

# STVARANJE KONCEPATA PRIMJENOM MODELA S LATENTNIM VARIJABLAMA MOTORIČKIH SPOSOBNOSTI

Petr Blahuš

Odjel kinantropologije, Sveučilište Charles, Prag, Republika Češka

Izvorni znanstveni članak

UDK: 004.1:796.012

Primljeno: 10.07.1996.

Prihvaćeno: 15.12.1996.

## Sažetak

Znanstveni teorijski koncepti, apstraktni atributi, koji se ponekad nazivaju "konstruktima", u području kineziologije to su tipično takvi koncepti poput motoričkih sposobnosti (primjerice, izdržljivost, ravnoteža, koordinacija), vrlo često se modeliraju u okviru statističkih modela s latentnim varijablama (primjerice, faktorska analiza, analiza latentne strukture). Cilj je ovoga članka objasniti kako se s gledišta znanstvene metodologije taj proces može prepoznati kao slučaj tzv. "slabog asocijativnog mjerenja" (Blahuš, 1991). Matematičke formule modela s latentnim varijablama tada se prepoznaju kao formalizirana pravila korespondencije između empirijskih i teorijskih atributa, koja se pravila sastoje od dva temeljna izraza: (i) jednadžbe modela i njegovih aksioma, što se može nazvati "modelom mjerenja", i (ii) aksioma lokalne strukture neovisnosti koji zahtijeva sveukupnost objašnjenja što ga daje model. S točke gledišta znanstvenog naturalizma i filozofije znanosti, oblikovanje konceptata motoričke sposobnosti (npr. motorička koordinacija) primjenom modela s latentnim varijablama u okviru njihovih empirijskih pokazatelja (npr. motorički testovi) može se uspoređivati s paralelnim procesima u klasičnoj fizici, kao prototipu dobro razvijene znanstvene grane.

**Ključne riječi:** teorijski koncepti, konstrukti, teorija mjerenja, latentne varijable, statističko modeliranje, strukturne jednadžbe, filozofija znanosti, motoričke sposobnosti, motorički testovi

## Abstract

### CONCEPT FORMATION VIA LATENT VARIABLES MODELING OF MOTOR ABILITIES

Scientific theoretical concepts, the abstract attributes sometimes called "constructs", in the area of kinesiology typically such concepts as motor abilities (e.g. endurance, coordination, balance, ...) are very often modelled in terms of statistical models with latent variables (e.g. factor analysis, latent structure analysis, ...). The aim of the paper is to explain that from the point of view of the methodology of science this process can be recognized as a case of the so-called "weak associative measurement". The mathematical formulae of the latent variable models are then recognized as the formalized rules of correspondence between the empirical and theoretical attributes, consisting of two basic expressions: (i) a model equation and its axioms which can also be called a "measurement model", (ii) the local independence structure axiom needed for the completeness of the explanation which the model yields. From the point of view of scientific naturalism in the philosophy of science, the formation of the motor ability concepts (as motor coordination etc.) through their latent variables modeling in terms of their empirical indicators (such as motor tests) can then be compared to the parallel process in classical physics as a prototype of a well developed branch of science.

**Keywords:** theoretical concepts, constructs, measurement theory, latent variables, statistical modeling, structural equations, philosophy of science, motor abilities, motor tests

## Uvod

Stvaranje konceptata u kineziologiji, posebice u istraživanju motoričkih sposobnosti, kao i u većini biheviorističkih znanosti, jedan je od temeljnih metodoloških problema. Mišljenja smo kako izgradnja teorija u našoj znanosti nije, načelno, "gora" nego u ostalim znanostima i, posebice, da je upravo primjena statističkih modela s latentnim varijablama dominantna korisna metodologija u identifikaciji problema konceptata (Hagtvet, 1994). Namjeravamo prosuditi koliki je doprinos modela rješavanju takozvanoga problema korespondencije između empirijskih atributa i teorijskih konceptata te problema mjerenja konceptata. Kako bismo

raspravu održali blizu razini primjene, koristit ćemo neke pojednostavljene primjere, pretežito iz područja motoričkoga ponašanja.

## Teorijski i empirijski atributi - koncepti i pokazatelji: motoričke sposobnosti i testovi

Jedan od ciljeva znanstvenog istraživanja u biheviorističkim znanostima stvaranje je teorija koje objašnjavaju prirodne pojave. To je mišljenje općenito prihvaćeno u općoj filozofiji znanosti (Hempel, 1966; Hempel i Oppenheim,

1948) kao i u njezinoj primjeni u psihologiji i sportskoj psihologiji (Feigl, 1951; Carnap, 1956; Rosenthal i Rosnow, 1984; Gauvin i Russel, 1993), gdje se ističe kako je bitno da empirijska mjerenja koncepata budu "vođena teorijom" (Schultz i Gessaroli 1993.). Objasnidbena teorija sastoji se od mreže više ili manje teorijskih termina koji se mogu posložiti u nekoliko slojeva iznad zamjedbene ili empirijske razine i koji sežu sve do čisto teorijske ili hipotetske razine.

Motoričke sposobnosti značajka su općih obilježja motoričkoga ponašanja i služe za teorijsko objašnjenje motoričke uspješnosti glede apstraktnih i generičkih atributa ljudske motoričke aktivnosti, poput "koordinacije", "ravnoteže", "izdržljivosti" itd. Predstavljaju temeljne sastavnice znanstvenih teorija u ovom području i neophodne su za ispunjavanje temeljnih funkcija znanstvene teorije - znanstveno objašnjenje i predviđanje empirijski primijećenih pojava, u ovom slučaju, primjerice, uspješnosti na testu koordinacije. Ove teorijske sastavnice često se nazivaju "konstruktima". Mi ćemo ih radije zvati teorijskim konceptima, prihvaćajući McDonalovu (1985, str. 220) tvrdnju da je "konstrukt pozitivistička oznaka" što naglašava ekstremni pogled konstruktivizma, prema kojemu se osnovni pojmovi neke teorije slobodno otkrivaju ili arbitrarno "konstruiraju" te da nisu stvoreni kao znanstveni koncepti o svijetu.

