

**HOMO** NAUČNO-STRUČNI ČASOPIS IZ OBLASTI SPORTA I TJELESNOG ODGOJA

---

**SPORTICUS**

ČODINA 9 - BRČUJ 1-2007

# Jednostavan cjeloviti algoritam za analizu strukturalnih promjena

Ključne riječi: **strukturalne promjene, algoritam.**

Key words: **structural changes, algorithm.**

## Sažetak:

Ovaj rad je usmjeren ka definiranju i testiranju algoritma za jednostavnu analizu strukturalnih promjena, s ciljem da pokrije tri segmenta tih transformacija: 1) globalni, 2) latentnih dimenzija i 3) lokalni po pojedinim varijablama. Ponašanje algoritma je ispitano na uzorcima učenika i učenica mjenjenih u tri konzekutivne tačke, između kojih su primjenjivani opći transformacijski procesi provedeni s ciljem potpore rastu i razvoju. Strukturalne promjene su identificirane na sve tri razine i mogle su se dosta jednostavno objasniti, što je potvrdilo snagu algoritma u svrhu operacionalne primjene.

## Uvod

Analize promjena u kineziologiji relativno su starijeg datuma, još od samih početaka objektivnog vrednovanja efekata bilo kakvog transformacijskog postupka koji se provodio nad bilo kakvim objektima praćenih kroz neki vremenski interval. Naravno da su najjednostavnije bile definicije promjena koje su se očitovale u kvantitativnom području, tj. u pomaku rezultata na skali jedne varijable (univarijantno) ili pomaku hiperelipsoida (multivarijantno). Te promjene promatrane su na način da se virtualno ne mijenjaju odnosi među parametrima odabranim da reprezentiraju promjene koje je izazvao ma kakav proces koji je djelovao između najmanje dvije konzekutivne točke. Međutim, razvojem spoznane, a naročito kineziološke misli, problemi registracije kvantitativnih promjena više nisu bili dovoljni za objašnjenje efekata transformacijskih procesa. Varijacije u kvantitativnom smislu nisu se mogle dovoljno jednoznačno objasniti, što je neminovno značilo da su u mnogim tim postupcima izazvane i promjene koje su uvjetovale različitost relacija parametara izabranih za praćenje efekata rada. Ove promjene identificirane su kao strukturalne jer odražavaju promjene odnosa svojstva tretiranih objekata.

U ranim fazama analize strukturalnih promjena relativno često su korištene faktorske tehnike (razne usporedbe faktorskih struktura), međutim takav pristup znanstveno nije opravdan jer: a) faktorski obrasci su kompozit kvantitativnih i strukturalnih promjena, b) usporedba je spekulativna bez adekvatnih parametara za procjenu barem statističke značajnosti intenziteta strukturalnih promjena i c) najčešće nije ni poznata distribucija parametara kojima se ti obrasci dovode u razne veze. U smislu identifikacije strukturalnih (ponekad zvanih i kvalitativnih) promjena, u novije vrijeme razvijen je i određeni broj procedura koje mogu dati podatke o tome jesu li takve promjene izazvane i jesu li eventualno značajne. Međutim, ono što istinski predstavlja ozbiljan problem jest realna složenost tih postupaka, a često i dosta nerazumljiva matematičko-logička osnova, te je, osim par iznimki, korištenje tih procedura vezano uz brojne poteškoće (od nepostojanja takvih analiza u standardnim paketima, preko slabije educiranosti kadra, pa sve do zanemarivanja realnosti postojanja tih promjena i sl.).

## Summary:

### Simple complete algorithm for the analysis of structural changes

The objective of this study was to define and test the algorithm for the simple analysis of structural changes, with the main goal of covering the three segments of these transformations: 1) global, 2) latent dimensions and 3) local by some of the variables. The sample for the algorithm testing consisted of male and female pupils measured in a three consecutive points, in between which general transformational processes were applied aimed at giving a support to the growth and development. Structural changes were identified and quite simply explained at all three levels, which confirmed the strength of algorithm for the purpose of operational application.

Iz ovih razloga, jer su strukturalne promjene realnost, osjeća se potreba razvoja nekog jednostavnog alata kojim bi se te promjene mogle identificirati, a da je istodobno takav alat pouzdan i jasan.

