
Neven Vidaković¹

UDK 330.4

338.22

EKONOMSKA POLITIKA I OPTIMALNA KONTROLA – KRITIKA

*I came to the position that mathematical analysis is not one
of the many ways of doing economic theory: it is the only way.
Economic theory is mathematical analysis.
Everything else is just pictures and talk. R. E. Lucas (2001)*

Sažetak

Rad opisuje modeliranje ekonomskih procesa upotrebljavajući optimalnu kontrolu kao matematičko i racionalna očekivanja kao teoretsko oruđe pri objašnjavanju ekonomskih procesa. Rad se fokusira na sam proces modeliranja i probleme s kojom se ekonomist susreće kada kreće u modeliranje ekonomskih procesa. Posebna pozornost pridaje se specifikaciji parametara kod modela.

Ključne riječi: ekonomski model, optimalna kontrola, Lucasova kritika

1. Uvod

Osnova ekonomske znanosti jest objašnjavanje ekonomskih procesa. Ekonomske procese možemo objasniti samo preko ekonomskih modela. Ekonomski model predstavlja matematičku i to samo matematičku analizu ekonomskih procesa. Te tri rečenice

¹ Neven Vidaković, B., Art of Economics and Mathematics, Privredna banka Zagreb

predstavljaju temelj ekonomije kao znanosti i omogućuju njezino stalno napredovanje. Kao takve te tri rečenice zaslužuju pojašnjenje i daljnje definiranje.

Treba biti jasno da nije samo proces modeliranja težak, nego je i postojanje modela kao takvoga upitno. Sam Keynes (1936), otac makroekonomije, postavljao je pitanje može li se modelom sve objasniti. U «tehničkome» poglavlju Opće teorije Keynes piše: «Ovo je tehničko poglavlje i oni koje ne zanima aritmetika mogu ga slobodno preskočiti». Noviji radovi Sargenta i Hansena (2006) stvaraju modele u kojima ekonomski agenti imaju višestruke modele i nepovjerenje prema vlastitim modelima. Dakle, unutar modela imamo modele.

Prva prava kritika ekonomskoga modela jest Lucasov rad (1976) koji je danas poznat pod nazivom Lucasova kritika. U tome radu Lucas kritizira postojeće ekonometrijske modele jer nisu sposobni prilagoditi se promjenama ekonomskih režima (politika) i kao takvi nisu u stanju upotrebljavati se kao testovi „alternativnih ekonomskih režima (politika)“.

U svojem monumentalnom radu *Macroeconomics and Reality* Christopher Sims (1980) postavlja temelje upotrebe autoregresije kao ekonomske metode. No, Sims i Lucas upućuju na nešto drugo, a to je pitanje kako možemo biti sigurni da je model koji imamo točan i koliko je točan. Sargent (1993) u svojoj knjizi *Bounded Rationality in Macroeconomics* postavlja ono što će se danas pokazati kao temelj moderne monetarne politike i ekonomskog modeliranja. Sims (1998) stvara prvu stvarnu mjeru djelotvornosti ekonomskog modela i naziva je prikladno – entropija.

Važnost entropije u ekonomskome modeliranju jest ogromna. Naime, temelj teorije racionalnih očekivanja jest činjenica da je model točan. Odnosno, da ekonomski participant i stvaratelj ekonomske politike imaju isti model.² Iz prethodne rečenice jasno se vidi ono što Sargent naziva “apsolutnošću teorije racionalnih očekivanja”. Ako i agent i stvaralac ekonomske politike imaju isti model, kako je moguće da model ne može savršeno predvidjeti stanje u ekonomiji?

Odgovor na to pitanje jest u formulaciji entropije modela, odnosno koliko je naš model pogrešan u odnosu na stvarne podatke koje dobivamo. Reis (2006) razvija model u kojemu proizvođači imaju

2 Autor naglašava da to nije paradoks, nego temelj teorije racionalnih očekivanja.

racionalna očekivanja, ali nisu u stanju procesirati informacije dovoljno brzo. Tako da agenti ne reagiraju jednako brzo na ekonomske odluke kao i stvaratelj ekonomske politike.

