

High-Dimensional Data Analysis in Economics

OSVRT NA RADIONICU

Zagreb, 19. i 20. ožujka 2010.

Recentna finansijska kriza je na vrlo bolan način ukazala na nužnost multidimenzionalnog i interdisciplinarnog pristupanja ekonomskim problemima. Posebno je to vidljivo na području poslovnih financija. S jedne strane, nepobitna je činjenica da se finansijska znanost još od šezdesetih godina 20. stoljeća izrazito kvantificirala. Deskriptivne analize i prenošenje praktičnih iskustava stručnjaka iz finansijskog sektora ustupili su mjesto formalnim, apstraktnim matematičkim i ekonometrijskim modelima te tehničkoj analizi. Iako paradoksalno, takav obrat nužno je diktirao početak dominacije *akademskih* krugova u *poslovnim* financijama. Jedan od najočitijih primjera takve tendencije je eminentni časopis *Journal of Finance* (kojeg izdaje *American Finance Association*) u kojem su autori iz akademskih institucija u pedesetim godinama pokrivali 65 posto radova, da bi se taj postotak kasnije kontinuirano i rapidno povećavao. U šezdesetim godinama „akademija“ je obuhvaćala 69 posto objavljenih radova, da bi se do kraja osamdesetih godina taj postotak povećao na čak 89 posto (Lounsbury, 2002).

S druge pak strane, često se u finansijskim krugovima govori i o pretjerano rigidnim matematičko-statističkim modelima koji su na valu neoliberalnog poimanja ekonomске znanosti postali sveprisutni u finansijskoj ekonomiji. Iznimno krute pretpostavke o savršenoj racionalnosti ekonomskih agenata, matematički modeli vrednovanja imovine i hipoteze efikasnih tržišta često su bili označavani kao jedan od osnovnih uzroka trenutne svjetske krize (Murphy, 2008). Na slična razmišljanja uputio je i slavni nobelovac Paul

Krugman, rekavši da je „ekonomska profesija zastranila jer su ekonomisti kao cjelina pobrkali impresivne matematičke jednadžbe s istinom“ (Krugman, 2009).

Spiritus movens međunarodne radionice *High-Dimensional Data Analysis in Economics* održane 19. i 20. ožujka na Ekonomskom fakultetu u Zagrebu bilo je upravo spojiti i pomiriti dva gore navedena ekstremna pristupa ekonomiji (posebno financijama). Stoga je svrha ovog rada dati osvrt na spomenutu radionicu. Radionica *High-Dimensional Data Analysis in Economics* organizirana je kao zajednički projekt Ekonomskog fakulteta u Zagrebu i Sveučilišta Humboldt u Berlinu¹.

Prvenstveni cilj radionice bio je omogućiti razmjenu istraživačkih iskustava i empirijskih rezultata između akademske zajednice, poslijediplomskih i doktorskih studenata, kao i finansijskih stručnjaka iz prakse, s posebnim naglaskom na šire područje financija i upravljanja rizikom. S tim ciljem su na dvodnevnoj radionici prezentirani najnoviji rezultati istraživanja svjetski priznatih znanstvenika sa Sveučilišta Humboldt u Berlinu kao i vrhunskih hrvatskih istraživača. Okupljeni su sljedeći predavači sa Sveučilišta Humboldt: profesori Wolfgang Härdle i Ostap Okhrin te studentice doktorskog studija Maria Grith i Weining Wang.

Bilo je neprocjenjivo iskustvo razmijeniti rezultate istraživanja sa znanstvenicima koji djeluju na tako renomiranom njemačkom sveučilištu. Naime, Sveučilište Humboldt osnovao je 1810. godine pruski reformator obrazovanja i lingvist Wilhelm von Humboldt te ta institucija ove godine proslavlja 200. godišnjicu osnutka². Sveučilište je kroz svoju povijest dalo čak 29 nobelovaca (neki od njih su Albert Einstein, Max Planck, Robert Koch...). Posebno su zanimljive i druge povjesno važne ličnosti koje su studirale na Humboldtu: Otto von Bismarck, Karl Marx, G.W.F. Hegel, Friedrich Engels. Sveučilište danas ukupno obuhvaća 11 fakulteta te na njemu studira 35.271 student³. U znanstvenom je smislu posebno bitno

¹ Humboldt-Universität zu Berlin.