## Problem i cilj istraživanja

Promjene relacija mogu se očitovati kontinuirano i proporcionalno preko cijelog uzorka koji se tretira, a mogu i diferencijalno po pojedinim objektima u ovisnosti od njihove ekosenzitivnosti na primijenjene intencionalne stimuluse i stohastičke događaje u promatranom intervalu. Najjednostavnija, a krajnje očita mjera promjena odnosa među varijablama za nadzor nekog procesa je uvijek promjena mjera asocijacije između tih varijabli. U apsolutnom prostoru to su npr. kovarijance, u standardnom realnom prostoru to su obično korelacije, a u slučaju image i sl. analiza to su npr. image kovarijance ili ma kako drugačije matematički definirane relacije.

Već intuitivno je jasno da se najjednostavnija mjera strukturalnih promjena može definirati kao nekakva funkcija razlika traga matrica relacija u dva promatrana stanja. Međutim, u tom slučaju nije potpuno jasno kako locirati lokalne promjene po pojedinim parametrima, a još je manje jasno kako se strukturalne promjene očituju u latentnom području. Iz svih ovih razloga, cilj ovog istraživanja je definiran krajnje jednostavno: zbog realne potrebe, kako u znanstvenim projektima, tako i zbog praktičnih operacionalnih potreba, definirati jednostavan algoritam za eksplicaciju strukturalnih promjena koje će dati odgovore na tri pitanja: 1) postoje li značajne strukturalne promjene, 2) koji su latentni mehanizmi promjena uopće i 3) kako se promjene reflektiraju na manifestne varijable. Na realnim podacima testirati ponašanje algoritma.

## Algoritam

Promjene relacija ma kojih obilježja neke skupine objekata mogu se operacionalno definirati na više načina, ali je vjerojatno najjednostavniji način uz pomoć razlike koeficijentata asocijacije između dviju konzekutivnih točaka. Pod pretpostavkom da u nekom polju događaja  $P(A)$  jest vjerojatnost nastupanja jednog

događaja, a  $P(B)$  drugog, tada je jasno da je vjerojatnost nastupanja uvjetnog događaja  $P(B)$  uz uvjet da se dogodio i događaj  $P(A)$  (i respektivno obrnuto) jednaka  $P(A|B) = P(A \cup B)$ . Takvi događaji nesumnjivo ili realiziraju neku zajedničku funkciju ili su oba posljedica neke nepoznate funkcije koja povećava vjerojatnost njihove zajedničke realizacije. Neka pod modelom najveće vjerodostojnosti matrice  $R$  i  $C$  sadrže korelacije istih varijabli u dva tranzitivna stanja, a  $\Delta$  neka je matrica razlika koeficijentata asocijacije u  $T_1, T_2$  tranzitivnim stanjima. Tada je pod realnom pretpostavkom da je u intervalu

$$(t_2 - t_1) \quad \text{gdje} \quad \Delta = (C_{T_2} - R_{T_1})$$

djelovao najmanje jedan proces koji je doveo do promjena obilježja, moguće konstruirati smislen algoritam za identifikaciju promjena po strukturalnom modelu. Ako do sistematskih strukturalnih promjena u intervalu  $(t_2 - t_1)$  nije došlo, tada će se u matrici  $\Delta$  nalaziti podaci koji će nesistematski varirati oko nule u funkciji slučajnih posljedica nesistematskih operatora, te ih neće biti moguće statistički razlikovati od nule, jer je u tom slučaju  $P(A|B) = 0$ , odnosno prazan skup respektivno.

Isto tako, pod pretpostavkom da u intervalu  $(t_2 - t_1)$  nismo izvršili isključivo željene kvantitativne, već i neželjene strukturalne promjene, tada su u matrici  $\Delta = (C_{T_2} - R_{T_1})$  sadržani koeficijenti koji realiziraju sustav komplementarnih događaja tipa

$$P(A|B) = 1.0 - P(A) \cup P(B)$$

odnosno predstavljaju mjeru pogreške u intencionalnom transformacijskom procesu ciljanom isključivo na kvantitativne promjene.

Za zadani model mogu se promatrati pojedini parovi relacija, no, za  $m$  apliciranih varijabli, broj tih informacija je jednak  $m(m-1)/2$ , pa je inspekcija matrice  $\Delta$  iznimno otežana i složena, posebno ako je obilježena velikim brojem malih vrijednosti, pa svakako najprije treba aplicirati mjeru globalnih promjena. Test hipoteze da je došlo do strukturalnih promjena u cijelom sustavu operatora je naravno generalizacija  $\chi^2$  funkcije traga matrice razlika ali se ona ne može dobiti jednostavnim postupkom, budući se u velikoj dijagonali matrice razlika korelacija nalaze same nule. Stoga se za identifikaciju funkcije traga primjenjuje kvadrat multidimenzionalnog pokazatelja spektra matrice  $\Delta$  pri čemu se mjera globalnih promjena definira kao

$$\chi^2 = \theta = (\sum \text{abs}(\lambda_i))^2, \quad i=1..m,$$

gdje  $\lambda_i$  predstavlja pojedinu svojstvenu vrijednost spektra matrice  $\Delta$ . Budući da je funkcija traga matrice  $\Delta$  distribuirana u skladu sa  $\chi^2$  distribucijom, uz broj stupnjeva slobode koji je jednak broju parametara kojima su opisana tranzitivna stanja ( $m$ ), to je realno moguće testirati hipotezu o postojanju globalnih strukturalnih promjena.