Ovdje imamo praktičnu primjenu problema pogrešne specifikacije modela u kojemu se agenti ponašaju kako model predviđa, ali ne svi u istu vrijeme. Jasno je da se ovdje pokušava objasniti stvarna rigidnost s kojom se susrećemo u ekonomskim podacima. Rad je nastavak na rad Simsa (2003), a detaljnu matematičku razradu i upotrebu entropije prikazali su Sargent i Hansen (2006a).

No, teorija je dobra samo onoliko koliko se može primijeniti u praksi. Problemi s kojima se suočava hrvatska ekonomija stavljaju pred hrvatske ekonomiste mnoge interesantne primjere za daljnje ekonomsko istraživanje. Kod teoretskih i praktičnih objašnjavanja pojedinih problema treba naglasiti da je probleme potrebno analizirati iz dviju perspektiva: kvantitativno i teoretski.

Meni u ovome redu ni u kojem slučaju nije namjera postavljati filozofske teorije i onda o njima razglabati. Smatram da je takav pristup ekonomskoj znanosti prije svega destruktivan i ne želim ga potencirati. Meni je namjera napraviti jasnu šablonu za ekonomsko istraživanje i prikazati ekonomski model koji se može upotrebljavati. U ovome radu namjeravam pokazati prototip modela koji može odgovoriti na konkretna pitanja onih koji donose ekonomske odluke, a istovremeno i zadovoljiti ekonomske uvjete koji su postavljeni u prethodno spomenutim radovima.

Ovaj je rad koncipiran na sljedeći način. Drugi dio predstavlja opis samoga procesa modeliranja i razvoj ekonomske teorije kroz vrijeme. Ovdje navodim neke od praktičnih problema s kojima se susreće ekonomist pri samome procesu modeliranja. Treći dio prepričava anegdotu jednog od najvećih ekonomista današnjice – Roberta Barra – i pokušava povući paralelu s nekim radovima koji su napisani u Hrvatskoj. Četvrti dio razvija jednostavan model koji se temelji na matematici optimalne kontrole i kroz koji pojašnjavam neka svojstva koja model mora imati kako bi bio adekvatan za analizu alternativnih ekonomskih politika. Da bih bio konkretan, napravio sam model za realni tečaj, što je jedna od gorućih tema hrvatske ekonomije posljednjih deset godina. Peti dio predstavlja sintezu navedenoga i otvara jasnu putanju za buduća istraživanja.

2. Proces modeliranja

Ekonomski proces u makroekonomiji obično je vremenska serija. S obzirom na to da se radi o vremenskoj seriji, ekonomski podaci ne predstavljaju samo informaciju o prošlosti pojedine varijable, nego i informaciju o stanju i/ili konstrukciji pojedinoga prošlog ekonomskog sustava.³ Dakle, promatrajući ekonomsku varijablu, možemo je razbiti na dva dijela: prvi dio jest dio koji imamo u vremenskoj seriji, koji možemo objasniti jednostavnom statističkom (regresijskom) analizom. Taj dio možemo nazvati endogeni dio. Drugi dio jest dio koji ne možemo opaziti i nazivamo ga egzogeni dio. To je dio koji nam nije objašnjen u regresiji. Poslije će ta tvrdnja biti i kvantitativno demonstrirana. Ta dva dijela zajedno čine ono što zovemo ekonomskom varijablom koju možemo opaziti i za koju imamo neku vrijednost.

Vrijednosti ekonomskih varijabli proizlaze iz ekonomskoga ponašanja ekonomskih particijanata, ali istovremeno ekonomske varijable diktiraju ponašanje ekonomskih particijanata. Iako ta rečenica na prvi pogled izgleda kao tautologija Kada dodemo do konkretnoga matematičkog modeliranja, čitatelju će postati jasno da se ovdje ne radi o tautologiji, nego o jednostavnome rekurzivnom odnosu koji je potrebno modelirati i razumjeti.

Rekurzivnost odnosa između ekonomskih particijanata proizlazi iz očekivanja. Ekonomski participanti sa sobom nose određenu količinu ekonomskih podataka i postavljaju se prema tim podacima. Podaci o kojima je konkretno riječ proizlaze iz vremenskih serija pojedinih varijabli, a ekonomski participanti ponašaju se primjereno informacijama koje imaju iz tih vremenskih serija.

Ovo je temelj teorije racionalnih očekivanja. Ekonomski agenti koji su u stanju optimizirati ponašanje kondicionalno o odlukama ekonomskoga participanta koji diktira ekonomsku politiku ili takozvanoga dominantnoga igrača.

