

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

---

## *Klasični model mjerenja*

U mjernom postupku, osim predmeta mjerenja, na rezultate mogu djelovati i *sistematski* i *nesistematski* faktori.

*Sistematski faktori* uzrokuju jednako odstupanje rezultata svih entiteta od pravog rezultata odnosno *sistematsku pogrešku*. Primjerice, neka nebaždarena vaga može sistematski umanjivati tjelesnu masu ispitanika za 1 kg.

*Nesistematski faktori* uzrokuju slučajna odstupanja rezultata mjerenja od pravog rezultata odnosno *slučajne pogreške*. Primjerice, mjeritelj u testu poligon natraške može nekad prerano, a nekad prekasno zaustaviti štopericu.

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

---

## *Klasični model mjerenja*

*Klasični model mjerenja* se temelji na pretpostavci o postojanju *paralelnih testova*, odnosno mjernih instrumenata koji mjere isti predmet mjerenja, a čijom bi se primjenom na određenoj populaciji entiteta utvrdile jednake aritmetičke sredine, standardne devijacije i interkorelacije (međusobne korelacije testova).

Paralelnim testovima se mogu smatrati i dvije ili više primjena istog mjernog instrumenta, kao i čestice *kompozitnog mjernog instrumenta*.

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

---

## *Klasični model mjerenja*

*Kompozitni mjerni instrument* se sastoji od tri ili više čestica, a koje mogu biti: pitanja/zadaci (test tipa «papier-olovka»), uzastopna mjerenja (test tipa «aparatura za mjerenje» ili «primjena motoričkog zadatka») i mjeritelji/suci (test tipa «subjektivna procjena mjeritelja»).

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

## *Klasični model mjerenja*

	$1$	$2$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$m$	$\bar{x}$	$s$	
$1$	$x_{a1}=t_{a1}+e_a$ $1$	$x_{a2}=t_{a2}+e_a$ $2$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$x_{am}=t_{am}+e_a$ $m$	$\bar{x}_a$	$s_a$	
$2$	$x_{b1}=t_{b1}+e_b$ $1$	$x_{b2}=t_{b2}+e_b$ $2$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$x_{bm}=t_{bm}+e_b$ $m$	$\bar{x}_b$	$s_b$	
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$				
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$				
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$				
$n$	$x_{n1}=t_{n1}+e_n$ $1$	$x_{n2}=t_{n2}+e_n$ $2$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$x_{nm}=t_{nm}+e_n$ $m$	$\bar{x}_n$	$s_n$	
$\bar{x}$	(Matrica rezultata $n$ ispitanika izmjerenih s $m$ paralelnih testova)								
$\sigma$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\sigma_m$			

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

---

## *Klasični model mjerenja*

Razultat svakog mjerenja, tzv. *bruto rezultat* ( $x$ ), zavisi o veličini predmeta mjerenja, budući da u sebi sadrži veličinu predmeta mjerenja, tj. *pravi rezultat* ( $t$ ), i o *slučajnoj pogrešci* ( $e$ ) koja ga nesistematski mijenja, pri čemu je

$$x = t + e$$

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

## *Klasični model mjerenja*

Predmet mjerenja je *stabilan* u vremenu pa je stoga *pravi rezultat* jednog ispitanika u svim paralelnim testovima jednak.

$$t_{a1} = t_{a2} = \dots = t_{aj} = \dots = t_{am}$$

$$t_{b1} = t_{b2} = \dots = t_{bj} = \dots = t_{bm}$$

.....

$$t_{i1} = t_{i2} = \dots = t_{ij} = \dots = t_{im}$$

.....

$$t_{n1} = t_{n2} = \dots = t_{nj} = \dots = t_{nm}$$

Aritmetička sredina *slučajnih pogrešaka* ( $e$ ) u svakom je paralelnom testu jednaka 0, a distribucija im je normalna.

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

## *Klasični model mjerenja*

Iz navedenih pretpostavki može se zaključiti da će:

- aritmetičke sredine i standardne devijacije paralelnih testova izračunatih na nekoj populaciji ispitanika biti jednake,

$$\bar{x}_1 = \bar{x}_2 =, \dots, = \bar{x}_j =, \dots, = \bar{x}_m$$

$$\bar{\sigma}_1 = \bar{\sigma}_2 =, \dots, = \bar{\sigma}_j =, \dots, = \bar{\sigma}_m$$

- aritmetičke sredine i standardne devijacije pravih rezultata paralelnih testova izračunatih na nekoj populaciji biti jednake,

$$\bar{x}_{t1} = \bar{x}_{t2} =, \dots, = \bar{x}_{tj} =, \dots, = \bar{x}_{tm}$$

$$\bar{\sigma}_{t1} = \bar{\sigma}_{t2} =, \dots, = \bar{\sigma}_{tj} =, \dots, = \bar{\sigma}_{tm}$$