Prevladana je stara ideja stroge dihotomije između teorijskih i empirijskih atributa (Carnap, 1936.), primijenjena na bihevioristička i društvena istraživanja, primjerice od strane Lazarsfelda i Henryja (1968, str. 2), koja je pokušala reducirati prve na račun drugih. Kasnije i sam Carnap (1956) razabire nekoliko razina razmjesta teorijskih ili hipotetskih termina i eksplicitno prihvaća da atributi poput sposobnosti mogu biti bilo koji od tih. Torgerson (1958, str. 6) razlikuje dvije razine: koncepte koji su izravno operativno definirani opažanjima i one koji su neizravno povezani s opažanjima. Između ostalih, i Pawlik (1973) govori o empirijskim "konstruktima" nasuprot teorijskim. Svejedno, i dalje je prikladno razlikovati teorijske i empirijske attribute, pod pretpostavkom da se ta podjela može primijeniti barem kao metodološko pojednostavljenje za klasifikaciju atributa.

Identifikacija teorijskih koncepata, koja se naziva i "problemom stvaranja koncepata" (Hempel, 1966), jedan je od klasičnih problema u filozofiji znanosti. Problem možemo prikazati sljedećim primjerom (pitanjem):

Kako se teorijski koncept "sposobnosti motoričke koordinacije" može predstaviti nizom "testova koordinacije" ako testovi imaju različite

empirijske motoričke sadržaje, ako se izračunavaju različitim eksperimentalnim postupcima, a rezultati im se izražavaju u različitim fizikalnim veličinama i mjernim jedinicama?

To je primjer gore spomenutoga "problema korespondencije". Riječ je o međuodnosu empirijske i teorijske razine znanstvenih spoznaja. Njegovo rješenje, općenito govoreći, leži u primjeni dobro poznate koncepcije takozvanih **pravila korespondencije** između dviju razina. Prema tome, ta bi pravila morala omogućiti proces indukcije u kojemu se općenitiji i više generički teorijski koncepti - motoričke sposobnosti - induktivno "konstruiraju" iz empirijskih atributa - motoričkih testova - koji služe kao njihovi djelomični i specifičniji empirijski pokazatelji. Dakle, pravila korespondencije, s jedne strane, poprimaju oblik definicija, induktivno sintetizirajući koncept u okviru svojih pokazatelja. S druge strane, koncept pruža svoja deduktivna tumačenja u obliku različitih opaženih manifestacija motoričkoga ponašanja.

## Atributi - varijable istraživanja - slučajne varijable

Do sada smo govorili samo o jednom aspektu klasifikacije atributa koji su predmetom zanimanja u znanstvenom istraživanju motoričkoga ponašanja, to jest, o klasifikaciji na razini teorijskoj nasuprot empirijskoj. Druga bitna klasifikacija bavi se **semantičkom razinom nasuprot sintaktičkoj**, to jest dihotomijom modeliranog atributa i formalnoga prikaza njegovog modeliranja. Sintaktička razina, barem prema Lordu i Novicku (1968, str. 17), često nastaje procesom mjerenja atributa. Ovdje mislimo na mjerenje u širem smislu, tj. kao korištenje rang-skale, ali i nominalne skale (prema klasičnim terminima Stevensa, 1946), pa čak i korištenje samo brojeva - "pobrojavanje" prema Berki, 1982. (terminologija uvedena u biheviorističke znanosti; Blahuš, 1993). Ako je dobro odabrano, i samo "pobrojavanje" može biti početkom statističkog modeliranja. Uvjetno, temeljna pretpostavka svake primjene statističkog modela jest da: **se podaci identificiraju s vrijednostima slučajne varijable.**

To sve, razumije se, u odnosu na razinu empirijskih atributa.

Empirijski atribut promatran pod znanstveno prihvatljivim okolnostima, poput standardiziranih uvjeta za primjenu motoričkih testova, postaje empirijskom "varijablom istraživanja" ako može klasificirati subjekte, npr. ispitanike, u barem dvije kategorije koje su temeljite i međusobno odvojene (koristeći

terminologiju postavljene teorije). Samo oni empirijski atributi koji imaju status varijabli istraživanja mogu se prepoznati kao empirijski pokazatelji teorijskih koncepata.

Empirijski atributi koji se obično koriste za podjelu subjekata u različita "stanja" ili "alternative", ispunjavaju uvjete postavljene teorije u većini praktičkih situacija. Međutim, oni se od varijabli istraživanja bitno razlikuju glede svog znanstvenoga statusa. Stoga ćemo termin "kategorija" koristiti samo za varijable istraživanja. (Namjerno ne koristimo termin "razina", koji se obično koristi za faktore u eksperimentalnim konstrukcijama zbog implicitne pretpostavke o stupnjevanim razinama, tj. na rang-skali.) Kategorije opažene kod subjekata u istraživanju kodirane su tako da se podaci iz istraživanja ne moraju "pobrojati", već se mogu izraziti slovima ili slično.

Tablica 1: Temeljna pretpostavka statističkog modeliranja: podaci se identificiraju s vrijednostima slučajnih varijabli

atribut:	"stanja", "alternative"
varijabla istraživanja:	kategorije - podaci
slučajna varijabla:	vrijednosti

S te točke gledišta predstavljanje preko mjerenja može se razumjeti kao elementarna razina "modeliranja" stanja atributa vrijednostima slučajne varijable - međutim, slučajne varijable koja ne mora biti kvantitativna. Tu općenitu koncepciju nazivamo **slučajna varijabla koja "nije nužno kvantitativna"** (Blahuš, 1986, 1993).<sup>1</sup>

Ovaj elementarni stupanj u primjeni modela kritičan je za daljnje korake statističkog modeliranja u uobičajenom smislu.

