

Mills, T. C. (2019.) *Applied Time Series Analysis - A Practical Guide to Modeling and Forecasting*, United Kingdom: Academic Press, 339 str.

Knjiga *Applied Time Series Analysis* upravo kako joj sam naziv govori, predstavlja skup pojmova, definicija, modela i njihovih primjena u području modeliranja i prognoziranja vremenskih serija. Naime, u današnje doba prognoze koje su jako bliske sadašnjosti (jako bliska budućnost i prošlost) (engl. *nowcasting*¹) i prognoziranje općenito (engl. *forecasting*) veoma je važno u poslovnoj ekonomiji i makroekonomiji. U poslovanju, prognoziranje i analiza vremenskih serija od važnosti je za prognoziranje buduće potražnje i potrošnje kako bi se pravodobno planiralo poslovanje. U makroekonomiji, od važnosti su prognoziranje stope rasta, nezaposlenosti i drugih relevantnih makroekonomskih varijabli. Na financijskim tržištima investitorima je od velike važnosti što točnija prognoza prinosa i rizika u svrhu konstrukcije efikasnih portfelja. Stoga je važno posjedovati određena ekonometrijska znanja za modeliranje i prognoziranje vremenskih serija. Spomenuta knjiga upravo je posvećena navedenim pojmovima, gdje autor kroz 18 poglavlja na razumljiv način uz mnoštvo primjera analizira osnovne pojmove i modele vezane uz vremenske serije. Prvi

dio knjige posvećen je karakteristikama vremenskih serija i s obzirom na specifičnosti pojedinih tipova serija, kasnije u knjizi pojedina poglavlja obrađuju upravo takve pojedinosti. Tako se, osim uobičajenih poglavlja koja se bave ARIMA (engl. *Autoregressive Integrated Moving Average*), GARCH (engl. *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*), VAR (engl. *Vector Autoregression*), ECM (engl. *Error Correction Model*) modelima, u knjizi mogu naći i metode filtriranja serija², te analiza kompozicijskih (engl. *compositional*) i tzv. podataka prebrojavanja (engl. *count time data*³) te uvod u *state space* modele.

Ono što se može uočiti kroz čitavu knjigu jest da ova knjiga nema naglasak na teorijskoj ekonometriji. Dapače, veoma je malo izvoda i formula. Stoga se stječe dojam da je knjiga namijenjena studentima preddiplomskih i diplomskih studija⁴; odnosno svima koji imaju osnovna znanja iz ekonometrije vezane uz regresijske modele. Razlog leži u načinu prezentiranja materije. Naime, knjiga predočava materiju na način da se analizirani pojmovi i modeli mogu samostalno obraditi kroz vlastite primjere,

Doc. dr. sc. **Tihana Škrinjar**
Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
E-mail: tskrinjar@net.efzg.hr

Asst. prof. **Tihana Škrinjar**, PhD
Faculty of Economics and Business,
University of Zagreb
E-mail: tskrinjar@net.efzg.hr

1 O definicijama termina *nowcasting* vidjeti Banbura et al. (2013).

2 Filtriranje vremenske serije može se definirati kao izdvajanje određenih komponenti vremenskog niza kako bi se izdvojile nepotrebne informacije, vidjeti Nisbet et al. (2009., 2018).

3 Radi se o podacima koji poprimaju cjelobrojne negativne vrijednosti gdje se radi o prebrojavanju tih vrijednosti umjesto rangiranja.

4 Na ekonomskim fakultetima zbog nastavnog programa kolegija poput Statistike, Ekonometrije, Primijenjene statistike te nekoliko izbornih kolegija, kao i na matematičkom odsjeku prirodoslovnih fakulteta zbog nekoliko kolegija na preddiplomskom studiju te posebno na diplomskom studiju smjer Financijska matematika.

bez poznavanja detalja teorijske ekonometrije⁵. U svakome poglavlju nalazi se mnoštvo primjera, što numeričkih što grafičkih. Gotovo svi primjeri su ekonomski, odnosno koriste se stvarni podaci iz ekonomije kako bi čitatelj lakše predočio prethodno navedenu teoriju. Čak su mnogi primjeri veoma svježi, poput učinaka Brexita i glasanja 2016. godine vezani uz Brexit na tečaj funte prema drugim valutama.