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

## *Klasični model mjerenja*

- aritmetičke sredine komponenti pogrešaka za svakog ispitanika izračunate iz beskonačnog broja paralelnih testova biti jednake nuli,

$$\bar{x}_{ea} = \bar{x}_{eb} =, \dots, = \bar{x}_{ei} =, \dots, \bar{x}_{en} = 0$$

- aritmetičke sredine bruto rezultata za svakog ispitanika izračunate iz beskonačnog broja paralelnih testova biti jednake njegovom pravom rezultatu.

$$\bar{x}_i = t_{i1} = t_{i2} =, \dots, = t_{ij} =, \dots, = t_{im}$$



# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

---

## *Klasični model mjerenja*

Uz pretpostavku da komponente pogreške mjerenja variraju posve slučajno, odnosno potpuno nesustavno može se zaključiti i sljedeće:

- korelacija između varijabli pogrešaka bilo koja dva paralelna testa bit će jednaka nuli,
- korelacija između varijable pogrešaka i varijable pravih rezultata istog paralelnog testa bit će jednaka nuli,
- korelacija između varijable pogrešaka i varijable pravih rezultata bilo kojeg drugog paralelnog testa bit će jednaka nuli.

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

---

## *Klasični model mjerenja*

Ako se uvažavaju navedene pretpostavke da su:

- pogreške mjerenja međusobno nezavisne,
- pravi rezultati i pogreške mjerenja istog testa međusobno nezavisni,
- pravi rezultati jednog testa nezavisni od pogrešaka mjerenja bilo kojeg drugog testa,

moguće je zaključiti da će korelacija između paralelnih testova biti veća što je u bruto rezultatima udio slučajnih pogrešaka mjerenja manji, odnosno što je udio pravih rezultata mjerenja veći.

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

---

## *Pouzdanost*

*Pouzdanost* mjernog instrumenta je nezavisnost mjerenja od nesistematskih, tj. slučajnih pogrešaka.

Pouzdanost mjernog instrumenta može se kretati u intervalu od  $0$  do  $1$  pri čemu  $1$  označava potpuno odsustvo slučajne pogreške mjerenja.

Pouzdanost se može utvrditi:

- ➔ test-retest metodom
- ➔ metodom tau-ekvivalentnih testova i
- ➔ metodom interne konzistencije.

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

---

## *Pouzdanost*

*Test-retest metoda* podrazumijeva primjenu mjernog instrumenta na istoj grupi ispitanika u dva navrata, pri čemu se koeficijentom pouzdanosti smatra korelacija između rezultata prvog i ponovljenog mjerenja.

Period između testa i retesta mora biti dovoljno dug da prvo mjerenje ne utječe na drugo (npr. odgovaranje prema sjećanju, upala mišića od prethodnog testiranja), odnosno dovoljno kratak da se razvijenost predmeta mjerenja ne promijeni.

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

---

## *Pouzdanost*

*Metoda tau-ekvivalentnih testova* podrazumijeva primjenu dva mjerna instrumenta, koji su slični po sadržaju, broju i obliku zadataka, na istoj grupi ispitanika, pri čemu se koeficijentom pouzdanosti smatra korelacija između rezultata primijenjenih testova.

Vrijednost koeficijenta pouzdanosti utvrđenog ovom metodom je nešto niža od stvarne pouzdanosti testa jer se korištenjem tau-ekvivalentnih testova u određenoj mjeri ipak aktiviraju ponešto različiti predmeti mjerenja.

# STATISTICA 7

## *Test-retest i metoda tau-ekvivalentnih testova*

Izračunavanje Pearsonovog koeficijenta korelacije (koji se u ovim slučajevima smatra koeficijentom pouzdanosti) izvodi se slijedom koraka: padajući izbornik *Statistics* → *Basic Statistics/Tables* → *Correlation matrices*.

***Zadatak*** - U datoteci *POD.sta* test-retest metodom utvrdite pouzdanost testa *MPUS*!

***Zadatak*** - Pretpostavimo da su testovi *TAPRUK* i *TRNMRZ* datoteke *TR10M.sta* tau-ekvivalentni testovi. Utvrdite pouzdanost testa *TAPRUK*!

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

---

## *Pouzdanost*

*Metoda interne konzistencije* se koristi za utvrđivanje pouzdanosti kompozitnih mjernih instrumenata, a temelji se na pretpostavci da su sve čestice testa međusobno paralelni testovi.

Koeficijenti pouzdanosti koji se utvrđuju metodom interne konzistencije odabiru se s obzirom na način *kondenzacije rezultata*.