### Mjerenje - manifestne i latentne varijable

U slučaju statističkih modela s latentnim varijablama sintaktički pandani s empirijskim atributima ili pokazateljima jesu **manifestne slučajne varijable**. Dakle, vrijednosti manifestne slučajne varijable jesu "**operativni prikazi**" promatranih kategorija varijable istraživanja, tj. empirijskog atributa. Dakle, do sintaktičke razine za empirijske attribute dolazi se izravnim mjerenjima.

S druge strane, teorijski koncepti ne mogu se izravno mjeriti, već se do njih dolazi

neizravno, to jest statistički se modeliraju u okviru **latentnih slučajnih varijabli**.

Njihove latentne vrijednosti jesu prikazi koje generira model, tj. "**prikazi modela**" kategorija koncepta teorijskog atributa.

Nadalje ćemo razmotriti međuodnos između neformaliziranih teorijskih atributa - koncepata, s jedne strane, i formaliziranih manifestnih varijabli koje su prikazane kroz podatke. Za kategorije teorijskoga koncepta, koje se ne mogu promatrati, može se smatrati da su prikazane opaženim vrijednostima manifestnih slučajnih varijabli uz pomoć **neizravnog i asocijativnog mjerenja**.

Srž takozvanoga "**problema mjerenja**" jest kako to izvesti u praksi.

Gore spomenuti "problem korespondencije" sada se transformira u svoj formalizirani oblik. Pravila korespondencije se u okviru modela latentnih varijabli prikazuju tako:

- (i) da su semantičke definicije izražene kao sintaktičke definicije, tj. matematički aksiomi latentnoga promatranog modela i
- (ii) da su semantičke interpretacije izražene kao sintaktičke derivacije, tj. matematičke derivacije koje dovode u odnos manifestne varijable s latentnima.

U slučaju asocijativnog mjerenja u klasičnoj fizici poznat je zakon koji povezuje mjerenu veličinu sa ciljnom željenom veličinom. Taj zakon povezivanja obično se izražava u obliku determinističke matematičke funkcije. Na primjer, temperatura se mjeri pomoću veličine pokazatelja "visine stupca žive".

U biheviorističkim znanostima, međutim, te su veze više hipotetske i stoga snažnije ovise o izboru modelirajuće funkcije. Modelirajuća funkcija tipično nije deterministička. To je često **regresijska funkcija koja se naziva "model mjerenja"**.

Valja usporediti terminologiju modeliranja strukturalnih jednadžbi LISREL (Jöreskog i Sörbom, 1988.) i drugih modela. Prema tome, ako pretpostavimo da su aksiomi modela latentnih varijabli ispravni, asocijativno mjerenje teorijskih koncepata pomoću manifestnih slučajnih varijabli može se izvršiti statističkim modeliranjem latentnih varijabli.

U biheviorističkim znanostima teorijske se alternative teorijskih atributa rijetko idealiziraju kao potpuno nominalne i nesređene kategorije sasvim kvalitativnoga koncepta, poput boje kose ili očeva zanimanja. To je posebice rijetko u

<sup>1</sup> Definicija toga pojma znači proširenje i specifikaciju pojmova koje su dali Steyer (1992, str. 68), Bauer (1978) i Chuaqi (1991).

teoriji motoričkih sposobnosti. U hipotezama o motoričkim sposobnostima obično se pretpostavlja kako postoji neka skala, te su ideje o višim i nižim razinama sposobnosti, preporuke o povećanju razine motoričke koordinacije itd. a priori ugrađene. Jedna od iznimaka jesu sasvim kvalitativne tipološke teorije koje se mogu modelirati prema modelu latentnih razreda (Lazarsfeld i Henry, 1968). U takvim kvalitativnim slučajevima različite hipotetske kategorije (tipovi) prikazuju se različitim latentnim razredima, npr. "vrijednostima" latentnih varijabli koje nisu nužno kvantitativne.

Štoviše, hipoteze o teorijskim konceptima u teoriji motoričkih sposobnosti u većini slučajeva uključuju ne samo postojanje nekog reda, nego i sasvim kvantitativni karakter. To je razlog zbog čega se nazivaju "dimenzije", "komponente" ili "kontinua".

U tom slučaju njihove se latentne varijable smatraju različitim veličinama s nepoznatom latentnom metričkom skalom. Međutim, ta latentna skala ne može se utvrditi bez nekih dodatnih informacija, jer bi se inače varijable mjerile samo na rang-skali.

Kod mnogih tipova modela s latentnim varijablama latentna metrika dovoljno je određena modelom mjerenja i vrstom statističke standardizacije. Na primjer, često se koristi kombinacija linearne regresije uz koncept z-vrijednosti, kao u faktorskoj analizi. Međutim, referentna nulta točka latentne razine, primjerice, sposobnosti koordinacije i njezina latentna mjerna jedinica, ne može se nedvojbeno odrediti. Prema tome, ne možemo ukloniti širok raspon prihvatljivih transformacija takve latentne skale kao što je slučaj kod modeliranja razina motoričke sposobnosti. To je razlog što je Cyba (1981) primijenio Hegelovu klasifikaciju (kasnije prihvaćenu od strane fizičara Campbella, 1920, 1957) i utvrdio latentne varijable kao slučaj "intenzivnih veličina".