Promjene u skupu latentnih dimenzija obično je teško utvrditi, pa je u tu svrhu primijenjen jednostavni model generiran iz spektra matrice  $\Delta$ . Spektralna dekompozicija skupa razlika parametara u matrici  $\Delta$ , naravno, osim svojstvenih vrijednosti rezultira i skupu svojstvenih vektora  $F$ , uz dobro poznati uvjet

$$\Delta = F \Lambda F,$$

gdje je  $\Lambda$  dijagonalna matrica svojstvenih vrijednosti, i uz uvjete  $F'F = I$  i  $FF' = I$ . U vektorima  $F_j$  nalaze se dekomponirani sus-

tavi strukturalnih promjena iz  $\Delta$  transformirani u faktorski oblik koji zadovoljava jediničnu dužinu svakog vektora. Kako tih vektora ima  $m$ , za relevantan opis promjena odgovarajućim postupkom se zadržava  $k$  netrivialnih, pri čemu se broj  $k$  može odrediti generalizacijom Guttman-Kaisreovog kriterija,

$$k = \text{num} [ \lambda_j ; \lambda_j >= \text{trace}(\Delta)/m ], \quad j=1..m,$$

ili uz uvjet da pojedini zadržani vektori  $F_j$  sadržavaju najmanje 5% informacija matrice  $\Delta$

$$k = \{ \lambda_j ; \lambda_j / \text{trace}(\Delta) >= 0.05 \}, \quad j=1..m,$$

ili kao unaprijed određeni broj.

U slučaju da se analiza proteže na više konzekutivnih točaka, taj broj netrivialnih vektora  $F$  može se zadržati i kao mjera reprezentativnosti strukturalnih kompozita preko kojih se strukturalne promjene očituju. Sustav  $k$  zadržanih svojstvenih vektora  $F$  je, naravno, ortogonalan, pa se nekim prihvatljivim postupkom može transformirati u parsimonijski oblik, za što je vjerojatno najpogodniji Kaisreov normalizirani varimax kriterij,

$$m \sum_{j=1}^m \sum_{q=1}^k \lambda_{jq}^4 - j \sum_{q=1}^k \left( \sum_{j=1}^m \lambda_{jq}^2 \right)^2 = \max$$

Već ova pozicija dobro opisuje jednostavnu strukturu, ali je pogodno ovaj sustav transformirati i u neortogonalni oblik, za što je najbolje iskoristiti npr. neuvjetovani promax ili orthoblique model, te se u sklopovima tih solucija nalaze neortogonalni vektori strukturalnih promjena tranzitivnih stanja objekata opisanih nekim kvantitativnim varijablama. Dodatne informacije dobijaju se i analizom korelacija neortogonalnih vektora u tim solucijama.

Čak i u slučaju kad globalna mjera promjena ne sugerira opću strukturalnu dinamiku, a strukturalni faktori nemaju veći stupanj interpretativnosti, u ovom modelu još uvijek je moguće identificirati barem lokalne mjere promjena, tj. na pojedinim varijablama ili grupama varijabli, zato što nije teško zamisliti situaciju prema kojoj su promjene postignute segmentarno po pojedinim supsegmentima ukupnih antropoloških (ili ma kakvih) mjera. Na kraju će nas, dakle, zanimati kako se proces odrazio na pojedine diferencijalne parametre, tj. na pojedine varijable kojima smo procjenjivali karakteristike ili sposobnosti tretiranih objekata. Budući da je dužina pojedinih vektora iz  $F$  jednaka sumi kvadrata, i kako je ta vrijednost svake varijable u cijelom skupu  $F_j ; j=1..m$ , jednaka sumi proporcija faktora koji tu varijablu definira, mjere diferencijalnih promjena sukladne faktorskoj reprezentaciji jednostavno su sadržane u komunalitetima varijabli u sustavu zadržanih netrivialnih ortogonalnih faktora  $F_k$ , budući da su pojedinačne lokalne promjene upravo proporcionalne kompozitnim saturacijama komunaliteta na netrivialnim kompozitnim rješenjima matrice  $\Delta$ , jer odražavaju onaj dio promjena koji se može podvesti pod netrivialna kompozitna rješenja matrice razlika  $\Delta$ . Kako je poznato, teško je i zamisliti transformacijski proces čiji bi se efekti mogli registrirati isključivo kao kvantitativne promjene, jednostavno zato što su objekti koji su predmet takvih postupaka obično jako složene i organizirane cjeline, pa djelovanje na jedan supsegment neminovno proizvodi i efekte na niz drugih.