*Kondenzacija rezultata* je izračunavanje ukupnog rezultata ispitanika na temelju pripadajućih rezultata u česticama testa.

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

## *Pouzdanost*

kondenzacija rezultata	koeficijent pouzdanosti
jednostavnom linearnom kombinacijom originalnih rezultata	Cronbach $\alpha$
jednostavnom linearnom kombinacijom standardiziranih rezultata	standardizirana ili Spearman-Brown $\alpha$
prvom glavnom komponentom	Kaiser-Caffrey $\alpha$

(Načini kondenzacije rezultata i odgovarajući koeficijenti pouzdanosti)



# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

## *Pouzdanost*

*Cronbachov koeficijent pouzdanosti* ( $\alpha_{Cronbach}$ ) se izračunava formulom:

$$\alpha_{Cronbach} = \frac{m}{m-1} \left( 1 - \frac{\sum_{j=1}^m \sigma_j^2}{\sigma^2} \right)$$

gdje je

- ➔  $m$  - broj čestica testa
- ➔  $\sigma_j^2$  - varijanca čestice  $j$
- ➔  $\sigma^2$  - varijanca testa

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

## *Pouzdanost*

(*Primjer:* izračunavanje Cronbachovog koeficijenta pouzdanosti)

ISP.	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x$
1	70	115	115	300
2	150	145	142	437
3	100	120	122	342
4	120	92	100	312
5	105	82	87	274
6	94	116	117	327
7	120	100	105	325
8	60	70	76	206
9	99	104	105	308
10	100	110	108	318
$\bar{x}$	101,80	105,40	107,70	314,90
$\sigma^2$	647,73	446,49	336,46	3301,21

$$\alpha_{Cronbach} = \frac{m}{m-1} \left( 1 - \frac{\sum_{j=1}^m \sigma_j^2}{\sigma^2} \right)$$

$$\alpha_{Cronbach} = \frac{3}{2} \left( 1 - \frac{647,73 + 446,49 + 336,46}{3301,21} \right)$$

$$\alpha_{Cronbach} = 0,85$$

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

## *Pouzdanost*

*Spearman-Brownov koeficijent pouzdanosti (SB)* se izračunava formulom:

$$SB = \frac{m}{m-1} \left( 1 - \frac{m}{\sigma^2} \right)$$

gdje je

→  $m$  - broj čestica testa

→  $\sigma^2$  - varijanca testa

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

## *Pouzdanost*

(*Primjer: izračunavanje Spearman-Brownovog koeficijenta pouzdanosti*)

ISP.	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z$
1	-1,249	0,454	0,398	<b>-0,397</b>
2	1,894	1,874	1,870	<b>5,638</b>
3	-0,071	0,691	0,780	<b>1,400</b>
4	0,715	-0,634	-0,420	<b>-0,339</b>
5	0,126	-1,107	-1,129	<b>-2,110</b>
6	-0,306	0,502	0,507	<b>0,702</b>
7	0,715	-0,256	-0,147	<b>0,312</b>
8	-1,642	-1,675	-1,728	<b>-5,046</b>
9	-0,110	-0,066	-0,147	<b>-0,323</b>
10	-0,071	0,218	0,016	<b>0,163</b>
$\bar{x}$	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
$\sigma^2$	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>7,180</b>

$$SB = \frac{m}{m-1} \left( 1 - \frac{m}{\sigma^2} \right)$$

$$SB = \frac{3}{2} \left( 1 - \frac{3}{7,180} \right)$$

$$SB = 0,87$$

# STATISTICA 7

## *Kondenzacija originalnih rezultata aritmetičkom sredinom*

Kondenzacija rezultata aritmetičkom sredinom izvodi se slijedom koraka: padajući izbornik *Statistics* → *Statistics of Block Data* → *Block Rows* → *Means*. Prije opisanog postupka je potrebno u matrici podataka označiti željene varijable.

**Zadatak** - U datoteci *GIM.sta* izvršite kondenzaciju originalnih rezultata čestica testa *FEBML* aritmetičkom sredinom!

# STATISTICA 7

## *Kondenzacija standardiziranih rezultata aritmetičkom sredinom*

Izračunavanje z-vrijednosti izvodi se slijedom koraka: padajući izbornik *Edit* → *Fill/Standardize Block* → *Standardize Columns*. Kondenzacija prethodno standardiziranih rezultata aritmetičkom sredinom izvodi se slijedom koraka: padajući izbornik *Statistics* → *Statistics of Block Data* → *Block Rows* → *Means*. Prije oba postupka je potrebno u matrici podataka označiti željene varijable.