S druge strane, kada prihvatimo Hegel-Campbellovu terminologiju, manifestne varijable često su prave ekstenzivne veličine koje su mjerljive na skali s intervalima, tj. ispunjavaju uvjet jednakih jedinica i aditivnosti, dobro poznat u teoriji mjerenja. To je slučaj kada se pokazatelj mjeri kao fizikalna veličina i njegove vrijednosti izražavaju se kao vrijednosti u fizikalnim mjernim jedinicama. Primjeri su izražavanje rezultata motoričkih testova u centimetrima, kao kod skoka udalj ili motoričkih koordinacijskih zadataka, gdje se vrijeme mjeri u sekundama.

## Nemogućnost promatranja latentnih varijabli

Razliku između mogućnosti promatranja manifestnih slučajnih varijabli i nemogućnosti promatranja latentnih slučajnih varijabli ponekad prihvaćamo na posve nesvjesnoj razini. Naravno, intuitivno osjećamo da se rezultati motoričkoga testa kod skoka udalj mogu izravno promatrati i mjeriti, a razina sposobnosti motoričke koordinacije ne može. Međutim, matematički gledano, to gledište nije prihvatljivo. Zato prihvaćamo pristup McDonalda (1974), o kojemu je kasnije raspravljao i Blahuš (1981, 1985). Taj se pristup, ukratko, temelji na pristupačnosti pravila odabira kod biranja ispitanika s istom fiksnom vrijednošću varijable prema pravilu slučajnosti. Ključan je uvjet slučajnosti.

U većini slučajeva, ponavljanja istog motoričkoga testa (uzastopce kod istog ispitanika) moguća su u vrlo ograničenim slučajevima i nisu slučajna. Testovi kod kojih na rezultat utječe učenje ili zamaranje, kao što je slučaj kod testova koordinacije, nikada se ne mogu ponavljati. Štoviše, sama ideja ponavljanja nelogična je, a ponavljanje je nemoguće.

Dakle, da bismo aproksimirali vrijednost latentne varijable koja se ne može promatrati, koristimo tzv. "homogenu" skupinu **različitih (!) pokazatelja istoga (!) koncepta** koji im je zajednički. To je najčešće niz homogenih motoričkih testova koji bi trebali mjeriti istu promatranu motoričku sposobnost. Tada, međutim, rezultati svakoga pokazatelja, pored željene slučajne pogreške ili nepouzdana komponente, sadrže i neželjenu ne-slučajnu komponentu, koja je specifična za svaki pojedini pokazatelj. Različiti testovi iste sposobnosti imaju različite specifične komponente, na primjer, test izdržljivosti na biciklometru ima svoje posebnosti u usporedbi s analognim testom koji se izvodi na modificiranom stroju konstruiranom za plivače, kod kojega se, umjesto nogu, koriste ruke.

Tada zbroj **slučajne (!) pogreške i ne-slučajne (!) specifičnosti** donosi takozvanu jedinstvenost (terminologijom modela faktorske analize). Zbog neodvojive smjese slučajne pogreške sa specifičnošću pokazatelja, nemoguće je stvoriti uzorak ispitanika s istom vrijednošću varijable koja predstavlja zajednički generički koncept, koja je, dakle, prema definiciji latentna.

To je u suglasju s takozvanim problemom uopćavanja u teoriji testova. U teoriji je poželjno pokazatelje birati iz beskonačnoga skupa indikatora u danoj domeni ponašanja koje se proučava, kako bi se stvorio

reprezentativan uzorak pokazatelja. Na primjer, kada bismo mogli stvoriti beskonačan popis svih mogućih i zamislivih motoričkih testova sposobnosti koordinacije, tada bismo mogli stvoriti slučajni reprezentativni uzorak testova koristeći statističku metodu slučajnih uzoraka. Međutim, ako nismo u mogućnosti birati slučajan uzorak pokazatelja od beskonačnoga skupa tih pokazatelja, onda je teško utvrditi u kojoj mjeri izabrani skup pokazatelja daje pristranu procjenu latentnih vrijednosti koje bi bile točne za skup svih pokazatelja. S gledišta teorije uopćavanja postoje dvije vrste latentnih vrijednosti: one izračunate preko modela s latentnim varijablama iz konačnog uzorka pokazatelja (npr. niz testova) i one prave koje teorijski vrijede za čitav skup pokazatelja. Ako bismo mogli izabrati slučajan uzorak pokazatelja, njihove specifične komponente bi slučajno varirale i pridonosile samo komponenti slučajne pogreške. Tada bi se latentne varijable mogle promatrati.

### Matematičke formule latentnog modela kao pravila korespondencije

S gledišta stvaranja koncepata i izgradnje teorija, statistički modeli s latentnim varijablama pružaju instrumente za rješavanje problema mjerenja i korespondencije prikazima semantičke razine u okviru sintaktičke razine ili razine modela, kao što se vidi na slici 1. Dakle, matematičke formule proučavanog latentnog modela mogu se najbolje tumačiti kao formalizirana pravila korespondencije, a matematički izrazi povezani s modelom mogu se promatrati kao sintaktičke definicije ili sintaktičke derivacije.