² Više o Sveučilištu Humboldt možete doznati na <http://www.hu-berlin.de/>.

³ Preuzeto s <http://www.hu-berlin.de/ueberblick-en/facts/>.

što je pri ovom sveučilištu osnovano 13 interdisciplinarnih istraživačkih centara. Jedan od njih je i C.A.S.E. (*Center for Applied Statistics and Economics*) u čijoj je suradnji i organizirana radionica *High-Dimensional Data Analysis in Economics*⁴.

Istraživački centar C.A.S.E. je osnovan s ciljem interdisciplinarnog pristupa kompleksnim ekonomskim fenomenima. Okuplja vrhunske ekonomske stručnjake sa snažnom podlogom u matematičkoj statistici i općenito kvantitativnim metodama, čija se znanja kombiniraju s najmodernijom informatičkom tehnologijom. Direktor centra C.A.S.E. je profesor Wolfgang Härdle, kojega je bila osobita čast ugostiti na Ekonomskom fakultetu u Zagrebu.

S hrvatske strane na radionici su okupljeni istraživači koji se smatraju vodećim stručnjacima iz šireg područja modeliranja finansijskog rizika pa su tako svoje rade prezentirali Bojan Basrak s Matematičkog odjela Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, Petra Posedel s Ekonomskog fakulteta u Zagrebu i Saša Žiković s Ekonomskog fakulteta u Rijeci.

Radionica je otvorena pozdravnim govorom predsjednice Organizacijskog odbora radionice profesorice Nataše Erjavec, koja je obrazložila razloge organiziranja manifestacije, predstavila izlagače i argumentirala općenitu važnost kvantitativnog izučavanja poslovnih financija, koje je *condicio sine qua non* na svim svjetskim sveučilištima.

Čast prvog izlaganja na radionici pripala je profesoru Wolfgangu Härdleu. Iz njegove respektabilne karijere valja izdvojiti da trenutno obnaša funkcije pročelnika Katedre za statistiku „*Ladislaus von Bortkiewicz*“ na Sveučilištu Humboldt, direktora istraživačkog centra C.A.S.E. i koordinatora Znanstveno-istraživačkog centra 649: Ekonomski rizik (*Collaborative Research Center 649: Economic Risk*) pri Sveučilištu Humboldt te je jedan od osnivača i član Društva za finansijsku ekonometriju (*Society for Financial Econometrics - SoFiE*) kao i član australskog Nacionalnog centra

⁴ Više informacija o centru C.A.S.E. dostupno je na <http://www.case.hu-berlin.de/>.

za ekonometrijska istraživanja (*National Centre for Econometric Research - Australia*). Možda najvažnije, profesor Härdle je uvršten među vrlo citirane znanstvenike (*highly cited scientist*) na listi koju sastavlja ISI (*Institute for Scientific Information*) te je autor dvadesetak udžbenika koji se kao obavezna literatura koriste na velikom broju kolegija svjetskih sveučilišta. Glavna područja njegovog interesa su neparametarska statistika, kvantitativne financije, statistika finansijskih tržišta te modeliranje rizika vremenskih prilika. S obzirom da potonje ubrzano postaje *top tema* istraživanja znanstvenika i stručnjaka iz gospodarske prakse (Edrich, 2003), profesor Härdle se njime pozabavio u svom izlaganju „Pricing of Asian Temperature Risk“.

U tom radu istaknuto je kako se u mnogim sektorima svjetskog gospodarstva sve više koriste vremenske izvedenice kao finansijski instrument za *hedging* vremenskih prilika. Posebno se to odnosi na energetski, poljoprivredni i sektor trgovine na malo. Stoga se, kako je naglašeno, vrijednost ugovora vremenskih izvedenica na burzi *Chicago Mercantile Exchange*⁵ u ožujku 2009. popela čak do 15 milijardi USD. Koristeći ekonometrijske tehnike i finansijsku matematiku, na podacima o zabilježenim temperaturama u Kini i Japanu ilustrirana je praktična primjena izvedenica. Konkretno, iz vremenskih nizova zabilježenih temperatura prvotno je eliminirana sezonska komponenta. S tako dobivenim nizovima pristupljeno je kalibraciji njihove sezonske varijance te je prikazano tržišno vrednovanje rizika promjene temperature za nekoliko razdoblja unaprijed na temelju ugovora budućnosnica (*futures*).