Zbog svega nevedenog, a naročito iz razloga što sitne sistematske promjene relacija varijabli mogu biti posljedica većih promjena u strukturi analiziranih dimenzija, ovaj algoritam bi morao

biti osjetljiv na stvarne promjene asocijacija varijabli kojima se opisuju tranzitivna stanja objekata u nekom transformacijskom procesu, a to znači i na pojedine dimenzije općeg statusa.

## Ponašanje algoritma

U svrhu provjere kvalitete algoritma analizirani su podaci 249 entiteta muškog spola i 238 entiteta ženskog spola, svi uzrasta od 7 godina +/- 2 mjeseca, učenika prvog razreda osnovne škole koji su u trajanju od godinu i pol dana bili podvrgnuti sistematskim transformacijskim postupcima s ciljem potpore funkcijama rasta i razvoja. U tri navrata, na početku, u sredini i na kraju tretmana, entiteti su izmjereni sa 26 varijabli zamišljenih da pokriju prostor morfoloških i motoričkih dimenzija.

Od ukupno upotrijebljenih 26, bilo je 14 morfoloških varijabli za koje je sigurno da se koriste prema međunarodnom biološkom programu, ali i da su u stanju relativno dobro pokriti različite modele latentnih dimenzija dobijene u različitim istraživanjima: visina tijela (AVIT), duljina noge (ADUN), duljina ruke (ADUR), dijametar ručnog zgloba (ADRZ), dijametar koljena (ADIK), biakromijalni raspon (ASIR), bikristalni raspon (ASIK), tjelesna težina (ATEZ), opseg podlaktice (AOPL), opseg potkoljenice (AOPK), srednji opseg grudnog koša (AOGK), kožni nabor nadlaktice (AKNN), kožni nabor leđa (AKNL) i kožni nabor trbuha (AKNT). Također je korišteno i 12 motoričkih varijabli također zamišljenih da dobro pokriju prostor primarnih motoričkih dimenzija (koordinacije, frekvencije pokreta, fleksibilnosti, ravnoteže, repetitivne snage, eksplozivnosti, statičke snage i izdržljivosti) prema različitim istraživanjima: koraci u stranu (MKUS), poligon natraške (MPOL), taping rukom (MTAP), taping nogom (MTAN), pretklon u sjedu raznožno (MPRR), stajanje na klupici za ravnotežu (MP20), skok u dalj s mjesta (MSDM), bacanje loptice u daljinu (MBLD), trčanje 20 m s visokim startom (M20V), podizanje trupa iz ležanja (MDTS), izdržaj u visu zglobom (MVIS), trčanje tri minute (FT3M). Spoznajni problem u ovom radu postavljen je u maksimalno razapeti multidimenzionalni prostor, pa je i cijeli set varijabli promatran kao jedinstven skup.

## Učeni

Inspekcijom matrice razlika korelacija prvog i drugog mjerenja može se zaključiti da prevladavaju niske vrijednosti koje se uglavnom kreću ispod praga značajnosti koji za 95 % iznosi 0.12. Iznosi ekstremnih vrijednosti su -0.26 i +0.18, pa to sve zajedno s prethodno rečenim sugerira slabu značajnost globalnih promjena. Totalna vrijednost spektra iznosi 5.7072, što za 26 stupnjeva slobode i  $\chi^2$  vrijednost od 32.5721 znači da ove promjene ne možemo opisati značajnima na razini sigurnosti od 0.99 ili 0.95. ( $p = 0.20$ ).

Međutim, sukladno trajanju tretmana strukturalne promjene su se na kraju cijelog analiziranog intervala ipak pojavile. Tako je totalna vrijednost spektra promjena između treće i prve točke iznosila 6.2626, što za 26 stupnjeva slobode i  $\chi^2$  vrijednost od 39.2207 znači da ove promjene možemo opisati značajnima na razini sigurnosti od 0.96 (tj.  $p = 0.04$ ).

Faktorski model tih promjena prikazan je u tabeli 1.