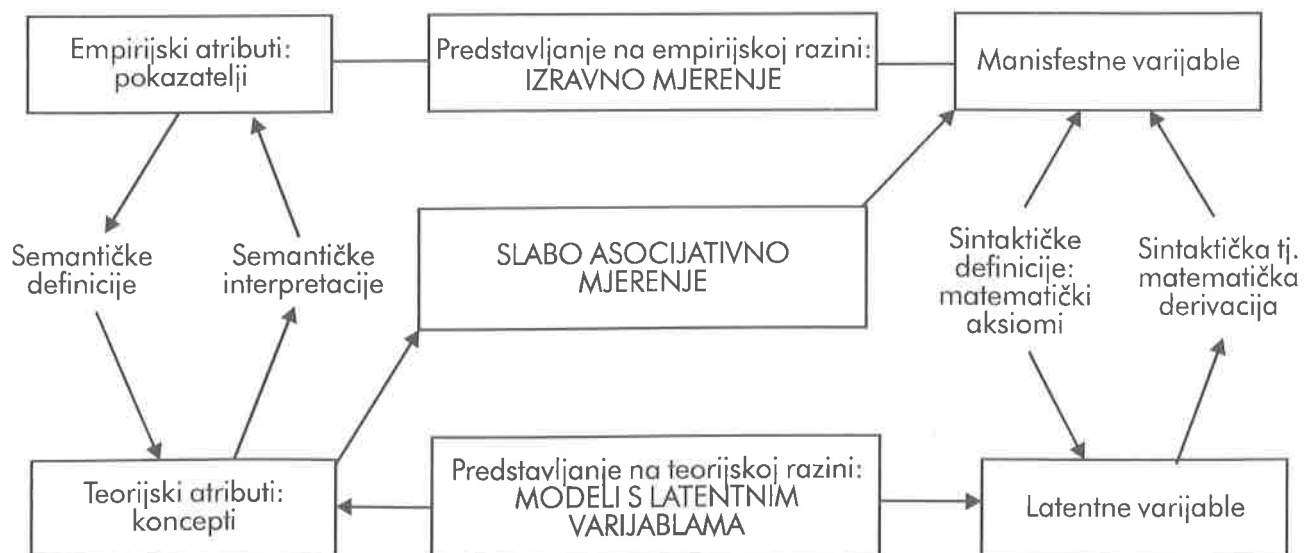
Dvije su vrste osnovnih matematičkih izraza i nekoliko dodatnih matematičkih uvjeta koji u ulozi formaliziranih pravila korespondencije omogućavaju upotrebu modela s latentnim varijablama. Dva osnovna u ovom kontekstu opisao je Blahuš (1991). Tijekom pripreme ovog rada uočili smo da ih je ranije istakao McDonald (1979) kao "dva glavna načela" svoga pokušaja da oblikuje opću teoriju strukturne analize multivarijantnih podataka. On ih je nazvao načelom regresije i načelom uvjetne strukture - ali bez metodološkoga konteksta stvaranja znanstvenih koncepata, čime se ovdje bavimo. Ta podudarnost može biti posljedica procesa međusobnog utjecaja statističke teorije i metodologije empirijskih znanosti, kao što ističe Clogg (1992).

Prvo ćemo raspravljati o dvije osnovne vrste matematičkih izraza.

- (i) Stvaranje koncepata "funkcijom slabog asocijativnog mjerenja": matematički aksiomi modela latentnih varijabli

Ta je funkcija predstavljena temeljnim aksiomom, tj. jednadžbom modela, tipično regresijskom funkcijom. Potrebno ju je izabrati na temelju teorijskoga i konceptualnog znanja iz područja koje se proučava. Kao što je ranije navedeno, ova jednadžba izražava oblik "modela mjerenja" izabran kao znanstveno prihvatljiv za modeliranje hipotetske asocijativne mjerne funkcije za dani istraživački problem. Na primjer, u linearnom modelu sa zajedničkim faktorima kod određivanja uspješnosti u nekim motoričkim zadacima, manifestne varijable (rezultati motoričkih testova) izražene su kao (linearne) kombinacije (ili "mješavine") nužnih motoričkih sposobnosti

Slika 1: Primjena modela s latentnim varijablama kod teorijskoga koncepta kao slučaj mjerenja



koje su predstavljene odgovarajućim zajedničkim faktorima kao latentne varijable.

Temeljna jednadžba modela daje aproksimaciju empirijskih podataka iz latentnih varijabli. Ona tako služi kao sklop formaliziranih pravila korespondencije usmjerenih od latentnih prema manifestnim varijablama. Na primjer, da su rezultati latentnoga faktora pojedinca bili poznati, mogli bi se predvidjeti njegovi/njezini rezultati na testu. S druge strane, neopažene vrijednosti latentnih varijabli mogu se izračunati samo s priličnom nesigurnošću, kao u slučaju regresijskog izračunavanja rezultata latentnih faktora iz poznatih rezultata manifestnih testova (ta neizbježna neodređenost latentnih vrijednosti, međutim, nije argument protiv uporabe modela latentnih varijabli) (Mulaik i McDonald, 1978).

Svaka temeljna jednadžba modela je, kao osnovni aksiom, nužno pojačana skupom daljnjih aksioma koji određuju model što omogućava razlikovanje konceptualno različitih modela koji inače mogu imati isti oblik jednadžbi. Na primjer, postoje najmanje tri temeljna aksioma koji definiraju model linearne zajedničke faktorske analize: jedinstveni ili rezidualni dijelovi manifestnih varijabli nisu u odnosu s manifestnim varijablama kao ni s latentnim zajedničkim dijelovima, a broj latentnih zajedničkih faktora manji je od broja manifestnih varijabli. Te dodatne postavke dijele taj model od modela glavnih komponenata i/ili analize teorije izgleda (McDonald, 1975), koji inače imaju jednak oblik osnovne jednadžbe.

- (ii) Zahtjev ukupnosti objašnjenja koje daje koncept: matematički aksiom uvjetne neovisnosti

Najjednostavnije, ovo može biti izraženo kao jedan aksiom lokalne ili uvjetne neovisnosti (Anderson i Rubin, 1956; McDonald, 1962) koji tvrdi da su za određen skup vrijednosti latentnih varijabli manifestne varijable statistički neovisne - ili u slabijoj verziji aksioma - da nisu u međuodnosu. To se može protumačiti na sljedeći način:

Ako su vrijednosti latentnih varijabli - koje predstavljaju koncepte - utvrđene, manifestne varijable su neovisne. Drugim riječima, teorijski koncepti su jedine odrednice ponašanja čije se predviđanje ne može poboljšati (bez "vanjskih" informacija) kada je poznata latentna karakterizacija pojedinaca u okviru tih koncepata. Ili, da pojasnimo primjerom iz teorije motoričkih sposobnosti: za uspješnost pojedinca može se reći kako varira samo zbog slučajnih utjecaja kada se jednom utvrdi razina njegovih/njezinih sposobnosti.

