

# Strukturalno modeliranje

---

Krstičević, Marin

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:254232>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-11**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**PRIRODOSLOVNO–MATEMATIČKI FAKULTET**  
**MATEMATIČKI ODSJEK**

Marin Krstičević

**STRUKTURALNO MODELIRANJE**

Diplomski rad

Voditelj rada:  
prof. dr. sc. Anamarija Jazbec

Zagreb, rujan, 2018.

Ovaj diplomski rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ pred ispitnim povjerenstvom u sastavu:

1. \_\_\_\_\_, predsjednik
2. \_\_\_\_\_, član
3. \_\_\_\_\_, član

Povjerenstvo je rad ocijenilo ocjenom \_\_\_\_\_.

Potpisi članova povjerenstva:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

*Roditeljima Lenki i Juri koji su najzaslužniji za ono što jesam.  
Hvala vam na svim odricanjima, svim životnim izazovima koje ste sa mnom prolazili,  
bezuvjetnoj podršci i povjerenju.  
Hvala i svima vama koji ste bili uz mene.*

*Zahvaljujem se mentorici prof. dr. sc. Anamariji Jazbec na ukazanom povjerenju i  
savjetima pri izradi ovog rada.*

# Sadržaj

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Sadržaj</b>  | <b>iv</b> |
| <b>Uvod</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1 Strukturalno modeliranje</b>                         | <b>2</b>  |
| 1.1 Opis, svrha i upotreba . . . . .                      | 2         |
| 1.2 Vrste istraživačkih problema . . . . .                | 6         |
| 1.3 Ograničenja strukturalnog modeliranja . . . . .       | 11        |
| 1.4 Osnovne jednadžbe strukturalnog modeliranja . . . . . | 14        |
| <b>2 Podatci i opisna statistika</b>                      | <b>16</b> |
| 2.1 Izvor podataka . . . . .                              | 16        |
| 2.2 Opis uzorka . . . . .                                 | 16        |
| 2.3 Upitnik . . . . .                                     | 19        |
| 2.4 Opisna statistika . . . . .                           | 21        |
| 2.5 Nadopunjavanje podataka . . . . .                     | 23        |
| <b>3 Evaluacija modela u SAS-u</b>                        | <b>27</b> |
| 3.1 Strukturalno modeliranje u SAS-u . . . . .            | 27        |
| 3.2 Model 1 . . . . .                                     | 29        |
| 3.3 Model 2 . . . . .                                     | 47        |
| 3.4 Model 3 . . . . .                                     | 66        |
| 3.5 Usporedba rezultata . . . . .                         | 85        |
| <b>Bibliografija</b>                                      | <b>86</b> |

# Uvod

Strukturalno modeliranje (eng. *Structural Equation Modeling*) je multivarijatna metoda statističke analize koja se koristi za analizu strukturiranih odnosa. Metoda je kombinacija faktorske analize, višestruke regresijske analize i analize putanje (eng. *Path analysis*). Fokus strukturalnog modeliranja je najčešće u hipotetskim strukturama koje su predstavljene latentnim konstruktima. Metodom ispituje se odnose između izmjerenih varijabli i latentnih konstrukata.

U Poglavlju 1 detaljno ćemo opisati metodu strukturalnog modeliranja. Ovaj dio rada je teorijske prirode gdje opisujemo metodu prolazeći njenom svrhom i upotrebom. Razmotrit ćemo vrste istraživačkih problema koje metoda može rješavati i navesti matematičku pozadinu samog strukturalnog modeliranja.

Za evaluaciju primjera modela strukturalnog modeliranja koristit ćemo javno dostupne rezultate PISA istraživanja (eng. *The Programme for International Student Assessment*) provedenog 2009. godine. U Poglavlju 2 opisat ćemo uzorak učenika iz Hrvatske koji su sudjelovali u istraživanju čije rezultate koristimo i iznijeti opisnu statistiku korištenih varijabli.

U Poglavlju 3 metodom strukturalnog modeliranja analiziramo navedene rezultate PISA istraživanja koristeći statistički program SAS. Analizirat ćemo ideju da tehnike samokontrole mogu doprinijeti uspjehu čitanja. Također, bavit ćemo se i utjecajem korištenja tehnologije za čitanje na rezultate testova čitanja i povezanošću iste sa samokontrolom. Modele strukturalnog modeliranja koristimo kako bismo objasnili odnose između korištenja tehnologije, samokontrole, stava prema čitanju i samih rezultata testova čitanja. Pri završetku rada nalazi se usporedba rezultata evaluiranih modela.

# Poglavlje 1

## Strukturalno modeliranje

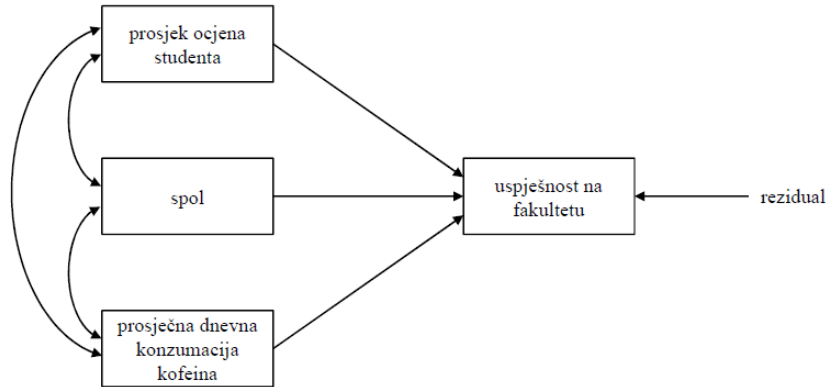
### 1.1 Opis, svrha i upotreba

Strukturalno modeliranje obuhvaća skup različitih statističkih metoda koje ispituju odnose između jedne ili više nezavisnih varijabli te jedne ili više zavisnih varijabli. Sve promatrane varijable mogu biti diskretne ili neprekidne. Strukturalno modeliranje obuhvaća i standardne tehnike modeliranja i analize, simultano (istovremeno) modeliranje, analizu kovarijance, analizu putanje (eng. *Path analysis*) i konfirmatornu faktorsku analizu. Analiza putanje i konfirmatorna faktorska analiza su posebni tipovi strukturalnog modeliranja.

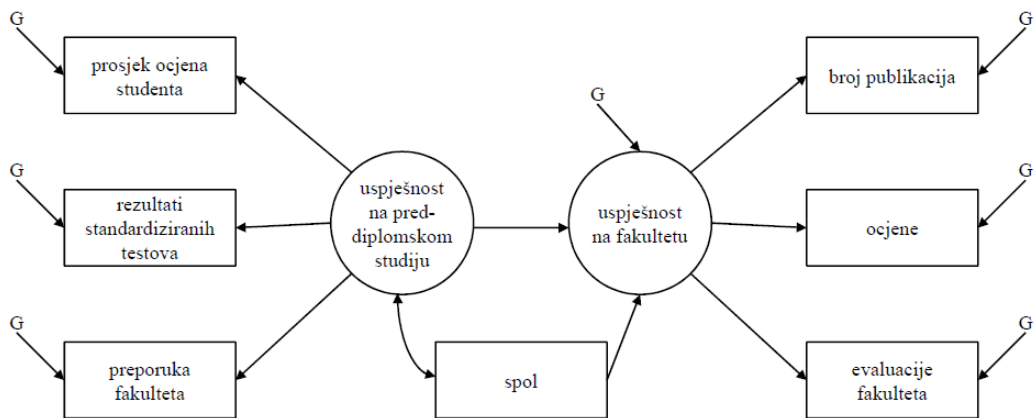
Korištenjem strukturalnog modeliranja dolazimo do rješenja koji zahtijevaju višestruku regresijsku analizu. Primjerice, strukturalno modeliranje je produkt kombiniranja eksplorativne faktorske analize s višestrukom regresijskom analizom. Kao najjednostavniji primjer, pogledajmo odnos između jedne mjerene varijable (npr. uspješnost na fakultetu) i drugih mjerenih varijabli (prosječna ocjena studenta, spol studenta, prosječna dnevna konzumacija kofeina). Ovaj jednostavan model je primjer višestruke regresije koji je predstavljen na slici 1.1. Sve mjerene varijable su prikazane u pravokutnicima koji su povezani linijama. Linije prikazuju mogućnost predviđanja uspješnosti na fakultetu (zavisna varijabla) pomoću prosjeka ocjena studenta, spola studenta i prosječne dnevne konzumacije kofeina (nezavisne varijable). Dvosmjerne linije prikazuju korelaciju između nezavisnih varijabli. Prisutnost reziduala naglašava nedostatke predviđanja.

Nešto kompliciraniji model predstavljen je na slici 1.2. U ovom modelu, uspješnost na fakultetu je latentna varijabla koja nije izravno mjerena već neizravno procijenjena koristeći broj publikacija, ocjene i evaluacije fakulteta (tri mjerene varijable). Uspješnost na fakultetu se predviđa pomoću spola studenta (mjerena varijabla) i uspješnosti na preddiplomskom studiju, drugog faktora koji je procijenjen pomoću prosjeka ocjena, rezultata standardiziranih testova i preporuka fakulteta (dodatne tri mjerene varijable).

Slike 1.1 i 1.2 su primjeri dijagrama putanje (eng. *Path diagram*). Navedeni dijagrami



Slika 1.1: Dijagram putanje višestruke regresije



Slika 1.2: Dijagram putanje strukturalnog modela. Oznake G predstavljaju greške (eng. *Errors*) varijabli prema kojima su usmjerene.

su iznimno važni za strukturalno modeliranje s obzirom na to da jasno prikazuju pretpostavljeni skup odnosa među varijablama tj. sami model. Od velike su pomoći prilikom pojednostavljivanja ideja o vezama između varijabli i mogu biti izravno prevedeni u jed-



nadžbe potrebne za analizu podataka.

U razvijanju dijagrama potrebnih za strukturalno modeliranje koristi se nekoliko predefiniranih postavki. Za prikaz mjerenih varijabli koriste se četverokuti ili pravokutnici. Varijable koje nisu izravno mjerene već imaju dva ili više indikatora zovu se *faktori*, ili pak *latentne varijable* ili *konstrukti*. Faktori su prikazani pomoću krugova ili elipsa. Veze između varijabli prikazuju se linijama koje mogu biti jednosmjerne (usmjerene su prema zavisnoj varijabli) i dvosmjerne (predstavljaju neispitanu vezu, tj. postoji korelacija između varijabli koje spajaju bez definirano smjera utjecaja).

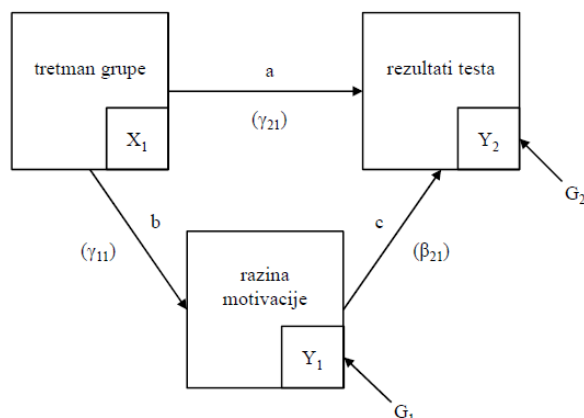
U modelu na slici 1.2 uspješnost na fakultetu je faktor (latentna varijabla) koja se predviđa pomoću spola (mjerena varijabla) i uspješnosti na preddiplomskom studiju (faktor). Primijetimo da su uspješnost na preddiplomskom studiju i spol povezani dvosmjernom linijom. Takva linija nam govori da između ovih varijabli postoji povezanost, no nemamo procjenu smjera utjecaja - ne znamo koja varijabla utječe na koju. Također primijetimo smjer linija koje povezuju uspješnost fakulteta (faktor) s brojem publikacija, ocjenama i evaluacijama fakulteta - faktor predviđa mjerene varijable. Jasno, pretpostavka je da uspješnost fakulteta utječe na broj publikacija, ocjene i evaluacije fakulteta od strane studenata. Nije moguće izravno izmjeriti navedeni faktor, no možemo mjeriti nekoliko indikatora uspješnosti. Nadamo se da možemo pristupiti stvarnoj uspješnosti studenata mjereći veći broj mjerljivih indikatora. Koristimo jednaku logiku kao u faktorskoj analizi.

Na slici 1.2 prosjek ocjena studenta, rezultati standardiziranih testova, preporuke fakulteta, uspješnost na fakultetu, broj publikacija, ocjene i evaluacije fakulteta su zavisne varijable. Sve navedene su povezane s nekom od ostalih varijabli jednosmjernom linijom koja je usmjerena prema njoj samoj. U ovom modelu spol i uspješnost na preddiplomskom studiju su nezavisne varijable s obzirom na to da nemaju jednosmjernih linija usmjerenih prema njima. Primijetimo da sve zavisne varijable, i mjerene i faktori, imaju prema sebi usmjerene linije s oznakama "G" (greška, eng. *Errors*). Kao i u višestrukoj regresiji, ništa ne možemo predvidjeti savršeno i uvijek postoji rezidual ili greška. U strukturalnom modeliranju reziduali koji nisu procijenjeni preko nezavisnih varijabli su uključeni u dijagram na ovaj način.

Dio modela koji uspostavlja odnos mjerenih varijabli prema faktorima ponekad se zove *mjerni model*. U ovom primjeru, dva faktora (uspješnost na preddiplomskom studiju i uspješnost na fakultetu) te njihovi pripadni indikatori čine mjerni model. Pretpostavljeni odnosi između faktora, u ovom primjeru veza između uspješnosti na preddiplomskom studiju i uspješnosti na fakultetu, zove se *strukturalni model*.

Primijetimo da oba navedena modela uključuju pretpostavke o odnosima između varijabli (kovarijance), no ne i o srednjim vrijednostima te njihovim razlikama. Takve razlike povezane s grupnom pripadnošću također se mogu testirati unutar okvira strukturalnog modeliranja. U sklopu strukturalnog modeliranja mogu biti analizirani eksperimenti sa i bez strukture srednjih vrijednosti.

Prilikom jednostavnih eksperimenata istraživači su često više zainteresirani za procese koji su nešto kompleksniji od onoga što pružaju standardne analize. Promotrimo dijagram na slici 1.3.



Slika 1.3: Dijagram putanje eksperimenta. Oznake  $a$ ,  $b$  i  $c$  predstavljaju putanje s pripadajućim koeficijentima  $\gamma_{21}$ ,  $\gamma_{11}$  i  $\beta_{21}$ , dok oznake  $G_1$  i  $G_2$  predstavljaju greške pripadnih varijabli.

Na početku semestra studenti su nasumično podijeljeni u dvije skupine koji su bile pod različitim okolnostima, grupa koja je trenirala tehnike učenja i kontrolna grupa na čekanju.  $X_1$  je kontrolna pomoćna (eng. *Dummy*) varijabla koja označava pripadnost grupi (0 = kontrolna grupa na čekanju, 1 = grupa koja trenira tehnike učenja). Konačni rezultati testa su zabilježeni na kraju semestra. ANOVA u osnovi testira putanju  $a$ . Postavlja se pitanje "Je li ispravno pretpostaviti da jedino pripadnost grupi čini razliku u rezultatima?" Možda i nije. Možda treniranje tehnika učenja povećava razinu motivacije studenata koja rezultira boljim ocjenama. Odnos između tretmana i rezultata testova bi bio posredovan razinom motivacije. Ovo je sada nešto drugačija pretpostavka nego što je postavljena u ANOVI, ANCOVI ili hijerarhijskoj regresiji. ANOVA-om ispituujemo jednostavno pitanje: "Postoji li statistički značajna razlika između tretirane i kontrolne grupe u rezultatima testa?" ANCOVA-om pak ispituujemo: "Postoji li statistički značajna razlika između grupa nakon što je zavisna varijabla kontrolirana kovarijacijom (npr. razinom motivacije)?" Ova pitanja su različita od hipoteze postavljene dijagramom na slici 1.3 koji uključuje proces  $a$  i neizravan učinak. Neizravan učinak možemo testirati ispitujući produkt putanja  $b$  i  $c$ . Ovaj primjer koristi samo mjerene varijable i zove se analiza putanje. Međutim, hipotezu

o posredovanju možemo testirati koristeći i latentne i mjerene varijable.

Prvi korak strukturalnog modeliranja je specifikacija modela. Stoga je ova metoda više konfirmatorna nego eksplorativna. Model je procijenjen, evaluiran i potencijalno modifikiran. Cilj analize može biti testiranje modela, testiranje specifičnih hipoteza o modelu, prilagodba postojećeg modela ili pak testiranje skupa povezanih modela.

Postoji puno prednosti korištenja strukturalnog modeliranja. Kada testiramo odnose između faktora, u pripadnim vezama su uklonjene procijenjene greške i zastupljena je samo zajednička varijanca. Na pouzdanost mjerenja u sklopu analize možemo računati zahvaljujući procjeni i uklanjanju greške mjerenja. Dodatno, kao što smo vidjeli na slici 1.2, možemo ispitati i složene veze. Kada želimo ispitati složenu i višedimenzionalnu strukturu, strukturalno modeliranje je jedina analiza koja omogućava potpuno i simultano testiranje svih odnosa među varijablama.

## 1.2 Vrste istraživačkih problema

Skup podataka čini empirijska matrica kovarijanci, a model daje procijenjenu populacijsku matricu kovarijanci. Glavno pitanje koje postavljamo u sklopu strukturalnog modeliranja je: "Daje li model procijenjenu populacijsku matricu kovarijanci koja je konzistentna s empirijskom (promatranom) matricom kovarijanci?" Nakon što procijenimo prikladnost modela, pojavljuju se različita druga pitanja o specifičnim aspektima modela.

### Adekvatnost (prikladnost) modela

Parametri (koeficijenti, varijance, kovarijance nezavisnih varijabli) se procjenjuju kako bismo mogli kreirati procijenjenu populacijsku matricu kovarijanci. Ako je model dobar, dobit ćemo procijenjenu matricu koja je bliska uzoračkoj matrici kovarijanci. "Bliskost" primarno evaluiramo  $\chi^2$  statističkim testom i prikladnim indeksima. Vratimo se na model uspješnosti na fakultetu prikazanom na slici 1.2. Je li procijenjena populacijska matrica kovarijanci generirana modelom konzistentna s empirijskom matricom kovarijanci, nastaloj na temelju podataka?

#### $\chi^2$ test

Vrijednost  $\chi^2$  statistike računamo formulom 1.1 (vidi [1]),

$$\chi^2 = (N - k)f_{min}, \quad (1.1)$$

gdje je  $N$  veličina uzorka,  $k$  broj nezavisnih grupa u uzorku i  $f_{min}$  vrijednost funkcije modela  $F$  u njenom minimumu. Funkcija modela  $F$  dana je formulom 1.2 (vidi [2]),

$$F = tr(S\Sigma^{-1}) - p + \ln(|\Sigma|) - \ln(|S|) + (\bar{x} - \mu)' \Sigma^{-1} (\bar{x} - \mu), \quad (1.2)$$

gdje je  $S$  uzoračka matrica kovarijanci,  $\Sigma$  procijenjena matrica kovarijanci,  $p$  broj korištenih varijabli,  $\bar{x}$  vektor s uzoračkim aritmetičkim sredinama i  $\mu$  vektor s procijenjenim aritmetičkim sredinama.

Statistički značajna  $\chi^2$  vrijednost u odnosu na stupnjeve slobode ( $df$ , eng. *Degrees of freedom*) govori da se uzoračka i procijenjena matrica kovarijanci razlikuju. Statistički neznajna  $\chi^2$  vrijednost pokazuje da su te dvije matrice slične.  $\chi^2$  statistika je osjetljiva na veličinu uzorka kao i na odstupanje od multivarijatne normalnosti promatranih varijabli.

### NFI

NFI indeks (eng. *Normed Fit Index, Bentler-Bonett Index*) prva je mjera adekvatnosti korištena u literaturi. Za računanje NFI vrijednosti koristi se *nezavisni model*, model u kojem nema međusobne povezanosti varijabli. Takav model za stupnjeve slobode ima razliku broja podataka i broja procijenjenih varijanci. Računamo ga formulom 1.3 (vidi [8]).

$$NFI = \frac{\chi_{\text{nez. model}}^2 - \chi_{\text{model}}^2}{\chi_{\text{nez. model}}^2}. \quad (1.3)$$

Vrijednosti između 0.90 i 0.95 smatraju se rubnim dok one iznad 0.95 ukazuju na dobru adekvatnost modela. Nedostatak indeksa implicira činjenica da dodavanje parametara ne umanjuje njegovu vrijednost. Time veći broj parametara uključenih u model povećava vrijednost indeksa.

### TLI

TLI indeks (eng. *Tucker-Lewis Index, Non-Normed Fit Index*) prvotno je razvijen za potrebe faktorske analize nakon čega je prilagođen i za korištenje u strukturalnom modeliranju. Izračunava se koristeći  $\chi^2$  statistiku i  $df$  stupnjeve slobode promatranih modela. Vrijednost TLI indeksa računamo formulom 1.4 (vidi [8]),

$$TLI = \frac{\chi_{\text{nez. model}}^2 - \frac{df_{\text{nez. model}}}{df_{\text{model}}} \chi_{\text{model}}^2}{\chi_{\text{nez. model}}^2 - df_{\text{nez. model}}}, \quad (1.4)$$

gdje  $df_{\text{nez. model}}$  i  $df_{\text{model}}$  predstavljaju stupnjeve slobode navedenih modela.

Raspon indeksa je od 0 do 1 gdje 1 označava savršenu adekvatnost. TLI indeks je osjetljiv na dodavanje novih parametara što ga čini naprednijim u odnosu na NFI.

**RMSEA**

RMSEA (eng. *Root Mean Square Error of Approximation*) procjenjuje nedostatak prikladnosti modela u odnosu na savršeni model. RMSEA indeks računamo formulom 1.5 (vidi [1]),

$$\text{RMSEA} = \sqrt{k} \sqrt{\max\left(\frac{f_{\min}}{d_{\min}} - \frac{1}{N - k}, 0\right)}, \quad (1.5)$$

gdje je  $k$  broj nezavisnih grupa u uzorku,  $f_{\min}$  vrijednost funkcije modela  $F$  dane formulom 1.2 u njenom minimumu,  $d_{\min}$  pripadni stupnjevi slobode i  $N$  veličina uzorka.

Prema [6], RMSEA vrijednosti manje ili jednake od 0.06 ukazuju na prikladan model. Indeks nije pogodan za korištenje u analizama malih uzoraka. Trenutno se najviše koristi za procjenu adekvatnosti modela.

**CFI**

CFI indeks (eng. *Comparative Fit Index*) je prikladan za korištenje jedino prilikom usporedbe dvaju različitih modela. Vrijednost CFI indeksa računamo formulom 1.6 (vidi [1]),

$$\text{CFI} = 1 - \frac{\max((N - k) f_{\min} - d_{\min}, 0)}{\max((N - k) f_0 - d_0, 0)}, \quad (1.6)$$

gdje je  $N$  veličina uzorka,  $k$  broj nezavisnih grupa u uzorku,  $f_{\min}$  vrijednost funkcije modela  $F$  dane formulom 1.2 u njenom minimumu,  $d_{\min}$  pripadni stupnjevi slobode,  $f_0$  vrijednost funkcije nezavisnog modela  $F$  u njenom minimumu i  $d_0$  pripadni stupnjevi slobode.

Jedna od prednosti CFI indeksa je da se može izračunati za savršeni model s kojim se kasnije mogu uspoređivati razvojni modeli.

**RMR**

RMR indeks (eng. *Root Mean Square Rezidual Index*) koristi korijen aritmetičke sredine razlika između elemenata uzoračke i procijenjene matrice kovarijanci. S obzirom na to da nema intervale prihvatljivosti, prikladan je za korištenje pri usporedbi dvaju modela. Za procjenu adekvatnosti modela pogodan je standardizirani RMR indeks čije su poželjne vrijednosti one manje od 0.05.

RMR indeks računamo formulom 1.7 (vidi [8]),

$$\text{RMR} = \sqrt{2 \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^i \frac{(s_{ij} - \hat{\sigma}_{ij})^2}{p(p+1)}}, \quad (1.7)$$

gdje su  $s_{ij}$  uzoračke kovarijance (varijance),  $\hat{\sigma}_{ij}$  procijenjene kovarijance (varijance) i  $p$  broj korištenih varijabli.

### GFI

GFI indeks (eng. *Goodness of Fit Index*) temelji se na omjeru sume kvadriranih razlika između uzoračke i procijenjene matrice i uzoračke varijance. Indeks mjeri količinu kovarijance uzoračke matrice koju reproducira procijenjena matrica. GFI indeks računamo formulom 1.8 (vidi [8]),

$$\text{GFI} = \frac{\text{tr}(\hat{\sigma}'\Sigma^{-1}\hat{\sigma})}{\text{tr}(s'\Sigma^{-1}s)}, \quad (1.8)$$

gdje je  $s$  vektor uzoračkih kovarijanci (varijanci),  $\hat{\sigma}$  vektor procijenjenih kovarijanci (varijanci) i  $\Sigma$  procijenjena matrica kovarijanci.

Naprimjer, iznos GFI indeksa 0.98 znači da procijenjena matrica predviđa 98% uzoračke matrice.