Očito je da su promjene od interesa izazvane dominantno u dimenzijama koje jednoznačno možemo opisati kao opća izdržljivost (Prx1), masno tkivo (Prx3), opća voluminoznost (Prx4) i razvoj donjih ekstremiteta (Prx5). Drugi i šesti faktor su nešto složeniji, te bi se moglo kazati da se radi o promjenama u strukturi sinergijske regulacije gibanja i fiksacije segmenata

**Tabela 1.**

Promax faktori strukturalnih promjena između trećeg i prvog mjerenja: PRX1...6 (salienti za  $p=0.05$  su posebno označeni) i lokalne mjere promjena: h2

	PRX1	PRX2	PRX3	PRX4	PRX5	PRX6	h2
AVIT	-0.04	0.03	0.04	<b>0.12</b>	0.01	-0.04	0.02
ADUN	0.06	0.04	0.03	<b>0.17</b>	-0.03	0.00	0.03
ADUR	<b>-0.14</b>	-0.08	-0.01	<b>0.19</b>	0.05	-0.01	0.06
ADRZ	-0.01	0.11	0.01	0.07	-0.05	<b>0.15</b>	0.04
ADIK	-0.04	0.02	<b>0.15</b>	<b>0.17</b>	-0.16	-0.01	0.08
ASIR	0.02	0.00	0.04	0.11	-0.02	-0.02	0.01
ASIK	0.06	<b>0.31</b>	-0.03	0.06	-0.04	0.01	0.09
ATEZ	0.00	0.05	0.05	<b>0.17</b>	0.07	0.08	0.04
AOPL	0.00	<b>-0.16</b>	<b>-0.02</b>	<b>0.20</b>	-0.02	0.02	0.08
AOPK	0.00	0.03	0.07	0.09	<b>0.13</b>	0.06	0.03
AOGK	-0.04	<b>-0.26</b>	-0.09	<b>0.17</b>	0.09	0.07	0.14
AKNN	-0.02	0.00	<b>0.20</b>	0.07	-0.01	0.00	0.04
AKNL	0.03	0.04	<b>0.12</b>	0.07	-0.04	0.05	0.02
AKNT	-0.09	-0.01	<b>0.20</b>	0.02	-0.03	0.01	0.06
MKUS	-0.03	0.11	-0.06	-0.01	<b>-0.23</b>	0.10	0.08
MPOL	<b>-0.21</b>	0.01	0.00	0.00	<b>-0.18</b>	-0.04	0.08
MP20	0.00	<b>0.32</b>	0.00	0.04	-0.02	0.09	0.10
MPRR	-0.03	<b>-0.23</b>	<b>-0.21</b>	0.00	-0.15	-0.06	0.10
MTAP	0.08	0.09	<b>-0.29</b>	0.00	-0.06	<b>0.13</b>	0.10
MTAN	0.06	-0.01	-0.06	-0.04	<b>0.19</b>	0.03	0.05
MSDM	0.04	-0.06	-0.04	-0.04	0.04	<b>0.24</b>	0.07
MBLD	0.09	0.04	0.04	0.06	0.09	-0.03	0.02
M20V	<b>-0.25</b>	<b>0.36</b>	-0.11	0.00	0.03	<b>-0.12</b>	0.28
MDTS	<b>0.23</b>	0.02	-0.08	-0.02	<b>0.12</b>	0.08	0.08
MVIS	<b>0.33</b>	-0.04	-0.04	-0.03	0.00	0.03	0.12
MT3M	<b>0.39</b>	0.04	-0.09	0.08	0.06	<b>-0.24</b>	0.29
	PRX1	PRX2	PRX3	PRX4	PRX5	PRX6	
PRX1	1.00	<b>-0.30</b>	<b>-0.28</b>	0.03	0.04	<b>-0.14</b>	
PRX2		1.00	0.00	<b>-0.16</b>	-0.11	<b>-0.23</b>	
PRX3			1.00	-0.05	-0.02	<b>0.30</b>	
PRX4				1.00	0.04	0.01	
PRX5					1.00	-0.06	
PRX6						1.00	

(Prx2), odnosno eksplozivnosti i zamašnih djelovanja (Prx6). Struktura ovih šest dimenzija je ono što se zaista promijenilo. Pojedine lokalne refleksije promjena vide se iz vektora h2, gdje je očito da je do većih promjena došlo ipak dominantno u prostoru energetske regulacije gibanja.