Taj aksiom izvorno je oblikovan kao čisto statistička pretpostavka, ali čini se da je implicitno već dugo prisutan u strukturalističkim teorijama. Galton je u svojem pristupu regresiji pretpostavio da kada bi se utvrdila nasljedna osnova ljudskih atributa, do varijacija bi dolazilo samo zbog nasumičnog utjecaja okoliša. Isti se aksiom može naći i povezan s nekim bitnim općim metodološkim pitanjima u filozofiji znanosti (Blahuš, 1981). On predstavlja opću ideju znanstvenog objašnjenja temeljenoga na teorijskim konceptima, kao i zahtjev za sveukupnošću teorije ili njezinom bliskošću na postojećoj razini dokaza, uklanjajući eventualne suvišne hipotetske konstrukte ili špekulacije. Međutim, ta sveukupnost mora se podvrgnuti reviziji kada na vidjelo dođu empirijski dokazi. Kroz takav krug znanstvena se teorija izgrađuje i proširuje.

McDonald (1979) je uključio klasičan jednostavan slučaj aksioma u općenitije načelo uvjetne strukture koja dopušta da neki od uvjetnih odnosa budu samo djelimice objašnjeni. To je korisno u longitudinalnim ili drugim multimodalnim studijama (Campbell i Fiske, 1959; Fiske, 1982) strukture teorijskih koncepata.

Nakon prikaza dvaju osnovnih uvjeta ukratko ćemo raspraviti neka od ostalih matematičkih svojstava. Među njima su pretpostavke o mjernim skalama za manifestne varijable (intervalne, nominalne itd.). Na primjer, dihotomne manifestne varijable u nekim se modelima latentnih varijabli mogu tretirati kao intervali. S obzirom na to, neki modeli su prilično ograničeni, a neki se temelje na slabim i uopćenim pretpostavkama poput Muthenova (1987) LISCOMP-a. U nekim modelima zahtijevaju se statističke pretpostavke poput linearnosti i normalne distribucije. Nadalje, oblikovanje pojedinog modela bitno ovisi o mogućnosti utvrđivanja parametara. Ovdje je riječ o modelu u cjelini, ali se također može odnositi i na pojedine latentne varijable. Na primjer, kod linearnoga faktorskog modela preporuča se da svaki latentni faktor bude određen s tri ili više manifestnih varijabli itd.

## **Znanstveni naturalizam i mjerenje koncepata: razlikuje li se ispitivanje motoričke sposobnosti od fizikalnog mjerenja?**

Do sada smo pokušali objasniti ideju kako se stvaranje koncepata u biheviorističkim znanostima, posebice u području kineziologije i

ispitivanja motoričkih sposobnosti, može promatrati kao slabiji slučaj mjerenja povezanosti koje se izvodi primjenom statističkih modela s latentnim varijablama. Sada ćemo pokušati usporediti taj postupak s analognim u klasičnoj fizici, koju uzimamo kao primjer dobro utemeljene znanosti, što se često navodi kao ideal društvenih i biheviorističkih znanosti (Berka, 1982). Namjeravamo preispitati uobičajeni pristup koji naglašava razlike između "mjerenja u fizici" i "mjerenja u biheviorističkoj znanosti". Nasuprot takvom gledištu, pokušat ćemo ukazati na znatne sličnosti. Također, pokazat ćemo kako se i u fizici može naići na ozbiljne probleme pri mjerenju. To gledište ide u prilog mišljenju takozvanog metodološkog naturalizma o temeljnom jedinstvu znanstvenih metoda u tim, na prvi pogled, bitno različitim granama.

Schwager (1991) iznosi novije poglede na stvaranje koncepata i mjerenje u suvremenoj filozofiji znanosti:

"Termin žnaturalističkiž koristimo u metodološki monističkom smislu, pretpostavljajući kontinuitet prirodnih i društvenih znanosti."

Na istom mjestu citira mišljenje engleskoga filozofa znanosti Bhaskara kako se znanstveni naturalizam "može definirati kao teza o postojanju bitne jedinstvene metode u prirodnim i društvenim znanostima". Moramo ga razlikovati od redukcionizma, koji tvrdi kako postoji i jedinstvo tema, kao i od scijentizma, koji ne priznaje razlike u metodama prikladnima za proučavanje objekata u društvenim i/ili prirodnim znanostima. Iz toga kratkog opisa jasno je da naturalizam ne dijeli stavove pozitivizma.

Već smo spomenuli primjer mjerenja temperature kao slučaj mjerenja povezanosti u fizici. Umjesto žive možemo upotrijebiti drugu tekućinu, primjerice, alkohol, kao "empirijski pokazatelj" čije je širenje također vezano uz temperaturu. Također se i širenje neke čvrste tvari ili razlika u širenju dviju vrsta metala (u bimetalnom toplomjeru) može koristiti za pokazivanje temperature. Mjere li svi isti "koncept"? Štoviše, što ako se svi pokazatelji ne temelje na širenju, nego svaki na drugom načelu: kao kod toplomjera koji rade na principu ili električnog otpora, ili infracrvenog zračenja ili promjeni termosenzitivnih boja? Je li prosjek triju vrijednosti simultano izmjerenih živinim, bimetalnim i otpornim toplomjerima bolja procjena "prave temperature"? Što dokazuje da svi mjere jedan (!), isti zajednički atribut, a da nijedan ne uključuje neku specifičnu komponentu?

