temelju inspekcije sadržaja testova i analize njihovih veza kao i rezultata prethodnih analiza postavljena je hipoteza o intencionalnom predmetu

mjerjenja manifestnih varijabli. Ova hipoteza matematički je formulirana u obliku binarne matrice  $P_0$ , koja je prikazana u tabeli broj 5. U kolonama hipotetske matrice navedeni su faktori označeni simbolima FE, FRA i FSRL, dok su u redovima simboli testova. Maksimalne saturacije testova sa faktorima označene su jedinicama, a na ostala mjesta postavljene su nule.

Iz hipoteze je vidljivo da se smatralo dovoljnim ekstrahirati tri latentne strukture, kojima bi bilo moguće objasniti kovarijabilitet manifestnih varijabli. Uzorak mjernih instrumenata projektiran je tako da svaki faktor bude reprezentiran sa po tri mjerna instrumenta, budući je to najmanji mogući broj varijabli, kojim je uopće moguće definirati neku latentnu strukturu. Ovako postavljena hipoteza primijenjena je kao operator u iterativnom postupku ostvarivanja parsimonične strukture. Nakon pete iteracije zadovoljeni su svi postavljeni uvjeti i dobivene su finalne solucije, koje su prikazane u slijedećim tabelama.

Tabela 6

MATRICA KOSINUSA LATENTNIH DIMENZIJA

	M		
	FE	FRA	FSRL
FE	1.00	.05	.13
FRA	.05	1.00	.25
FSRL	.13	.25	1.00

U tabeli 6 prikazane su međusobne korelacije latentnih dimenzija. Vidi se da je FE gotovo potpuno ortogonalna na FRA, dok je sa FSRL u veoma slaboj pozitivnoj vezi. U nešto većoj korelaciji su faktori FRA i FSRL.

Budući da je sposobnost manifestacije sile determinirana istim funkcionalnim organskim strukturama, korelacije podsistema tih struktura, tj. faktora nižeg reda, su u realnosti veće od prikazanih. Uzrok devijacije faktorskog prostora u ovom eksperimentu nalazi se vjerojatno u pristrasnom i malom uzorku varijabli i ispitanika.

Uzorak ispitanika sastavljen od kvalitativno različitih skupina uzrok je znatnih oscilacija u međusobnim odnosima vektora manifestnog prostora. U uzorku varijabli nalaze se samo po tri reprezentanta za svaku latentnu dimenziju, a u svakoj skupini po dva mjerna instrumenta su u vrlo visokim vezama, koje su potencirane zajedničkim specifičnostima. To su u prvoj skupini DM i VM, u drugoj ZG i UR, a u trećoj CVT i IZP.

Zbog tih razloga relacije među faktorima ne možemo smatrati realnima, a niti ih tako interpretirati. Međutim, budući da primarni cilj ovog rada nije utvrđivanje realne strukture manifestnog i latentnog prostora snage, nego utvrđivanje razlika između kontrarnih grupa, dobiveni koordinantni sistem latentnih dimenzija moći će poslužiti u tu svrhu.



Tabela 7

## FINALNE SOLUCIJE FAKTORSKE ANALIZE

	F			A			h <sup>2</sup>
	FE	FRA	FSRL	FE	FRA	FSRL	
DM	.79	-.05	.20	.78	-.12	.13	.65
BML	.68	.24	.07	.68	.22	-.07	.51
VM	.88	-.08	.04	.89	-.11	-.05	.79
SK	.10	.77	.07	.08	.80	-.14	.61
ZG	.06	.87	.21	.02	.87	-.01	.76
UR	-.04	.85	.34	-.10	.82	.15	.75
C30	.05	-.02	.68	-.04	-.20	.74	.51
CVT	.17	.24	.81	.07	.04	.79	.66
IZP	.06	.31	.65	-.03	.16	.61	.44

U tabeli 7 prikazane su korelacije testova sa izoliranim faktorima (F), koordinate testova u prostoru faktora (A) i komunaliteti analiziranih varijabli (h<sup>2</sup>).

Iz tabela A i F vidi se da su konačne solucije u skladu s hipotezom formiranom u obliku operatora P. Tokom iterativnog procesa nije došlo do promjene strukture faktorskog prostora, što nam govori da je hipoteza bila ispravna. Ovako jasnu strukturu uzrokovale su visoke interkorelacije mjernih instrumenata istog intencionalnog predmeta mjerenja.