## Učeni

Razlike korelacija drugog i prvog mjerenja pokazuju da je došlo do niza pojedinačnih manjih promjena, jer su koeficijenti u matrici  $\Delta$  redom niski ali različiti od nule. Globalni parametar iznosi 6.9183, što za 26 stupnjeva slobode i  $\chi^2$  vrijednost od 47.8634 znači da ove promjene možemo opisati značajnima na razini sigurnosti od 0.99 (tj.  $p < 0.01$ ). Faktorski model strukturalnih promjena vidi se iz tabele 2.

Na temelju podataka u tabeli 2. više nego jasno je da je u prvom dijelu tretmana učenika došlo do višestrukih strukturalnih promjena. Prvi faktor opisuje promjene u strukturi masnog tkiva koje prati gotovo cijeli skup motoričkih manifestacija. Drugi faktor opisuje promjene u strukturi motoričkih dimenzija vezanih uz angažman veće količine energije. Treći faktor jasno opisuje promjene voluminoznosti tj. muskulature, dok je četvrti najvjerojatnije posljedica adaptacije organizma u smislu formiranja horizontalnih osovine i s tim u vezi sinergijske regulacije upravljanja gibanjem.

**Tabela 2.**

Promax faktori strukturalnih promjena između drugog i prvog mjerenja: PRX1,...7 (salienti za  $p=0.05$  su posebno označeni) i lokalne mjere promjena : h2

	PRX1	PRX2	PRX3	PRX4	PRX5	PRX6	PRX7	h2
AVIT	0.06	0.06	0.05	0.04	-0.04	0.17	0.00	0.04
ADUN	0.05	0.08	0.07	0.03	0.04	0.11	0.07	0.03
ADUR	0.10	0.02	0.16	0.10	0.00	0.18	0.00	0.08
ADRZ	-0.02	0.03	0.01	0.06	0.00	0.20	-0.05	0.05
ADIK	-0.01	0.10	0.14	0.03	-0.07	0.13	-0.01	0.05
ASIR	0.01	0.13	0.03	0.38	0.04	0.12	0.04	0.18
ASIK	-0.06	0.35	0.00	0.16	0.02	0.13	0.04	0.17
ATEZ	0.08	0.10	0.19	0.04	-0.05	0.15	-0.06	0.08
AOPL	0.07	0.01	0.43	-0.04	0.01	0.07	0.00	0.19
AOPK	0.05	-0.02	0.21	-0.01	0.02	0.04	-0.05	0.05
AOGK	-0.01	0.01	0.28	-0.02	-0.01	0.07	0.00	0.09
AKNN	0.18	-0.05	0.13	-0.15	-0.12	-0.07	-0.01	0.09
AKNL	0.27	-0.01	0.03	-0.10	-0.04	0.04	-0.02	0.09
AKNT	0.39	0.00	0.10	-0.03	0.07	0.07	-0.06	0.17
MKUS	0.50	-0.07	0.02	0.17	-0.02	-0.08	0.09	0.30
MPOL	0.34	0.23	-0.21	0.09	0.02	-0.02	0.10	0.24
MP2O	-0.03	0.09	-0.09	0.15	-0.05	-0.07	0.35	0.17
MPRR	0.09	-0.07	0.24	-0.03	0.25	-0.06	0.24	0.19
MTAP	-0.44	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	-0.18	0.01	0.22
MTAN	-0.13	-0.04	0.02	0.07	0.55	-0.05	-0.08	0.33
MSDM	-0.26	-0.33	-0.06	0.06	0.15	0.06	0.00	0.21
MBLD	-0.22	0.05	0.39	0.15	0.03	-0.08	-0.01	0.23
M20V	0.26	0.14	-0.05	-0.19	0.08	-0.09	-0.26	0.20
MDTS	-0.22	0.04	0.06	-0.10	0.18	0.02	0.03	0.10
MVIS	-0.19	-0.10	-0.02	-0.10	-0.01	0.00	0.27	0.13
MT3M	-0.29	0.25	0.05	-0.02	0.10	0.04	0.26	0.23
	PRX1	PRX2	PRX3	PRX4	PRX5	PRX6	PRX7	
PRX1	1.00	0.29	-0.40	0.05	-0.51	-0.07	-0.40	
PRX2		1.00	-0.13	-0.15	-0.19	-0.14	-0.08	
PRX3			1.00	0.12	0.45	0.06	0.36	
PRX4				1.00	-0.08	-0.10	0.13	
PRX5					1.00	0.06	0.45	
PRX6						1.00	0.33	
PRX7							1.00	

Peti strukturalni faktor opisuje restrukturiranje ekscitabilnosti općenito, dok je šesti gotovo isključivo vezan uz promjene u strukturi tvrdih tkiva i rasta koštanih segmenata. Sedmi faktor promjena opisuje promjene strukture kompleksnih gibanja. Lokalne promjene vezane su uz adaptaciju organizma na način da se optimizira mišićni sustav i kompletno motoričko izražavanje.

