

Dr. sc. Tihana Škrinjaric

Poslijedoktorandica
Katedra za matematiku
Ekonomski fakultet u Zagrebu
E-mail: tskrinjaric@efzg.hr

PRIKAZ
JUSSI KLEMLÄ, *NONPARAMETRIC FINANCE*
(New York, John Wiley & Sons, 2018., str. 685.)

Kvantitativne financije danas su jedno od područja u kojem se sve ubrzanije razvijaju matematičke i statističke metode te modeli za primjenu u empiriji. Iz tog razloga postoji velik broj udžbenika koji se posvećuju tome, ponajviše u području financijske ekonometrije. Međutim, brojni modeli i metode koji su parametrijski mogu se unaprijediti s pomoću neparametrijskih, stoga je ovo knjižno izdanje posvećeno njihovoj kombinaciji. Knjiga *Nonparametric finance* predstavlja doprinos u području kvantitativnih financija jer čini dopunu postojećoj literaturi koja se većinom temelji na parametrijskim metodama. Međutim, kako sâm autor napominje na početku, potrebno je imati (posebice u određenim poglavljima) određeno matematičko predznanje, stoga se ova knjiga može klasificirati u skupinu onih za čije je čitanje potrebno imati barem srednju razinu prethodnog znanja iz kvantitativnih disciplina. Djelo je rezultat višegodišnjeg iskustva predavanja o obrađenim temama, kao i primarnog područja autorova istraživanja – neparametrijskog pristupa modeliranju. Obiluje grafičkim prikazima i usporedbama, dakle onime čime se autor također intenzivno bavi (uostalom, već je publicirao knjigu o grafičkom predočavanju – *Multivariate Nonparametric Regression and Visualisation*).

Svako je poglavlje, osim posljednjeg, potkrijepljeno primjerima nad stvarnim podacima, pri čemu se većina primjera obrađuje na kraju poglavlja pa predstavljaju zaokruženu cjelinu i interpretaciju. Autor je na mrežnoj stranici <http://jussiklemela.com/statfina/> osigurao podatke i kôd za program *R* kako bi čitatelji mogli sami reproducirati rezultate u knjizi i lakše pratiti tekst. U odnosu na druge knjige, u ovoj se nalaze neki detalji kojih nema u sličnoj literaturi: primjerice, kako uzorkovati (*sampling*) cijene dionica kad su dostupne različite frekvencije podataka i kako skalirati cijene s obzirom na frekvencije drugih varijabli koje se analiziraju. Knjiga se sastoji od četiriju glavnih cjelina koje se mogu zasebno proučavati: *Statističke financije*, *Upravljanje rizikom*, *Upravljanje portfeljem* i *Vrednovanje imovine*.

Prva cjelina predstavlja kombinaciju parametrijskih i neparametrijskih metoda i modela, s obzirom na to da su neparametrijske metode učinkovite u