Prvo poglavlje, naziva Vremenske serije i njihova svojstva navodi stilizirane činjenice o vremenskim serijama (autokoreliranost članova procesa brojnih vremenskih a posebice financijskih serija⁶, trendovi, volatilitnost) te se ovdje vide motivacije za daljnja poglavlja te koje teme će se analizirati s obzirom na svojstva vremenskih serija. Drugo poglavlje se nadovezuje na prvo, te je naziva Transformacija vremenskih serija, gdje se analiziraju načini transformiranja originalnih vremenskih serija s obzirom na potrebe daljnjeg modeliranja. Autor najprije kroz motivaciju prikazom histograma određenih serija ukazuje na potrebu transformacije podataka, s obzirom na pretpostavke o distribucijama serija za određene modele. Obrađuju se tipične transformacije poput Box-Cox (1964.), Bickel i Doksum (1981., engl. *signed power*), Yeo i Johnson (2000., engl. *generalized signed power*) za izgladivanje podataka; diferenciranje za postizanje stacionarnosti serija; uprosječivanje pomičnim prosjecima (engl. *moving averages*) – uključujući težinske i centrirane pomične prosjeke; sezonska prilagodba serija (desezoniranje), te se ovdje samo spominje Hodrick-Prescott filter koji se kasnije detaljnije obrađuje. Ovo poglavlje sastavljeno je od mnogobrojnih grafičkih prikaza koji zorno predočavaju do kakvih promjena dolazi s obzirom na primijenjenu transformaciju. Kao prvi model koji prirodno slijedi za modeliranje

vremenskih serija, nameće se ARMA model. Upravo je to naziv trećeg poglavlja. Nakon definiranja stacionarnosti vremenskog niza obrađuje se Woldova dekompozicija niza te se definira autokorelacijska funkcija temeljem koje se najprije obrađuju AR(1) i MA(1) model. Slijedi poopćenje na ARMA(p,q) modele, načine prepoznavanja pojedinih modela, odnosno pomaka p i q, te se opisuje Box-Jenkins pristup koji je poznat u literaturi niz desetljeća (od kraja 70-ih godina 20. stoljeća). U ovome poglavlju se prvi put daje opsežan primjer (na čak 7 strana) nakon teorije kako nad stvarnim podacima primijeniti Box-Jenkins postupak prepoznavanja i testiranja ARMA procesa. Četvrto poglavlje bavi se ARIMA modelima) te je slično prethodnome, s dodatnim napomenama za nestacionarne nizove. Ono što treba pripaziti u ovoj knjizi jest što autor za diferencije (Δ) koristi oznaku (∇)⁷, no zato valja pažljivo čitati kako se definiraju određeni pojmovi.

S obzirom na spomenute nestacionarne nizove, peto poglavlje posvećeno je testiranju (ne)stacionarnosti nizova, razlučivanju determinističkog od stohastičkog trenda, te se, osim uobičajenog Dickey-Fuller testa, obrađuje i Phillips i Perronov test, ali i pojmovi frakcijskog diferenciranja (engl. *fractional differencing*) i pojam duge memorije (engl. *long memory*). Ono što čitateljima ovdje može biti zanimljivo jest pojam duge memorije, s obzirom da prethodno navedeni pojmovi nisu učestali u literaturi koja je slične razine zahtjevnosti. Stoga se ovdje možda neki čitatelji budu upoznali s pojmom Furierove transformacije te ARFIMA procesima (engl. *AR Fractional integrating MA, ARMA već prethodno pojašnjeno*) i kako procijeniti parametar frakcijske diferencije. Šesto poglavlje naziva Razlomljeni i nelinearni vremenski nizovi (engl. *breaking and non linear trends*) nastavlja se na prethodno.

- 5 Pritom se misli na opis koji je dan u Davidson (2018.): ljudi mogu znati voziti auto bez detaljnog znanja o tome kako cjelokupni mehanizam, motor, svječiće, itd. funkcioniraju. Slično je s knjigama poput ove analizirane, daje se dovoljno znanja kako bi svi zainteresirani mogli sami provoditi određenu analizu i interpretacije, no ne daju se nužno detalji s kojima se vjerojatno više bave oni koji isključivo izučavaju ekonometriju.
- 6 Spomenute stilizirane činjenice detaljno se obrađuju u Franses i van Dijk (2000.), radi se o karakteristikama nekih ekonomskih, te posebice financijskih vremenskih serija koje su poznate već nekoliko desetljeća u teorijskoj i posebice empirijskoj literaturi, zbog kojih su se posebni modeli i metode tijekom godina razvili kako bi se upravo te specifičnosti mogle realnije modelirati.
- 7 Uobičajeno se oznaka ∇ koristi u matematici za oznaku gradijenta funkcije, a ne diferencije.