**Zadatak** - U datoteci *GIM.sta* izvršite kondenzaciju standardiziranih rezultata čestica testa *FEBML* aritmetičkom sredinom!

# STATISTICA 7

## *Izračunavanje Cronbachovog i SB koeficijenta pouzdanosti*

Izračunavanje Cronbachovog koeficijenta pouzdanosti (*Cronbach's alpha*) i Spearman-Brownovog koeficijenta pouzdanosti (*Standardized alpha*) izvodi se slijedom koraka: padajući izbornik *Statistics* → *Multivariate Exploratory Techniques* → *Reliability/Item analysis*. Prije izračunavanja pouzdanosti potrebno je odabrati čestice testa putem dijaloškog okvira *Variables*.

**Zadatak** - U datoteci *GIM.sta* izračunajte Cronbachov koeficijent pouzdanosti i Spearman-Brownov koeficijent pouzdanosti za test *FEBML*!

# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

## *Pouzdanost*

*Kaiser-Caffreyev koeficijent pouzdanosti* ( $\alpha_{Kaiser-Caffrey}$ ) se izračunava formulom:

$$\alpha_{Kaiser-Caffrey} = \frac{m}{m-1} \left( 1 - \frac{1}{\lambda_1} \right)$$

gdje je

→  $m$  - broj čestica testa

→  $\lambda_1$  - prva svojstvena vrijednost matrice korelacija među česticama



# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

## *Pouzdanost*

(*Primjer:* izračunavanje Kaiser-Caffreyevog koeficijenta pouzdanosti)

ISP.	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$k_1$
1	-1,249	0,454	0,398	<b>-0,046</b>
2	1,894	1,874	1,870	<b>2,078</b>
3	-0,071	0,691	0,780	<b>0,565</b>
4	0,715	-0,634	-0,420	<b>-0,199</b>
5	0,126	-1,107	-1,129	<b>-0,853</b>
6	-0,306	0,502	0,507	<b>0,308</b>
7	0,715	-0,256	-0,147	<b>0,061</b>
8	-1,642	-1,675	-1,728	<b>-1,865</b>
9	-0,110	-0,066	-0,147	<b>-0,119</b>
10	-0,071	0,218	0,016	<b>0,071</b>
$\bar{x}$	0	0	0	0
$\sigma^2$	1	1	1	2,420

$$\alpha_{\text{Kaiser-Caffrey}} = \frac{m}{m-1} \left( 1 - \frac{1}{\lambda_1} \right)$$

$$\alpha_{\text{Kaiser-Caffrey}} = \frac{3}{2} \left( 1 - \frac{1}{2,42} \right)$$

$$\alpha_{\text{Kaiser-Caffrey}} = 0,88$$

# STATISTICA 7

---

## *Kondenzacija čestica prvom glavnom komponentom*

Kondenzacija rezultata na prvu glavnu komponentu provodi se slijedom koraka: padajući izbornik *Statistics* → *Multivariate Exploratory Techniques* → *Factor analysis*. U dijaloškom okviru koji se pokreće odabirom opcije *Variables* potrebno je označiti željene čestice testa. Nakon odabira čestica u dijaloškom okviru *Advanced* potrebno je označiti opciju *Principal components* i definirati kriterij za redukciju broja glavnih komponenata na način da se u polje *Max. no. of factors* unese vrijednost *1* .

# STATISTICA 7

## *Kondenzacija čestica prvom glavnom komponentom*

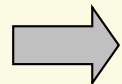
Nakon potvrde unesenog kriterija za redukciju broja glavnih komponenata moguće je pregledati kondenzirane rezultate ispitanika na prvoj glavnoj komponenti (*Scores* → *Factor scores*). U programu *STATISTICA* ne postoji automatizirani postupak za izračunavanje Kaiser-Caffreyevog koeficijenta pouzdanosti pa je u tu svrhu potrebno izračunati prvu svojstvenu vrijednost (*Explained variance* → *Eigenvalues*) te je uvrstiti u formulu za izračunavanje.

***Zadatak*** - Pokrenite datoteku *GIM.sta*! Kondenzirajte čestice testa *FLPRR* prvom glavnom komponentom! Izračunajte Kaiser-Caffreyev koeficijent pouzdanosti testa *FLPRR*!

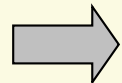
# METRIJSKE KARAKTERISTIKE I.

---

## *Literatura za pripremanje kolokvija*



Dizdar, D. (2006). *Kvantitativne metode*. Zagreb: Kineziološki fakultet, str. 274-293.



Mejovšek, M. (2003). *Uvod u metode znanstvenog istraživanja u društvenim i humanističkim znanostima*. Jastrebarsko: Naklada Slap, str. 55-63, 123-139.