analizi sredina distribucija, a parametrijske potrebne za njihove repove. U uvodnome poglavlju definiraju se osnovni pojmovi u vezi s financijskim instrumentima (primjerice, prinosi dionica, cijene derivativa) s pomoću matematičkih zapisa. Osnovne je pojmove nužno na početku definirati jer se koriste u čitavoj knjizi. U idućem poglavlju obrađuju se teme univarijatne analize: nekoliko vrsta prosjeka i ostalih mjera centralne tendencije te viši momenti distribucija, kao i posebno donji i gornji parcijalni (i uvjetni) momenti distribucija s obzirom na poznate karakteristike repova distribucija financijskih podataka – naravno, i za diskretni i za kontinuirani slučaj. Kvantili se posebno obrađuju, što se često vrlo oskudno analizira u drugoj vezanoj literaturi, a radi se o pojmu važnome u upravljanju rizikom (iako je posebno poglavlje kasnije posvećeno njima). Već se u ovim uvodnim temama pri analitičkim zapisima uočava da je potrebno imati određena matematička predznanja. Uz već poznate grafičke prikaze vremenskih serija, dodatno se mogu naći i grafikoni repova (*tail plots*) s obzirom na njihovu već spomenutu važnost. Obrađuje se desetak različitih distribucija s njihovim svojstvima i poluparametrijski pristup procjene distribucije repova distribucija (što je važno za slučaj nesimetričnih distribucija – najčešćih u praksi). Posljednji dio teorije posvećen je centralnom graničnom teoremu i asimptotskim svojstvima distribucija. Opsežan primjer donosi se na kraju poglavlja, gdje se nad stvarnim podacima sve sumira i interpretira. Slijedi poglavlje o temama multivarijatne analize, što je i očekivano s obzirom na prethodno, osobito zbog činjenice da financijski podaci i njihove karakteristike nisu neovisni. Iako se ovdje obrađuju i korelacije, teorija se predočava na način koji (ponovno) zahtijeva prethodno znanje iz matematike i statistike. Primjerice, potrebno je znati što su pojmovi poput komonotone i antimonotone (*comonotonic* i *countermonotonic*) ovisnosti. Nadalje, opet se naglašava važnost repova distribucija pa se promatraju i mjere ovisnosti u repovima. Za objašnjenje nekih pojmova koji se češće koriste u praksi autor upućuje čitatelja na daljnju literaturu kojom se može služiti u dodatnom proučavanju. Ono što se uočava jest da je većina te literature veoma recentna (nije starija više od 15 godina). Od grafičkih prikaza, uz dijagrame rasipanja obrađuju se i grafičko predočavanje korelacijskih matrica, a od multivarijatnih distribucija, uz one uobičajene, razmatraju se i eliptične te su posebno obrađene kopule (*copulas*) zbog mogućnosti njihovih primjena u modeliranju međuovisnosti prinosa i rizika. Potom se u prvoj cjelini obrađuju analiza vremenskih serija i prognoziranje. Ova su dva poglavlja većinom poznata onima koji imaju određenu podlogu u primijenjenoj ekonometriji. Uključeni su standardni pojmovi poput (kovarijančne) stacionarnosti i autokorelacije, ARMA i (M)GARCH modela. Poglavlje o prognoziranju sastoji se od logičnih cjelina, redom: mjere i modeli prognoziranja (MA, eksponencijalni MA, *state space*, uz parametrijski i, naravno, neparametrijski pristup), evaluacija prognoza, uz već poznate mjere poput RMSE i Theilova indeksa, testiranje bliskosti prognoza Diebold-Mariano testom, testovi vezani uz pretpostavke o korelacijama. Može se pronaći dosta mjera i testova koji nisu prisutni u drugim knjigama, kao i dodatne informacije za čitatelja poput savjeta koje bi varijable u analizi trebalo uključiti za prognoziranje rizika,

kamatnih stopa itd. Iako se na temelju naslova svih poglavlja u prvoj cjelini čini da se radi o osnovnim pojmovima koji su standardni u sličnoj literaturi, riječ je o analizi s naprednijeg stajališta i dodatnim detaljima koji se često ne nalaze u postojećoj literaturi. To se očituje u kombinaciji parametrijskog i neparametrijskog pristupa da se, s jedne strane, serije i univarijatne te multivarijatne distribucije u potpunosti mogu opisati (centralni dio i repovi); a s druge da se grafički mogu predočiti također potpune veze i međuovisnosti varijabli te ponovno njihove distribucije.