### Testiranje modela

Svaki model generira svoju vlastitu matricu kovarijanci. Zanima nas: "Koji model stvara populacijsku matricu kovarijanci koja je najkonzistentnija s uzoračkom matricom kovarijanci?" Modeli koji predstavljaju konkurentske teorije se procjenjuju, međusobno suprotstavljaju i evaluiraju.

### Utjecaj nezavisnih varijabli na varijancu zavisnih

$R^2$  statistikom dobivamo odgovore na pitanje koliko nezavisne varijable utječu na varijancu zavisnih varijabli. Naprimjer, koliko je varijanca uspješnosti na fakultetu pod utjecajem spola i uspješnosti na preddiplomskom studiju? Koja varijabla uključena u analizu najviše utječe na varijancu?

## Pouzdanost indikatora

Koliko su pouzdane mjerene varijable? Naprimjer, je li mjera evaluacija fakulteta pouzdana? Pouzdanost mjerenih varijabli i interna konzistentnost mjera pouzdanosti su izvedene iz strukturalnog modeliranja.

## Procjena parametara

Procjene parametara su od egzistencijalne važnosti za strukturalno modeliranje s obzirom da se koriste za generiranje procijenjene populacijske matrice kovarijanci za model. Koji je koeficijent putanje (veze) za određeni odnos? Naprimjer, koji je koeficijent za predviđanje uspješnosti na fakultetu pomoću uspješnosti na preddiplomskom studiju? Razlikuje li se koeficijent s testom statistički značajno od 0? Unutar modela, koja je relativna važnost različitih putanja (veza)? Naprimjer, je li za predviđanje uspješnosti na fakultetu važnija uspješnost na preddiplomskom studiju ili pak spol? Procjene parametara također možemo uspoređivati koristeći strukturalno modeliranje. Testiranje isključivo jedne veze nazivamo *testom izravnog učinka* (eng. *Direct effect*).

## Posredovanje

Utječe li nezavisna varijabla na određenu zavisnu varijablu izravno ili neizravno kroz posredničku varijablu? Na primjeru prikazanom na slici 1.3 je veza između trenirane grupe i rezultata testa posredovana razinom motivacije. S obzirom na to da je motivacija posrednička varijabla, ovakav test nazivamo *testom neizravnog učinka* (eng. *Indirect effect*).

## Razlike među grupama

Razlikuju li se dvije ili više grupa u njihovim matricama kovarijanci, regresijskim koeficijentima ili aritmetičkim sredinama? Naprimjer, ako eksperiment prikazan na slici 1.3 primijenimo posebno na studente i posebno na srednjoškolce, hoće li isti model jednako odgovarati objema starosnim grupama? Analizu razlika među grupama možemo raditi s ili bez aritmetičkih sredina.

## Longitudinalne razlike

Razlike unutar i između ljudi mogu biti ispitivane i tijekom vremena. Pripadni vremenski interval mogu biti godine, dani, mikrosekunde... Na primjeru eksperimenta, kako, ako uopće i utječu, treninzi mijenjaju rezultate i motivaciju za vrijeme nekoliko različitih vremenskih točaka tijekom semestra? Iako postoji više različitih pristupa, novi zanimljivi pristup analizi longitudinalnih podataka zove se *modeliranje krivulje latentnog rasta* (eng.

*Latent Growth Curve Modeling*). Ono što ovaj pristup čini inovativnim je prihvaćanje uzorka individualnog rasta. Nekoliko hipoteza se testira ovom analizom. Koliko zavisna varijabla govori o nezavisnoj i kako se mijenja u više vremenskih točaka? Je li promjena linearna? Kvadratna? Mijenjaju li se promjene u mjerenim varijablama na jednak način?

## Modeliranje na više razina

Nezavisne varijable prikupljene na različito grupiranim razinama mjerenja (npr. studenti unutar jednog razreda, studenti unutar jedne škole) koriste se za predviđanje zavisne varijable na istoj razini ili na različitim razinama mjerenja. Naprimjer, koristeći višestruki grupni model možemo istražiti utjecaj intervencija na određene razrede kroz obilježja djece, razreda i škole. U ovom primjeru, djeca su grupirana u razrede koji su grupirani unutar škola.

## 1.3 Ograničenja strukturalnog modeliranja

### Teorijski problemi

Strukturalno modeliranje je *konfirmatorna metoda* za razliku od eksplorativne faktorske analize. Najčešće se koristi za testiranje teza. Strukturalno modeliranje se ne može raditi bez prethodnog znanja i hipoteza o potencijalnim odnosima između varijabli. To je vjerojatno jedna od najvećih razlika i prednosti strukturalnog modeliranja u odnosu na druge metode. Planiranje, vođeno tezama, je fundamentalna postavka bilo kakve analize unutar strukturalnog modeliranja.

Iako je strukturalno modeliranje konfirmatorna metoda, postoji puno načina za testiranje mnoštva različitih modela koji testiraju određenu hipotezu i pronalaska onih pogodnijih nakon što je sam model procijenjen. Ako su različite modifikacije modela testirane u pokušaju pronalaska one koja najbolje odgovora za analizu, mora se pristupiti eksplorativnoj analizi podataka i prikladnim koracima koji moraju biti provedeni kako bi izbjegli greške. Potraga za najboljim modelom je prikladna pod uvjetom da se razina značajnosti promatra oprezno i da se validira drugim uzorkom kad god je to moguće.

Provedba strukturalnog modeliranja kao eksplorativne metode bez kontroliranja potrebnih koraka dovela je do pojave loših komentara o istom. Također, strukturalno modeliranje se na krivi način povezivalo i s uzročnim modeliranjem (eng. *Causal Modeling*). Ne postoji ništa uzročno, u smislu zaključivanja uzročnosti, vezano uz strukturalno modeliranje. Pripisivanje uzročnosti je problem projektiranja veza, a ne statistički problem.

Nažalost, ponekad se uz strukturalno modeliranje veže isključivo neeksperimentalno i korelacijsko projektiranje što čini preograničavajući pristup. Strukturalno modeliranje, kao regresija, može se primjenjivati i za eksperimentalno i neeksperimentalno projektiranje.



Postoje određena upozorenja o generaliziranju rezultata koji se odnose na strukturalno modeliranje kao što postoje i za druge statističke metode. Rezultati se mogu generalizirati jedino na isti tip uzorka koji je bio korišten za procjenu i test modela strukturalnim modeliranjem.

## Praktični problemi

### Veličina uzorka i podatci koji nedostaju

Kovarijance, kao i korelacije, su manje stabilne kada se procjenjuju na malim uzorcima, a strukturalno modeliranje se temelji na kovarijancama. Procijenjeni parametri i  $\chi^2$  test pogodnosti modela su također vrlo osjetljivi na veličinu uzorka. Strukturalno modeliranje je, kao i faktorska analiza, metoda za provođenje na velikim uzorcima. Umjesto razmišljanja o veličini uzorka za mjerenu varijablu, puno je korisnije razmišljati koliki uzorak imamo po procijenjenom parametru (prema [4], u strukturalnom modeliranju ne postoji linearna veza između broja varijabli i broja procijenjenih parametara).

U radu [7] konstruirana je tablica minimalnih veličina uzoraka potrebnih za test kvalitete prikladnosti. Tablice veličine uzorka procjenjuju na temelju stupnjeva slobode i jačine utjecaja.

Što se tiče podataka koji nedostaju (eng. *Missing data*), problemi se pojavljuju kod uklanjanja i procjenjivanja istih. Prednost korištenja strukturalnog modeliranja je da određene tehnike obrade podataka koji nedostaju mogu biti uključene u model. Određeni programski paketi imaju uključene procedure za procjenu podataka koji nedostaju.

### Višestruka normalnost

Većina procjenjujućih tehnika koje se koriste u sklopu strukturalnog modeliranja pretpostavljaju višestruku normalnost. Za određivanje opsega i oblika nenormalno distribuiranih podataka očitavamo mjerene varijable za netipične vrijednosti, za jednostruke i višestruke, te mjere asimetričnosti (eng. *Skewness*) i mjere spljoštenosti (eng. *Kurtosis*) za mjerene varijable.

Ako postoji značajna mjera asimetričnosti, možemo pokušati s transformacijama. U svakom slučaju, i nakon transformacija takve varijable su često i dalje s visokom vrijednošću mjera asimetričnosti ili pak mjera spljoštenosti.

Ako transformacije ne povrate normalnost, ili ako od varijable ne očekujemo normalnu distribuiranost unutar populacije, možemo koristiti metode procjenjivanja koje pretpostavljaju nenormalnost.

## Linearnost

Tehnike strukturalnog modeliranja ispituju jedino linearne veze između varijabli. Linearnost između latentnih varijabli je teško procijeniti, no linearnost veze između parova mjerenih varijabli možemo procijeniti preko pregleda raspršenja, koristeći grafove raspršenja (eng. *Scatterplot*). Ako u hipotezu uključujemo nelinearne veze između mjerenih varijabli, ove veze uključujemo potencirajući mjerene varijable na potencije, kao u višestrukoj regresiji. Naprimjer, ako je veza između uspješnosti na fakultetu i prosječne dnevne konzumacije kofeina kvadratna (ako malo kofeina nije dovoljno, nekoliko čaša je dobro, ali je više od nekoliko štetno), koristimo kvadriranu vrijednost prosječne dnevne konzumacije kofeina.

## Odsustvo multikolinearnosti i singulariteta

Kao i većina drugih tehnika, strukturalno modeliranje zahtijeva invertirane matrice. Pri tome, ako je neka od varijabli linearna kombinacija preostalih ili su pak visoko korelirane, potrebne matrice ne možemo invertirati. Ako je to moguće, trebamo ispitati determinantu matrice kovarijanci. Izrazito mala determinanta daje naslutiti problem s multikolinearnošću ili singularitetom. Sve u svemu, programi strukturalnog modeliranja daju poruke upozorenja ako je matrica kovarijanci singularna. Ako dobijemo takvu poruku, provjeravamo skup podataka s kojim raspolažemo. Čest je slučaj da su linearne kombinacije varijabli nenamjerno uključene. Tada jednostavno uklonimo varijablu koja uzrokuje singularitet. Ako stvarni singularitet postoji, kreiramo kompoziciju varijabli koju potom koristimo u analizi.

## Reziduali

Nakon procjene modela, reziduali bi trebali biti mali i centrirani oko nule. Distribucija frekvencija kovarijanci reziduala treba biti simetrična. Govoreći o rezidualima u smislu strukturalnog modeliranja, mislimo na kovarijance reziduala, a ne na iznose reziduala kako često mislimo u drugim metodama. Programi strukturalnog modeliranja omogućavaju analizu reziduala. Nesimetrično raspoređeni reziduali u distribuciji frekvencija mogu voditi na zaključak o modelu koji nije dovoljno prikladan, modelu koji samo neke kovarijance dobro procjenjuje. Ponekad se znaju pojaviti jedan ili dva reziduala koji su prilično veliki iako je model pogodan i reziduali se čine simetrično centrirani oko nule. Kada se susretnemo s velikim rezidualima, korisno je primijeniti LM (eng. *Lagrange Multiplier*) test i razmotriti dodavanje novih putanja (veza) u model.

## 1.4 Osnovne jednađbe strukturalnog modeliranja

Početna ideja strukturalnog modeliranja je da pretpostavljeni model ima temeljne parametre koji odgovaraju regresijskim koeficijentima te varijancama i kovarijancama nezavisnih varijabli u modelu (vidi [4]).

Parametri se procjenjuju iz uzoračkih podataka te se zatim kombiniraju pomoću algebre kovarijanci kako bi se generirala procijenjena matrica kovarijanci. Procijenjena populacijska matrica kovarijanci se zatim uspoređuje sa uzoračkom matricom kovarijanci i u najboljem slučaju njihova razlika je vrlo mala i nije statistički značajna.

Algebra kovarijanci je alat koji nam pomaže u izračunavanju varijanci i kovarijanci u strukturalnom modeliranju. Operacije s matricama koristimo s obzirom na to da algebra kovarijanci postaje prilično kompleksna kako modeli postaju kompliciraniji. Algebra kovarijanci nam koristi pri demonstraciji kombiniranja procjena parametara pri generiranju procijenjene populacijske matrice.

U nastavku navodimo tri osnovne jednađbe algebre kovarijanci gdje je  $c$  konstanta, a  $X_i$  slučajna varijabla:

$$COV(c, X_1) = 0, \quad (1.9a)$$

$$COV(cX_1, X_2) = cCOV(X_1, X_2), \quad (1.9b)$$

$$COV(X_1 \pm X_2, X_3) = COV(X_1, X_3) \pm COV(X_2, X_3). \quad (1.9c)$$

Iz prve jednađbe imamo da je kovarijanca između slučajne varijable i konstante jednaka nuli. Također, kovarijanca između dvije varijable pri čemu je jedna pomnožena konstantom je jednaka umnošku konstante i kovarijanci pripadajućih varijabli. Kovarijanca između sume (razlike) dviju varijabli i treće varijable je jednaka sumi (razlici) kovarijanca prve i treće varijable te kovarijanca druge i treće varijable.

Koristimo sliku 1.3 za ilustraciju nekih načela algebre kovarijanci.

U strukturalnom modeliranju, kao i u višestrukoj regresiji, pretpostavljamo da reziduali ne koreliraju međusobno niti s drugim varijablama u modelima. U ovom modelu, razina motivacije ( $Y_1$ ) i rezultati testa ( $Y_2$ ) su zavisne varijable. Podsjetimo se da su zavisne varijable sve one koje prema sebi imaju usmjerenu jednosmjernu strelicu u dijagramu putanje. Tretirana grupa ( $X_1$ ) bez jednosmjerne strelice usmjerene prema sebi je nezavisna varijabla. Za specifikaciju modela pišemo različite jednađbe za različite zavisne varijable. Za početak, definiramo jednađbu za razinu motivacije:

$$Y_1 = \gamma_{11}X_1 + \varepsilon_1. \quad (1.10)$$

Razina motivacije je ponderirana funkcija tretirane grupe kojoj dodajemo grešku. Primijetimo da  $\varepsilon_1$  iz jednađbe odgovara pripadajućoj grešci  $G_1$  sa slike 1.3. Za rezultate testa definiramo:

$$Y_2 = \beta_{21}Y_1 + \gamma_{21}X_1 + \varepsilon_2. \quad (1.11)$$

Vidimo da su rezultati testa zbroj ponderiranih funkcija tretmana grupe i razine motivacije kojem dodajemo pripadajuću grešku.

Za računanje kovarijance između tretmana grupe ( $X_1$ ) i stupnja motivacije ( $Y_1$ ) primjenjujemo jednadžbu za  $Y_1$ :

$$COV(X_1, Y_1) = COV(X_1, \gamma_{11}X_1 + \varepsilon_1). \quad (1.12)$$

U nastavku slijedi:

$$COV(X_1, Y_1) = COV(X_1, \gamma_{11}X_1) + COV(X_1, \varepsilon_1). \quad (1.13)$$

Zadnji član jednadžbe je jednak nuli s obzirom na pretpostavku da nema kovarijance između grešaka i drugih varijabli. Sada iz (1.9) imamo:

$$COV(X_1, Y_1) = \gamma_{11}COV(X_1, X_1). \quad (1.14)$$

Kovarijanca varijable same sa sobom je varijanca pa slijedi:

$$COV(X_1, Y_1) = \gamma_{11}\sigma_{x_1x_1}^2. \quad (1.15)$$

Dakle, procijenjena populacijska kovarijanca varijabli  $X_1$  i  $Y_1$  jednaka je umnošku koeficijenta putanje i varijance od  $X_1$ .

Pričamo o populacijskoj kovarijanci između  $X_1$  i  $Y_1$  procijenjenjoj prema modelu. Ako je model dobar, produkt  $\gamma_{11}\sigma_{x_1x_1}^2$  daje kovarijancu koja je jako slična uzoračkoj kovarijanci.

Na jednak način računamo kovarijancu između  $Y_1$  i  $Y_2$ :

$$\begin{aligned} COV(Y_1, Y_2) &= COV(\gamma_{11}X_1 + \varepsilon_1, \beta_{21}Y_1 + \gamma_{21}X_1 + \varepsilon_2) \\ &= COV(\gamma_{11}X_1, \beta_{21}Y_1) + COV(\gamma_{11}X_1, \gamma_{21}X_1) + COV(\gamma_{11}X_1, \varepsilon_2) \\ &\quad + COV(\varepsilon_1, \beta_{21}Y_1) + COV(\varepsilon_1, \gamma_{21}X_1) + COV(\varepsilon_1, \varepsilon_2) \\ &= COV(\gamma_{11}X_1, \beta_{21}Y_1) + COV(\gamma_{11}X_1, \gamma_{21}X_1), \end{aligned} \quad (1.16)$$

s obzirom na to da greške  $\varepsilon_1$  i  $\varepsilon_2$  ne koreliraju ni s jednom od ostalih varijabli.

Sve procijenjene kovarijance u modelu mogu biti izvedene na isti način, ali, kao što je to vidljivo već na manjem primjeru, algebra kovarijanci brzo se može zakomplicirati. Poanta ovog primjera je da koristimo algebru kovarijanci kako bismo procijenili parametre koje potom koristimo za procjenu populacijske matrice kovarijanci.

Više o samoj teorijskoj pozadini strukturalnog modeliranja može se pronaći u [8].

## Poglavlje 2

# Podatci i opisna statistika: PISA 2009

### 2.1 Izvor podataka

Za potrebe ovog diplomskog rada koristit ćemo javno dostupne rezultate PISA testova.

Projekt PISA (eng. *The Programme for International Student Assessment*) uključuje međunarodna istraživanja koja provodi organizacija OECD (eng. *The Organisation for Economic Co-operation and Development*) u zemljama članicama i onima koje to nisu. Svrha istraživanja je procjena znanja i vještina učenika u dobi od oko 15 godina. Područja u kojima se učenici procjenjuju su matematika, znanost i čitanje, a ispituju se na temelju znanja i rješavanja problemskih zadataka.

Istraživanja su osnovana s ciljem ocjenjivanja razine obrazovanja među mladima u glavnim industrijskim zemljama. Prvo PISA istraživanje je provedeno 2000. godine, a od tada se provode svakih 3 godine. Zahvaljujući tome imamo usporedive podatke koje zemljama sudionicima daju priliku za poboljšanje svoje obrazovne politike i ishoda. Zadnji dostupni rezultati PISA istraživanja su iz 2015. godine.

Metodu strukturalnog modeliranja provest ćemo na rezultatima PISA istraživanja iz 2009. godine. U sklopu PISA istraživanja 2009. ukupno je testirano oko 470 000 učenika u 65 zemalja sudionica što čini reprezentativni uzorak za oko 26 milijuna petnaestogodišnjih učenika. U većini zemalja procjenjivanje se provodilo na uzorku od približno 4 500 do 10 000 učenika, pri čemu je najmanji uzorak ostvaren u Lihtenštajnu (329 učenika), a najveći u Meksiku (38 250 učenika).

### 2.2 Opis uzorka

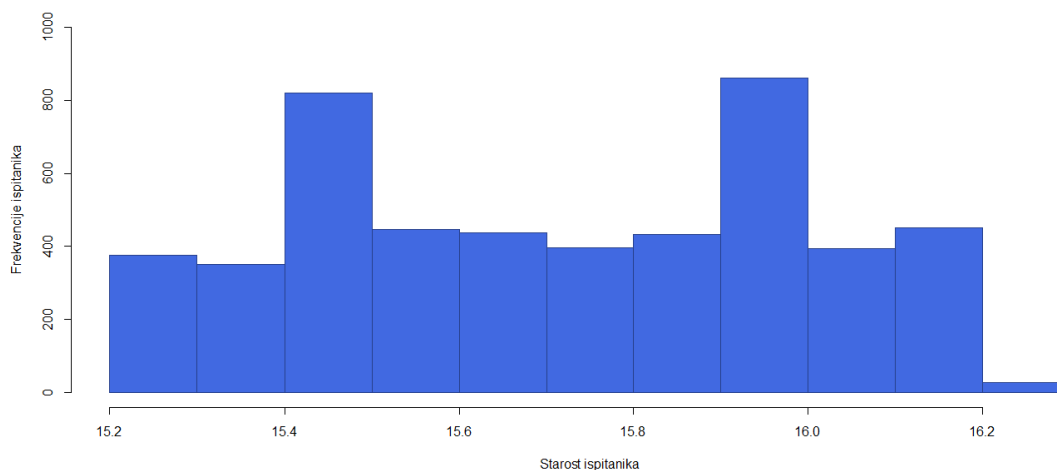
U ovom odjeljku bavit ćemo se pregledom i opisnom analizom uzorka na kojem ćemo primijeniti metodu strukturalnog modeliranja. Koristimo rezultate PISA istraživanja provedenog 2009. godine na učenicima u Republici Hrvatskoj. Istraživanje je provedeno u raz-

doblju od 9. ožujka do 19. travnja 2009. godine na uzorku od 4 994 učenika raspoređenih u 156 srednjih i 2 osnovne škole. Testirani su učenici rođeni 1993. godine.

Kako bi dobiveni podaci bili pouzdani i usporedivi na međunarodnoj razini, puno pažnje se pridodaje reprezentativnosti uzorka svih zemalja sudionica. Ostvarivanje reprezentativnosti uzorka odvija se u dvije etape. Prvu etapu čini odabir škola koji se generirao eksplicitnom i implicitnom stratifikacijom. Eksplicitnu stratifikaciju su uvjetovali dominantni program škole i stupanj urbanizacije naselja u kojem se škola nalazi dok je implicitnu stratifikaciju činila podjela škola s obzirom na županije. U drugoj etapi generiranja reprezentativnog uzorka odabiru se učenici iz prethodno odabranih škola. S obzirom na to da razlike između obrazovnih sustava sudionika istraživanja onemogućavaju odabir učenika na temelju kategorija razreda, uzorak se definira na temelju dobi učenika. Sukladno tome, uzorak u svim zemljama čine učenici u dobi od 15 godina i 3 mjeseca do 16 godina i 2 mjeseca. Više detalja o metodologiji odabira sudionika istraživanja može se pronaći u [3].

Za testiranje je predviđen uzorak od 5 471 učenika, od čega je testiranju prisustvovalo 5 033 učenika. Konačno ostvaren uzorak Republike Hrvatske čine 4 994 učenika. Sve međunarodne i nacionalne analize su izvršene na navedenom uzorku.

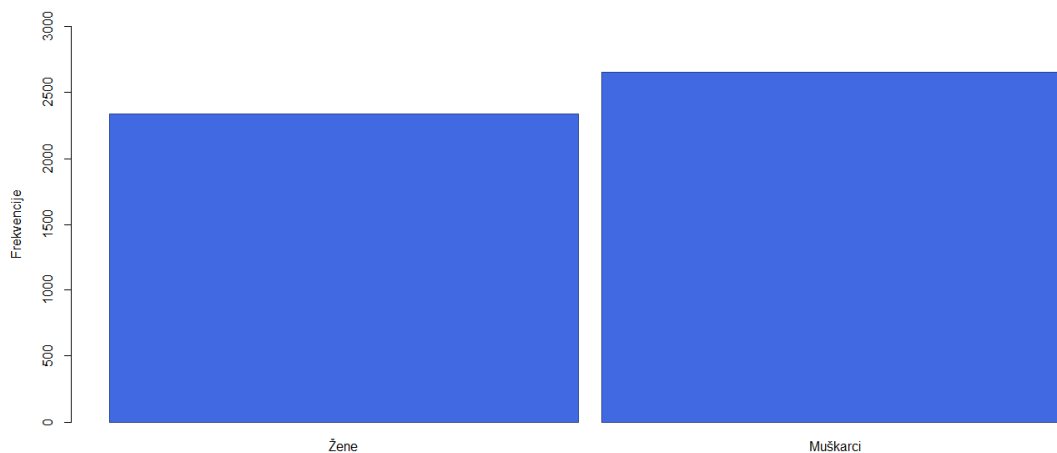
U nastavku prikazujemo osnovna obilježja učenika koji su sudjelovali u istraživanju. Korišteni grafički prikazi generirani su u statističkom programu R. Kao što smo već i naveli, uzorak čine učenici u dobi od 15 godina i 3 mjeseca do 16 godina i 2 mjeseca. Histogram koji prikazuje frekvencije ispitanika prema starosti nalazi se na slici 2.1.



Slika 2.1: Histogram starosti ispitanika

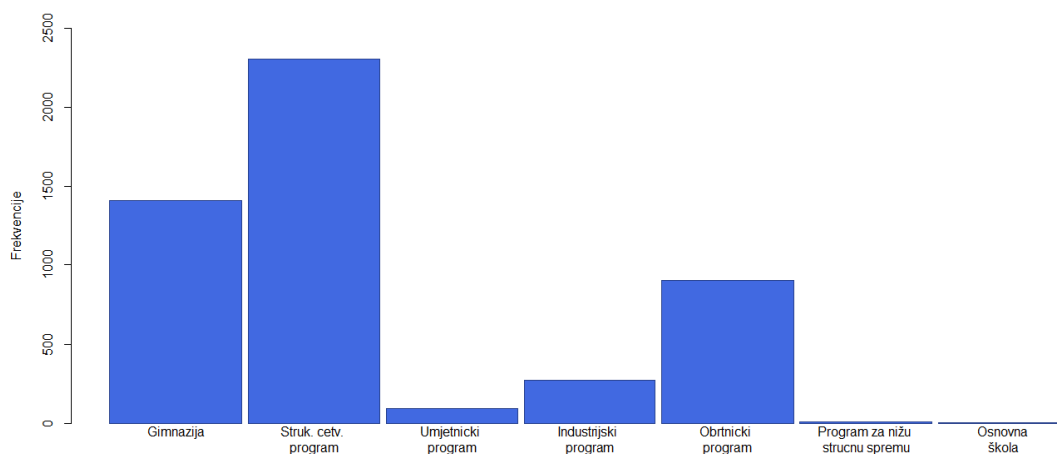
Na slici 2.2 prikazana je podjela uzorka po spolu. Ukupno ostvareni uzorak čini 46.88%

žena i 53.12% muškaraca.



Slika 2.2: Podjela po spolu

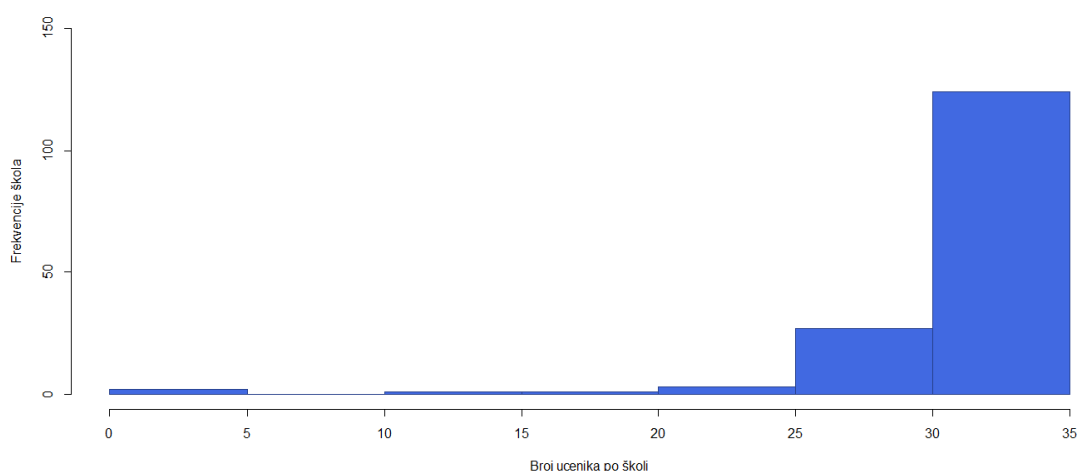
Na slici 2.3 prikazana je zastupljenost učenika prema dominantnom programu škole koju pohađaju. Dominantni programi zahvaćeni PISA istraživanjem 2009. godine su Osnovna škola, Program za nižu stručnu spremu, Umjetnički program, Industrijski program, Obrtnički program, Gimnazija i Strukovni četverogodišnji program čiji polaznici čine čak 46.14% uzorka.



Slika 2.3: Zastupljenost dominantnih programa škola

Osnovna škola je najmanje zastupljen program što je u skladu s činjenicom da većina redovnih učenika u ciljanoj dobi istraživanja pohađaju srednju školu. U vrijeme istraživanja, 2 sudionika su pohađala osnovnu školu, 3 892 sudionika 1. razred srednje škole, dok je njih 1 100 tada pohađalo 2. razred srednje škole.

Ukupno 158 škola na području Republike Hrvatske je sudjelovalo u istraživanju. Na histogramu na slici 2.4 prikazan je broj škola prema broju predstavnika (učenika). Iz priloženog je vidljivo da je najveći broj škola sudionika imao 31-35 predstavnika.



Slika 2.4: Prikaz broja škola prema broju predstavnika

## 2.3 Upitnik

Kao što smo već naveli, pri evaluaciji modela koristimo pitanja iz PISA istraživanja i rezultate testova čitanja.

Za potrebe ovog rada koristimo tri pitanja sa pripadajućim potpitanjima. Pitanje 24 sadrži 11 potpitanja koja se odnose na učenikov stav prema čitanju. Odgovori na navedena potpitanja su na skali 1-4. Pitanje 26 sadrži 7 potpitanja koja se odnose na navike čitanja koristeći tehnologiju. Odgovori na navedena potpitanja su na skali 1-5. Pitanje 27 sadrži inicijalno sadrži 13 potpitanja koja se odnose na navike učenja učenika, no u ovom radu koristit ćemo samo njih 8 koji su vezani uz samokontrolu. Odgovori na navedena potpitanja su na skali 1-4.

Uz tekst svakog potpitanja navodimo i oznake varijabli koje ćemo koristiti u nastavku rada. Također, pored teksta pitanja navedene su i oznake na dijagramu putanje koje ćemo



koristiti za prikaz dijagrama putanje modela. Oznake na dijagramu putanje predstavljaju skraćeni sadržaj potpitanja. Sadržaj pitanja i potpitanja nalazi se u nastavku:

## PITANJE 24

U kojoj mjeri se slažeš ili ne sa sljedećim tvrdnjama u vezi sa čitanjem? *Ponuđeni odgovori su: 1- "Uopće se ne slažem", 2- "Ne slažem se", 3- "Slažem se", 4- "U potpunosti se slažem".*

| Varijabla | Tekst potpitanja                                      | Oznaka na dijagramu putanje        |
|-----------|---|------------------------------------|
| ST24Q01   | Čitam samo ako moram                                  | Čitam samo ako moram               |
| ST24Q02   | Čitanje je jedan od mojih omiljenih hobija            | Omiljeni hobi                      |
| ST24Q03   | Volim pričati o knjigama s drugim osobama             | Rasprava o knjigama                |
| ST24Q04   | Teško mi je pročitati knjigu do kraja                 | Teško je pročitati knjigu do kraja |
| ST24Q05   | Sretan/na sam kada dobijem knjigu na poklon           | Volim dobiti knjigu kao poklon     |
| ST24Q06   | Za mene osobno, čitanje je trošenje vremena           | Trošenje vremena                   |
| ST24Q07   | Uživam kada idem u knjižaru ili biblioteku            | Uživam u posjetu knjižnici         |
| ST24Q08   | Čitam samo da dobijem potrebne informacije            | Izvor potrebnih informacija        |
| ST24Q09   | Ne mogu mirno sjediti i čitati duže od par minuta     | Ne mogu dugo sjediti i čitati      |
| ST24Q10   | Volim izraziti mišljenje o knjigama koje sam pročitao | Volim izraziti mišljenje o knjizi  |
| ST24Q11   | Volim razmjenjivati knjige s prijateljima             | Volim razmjenu knjiga              |

## PITANJE 26

Koliko često se baviš sljedećim aktivnostima u vezi sa čitanjem? *Ponuđeni odgovori su: 1- "Ne znam što je to", 2- "Nikada ili skoro nikada", 3- "Nekoliko puta mjesečno", 4- "Nekoliko puta tjedno", 5- "Nekoliko puta dnevno".*

| Varijabla | Tekst potpitanja   | Oznaka na dijagramu putanje |
|-----------|--|-----------------------------|
| ST26Q01   | Čitanje elektronske pošte (e-mail)   | Čitanje e-mailova           |
| ST26Q02   | Online chat  | Online chat                 |
| ST26Q03   | Čitanje vijesti na internetu   | Čitanje vijesti online      |
| ST26Q04   | Korištenje rječnika ili enciklopedija na internetu   | Korištenje online rječnika  |
| ST26Q05   | Traženje informacija na internetu kako bih naučio nešto o određenoj temi                   | Određene teme               |
| ST26Q06   | Sudjelovanje u grupnim diskusijama ili forumima na internetu                               | Grupne diskusije            |
| ST26Q07   | Traženje praktičnih informacija na internetu (npr. raspoređi, događaji, obavijesti, upute) | Praktične informacije       |

## PITANJE 27

Kada učiš, koliko često radiš nešto od navedenog? *Ponudeni odgovori su: 1-”Skoro nikada”, 2-”Ponekad”, 3-”Često”, 4-”Skoro uvijek”.*

| Varijabla | Tekst potpitanja  | Oznaka na dijagramu putanje   |
|-----------|---|-------------------------------|
| ST27Q01   | Kada učim, trudim se zapamtiti sve što je pokriveno tekstem   | -                             |
| ST27Q02   | Kada učim, počinjem tako što se trudim shvatiti što točno trebam naučiti                            | Otkrivanje bitnog sadržaja    |
| ST27Q03   | Kada učim, trudim se zapamtiti što je moguće više detalja   | -                             |
| ST27Q04   | Kada učim, trudim se povezati nove informacije s prethodnim znanjem iz drugih predmeta              | Povezivanje informacija       |
| ST27Q05   | Kada učim, čitam tekst toliko puta da ga mogu ponoviti napamet                                      | Opetovano čitanje             |
| ST27Q06   | Kada učim, provjeravam razumijem li ono što sam pročitao  | Provjera razumijevanja        |
| ST27Q07   | Kada učim, čitam tekst ponovno i ponovno  | -                             |
| ST27Q08   | Kada učim, trudim se shvatiti kako te informacije mogu biti iskorištene van škole                   | -                             |
| ST27Q09   | Kada učim, trudim se shvatiti koje pojmove još nisam u potpunosti razumio                           | Definiranje nejasnog sadržaja |
| ST27Q10   | Kada učim, trudim se bolje razumjeti gradivo tako što ga povezujem s vlastitim iskustvom            | Povezivanje s iskustvom       |
| ST27Q11   | Kada učim, trudim se biti siguran da ću zapamtiti najvažnije stvari u tekstu                        | Važne informacije             |
| ST27Q12   | Kada učim, trudim se shvatiti kako se informacije iz teksta uklapaju u događanja iz stvarnog života | -                             |
| ST27Q13   | Kada učim i ne razumijem nešto, potražim dodatne informacije da bih to razjasnio                    | Dodatne informacije           |

Jedina neprekidna varijabla koju koristimo je Ostvareni rezultat u čitanju. PISA istraživanje inicijalno sadrži 5 rezultata testova čitanja koja su različita s obzirom na ponderiranje, a Ostvareni rezultat u čitanju je varijabla dobivena kao prosjek navedenih 5 rezultata. Oznaka pripadne varijable koju ćemo koristiti u nastavku rada je *AVGREAD*.

## 2.4 Opisna statistika

U nastavku je prikazana opisna statistika podataka koje koristimo pri evaluaciji modela. Postotci odgovora ordinalnih varijabli su prikazani u tablici 2.1.

| Varijabla | Postotak<br>odgovora<br>"1" | Postotak<br>odgovora<br>"2" | Postotak<br>odgovora<br>"3" | Postotak<br>odgovora<br>"4" | Postotak<br>odgovora<br>"5" | Broja<br>podataka | Broj<br>podataka<br>koji<br>nedostaju |
|-----------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| ST24Q01   | 15%                         | 39%                         | 36%                         | 10%                         |                             | 4 979             | 15                                    |
| ST24Q02   | 29%                         | 50%                         | 17%                         | 4%                          |                             | 4 972             | 22                                    |
| ST24Q03   | 26%                         | 40%                         | 28%                         | 6%                          |                             | 4 964             | 30                                    |
| ST24Q04   | 21%                         | 43%                         | 28%                         | 8%                          |                             | 4 976             | 18                                    |
| ST24Q05   | 25%                         | 34%                         | 34%                         | 6%                          |                             | 4 965             | 29                                    |
| ST24Q06   | 28%                         | 45%                         | 18%                         | 8%                          |                             | 4 966             | 28                                    |
| ST24Q07   | 21%                         | 41%                         | 32%                         | 7%                          |                             | 4 957             | 37                                    |
| ST24Q08   | 10%                         | 32%                         | 42%                         | 16%                         |                             | 4 963             | 31                                    |
| ST24Q09   | 32%                         | 43%                         | 18%                         | 7%                          |                             | 4 969             | 25                                    |
| ST24Q10   | 15%                         | 30%                         | 40%                         | 15%                         |                             | 4 967             | 27                                    |
| ST24Q11   | 27%                         | 38%                         | 26%                         | 8%                          |                             | 4 973             | 21                                    |
| ST26Q01   | 1%                          | 21%                         | 19%                         | 30%                         | 30%                         | 4 964             | 30                                    |
| ST26Q02   | 1%                          | 20%                         | 9%                          | 19%                         | 51%                         | 4 957             | 37                                    |
| ST26Q03   | 1%                          | 24%                         | 23%                         | 28%                         | 24%                         | 4 955             | 39                                    |
| ST26Q04   | 1%                          | 23%                         | 36%                         | 26%                         | 13%                         | 4 966             | 28                                    |
| ST26Q05   | 1%                          | 8%                          | 32%                         | 36%                         | 24%                         | 4 961             | 33                                    |
| ST26Q06   | 3%                          | 56%                         | 20%                         | 11%                         | 10%                         | 4 958             | 36                                    |
| ST26Q07   | 2%                          | 28%                         | 37%                         | 22%                         | 11%                         | 4 968             | 26                                    |
| ST27Q01   | 3%                          | 23%                         | 41%                         | 33%                         |                             | 4 979             | 15                                    |
| ST27Q02   | 3%                          | 16%                         | 41%                         | 41%                         |                             | 4 972             | 22                                    |
| ST27Q03   | 3%                          | 20%                         | 42%                         | 35%                         |                             | 4 954             | 40                                    |
| ST27Q04   | 8%                          | 35%                         | 35%                         | 22%                         |                             | 4 966             | 28                                    |
| ST27Q05   | 27%                         | 35%                         | 22%                         | 15%                         |                             | 4 968             | 26                                    |
| ST27Q06   | 5%                          | 26%                         | 40%                         | 30%                         |                             | 4 955             | 39                                    |
| ST27Q07   | 6%                          | 26%                         | 38%                         | 30%                         |                             | 4 954             | 40                                    |
| ST27Q08   | 18%                         | 44%                         | 26%                         | 11%                         |                             | 4 960             | 34                                    |
| ST27Q09   | 8%                          | 39%                         | 39%                         | 14%                         |                             | 4 963             | 31                                    |
| ST27Q10   | 11%                         | 36%                         | 36%                         | 16%                         |                             | 4 943             | 51                                    |
| ST27Q11   | 2%                          | 17%                         | 44%                         | 37%                         |                             | 4 949             | 45                                    |
| ST27Q12   | 17%                         | 45%                         | 28%                         | 10%                         |                             | 4 968             | 26                                    |
| ST27Q13   | 14%                         | 40%                         | 30%                         | 17%                         |                             | 4 977             | 17                                    |

Tablica 2.1: Opisna statistika ordinalnih varijabli

Sadržaj navedenih varijabli detaljno je opisan u odjeljku 2.3. Opisna statistika numeričke varijable *Ostvareni rezultat u čitanju (AVGREAD)* nalazi se u tablici 2.2.

| Varijabla | Minimum | Maksimum | Aritmetička sredina | Standardna devijacija | Broj podataka | Broj podataka koji nedostaju |
|-----------|---------|----------|---------------------|-----------------------|---------------|------------------------------|
| AVGREAD   | 141.31  | 715.66   | 475.54              | 84.70                 | 4 994         | 0                            |

Tablica 2.2: Opisna statistika varijable *Ostvareni rezultat u čitanju*

U evaluaciji navika čitanja, učenici su u najvećoj mjeri izjavili da *Čitaju samo da dobiju potrebne informacije, Čitaju samo ako moraju* te da čitaju jer *Vole izraziti mišljenje o knjigama koje su pročitali*. Najmanji broj njih je naveo da im je čitanje *Omiljeni hobi*.

Što se navika korištenja tehnologije za potrebe čitanja tiče, učenici ju najčešće koriste za *Online chat, Čitanje elektroničke pošte i Čitanje vijesti na internetu*. Oni nisu skloni korištenju tehnologije za *Sudjelovanje u grupnim diskusijama ili forumima na internetu*.

Tijekom učenja, najčešće *Počinju tako što se trude shvatiti što točno trebaju naučiti i Trude se biti sigurni da će zapamtiti najvažnije stvari u tekstu*.

U tablici 2.1 vidimo da na evaluiranim potpitanjima postoji značajan broj podataka koji nedostaju. Tim podacima se bavimo u sljedećem odjeljku.

## 2.5 Nadopunjavanje podataka koji nedostaju

Podatci koji nedostaju (eng. *Missing data*) u određenom uzorku mogu stvarati probleme pri obradi podataka. Takvi podaci otežavaju statističku analizu u značajnoj razini. Ako jednostavno uklonimo ispitanike koji na neke od pitanja nisu odgovorili, možemo izgubiti značajnu količinu iskoristivih podataka, odgovore koji su regularno odgovoreni.

Kako bismo izbjegli scenarij gubljenja iskoristivih podataka, koristimo paket *Amelia II* koji se nalazi unutar statističkog programa R.

### Amelia II

*Amelia II* omogućava korisnicima popunjavanje nepotpunih podataka kako bi analize potrebnih promatranja mogle koristiti sve dostupne informacije. Na taj načini izbjegavaju se

pomak i netočnost rezultata uzrokovani uklanjanjem svih nepotpunih opservacija. Popunjavanje podataka radi na temelju višestrukih imputacija. Višestruke imputacije se koriste za analizu nepotpunih multivarijatnih podataka. Program iz nepotpunih podataka kreira  $m$  različitih potpunih skupova podataka koristeći potrebne statistike gdje početni podatci ostaju nepromijenjeni, a podatci koji nedostaju se popunjavaju.

U nastavku donosimo R kod za nadopunjavanje podataka koji nedostaju. Za potrebe nadopunjavanja sve ordinalne varijable postaju numeričke. Datoteka WORK.HRVATSKA sadrži inicijalne rezultate testova koje koristimo za strukturalno modeliranje.

```
require(Amelia)
amelia(x = WORK.HRVATSKA, m = 1, idvars = c("CNT", "TESTLANG", "VER_STU"),
ts = NULL, cs = NULL, priors = NULL, lags = NULL, empri = 0,
intercs = FALSE, leads = NULL, splinetime = NULL, logs = NULL,
sqrtts = NULL, lgstc = NULL, ords = NULL, noms = NULL, bounds = NULL,
max.resample = 1000, tolerance = 1e 04)
```

Opisna statistika nadopunjenih podataka nalazi se u tablici 2.3.

| Varijabla | Minimum | Maksimum | Aritmetička sredina | Standardna devijacija | Broj podataka | Broj podataka koji nedostaju |
|-----------|---------|----------|---------------------|-----------------------|---------------|------------------------------|
| ST24Q01   | 0.39    | 4.00     | 2.41                | 0.87                  | 4 994         | 0                            |
| ST24Q02   | 0.41    | 4.00     | 1.97                | 0.79                  | 4 994         | 0                            |
| ST24Q03   | -0.26   | 4.00     | 2.13                | 0.86                  | 4 994         | 0                            |
| ST24Q04   | 0.55    | 4.13     | 2.23                | 0.87                  | 4 994         | 0                            |
| ST24Q05   | 0.10    | 4.42     | 2.22                | 0.90                  | 4 994         | 0                            |
| ST24Q06   | -0.08   | 4.00     | 2.07                | 0.89                  | 4 994         | 0                            |
| ST24Q07   | 0.73    | 4.00     | 2.26                | 0.87                  | 4 994         | 0                            |
| ST24Q08   | 1.00    | 4.60     | 2.64                | 0.86                  | 4 994         | 0                            |
| ST24Q09   | 1.00    | 4.14     | 2.00                | 0.89                  | 4 994         | 0                            |
| ST24Q10   | 0.78    | 4.28     | 2.54                | 0.92                  | 4 994         | 0                            |
| ST24Q11   | -0.07   | 4.30     | 2.15                | 0.91                  | 4 994         | 0                            |
| ST26Q01   | 1.00    | 5.48     | 3.66                | 1.14                  | 4 994         | 0                            |
| ST26Q02   | 1.00    | 6.64     | 4.00                | 1.21                  | 4 994         | 0                            |
| ST26Q03   | 0.97    | 5.00     | 3.51                | 1.12                  | 4 994         | 0                            |
| ST26Q04   | 0.12    | 5.00     | 3.25                | 1.00                  | 4 994         | 0                            |
| ST26Q05   | 0.96    | 5.00     | 3.73                | 0.93                  | 4 994         | 0                            |
| ST26Q06   | 0.16    | 5.00     | 2.68                | 1.04                  | 4 994         | 0                            |
| ST26Q07   | 1.00    | 5.00     | 3.11                | 1.00                  | 4 994         | 0                            |
| ST27Q01   | 0.96    | 4.34     | 3.03                | 0.82                  | 4 994         | 0                            |
| ST27Q02   | 0.35    | 4.21     | 3.19                | 0.79                  | 4 994         | 0                            |
| ST27Q03   | 1.00    | 5.03     | 3.09                | 0.81                  | 4 994         | 0                            |
| ST27Q04   | 0.77    | 4.24     | 2.72                | 0.90                  | 4 994         | 0                            |
| ST27Q05   | 0.60    | 4.56     | 2.26                | 1.02                  | 4 994         | 0                            |
| ST27Q06   | -0.34   | 4.62     | 2.94                | 0.86                  | 4 994         | 0                            |
| ST27Q07   | 1.00    | 4.38     | 2.91                | 0.90                  | 4 994         | 0                            |
| ST27Q08   | 0.38    | 4.27     | 2.31                | 0.89                  | 4 994         | 0                            |
| ST27Q09   | 1.00    | 4.00     | 2.60                | 0.83                  | 4 994         | 0                            |
| ST27Q10   | 0.67    | 4.02     | 2.57                | 0.89                  | 4 994         | 0                            |
| ST27Q11   | 1.00    | 4.90     | 3.16                | 0.78                  | 4 994         | 0                            |
| ST27Q12   | 1.00    | 4.19     | 2.30                | 0.87                  | 4 994         | 0                            |
| ST27Q13   | 0.65    | 4.00     | 2.49                | 0.93                  | 4 994         | 0                            |
| AVGREAD   | 141.31  | 715.66   | 475.54              | 84.70                 | 4 994         | 0                            |

Tablica 2.3: Opisna statistika nadopunjenih podataka

Nadopunjene podatke koristimo u nastavku ovog rada pri evaluaciji modela.

## Poglavlje 3

# Evaluacija modela u SAS-u

### 3.1 Strukturalno modeliranje u SAS-u

Za obradu modela u ovom diplomskom radu koristimo statistički paket SAS. Riječ je o programskom paketu razvijenom 1976. godine od strane SAS Instituta za naprednu i multivarijatnu analizu, poslovnu inteligenciju, upravljanje podacima i prediktivnu analitiku.

Strukturalno modeliranje u SAS-u je podržano procedurom CALIS.

CALIS proceduru koristimo za analizu kovarijance, prilagodbu sustava linearnih strukturalnih jednadžbi i analizu putanje. Ovi pojmovi su više ili manje slični, ali naglašavaju različite aspekte analize. Analiza kovarijance odnosi se na formulaciju modela za varijance i kovarijance među skupom varijabli i prilagodbi modela prema promatranoj matrici kovarijance. U linearnim strukturalnim jednadžbama model je formuliran kao sustav jednadžbi koje se odnose na nekoliko slučajnih varijabli s pretpostavkama o varijancama i kovarijancama. U analizi putanje, model je formuliran kao dijagram putanje u kojem strelice, koje povezuju varijable, predstavljaju varijance, kovarijance i regresijske koeficijente (koeficijenti putanja). Modeli putanja i linearni modeli strukturalnih jednadžbi mogu se pretvoriti u modele matrice kovarijance i mogu se prilagoditi metodama analize kovarijance. Sve ove metode podržavaju upotrebu hipotetskih latentnih varijabli i mjerenje pogrešaka u modelima.

#### CALIS procedura

Procedura omogućava analizu modela strukturalnog modeliranja. Analizira odnose između grupa varijabli koje mogu biti mjerene ili hipotetske latentne. CALIS procedura unutar SAS programa omogućava:

- procjenu parametara i test hipoteza za višestruke i multivarijatne linearne regresije, linearne modele mjerenja pogrešaka, analizu putanje i kauzalno modeliranje, modele



simultanih jednadžbi, eksplorativnu i faktorsku analizu, kanonsku korelaciju i širok raspon drugih modela (ne)linearnih latentnih varijabli

- procjenu parametara koristeći metode najmanjih kvadrata i maksimalne vjerodostojnosti
- specifikaciju modela koristeći različite modularne jezike (FACTOR, LINEQS, LISMOD, MSTRUCT, PATH, RAM, REFMODEL)
- korištenje različitih algoritama za optimizaciju (npr. Levenberg-Marquardt)
- korištenje različitih metoda za automatsko generiranje početnih vrijednosti potrebnih za optimizaciju procesa
- određivanje slobodnih parametara
- analizu linearne zavisnosti u matrici za otkrivanje neidentificiranih modela
- analizu više grupa varijabli
- određivanje linearnih i nelinearnih jednadžbi i nejednakosti s obzirom na parametre u nekoliko različitih varijacija ovisno o unesenim varijablama
- računanje Lagrangeovog multiplikatora
- generiranje skupa podataka s optimalnim procjenama parametara
- generiranje skupa podataka koji sadrži rezidualne i faktore opterećenja za eksplorativnu analizu
- analizu više uzoraka jednake veličine koristeći dijagonalne podmatrice
- analizu reziduala na razini slučaja ili promatranja
- robusnu procjenu temeljenu na ponderiranju reziduala
- računanje indeksa prikladnosti
- računanje ponderiranih kovarijanci i korelacija
- generiranje ispisa rezultata prikladnog bilo kojoj izlaznoj tablici
- kreiranje različitih vrsta dijagrama

U ovom radu pomoću CALIS procedure analizirat ćemo tri modela strukturalnog modeliranja. Modeli koji koristimo za strukturalno modeliranje generirani su u radu [5].

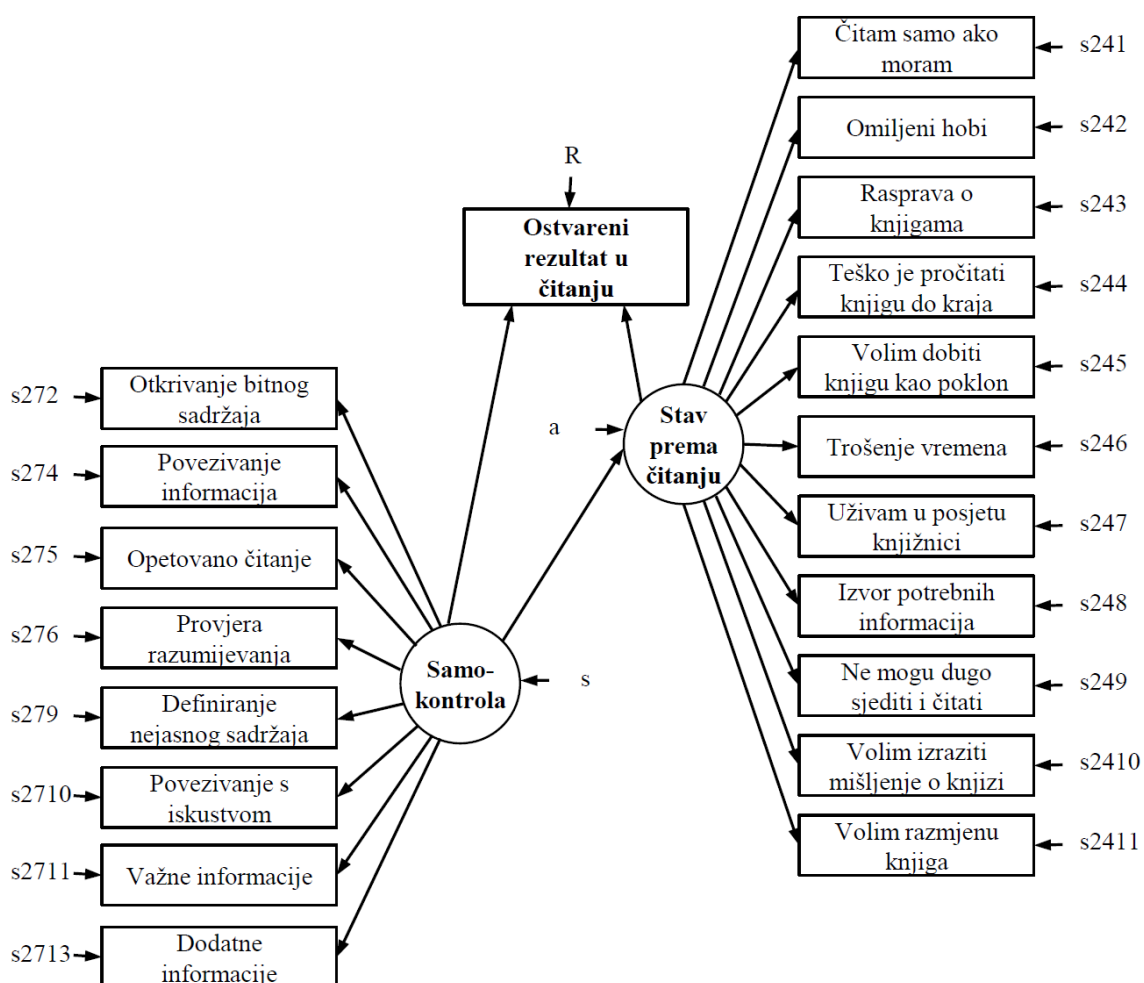
Svaki od modela ćemo prvo opisati i kontekstualizirati. Zatim ćemo navesti SAS programski kod i izlazne podatke korištene SAS procedure. Izlazne podatke ćemo prikazati u obliku ispisa rezultata iz SAS-a. Komentirat ćemo rezultate svih modela i u konačnici usporediti evaluirane modele.

Podatci koje obrađujemo nalaze se u datoteci WORK.HRVATSKA.FULL. Pri generiranju latentnih varijabli u SAS kodu koristit ćemo oznaku *Tech* za varijablu koja predstavlja korištenje tehnologije za čitanje, *Self* za varijablu koja predstavlja samokontrolu i oznaku *Attit* za varijablu koja predstavlja stav učenika prema čitanju. Oznake koje ćemo koristiti u prikazu dijagrama putanje za navedene varijable su redom *Online učenje*, *Samokontrola* i *Stav prema čitanju*.

## 3.2 Model 1

### Dijagram putanje

U Model 1 uključujemo latentne varijable *Samokontrola* i *Stav prema učenju*. Obje latentne varijable su korištene za procjenu *Ostvarenog rezultata u čitanju*. Na slici 3.1 nalazi se pripadni dijagram putanje. U nastavku navodimo pripadni SAS kod kojim provjeravamo adekvatnost modela za procjenu *Ostvarenog rezultata u čitanju*.



Slika 3.1: Dijagram putanje strukturalnog Modela 1. Oznake s272-s2713, s241-s2411, s, a i R predstavljaju greške varijabli prema kojima su usmjerene.

## SAS kod Modela 1

```
proc calis data=WORK.HRVATSKA.FULL;
path

Self > ST27Q02 = s2,
Self > ST27Q04 = s4,
Self > ST27Q05 = s5,
Self > ST27Q06 = s6,
Self > ST27Q09 = s9,
```

```
Self > ST27Q10 = s10 ,
Self > ST27Q11 = s11 ,
Self > ST27Q13 = s13 ,

Attit > ST24Q01 = a1 ,
Attit > ST24Q02 = a2 ,
Attit > ST24Q03 = a3 ,
Attit > ST24Q04 = a4 ,
Attit > ST24Q05 = a5 ,
Attit > ST24Q06 = a6 ,
Attit > ST24Q07 = a7 ,
Attit > ST24Q08 = a8 ,
Attit > ST24Q09 = a9 ,
Attit > ST24Q10 = a10 ,
Attit > ST24Q11 = a11 ,

Self > Attit = sa ,
Self > AVGREAD = sR ,
Attit > AVGREAD = aR ;

pvar

ST27Q02 = s272 ,
ST27Q04 = s274 ,
ST27Q05 = s275 ,
ST27Q06 = s276 ,
ST27Q09 = s279 ,
ST27Q10 = s2710 ,
ST27Q11 = s2711 ,
ST27Q13 = s2713 ,

ST24Q01 = s241 ,
ST24Q02 = s242 ,
ST24Q03 = s243 ,
ST24Q04 = s244 ,
ST24Q05 = s245 ,
ST24Q06 = s246 ,
ST24Q07 = s247 ,
ST24Q08 = s248 ,
ST24Q09 = s249 ,
ST24Q10 = s2410 ,
ST24Q11 = s2411 ,

Self = s ,
Attit = a ,
AVGREAD = R ;

fitindex noindextype on(only)=[chisq df probchi BENTLERNFI BENTLERNNFI
RMSEA CFI bentlercfi RMSR SRMSR GFI];
run ;
```

Ispis rezultata navedenog SAS koda za evaluaciju adekvatnosti Modela 1 nalazi se na slikama 3.2 - 3.15.

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Model and Initial Values

| Modeling Information          |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| Maximum Likelihood Estimation |                    |
| Data Set                      | WORK.HRVATSKA_FULL |
| N Records Read                | 4994               |
| N Records Used                | 4994               |
| N Obs                         | 4994               |
| Model Type                    | PATH               |
| Analysis                      | Covariances        |

| Variables in the Model   |          |   |
|--|----------|---|
| Endogenous   | Manifest | AVGREAD ST24Q01 ST24Q02 ST24Q03 ST24Q04 ST24Q05 ST24Q06 ST24Q07 ST24Q08 ST24Q09 ST24Q10 ST24Q11 ST27Q02 ST27Q04 ST27Q05 ST27Q06 ST27Q09 ST27Q10 ST27Q11 ST27Q13 |
|  | Latent   | Attit   |
| Exogenous  | Manifest |   |
|  | Latent   | Self  |
| Number of Endogenous Variables = 21<br>Number of Exogenous Variables = 1 |          |   |

| Initial Estimates for PATH List |       |         |           |          |
|---------------------------------|-------|---------|-----------|----------|
| Path                            |       |         | Parameter | Estimate |
| Self                            | ====> | ST27Q02 | s2        | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q04 | s4        | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q05 | s5        | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q06 | s6        | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q09 | s9        | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q10 | s10       | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q11 | s11       | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q13 | s13       | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q01 | a1        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q02 | a2        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q03 | a3        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q04 | a4        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q05 | a5        | .        |

Slika 3.2: Popis varijabli i putanja za Model 1 (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Model and Initial Values

| Initial Estimates for PATH List |       |         |           |          |
|---------------------------------|-------|---------|-----------|----------|
| Path                            |       |         | Parameter | Estimate |
| Attit                           | ====> | ST24Q06 | a6        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q07 | a7        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q08 | a8        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q09 | a9        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q10 | a10       | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q11 | a11       | .        |
| Self                            | ====> | Attit   | sa        | .        |
| Self                            | ====> | AVGREAD | sR        | .        |
| Attit                           | ====> | AVGREAD | aR        | .        |

| Initial Estimates for Variance Parameters |          |           |          |
|---|----------|-----------|----------|
| Variance Type                             | Variable | Parameter | Estimate |
| Error                                     | ST27Q02  | s272      | .        |
|   | ST27Q04  | s274      | .        |
|   | ST27Q05  | s275      | .        |
|   | ST27Q06  | s276      | .        |
|   | ST27Q09  | s279      | .        |
|   | ST27Q10  | s2710     | .        |
|   | ST27Q11  | s2711     | .        |
|   | ST27Q13  | s2713     | .        |
|   | ST24Q01  | s241      | .        |
|   | ST24Q02  | s242      | .        |
|   | ST24Q03  | s243      | .        |
|   | ST24Q04  | s244      | .        |
|   | ST24Q05  | s245      | .        |
|   | ST24Q06  | s246      | .        |
|   | ST24Q07  | s247      | .        |
|   | ST24Q08  | s248      | .        |
|   | ST24Q09  | s249      | .        |
|   | ST24Q10  | s2410     | .        |

Slika 3.3: Popis varijabli i putanja za Model 1, nastavak (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Model and Initial Values

| Initial Estimates for Variance Parameters |          |           |          |
|---|----------|-----------|----------|
| Variance Type                             | Variable | Parameter | Estimate |
|   | ST24Q11  | s2411     | .        |
| Exogenous                                 | Self     | s         | .        |
| Error                                     | Attit    | a         | .        |
|   | AVGREAD  | R         | .        |

Slika 3.4: Popis varijabli i putanja za Model 1, nastavak (ispis iz SAS-a)

**The CALIS Procedure**  
**Covariance Structure Analysis: Descriptive Statistics**

| Simple Statistics |         |           |          |
|-------------------|---------|-----------|----------|
| Variable          |         | Mean      | Std Dev  |
| ST24Q01           | ST24Q01 | 2.41163   | 0.86749  |
| ST24Q02           | ST24Q02 | 1.97185   | 0.79467  |
| ST24Q03           | ST24Q03 | 2.12968   | 0.86359  |
| ST24Q04           | ST24Q04 | 2.23019   | 0.87095  |
| ST24Q05           | ST24Q05 | 2.21808   | 0.89712  |
| ST24Q06           | ST24Q06 | 2.06817   | 0.88794  |
| ST24Q07           | ST24Q07 | 2.25557   | 0.86573  |
| ST24Q08           | ST24Q08 | 2.64421   | 0.86151  |
| ST24Q09           | ST24Q09 | 2.00480   | 0.88955  |
| ST24Q10           | ST24Q10 | 2.53999   | 0.92123  |
| ST24Q11           | ST24Q11 | 2.14912   | 0.91206  |
| ST27Q02           | ST27Q02 | 3.19421   | 0.79459  |
| ST27Q04           | ST27Q04 | 2.71893   | 0.89632  |
| ST27Q05           | ST27Q05 | 2.25529   | 1.01895  |
| ST27Q06           | ST27Q06 | 2.94299   | 0.86024  |
| ST27Q09           | ST27Q09 | 2.59619   | 0.82614  |
| ST27Q10           | ST27Q10 | 2.56751   | 0.88825  |
| ST27Q11           | ST27Q11 | 3.15538   | 0.77689  |
| ST27Q13           | ST27Q13 | 2.49280   | 0.92662  |
| AVGREAD           | AVGREAD | 475.53705 | 84.70139 |

Slika 3.5: Opisna statistika analiziranih varijabli za Model 1 (ispis iz SAS-a)



The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Optimization

| Initial Estimation Methods |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1                          | Instrumental Variables Method |
| 2                          | McDonald Method               |
| 3                          | Two-Stage Least Squares       |

| Optimization Start<br>Parameter Estimates     |           |           |            |
|---|-----------|-----------|------------|
| N   | Parameter | Estimate  | Gradient   |
| 1   | s2        | 1.00000   | 0.02270    |
| 2   | s4        | 1.11287   | -0.03205   |
| 3   | s5        | 0.42206   | -0.05459   |
| 4   | s6        | 1.48184   | 0.02873    |
| 5   | s9        | 1.23632   | -0.01955   |
| 6   | s10       | 1.00576   | -0.07136   |
| 7   | s11       | 1.35264   | 0.06666    |
| 8   | s13       | 1.25230   | 0.00181    |
| 9   | a1        | 1.00000   | 0.08099    |
| 10  | a2        | -0.94463  | 0.04784    |
| 11  | a3        | -1.01709  | 0.04712    |
| 12  | a4        | 0.84203   | 0.04726    |
| 13  | a5        | -1.03741  | 0.04194    |
| 14  | a6        | 1.10116   | 0.05820    |
| 15  | a7        | -1.01196  | 0.03011    |
| 16  | a8        | 0.86328   | 0.02836    |
| 17  | a9        | 0.92132   | 0.06948    |
| 18  | a10       | -0.94354  | 0.05911    |
| 19  | a11       | -0.97057  | 0.06438    |
| 20  | sa        | -0.43392  | 0.13915    |
| 21  | sR        | 8.79795   | 0.0002248  |
| 22  | aR        | -58.92460 | -0.0002965 |
| 23  | s272      | 0.47487   | -0.02860   |
| 24  | s274      | 0.60958   | 0.07294    |
| Value of Objective<br>Function = 0.8612913862 |           |           |            |

Slika 3.6: Početna procjena parametara za Model 1 (ispis iz SAS-a)

**The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Optimization**

| Optimization Start<br>Parameter Estimates             |           |          |            |
|---|-----------|----------|------------|
| N   | Parameter | Estimate | Gradient   |
| 25  | s275      | 1.01038  | 0.02356    |
| 26  | s276      | 0.39637  | -0.04687   |
| 27  | s279      | 0.44330  | 0.08820    |
| 28  | s2710     | 0.63069  | 0.12480    |
| 29  | s2711     | 0.31723  | -0.20549   |
| 30  | s2713     | 0.61320  | 0.01437    |
| 31  | s241      | 0.40903  | -0.14160   |
| 32  | s242      | 0.32499  | 0.21875    |
| 33  | s243      | 0.39045  | 0.18675    |
| 34  | s244      | 0.51501  | -0.05205   |
| 35  | s245      | 0.43513  | 0.15361    |
| 36  | s246      | 0.37192  | -0.08960   |
| 37  | s247      | 0.39772  | 0.13771    |
| 38  | s248      | 0.48620  | -0.02061   |
| 39  | s249      | 0.49972  | -0.09603   |
| 40  | s2410     | 0.54286  | 0.13124    |
| 41  | s2411     | 0.50828  | 0.15733    |
| 42  | s         | 0.15650  | -0.17682   |
| 43  | a         | 0.31403  | 0.10486    |
| 44  | R         | 5899     | -1.6388E-6 |
| <b>Value of Objective<br/>Function = 0.8612913862</b> |           |          |            |

Slika 3.7: Početna procjena parametara za Model 1, nastavak (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Optimization

Levenberg-Marquardt Optimization

Scaling Update of More (1978)

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| Parameter Estimates      | 44  |
| Functions (Observations) | 210 |

| Optimization Start       |              |                    |              |
|--------------------------|--------------|--------------------|--------------|
| Active Constraints       | 0            | Objective Function | 0.8612913862 |
| Max Abs Gradient Element | 0.2187547389 | Radius             | 1.545705526  |

| Iteration |   | Restarts | Function Calls | Active Constraints | Objective Function | Objective Function Change | Max Abs Gradient Element | Lambda  | Ratio Between Actual and Predicted Change |
|-----------|---|----------|----------------|--------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|---------|---|
| 1         | * | 0        | 4              | 0                  | 0.75347            | 0.1078                    | 0.0772                   | 111E-16 | 1.174                                     |
| 2         | * | 0        | 7              | 0                  | 0.74713            | 0.00633                   | 0.0454                   | 0.00051 | 1.240                                     |
| 3         | * | 0        | 9              | 0                  | 0.74685            | 0.000286                  | 0.1859                   | 0.00020 | 0.536                                     |
| 4         | * | 0        | 11             | 0                  | 0.74643            | 0.000413                  | 0.0844                   | 0.00014 | 0.885                                     |
| 5         | * | 0        | 14             | 0                  | 0.74635            | 0.000084                  | 0.00825                  | 0.00026 | 1.003                                     |
| 6         | * | 0        | 16             | 0                  | 0.74632            | 0.000028                  | 0.0355                   | 0.00011 | 0.761                                     |
| 7         | * | 0        | 18             | 0                  | 0.74628            | 0.000040                  | 0.0577                   | 0.00003 | 0.680                                     |
| 8         | * | 0        | 20             | 0                  | 0.74623            | 0.000047                  | 0.00156                  | 0.00001 | 1.009                                     |
| 9         | * | 0        | 24             | 0                  | 0.74623            | 4.792E-6                  | 0.0129                   | 0.00002 | 0.870                                     |
| 10        | * | 0        | 26             | 0                  | 0.74623            | 1.993E-6                  | 0.0186                   | 1.67E-6 | 0.476                                     |
| 11        | * | 0        | 28             | 0                  | 0.74622            | 3.652E-6                  | 0.000205                 | 1.65E-6 | 1.002                                     |
| 12        | * | 0        | 30             | 0                  | 0.74622            | 2.581E-6                  | 0.000019                 | 7.98E-7 | 1.000                                     |
| 13        | * | 0        | 32             | 0                  | 0.74622            | 4.893E-6                  | 0.000016                 | 3.72E-7 | 0.999                                     |
| 14        | * | 0        | 34             | 0                  | 0.74620            | 0.000013                  | 0.000050                 | 9.71E-8 | 0.998                                     |
| 15        | * | 0        | 36             | 0                  | 0.74619            | 0.000016                  | 0.000102                 | 2.17E-8 | 0.997                                     |
| 16        | * | 0        | 38             | 0                  | 0.74618            | 4.025E-6                  | 0.000094                 | 444E-16 | 1.002                                     |
| 17        | * | 0        | 40             | 0                  | 0.74618            | 8.823E-9                  | 0.000027                 | 111E-16 | 1.231                                     |
| 18        | * | 0        | 42             | 0                  | 0.74618            | 5.69E-10                  | 0.000015                 | 111E-16 | 1.263                                     |

Slika 3.8: Rezultati Levenberg-Marquardt optimizacije za Model 1 (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Optimization

| Optimization Results |              |                          |              |
|----------------------|--------------|--------------------------|--------------|
| Iterations           | 18           | Function Calls           | 45           |
| Jacobian Calls       | 20           | Active Constraints       | 0            |
| Objective Function   | 0.7461841474 | Max Abs Gradient Element | 0.0000148453 |
| Lambda               | 1.110223E-14 | Actual Over Pred Change  | 1.262839766  |
| Radius               | 513.14015591 |                          |              |

Convergence criterion (GCONV=1E-8) satisfied.

**Note:** The Moore-Penrose inverse is used in computing the covariance matrix for parameter estimates.

**Warning:** Standard errors and t values might not be accurate with the use of the Moore-Penrose inverse.

**Note:** Covariance matrix for the estimates is not full rank.

**Note:** The variance of some parameter estimates is zero or some parameter estimates are linearly related to other parameter estimates as shown in the following equations:

$$a3 = -1740.861836 + 0.491216 * a1 - 0.525660 * a2 + 0.414342 * a4 - 0.579209 * a5 + 0.553384 * a6 - 0.560006 * a7 + 0.437310 * a8 + 0.446908 * a9 - 0.542271 * a10 - 0.561841 * a11 + 0.451028 * sa - 30.598661 * aR$$

$$R = -2777370 + 1.057275 * a1 + 1.238204 * a4 + 0.664634 * a6 + 1.204081 * a8 + 1.249250 * a9 - 0.996183 * a10 - 0.759777 * a11 - 0.726304 * sa - 43051 * sR - 47516 * aR + 4.336101 * s241 + 5.702246 * s242 + 6.896074 * s243 + 2.893240 * s244 + 6.703579 * s245 + 5.892610 * s246 + 6.280923 * s247 + 3.282967 * s248 + 3.417459 * s249 + 5.408258 * s2410 + 6.010238 * s2411 - 6.180528 * a$$

Slika 3.9: Rezultati Levenberg-Marquardt optimizacije za Model 1, nastavak (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| Fit Summary                     |           |
|---------------------------------|-----------|
| Chi-Square                      | 3725.6974 |
| Chi-Square DF                   | 166       |
| Pr > Chi-Square                 | <.0001    |
| Root Mean Square Residual (RMR) | 1.8140    |
| Standardized RMR (SRMR)         | 0.0497    |
| Goodness of Fit Index (GFI)     | 0.9182    |
| RMSEA Estimate                  | 0.0655    |
| Bentler Comparative Fit Index   | 0.8920    |
| Bentler-Bonett NFI              | 0.8877    |
| Bentler-Bonett Non-normed Index | 0.8764    |

Slika 3.10: Rezultati testa adekvatnosti Modela 1 (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| PATH List |       |         |           |           |                |          |         |
|-----------|-------|---------|-----------|-----------|----------------|----------|---------|
| Path      |       |         | Parameter | Estimate  | Standard Error | t Value  | Pr >  t |
| Self      | ====> | ST27Q02 | s2        | 1.21590   | 0.48167        | 2.5243   | 0.0116  |
| Self      | ====> | ST27Q04 | s4        | 1.66163   | 0.65743        | 2.5274   | 0.0115  |
| Self      | ====> | ST27Q05 | s5        | 0.81079   | 0.32429        | 2.5002   | 0.0124  |
| Self      | ====> | ST27Q06 | s6        | 1.83557   | 0.72587        | 2.5288   | 0.0114  |
| Self      | ====> | ST27Q09 | s9        | 1.76871   | 0.69944        | 2.5287   | 0.0114  |
| Self      | ====> | ST27Q10 | s10       | 1.66510   | 0.65878        | 2.5276   | 0.0115  |
| Self      | ====> | ST27Q11 | s11       | 1.56427   | 0.61876        | 2.5281   | 0.0115  |
| Self      | ====> | ST27Q13 | s13       | 1.71730   | 0.67944        | 2.5275   | 0.0115  |
| Attit     | ====> | ST24Q01 | a1        | 0.91041   | 0.03919        | 23.2278  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q02 | a2        | -0.97424  | 0.04023        | -24.2149 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q03 | a3        | -1.06594  | 0.04395        | -24.2538 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q04 | a4        | 0.76793   | 0.03507        | 21.8981  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q05 | a5        | -1.07349  | 0.04459        | -24.0738 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q06 | a6        | 1.02563   | 0.04299        | 23.8594  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q07 | a7        | -1.03790  | 0.04309        | -24.0850 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q08 | a8        | 0.81050   | 0.03615        | 22.4200  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q09 | a9        | 0.82829   | 0.03708        | 22.3391  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q10 | a10       | -1.00503  | 0.04278        | -23.4921 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q11 | a11       | -1.04130  | 0.04378        | -23.7867 | <.0001  |
| Self      | ====> | Attit   | sa        | -0.83592  | 0.31549        | -2.6496  | 0.0081  |
| Self      | ====> | AVGREAD | sR        | -2.06059  | 3.88370        | -0.5306  | 0.5957  |
| Attit     | ====> | AVGREAD | aR        | -56.71066 | 0.00688        | -8240.3  | <.0001  |

| Variance Parameters |          |           |          |                |         |         |
|---------------------|----------|-----------|----------|----------------|---------|---------|
| Variance Type       | Variable | Parameter | Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Error               | ST27Q02  | s272      | 0.49593  | 0.01067        | 46.4886 | <.0001  |
|                     | ST27Q04  | s274      | 0.55046  | 0.01248        | 44.0920 | <.0001  |
|                     | ST27Q05  | s275      | 0.97803  | 0.01988        | 49.1848 | <.0001  |
|                     | ST27Q06  | s276      | 0.43135  | 0.01058        | 40.7816 | <.0001  |
|                     | ST27Q09  | s279      | 0.39592  | 0.00973        | 40.6748 | <.0001  |

Slika 3.11: Procjena parametara i putanja Modela 1 (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| Variance Parameters |          |           |          |                |         |         |
|---------------------|----------|-----------|----------|----------------|---------|---------|
| Variance Type       | Variable | Parameter | Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
|                     | ST27Q10  | s2710     | 0.53500  | 0.01219        | 43.8952 | <.0001  |
|                     | ST27Q11  | s2711     | 0.37939  | 0.00895        | 42.3945 | <.0001  |
|                     | ST27Q13  | s2713     | 0.58846  | 0.01334        | 44.0970 | <.0001  |
|                     | ST24Q01  | s241      | 0.45358  | 0.00976        | 46.4639 | <.0001  |
|                     | ST24Q02  | s242      | 0.28916  | 0.00662        | 43.6593 | <.0001  |
|                     | ST24Q03  | s243      | 0.33597  | 0.00773        | 43.4673 | <.0001  |
|                     | ST24Q04  | s244      | 0.54585  | 0.01140        | 47.8983 | <.0001  |
|                     | ST24Q05  | s245      | 0.38917  | 0.00879        | 44.2793 | <.0001  |
|                     | ST24Q06  | s246      | 0.40902  | 0.00908        | 45.0303 | <.0001  |
|                     | ST24Q07  | s247      | 0.36094  | 0.00816        | 44.2342 | <.0001  |
|                     | ST24Q08  | s248      | 0.50526  | 0.01064        | 47.4767 | <.0001  |
|                     | ST24Q09  | s249      | 0.54384  | 0.01144        | 47.5509 | <.0001  |
|                     | ST24Q10  | s2410     | 0.48435  | 0.01054        | 45.9672 | <.0001  |
|                     | ST24Q11  | s2411     | 0.44077  | 0.00974        | 45.2456 | <.0001  |
| Exogenous           | Self     | s         | 0.09161  | 0.07241        | 1.2652  | 0.2058  |
| Error               | Attit    | a         | 0.29667  | 0.02384        | 12.4462 | <.0001  |
|                     | AVGREAD  | R         | 6032     | 123.28099      | 48.9275 | <.0001  |

| Squared Multiple Correlations |                |                |          |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------|
| Variable                      | Error Variance | Total Variance | R-Square |
| AVGREAD                       | 6032           | 7174           | 0.1592   |
| ST24Q01                       | 0.45358        | 0.75253        | 0.3973   |
| ST24Q02                       | 0.28916        | 0.63151        | 0.5421   |
| ST24Q03                       | 0.33597        | 0.74579        | 0.5495   |
| ST24Q04                       | 0.54585        | 0.75855        | 0.2804   |
| ST24Q05                       | 0.38917        | 0.80482        | 0.5164   |
| ST24Q06                       | 0.40902        | 0.78843        | 0.4812   |
| ST24Q07                       | 0.36094        | 0.74949        | 0.5184   |
| ST24Q08                       | 0.50526        | 0.74220        | 0.3192   |
| ST24Q09                       | 0.54384        | 0.79129        | 0.3127   |

Slika 3.12: Procjena parametara i putanja Modela 1, nastavak i korelacije Modela 1 (ispis iz SAS-a)

**The CALIS Procedure**  
**Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation**

| Squared Multiple Correlations |                |                |          |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------|
| Variable                      | Error Variance | Total Variance | R-Square |
| ST24Q10                       | 0.48435        | 0.84867        | 0.4293   |
| ST24Q11                       | 0.44077        | 0.83186        | 0.4701   |
| ST27Q02                       | 0.49593        | 0.63137        | 0.2145   |
| ST27Q04                       | 0.55046        | 0.80340        | 0.3148   |
| ST27Q05                       | 0.97803        | 1.03826        | 0.0580   |
| ST27Q06                       | 0.43135        | 0.74001        | 0.4171   |
| ST27Q09                       | 0.39592        | 0.68251        | 0.4199   |
| ST27Q10                       | 0.53500        | 0.78900        | 0.3219   |
| ST27Q11                       | 0.37939        | 0.60355        | 0.3714   |
| ST27Q13                       | 0.58846        | 0.85863        | 0.3147   |
| Attit                         | 0.29667        | 0.36069        | 0.1775   |

Slika 3.13: Korelacije Modela 1 (ispis iz SAS-a)



The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| Standardized Results for PATH List |       |         |           |          |                |          |         |
|------------------------------------|-------|---------|-----------|----------|----------------|----------|---------|
| Path                               |       |         | Parameter | Estimate | Standard Error | t Value  | Pr >  t |
| Self                               | ====> | ST27Q02 | s2        | 0.46316  | 0.01297        | 35.7061  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q04 | s4        | 0.56110  | 0.01168        | 48.0351  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q05 | s5        | 0.24084  | 0.01506        | 15.9957  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q06 | s6        | 0.64584  | 0.01044        | 61.8825  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q09 | s9        | 0.64800  | 0.01040        | 62.2841  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q10 | s10       | 0.56738  | 0.01159        | 48.9454  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q11 | s11       | 0.60943  | 0.01098        | 55.4992  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q13 | s13       | 0.56094  | 0.01168        | 48.0118  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q01 | a1        | 0.63028  | 0.00933        | 67.5415  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q02 | a2        | -0.73628 | 0.00735        | -100.2   | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q03 | a3        | -0.74129 | 0.00725        | -102.3   | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q04 | a4        | 0.52953  | 0.01095        | 48.3372  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q05 | a5        | -0.71864 | 0.00770        | -93.3846 | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q06 | a6        | 0.69370  | 0.00818        | 84.8439  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q07 | a7        | -0.72001 | 0.00767        | -93.8874 | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q08 | a8        | 0.56501  | 0.01041        | 54.2540  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q09 | a9        | 0.55921  | 0.01050        | 53.2335  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q10 | a10       | -0.65520 | 0.00889        | -73.7041 | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q11 | a11       | -0.68567 | 0.00833        | -82.3339 | <.0001  |
| Self                               | ====> | Attit   | sa        | -0.42128 | 0.01432        | -29.4204 | <.0001  |
| Self                               | ====> | AVGREAD | sR        | -0.00736 | 0.01679        | -0.4386  | 0.6609  |
| Attit                              | ====> | AVGREAD | aR        | -0.40210 | 0.01477        | -27.2259 | <.0001  |

| Standardized Results for Variance Parameters |          |           |          |                |         |         |
|--|----------|-----------|----------|----------------|---------|---------|
| Variance Type                                | Variable | Parameter | Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Error  | ST27Q02  | s272      | 0.78549  | 0.01202        | 65.3722 | <.0001  |
|  | ST27Q04  | s274      | 0.68516  | 0.01311        | 52.2682 | <.0001  |
|  | ST27Q05  | s275      | 0.94200  | 0.00725        | 129.9   | <.0001  |
|  | ST27Q06  | s276      | 0.58289  | 0.01348        | 43.2391 | <.0001  |
|  | ST27Q09  | s279      | 0.58009  | 0.01348        | 43.0224 | <.0001  |

Slika 3.14: Procjena parametara i putanja Modela 1, nastavak (ispis iz SAS-a)

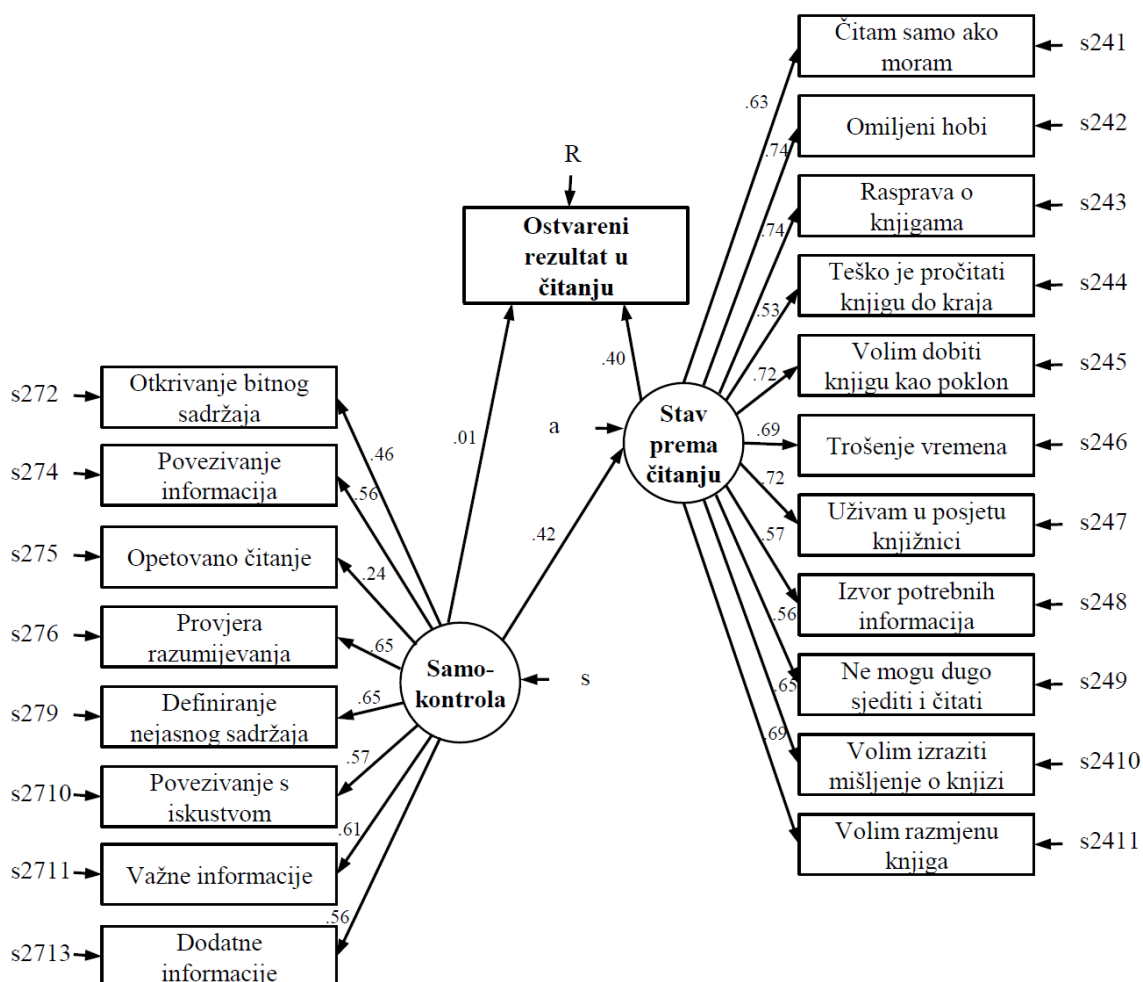
The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| Standardized Results for Variance Parameters |          |           |          |                |         |         |
|--|----------|-----------|----------|----------------|---------|---------|
| Variance Type                                | Variable | Parameter | Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
|  | ST27Q10  | s2710     | 0.67808  | 0.01315        | 51.5481 | <.0001  |
|  | ST27Q11  | s2711     | 0.62859  | 0.01338        | 46.9646 | <.0001  |
|  | ST27Q13  | s2713     | 0.68535  | 0.01311        | 52.2869 | <.0001  |
|  | ST24Q01  | s241      | 0.60274  | 0.01176        | 51.2388 | <.0001  |
|  | ST24Q02  | s242      | 0.45789  | 0.01082        | 42.3199 | <.0001  |
|  | ST24Q03  | s243      | 0.45049  | 0.01075        | 41.9248 | <.0001  |
|  | ST24Q04  | s244      | 0.71960  | 0.01160        | 62.0234 | <.0001  |
|  | ST24Q05  | s245      | 0.48355  | 0.01106        | 43.7181 | <.0001  |
|  | ST24Q06  | s246      | 0.51878  | 0.01134        | 45.7333 | <.0001  |
|  | ST24Q07  | s247      | 0.48159  | 0.01104        | 43.6094 | <.0001  |
|  | ST24Q08  | s248      | 0.68076  | 0.01177        | 57.8475 | <.0001  |
|  | ST24Q09  | s249      | 0.68728  | 0.01175        | 58.4976 | <.0001  |
|  | ST24Q10  | s2410     | 0.57071  | 0.01165        | 48.9928 | <.0001  |
|  | ST24Q11  | s2411     | 0.52986  | 0.01142        | 46.3958 | <.0001  |
| Exogenous                                    | Self     | s         | 1.00000  |                |         |         |
| Error  | Attit    | a         | 0.82252  | 0.01207        | 68.1736 | <.0001  |
|  | AVGREAD  | R         | 0.84075  | 0.01012        | 83.1192 | <.0001  |

Slika 3.15: Procjena parametara i putanja Modela 1, nastavak (ispis iz SAS-a)

## Rezultati

Na slici 3.16 prikazan je dijagram putanje strukturalnog Modela 1 s pripadnim koeficijentima putanje koje smo dobili strukturalnim modeliranjem.



Slika 3.16: Dijagram putanje strukturalnog Modela 1 s pripadnim koeficijentima putanje. Oznake *s272-s2713*, *S241-s2411*, *s*, *a* i *R* predstavljaju greške varijabli prema kojima su usmjerene.

U tablici 3.1 navodimo glavne pokazatelje testa adekvatnosti modela.

Pokazatelji adekvatnosti TLI (0.888) i RMSEA (0.066) ne upućuju nas na dobru adekvatnost modela. Kako smo prethodno naglasili u odjeljku 1.2, statistički značajna p-vrijednost  $\chi^2$  testa ne pomaže nam u procjeni adekvatnosti s obzirom na to da je veličina

| MODEL   | $\chi^2$ | <i>df</i> | NFI   | TLI   | RMSEA | CFI   | SRMR  | GFI   |
|---------|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Model 1 | 3725.70  | 166       | 0.888 | 0.876 | 0.066 | 0.892 | 0.050 | 0.918 |

Tablica 3.1: Pokazatelji testa adekvatnosti Modela 1

korištenog uzorka 4 994 opservacije. Vrijednosti  $\chi^2$  testa su pogodnije pri usporedbi modela koju ćemo komentirati u odjeljku 3.5 gdje ćemo koristiti omjere  $\chi^2$  vrijednosti i pripadnih stupnjeva slobode *df*.

Vidimo da latentna varijabla *Samokontrola* ne korelira statistički značajno s *Ostvarenim rezultatom u čitanju* ( $p - vrijednost = 0.66$ ) i kao takva nije dobar izravan prediktor zavisne varijable. Pri evaluaciji narednih modela pripadnu vezu ćemo ukloniti. Iako varijabla *Samokontrola* nije dobar izravan prediktor *Ostvarenih rezultata u čitanju*, zadržavamo ju u sljedećim evaluacijama s obzirom na to da može utjecati na zavisnu varijablu posredovanjem kroz druge prediktore. Sve preostale putanje su se pokazale kao statistički značajne.

### 3.3 Model 2

Model 2 razvijamo na temelju rezultata testa adekvatnosti Modela 1. Kako smo već naveli, veza između *Samokontrole* i *Ostvarenog rezultat u čitanju* nije se pokazala kao statistički značajna i uklonjena je. Varijablu *Samokontrola* zadržavamo pri evaluaciji Modela 2 jer može posredovanjem kroz preostale latentne varijable procjenjivati *Ostvarene rezultate u čitanju*.

Model nadograđujemo novom latentnom varijablom *Online čitanje*. Varijabla je određena potpitanjima PITANJA 26 čiji je točan sadržaj naveden u odjeljku 2.3. Potpitanja se odnose na navike korištenja tehnologije za potrebe čitanja.

Na ovaj način ispitujemo adekvatnost modela za procjenu *Ostvarenog rezultata u čitanju* koristeći tri latentne varijable *Online učenje*, *Samokontrolu* i *Stav prema učenju*.

U nastavku donosimo obradu Modela 2 u SAS-u, pripadni ispis rezultata iz SAS-a i rezultate koji uključuju dijagram putanje strukturalnog Modela 2 s pripadnim koeficijentima putanje.

#### SAS kod Modela 2

```
proc calis data=WORK.HRVATSKA.FULL;
  path
  Tech > ST26Q01 = t1 ,
  Tech > ST26Q02 = t2 ,
```

```
Tech > ST26Q03 = t3 ,
Tech > ST26Q04 = t4 ,
Tech > ST26Q05 = t5 ,
Tech > ST26Q06 = t6 ,
Tech > ST26Q07 = t7 ,

Self > ST27Q02 = s2 ,
Self > ST27Q04 = s4 ,
Self > ST27Q05 = s5 ,
Self > ST27Q06 = s6 ,
Self > ST27Q09 = s9 ,
Self > ST27Q10 = s10 ,
Self > ST27Q11 = s11 ,
Self > ST27Q13 = s13 ,

Attit > ST24Q01 = a1 ,
Attit > ST24Q02 = a2 ,
Attit > ST24Q03 = a3 ,
Attit > ST24Q04 = a4 ,
Attit > ST24Q05 = a5 ,
Attit > ST24Q06 = a6 ,
Attit > ST24Q07 = a7 ,
Attit > ST24Q08 = a8 ,
Attit > ST24Q09 = a9 ,
Attit > ST24Q10 = a10 ,
Attit > ST24Q11 = a11 ,

Self > Tech = st ,
Self > Attit = sa ,
Tech > AVGREAD = tR ,
Attit > AVGREAD = aR ;

pvar
ST26Q01 = s261 ,
ST26Q02 = s262 ,
ST26Q03 = s263 ,
ST26Q04 = s264 ,
ST26Q05 = s265 ,
ST26Q06 = s266 ,
ST26Q07 = s267 ,

ST27Q02 = s272 ,
ST27Q04 = s274 ,
ST27Q05 = s275 ,
ST27Q06 = s276 ,
ST27Q09 = s279 ,
ST27Q10 = s2710 ,
ST27Q11 = s2711 ,
ST27Q13 = s2713 ,

ST24Q01 = s241 ,
ST24Q02 = s242 ,
ST24Q03 = s243 ,
ST24Q04 = s244 ,
```

```
ST24Q05 = s245 ,  
ST24Q06 = s246 ,  
ST24Q07 = s247 ,  
ST24Q08 = s248 ,  
ST24Q09 = s249 ,  
ST24Q10 = s2410 ,  
ST24Q11 = s2411 ,  
  
Self = s ,  
Attit = a ,  
Tech = t ,  
AVGREAD = R ;  
  
fitindex noindextype on(only)=[chisq df probchi BENTLERNFI BENTLERNNFI  
RMSEA CFI bentlercfi RMSR SRMSR GFI] ;  
run ;
```

Ispis rezultata navedenog SAS koda za evaluaciju adekvatnosti Modela 2 nalazi se na slikama 3.17 - 3.31.

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Model and Initial Values

| Modeling Information          |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| Maximum Likelihood Estimation |                    |
| Data Set                      | WORK.HRVATSKA_FULL |
| N Records Read                | 4994               |
| N Records Used                | 4994               |
| N Obs                         | 4994               |
| Model Type                    | PATH               |
| Analysis                      | Covariances        |

| Variables in the Model   |          |   |
|--|----------|---|
| Endogenous   | Manifest | AVGREAD ST24Q01 ST24Q02 ST24Q03 ST24Q04 ST24Q05 ST24Q06 ST24Q07 ST24Q08 ST24Q09 ST24Q10 ST24Q11 ST26Q01 ST26Q02 ST26Q03 ST26Q04 ST26Q05 ST26Q06 ST26Q07 ST27Q02 ST27Q04 ST27Q05 ST27Q06 ST27Q09 ST27Q10 ST27Q11 ST27Q13 |
|  | Latent   | Attit Tech  |
| Exogenous  | Manifest |   |
|  | Latent   | Self  |
| Number of Endogenous Variables = 29<br>Number of Exogenous Variables = 1 |          |   |

| Initial Estimates for PATH List |     |         |           |          |
|---------------------------------|-----|---------|-----------|----------|
| Path                            |     |         | Parameter | Estimate |
| Tech                            | ==> | ST26Q01 | t1        | .        |
| Tech                            | ==> | ST26Q02 | t2        | .        |
| Tech                            | ==> | ST26Q03 | t3        | .        |
| Tech                            | ==> | ST26Q04 | t4        | .        |
| Tech                            | ==> | ST26Q05 | t5        | .        |
| Tech                            | ==> | ST26Q06 | t6        | .        |
| Tech                            | ==> | ST26Q07 | t7        | .        |
| Self                            | ==> | ST27Q02 | s2        | .        |
| Self                            | ==> | ST27Q04 | s4        | .        |
| Self                            | ==> | ST27Q05 | s5        | .        |
| Self                            | ==> | ST27Q06 | s6        | .        |
| Self                            | ==> | ST27Q09 | s9        | .        |
| Self                            | ==> | ST27Q10 | s10       | .        |

Slika 3.17: Popis varijabli i putanja za Model 2 (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Model and Initial Values

| Initial Estimates for PATH List |       |         |           |          |
|---------------------------------|-------|---------|-----------|----------|
| Path                            |       |         | Parameter | Estimate |
| Self                            | ====> | ST27Q11 | s11       | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q13 | s13       | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q01 | a1        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q02 | a2        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q03 | a3        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q04 | a4        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q05 | a5        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q06 | a6        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q07 | a7        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q08 | a8        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q09 | a9        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q10 | a10       | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q11 | a11       | .        |
| Self                            | ====> | Tech    | st        | .        |
| Self                            | ====> | Attit   | sa        | .        |
| Tech                            | ====> | AVGREAD | tR        | .        |
| Attit                           | ====> | AVGREAD | aR        | .        |

| Initial Estimates for Variance Parameters |          |           |          |
|---|----------|-----------|----------|
| Variance Type                             | Variable | Parameter | Estimate |
| Error                                     | ST26Q01  | s261      | .        |
|   | ST26Q02  | s262      | .        |
|   | ST26Q03  | s263      | .        |
|   | ST26Q04  | s264      | .        |
|   | ST26Q05  | s265      | .        |
|   | ST26Q06  | s266      | .        |
|   | ST26Q07  | s267      | .        |
|   | ST27Q02  | s272      | .        |
|   | ST27Q04  | s274      | .        |
|   | ST27Q05  | s275      | .        |

Slika 3.18: Popis varijabli i putanja za Model 2, nastavak (ispis iz SAS-a)



The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Model and Initial Values

| Initial Estimates for Variance Parameters |          |           |          |
|---|----------|-----------|----------|
| Variance Type                             | Variable | Parameter | Estimate |
|   | ST27Q06  | s276      | .        |
|   | ST27Q09  | s279      | .        |
|   | ST27Q10  | s2710     | .        |
|   | ST27Q11  | s2711     | .        |
|   | ST27Q13  | s2713     | .        |
|   | ST24Q01  | s241      | .        |
|   | ST24Q02  | s242      | .        |
|   | ST24Q03  | s243      | .        |
|   | ST24Q04  | s244      | .        |
|   | ST24Q05  | s245      | .        |
|   | ST24Q06  | s246      | .        |
|   | ST24Q07  | s247      | .        |
|   | ST24Q08  | s248      | .        |
|   | ST24Q09  | s249      | .        |
|   | ST24Q10  | s2410     | .        |
|   | ST24Q11  | s2411     | .        |
| Exogenous                                 | Self     | s         | .        |
| Error                                     | Attit    | a         | .        |
|   | Tech     | t         | .        |
|   | AVGREAD  | R         | .        |

Slika 3.19: Popis varijabli i putanja za Model 2, nastavak (ispis iz SAS-a)

**The CALIS Procedure**  
**Covariance Structure Analysis: Descriptive Statistics**

| Simple Statistics |         |           |          |
|-------------------|---------|-----------|----------|
| Variable          |         | Mean      | Std Dev  |
| ST24Q01           | ST24Q01 | 2.41163   | 0.86749  |
| ST24Q02           | ST24Q02 | 1.97185   | 0.79467  |
| ST24Q03           | ST24Q03 | 2.12968   | 0.86359  |
| ST24Q04           | ST24Q04 | 2.23019   | 0.87095  |
| ST24Q05           | ST24Q05 | 2.21808   | 0.89712  |
| ST24Q06           | ST24Q06 | 2.06817   | 0.88794  |
| ST24Q07           | ST24Q07 | 2.25557   | 0.86573  |
| ST24Q08           | ST24Q08 | 2.64421   | 0.86151  |
| ST24Q09           | ST24Q09 | 2.00480   | 0.88955  |
| ST24Q10           | ST24Q10 | 2.53999   | 0.92123  |
| ST24Q11           | ST24Q11 | 2.14912   | 0.91206  |
| ST26Q01           | ST26Q01 | 3.66468   | 1.13662  |
| ST26Q02           | ST26Q02 | 4.00168   | 1.20985  |
| ST26Q03           | ST26Q03 | 3.50910   | 1.12230  |
| ST26Q04           | ST26Q04 | 3.25070   | 1.00209  |
| ST26Q05           | ST26Q05 | 3.73009   | 0.93066  |
| ST26Q06           | ST26Q06 | 2.67628   | 1.04185  |
| ST26Q07           | ST26Q07 | 3.11219   | 1.00399  |
| ST27Q02           | ST27Q02 | 3.19421   | 0.79459  |
| ST27Q04           | ST27Q04 | 2.71893   | 0.89632  |
| ST27Q05           | ST27Q05 | 2.25529   | 1.01895  |
| ST27Q06           | ST27Q06 | 2.94299   | 0.86024  |
| ST27Q09           | ST27Q09 | 2.59619   | 0.82614  |
| ST27Q10           | ST27Q10 | 2.56751   | 0.88825  |
| ST27Q11           | ST27Q11 | 3.15538   | 0.77689  |
| ST27Q13           | ST27Q13 | 2.49280   | 0.92662  |
| AVGREAD           | AVGREAD | 475.53705 | 84.70139 |

Slika 3.20: Opisna statistika analiziranih varijabli za Model 2 (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Optimization

| Initial Estimation Methods |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1                          | Instrumental Variables Method |
| 2                          | McDonald Method               |
| 3                          | Two-Stage Least Squares       |

| Optimization Start<br>Parameter Estimates     |           |          |          |
|---|-----------|----------|----------|
| N   | Parameter | Estimate | Gradient |
| 1   | t1        | 1.00000  | 0.11631  |
| 2   | t2        | 1.00559  | 0.08350  |
| 3   | t3        | 0.79749  | -0.04519 |
| 4   | t4        | 0.66259  | -0.07148 |
| 5   | t5        | 0.62514  | -0.08902 |
| 6   | t6        | 0.52875  | -0.06464 |
| 7   | t7        | 0.55760  | -0.09533 |
| 8   | s2        | 1.00000  | 0.03506  |
| 9   | s4        | 1.12240  | -0.02034 |
| 10  | s5        | 0.37938  | -0.06507 |
| 11  | s6        | 1.48018  | 0.03928  |
| 12  | s9        | 1.22647  | -0.01350 |
| 13  | s10       | 0.99857  | -0.06869 |
| 14  | s11       | 1.34666  | 0.08012  |
| 15  | s13       | 1.26455  | 0.01559  |
| 16  | a1        | 1.00000  | 0.07306  |
| 17  | a2        | -0.94344 | 0.05299  |
| 18  | a3        | -1.01820 | 0.04854  |
| 19  | a4        | 0.84085  | 0.03949  |
| 20  | a5        | -1.03601 | 0.04730  |
| 21  | a6        | 1.10203  | 0.05095  |
| 22  | a7        | -1.01001 | 0.03675  |
| 23  | a8        | 0.86319  | 0.02197  |
| 24  | a9        | 0.92277  | 0.06349  |
| Value of Objective<br>Function = 1.4476395424 |           |          |          |

Slika 3.21: Početna procjena parametara za Model 2 (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Optimization

| Optimization Start<br>Parameter Estimates     |           |           |            |
|---|-----------|-----------|------------|
| N   | Parameter | Estimate  | Gradient   |
| 25  | a10       | -0.94553  | 0.06057    |
| 26  | a11       | -0.96998  | 0.06752    |
| 27  | st        | 0.22625   | -0.03056   |
| 28  | sa        | -0.45058  | 0.13068    |
| 29  | tR        | 20.99934  | 0.0003780  |
| 30  | aR        | -61.25805 | -0.0004666 |
| 31  | s261      | 0.44473   | -0.20886   |
| 32  | s262      | 0.60706   | -0.10973   |
| 33  | s263      | 0.72076   | 0.06275    |
| 34  | s264      | 0.63226   | 0.08635    |
| 35  | s265      | 0.53504   | 0.11823    |
| 36  | s266      | 0.84859   | 0.04432    |
| 37  | s267      | 0.74459   | 0.07723    |
| 38  | s272      | 0.46265   | -0.08460   |
| 39  | s274      | 0.59085   | 0.03185    |
| 40  | s275      | 1.01397   | 0.02408    |
| 41  | s276      | 0.37036   | -0.18707   |
| 42  | s279      | 0.42872   | 0.02320    |
| 43  | s2710     | 0.62076   | 0.10562    |
| 44  | s2711     | 0.29759   | -0.40117   |
| 45  | s2713     | 0.58883   | -0.04217   |
| 46  | s241      | 0.41740   | -0.09206   |
| 47  | s242      | 0.33321   | 0.26593    |
| 48  | s243      | 0.39835   | 0.21852    |
| 49  | s244      | 0.52160   | -0.02609   |
| 50  | s245      | 0.44511   | 0.18842    |
| 51  | s246      | 0.38142   | -0.02652   |
| 52  | s247      | 0.40761   | 0.17983    |
| 53  | s248      | 0.49249   | 0.00591    |
| Value of Objective<br>Function = 1.4476395424 |           |           |            |

Slika 3.22: Početna procjena parametara za Model 2, nastavak (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Optimization

| Optimization Start<br>Parameter Estimates     |           |          |            |
|---|-----------|----------|------------|
| N   | Parameter | Estimate | Gradient   |
| 54  | s249      | 0.50592  | -0.06771   |
| 55  | s2410     | 0.54905  | 0.14718    |
| 56  | s2411     | 0.51654  | 0.17776    |
| 57  | s         | 0.16872  | 0.06621    |
| 58  | a         | 0.30088  | 0.03179    |
| 59  | t         | 0.83855  | -0.00671   |
| 60  | R         | 5505     | -3.4408E-6 |
| Value of Objective<br>Function = 1.4476395424 |           |          |            |

Slika 3.23: Početna procjena parametara za Model 2, nastavak (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Optimization

Levenberg-Marquardt Optimization

Scaling Update of More (1978)

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| Parameter Estimates      | 60  |
| Functions (Observations) | 378 |

| Optimization Start       |              |                    |              |
|--------------------------|--------------|--------------------|--------------|
| Active Constraints       | 0            | Objective Function | 1.4476395424 |
| Max Abs Gradient Element | 0.4011701885 | Radius             | 1.7883612486 |

| Iteration |   | Restarts | Function Calls | Active Constraints | Objective Function | Objective Function Change | Max Abs Gradient Element | Lambda  | Ratio Between Actual and Predicted Change |
|-----------|---|----------|----------------|--------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|---------|---|
| 1         | * | 0        | 4              | 0                  | 1.25970            | 0.1879                    | 0.0969                   | 111E-16 | 1.268                                     |
| 2         | * | 0        | 6              | 0                  | 1.22948            | 0.0302                    | 0.0563                   | 4.58E-7 | 1.440                                     |
| 3         | * | 0        | 8              | 0                  | 1.22242            | 0.00705                   | 0.0251                   | 2.99E-7 | 1.448                                     |
| 4         | * | 0        | 10             | 0                  | 1.22084            | 0.00159                   | 0.0117                   | 1.39E-7 | 1.435                                     |
| 5         | * | 0        | 12             | 0                  | 1.22045            | 0.000389                  | 0.00538                  | 1.97E-8 | 1.352                                     |
| 6         | * | 0        | 14             | 0                  | 1.22037            | 0.000081                  | 0.00244                  | 111E-16 | 1.354                                     |
| 7         | * | 0        | 16             | 0                  | 1.22036            | 0.000014                  | 0.00108                  | 444E-16 | 1.442                                     |
| 8         | * | 0        | 18             | 0                  | 1.22035            | 2.687E-6                  | 0.000480                 | 444E-16 | 1.443                                     |
| 9         | * | 0        | 20             | 0                  | 1.22035            | 5.276E-7                  | 0.000213                 | 444E-16 | 1.443                                     |
| 10        | * | 0        | 22             | 0                  | 1.22035            | 1.035E-7                  | 0.000094                 | 444E-16 | 1.443                                     |
| 11        | * | 0        | 24             | 0                  | 1.22035            | 2.028E-8                  | 0.000042                 | 111E-16 | 1.443                                     |
| 12        | * | 0        | 26             | 0                  | 1.22035            | 3.976E-9                  | 0.000018                 | 444E-16 | 1.442                                     |

| Optimization Results |              |                          |              |
|----------------------|--------------|--------------------------|--------------|
| Iterations           | 12           | Function Calls           | 29           |
| Jacobian Calls       | 14           | Active Constraints       | 0            |
| Objective Function   | 1.2203517904 | Max Abs Gradient Element | 0.0000184813 |
| Lambda               | 4.440892E-14 | Actual Over Pred Change  | 1.4424990348 |
| Radius               | 24722.3059   |                          |              |

Convergence criterion (GCONV=1E-8) satisfied.

Slika 3.24: Rezultati Levenberg-Marquardt optimizacije za Model 2 (ispis iz SAS-a)

**The CALIS Procedure**  
**Covariance Structure Analysis: Optimization**

**Note:** Covariance matrix for the estimates is not full rank.

**Note:** The variance of some parameter estimates is zero or some parameter estimates are linearly related to other parameter estimates as shown in the following equations:

$$a = -586.115828 - 10.398528 * aR$$

$$t = -202.135118 + 0.468987 * t1 + 0.471119 * t2 + 0.472798 * t3 + 0.421651 * t4 + 0.399427 * t5 + 0.366878 * t7 + 10.234631 * tR$$

$$R = -2215569 - 3.628206 * t1 - 3.270349 * t2 - 3.847234 * t3 - 3.420282 * t4 - 3.425554 * t5 - 1.890016 * t6 - 2.343345 * t7 - 3.906012 * a1 + 5.122572 * a2 + 5.674869 * a3 - 2.983668 * a4 + 5.388552 * a5 - 4.867878 * a6 + 5.226137 * a7 - 3.247184 * a8 - 3.292164 * a9 + 4.453905 * a10 + 4.868438 * a11 - 11.781160 * st + 6.871947 * sa + 17743 * tR - 33222 * aR + 6.334423 * s261 + 5.870940 * s262 + 6.702627 * s263 + 5.317487 * s264 + 4.990745 * s265 + 2.502635 * s266 + 3.339797 * s267 + 3.675040 * s241 + 4.837330 * s242 + 5.837060 * s243 + 2.450957 * s244 + 5.684794 * s245 + 4.989383 * s246 + 5.325066 * s247 + 2.789315 * s248 + 2.890655 * s249 + 4.568400 * s2410 + 5.091793 * s2411$$

Slika 3.25: Rezultati Levenberg-Marquardt optimizacije za Model 2, nastavak (ispis iz SAS-a)

**The CALIS Procedure**  
**Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation**

| Fit Summary                     |           |
|---------------------------------|-----------|
| Chi-Square                      | 6093.2165 |
| Chi-Square DF                   | 318       |
| Pr > Chi-Square                 | <.0001    |
| Root Mean Square Residual (RMR) | 1.6277    |
| Standardized RMR (SRMR)         | 0.0498    |
| Goodness of Fit Index (GFI)     | 0.9036    |
| RMSEA Estimate                  | 0.0603    |
| Bentler Comparative Fit Index   | 0.8764    |
| Bentler-Bonett NFI              | 0.8706    |
| Bentler-Bonett Non-normed Index | 0.8636    |

Slika 3.26: Rezultati testa adekvatnosti Modela 2 (ispis iz SAS-a)



The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| PATH List |       |         |           |           |                |          |         |
|-----------|-------|---------|-----------|-----------|----------------|----------|---------|
| Path      |       |         | Parameter | Estimate  | Standard Error | t Value  | Pr >  t |
| Tech      | ====> | ST26Q01 | t1        | 0.89859   | 0.01723        | 52.1493  | <.0001  |
| Tech      | ====> | ST26Q02 | t2        | 0.90267   | 0.01865        | 48.4054  | <.0001  |
| Tech      | ====> | ST26Q03 | t3        | 0.90589   | 0.01690        | 53.5902  | <.0001  |
| Tech      | ====> | ST26Q04 | t4        | 0.80789   | 0.01510        | 53.5054  | <.0001  |
| Tech      | ====> | ST26Q05 | t5        | 0.76531   | 0.01393        | 54.9272  | <.0001  |
| Tech      | ====> | ST26Q06 | t6        | 0.63489   | 0.01677        | 37.8472  | <.0001  |
| Tech      | ====> | ST26Q07 | t7        | 0.70295   | 0.01572        | 44.7069  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q02 | s2        | 0.89649   | 0.02898        | 30.9400  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q04 | s4        | 1.23084   | 0.03175        | 38.7704  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q05 | s5        | 0.58876   | 0.03880        | 15.1760  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q06 | s6        | 1.35523   | 0.02962        | 45.7547  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q09 | s9        | 1.30756   | 0.02841        | 46.0170  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q10 | s10       | 1.22924   | 0.03142        | 39.1269  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q11 | s11       | 1.15262   | 0.02711        | 42.5230  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q13 | s13       | 1.27392   | 0.03281        | 38.8235  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q01 | a1        | 0.96095   | 0.02057        | 46.7171  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q02 | a2        | -1.02846  | 0.01810        | -56.8322 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q03 | a3        | -1.12454  | 0.01963        | -57.2923 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q04 | a4        | 0.81045   | 0.02130        | 38.0566  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q05 | a5        | -1.13316  | 0.02058        | -55.0611 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q06 | a6        | 1.08213   | 0.02058        | 52.5922  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q07 | a7        | -1.09551  | 0.01985        | -55.1908 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q08 | a8        | 0.85644   | 0.02085        | 41.0749  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q09 | a9        | 0.87356   | 0.02157        | 40.4938  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q10 | a10       | -1.05946  | 0.02166        | -48.9111 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q11 | a11       | -1.09888  | 0.02120        | -51.8355 | <.0001  |
| Self      | ====> | Tech    | st        | 0.40889   | 0.03703        | 11.0435  | <.0001  |
| Self      | ====> | Attit   | sa        | -0.58365  | 0.02413        | -24.1909 | <.0001  |
| Tech      | ====> | AVGREAD | tR        | 19.60980  | 1.35523        | 14.4697  | <.0001  |
| Attit     | ====> | AVGREAD | aR        | -56.39092 | 2.09398        | -26.9300 | <.0001  |

Slika 3.27: Procjena parametara i putanja Modela 2 (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| Variance Parameters |          |           |          |                |         |         |
|---------------------|----------|-----------|----------|----------------|---------|---------|
| Variance Type       | Variable | Parameter | Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Error               | ST26Q01  | s261      | 0.66920  | 0.01596        | 41.9384 | <.0001  |
|                     | ST26Q02  | s262      | 0.83535  | 0.01921        | 43.4922 | <.0001  |
|                     | ST26Q03  | s263      | 0.62667  | 0.01519        | 41.2462 | <.0001  |
|                     | ST26Q04  | s264      | 0.50083  | 0.01213        | 41.2886 | <.0001  |
|                     | ST26Q05  | s265      | 0.41443  | 0.01022        | 40.5488 | <.0001  |
|                     | ST26Q06  | s266      | 0.77459  | 0.01665        | 46.5313 | <.0001  |
|                     | ST26Q07  | s267      | 0.62691  | 0.01401        | 44.7464 | <.0001  |
|                     | ST27Q02  | s272      | 0.49647  | 0.01067        | 46.5339 | <.0001  |
|                     | ST27Q04  | s274      | 0.54911  | 0.01245        | 44.0936 | <.0001  |
|                     | ST27Q05  | s275      | 0.98007  | 0.01991        | 49.2188 | <.0001  |
|                     | ST27Q06  | s276      | 0.43173  | 0.01056        | 40.8761 | <.0001  |
|                     | ST27Q09  | s279      | 0.39553  | 0.00971        | 40.7292 | <.0001  |
|                     | ST27Q10  | s2710     | 0.53537  | 0.01218        | 43.9572 | <.0001  |
|                     | ST27Q11  | s2711     | 0.38056  | 0.00895        | 42.5189 | <.0001  |
|                     | ST27Q13  | s2713     | 0.58623  | 0.01330        | 44.0734 | <.0001  |
|                     | ST24Q01  | s241      | 0.45341  | 0.00976        | 46.4565 | <.0001  |
|                     | ST24Q02  | s242      | 0.28887  | 0.00662        | 43.6405 | <.0001  |
|                     | ST24Q03  | s243      | 0.33615  | 0.00773        | 43.4665 | <.0001  |
|                     | ST24Q04  | s244      | 0.54579  | 0.01140        | 47.8951 | <.0001  |
|                     | ST24Q05  | s245      | 0.38887  | 0.00879        | 44.2644 | <.0001  |
|                     | ST24Q06  | s246      | 0.40911  | 0.00909        | 45.0268 | <.0001  |
| ST24Q07             | s247     | 0.36072   | 0.00816  | 44.2210        | <.0001  |         |
| ST24Q08             | s248     | 0.50459   | 0.01063  | 47.4636        | <.0001  |         |
| ST24Q09             | s249     | 0.54410   | 0.01144  | 47.5518        | <.0001  |         |
| ST24Q10             | s2410    | 0.48507   | 0.01055  | 45.9766        | <.0001  |         |
| ST24Q11             | s2411    | 0.44070   | 0.00974  | 45.2388        | <.0001  |         |
| Exogenous           | Self     | s         | 0.16785  | .              | .       | .       |
| Error               | Attit    | a         | 0.26675  | .              | .       | .       |
|                     | Tech     | t         | 0.74314  | .              | .       | .       |
|                     | AVGREAD  | R         | 5748     | 118.27528      | 48.6015 | <.0001  |

Slika 3.28: Procjena parametara i putanja Modela 2, nastavak (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| Squared Multiple Correlations |                |                |          |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------|
| Variable                      | Error Variance | Total Variance | R-Square |
| AVGREAD                       | 5748           | 7164           | 0.1976   |
| ST24Q01                       | 0.45341        | 0.75253        | 0.3975   |
| ST24Q02                       | 0.28887        | 0.63151        | 0.5426   |
| ST24Q03                       | 0.33615        | 0.74579        | 0.5493   |
| ST24Q04                       | 0.54579        | 0.75855        | 0.2805   |
| ST24Q05                       | 0.38887        | 0.80482        | 0.5168   |
| ST24Q06                       | 0.40911        | 0.78843        | 0.4811   |
| ST24Q07                       | 0.36072        | 0.74949        | 0.5187   |
| ST24Q08                       | 0.50459        | 0.74220        | 0.3201   |
| ST24Q09                       | 0.54410        | 0.79129        | 0.3124   |
| ST24Q10                       | 0.48507        | 0.84867        | 0.4284   |
| ST24Q11                       | 0.44070        | 0.83186        | 0.4702   |
| ST26Q01                       | 0.66920        | 1.29191        | 0.4820   |
| ST26Q02                       | 0.83535        | 1.46374        | 0.4293   |
| ST26Q03                       | 0.62667        | 1.25955        | 0.5025   |
| ST26Q04                       | 0.50083        | 1.00419        | 0.5013   |
| ST26Q05                       | 0.41443        | 0.86613        | 0.5215   |
| ST26Q06                       | 0.77459        | 1.08544        | 0.2864   |
| ST26Q07                       | 0.62691        | 1.00799        | 0.3781   |
| ST27Q02                       | 0.49647        | 0.63137        | 0.2137   |
| ST27Q04                       | 0.54911        | 0.80340        | 0.3165   |
| ST27Q05                       | 0.98007        | 1.03826        | 0.0560   |
| ST27Q06                       | 0.43173        | 0.74001        | 0.4166   |
| ST27Q09                       | 0.39553        | 0.68251        | 0.4205   |
| ST27Q10                       | 0.53537        | 0.78900        | 0.3215   |
| ST27Q11                       | 0.38056        | 0.60355        | 0.3695   |
| ST27Q13                       | 0.58623        | 0.85863        | 0.3172   |
| Attit                         | 0.26675        | 0.32393        | 0.1765   |
| Tech                          | 0.74314        | 0.77120        | 0.0364   |

Slika 3.29: Korelacije Modela 2 (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| Standardized Results for PATH List |       |         |           |          |                |          |         |
|------------------------------------|-------|---------|-----------|----------|----------------|----------|---------|
| Path                               |       |         | Parameter | Estimate | Standard Error | t Value  | Pr >  t |
| Tech                               | ====> | ST26Q01 | t1        | 0.69427  | 0.00878        | 79.0596  | <.0001  |
| Tech                               | ====> | ST26Q02 | t2        | 0.65521  | 0.00946        | 69.2484  | <.0001  |
| Tech                               | ====> | ST26Q03 | t3        | 0.70885  | 0.00852        | 83.1698  | <.0001  |
| Tech                               | ====> | ST26Q04 | t4        | 0.70799  | 0.00854        | 82.9222  | <.0001  |
| Tech                               | ====> | ST26Q05 | t5        | 0.72216  | 0.00829        | 87.1628  | <.0001  |
| Tech                               | ====> | ST26Q06 | t6        | 0.53515  | 0.01137        | 47.0735  | <.0001  |
| Tech                               | ====> | ST26Q07 | t7        | 0.61486  | 0.01014        | 60.6538  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q02 | s2        | 0.46224  | 0.01297        | 35.6463  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q04 | s4        | 0.56259  | 0.01164        | 48.3230  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q05 | s5        | 0.23672  | 0.01507        | 15.7081  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q06 | s6        | 0.64544  | 0.01042        | 61.9360  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q09 | s9        | 0.64844  | 0.01038        | 62.4962  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q10 | s10       | 0.56697  | 0.01158        | 48.9606  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q11 | s11       | 0.60784  | 0.01099        | 55.3330  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q13 | s13       | 0.56325  | 0.01163        | 48.4177  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q01 | a1        | 0.63047  | 0.00933        | 67.5776  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q02 | a2        | -0.73659 | 0.00734        | -100.3   | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q03 | a3        | -0.74112 | 0.00725        | -102.2   | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q04 | a4        | 0.52961  | 0.01095        | 48.3457  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q05 | a5        | -0.71890 | 0.00769        | -93.4670 | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q06 | a6        | 0.69362  | 0.00818        | 84.8087  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q07 | a7        | -0.72021 | 0.00767        | -93.9495 | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q08 | a8        | 0.56580  | 0.01040        | 54.3906  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q09 | a9        | 0.55892  | 0.01051        | 53.1785  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q10 | a10       | -0.65455 | 0.00890        | -73.5260 | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q11 | a11       | -0.68573 | 0.00833        | -82.3415 | <.0001  |
| Self                               | ====> | Tech    | st        | 0.19076  | 0.01664        | 11.4606  | <.0001  |
| Self                               | ====> | Attit   | sa        | -0.42013 | 0.01430        | -29.3760 | <.0001  |
| Tech                               | ====> | AVGREAD | tR        | 0.20347  | 0.01370        | 14.8522  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | AVGREAD | aR        | -0.37920 | 0.01261        | -30.0783 | <.0001  |

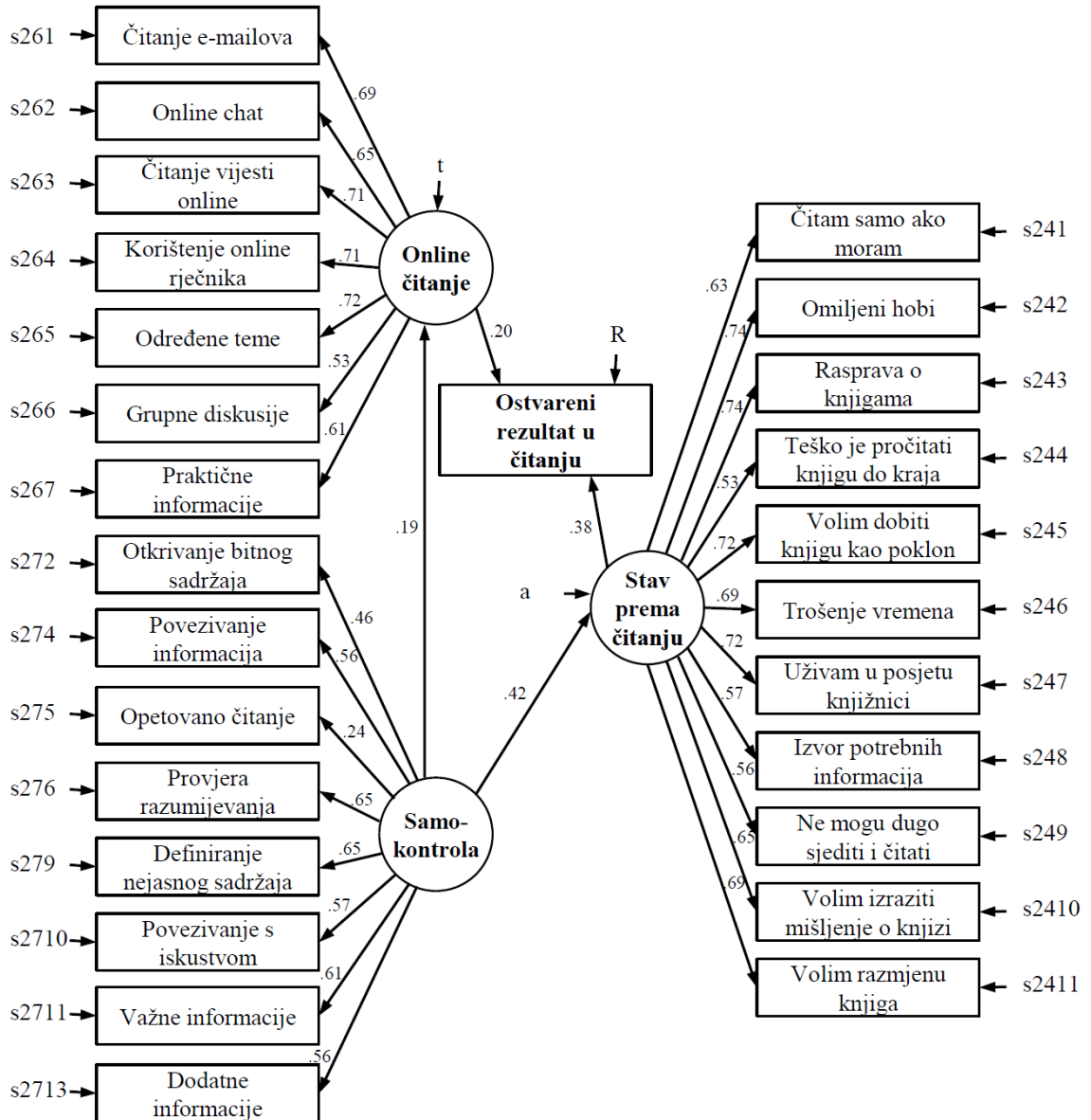
Slika 3.30: Procjena parametara i putanja Modela 2, nastavak (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| Standardized Results for Variance Parameters |          |           |          |                |         |         |
|--|----------|-----------|----------|----------------|---------|---------|
| Variance Type                                | Variable | Parameter | Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Error  | ST26Q01  | s261      | 0.51799  | 0.01219        | 42.4802 | <.0001  |
|  | ST26Q02  | s262      | 0.57069  | 0.01240        | 46.0275 | <.0001  |
|  | ST26Q03  | s263      | 0.49754  | 0.01208        | 41.1771 | <.0001  |
|  | ST26Q04  | s264      | 0.49874  | 0.01209        | 41.2532 | <.0001  |
|  | ST26Q05  | s265      | 0.47849  | 0.01197        | 39.9863 | <.0001  |
|  | ST26Q06  | s266      | 0.71361  | 0.01217        | 58.6482 | <.0001  |
|  | ST26Q07  | s267      | 0.62194  | 0.01247        | 49.8910 | <.0001  |
|  | ST27Q02  | s272      | 0.78634  | 0.01199        | 65.5944 | <.0001  |
|  | ST27Q04  | s274      | 0.68349  | 0.01310        | 52.1752 | <.0001  |
|  | ST27Q05  | s275      | 0.94396  | 0.00713        | 132.3   | <.0001  |
|  | ST27Q06  | s276      | 0.58341  | 0.01345        | 43.3688 | <.0001  |
|  | ST27Q09  | s279      | 0.57953  | 0.01346        | 43.0686 | <.0001  |
|  | ST27Q10  | s2710     | 0.67854  | 0.01313        | 51.6742 | <.0001  |
|  | ST27Q11  | s2711     | 0.63053  | 0.01335        | 47.2156 | <.0001  |
|  | ST27Q13  | s2713     | 0.68275  | 0.01310        | 52.1001 | <.0001  |
|  | ST24Q01  | s241      | 0.60251  | 0.01176        | 51.2164 | <.0001  |
|  | ST24Q02  | s242      | 0.45743  | 0.01082        | 42.2890 | <.0001  |
|  | ST24Q03  | s243      | 0.45073  | 0.01075        | 41.9312 | <.0001  |
|  | ST24Q04  | s244      | 0.71951  | 0.01160        | 62.0084 | <.0001  |
|  | ST24Q05  | s245      | 0.48318  | 0.01106        | 43.6913 | <.0001  |
|  | ST24Q06  | s246      | 0.51889  | 0.01135        | 45.7338 | <.0001  |
| ST24Q07                                      | s247     | 0.48130   | 0.01104  | 43.5871        | <.0001  |         |
| ST24Q08                                      | s248     | 0.67987   | 0.01177  | 57.7544        | <.0001  |         |
| ST24Q09                                      | s249     | 0.68761   | 0.01175  | 58.5253        | <.0001  |         |
| ST24Q10                                      | s2410    | 0.57156   | 0.01165  | 49.0444        | <.0001  |         |
| ST24Q11                                      | s2411    | 0.52978   | 0.01142  | 46.3853        | <.0001  |         |
| Exogenous                                    | Self     | s         | 1.00000  |                |         |         |
| Error  | Attit    | a         | 0.82349  | 0.01202        | 68.5259 | <.0001  |
|  | Tech     | t         | 0.96361  | 0.00635        | 151.7   | <.0001  |
|  | AVGREAD  | R         | 0.80244  | 0.01072        | 74.8516 | <.0001  |

Slika 3.31: Procjena parametara i putanja Modela 2, nastavak (ispis iz SAS-a)

**Rezultati**



Slika 3.32: Dijagram putanje strukturalnog Modela 2 s pripadnim koeficijentima putanje. Oznake s272-s2713, S241-s2411, s261-s267, t, a i R predstavljaju greške varijabli prema kojima su usmjerene.

Na slici 3.32 prikazan je dijagram putanje strukturalnog Modela 2 s pripadnim koefi-

cijentima putanje koje smo dobili strukturalnim modeliranjem. U tablici 3.2 navodimo glavne pokazatelje testa adekvatnosti Modela 2.

| MODEL   | $\chi^2$ | <i>df</i> | NFI   | TLI   | RMSEA | CFI   | SRMR  | GFI   |
|---------|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Model 2 | 6093.22  | 318       | 0.871 | 0.863 | 0.060 | 0.876 | 0.050 | 0.904 |

Tablica 3.2: Pokazatelji testa adekvatnosti Modela 2

Kao i u prethodnom modelu, pokazatelji adekvatnosti TLI (0.863) i RMSEA (0.060) ponovno nas ne upućuju na dobru adekvatnost modela što nas vodi do generiranja novog modela (više u nastavku). Štoviše, iznosi pokazatelja adekvatnosti pokazuju manju adekvatnost Modela 2 od prethodnog modela.

U Modelu 2 sve korištene veze (putanje) pokazuju statističku značajnost. Kao najbolji prediktor varijable *Ostvareni rezultat u čitanju* pokazala se latentna varijabla *Stav prema čitanju*. Varijabla *Samokontrola* statistički značajno je povezana s rezultatima testova posredovanjem kroz druge varijable.

Na jednak način pristupamo generiranju Modela 3 kao u radu [5] koji nam služi kao izvor modela za evaluaciju.

### 3.4 Model 3

S obzirom na to da pokazatelji adekvatnosti ne ukazuju na dobru adekvatnost prethodno obrađenih modela, prilagođavamo Model 2 u nastojanju optimizacije istog.

U Modelu 2 generirali smo latentnu varijablu *Online učenje* na temelju svih potpitanja PITANJA 26. Dva od navedenih potpitanja ne odnose se na samostalne navike korištenja tehnologije već na grupno-zabavne sadržje. Radi se o potpitanjima koji se odnose na korištenje tehnologije za *Online chat* i *Sudjelovanje u grupnim diskusija ili forumima na internetu*. Navedene varijable u Modelu 3 isključujemo i na jednak način pristupamo obradi Modela 3.

U nastavku donosimo SAS kod testa adekvatnosti Modela 3 i pripadni ispis rezultata iz SAS-a. Nakon komentiranja rezultata testa adekvatnosti Modela 3, usporedit ćemo sve evaluirane modele.

#### SAS kod Modela 3

```
proc calis data=WORK.HRVATSKA.FULL;
path
Tech > ST26Q01 = t1 ,
Tech > ST26Q03 = t3 ,
```

```
Tech > ST26Q04 = t4 ,
Tech > ST26Q05 = t5 ,
Tech > ST26Q07 = t7 ,

Self > ST27Q02 = s2 ,
Self > ST27Q04 = s4 ,
Self > ST27Q05 = s5 ,
Self > ST27Q06 = s6 ,
Self > ST27Q09 = s9 ,
Self > ST27Q10 = s10 ,
Self > ST27Q11 = s11 ,
Self > ST27Q13 = s13 ,

Attit > ST24Q01 = a1 ,
Attit > ST24Q02 = a2 ,
Attit > ST24Q03 = a3 ,
Attit > ST24Q04 = a4 ,
Attit > ST24Q05 = a5 ,
Attit > ST24Q06 = a6 ,
Attit > ST24Q07 = a7 ,
Attit > ST24Q08 = a8 ,
Attit > ST24Q09 = a9 ,
Attit > ST24Q10 = a10 ,
Attit > ST24Q11 = a11 ,

Self > Tech = st ,
Self > Attit = sa ,
Tech > AVGREAD = tR ,
Attit > AVGREAD = aR ;

pvar
ST26Q01 = s261 ,
ST26Q03 = s263 ,
ST26Q04 = s264 ,
ST26Q05 = s265 ,
ST26Q07 = s267 ,

ST27Q02 = s272 ,
ST27Q04 = s274 ,
ST27Q05 = s275 ,
ST27Q06 = s276 ,
ST27Q09 = s279 ,
ST27Q10 = s2710 ,
ST27Q11 = s2711 ,
ST27Q13 = s2713 ,

ST24Q01 = s241 ,
ST24Q02 = s242 ,
ST24Q03 = s243 ,
ST24Q04 = s244 ,
ST24Q05 = s245 ,
ST24Q06 = s246 ,
ST24Q07 = s247 ,
ST24Q08 = s248 ,
ST24Q09 = s249 ,
```



```
ST24Q10 = s2410 ,  
ST24Q11 = s2411 ,  
  
Self = s ,  
Attit = a ,  
Tech = t ,  
AVGREAD = R ;  
  
fitindex noindextype on(only)=[chisq df probchi BENTLERNFI BENTLERNNFI  
RMSEA CFI bentlercfi RMSR SRMSR GFI] ;  
run ;
```

Ispis rezultata navedenog SAS koda za evaluaciju adekvatnosti Modela 3 nalazi se na slikama 3.33 - 3.47.

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Model and Initial Values

| Modeling Information          |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| Maximum Likelihood Estimation |                    |
| Data Set                      | WORK.HRVATSKA_FULL |
| N Records Read                | 4994               |
| N Records Used                | 4994               |
| N Obs                         | 4994               |
| Model Type                    | PATH               |
| Analysis                      | Covariances        |

| Variables in the Model   |                 |  |
|--|-----------------|--|
| <b>Endogenous</b>  | <b>Manifest</b> | AVGREAD ST24Q01 ST24Q02 ST24Q03 ST24Q04 ST24Q05 ST24Q06<br>ST24Q07 ST24Q08 ST24Q09 ST24Q10 ST24Q11 ST26Q01 ST26Q03<br>ST26Q04 ST26Q05 ST26Q07 ST27Q02 ST27Q04 ST27Q05 ST27Q06<br>ST27Q09 ST27Q10 ST27Q11 ST27Q13 |
|  | <b>Latent</b>   | Attit Tech   |
| <b>Exogenous</b>   | <b>Manifest</b> |  |
|  | <b>Latent</b>   | Self   |
| Number of Endogenous Variables = 27<br>Number of Exogenous Variables = 1 |                 |  |

| Initial Estimates for PATH List |       |         |           |          |
|---------------------------------|-------|---------|-----------|----------|
| Path                            |       |         | Parameter | Estimate |
| Tech                            | ====> | ST26Q01 | t1        | .        |
| Tech                            | ====> | ST26Q03 | t3        | .        |
| Tech                            | ====> | ST26Q04 | t4        | .        |
| Tech                            | ====> | ST26Q05 | t5        | .        |
| Tech                            | ====> | ST26Q07 | t7        | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q02 | s2        | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q04 | s4        | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q05 | s5        | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q06 | s6        | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q09 | s9        | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q10 | s10       | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q11 | s11       | .        |
| Self                            | ====> | ST27Q13 | s13       | .        |

Slika 3.33: Popis varijabli i putanja za Model 3 (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Model and Initial Values

| Initial Estimates for PATH List |       |         |           |          |
|---------------------------------|-------|---------|-----------|----------|
| Path                            |       |         | Parameter | Estimate |
| Attit                           | ====> | ST24Q01 | a1        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q02 | a2        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q03 | a3        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q04 | a4        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q05 | a5        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q06 | a6        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q07 | a7        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q08 | a8        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q09 | a9        | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q10 | a10       | .        |
| Attit                           | ====> | ST24Q11 | a11       | .        |
| Self                            | ====> | Tech    | st        | .        |
| Self                            | ====> | Attit   | sa        | .        |
| Tech                            | ====> | AVGREAD | tR        | .        |
| Attit                           | ====> | AVGREAD | aR        | .        |

| Initial Estimates for Variance Parameters |          |           |          |
|---|----------|-----------|----------|
| Variance Type                             | Variable | Parameter | Estimate |
| Error                                     | ST26Q01  | s261      | .        |
|   | ST26Q03  | s263      | .        |
|   | ST26Q04  | s264      | .        |
|   | ST26Q05  | s265      | .        |
|   | ST26Q07  | s267      | .        |
|   | ST27Q02  | s272      | .        |
|   | ST27Q04  | s274      | .        |
|   | ST27Q05  | s275      | .        |
|   | ST27Q06  | s276      | .        |
|   | ST27Q09  | s279      | .        |
|   | ST27Q10  | s2710     | .        |
|   | ST27Q11  | s2711     | .        |

Slika 3.34: Popis varijabli i putanja za Model 3, nastavak (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Model and Initial Values

| Initial Estimates for Variance Parameters |          |           |          |
|---|----------|-----------|----------|
| Variance Type                             | Variable | Parameter | Estimate |
|   | ST27Q13  | s2713     | .        |
|   | ST24Q01  | s241      | .        |
|   | ST24Q02  | s242      | .        |
|   | ST24Q03  | s243      | .        |
|   | ST24Q04  | s244      | .        |
|   | ST24Q05  | s245      | .        |
|   | ST24Q06  | s246      | .        |
|   | ST24Q07  | s247      | .        |
|   | ST24Q08  | s248      | .        |
|   | ST24Q09  | s249      | .        |
|   | ST24Q10  | s2410     | .        |
|   | ST24Q11  | s2411     | .        |
| Exogenous                                 | Self     | s         | .        |
| Error                                     | Attit    | a         | .        |
|   | Tech     | t         | .        |
|   | AVGREAD  | R         | .        |

Slika 3.35: Popis varijabli i putanja za Model 3, nastavak (ispis iz SAS-a)

**The CALIS Procedure**  
**Covariance Structure Analysis: Descriptive Statistics**

| Simple Statistics |         |           |          |
|-------------------|---------|-----------|----------|
| Variable          |         | Mean      | Std Dev  |
| ST24Q01           | ST24Q01 | 2.41163   | 0.86749  |
| ST24Q02           | ST24Q02 | 1.97185   | 0.79467  |
| ST24Q03           | ST24Q03 | 2.12968   | 0.86359  |
| ST24Q04           | ST24Q04 | 2.23019   | 0.87095  |
| ST24Q05           | ST24Q05 | 2.21808   | 0.89712  |
| ST24Q06           | ST24Q06 | 2.06817   | 0.88794  |
| ST24Q07           | ST24Q07 | 2.25557   | 0.86573  |
| ST24Q08           | ST24Q08 | 2.64421   | 0.86151  |
| ST24Q09           | ST24Q09 | 2.00480   | 0.88955  |
| ST24Q10           | ST24Q10 | 2.53999   | 0.92123  |
| ST24Q11           | ST24Q11 | 2.14912   | 0.91206  |
| ST26Q01           | ST26Q01 | 3.66468   | 1.13662  |
| ST26Q03           | ST26Q03 | 3.50910   | 1.12230  |
| ST26Q04           | ST26Q04 | 3.25070   | 1.00209  |
| ST26Q05           | ST26Q05 | 3.73009   | 0.93066  |
| ST26Q07           | ST26Q07 | 3.11219   | 1.00399  |
| ST27Q02           | ST27Q02 | 3.19421   | 0.79459  |
| ST27Q04           | ST27Q04 | 2.71893   | 0.89632  |
| ST27Q05           | ST27Q05 | 2.25529   | 1.01895  |
| ST27Q06           | ST27Q06 | 2.94299   | 0.86024  |
| ST27Q09           | ST27Q09 | 2.59619   | 0.82614  |
| ST27Q10           | ST27Q10 | 2.56751   | 0.88825  |
| ST27Q11           | ST27Q11 | 3.15538   | 0.77689  |
| ST27Q13           | ST27Q13 | 2.49280   | 0.92662  |
| AVGREAD           | AVGREAD | 475.53705 | 84.70139 |

Slika 3.36: Opisna statistika analiziranih varijabli za Model 3 (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Optimization

| Initial Estimation Methods |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1                          | Instrumental Variables Method |
| 2                          | McDonald Method               |
| 3                          | Two-Stage Least Squares       |

| Optimization Start<br>Parameter Estimates     |           |          |          |
|---|-----------|----------|----------|
| N   | Parameter | Estimate | Gradient |
| 1   | t1        | 1.00000  | 0.03568  |
| 2   | t3        | 1.11875  | 0.02519  |
| 3   | t4        | 1.02011  | -0.00668 |
| 4   | t5        | 0.94113  | -0.02713 |
| 5   | t7        | 0.85842  | -0.01524 |
| 6   | s2        | 1.00000  | 0.03225  |
| 7   | s4        | 1.14561  | -0.01702 |
| 8   | s5        | 0.35817  | -0.06962 |
| 9   | s6        | 1.49056  | 0.03971  |
| 10  | s9        | 1.25308  | -0.00862 |
| 11  | s10       | 1.00946  | -0.06949 |
| 12  | s11       | 1.34442  | 0.07594  |
| 13  | s13       | 1.29157  | 0.01875  |
| 14  | a1        | 1.00000  | 0.06746  |
| 15  | a2        | -0.94283 | 0.05649  |
| 16  | a3        | -1.01934 | 0.04987  |
| 17  | a4        | 0.84043  | 0.03434  |
| 18  | a5        | -1.03550 | 0.05017  |
| 19  | a6        | 1.10260  | 0.04629  |
| 20  | a7        | -1.00979 | 0.03973  |
| 21  | a8        | 0.85942  | 0.01352  |
| 22  | a9        | 0.92452  | 0.06015  |
| 23  | a10       | -0.94847 | 0.06064  |
| 24  | a11       | -0.96878 | 0.07144  |
| Value of Objective<br>Function = 1.0344249105 |           |          |          |

Slika 3.37: Početna procjena parametara za Model 3 (ispis iz SAS-a)

**The CALIS Procedure**  
**Covariance Structure Analysis: Optimization**

| Optimization Start<br>Parameter Estimates     |           |           |            |
|---|-----------|-----------|------------|
| N   | Parameter | Estimate  | Gradient   |
| 25  | st        | 0.23301   | -0.06337   |
| 26  | sa        | -0.44852  | 0.13994    |
| 27  | tR        | 23.98999  | 0.0000919  |
| 28  | aR        | -60.80794 | -0.0005201 |
| 29  | s261      | 0.76436   | -0.04939   |
| 30  | s263      | 0.59927   | -0.05254   |
| 31  | s264      | 0.45521   | 0.00701    |
| 32  | s265      | 0.39887   | 0.05520    |
| 33  | s267      | 0.61925   | 0.01808    |
| 34  | s272      | 0.46614   | -0.07481   |
| 35  | s274      | 0.58655   | 0.02858    |
| 36  | s275      | 1.01706   | 0.02437    |
| 37  | s276      | 0.37292   | -0.17830   |
| 38  | s279      | 0.42307   | 0.01477    |
| 39  | s2710     | 0.62063   | 0.10978    |
| 40  | s2711     | 0.30491   | -0.35865   |
| 41  | s2713     | 0.58301   | -0.04755   |
| 42  | s241      | 0.42586   | -0.04696   |
| 43  | s242      | 0.34112   | 0.31052    |
| 44  | s243      | 0.40636   | 0.25227    |
| 45  | s244      | 0.52782   | -0.00343   |
| 46  | s245      | 0.45454   | 0.21919    |
| 47  | s246      | 0.39129   | 0.03006    |
| 48  | s247      | 0.41639   | 0.21523    |
| 49  | s248      | 0.50091   | 0.03630    |
| 50  | s249      | 0.51207   | -0.04272   |
| 51  | s2410     | 0.55479   | 0.16275    |
| 52  | s2411     | 0.52527   | 0.20052    |
| 53  | s         | 0.16522   | 0.04488    |
| Value of Objective<br>Function = 1.0344249105 |           |           |            |

Slika 3.38: Početna procjena parametara za Model 3, nastavak (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Optimization

| Optimization Start<br>Parameter Estimates     |           |          |            |
|---|-----------|----------|------------|
| N   | Parameter | Estimate | Gradient   |
| 54  | a         | 0.29343  | -0.02370   |
| 55  | t         | 0.51858  | 0.03412    |
| 56  | R         | 5543     | -3.4802E-6 |
| Value of Objective<br>Function = 1.0344249105 |           |          |            |

Slika 3.39: Početna procjena parametara za Model 3, nastavak (ispis iz SAS-a)



The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Optimization

Levenberg-Marquardt Optimization

Scaling Update of More (1978)

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| Parameter Estimates      | 56  |
| Functions (Observations) | 325 |

| Optimization Start       |              |                    |              |
|--------------------------|--------------|--------------------|--------------|
| Active Constraints       | 0            | Objective Function | 1.0344249105 |
| Max Abs Gradient Element | 0.3586485941 | Radius             | 1.7035740457 |

| Iteration |   | Restarts | Function Calls | Active Constraints | Objective Function | Objective Function Change | Max Abs Gradient Element | Lambda  | Ratio Between Actual and Predicted Change |
|-----------|---|----------|----------------|--------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|---------|---|
| 1         | * | 0        | 4              | 0                  | 0.89367            | 0.1408                    | 0.0807                   | 111E-16 | 1.148                                     |
| 2         | * | 0        | 6              | 0                  | 0.88684            | 0.00683                   | 0.0173                   | 3.7E-7  | 1.258                                     |
| 3         | * | 0        | 8              | 0                  | 0.88629            | 0.000546                  | 0.00521                  | 2.19E-7 | 1.279                                     |
| 4         | * | 0        | 10             | 0                  | 0.88623            | 0.000065                  | 0.00143                  | 8.84E-8 | 1.195                                     |
| 5         | * | 0        | 12             | 0                  | 0.88620            | 0.000031                  | 0.000526                 | 111E-16 | 1.040                                     |
| 6         | * | 0        | 14             | 0                  | 0.88619            | 5.27E-7                   | 0.000157                 | 444E-16 | 1.280                                     |
| 7         | * | 0        | 16             | 0                  | 0.88619            | 4.39E-8                   | 0.000043                 | 111E-16 | 1.292                                     |
| 8         | * | 0        | 18             | 0                  | 0.88619            | 3.808E-9                  | 0.000013                 | 444E-16 | 1.296                                     |

| Optimization Results |              |                          |              |
|----------------------|--------------|--------------------------|--------------|
| Iterations           | 8            | Function Calls           | 21           |
| Jacobian Calls       | 10           | Active Constraints       | 0            |
| Objective Function   | 0.8861944963 | Max Abs Gradient Element | 0.000012756  |
| Lambda               | 4.440892E-14 | Actual Over Pred Change  | 1.2958552663 |
| Radius               | 981.25865035 |                          |              |

Convergence criterion (GCONV=1E-8) satisfied.

**Note:** The Moore-Penrose inverse is used in computing the covariance matrix for parameter estimates.

**Warning:** Standard errors and t values might not be accurate with the use of the Moore-Penrose inverse.

**Note:** Covariance matrix for the estimates is not full rank.

**Note:** The variance of some parameter estimates is zero or some parameter estimates are linearly related to other parameter estimates as shown in the following equations:

Slika 3.40: Rezultati Levenberg-Marquardt optimizacije za Model 3 (ispis iz SAS-a)



**The CALIS Procedure**  
**Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation**

| Fit Summary                     |           |
|---------------------------------|-----------|
| Chi-Square                      | 4424.7691 |
| Chi-Square DF                   | 269       |
| Pr > Chi-Square                 | <.0001    |
| Root Mean Square Residual (RMR) | 2.0745    |
| Standardized RMR (SRMR)         | 0.0473    |
| Goodness of Fit Index (GFI)     | 0.9227    |
| RMSEA Estimate                  | 0.0556    |
| Bentler Comparative Fit Index   | 0.9001    |
| Bentler-Bonett NFI              | 0.8944    |
| Bentler-Bonett Non-normed Index | 0.8886    |

Slika 3.42: Rezultati testa adekvatnosti Modela 3 (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| PATH List |       |         |           |           |                |          |         |
|-----------|-------|---------|-----------|-----------|----------------|----------|---------|
| Path      |       |         | Parameter | Estimate  | Standard Error | t Value  | Pr >  t |
| Tech      | ====> | ST26Q01 | t1        | 0.94890   | 0.06943        | 13.6674  | <.0001  |
| Tech      | ====> | ST26Q03 | t3        | 1.07965   | 0.07782        | 13.8742  | <.0001  |
| Tech      | ====> | ST26Q04 | t4        | 1.03396   | 0.07410        | 13.9542  | <.0001  |
| Tech      | ====> | ST26Q05 | t5        | 0.97212   | 0.06960        | 13.9664  | <.0001  |
| Tech      | ====> | ST26Q07 | t7        | 0.87966   | 0.06400        | 13.7439  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q02 | s2        | 0.90543   | 0.02698        | 33.5587  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q04 | s4        | 1.24465   | 0.02755        | 45.1811  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q05 | s5        | 0.59230   | 0.03791        | 15.6236  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q06 | s6        | 1.36912   | 0.02503        | 54.6967  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q09 | s9        | 1.32242   | 0.02432        | 54.3733  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q10 | s10       | 1.24194   | 0.02729        | 45.5108  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q11 | s11       | 1.16325   | 0.02403        | 48.4050  | <.0001  |
| Self      | ====> | ST27Q13 | s13       | 1.28980   | 0.02814        | 45.8405  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q01 | a1        | 0.94624   | 0.03833        | 24.6842  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q02 | a2        | -1.01295  | 0.03914        | -25.8824 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q03 | a3        | -1.10759  | 0.04272        | -25.9255 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q04 | a4        | 0.79804   | 0.03454        | 23.1040  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q05 | a5        | -1.11595  | 0.04341        | -25.7090 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q06 | a6        | 1.06550   | 0.04188        | 25.4432  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q07 | a7        | -1.07890  | 0.04194        | -25.7222 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q08 | a8        | 0.84331   | 0.03554        | 23.7310  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q09 | a9        | 0.86007   | 0.03642        | 23.6165  | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q10 | a10       | -1.04342  | 0.04175        | -24.9932 | <.0001  |
| Attit     | ====> | ST24Q11 | a11       | -1.08241  | 0.04268        | -25.3593 | <.0001  |
| Self      | ====> | Tech    | st        | 0.40461   | 0.04107        | 9.8529   | <.0001  |
| Self      | ====> | Attit   | sa        | -0.60045  | 0.03023        | -19.8655 | <.0001  |
| Tech      | ====> | AVGREAD | tR        | 23.37358  | 0.01808        | 1292.5   | <.0001  |
| Attit     | ====> | AVGREAD | aR        | -54.68508 | 0.00778        | -7027.8  | <.0001  |

Slika 3.43: Procjena parametara i putanja Modela 3 (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| Variance Parameters |          |           |          |                |         |         |
|---------------------|----------|-----------|----------|----------------|---------|---------|
| Variance Type       | Variable | Parameter | Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Error               | ST26Q01  | s261      | 0.82023  | 0.01866        | 43.9610 | <.0001  |
|                     | ST26Q03  | s263      | 0.64892  | 0.01621        | 40.0227 | <.0001  |
|                     | ST26Q04  | s264      | 0.44415  | 0.01215        | 36.5601 | <.0001  |
|                     | ST26Q05  | s265      | 0.37108  | 0.01037        | 35.7851 | <.0001  |
|                     | ST26Q07  | s267      | 0.60263  | 0.01404        | 42.9187 | <.0001  |
|                     | ST27Q02  | s272      | 0.49668  | 0.01067        | 46.5513 | <.0001  |
|                     | ST27Q04  | s274      | 0.54889  | 0.01245        | 44.1041 | <.0001  |
|                     | ST27Q05  | s275      | 0.98062  | 0.01992        | 49.2285 | <.0001  |
|                     | ST27Q06  | s276      | 0.43205  | 0.01056        | 40.9210 | <.0001  |
|                     | ST27Q09  | s279      | 0.39520  | 0.00970        | 40.7395 | <.0001  |
|                     | ST27Q10  | s2710     | 0.53559  | 0.01218        | 43.9836 | <.0001  |
|                     | ST27Q11  | s2711     | 0.38124  | 0.00895        | 42.5785 | <.0001  |
|                     | ST27Q13  | s2713     | 0.58532  | 0.01328        | 44.0626 | <.0001  |
|                     | ST24Q01  | s241      | 0.45347  | 0.00976        | 46.4563 | <.0001  |
|                     | ST24Q02  | s242      | 0.28880  | 0.00662        | 43.6347 | <.0001  |
|                     | ST24Q03  | s243      | 0.33605  | 0.00773        | 43.4601 | <.0001  |
|                     | ST24Q04  | s244      | 0.54584  | 0.01140        | 47.8949 | <.0001  |
|                     | ST24Q05  | s245      | 0.38886  | 0.00879        | 44.2617 | <.0001  |
|                     | ST24Q06  | s246      | 0.40924  | 0.00909        | 45.0281 | <.0001  |
|                     | ST24Q07  | s247      | 0.36069  | 0.00816        | 44.2176 | <.0001  |
|                     | ST24Q08  | s248      | 0.50466  | 0.01063        | 47.4635 | <.0001  |
|                     | ST24Q09  | s249      | 0.54422  | 0.01144        | 47.5525 | <.0001  |
|                     | ST24Q10  | s2410     | 0.48503  | 0.01055        | 45.9741 | <.0001  |
|                     | ST24Q11  | s2411     | 0.44053  | 0.00974        | 45.2329 | <.0001  |
| Exogenous           | Self     | s         | 0.16429  | 0.00415        | 39.5932 | <.0001  |
| Error               | Attit    | a         | 0.27477  | 0.02069        | 13.2775 | <.0001  |
|                     | Tech     | t         | 0.49696  | 0.07040        | 7.0590  | <.0001  |
|                     | AVGREAD  | R         | 5763     | 118.66657      | 48.5669 | <.0001  |

Slika 3.44: Procjena parametara i putanja Modela 3, nastavak (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| Squared Multiple Correlations |                |                |          |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------|
| Variable                      | Error Variance | Total Variance | R-Square |
| AVGREAD                       | 5763           | 7150           | 0.1940   |
| ST24Q01                       | 0.45347        | 0.75253        | 0.3974   |
| ST24Q02                       | 0.28880        | 0.63151        | 0.5427   |
| ST24Q03                       | 0.33605        | 0.74579        | 0.5494   |
| ST24Q04                       | 0.54584        | 0.75855        | 0.2804   |
| ST24Q05                       | 0.38886        | 0.80482        | 0.5168   |
| ST24Q06                       | 0.40924        | 0.78843        | 0.4809   |
| ST24Q07                       | 0.36069        | 0.74949        | 0.5187   |
| ST24Q08                       | 0.50466        | 0.74220        | 0.3200   |
| ST24Q09                       | 0.54422        | 0.79129        | 0.3122   |
| ST24Q10                       | 0.48503        | 0.84867        | 0.4285   |
| ST24Q11                       | 0.44053        | 0.83186        | 0.4704   |
| ST26Q01                       | 0.82023        | 1.29191        | 0.3651   |
| ST26Q03                       | 0.64892        | 1.25955        | 0.4848   |
| ST26Q04                       | 0.44415        | 1.00419        | 0.5577   |
| ST26Q05                       | 0.37108        | 0.86613        | 0.5716   |
| ST26Q07                       | 0.60263        | 1.00799        | 0.4022   |
| ST27Q02                       | 0.49668        | 0.63137        | 0.2133   |
| ST27Q04                       | 0.54889        | 0.80340        | 0.3168   |
| ST27Q05                       | 0.98062        | 1.03826        | 0.0555   |
| ST27Q06                       | 0.43205        | 0.74001        | 0.4162   |
| ST27Q09                       | 0.39520        | 0.68251        | 0.4210   |
| ST27Q10                       | 0.53559        | 0.78900        | 0.3212   |
| ST27Q11                       | 0.38124        | 0.60355        | 0.3683   |
| ST27Q13                       | 0.58532        | 0.85863        | 0.3183   |
| Attit                         | 0.27477        | 0.33400        | 0.1773   |
| Tech                          | 0.49696        | 0.52386        | 0.0513   |

Slika 3.45: Korelacije Modela 3 (ispis iz SAS-a)

The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| Standardized Results for PATH List |       |         |           |          |                |          |         |
|------------------------------------|-------|---------|-----------|----------|----------------|----------|---------|
| Path                               |       |         | Parameter | Estimate | Standard Error | t Value  | Pr >  t |
| Tech                               | ====> | ST26Q01 | t1        | 0.60424  | 0.01063        | 56.8439  | <.0001  |
| Tech                               | ====> | ST26Q03 | t3        | 0.69628  | 0.00915        | 76.0683  | <.0001  |
| Tech                               | ====> | ST26Q04 | t4        | 0.74680  | 0.00835        | 89.4764  | <.0001  |
| Tech                               | ====> | ST26Q05 | t5        | 0.75602  | 0.00820        | 92.1585  | <.0001  |
| Tech                               | ====> | ST26Q07 | t7        | 0.63415  | 0.01016        | 62.4219  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q02 | s2        | 0.46187  | 0.01297        | 35.6217  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q04 | s4        | 0.56285  | 0.01163        | 48.3873  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q05 | s5        | 0.23561  | 0.01507        | 15.6319  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q06 | s6        | 0.64510  | 0.01042        | 61.9219  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q09 | s9        | 0.64882  | 0.01036        | 62.6172  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q10 | s10       | 0.56672  | 0.01158        | 48.9527  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q11 | s11       | 0.60691  | 0.01099        | 55.2159  | <.0001  |
| Self                               | ====> | ST27Q13 | s13       | 0.56419  | 0.01161        | 48.5828  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q01 | a1        | 0.63040  | 0.00933        | 67.5587  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q02 | a2        | -0.73667 | 0.00734        | -100.3   | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q03 | a3        | -0.74122 | 0.00725        | -102.2   | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q04 | a4        | 0.52955  | 0.01096        | 48.3343  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q05 | a5        | -0.71891 | 0.00769        | -93.4637 | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q06 | a6        | 0.69350  | 0.00818        | 84.7654  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q07 | a7        | -0.72024 | 0.00767        | -93.9552 | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q08 | a8        | 0.56573  | 0.01040        | 54.3748  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q09 | a9        | 0.55878  | 0.01051        | 53.1527  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q10 | a10       | -0.65459 | 0.00890        | -73.5325 | <.0001  |
| Attit                              | ====> | ST24Q11 | a11       | -0.68587 | 0.00833        | -82.3826 | <.0001  |
| Self                               | ====> | Tech    | st        | 0.22659  | 0.01670        | 13.5652  | <.0001  |
| Self                               | ====> | Attit   | sa        | -0.42112 | 0.01429        | -29.4781 | <.0001  |
| Tech                               | ====> | AVGREAD | tR        | 0.20006  | 0.01398        | 14.3152  | <.0001  |
| Attit                              | ====> | AVGREAD | aR        | -0.37375 | 0.01269        | -29.4447 | <.0001  |

Slika 3.46: Procjena parametara i putanja Modela 3, nastavak (ispis iz SAS-a)

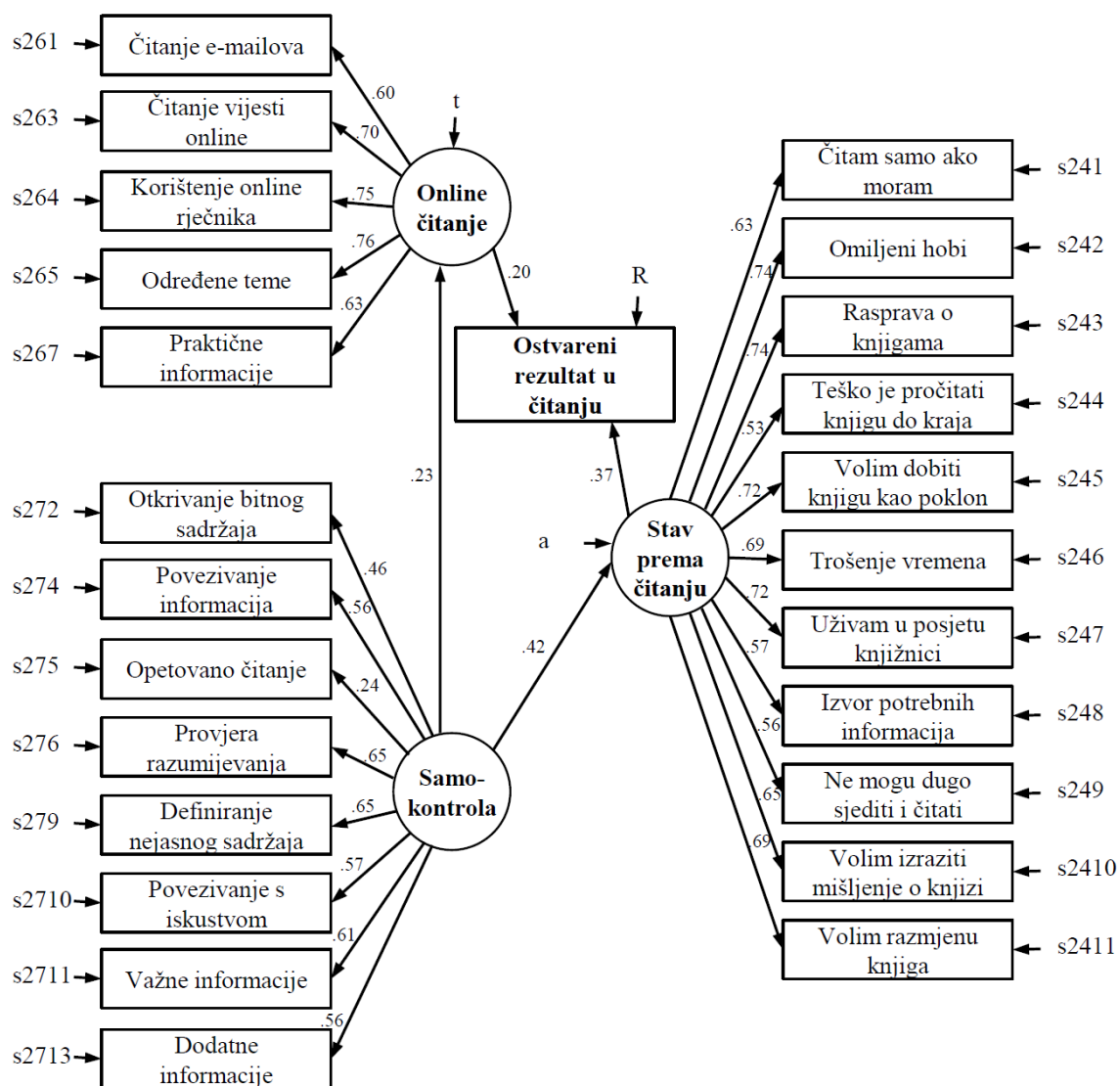
The CALIS Procedure  
Covariance Structure Analysis: Maximum Likelihood Estimation

| Standardized Results for Variance Parameters |          |           |          |                |         |         |
|--|----------|-----------|----------|----------------|---------|---------|
| Variance Type                                | Variable | Parameter | Estimate | Standard Error | t Value | Pr >  t |
| Error  | ST26Q01  | s261      | 0.63489  | 0.01285        | 49.4239 | <.0001  |
|  | ST26Q03  | s263      | 0.51520  | 0.01275        | 40.4188 | <.0001  |
|  | ST26Q04  | s264      | 0.44230  | 0.01247        | 35.4804 | <.0001  |
|  | ST26Q05  | s265      | 0.42843  | 0.01240        | 34.5395 | <.0001  |
|  | ST26Q07  | s267      | 0.59785  | 0.01288        | 46.3992 | <.0001  |
|  | ST27Q02  | s272      | 0.78668  | 0.01198        | 65.6816 | <.0001  |
|  | ST27Q04  | s274      | 0.68321  | 0.01309        | 52.1765 | <.0001  |
|  | ST27Q05  | s275      | 0.94449  | 0.00710        | 133.0   | <.0001  |
|  | ST27Q06  | s276      | 0.58385  | 0.01344        | 43.4368 | <.0001  |
|  | ST27Q09  | s279      | 0.57904  | 0.01345        | 43.0652 | <.0001  |
|  | ST27Q10  | s2710     | 0.67883  | 0.01312        | 51.7329 | <.0001  |
|  | ST27Q11  | s2711     | 0.63166  | 0.01334        | 47.3453 | <.0001  |
|  | ST27Q13  | s2713     | 0.68169  | 0.01310        | 52.0221 | <.0001  |
|  | ST24Q01  | s241      | 0.60260  | 0.01176        | 51.2208 | <.0001  |
|  | ST24Q02  | s242      | 0.45732  | 0.01082        | 42.2800 | <.0001  |
|  | ST24Q03  | s243      | 0.45060  | 0.01075        | 41.9215 | <.0001  |
|  | ST24Q04  | s244      | 0.71958  | 0.01160        | 62.0144 | <.0001  |
|  | ST24Q05  | s245      | 0.48317  | 0.01106        | 43.6885 | <.0001  |
|  | ST24Q06  | s246      | 0.51906  | 0.01135        | 45.7416 | <.0001  |
|  | ST24Q07  | s247      | 0.48125  | 0.01104        | 43.5823 | <.0001  |
|  | ST24Q08  | s248      | 0.67995  | 0.01177        | 57.7611 | <.0001  |
|  | ST24Q09  | s249      | 0.68776  | 0.01175        | 58.5391 | <.0001  |
|  | ST24Q10  | s2410     | 0.57152  | 0.01165        | 49.0390 | <.0001  |
|  | ST24Q11  | s2411     | 0.52958  | 0.01142        | 46.3709 | <.0001  |
| Exogenous                                    | Self     | s         | 1.00000  |                |         |         |
| Error  | Attit    | a         | 0.82266  | 0.01203        | 68.3705 | <.0001  |
|  | Tech     | t         | 0.94866  | 0.00757        | 125.3   | <.0001  |
|  | AVGREAD  | R         | 0.80601  | 0.01071        | 75.2660 | <.0001  |

Slika 3.47: Procjena parametara i putanja Modela 3, nastavak (ispis iz SAS-a)



## Rezultati



Slika 3.48: Dijagram putanje strukturalnog Modela 3 s pripadnim koeficijentima putanje. Oznake s272-s2713, s241-s2411, s261-s267, t, a i R predstavljaju greške varijabli prema kojima su usmjerene.

Slika 3.48 prikazuje dijagram putanje strukturalnog Modela 3 s pripadnim koeficijentima putanje, a tablica 3.3 sadrži pokazatelje adekvatnosti Modela 3.

| MODEL   | $\chi^2$ | <i>df</i> | NFI   | TLI   | RMSEA | CFI   | SRMR  | GFI   |
|---------|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Model 3 | 4424.77  | 269       | 0.894 | 0.889 | 0.056 | 0.900 | 0.047 | 0.922 |

Tablica 3.3: Pokazatelji testa adekvatnosti Modela 3

Testom adekvatnosti evaluirani Model 3 pokazao se kao pogodan za analizu rezultata čitanja na uzorku učenika iz Hrvatske.

Nakon uklanjanja varijabli *Online chat* i *Sudjelovanje u grupnim diskusija ili forumima na internetu*, dobivamo pogodnu vrijednost testa adekvatnosti RMSEA (0.056). Sve korištene veze (putanje) statistički su značajne.

Iako su neke pogodne, sve vrijednosti pokazatelja testa adekvatnosti nisu u optimalnim intervalima što nas upućuje na zaključak da se ne radi o savršenom modelu za korištenje na rezultatima testova učenika iz Hrvatske.

### 3.5 Usporedba rezultata

U tablici 3.4 prikazane su vrijednosti pokazatelja adekvatnosti svih evaluiranih modela.

| MODEL   | $\chi^2$ | <i>df</i> | NFI   | TLI   | RMSEA | CFI   | SRMR  | GFI   |
|---------|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Model 1 | 3725.70  | 166       | 0.888 | 0.876 | 0.066 | 0.892 | 0.050 | 0.918 |
| Model 2 | 6093.22  | 318       | 0.871 | 0.863 | 0.060 | 0.876 | 0.050 | 0.904 |
| Model 3 | 4424.77  | 269       | 0.894 | 0.889 | 0.056 | 0.900 | 0.047 | 0.922 |

Tablica 3.4: Pokazatelji testa adekvatnosti Modela 1,2 i 3

Za usporedbu evaluiranih modela, fokusiramo se na pokazatelje CFI i omjere  $\chi^2$  vrijednosti i pripadnih stupnjeva slobode *df* koji su pogodni za uspoređivanje modela.

Vrijednosti CFI indeksa za evaluirane Modele 1,2 i 3 redom iznose 0.892, 0.876 i 0.900.

Vrijednosti navedenih omjera  $\chi^2$  testa iznose redom 22.44, 19.16 i 16.45.

Vrijednosti oba pokazatelja za sva tri modela jasno pokazuju da je Model 3 najprikladniji model za rezultate testova provedenih na učenicima iz Hrvatske što je u skladu sa zasebnim pokazateljima adekvatnosti evaluiranih modela.

Rezultati Modela 3 daju naslutiti da postoji veza između *Samokontrole* i ostalih latentnih varijabli. *Samokontrola* bolje predviđa *Stav prema čitanju* nego *Online čitanje* i ima indirektan efekt na *Ostvareni rezultat u čitanju* kroz preostale dvije latentne varijable. Postoji veza između *Ostvarenog rezultata u čitanju* i latentnih varijabli *Online čitanje* i *Stav prema čitanju* iako pripadni koeficijenti nisu visoki.

Učenici koji su skloniji korištenju tehnologije za čitanje i imaju pozitivan stav prema istom imaju veće šanse za ostvarivanje boljih rezultata na testovima čitanja.

# Bibliografija

- [1] *PROC CALIS, Assessment of Fit, SAS/STAT(R) 9.22 User's Guide*, [https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/HTML/default/viewer.htm#statug\\_calis\\_sect077.htm](https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/HTML/default/viewer.htm#statug_calis_sect077.htm).
- [2] *PROC CALIS, Estimation criteria, SAS/STAT(R) 9.22 User's Guide*, [https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/HTML/default/viewer.htm#statug\\_calis\\_sect073.htm](https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/HTML/default/viewer.htm#statug_calis_sect073.htm).
- [3] M. Barš Roth, A. Markočić Dekanić, M. Markuš i M. Gregurović, *PISA 2009 Čitalačke kompetencije za život*, (2010), [https://pisa.ncvvo.hr/wp-content/uploads/2018/05/IZVJESTAJ\\_PISA2009\\_press.pdf](https://pisa.ncvvo.hr/wp-content/uploads/2018/05/IZVJESTAJ_PISA2009_press.pdf).
- [4] P. M. Bentler, *EQS 6 Structural Equations Program Manual*, (1995).
- [5] O. Bulut, E. Delen i F. Kaya, *An SEM Model Based on PISA 2009 in Turkey: How Does the Use of Technology and Self-regulation Activities Predict Reading Scores?*, (2012), <https://core.ac.uk/download/pdf/82493442.pdf>.
- [6] L. T. Hu i P. M. Bentler, *Cutoff Criteria for Fit Indexes in Covariance Structure Analysis: Conventional Criteria versus New Alternatives*, *Structural Equation Modeling* **6** (1999), 1–55.
- [7] R. C. MacCallum, M. W. Browne i H. M. Sugawara, *Power analysis and determination of sample size for covariance structure modeling*, *Psychological Methods* **1** (1996), 130–149.
- [8] B. G. Tabachnick i L. S. Fidel, *Using Multivariate Statistics, 4th edition*, (2000).

# Sažetak

Strukturalno modeliranje (eng. *Structural equation modeling*) je multivarijatna metoda statističke analize koja se koristi za analizu strukturiranih odnosa generiranih između izmjerenih varijabli i latentnih konstrukata. Pozadinu strukturalnog modeliranja čine faktorska i višestruka regresijska analiza te analiza putanje. U ovom radu je opisana navedena metoda i obrađen primjer strukturalnog modeliranja.

Za evaluaciju korištenih modela koristimo rezultate PISA istraživanja provedenog 2009. godine na učenicima iz Hrvatske. U sklopu obrađenog primjera strukturalnog modeliranja analiziramo veze između latentnih konstrukata samokontrole tijekom čitanja, korištenja tehnologije za čitanje i stava prema čitanju te ispitujeemo njihov utjecaj na rezultate testova čitanja.

Evaluacijom adekvatnosti triju modela definiran je najpogodniji model za obradu navedenih podataka. Samokontrola tijekom čitanja ima neizravan utjecaj na ostvarene rezultate u čitanju kroz korištenje tehnologije za čitanje i stav prema čitanju. Preostali evaluirani latentni konstrukti utječu izravno na ostvarene rezultate testova čitanja. Rezultati analize pokazuju da postoji korelacija između samokontrole tijekom čitanja i korištenja tehnologije za čitanje kao i korelacija između samokontrole tijekom čitanja i stava prema čitanju.

# Summary

Structural equation modeling is a multivariate statistical analysis method used to analyze structured relationships generated between measured variables and latent constructs. The basis of structural equation modeling is consisted of factor analysis, multiple regression and path analysis. This thesis outlines the method and evaluates a structural equation modeling example.

The results of the PISA 2009 survey conducted on Croatian students are used for the evaluation of models. Within the evaluated example, we analyze the relationships between latent constructs of self-control during reading, using technology for reading and reading attitude, in addition to examining their impact on reading test results.

The best-fit model for processing the mentioned data is defined through the model-fit evaluation of three models. Self-control during reading has an indirect impact on reading results by using technology for reading and reading attitude. The remaining evaluated latent constructs directly affect reading test results. The results of the analysis reveal a correlation between self-control during reading and using technology for reading as well as a correlation between self-control during reading and reading attitude.

# Životopis

Rođen sam 4. srpnja 1993. godine u Metkoviću. Djetinjstvo sam proveo u Krvavcu. Moja obrazovna pustolovina započela je u Osnovnoj školi don Mihovila Pavlinovića u Metkoviću i nastavila se u Gimnaziji Metković, prirodoslovno-matematički smjer, koju sam završio 2012. godine. Iste godine upisao sam preddiplomski sveučilišni studij Matematika na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu. Nakon završetka preddiplomskog studija 2015. godine, na istom fakultetu upisao sam diplomski studij Matematička statistika.

Tijekom studiranja, dvije godine sam bio aktivni član studentske udruge eSTUDENT kojoj je cilj studentima pružiti dodatnu edukaciju kroz podršku i rad na projektima.

Od lipnja 2016. godine radim u Zagrebačkoj banci u odjelu Istraživanje tržišta, sektor Upravljanje iskustvom klijenata i Marketing.