Sljedeće izlaganje bio je rad "Some Results on Inference for a Class of Stochastic Volatility Models with Jumps Using the Martingale Estimating Function Approach" Petre Posedel s Ekonomskog fakulteta u Zagrebu. U radu je uvedena varijanta Barndorff-Nielsenovog i Sheppardovog modela stohastičke volatilnosti. Model analizira međuodnos volumena trgovanja nekom vrijednosnicom i njezine zaključne dnevne cijene korištenjem martingalnih procjeniteljskih funkcija koje dopuštaju skokove. Time je

⁵ Prvo i najveće organizirano tržište vremenskih izvedenica (Lazibat, Županić i Baković, 2009).

dobiven eksplisitni pokazatelj parametara u modelu, za koji je dokazana konzistentnost i asimptotska normalnost. Iako matematički izuzetno zahtjevan, rad se pokazao vrlo interesantnim i stručnjacima iz prakse. Naime, model je u radu ilustriran i na stvarnim podacima o dnevnom volumenu trgovanja i zaključnim cijenama dionice IBM-a na njujorškoj burzi (NYSE) za razdoblje od 2003. do 2008. godine. Pokazalo se da dnevno u prosjeku dođe do 4,4 novih informacija bitnih za trgovce na burzi, zbog čega obujam trgovanja doživi skok. Rezultat tipičnog skoka obujma trgovanja jest skok logaritamskih povrata dionice za 0,0004.

Potom je Weining Wang u izlaganju rada "Uniform Confidence for Pricing Kernels" propitala mogućnost neparametarskog procjenjivanja granica intervala pouzdanosti burzovnog indeksa. Nakon prezentacije teorijskog modela i analize podataka dobivenih simulacijom Monte Carlo, prikazana je analiza na realnim podacima njemačkog burzovnog indeksa DAX. Pokazalo se da se volatilnost granica intervala pouzdanosti izrazito povećava pri postojanju jasne tendencije općeg rasta ili pada cijena vrijednosnica na tržištu (*bullish/bearish market*). Weining Wang pritom je ukazala na važnost razumijevanja burzovnog ponašanja za investitore te poznavanja veze između općih tendencija kretanja cijena (burzovnog indeksa) i sklonosti investitora riziku.

Drugi dan radionice otvoren je izlaganjem rada "Extreme Values and Dependence in Financial Time Series" Bojana Basraka s Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu. Docent Basrak kao stručnjak za analizu vremenskih nizova u svom izlaganju se pozabavio mjerljivom međuzavisnosti povrata vrijednosnica. Istaknuto je kako korelacijska analiza nije prikladna na podacima koji nemaju normalnu distribuciju, kao ni za modeliranje ekstremnih događaja poput tekuće finansijske krize. Stoga je kao odgovarajuća mjera zavisnosti u repovima distribucije predložena spektralna mjera. Također, modeliranje ekstremnih događaja zahtijeva procjenu repova distribucije, što je relativno jednostavno u slučaju regularno varirajućih višedimenzionalnih distribucija i autoregresijskih procesa. Postupak procjene repova distribucije prikazan je stoga na primjerima GARCH(1,1) procesa i faktorskog GARCH modela.

Maria Grith u izlaganju „Estimating Pricing Kernel via Series Methods“ upozorila je na neadekvatnost vrednovanja finansijske imovine parametarskim specifikacijama poput modela Black-Scholes ili Heston. Stoga je predložena alternativna metoda, temeljena na neparametarskom regresijskom modelu. Praktična primjena uvedenog modela ilustrirana je na 5.000 podataka o mjesecnim povratima njemačkog burzovnog indeksa DAX 30.

Istraživanje srođno prethodnom prezentirao je Saša Žiković s Ekonomskog fakulteta u Rijeci. Empirijski istražujući mjerjenje tržišnog rizika i volatilnosti, Saša Žiković je postavio pitanje utjecaja neočekivanih ekstremnih događaja (poput tekuće finansijske krize) na repove empirijskih distribucija povrata finansijske imovine. Naime, ekstremni događaji, kako je upozorio, često rezultiraju *teškim* repovima distribucije povrata, zbog čega klasična ekonometrijska pretpostavka o normalnosti distribucije ne vrijedi. Stoga je zaključeno kako klasične modele rizične vrijednosti (*Value at Risk - VaR*) nije uputno koristiti pa autor u analizi indeksa CROBEX koristi generaliziranu Paretovu distribuciju, koja se pokazuje znatno prikladnijom za modeliranje ekstremnih događaja (npr. gubitaka poput onih iz tekuće krize). Koristeći multivarijatni pristup za portfelj indeksa šest najvažnijih svjetskih burzi⁶, analizi su pridodane kopule kao mjere međuzavisnosti indeksa te su modelirani maksimalni dobici i gubici portfelja za razdoblje od mjesec dana.