Druga cjelina knjige izuzetno je važno područje u financijama jer je pojam upravljanja rizikom jedna od središnjih tema upravljanja portfeljem i vrednovanja opcija. Ovu cjelinu čine dva poglavlja: *Predviđanje volatilnosti te Kvantili i rizičnost vrijednosti*. Predviđanje, tj. prognoziranje volatilnosti bitno je u trgovanju volatilnošću i kovarijancama (*variance and volatility trading, covariance trading*) te upravljanju portfeljem. U knjigama posvećenim financijskoj ekonometriji, parametrijskim se pristupom obično analiziraju (M)GARCH modeli i korelacijske matrice. Ovdje se analiza vrši nad trgovanjem varijancom i volatilnošću, potom se nadovezuje GARCH metodologija te realizirana volatilnost, koja se često primjenjuje u empirijskim istraživanjima, a rjeđe se nalazi u udžbenicima. Dakle, može se uočiti da je autor nastojao u teoriju uključiti što više pojmova i koncepata za koje zna da se često primjenjuju u praksi, a rjeđe se nalaze u standardnim udžbenicima. Jedan je od razloga i taj što se u knjizi često radi o nešto naprednijoj metodologiji, kao što je na početku spomenuto da je udžbenik namijenjen onima koji već imaju određena predznanja. To se očituje u detaljnoj usporedbi rezultata različitih modela i metoda za procjenu istog pojma, kad se npr. pokazuje da se procjene GARCH modela mogu unaprijediti procjenama kernel regresije. Osim samog prognoziranja, važna je i točnost prognoza te način evaluacije. Dio je poglavlja zato posvećen mjerama točnosti prognoziranja i one u biti predstavljaju daljnji korak u učenju o evaluaciji prognoza iz druge literature. Dok se u standardnoj literaturi prognoziranja obrađuju tipične mjere točnosti prognoza (MSPE i slično), ovdje se uvode dodatne mjere, funkcije tih mjeri koje ovise o, primjerice, duljini prognoza, parametrima izgladivanja u pojedinim modelima i sl. Autor je vjerojatno svjestan da ovakav napredniji pristup nije najjednostavnije svima pratiti, stoga je u ovome poglavlju (koje je sedmo po redu) prvi put uvrstio primjere odmah uz teoriju. Iako se ovdje obrađuju pojmovi važni za vrednovanje opcija, oni se detaljno razmatraju u posljednjoj cjelini knjige. Najveće je poglavlje sljedeće u ovoj cjelini. Procjene kvantila distribucija i kvantilna regresija postaju popularniji u posljednjem desetljeću zbog brojnih prednosti u odnosu na metodu najmanjih kvadrata. Dodatno, radi se o semiparametrijskoj metodi procjene, stoga ne začuđuje opseg ovog poglavlja. Nakon uvodnih definicija određenih pojmova autor navodi primjene procjena kvantila u području kapitalnih rezervi ili zahtjeva margina (*margin requirements*). Ovdje je bitno mjeriti kvalitetu kvantilnog procjenitelja jer se u praksi prognoziraju iznosi mogućih gubitaka (banke, portfelja itd.) za pojedini kvantil. Tako se radi o dvama pristupima mjerenja kvalitete (mjere vjerojatnosti premašivanja kvantila te funkcije gubitaka).

Poseban dio poglavlja posvećen je neparametrijskim procjenama (empirijski kvantili i kernel) kvantila te izgladivanja, kao i procjenama kvantila na temelju volatilnosti. Ponovno se autor vraća na posebnu analizu repova distribucija, što zapravo najčešće i zanima istraživača koji procjenjuje kvantile distribucije ili u modelima. Detaljno se obrađuju procjene za različite pretpostavke distribucija, zatim vremenski promjenjivi parametri procjena – nešto što je u praksi također relevantno – kao i teorija ekstremnih vrijednosti (*extreme value theory*). Može se reći da je ovo poglavlje dosta matematizirano u odnosu na druga, motivacija se ukratko donosi na početku, a potom se navode definicije, svojstva određenih pojmova i sl.

Treća cjelina knjige sastoji se od četiriju nešto kraćih poglavlja. U onom uvodnom najprije se definiraju pojmovi imovine i udjela u portfelju (obveznica te općenito rizičnih sastavnica portfelja, ne samo dionica) te bogatstva investitora. Iako to poglavlje u nazivu sadrži termin „osnovni pojmovi“, i ovdje se uočava srednja razina težine materije koja se obrađuje: samofinancirajući portfelji (*self-financing portfolio*), portfelji s polugom (*leveraged portfolio*) ili *pairs-trading*. Budući da se u idućim poglavljima analizira bogatstvo i optimizacija funkcija korisnosti, ovdje se na kraju još rezimiraju pojmovi iz teorije korisnosti investitora (osnovne funkcije poput one koje primjenjuje Markowitzev model te drugi oblici funkcija). Uz teoriju korisnosti veže se koncept stohastičke dominacije pa je nekoliko riječi posvećeno i tome. Investitore zanimaju performanse portfelja (kroz vrijeme) koje se obrađuju u idućem poglavlju. Analiziraju se mjere performansi i testiranje uspješnosti (je li to rezultat sreće ili sposobnosti (*luck or skill*)), a u posljednjem se dijelu razmatraju grafički prikazi mjera. Početna mjera koja se obrađuje jest Sharpeov omjer: kako ga preračunati iz jedne frekvencije u drugu, kako procijeniti intervale pouzdanja tog omjera na osnovi distribucije njegova procjenitelja (s pomoću gradijenata, za slučaj nezavisnih i zavisnih prinosa) te testiranja hipoteza o jednakosti Sharpeovih omjera. Spominju se i drugi popularni omjeri: informacijski, Sortinov, Omega. Iz teorije korisnosti analizira se druga glavna mjera u ovome poglavlju, ekvivalent sigurnosti (siguran iznos, *certainty equivalent*), te alfa (iz CAPM modela) i uvjetna alfa. U svim se mjerama uočavaju kvantitativne dopune standardnih financijskih pojmova i koncepata. Također je važno grafičko predočavanje određenih mjera kroz vrijeme jer je ideja vidjeti razdoblja dobrih i loših performansi: kumulativno bogatstvo, omjeri bogatstva, Sharpeov omjer kroz vrijeme itd. Za istu mjeru razmatra se više mogućnosti grafičkog predočavanja kako bi investitor dobio potpuniju sliku. Primjerice, Sharpeov omjer može se promatrati s pomoću *contour* grafikona za svako razdoblje analize, *image* grafikona također za svako razdoblje analize, potom na temelju razinskih skupova (*level sets*) ili presjeka Sharpeove funkcije (*slices of Sharpe function*). Često se u financijskoj literaturi ne nalaze brojni testovi, mjere i grafički prikazi koji su ovdje obrađeni, stoga može biti izuzetno korisno dopunjavanje postojećih znanja ovom knjigom. Posljednja dva poglavlja u ovoj cjelini posvećena su portfeljima Markowitzeva tipa te dinamičkoj optimizaciji portfelja. Markowitzev model objašnjen je na jednoj stranici jer se pretpostavlja da postoji prethodno znanje o