Ovdje se razmatraju testiranja lomova u trendovima, pa se tako obrađuje nekoliko vrsta testova kojima se pretpostavlja promjenjivost trenda kao i razine konstante za razmatrani vremenski niz. Grafički prikazi predočeni su uz svaki tip testa kako bi se zorno predočilo kada se primjenjuje koji. Drugi dio šestog poglavlja posvećen je nelinearnim trendovima pa tako autor ovdje razmatra LSTR i ESTR modele (engl. *Logistic smooth transition, exponential smooth transition*). Često se ekonomske varijable kreću u određenom rasponu vrijednosti (npr. tečaj) a prijelaz iz jednog stanja u drugo nije nagao već postepen što se može ovakvim modelima razmatrati. Prognoziranje pomoću univarijantnih modela tema je sedmog poglavlja. Prvi dio svakog potpoglavljia posvećen je teorijskom razmatranju prognoziranja pomoću AR(I)MA modela, ne samo očekivane vrijednosti pojave, već i varijance; dok je drugi dio potkrijepljen primjerom. Osmo poglavlje obrađuje modele neopazivih komponenti (engl. *unobserved components*), načinu njihove procjene i izoliranja komponente signala (engl. *signal extraction*) i Hodrick-Prescott filteru. Ovo je jedno od poglavlja koje sadrži više teorije i izvoda u odnosu na druga, s obzirom da se radi o pojmovima koji se ne mogu prečesto naći u udžbenicima ove razine koji se bave vremenskim serijama.

Sezonalnost je učestalo prisutna u mnogim ekonomskim serijama, stoga je deveto poglavlje posvećeno modeliranju sezonalnosti i modeliranju uz prisutnost nizova koji sadrže sezonsku komponentu. Razmatraju se tipični pojmovi poput sezonske autokorelacijske funkcije te sezonsko diferenciranje. Posljednji dio poglavlja daje uvod u eksponencijalno izgladivanje vremenskih serija. Volatilitnost i GARCH modeli središnja su tema desetog poglavlja. Doduše, radi se samo o uvodu u takve modele, stoga se za detaljnu analizu GARCH modela čitatelji upućuju na literaturu koja je isključivo specijalizirala za financijske vremenske serije. Jedanaesto poglavlje naziva Nelinearni stohastički procesi se nastavlja na prethodno, s obzirom da je moguće ekonomske pojave modelirati nelinearnim modelima poput bilinearnog, SETAR (engl. *self extracting threshold autoregression*), MRS (engl. *Markov regime switching*), NN (engl. *neural networks*), itd. No, valja napomenuti da se ovdje radi o navođenju samo osnovnih inicijalnih pojmova vezanih uz spomenute modele. Tu se prikazuju daljnje mogućnosti modeliranja

nakon što se svladaju osnovni modeli analizirani u prethodnim poglavljima. Stoga zainteresirani čitatelji mogu temeljem jednostavnih pojašnjenja ovdje razmotriti literaturu koja je isključivo posvećena određenom tipu nelinearnih modela. Dvanaesto poglavlje jedno je od kraćih te se ovdje radi o uvodu u ARDL (engl. *Autoregressive distributed lags*) modelima, uz jednostavne interpretacije. Spomenuto poglavlje predstavlja uvod u iduće, trinaesto, gdje se obrađuju VAR modeli. Kako u ekonomiji nije realno za pretpostaviti da jedna varijabla ovisi isključivo samo o svojim prethodnim vrijednostima (ARMA modeli), već i o trenutnim i prethodnim vrijednostima drugih varijabli, trinaesto poglavlje posvećeno je analizi VAR modela. Tako se tipično obrađuje VAR za primjer dvije varijable, provodi se testiranje Grangerove uzročnosti, i poglavlje daje sažet prikaz koraka kako postupiti u modeliranju (odabir pomaka u modelu, dekompozicija varijance, inovacijska analiza). Dodatno se obrađuje i strukturalni VAR model (SVAR). Posljednji dio ovog poglavlja posvećen je opsežnom primjeru kako nad stvarnim podacima napraviti pojedini korak za provedbu analize i interpretaciju VAR i SVAR modela.