Razlike između treće i prve kontrolne tačke još su naglašenije pa je i globalna mjera definirana vrijednošću od 7.5177, što za 26 stupnjeva slobode i  $\chi^2$  vrijednost od 56.5153 znači da ove promjene možemo opisati značajnim na razini sigurnosti od 0.99 (tj.  $p < 0.01$ ). Ovi pokazatelji govore nam da je došlo do dodatnih strukturalnih promjena u drugom dijelu tretmana, te da su kumulativni efekti tih promjena jako izraženi.

Faktorski model strukturalnih promjena vidi se iz tabele 3.

Višestruke strukturalne promjene na prvo mjesto ovaj put stavljaju mišićni volumen, što je izvrsna karakteristika transformacijskog postupka, naravno, ako su te promjene zaista u kvaliteti tog dijela efekorskog sklopa, što bi se moglo zaključiti iz pozicije varijable MBLD. Drugi faktor je jasno definirao masno tkivo, što znači da je u strukturi te dimenzije došlo do više nego značajnih promjena. Treći faktor je opet definicija horizontalnih osovina organizma s reperkusijama na motoričko izražavanje.

Četvrti faktor se ponaša poput nekakvog generalnog motoričkog mehanizma, što bi značilo da je došlo do bitnih općih motoričkih

**Tabela 3.**

Promax faktori strukturalnih promjena između trećeg i prvog mjerenja: PRX1,...7 (salienti za  $p=0.05$  su posebno označeni) i lokalne mjere promjena : h2

	PRX1	PRX2	PRX3	PRX4	PRX5	PRX6	PRX7	h2
AVIT	0.08	0.01	0.03	-0.01	0.14	-0.02	0.02	0.03
ADUN	0.11	-0.04	-0.01	-0.04	0.09	-0.02	0.07	0.03
ADUR	0.08	-0.08	0.14	-0.01	0.09	0.03	-0.01	0.04
ADRZ	0.05	0.03	-0.02	0.05	0.19	-0.03	0.02	0.05
ADIK	0.08	0.14	-0.03	-0.01	0.05	0.17	0.01	0.06
ASIR	-0.07	-0.02	0.16	0.07	-0.09	0.38	-0.02	0.19
ASIK	0.01	-0.03	-0.17	-0.22	0.05	0.01	0.05	0.08
ATEZ	0.20	0.15	-0.03	-0.01	0.06	0.08	-0.01	0.08
AOPL	0.41	0.10	0.04	-0.05	0.06	0.05	0.11	0.20
AOPK	0.24	0.05	0.00	0.04	0.02	-0.06	-0.06	0.07
AOGK	0.29	0.08	-0.04	0.02	0.04	0.02	0.09	0.11
AKNN	0.08	0.34	0.04	0.00	0.03	0.10	-0.02	0.13
AKNL	0.00	0.31	0.07	-0.01	0.05	0.06	0.01	0.11
AKNT	0.05	0.31	0.21	-0.01	0.02	0.05	0.02	0.15
MKUS	0.00	0.06	0.37	-0.04	-0.07	0.12	-0.05	0.16
MPOL	-0.07	-0.06	0.08	-0.26	0.02	-0.10	-0.02	0.09
MP2O	-0.05	-0.31	0.09	-0.14	0.02	0.02	0.04	0.13
MPRR	0.29	-0.08	0.14	0.03	-0.01	-0.09	0.38	0.26
MTAP	0.09	-0.02	-0.32	0.06	-0.17	0.08	-0.09	0.16
MTAN	0.12	0.02	-0.06	0.13	-0.27	-0.06	0.24	0.16
MSDM	-0.06	-0.05	-0.07	0.47	0.05	0.00	0.06	0.24
MBLD	0.48	-0.15	-0.09	-0.05	0.05	-0.01	-0.06	0.27
M20V	-0.09	0.32	-0.06	-0.19	-0.05	-0.21	-0.08	0.21
MDTS	0.08	0.05	-0.21	0.11	0.06	-0.10	0.15	0.10
MVIS	-0.02	-0.01	-0.10	0.20	0.14	0.05	0.29	0.16
MT3M	-0.01	-0.07	-0.27	-0.20	-0.05	0.11	0.41	0.30
	PRX1	PRX2	PRX3	PRX4	PRX5	PRX6	PRX7	
PRX1	1.00	-0.15	-0.23	0.38	-0.21	0.08	0.38	
PRX2		1.00	0.26	-0.29	0.05	-0.50	-0.42	
PRX3			1.00	-0.10	0.11	-0.19	-0.36	
PRX4				1.00	-0.14	-0.01	0.12	
PRX5					1.00	0.19	-0.26	
PRX6						1.00	0.24	
PRX7							1.00	

restrukturiranja. Peti faktor opisuje promjene u longitudinalnosti, te s tim u vezi i otežanu (ili barem produženu) sinaptičku transmisiju. Šesti faktor je sigurno segmentirana transverzalnost, a sedmi energetska regulacija gibanja u užem smislu.