njemu te se odmah proširuje na druge oblike gdje se razrađuju analitički zapisi i rješenja za slučaj modela u kojima se nastoji maksimizirati prinos portfelja te onih u kojima se minimizira njegov rizik. Dodatno se obrađuju grafički prikazi skupova mogućih rješenja, efikasnih granica, a na kraju se poglavlja kratko obrađuje PCA analiza za matrice varijanci i kovarijanci u okviru ove metodologije. Dinamičke optimizacije portfelja kroz vrijeme obrađuju se trima pristupima: maksimizacijom očekivanog prinosa, maksimizacijom prinosa u okviru Markowitzeva modela te maksimizacijom očekivane korisnosti (obrađuju se aditivni i multiplikativni modeli). Naglašava se značenje prethodno obrađenih modela i pristupa prognoziranja koji su ovdje potrebni te važnosti odabira prikladnih horizonata prognoziranja kako prinosa tako i volatilnosti. Na kraju se nalazi mnoštvo primjera. Iako je autor napomenuo da se cjeline mogu izučavati neovisno jedna o drugoj, ovdje se ipak uočava da je korisnije knjigu proučiti u cijelosti s obzirom na određene povezanosti, ali i zanimljivosti povezivanja jednog područja s drugim.

U posljednjoj, četvrtoj cjelini govori se ne samo o vrednovanju već i o zaštiti od rizika. Autor razlikuje apsolutno i relativno vrednovanje vrijednosnica, a u ovoj cjelini bavi se relativnim (pod time misli se na relativno vrednovanje u odnosu na fundamentalnu grupu imovine). Dakle, pozornost je primarno posvećena derivativima. Prvo poglavlje pojašnjava osnovne pojmove vrednovanja koji su potrebni u idućima (arbitraža, teorem monotonosti, statistička arbitraža itd.). Često se u financijskoj literaturi drugi autori samo pozivaju na neke fundamentalne teoreme vrednovanja imovine, no ovdje se detaljnije obrađuju, posebno kada je riječ o potpunim i nepotpunim tržištima jer posljedice nisu iste. Poglavlje se sastoji od mnoštva teorema i dokaza te je potrebno poznavati neke pojmove iz teorije skupova ili mjeru Esscherova martingala radi lakšeg praćenja materije. Iduće poglavlje (četnaesto u knjizi), *Vrednovanje arbitražom*, jedno je od većih poglavlja jer se u njemu obrađuje vrednovanje ročnica (na dionice, obveznice, tečaj, dogovore (*agreements*)). Potrebno je imati podlogu iz stohastičkog računa u nekim dijelovima poglavlja. Osnovni model koji se najprije promatra jest binomni (za slučaj jednog i više razdoblja), uz detaljno razmatranje asimptotskih svojstava procjenitelja u njemu. No, najveći dio poglavlja posvećen je Black-Scholes modelu za vrednovanje i zaštitu (*hedging*), i to za različite vrste opcija. Obrađuju se također i implicirana volatilnost te VIX indeks kao zanimljiv primjer koji se često koristi u empirijskim istraživanjima kao varijabla za procjenu budućih vrijednosti imovine. Spomenuto je da autor razlikuje fundamentalne teoreme i njihove posljedice na potpunim i nepotpunim tržištima. Iduće je poglavlje stoga posvetio vrednovanju na nepotpunim tržištima. To su tržišta na kojima postoje derivativi koji se ne mogu identično replicirati. U tom slučaju mogu se primijeniti pristupi maksimizacije korisnosti, vrednovanje apsolutno kontinuiranih promjena mjera (Girshanov teorem), vrednovanje s pomoću GARCH modela (i njegove popularne Heston-Nandi modifikacije), neparometrijske metode, kvadratno i kvantilno hedžiranje. I u ovome se poglavlju primjeri prožimaju s teorijom radi lakšeg praćenja jer se radi o sadržaju koji je nešto napredniji u odnosu na ostatak knjige. Za one čitatelje koji nisu toliko