Prvi faktor definiran je visokim ortogonalnim i paralelnim projekcijama varijabli DM, BML i VM. Najbolji reprezentant ove latentne strukture je varijabla VM, a zatim DM, dok je test BML u ovoj konstelaciji tekstova najslabiji.

Jasna pozicija ovog faktora omogućuje da ga se u skladu s hipotezom interpretira kao faktor eksplozivne snage.

Visoke ortogonalne i paralelne projekcije na drugi faktor imaju varijable SK, ZG i UR. Varijable ZG i UR imaju podjednake, nešto veće projekcije od varijable SK, što je vjerojatno uzrokovano učešćem istih mišićnih skupina pri realizaciji ovih aktivnosti. Test UR je jedini koji osim visokih projekcija na glavni predmet mjerenja ima i srednje nisku projekciju na treći faktor. Čini se da ova veza nije posljedica samo istog tipa aktivnosti u oba faktora, nego vjerojatno i tzv. »relativne snage« koja je naročito dolazila do izražaja u aktivnostima UR, CVT i IZP.

Drugi faktor se može na osnovu visokih ortogonalnih i paralelnih projekcija testova SK, ZG i UR interpretirati kao faktor repetitivne snage ruku i ramenog pojasa, koji je zbog svoje invarijantnosti izoliran već u mnogim analizama.

Treći faktor determiniraju varijable C30, CVT i IZP, među kojima je vektor varijable CVT najbliži toj latentnoj dimenziji. Najslabiji reprezentant ove likuje od svih ostalih kinezioloških reakcija ove skupine je test IZP, koji se po tipu aktivnosti razbaterije. To je naime jedini test u kojem se aktivnost ne odvija dinamički već statički. Ovaj test reprezentira skupinu testova projiciranu na treći faktor zbog visoke povezanosti repetitivne i statičke snage koja je definirana izdržajima i zbog učešća istih topoloških segmenata tijela.

Zato je ova latentna dimenzija interpretirana kao faktor kombinirane repetitivno-statičke snage nogu.

U istoj tabeli (6) pod oznakom h<sup>2</sup> odštampana je u obliku vektora dijagonalna matrica komunaliteta manifestnih varijabli. Nakon pet iteracija komunaliteti su se stabilizirali uz predviđenu grešku  $\epsilon = 10^{-2}$ .

Kako je najviše varijance objašnjeno kod varijabli VM, ZG i UR, može se zaključiti da su te varijable nosioci informacija koje su zajedničke ovom sistemu varijabli. Najmanje komunalitete ima grupa varijabli koja determinira snagu nogu. Od svih varijabli najmanju količinu objašnjenog varijabiliteta ima varijabla IZP i to vjerojatno zbog toga što jedino ona nosi informacije o statičkom tipu snage.

Može se konstatirati da je u ovoj konstelaciji testova valjanost mjernih instrumenata za procjenu snage nogu manja nego što je valjanost mjernih instrumenata ostalih grupa testova.

## MATRICA REZIDUALNIH KORELACIJA

Tabela 8

	RR								
	DM	BML	VM	SK	ZG	UR	C30	CVT	IZP
DM	(.00)	.02	.00	-.01	.18	-.06	-.02	.08	.04
BML	.02	(.00)	.00	.04	-.15	.12	.05	.07	.07
VM	.00	.00	(.00)	.02	.00	.05	.11	.00	.05
SK	-.01	.04	.02	(.00)	-.03	-.02	.09	.01	.06
ZG	.18	-.15	.00	-.03	(.00)	.02	.04	.01	.09
UR	-.16	.12	.05	-.02	.02	(.00)	.02	-.01	-.01
C30	-.02	.05	.11	.09	.04	.02	(.00)	-.03	-.01
CVT	.08	.07	.00	.01	.01	-.01	-.03	(.00)	.05
IZP	.04	.07	.05	.06	.09	-.01	-.01	.05	(.01)

U tabeli 8 prikazana je matrica rezidualnih korelacijskih koeficijenata. Inspekcijom rezidualne matrice može se utvrditi da niti jedan rezidualni element nije veći od granične vrijednosti značajnosti rezidualnih elemenata  $t_{\alpha} \sigma_{\rho_{ij}} = 0.27$ . Može se smatrati sa pouzdanjem od  $1 - \alpha$  da je rezidualna matrica statistički jednaka nula matrici, što znači da su tri faktora dovoljna za eksplikaciju matrice R.