Radionica je zatvorena izlaganjem profesora Ostapa Okhrina „Time Varying Hierarchical Archimedean Copulae (HALOC)“ posvećenom kopulama. Upotreba kopula u upravljanju rizikom intenzivirala se posljednjih nekoliko godina pa je autor o njihovoj upotrebi diskutirao u kontekstu analize osiguranja za povrat duga (*collateralized debt obligation*), za koja mnogi smatraju da su i potaknula ovu finansijsku krizu. Naime, osnovna ideja njihove primjene je identificirati vremenski varirajuće zavisnosti promatrane serije te time smanjiti dimenzije analizirane zavisnosti. Empirijski dio rada odnosio se na primjenu kopula u analizi strukture rizika (*risk pattern*)

⁶ SAD, Ujedinjeno Kraljevstvo, Japan, Njemačka, Kanada, Francuska.

dnevnog tečaja JPN/EUR, GBP/EUR i USD/EUR, kao i u analizi povrata burzovnih indeksa Dow Jones, DAX i NIKKEI.

Polaznici radionice redom su bili nastavnici, istraživači i doktorski studenti s renomiranih institucija poput Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Osijeku i Zagrebu, Hrvatske narodne banke, Ekonomskog instituta, Zagreb, Ekonomskog fakulteta u Zagrebu i Splitu, Fakulteta za organizaciju i informatiku u Varaždinu i Instituta za međunarodne odnose te zaposlenici nekoliko osiguravajućih društava, banaka i konzultantskih tvrtki. Iako se s obzirom na eminentne izlagače i relevantnost prezentiranih tema mogao očekivati i veći interes istraživača i stručnjaka, brojka od 70 polaznika zasigurno nije zanemariva.

Radionica *High-Dimensional Data Analysis in Economics* za hrvatske je prilike jedan od rijetkih pokušaja da se na jednom mjestu okupe relevantni financijski stručnjaci iz akademskih i stručnih krugova te da se potakne razmjena iskustava i rezultata istraživanja, kao i daljnja suradnja svih involuiranih strana. Jedina slična radionica u Hrvatskoj koja se uspješno održava jednom godišnje od 2008. do danas jest *Croatian Quants Day* koju organizira Matematički odjel Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu. Teme spomenutog događanja, motiviranog percepcijom javnosti o krivoj upotrebi kvantitativnih metoda u financijama kao glavnom uzroku duboke ekonomske krize, komplementarne su radovima prezentiranim na radionici *High-Dimensional Data Analysis in Economics*. Svaki novi sličan događaj u Hrvatskoj pridonijet će ne samo boljoj suradnji između akademskih institucija i financijskih kuća (brokerske i osiguravajuće kuće, banke i sl.) već će kao direktnu posljedicu imati i svrhovitiju upotrebu teorijskih modela u financijskoj praksi.

Literatura

Edrich, Carole, 2003, „Weather risk management“, *Journal of Financial Regulation and Compliance*, 11(2), str. 164-168.

Krugman, Paul, 2009, „How Did Economists Get It So Wrong?“, *The New York Times*, mrežno izdanje, 2.9.2009., http://www.nytimes.com/2009/09/06/magazine/06Economic-t.html?_r=3 (pristupljeno 1. travnja 2010.).

Lazibat, Tonći, Ivana Županić i Tomislav Baković, 2009, „Vremenske izvedenice kao instrument terminskih tržišta“, *Ekonomска misao i praksa*, 18(1), str. 59-78.

Lounsbury, Michael, 2002, „Institutional Transformation and Status Mobility: The Professionalization of the Field of Finance“, *Academy of Management Journal*, 45(1), str. 255-266.

Murphy, Austin, 2008, „An Analysis of the Financial Crisis of 2008: Causes and Solutions“, Oakland University School of Business Administration Working Paper Series, November, Oakland, CA: Oakland University.

Petar Sorić
Ekonomski fakultet u Zagrebu