Tim putem dolazimo do Bridgmanova operacionalizma, koji je u fizici prevladan zahvaljujući koherentnosti i uzajamnoj potpori zakona u toj znanosti. Takva vrsta uzajamne povezanosti mnogo je slabija u biheviorističkim znanostima i u području ispitivanja motoričkih sposobnosti.

Sličan primjer možemo naći i u dvije različite definicije i načina mjerenja mase kao fizikalnoga "koncepta":

Jedan se "pokazatelj" osniva na "testu inercije", a drugi na "testu gravitacije". Njihova je korelacija zasigurno vrlo visoka, jer se podudaraju s točnošću do  $10^{-12}$ . Međutim, je li ostatak - netočnost - posljedica samo nasumične pogreške? Kako možemo dokazati da bilo koji od dva "testa" ne sadrži specifičnu komponentu iza granice točnosti, što bi značilo da testovi nisu jednaki?

Prema iznesenom gledištu, temperatura, kao i masa, mogle bi se smatrati latentnim varijablama koje se dobivaju primjenom modela latentnih varijabli.

Fizičari koriste linearni faktorski model implicitno u njegovom posebnom obliku poznatom kao model pravih vrijednosti za paralelne testove. Također, kako vjeruju da pojedini pokazatelji nemaju posebnosti, model latentnih varijabli dalje se specijalizira: model pravih vrijednosti za paralelne testove pretvara se u klasični Gaussov model. Dakle, zahvaljujući (pretpostavljenoj ili stvarnoj) odsutnosti bilo kakve specifičnosti kod pokazatelja, njihove vrijednosti se mogu smatrati kao nekoliko verzija jedne, iste (!) varijable, a asocijativna mjerenja pretvorena su u ponavljana mjerenja. U praksi to je hipotetski razlog zbog kojega vjerujemo da ćemo bolju procjenu prave temperature dobiti iz prosjeka vrijednosti dobivenih živinim, bimetalnim i otpornim toplomjerima.

Na taj način modeli latentnih varijabli mogu poslužiti za ilustraciju naturalističkoga gledišta o načelu jedinstva mjerenja u fizici i biheviorističkim znanostima. Postavlja se pitanje u kojim je aspektima, osim u nižem stupnju točnosti, ispitivanje razine sposobnosti koordinacije nizom motoričkih testova lošije od mjerenja temperature korištenjem nekoliko toplomjera?

Takozvano "mjerenje prema konvenciji", kako je Torgerson (1958) nazvao slučaj u kojemu se funkcija modela mjerenja arbitrarno određuje, i asocijativno mjerenje u fizici jesu, prema tome, dva posebna slučaja asocijativnog mjerenja u slabom smislu (Blahuš, 1991). Osnovna obilježja slabog asocijativnog mjerenja u biheviorističkoj znanosti jesu:

- (i) Povezujući odnos je statistički, obično izražen u obliku regresijske funkcije, a ne u obliku determinističke matematičke funkcije.
- (ii) Sadrži specifične komponente pojedinih pokazatelja koje ne mogu biti pročišćene i odvojene od komponente nepouzdanosti zbog slučajne pogreške.
- (iii) Povećan je utjecaj subjektivnih učinaka.

Prema tome, jedina razlika između asocijativnog mjerenja u klasičnoj fizici i slabog asocijativnog mjerenja pomoću primjene modela s latentnim varijablama u biheviorističkim znanostima, uključujući kineziologiju i posebice ispitivanje motoričke sposobnosti, nalazi se u stupnju točnosti korištenog modela.

### Zaključak

Primjena statističkih modela s latentnim varijablama vrijedno je metodološko sredstvo koje omogućava stvaranje koncepata u biheviorističkim znanostima, posebice u istraživanjima koja se bave utvrđivanjem

motoričkih sposobnosti i ispitivanjem uspješnosti. Modeli nam omogućavaju mjerenje teorijskih koncepata pomoću statističkih, obično regresijskih funkcija. Taj se postupak naziva "slabo asocijativno mjerenje" i klasično asocijativno mjerenje u prirodnim znanostima može se promatrati kao poseban slučaj gdje nestaju specifične komponente indikatorskih varijabli i model s latentnim varijablama prelazi u svoj najjednostavniji oblik Gaussovog modela mjerenja pogreške. Takav se pristup temelji na znanstvenom naturalizmu kao grani filozofije znanosti koja naglašava jedinstvo biheviorističkih i prirodnih znanosti.

Dakle, stvaranje koncepata pomoću primjene modela s latentnim varijablama ne čini se manje vrijednim od onoga u prirodnim znanostima. Također, metode utvrđivanja motoričkih sposobnosti i njihove strukture pomoću nizova motoričkih testova ocijenjenih preko modela s latentnim varijablama, primjerice faktorskom analizom, možemo istaknuti kao jednako dobro utemeljene koncepte kao što je slučaj u ostalim znanostima.