$$\sigma_{\rho_{ij}} = 0.14$$

$$t_{\alpha} = 1.96$$

$$\alpha = 0.05$$

$$t_{\alpha} \sigma_{\rho_{ij}} = 0.27$$

$$\alpha (n^2 - n) = 3,65 = 4$$

Tabela 9

## MATRICA STANDARDIZIRANIH KOEFICIJENATA PARCIJALNE REGRESIJE ZA PROCJENU FAKTORA

	FE	FRA	FSRL
DM	.41	-.05	.08
BML	.36	.10	-.04
VM	.47	-.04	-.03
SK	.05	.36	-.08
ZG	.02	.39	.00
UR	-.05	.37	.10
C30	-.02	-.08	.46
CVT	.04	.03	.49
IZP	-.01	.08	.38

U tabeli 9 prikazani su standardizirani koeficijenti parcijalne regresije pomoću kojih su procijenjene faktorske vrijednosti ispitanika.

Tabela 12

PARAMETRI DISKRIMINACIJSKE FUNKCIJE

- (1)  $\bar{\varphi}_A = 1.52$
- (2)  $\bar{\varphi}_C = -1.52$
- (3)  $\bar{\varphi}_o = 0.00$
- (4)  $\sigma^2 \varphi = 4.09$
- (5)  $\sigma_\varphi = 2.03$
- (6)  $E_A = E_C = 0.75$

U ovoj tabeli prikazani su:

- (1) aritmetička sredina grupe A u diskriminacijskoj varijabli
- (2) aritmetička sredina grupe C u diskriminacijskoj varijabli
- (3) aritmetička sredina diskriminacijske varijable
- (4) varijanca diskriminacijske varijable
- (5) standardna devijacija diskriminacijske varijable
- (6) greška klasifikacije jednaka za obje grupe.

Iz rezultata je vidljivo da je varijabilitet diskriminacijske varijable četiri puta veći nego varijabilitet svake latentne varijable posebno, čime se mogućnost diskriminacije znatno povećala. Ovaj fenomen omogućen je pogodnom transformacijom latentnih varijabli u jedinstvenu diskriminacijsku varijablu. Dalje je vidljivo da je pri klasifikacijskoj proceduri moguća greška od 0.75 te da se pravi rezultat ispitanika nalazi u rasponu od  $\pm 0.75$ .

Tabela 13

TESTOVI ZNAČAJNOSTI KOEFICIJENATA LINEARNE DISKRIMINACIJE

- |                                                       |                      |                       |
|-------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| (1) $D_{3-FE}^2 = 1,84$                               | $D_{3-FRA}^2 = 1,23$ | $D_{3-FSRL}^2 = 2,99$ |
| (2) $F = 32,4$                                        | $F = 73,2$           | $F = 0,70$            |
| (3) $df_1 = 1, df_2 = 50, uz p = 0,05 \quad F = 4,03$ |                      |                       |

U tabeli 14 testirana je značajnost koeficijenata linearne diskriminativne funkcije, uklanjanjem svake pojedinačne latentne varijable iz faktorskog prostora.

U ovoj tabeli prikazani su:

- (1) Mahalanobis-ove udaljenosti u reduciranom sistemu latentnih dimenzija
- (2) Test značajnosti za Mahalanobis-ovu udaljenost u sistemu od  $n - 1$  dimenzija
- (3) Granična vrijednost F-testa za stupnjeve slobode  $df_1 = 1, df_2 = 50$  uz vjerojatnost greške od  $p = 0.05$ .

Tabela 10  
VEKTORI ARITMETIČKIH SREDINA GRUPA

	$\bar{\Phi}_A$	$\bar{\Phi}_C$	d
FE	0,48	-0,48	0,96
FRA	0,56	-0,56	1,12
FSRL	0,18	-0,18	0,36

U tabeli 10 odštampani su vektori aritmetičkih sredina grupa ( $\bar{\Phi}_A$  i  $\bar{\Phi}_C$ ) u izoliranim latentnim varijablama i razlike tih vektora (d). Budući su faktori standardizirane varijable ovi podaci su komparabilni, jer su aritmetičke sredine izražene u djelovima standardne devijacije faktora. Vidi se da je najveća razlika između grupa u repetitivnoj snazi ruku i ramenog pojasa (FRA), nešto manja u eksplozivnoj snazi (FE), a najmanja u snazi nogu (FSRL).