upućeni u nj, u bilješkama navodi se literatura koju je moguće usporedno konzultirati (najčešće u vezi sa stohastičkim računom). Posebno je izdvojeno u idućem poglavlju kvadratno i lokalno kvadratno hedžiranje (zaštita), s obzirom na prednosti lakšeg izračuna i procjena, posebice kad se razmatra više razdoblja u analizi te se radi o neparametrijskom pristupu vrednovanja imovine. Riječ je o rekurzivnom pristupu izračuna, a na temelju pojmova i modela obrađenih u prethodnim poglavljima ove cjeline uključuje se kvadratno hedžiranje za, primjerice, binomni model u jednome razdoblju. Posljednji dio poglavlja posvećen je primjenama lokalnog kvadratnog hedžiranja nad stvarnim podacima uz potpuno neparametrijski pristup; pokazuje se kako se potonjim može bolje opisati podatke od parametrijskog modeliranja jer koeficijenti hedžiranja nelinearno ovise o volatilnosti podataka. Usko vezano uz prethodna poglavlja jest iduće, naslova *Opcijske strategije*, u kojemu se obrađuje mnoštvo različitih strategija upravljanja portfeljem na temelju opcija i ciljeva investitora. Razmatra se dvadesetak različitih strategija (okomiti raspon, *straddle*, leptir, kalendarski raspon itd.), pri čemu se opisuju više od tri pristupa (profitna funkcija, funkcija prinosa i distribucija prinosa). U literaturi se često primjenjuje samo pristup profitne funkcije, stoga i ovdje čitatelj može steći dodatno znanje o istome pojmu koji mu je možda već poznat, ali iz drugačijega gledišta. Najprije se strategije opisuju i grafički uspoređuju, potom se u poglavlju obrađuje profitabilnost strategija i način njezina računanja, ponovno uz mnoštvo grafičkih prikaza, kao i pristup distribucije prinosa jer omogućava dobivanje više informacija o Sharpeovu omjeru u odnosu na mjerenje performansi samo dioničkog portfelja. Ovdje je korisno saznanje o mjerenju performansi iz prethodne cjeline jer se koncepti iz potonje primjenjuju i za slučaj opcijskih strategija. Posljednje poglavlje u knjizi (osamnaesto), *Derivativi kamatnih stopa*, autor uključuje uz pojašnjenje da je tržište za ovakvim derivativima još veće u odnosu na tržište dioničkih derivativa. Na samome početku definiraju se osnovni pojmovi poput različitih vrsta kamatnih stopa, obveznica, prinosa (*yield*) za diskretni i kontinuirani slučaj, potom se obrađuju ročnice i opcije na kamatne stope. Ovo poglavlje u biti predstavlja uvod u ovu tematiku jer je sažeto i kratko. Međutim, ovo je jedino poglavlje koje ne uključuje primjere.

Konačno, na osnovi svega navedenog može se zaključiti da je ova knjiga bogata mnoštvom relevantnih i suvremenih pojmova, metoda i modela za primjenu u području financija. Međutim, potrebno je imati određena predznanja iz matematike i statistike jer se brojni pojmovi obrađuju matematičkim jezikom temeljenim na već postojećem znanju iz kvantitativnih disciplina. Dodatno, radi se o kvantitativnoj knjizi, stoga se pozornost ne posvećuje toliko financijskoj teoriji koju je potrebno poznavati radi primjene alata iz knjige. Ovo se izdanje iz tih razloga preporučuje onima koji imaju već određeno znanje iz financija i kvantitativnog područja, a žele ga dodatno potkrijepiti novim pojmovima ili već postojećim koji se nadograđuju u ovoj knjizi.