### Literatura

1. Anderson, T.W., Rubin, H. (1956). Statistical inference in factor analysis. In: *Proceedings of the third Berkeley symposium*, Berkeley: 111-150.
2. Bauer, H. (1978). *Wahrscheinlichkeitstheorie und Grundzüge der Masstheorie*. Berlin: de Gruyter (3 rd ed.)
3. Benson, J., Hagtvet, K.A. (1994). The interplay among design, data analysis and theory in the measurement of coping. In: N.S. Endler, and M. Zeidner (Eds.), *Handbook of coping: Theory, research, applications*. New York: Wiley.
4. Berka, K. (1982). *Measurement. Its concepts, theories, and problems*. Dordrecht: Reidl.
5. Blahuš, P. (1981). *Statistical models with latent variables*. Prague: Charles University Monographs.
6. Blahuš, P. (1985). *Faktorova analiza a její zobecnění*. (Factor analysis and its generalizations.) Praha: SNTL Publishers, Mathematical Seminar Monographs. (In Czech.) Published also in Russian (1989), *Faktornyi analiz s obobcheniami*, Moscow: Finansy i Statistika.
7. Blahuš, P. (1986) On the notion of random variable in social science applications of statistics from the view point of measurement theory. (In Czech.) *Ceskoslovenska Psychologie*, (30), 572-582.
8. Blahuš, P. et al. (1988). Systems theory approach to using statistics in social sciences. Prague, Czech Republic: Charles University Monographs.
9. Blahuš, P. (1991). Latent variable modeling of theoretical concepts in behavioral sciences as a case of measurement. *Acta Universitatis Carolinae, G.* (27) 2: 5-11.
10. Blahuš, P. (1993). Random variable - a view of representation measurement theory. In R. Steyer, K.F. Wender, and K.F. Widaman (Eds.), *Psychometric methodology, Proceedings of the 7th European Meeting of the Psychometric Society in Trier*. Stuttgart: Gustav Fischer: 33-38.
11. Carnap, R. (1936). Testability and meaning. *Philosophy of Science*, (3): 420-468.
12. Carnap, R. (1956). The methodological character of theoretical concepts. In: *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Vol. I. *The foundations of science and the concepts of psychology and psychoanalysis*. University of Minnesota Press, 38-76.
13. Campbell, N.R. (1920, 1957). *Foundation of Science*. New York: Dover. Originally published as *Physics: The elements*, 1920.



14. Campbell, D.T. i D.W. Fiske (1959). Convergent and discriminant validation by the multitrait multimethod matrix. *Psychological Bulletin*, (56): 81-105.
15. Chuaqi, R. (1991). *Truth, possibility and probability*. Amsterdam: NorthHolland, Mathematical Studies.
16. Clogg, C.C. (1992). The impact of sociological methodology on statistical methodology. *Statistical Science*, (7): 183-196.
17. Cyba, V.T. (1981). *Matematikostatističeskie osnovy sociologičeskikh sledovanii* (Mathematicostatistical foundations of sociological research.) Moscow: Finansy i Statistika. (In Russian.)
18. Feigl, H. (1951). Principles and problems of theory construction in psychology. In: W. Dennis (Ed.), *Current trends in psychological theory*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press:17-21
19. Fiske, D.W. (1982). Convergent-discriminant validation in measurements and research strategies. In: D. Brinberg & L. Kidder (Eds.), *New directions for methodology of social and behavioral science: Forms of validity in research*. (pp. 77-92). San Francisco: Jossey-Bass.
20. Gauvin, L., S.J. Russel (1993). Sports-specific and culturally adapted measures in sport and exercise research: Issues and strategies. In: R. N. Singer, M. Murphey, L. K. Tennant (Eds.), *Handbook of research on sport psychology* (Chap. 42). New York: Macmillan.
21. Hagtvet, K.A. (1994). *Using preconceptions in quantitative analysis of empirical data*. Research report (27 pp.), Psychometric Unit, University of Bergen.
22. Hempel, C.G. (1966). *Philosophy of natural science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, Inc.
23. Hempel, C.G., P. Oppenheim (1948). The logic of explanation. *Philosophy of Science* (15): 135-175.
24. Jöreskog, R.G., Sörbom, D. (1988). *LISREL 7: A guide to the program and application*. Chicago: SPSS, Inc.
25. Lazarsfeld, P.F., N.W. Henry (1968). *Latent structure analysis*. Boston: Houghton Mifflin.
26. Lord, F.M., Novick, M.R. (1968). *Statistical theories of mental test scores*. Reading, Mass.: AddisonWesley.
27. McDonald, R.P. (1962). A note on the derivation of the general latent class model. *Psychometrika*, (27):203-220.
28. McDonald, R.P. (1974). The measurement of factor indeterminacy. *Psychometrika* (39): 203-222.
29. McDonald, R.P. (1975). Descriptive axioms for common factor theory, image theory, and component theory. *Psychometrika*, (40): 137-152.
30. McDonald, R.P. (1978). Generalizability in factorable domains: domain validity and generalizability. *Educational and psychological measurement*, (38): 75-79.
31. McDonald, R.P. (1979). The structural analysis of multivariate data: a sketch of a general theory. *Multivariate Behavioral Research* (14): 21-38.
32. McDonald, R.P. (1985). *Factor analysis and related methods*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Ass.
33. Muthén, B. (1987). *LISCOMP: Analysis of linear structural equations with a comprehensive measurement model*. Mooresville, IN: Scientific Software, Inc.
34. Pawlik, K. (1973). Right answers to the wrong questions? A reexamination of factor analytic personality research and its contribution to personality theory. In: J.R. Royce (Ed.) *Multivariate analysis and psychological theory*. London: Academic Press: 17-44.
35. Rosenthal, R., and R.L. Rosnow (1984). *Essentials of behavioral research*. New York: McGrawHill.
36. Schutz, R.W., and M.E. Gessaroli (1993). Use, misuse, and nonuse of psychometrics in sport psychology research. In R. N. Singer, M. Murphey, L. K. Tennant (Eds.), *Handbook of research on sport psychology* (Chap. 44). New York: Macmillan.
37. Schwager, K.W. (1991). *Theories of measurement in social science: A critical review*. Toronto: Wall and Thompson.
38. Stevens, S.S. (1946). On the theory of scales of measurement. *Science* (103): 677-880.
39. Steyer, R. (1992). *Theorie kausaler Regressionsmodelle*. Stuttgart: Gustav Fischer.
40. Torgerson, W.S. (1958). *Theory and methods of scaling*. New York: Wiley.