Tabela 11

KOEFICIJENTI LINEARNE DISKRIMINACIJSKE FUNKCIJE

	$\lambda$
FE	1,23
FRA	1,60
FSRL	0,12

- (1)  $D^2 = 3.03$
- (2)  $F = 14,64$
- (3) uz  $p = 0.05 \quad F = 2.79$

U tabeli 12 prikazani su ( $\lambda$ ) koeficijenti linearne diskriminacijske funkcije.

- (1)  $D^2$  — generalizirana udaljenost centroida grupa u prostoru faktora
- (2)  $F$  — test generalizirane funkcije udaljenosti centroida grupa
- (3) granična vrijednost  $F$  — testa uz pouzdanje od  $1 - \alpha$ .

Iz tabele je vidljivo da je razlika između ispitivanih grupa u faktorskom prostoru značajna, jer je  $F$  — test od  $D^2$  veći od granične vrijednosti  $F$  — a uz stupnjeve slobode  $df_1 = 3, df_2 = 56$ . Značajna razlika između grupa dozvoljava nam analizu diskriminacijskih koeficijenata lambda, koji su komparabilni budući su dobiveni iz standardiziranih varijabli.

Vidljivo je da najveći relativni doprinos diskriminaciji grupa ima faktor repetitivne snage ruku, zatim faktor eksplozivne snage, a najmanji doprinos diskriminaciji ima faktor snage nogu.

Diskriminacijska funkcija ima prema tome slijedeći oblik:

$$\varphi = (1,23 FE + 1,60 FRA + 0,12 FSRL) \pm 0,75 E$$

Može se uočiti da se udaljenost između centroida grupa značajno smanjuje uklonjenjem faktora FE ili faktora FRA iz faktorskog prostora, dok se razlika među grupama statistički značajno ne smanjuje ako se iz sistema ukloni faktor FSRL. Možemo stoga zaključiti da su latentne strukture FE i FRA relevantne za diskriminaciju analiziranih skupina, dok je diskriminativnost FSRL beznačajna.

Može se pretpostaviti da je razlika grupa u FE genetski determinirana budući je FE relativno invarijantna na uticaj kinezioloških stimulusa.

Relativna nezavisnost topoloških faktora repetitivne i statičke snage i mogućnost značajnih kvalitativnih i kvantitativnih varijacija ovih dimenzija pod uticajem kinezioloških tretmana omogućuje pretpostavku da je značajna razlika grupa u faktoru FRA posljedica bavljenja različitim vrstama kinezioloških aktivnosti. Članovi skupine A vjerojatno su se bavili sportovima u kojima je nužna upotreba gornjih ekstremiteta dok su članovi druge skupine vjerojatno upražnjavali one aktivnosti u kojima je uloga ruku beznačajna.

## ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata primljenih ispita studenti VŠFK su aproksimativnim procedurama klasificirani u tri relativno homogene skupine radi što efikasnijeg provođenja nastavnog procesa.

U ovom radu analizi su podvrgnute dvije kvalitativno kontrastne skupine od po 30 ispitanika. Pripadnost studenata grupama tretirana je kao kriterijska varijabla, a rezultati studenata u 9 testova snage kao prediktorske varijable. Regresiona analiza je pokazala da je predikcija kriterijske varijable testovima snage bila relativno efikasna.

Fisherovom linearnom diskriminacijskom analizom utvrđene su razlike između grupa u latentnom prostoru, koji je bio definiran faktorima eksplozivne snage, repetitivne snage ruku i ramenog pojasa i repetitivno-statičke snage nogu. Značajnu diskriminativnu vrijednost imali su faktori eksplozivne snage i repetitivne snage ruku i ramenog pojasa.

## LITERATURA

1. Snidiktor, V. DŽ. i V. G. Kohren. Statistički metodi. Vuk Karadžić, Beograd, 1971.
2. Ivanović, B. Diskriminaciona analiza, Naučna knjiga- Beograd, 1963.
3. Križanić, F. Vektorji, matrike, tenzorji. Mladinska knjiga, Ljubljana, 1962.
4. Krković, A., K. Momirović i B. Petz. Odabrana poglavlja iz psihometrije i neparametrijske statistike, Društvo psihologa SRH, Zagreb, 1966.
5. Martić, Lj. Matematičke metode za ekonomsku analizu. Narodne novine, Zagreb, 1966.
6. Momirović, K. Metode za transformaciju i kondenzaciju kinezioloških informacija. Institut za kineziologiju, Zagreb, 1972.
7. Anđelić, P. T. Matrice. Zavod za izdavanje udžbenika SRS, Beograd, 1970.