Kako su VAR modeli namijenjeni analizi stacionarnih vremenskih nizova, VEC modeli su idući prirodni korak u knjizi. Stoga četrnaesto poglavlje razmatra najprije kointegraciju za dvije varijable i pojašnjava pojam lažne regresije (engl. *spurious regression*). Detaljno se pojašnjava članak Grangera i Newbolđa (1974.) vezan uz lažnu regresiju kao motivaciju za kointegraciju, s pojašnjenjima što se događa sa svojstvima procjenitelja u takvim slučajevima. Za analizu više od dvije varijable, razmatraju se VEC modeli u idućem, petnaestom poglavlju. I ovo poglavlje sažima postupak testiranja broja kointegracijskih jednadžbi u VEC modelu uz detaljan primjer s interpretacijama.

Posljednji dio knjige posvećen je modelima s kojima se nešto rjeđe susreću studenti preddiplomskih i diplomskih studija: šesnaesto poglavlje razmatra kompozicijske (engl. *compositional*) i podatke prebrojavanja (engl. *count time data*), dok sedamnaesto daje uvod u *state space* modele (uni i multivarijantne te metode procjene). Tako se definiraju pojedini tipovi podataka i modela, njihovo prognoziranje, i vjerojatno je autor svjestan da se ovi pojmovi ne obrađuju često na nastavi, stoga daje više primjera

Škrinjarčić, T.

Mills, Terence C. (2019): *Applied Time Series Analysis - A Practical Guide to Modeling and Forecasting*, United Kingdom: Academic Press, 339 str.

Škrinjarčić, T.

Mills, Terence C. (2019): *Applied Time Series Analysis - A Practical Guide to Modeling and Forecasting*, United Kingdom: Academic Press, 339 str.

za isti pojam kako bi se lakše razumjela teorija. Zadržne poglavlje (osamnaesto) sastoji se od autorovih komentara o tome što je htio naučiti čitatelje kroz ovu knjigu.

Ono što se može uočiti na kraju svakog poglavlja jesu fusnote u kojima autor dodatno pojašnjava neki pojam kroz nekoliko koraka izvođenja određenih formula, ili pak upućuje čitatelja na literaturu koja se posebno posvetila nekome pojmu ili modelu. S obzirom na sve brojnije grananje ekonometrije vremenskih serija, autor je svjestan da na manje od 350 stranica nije mogao detaljno pokriti sve što bi određen čitatelj htio s obzirom na njegove potrebe. Stoga se u tim fusnotama nalaze upute na daljnju literaturu koja je posvećena baš određenome modelu ili metodi.

Temeljem svega dosada, može se zaključiti kako je knjiga *Applied Time Series Analysis* namijenjena svima koji imaju osnovna znanja iz ekonometrije te se bave analizom vremenskih serija kako bi stekli nova znanja ili pak upotpunili postojeća. Autor je odabrao razuman omjer teorije i primjene, a s obzirom da je u knjizi naglasak na primjenu, razumljivo je da se ne radi o knjizi koja isključivo obrađuje teoriju kroz dokaze i izvode. Daje se nužna teorija potrebna da bi se svladalo gradivo i potom bolje razumjeli ekonomski primjeri koji su mnogobrojni. Stoga se ova knjiga preporuča svima koji kreću u analizu vremenskih serija ili pak imaju određena osnovna znanja iz spomenutog područja.

Literatura

- Bickel, P.J., Doksum, K.A. (1981) An analysis of transformations revisited. *J. Am. Stat. Assoc.*, 76: 296-311.
- Box, G. E. P., Cox, D. R. (1964) An analysis of transformations. *J. R. Stat. Soc.*, 26: 211-243.
- Granger, C. W. J., Newbold, P. (1974) Spurious regressions in econometrics. *J. Econom.*, 2: 111-120.
- Yeo, I.-K., Johnson, R. A. (2000) A new family of power transformations to improve normality or symmetry. *Biometrika*, 87: 954-959.
- Banbura, M., Giannone, D., Modugno, M., Reichlin, L. (2013) Now-casting and the real-time data flow. European Central Bank working paper series No 1564.
- Franses, P. H., van Dijk, D. (2000) *Nonlinear time series models in empirical finance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nisbet, R., Miner, G., Yale, K. (2009) *Handbook of Statistical Analysis & Data Mining Applications*. Canada: Academic Press, Elsevier.
- Nisbet, R., Miner, G., Yale, K. (2018) *Handbook of Statistical Analysis & Data Mining Applications*, Second edition. USA: Academic Press, Elsevier.
- Davidson, J. (2018) *An introduction to econometric theory*. UK: John Wiley & Sons LTD.