Lokalne promjene pokazuju da je do strukturalnih promjena došlo duž cijelog seta promatranih obilježja, s tim da je vjerojatno longitudinalni morfološki sklop uglavnom ostao strukturalno intaktan. Naročito su vidljive promjene u svim parametrima koji opisuju motoričke funkcije, ali za razliku od prethodno opisanih slučajeva, ovdje se radi o simultanim promjenama virtualno sličnog intenziteta i istog reda veličine, što znači da je tretman izazvao adaptacije cijelog spektra motoričkih funkcija, što je naprosto izvanredna situacija, sve pod pretpostavkom da se tako nešto i željelo učiniti. Možda je ova situacija uvjetovana i kretnom insuficijencijom curica u prethodnim razdobljima razvoja, ali je u svakom slučaju kapitalna spoznaja da je efekte moguće izvršiti u najvećoj širini i simultano preko svih pokazatelja.

Korelacije strukturalnih faktora gotovo sve su statistički značajne, što znači ne samo da je do strukturalnih promjena došlo već i da one nisu međusobno nezavisne, nego su uvjetovane nekim zajedničkim generatorom strukturiranja, a prema svemu sudeći, osim samog rasta i razvoja, to je nedvojbeno bio primijenjeni transformacijski proces.

## Zaključak

Napisan je i testiran algoritam za jednostavnu analizu strukturalnih promjena, s ciljem da pokrije tri segmenta tih transformacija: 1) globalni, 2) latentnih dimenzija i 3) lokalni po pojedinim varijablama. Ponašanje algoritma je ispitano na uzorcima učenika i učenica mjenjenih u tri konzekutivne točke, između kojih su primjenjivani opći transformacijski procesi provedeni s ciljem potpore rastu i razvoju.

Strukturalne promjene su identificirane na sve tri razine i mogle su se dosta jednostavno objasniti, što je potvrdilo snagu algoritma u svrhu operacionalne primjene. Ipak, kao i u svim drugim situacijama, konačnu riječ o tome koliko je algoritam zanimljiv i prihvatljiv dat će život i sportska praksa sukladno skupu problema koji se u aplikativnim uvjetima njime eventualno budu uspješno rješavali.

## Literatura

1. Bonacin, D., Carev, Z. (2002). Process identification. Kinesiology – new perspectives, III international scientific conference, Opatija, Proceedings: 632-635.
2. Burton, A.W., Miller, D.E. (1998). Movement-skill assessment. Human kinetics. Champaign, IL.
3. Cooley, W.W., Lohnes, P.R. (1971). Multivariate data analysis. John Wiley and sons, Inc, New York.
4. Fulgosi, A. (1979). Faktorska analiza. Školska knjiga, Zagreb.
5. Harman, H.H. (1970). Modern Factor Analysis. The University of Chicago.
6. Ivković, Z. A. (1980). Matematička statistika. Naučna knjiga, Beograd.
7. Johnson, A.R., Wichern, W.D. (1992). Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
8. Kurepa, S. (1978). Uvod u linearnu algebru. Školska knjiga, Zagreb.
9. Momirović, K, Prot. F., Dugić, D., Knezović, Z., Bosnar, K., Erjavec, N., Gredelj, M., Kern, J., Dobrić, V., Radaković, J. (1987). Metode, algoritmi i programi za analizu kvantitativnih i kvalitativnih promjena. Institut za kineziologiju FFK Sveučilišta u Zagrebu.
10. Mulaik, S.A. (1972). The foundations of factor analysis. McGraw-Hill, New York.
11. Pauše, Ž. (1978). Vjerojatnost, informacija, stohastički procesi. Školska knjiga, Zagreb.
12. Rađo, I., Wolf, B. (2002). Kvantitativne metode u sportu. Sarajevo.
13. Rađo, I., Wolf, B., Hadžikadunić, M. (1999). Kompjuter u sportu. Fakultet za fizičku kulturu Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo.