



UNIVERZITET U NIŠU
EKONOMSKI FAKULTET
Časopis "EKONOMSKE TEME"
Godina izlaza XLVI, br. 2, 2008., str. 79-93
Adresa: Trg kralja Aleksandra Ujedinitelja 11, 18000 Niš
Tel: +381 18 528 601 Fax: +381 18 523 268

PRIMENA METODA ANALIZA PUTANJE I MODELIRANJE STRUKTURALNE JEDNAČINE U ISTRAŽIVANJU TRŽIŠTA

Mr Vinko Lepojević*
Mr Vesna Janković-Milić*

Rezime: Analiza putanje je metod koji se smatra nastavkom regresione analize i koji se koristi za testiranje prilagodjenosti korelacione matrice prema dva ili više kauzalnih modela upoređenih od strane istraživača. Kao oblik višestruke regresije koja je fokusirana na kauzalnost, analiza putanje može se posmatrati kao poseban slučaj modeliranja strukturalne jednačine. Modeliranje strukturalne jednačine je statistički metod za utvrđivanje i testiranje kauzalnih odnosa korišćenjem kombinacije statističkih podataka i kvalitativnih kauzalnih pretpostavki.

Ključne reč: Analiza putanje, modeliranje strukturalne jednačine, višestruka regresija, analiza uzroka.

Uvod

Analiza putanje (*Path analysis*) je razvijena kao metod za razlaganje korelacije u cilju bolje interpretacije efekata (npr. kako edukacija roditelja utiče na primanja njihove dece nakon 40-godišnjeg perioda). Analiza putanje je blisko vezana za višestruku regresionu analizu pa se može reći da je regresiona analiza specijalni slučaj analize putanje. Često se ovaj metod i tehnike vezane za njega nazivaju "kauzalnom analizom". Razlog za to ime leži u tome što ove tehnike dopuštaju testiranje teoretskih hipoteza vezanih za uzrok i efekte bez manipulisanja promenljivim.

* Ekonomski fakultet Niš
UDK 519.221; Pregledni naučni članak
Primljeno: 29.08.2008.

Modeliranje strukturalne jednačine (*Structural equation modeling* - SEM) predstavlja metod koji ima ciljeve slične višestrukoj regresiji, ali je ovaj pristup mnogo širi tako da uzima u obzir modeliranje interakcija, nelinearnost, vezane nezavisne promenljive, grešku merenja i multipli latentne nezavisne promenljive. SEM se, takodje, može upotrebiti kao moćna alternativa višestrukoj regresiji, analizi putanje, faktorskoj analizi, analizi vremenskih serija i analizi kovarijanse. Ovi postupci se mogu posmatrati kao posebni slučajevi SEM-a ili, gledano sa druge strane, SEM je produžetak opšteg linearnog modela (GLM) čiji je deo i višestruka regresija.

Prednosti SEM-a u upoređenju sa višestrukom regresijom su da on uključuje više fleksibilnih pretpostavki kako bi se redukovala greška u merenju uzimajući multipli indikatore za svaku latentnu promenljivu, u privlačnosti SEM grafičkog prikaza modeliranja, testiranju celog modela pre no testiranje pojedinačnih koeficijenata, u mogućnosti da se testiraju modeli sa multipli zavisnim promenljivim, takodje i u mogućnosti za modeliranje posrednih promenljivih radije no uvođenje dodatnih, u mogućnosti da se modelira pojam greške, kao i u mogućnosti da se rukuje kompleksnim podacima (vremenske serije sa autokorelativnim greškama, ne-normalnim podacima, nepotpunim podacima).

1. Pojam analize putanje

Analiza putanje je nastavak višestruke regresione analize. Njen cilj je ispitivanje važnosti i značaja uzročnih veza između grupa promenljivih, pri čemu su uzročne veze pretpostavljene od strane istraživača. Dok su u višestrukoj regresionoj analizi sve nezavisne promenljive uzete da utiču na zavisnu promenljivu direktno, analiza putanje uzima u obzir mnogo kompleksniji set odnosa. Na primer, neka se uzme da je zadovoljstvo kupca određeno kvalitetom proizvoda, kvalitetom usluge i imidžom kompanije. U višestrukoj regresionoj analizi konceptualni model se može dati kao na Prikazu 1 (a). U analizi putanje model je mnogo kompleksniji. Može se postaviti hipoteza da: kvalitet proizvoda utiče na zadovoljstvo potrošača, da kvalitet servisa direktno utiče na zadovoljstvo potrošača, da i kvalitet servisa i kvalitet proizvoda utiču na imidž kompanije i da imidž kompanije utiče na zadovoljstvo potrošača. Te pretpostavljene relacije mogu biti ilustrovane kao na Prikazu 1 (b). Cilj analize putanje je da odredi: koliko kvalitet servisa utiče direktno na zadovoljstvo potrošača, koliko kvalitet proizvoda direktno utiče na zadovoljstvo potrošača, koliko imidž kompanije utiče direktno na zadovoljstvo potrošača, koliko kvalitet servisa indirektno utiče (kroz imidž kompanije) na zadovoljstvo potrošača, koliko kvalitet proizvoda utiče

Primena metoda analiza putanje i modeliranje strukturalne jednačine u istraživanju tržišta

indirektno (kroz imidž kompanije) na zadovoljstvo potrošača. Direktne linije se nazivaju *putanjama*. Analiza putanje je ništa drugo no niz regresionih jednačina datih kao:

$$CS = a_1 + b_{11}SQ + b_{12}PQ + b_{13}CI + e_1,$$

$$CI = a_2 + b_{21}SQ + b_{22}PQ + e_2.$$

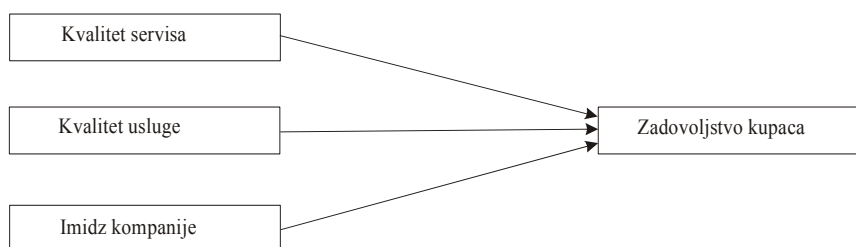
Koeficijenti putanje su u stvari standardizovani regresioni koeficijenti (*bs*) izvedeni iz gornjih jednačina. Ukoliko se traže ocene greške (e_1, e_2), one su izračunate kao $1-R^2$ (ne $1-$ prilagodjeno R^2). Za razliku od klasične višestruke regresije, u analizi putanje ista promenljiva može biti i zavisna i nezavisna promenljiva (imidž kompanije u našem primeru). Putanje za koje regresioni koeficijenti nisu značajni, biće isključene iz konačnog modela. Mnogo složeniji primer za dijagram analize putanje dat je u Prikazu 2.

Postoje pravila u vezi izražavanja i imenovanja pojmova iz analize putanje. Strelica pokazuje pretpostavljene kauzalne odnose. Jednosmerna strelica usmerena je od uzroka ka efektu. Dvostruka strelica pokazuje da su promenljive u odnosu. Nezavisne (X) promenljive zovu se spoljnim promenljivim. Zavisne (Y) promenljive zovu se unutrašnjim promenljivim. *Koeficijent putanje* ukazuje na direktni efekat promenljive, uzete kao uzrok, na drugu promenljivu, uzetu kao efekat. Koeficijenti putanje su standardizovani zato što su izračunati iz odgovarajućih odnosa.

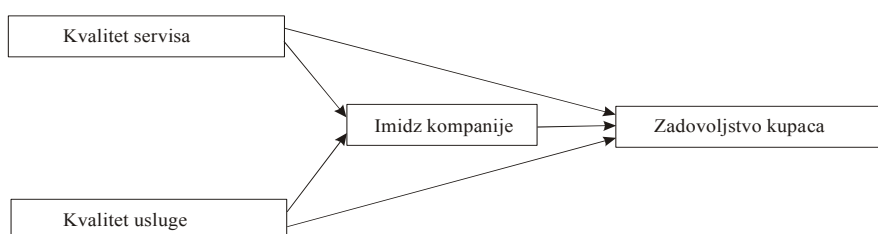
Uobičajene pretpostavke metoda analize putanje su:

1. Sve relacije su linearne. Uzročne-kauzalne pretpostavke (šta uslovljava šta) prikazane su na dijagramu putanje.
2. Rezidualne greške nisu u korelaciji sa promenljivim u modelu, niti jedna sa drugom.
3. Uobičajeni tok je jednosmeran.
4. Promenljive su merene na intervalnim skalama ili preciznije.
5. Promenljive su merene bez greške (savršena pouzdanost)

Prikaz 1. Uporedjenje modela višestruke regresione analize i analize putanje:



(a) Višestruka regresiona analiza



(b) Analiza putanje

2. Pojam modeliranja strukturalne jednačine

Analiza putanje je podskup više elaborativnih tehnika poznatih kao modeliranje strukturalne jednačine (SEM –*Structural equation Modeling*). Najznačajnija razlika između analize putanje i SEM je da SEM uzima u obzir izmerene i latentne promenljive. Izmerena promenljiva je promenljiva koja se može posmatrati direktno i koja je merljiva. Latentne promenljive su one koje nisu direktno merene ali su izražene preko kovarijansi između dve ili više merenih promenljivih. One su takođe poznate kao faktori (kao u faktorskoj analizi) ili neposmatrane promenljive. U stvari, analiza putanje je prost nastavak višestruke regresione analize na izmerenim promenljivim, dok je SEM mnogo komplikovanije proširenje višestruke regresije na faktorima izvedenim iz izmerenih promenljivih.

Modeli strukturalne jednačine sastoje se od modela merenja i strukturalnog modela. Model merenja određuje odnos između izmerenih promenljivih i latentnih promenljivih (faktora), dok strukturalni model radi sa odnosima između latentnih promenljivih. Latentne promenljive su oslobođene slučajnih grešaka zato što su greške izračunate i eliminisane ostavljajući samo opštu varijansu.

2.1. Razvijanje i testiranje modela strukturalne jednačine

Cilj formulisanja modela strukturalne jednačine je da se pronadje model koji bi podacima dovoljno odgovarao, kako bi služio kao skromna prezentacija realnosti. Činjenica je da u ekonomiji istraživač ne može pretendovati da postavi pravi model koji u potpunosti oslikava stvarnost.[3,104] Formulisanje modela uključuje sledeće korake:

- Specifikaciju modela
- Identifikaciju modela
- Ocenu modela
- Testiranje uskladenosti modela
- Modifikaciju modela

Ovi koraci su obrazloženi nadalje.

Specifikacija modela

Tačna specifikacija modela je nužna pretpostavka uspešne ocene modela. [3,104] U ovom koraku, istraživač specificira uzročne putanje između latentnih promenljivih uz određivanje koji parametri su fiksni, a koji slobodni. *Fiksni parametri* nisu izračunati iz podataka; obično su dati sa vrednošću nula, pokazujući da ne postoji veza između promenljivih. *Slobodni parametri* su izvedeni iz posmatranih podataka. Odluka koji su parametri slobodni, a koji fiksni bazirana je na a priori hipotezi samog istraživača.

Identifikacija modela

U sledećem koraku, istraživač bi trebalo da identifikuje da li postoji dovoljno informacija za izračunavanje nepoznatih parametara u SEM. Momenat koji dolazi do izražaja u postavljanju adekvatnog modela je broj parametara je broj parametara koje treba uključiti. [8, 503] U modelu, broj poznatih parametara (korelacije i kovarijanse) između latentnih promenljivih mora biti jednak ili prevazići broj nepoznatih. Kada model sadrži više nepoznatih parametara no poznatih, on je "nedovoljno-identifikovan", a kada model sadrži više poznatih no nepoznatih parametara, on je "preidentifikovan", a kada su oba skupa jednaka model je samo "identifikovan". Parametri "nedovoljno-identifikovanih" modela ne mogu biti izračunati.

Broj poznatih parametara je dat preko relacije $[n(n-1)]/2$, gde je n ukupan broj promenljivih u modelu. Da bi za model odredili da li je samo "identifikovan" ili "preidentifikovan", potrebno je obezbediti da broj pitanja, odnosa i poremećaja izmedju latentnih promenljivih ne prelazi poznate parametre.

Ocena modela

Da bi izveo ocenu populacione kovarijanse, $\Sigma(\theta)$, iz modela, istraživač bi trebalo da ubaci početne vrednosti slobodnih parametara. Početne vrednosti mogu biti bazirane na ranijem saznanju, izvedenom iz kompjuterskih programa korišćenih za izradu SEM, ili izvedeni iz višestruke regresije. Cilj ocene je izvođenje $\Sigma(\theta)$ matrice koja minimizira razliku izmedju matrice populacione kovarijanse $\Sigma(\theta)$ i kovarijanse matrice za posmatrane podatke, S . Minimizacija funkcije je u obliku:

$$F = [\mathbf{s} - \boldsymbol{\sigma}(\boldsymbol{\theta})]' \mathbf{W} [\mathbf{s} - \boldsymbol{\sigma}(\boldsymbol{\theta})]$$

gde je \mathbf{s} vektor koji sadrži varijanse i kovarijanse posmatranih promenljivih, $\boldsymbol{\sigma}(\boldsymbol{\theta})$ je vektor koji sadrži odgovarajuće varijanse i kovarijanse kao što je predviđeno modelom, a \mathbf{W} je matrica vrednosti. Vrednost matrice \mathbf{W} se ocenjuje. \mathbf{W} je izabrano kako bi minimiziralo F , a $F(n-1)$ daje odgovarajuću funkciju, u većini slučajeva χ^2 distribuiranu veličinu. Najčešće korišćeni metodi ocene su opšti metod najmanjih kvadrata (GLS) i metod maksimalne verodostojnosti (ML)[9].

ML i GLS su korišćeni za normalno distribuirane podatke kada su faktori i greške nezavisni dok je za podatke koji nisu normalno distribuirani potrebno koristiti druge metode. Bez obzira na proceduru koju biramo, naš cilj je dobijanje odgovarajuće funkcije koja je blizu 0. Odgovarajući rezultat funkcije u iznosu 0 ukazuje da su matrice izračunate kovarijanse modela i matrice originalnog uzorka kovarijanse jednaki.

Testiranje uskladenosti modela

Ako bi smo želeli da prilagodimo funkciju kako bi bila blizu 0, proporcija izmedju χ^2 i stepena slobode od 2 ili manje, može se smatrati dobrom uskladenošću. Takođe, postoji određeni broj funkcija koje se ne baziraju na χ^2 distribuciji [9].

Primena metoda analiza putanje i modeliranje strukturalne jednačine u istraživanju tržišta

Modifikacija modela

Ukoliko varijansno-kovarijansna matrica, koja je ocenjena preko modela, nije adekvatni reprezent varijansno-kovarijansne matrice uzorka, model mora da se popravi i ponovo testira dodavanjem i uklanjanjem putanja specificiranih u originalnom modelu. Opšte korišćeni testovi su Lagrange-ov multiplikativni indeks (LM) i Wald test, pri čemu oba identifikuju promenu u χ^2 vrednosti kada su modeli prepravljani. LM testovi su značajni, jer prepoznaju da li dodatak slobodnih parametara povećava prilagodjenost modela, dok Wald test određuje da li brisanje slobodnih parametara uvećava prilagodjenost modela.

Finalni korak je ocena slobodnih parametara. Svi slobodni parametri se podvrgavaju testiranju značajnosti. Pošto su pojedinačni odnosi unutar modela određeni, ocene parametara su standardizovane za konačnu prezentaciju modela.

Kao i sa analizom putanje, smerovi strelica u modelu strukturalne jednačine reprezentuju istraživačevu hipotezu o povezanosti unutar sistema. Istraživačev izbor pojave i latentnih promenljivih, kao i prikazanih putanja opredeljuje sposobnost modela strukturalne jednačine za prikazivanje varijanse uzorka i kovarijansne šeme koja je posmatrana u realnosti. U skladu sa time, moguće je i uobičajeno da se pronadju dva ili više modela koji odgovaraju podacima podjednako dobro. Ne postoji način da se odredi koja od ovih je "pravi" reprezent realnosti.

Uprkos svojim ograničenjima, SEM ostaje popularni pristup za analiziranje kompleksnih povezanih podataka u marketinškom istraživanju, posebno u oblastima zadovoljenja potrošača, vrednosti i lojalnosti

3. Primena analize putanje i modeliranja strukturalne jednačine

Terry Grapentine (2000.) upoređuje analizu putanje i modele strukturalne jednačine koristeći primer iz istraživanja zadovoljenja potrošača. Grapentine, takodje, objašnjava relativnu prednost i slabost svakog pristupa i daje preporuke praktičarima.

Osnovno pitanje koje se ovde postavlja je da li suštinske prednosti analize putanje i modeliranja strukturalne jednačine prevazilaze njihova ograničenja.

Odeljenja marketinških istraživanja često su zainteresovana za kvantificiranje relativnog značaja faktora koji mogu uticati, na primer, na nepristrasnost prema brandu (izjednačenosti brendova) kao i lojalnost brendu, pa se otuda pribegava primeni metoda analize putanje (uključujući običnu regresiju) i modeliranju strukturalne jednačine (SEM) (tipično uključujući ocenu maksimalne verodostojnosti). Ova druga, SEM, se veoma često uzima kao naprednija u odnosu na drugo. Ali, da li je baš tako?

Oba metoda (analiza putanje i modeliranje strukturalne jednačine) su oblici uzročnog modeliranja koji ispituju odnos između, i unutar, jedne ili više zavisnih promenljivih i dve ili više nezavisnih promenljivih. Primeri zavisnih promenljivih mogli bi biti mere zadovoljenja potrošača, lojalnosti brendu ili kompaniji, nepristrasnosti prema brendu ili primećene vrednosti. Nezavisne promenljive se učestalo fokusiraju na pitanja koja se odnose na brend ili ostvarenja kompanije kao što je kvalitet proizvoda, kvalitet usluge i cenovna konkurencija.

Ni analiza putanje, ni SEM nisu metodi koji bi mogli da otkriju uzročne odnose. One su, pre svega, sredine preko kojih teoretski odnosi mogu biti testirani. U primenjenom istraživanju, analiza putanje se često vidi kao test relativno jednostavnih odnosa. Suprotno, SEM se ponekad odnosi na analizu latentne promenljive zato što ti modeli ustanovljuju odnos između “neposmatranih” promenljivih. U svetu prakse, SEM se ponekad uzima radi ispitivanja komplikovanijih odnosa koji se ne mogu pokriti analizom.

4. Primer analize putanje

Prikaz 2 prezentuje primer analize putanje za potrošača elektronskih proizvoda. Vrednosti su preuzete od *Charkapani Chuck* (2004.). Sve promenljive su prikazane preko pravougaonika i označavaju “posmatrane” promenljive. Te promenljive su merene postavljanjem pitanja upitanicima koja se odnose na karakteristike prikazane u pravougaonicima. Takva pitanja tipično imaju odgovore koji rangiraju proizvod na osnovu serije obeležja koristeći neku vrstu skale gde viši skalni brojevi označavaju višu performansu.

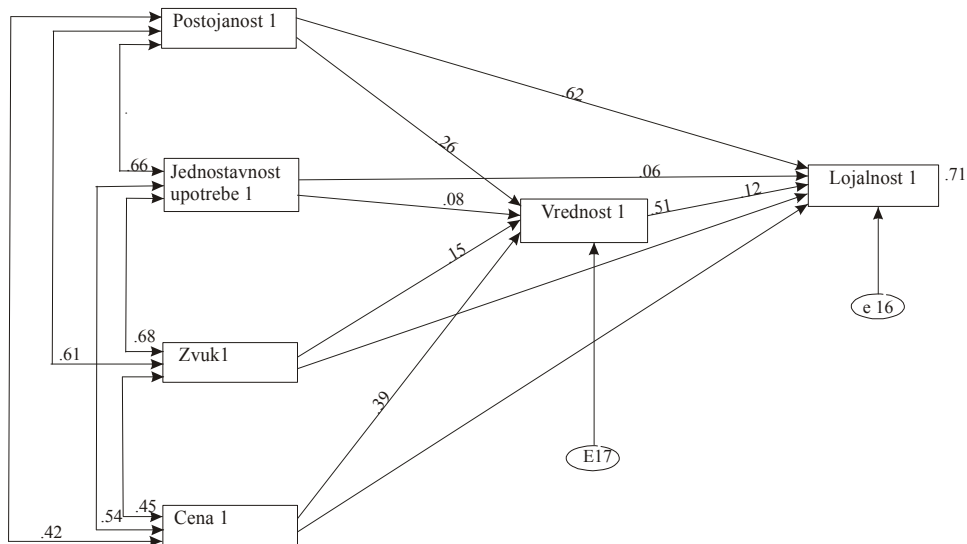
U većini slučajeva, promenljive označene pravougaonicima su sumirane i uprosečene skale gde su dva ili više obeležja koja mere opštu potenciranu osobinu sumirana i podeljena brojem proizvoda.

Sumirane skale predstavljaju dvostruku korist u modelima kakvi su ovi. Prvo, oni pomažu da se barata efektima multikolinearnosti pri oceni regresionih koeficijenata, i drugo, pomažu da se pažnja menadžmenta

Primena metoda analiza putanje i modeliranje strukturalne jednačine u istraživanju tržišta

fokusira na fundamentalnije dimenzije proizvod/kompanija izvođenja, pri čemu su pojedinačna obeležja indikatori.

Prave strelice od jedne posmatrane promenljive ka drugoj označavaju funkcionalne odnose izmedju promenljivih, koji su specificirani od strane marketing istraživača pre analize. U Prikazu 2, Trajnost 1 je funkcionalno vezana za Vrednost 1. Ukoliko dobijeno izvođenje Postojanosti 1 raste ili opada, Vrednost 1 raste ili opada takodje. Vrednost je funkcionalno vezana za lojalnost brendu (Lojalnost 1).



Prikaz 2. Primer analize putanje

Formalnije, promenljive koje imaju samo jednosmerne strelice usmerene od njih ka drugoj promenljivoj – na primer, Postojanost 1, Jednostavnost rukovanja 1, Zvuk 1 i Cena 1 – nazivaju se spoljnim promenljivim. To je zato što njihove vrednosti nisu odredjene nekom drugom promenljivom u modelu (tj. nema strelica od drugih promenljivih koje su usmerene prema njima). Suprotno tome, Lojalnost 1 je unutrašnja promenljiva zato što je njena vrednost odredjena drugim promenljivim u modelu (npr. Postojanost 1, Jednostavnost rukovanja 1, Zvuk 1, Cena 1 i Vrednost 1). Različite strelice poentirane od tih promenljivih prema Lojalnosti 1 reprezentuju te funkcionalne odnose. Vrednost 1 se naziva posrednom promenljivom zato što služi da isposreduje efekat koji izabrane spoljne promenljive imaju na unutrašnje promenljive.

Brojevi blizu pravih strelica su standardizovani regresioni koeficijenti dobijeni iz odnosa neke spoljne promenljive i grupe spoljnih promenljivih sa kojima je funkcionalno povezana. (Regresioni koeficijenti su standardizovani kao rezultat standardizacije nezavisnih i zavisnih promenljivih tako da svaka promenljiva ima sredinu nula i standardnu devijaciju od jedan). Na primer, u Prikazu 2, promenljiva Vrednost 1 iz odnosa prema spoljnim promenljivim koje su vezane za nju daje sledeće standardizovane regresione koeficijente: Postojanost 1 = .26, Jednostavnost rukovanja 1 = .08, Zvuk1=.15, i Cena 1=.39.

Dvostruke strelice koje povezuju spoljne promenljive jednu sa drugom, reprezentuju činjenicu da su te spoljne promenljive u vezi. Brojevi pored ovih strelica su korelacioni koeficijenti između svake od promenljivih. Na primer, u Prikazu 2, korelacija između Postojanosti 1 i Jednostavnost upotrebe 1 je .66.

4.1. Efekti spoljnih promenljivih

U Prikazu 2, svaka spoljna promenljiva utice na Lojalnost 1 direktno i indirektno. Strelice koje povezuju spoljne promenljive sa Vrednošću 1, a onda vezuju Vrednost 1 sa Lojalnošću 1, sugerišu indirektnu vezu. U toj ulozi, Vrednost 1 je posredna promenljiva. Da bi se izračunao ukupni efekat koji jedna spoljna promenljiva ima na Lojalnost 1, jednostavno se sabere direktan i indirektan efekat zajedno. U tom primeru, direktan efekat Postojanost 1 na Lojalnost 1 je .62. Indirektni efekat je izračunat multipliciranjem koeficijenta prikazanim strelicom od Postojanosti 1 prema Vrednosti 1(.26) sa koeficijentom prikazanim strelicom od Vrednosti 1 prema Lojalnosti 1 (.12) ili $.26 \times .12 = .03$. Ukupni efekat Postojanosti 1 na Lojalnost 1, odatle je $.62 + .03 = .65$.

4.2. Merenje bez grešaka

Kritična pretpostavka koja naglašava primenu regresione analize u izračunavanju tih koeficijenata je da su spoljne i unutrašnje promenljive merene bez slučajne greške. [4, 38] Ta pretpostavka obično nije ispunjena. Greške prilikom merenja se provlače kroz upitnike iz mnogih izvora i mogu se klasifikovati u dve kategorije – sistematske i slučajne greške. Dok se slučajne greške uglavnom međusobno potiru i nemaju naročitog uticaja na rezultate istraživanja, sistematske greške utiču na rezultat, pa se one moraju otkloniti ili bar sagledati i o njima treba voditi računa.

Primena metoda analiza putanje i modeliranje strukturalne jednačine u istraživanju tržišta

Slučajna greška merenja je po implikaciji nesistematska greška. Jedan primer slučajne greške može biti činjenica da ispitanici nisu uvek konzistentni u svojim odgovorima u različitim tačkama vremena (podrazumeva se da nije merena promena stava ili percepcije).

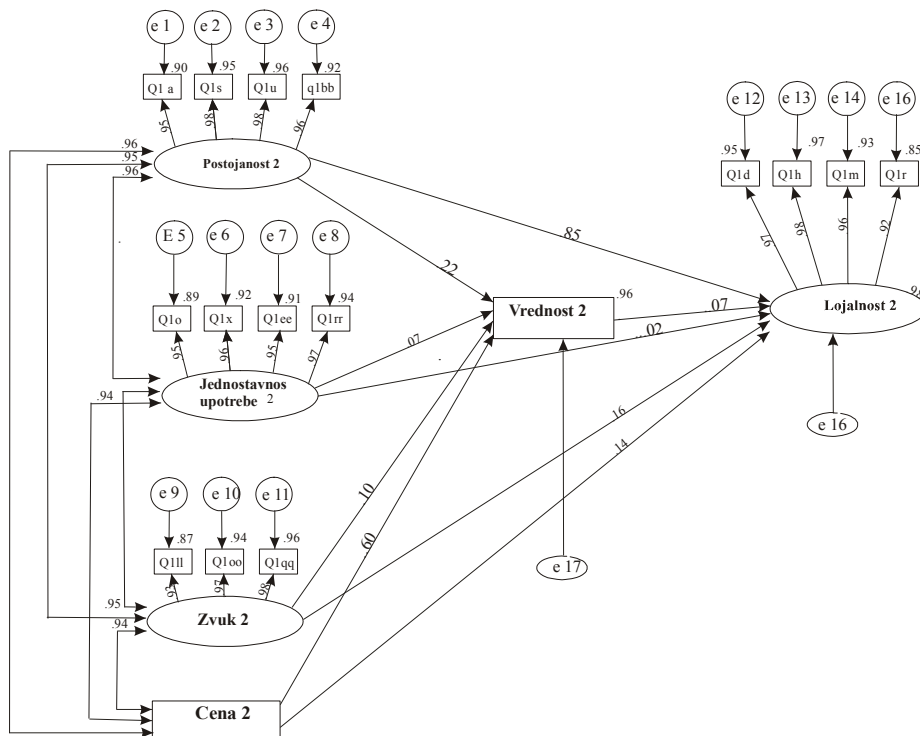
U izvesnoj meri halo efekat se javlja kada potrošači vrednuju proizvode putem skale procene na nekom kvantitativnom mernom instrumentu. Na primer, ukoliko upitanik rangira dva proizvoda i jedan proizvod mu je omiljeniji, to će taj omiljeniji dobiti bolje ocene no ovaj drugi, bez obzira na osobine. Slučajna greška u setovima podataka ublažava jačinu odnosa između funkcionalno povezanih promenljivih. Kontrolisanjem slučajne greške, modeliranje strukturalne jednačine generalno će stvoriti veće r^2 -ove no analiza putanje koja ne uzima u obzir taj izvor greške, dok sve ostalo ostaje konstantno.

5. Primer modeliranja strukturalne jednačine

Posmatrajmo Prikaz 3 koji daje SEM kopiju za model analize putanje iz Prikaza 2. Jasno se vide vizuelne razlike između analize putanje i SEM.

Primenom SEM-a čini se pokušaj da se reši problem sa slučajnim greškama merenja. To pokazuju svi mali krugovi sa slovom "e" u sredini. Otuda, standardizovani koeficijenti u modelu strukturalne jednačine daju mnogo realnije procene toga kako spoljne promenljive utiču na unutrašnje promenljive nego što se može izvesti kroz analizu putanje.

Uobičajena regresiona analiza primenom metoda najmanjih kvadrata minimizira kvadratna odstupanja između izračunate Y promenljive (zavisna ili spoljna promenljiva) i stvarne vrednosti Y. Suprotno tome, SEM tipično uključuje kovarijansnu matricu nezavisnih i zavisnih promenljivih. Koristi se postupak ocene maksimalne verodostojnosti za dobijanje "najverovatnije-najsličnijih" vrednosti koeficijenata, dajući stvarnu kovarijansnu matricu (kovarijansa između bilo koje dve promenljive meri iznos promena koji nastaje u jednoj promenljivoj, a kao posledica promenu u drugoj promenljivoj. Kovarijansa nije ista kao korelacija, ali su one u vezi. Korelacija između dve promenljive je jednaka odnosu kovarijansi dve promenljive prema proizvodu standardnih devijacija tih promenljivih).



Prikaz 3. Primer modeliranja strukturalne jednačine

Vizuelna razlika izmedju modela putanje i modela strukturalne jednačine je da su sve promenljive modela analize putanje sadržane u pravougaonicima, i vecina promenljivih modela strukturalne jednačine su prikazani ovalnim oblikom. Svaki ovalni oblik ima jednu ili više manjih pravougaonika vezanih za nju sa strelicama koje su usmerene od ovala prema malim pravougaonicima.

U Prikazu 3, Q1a, Q1s, Q1u I Q1bb su četiri karakteristične veličine koje služe kao mere ili indikatori neposmatranih promenljivih, u ovom slučaju Postojanost 2. U ovom modelu struktuirane jednacine, Postojanost 2 je jedna neposmatrana promenljiva (za razliku od Prikaza 2 gde je ona posmatrana promenljiva). Strelice koje idu od Postojanosti 2 prema Q-ovima označavaju varijansu u posmatranim promenljivim (Q-ovi). “e” ovi na vrhovima “Q”ova, reprezentuju slučajnu grešku vezanu za sposobnost Postojanosti 2 da u potpunosti objasne varijansu u Q-ovima. SEM uzima tu grešku merenja u obzir kada se izračunavaju koeficijenti modela – u analizi putanje toga nema.

Primena metoda analiza putanje i modeliranje strukturalne jednačine u istraživanju tržišta

Brojevi pored strelica koji su usmereni od Postojanosti 2 prema Q-vima mogu se smatrati standardizovanim regresionim koeficijentima. Što je veći broj, više Q promenljivih se može smatrati dobrim indikatorom latentne promenljive. Brojevi pokraj strelica – od e-ova prema Q-ovima, pokazuju iznos varijanse u Q koji se može objasniti neposmatranom promenljivom, Postojanost 2. Što je veći broj to je veća neposmatrana promenljiva koja može objasniti varijansu u Q. Kao u analizi putanje, model strukturalne jednačine takodje dozvoljava da se izvede ukupni efekat koji svaki od spoljnih promenljivih ima na Lojalnost 2 (direktni i indirektni efekti su kombinovani) korišćenjem iste procedure objašnjene za analizu putanje. U modelu analize putanje, ukupni efekat Postojanosti 1 na Lojalnost 1 je .65. U odgoravajućem modelu strukturalne jednačine, ukupni efekat Postojanosti 2 na Lojalnost 2 je $.65 + [.22 \times .07] = .67$. Ovi rezultati su prilično bliski. Oba modela koriste isti set podataka. Razlikuju se prvenstveno u tome kako se vrši izračunavanje koeficijenata modela.

6. Da li su rezultati modela različiti?

Redosled važnosti ukupnih efekata spoljnih promenljivih na Lojalnost je uporediv između modela putanje i SEM modela ali nije identičan. Najvažnija promenljiva u modelu analize putanje je, takodje, najvažnija promenljiva u modelu strukturalne jednačine. Ostali redosledi promenljivih slični su ali ne identični. Odluke menadžmenta bazirane na bilo kom modelu takodje bi se mogle uporediti. Ipak, akademski krugovi kažu da je SEM bolji iz sledećih razloga:

- Koeficijenti ocene su mnogo validnije zato što postupci procene uzimaju u obzir slučajnu grešku merenja.
- r^2 je veće u modelima strukturalne jednačine.
- Modeli strukturalne jednačine sa latentnim promenljivim koriste razradjenu tehniku faktorske analize obezbeđujući informacije o neposmatranim promenljivim.

Zaključak

Istraživači koriste analizu putanje baziranu na regresiji i SEM da bi razumeli kako namere potrošača i njihovi stavovi utiču na njihovo ponašanje. Grafički, analiza putanje i modeliranje strukturalne jednačine izgledaju slično. Oba modela imaju uporedive, mada ne identične, rezultate.

Ukoliko modeli nisu isuviše kompleksni, čini se verovatnim da analiza putanje i modeliranje strukturalne jednačine mogu identifikovati iste najvažnije i najmanje važne promenljive, iako redosled važnosti promenljivih možda neće biti isti.

Analiza putanje, međutim, pretpostavlja da su rezultati izvedeni bez slučajnih grešaka merenja. Otuda, ovaj metod može parcijalno prikrivati efekte multikolinearnosti. Mada SEM eksplicitno uzima u obzir slučajne greške merenja, rezultati mogu dovesti do manje stabilnosti u izračunatim koeficijentima modela zbog većeg iznosa standardnih grešaka uslovljenih delom multikolinearnošću. U skladu sa time, istraživač bi mogao da razmotri alternativne istraživačke planove koji kontrolisu multikolinearnost kao i druge faktore koji mogu uticati na pouzdanost i validnost rezultata istraživanja.

Literatura

1. Bollen, Kenneth A. *Structural Equations with Latent Variables*. New York: Wiley, 1989.
2. Charkapani C. *Statistics in Marketing Research*, Arnold, 2004.
3. Đorđević V., Janković-Milić V., Specifikacija modela u statističkoj analizi ekonomskih pojava, *Ekonomika* 3-4/2006, Niš, str. 104-109.
4. Đorđević V., Janković-Milić V., The role of regression analysis in econometrics, *Economic themes* 6/2006, Ekonomski fakultet Niš, str. 35-40.
5. Grapentine T., Path Analysis vs. Structural Equation Modelling, *Marketing Research, Volume 12, No 3*, 2000.
6. Hoyle, Rick H., *Structural Equation Modeling: Concepts, Issues and Applications*, Sage, Thousand Oaks, CA, 1995.
7. Joreskog, K.G. & Sorbom, D. Recent developments in structural equation modeling. *Journal of Marketing Research*, 19, 1982. pg. 404-416.
8. Krstić B., Janković-Milić V., Neki aspekti ekonomsko-statističke analize produktivnosti rada, Regionalni razvoj i demografski tokovi balkanskih zemalja, Niš, 2003, str. 497-507.
9. Lepojevic V. *Ocena komponenti varijanse u ANOVA modelima*, Doktorska disertacija, Ekonomski fakultet Nis, 2008.
10. Maruyama, Geoffrey. *Basics of Structural Equation Modeling*. Thousand Oaks, CA: Sage, 1998.
11. Schumacker, R. and Lomax R., *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling*. Lawrence Erlbams Associates, Mahwah, NJ, 1996.
12. Stoelting R.
<http://userwww.sfsu.edu/~efc/classes/biol710/path/SEMwebpage.htm>

**APPLICATION OF PATH ANALYSIS METHOD AND
STRUCTURAL EQUATION MODELING IN MARKET
RESEARCH**

Abstract: Path analysis is a method which can be explained as an extension of regression analysis and can be used for testing of correlation matrix customizing toward two or more causality models compared from the researchers. Like an aspect of multiply regression which is focused on causality, path analysis can be considered as an separate case of structural equation modeling. Modeling of structural equation is a statistical method for validation and testing of causality relations using of statistical data combination and quality causal assumptions.

Key words: Path analysis, modeling of structural equation, multiply regression, causation analysis.