U teoriji racionalnih očekivanja, kao i u stvarnome svijetu, razlikujemo principijelno dva reprezentativna ekonomska agenta. Prvi je dominantan ekonomski agent ili igrač, igrač koji donosi

³ Mislim da je najbolja varijabla koja objašnjava tu rečenicu tečaj. Jasno je da kretanje tečaja kroz vrijeme jako puno govori o ekonomskome uređenju pojedine ekonomije.

ekonomske odluke i propisuje ekonomsku politiku. U stvarnome svijetu to je država ili u slučaju monetarne politike – središnja banka. Drugi reprezentativni igrač jest ekonomski participant koji mora optimizirati svoje ponašanja s obzirom na ekonomske odluke koje donosi dominantan igrač. U stvarnome svijetu to je poduzeće, kućanstvo ili banka koja nastoji optimizirati svoje procese s obzirom na regulativu HNB-a.

Problem donošenja ekonomskih odluka leži upravo u tome koliko možemo utjecati na ekonomske participante i kolika je robusnost ekonomskih participanta na pravila koja donosi dominantni igrač.

Ekonomska povijest puna je slučajeva kada je dominantni igrač uspio nametnuti svoju volju. Primjer toga jest nagli pad inflacije u Hrvatskoj 1994. godine, kada je hiperinflacija zaustavljena u samo nekoliko dana. Sličan događaj opisao je i Sargent (1992). Sargent opisuje događaje kada su, iako se ekonomska situacija nije promijenila, ekonomski participant promijenili ponašanje tako reći “preko noći”. No ekonomska povijest isto je tako puna situacija kada je nagla promjena ponašanja ekonomskih participanta stvorila ogromnu krizu. Klasičan je primjer američka velika depresija ili u novije doba velika valutna kriza u Aziji.

S obzirom na ovaj izazov, dominantnome igraču optimalno je utjecati na ekonomske varijable i na taj način graditi ekonomski sustav, a ne siliti ekonomske participante na određeni oblik ponašanja. Agresivno ponašanje u ekonomiji obično vodi k ekstremnim situacijama (hiperinflacije, deflacije).

No, ovaj je proces kompleksan i razumijevanje ovoga procesa interakcije jest izazov za svakog ekonomista, a sam proces modeliranja ovoga odnosa jest nešto što predstavlja pravu ekonomsku intrigu.

Iz toga proizlazi pitanje: Kako onda voditi ekonomsku politiku? Ekonomski trendovi ne mogu se promijeniti tako da se ekonomski participant sile na pojedini oblik ponašanja, nego samo tako da se promjene ekonomski parametri koji uzrokuju ponašanje ekonomskih participanta.

Ovo je ključna rečenica za provođenje ekonomske politike. **UTJECATI NA VARIJABLU, NE NA PARTICIPANTA.** Kada predstavim model, bit će jasno kako se utjecajem na ekonomske varijable u stvari utječe na ekonomske participante.

Sada smo došli ponovo na početak. Ako želimo pojedino ponašanje ekonomskih participanata, trebamo nekako objasniti ekonomsko ponašanje ekonomskih agenata koji podliježu pravilima dominantnog igrača, a za to dominantnome igraču treba ekonomski model.

Da bismo mogli napraviti ekonomski model, prvo moramo postaviti parametre koji vode ekonomski proces.

Prije samoga procesa modeliranja trebamo pojasniti nekoliko činjenica o samome ekonomskome modeliranju.

Modeliranje ekonomskih procesa (ekonomska teorija) kreće se u dvama smjerovima:

1. Teoretski model s kojim se stvara umjetna ekonomija i onda testira pojedino ponašanje ekonomskih participanata.
2. Uočavanje ekonomskih pojava u ekonomskim podacima i onda objašnjavanje pojedinih ekonomskih pojava preko adekvatnih modela koje stvara ekonomist.

Kao modele iz prve skupine možemo navesti rad Roberta Lucasa i Nancy Stokey Lucas (1983) *Optimal Fiscal and Monetary Policy in an Economy Without Capital*, ili autorov rad *Model ekonomije bez bankarskoga sustava* (2006) ili rad Michaela Woodforda (2000) *Monetary Policy in a World without Money*. Lucas i Stokey kreiraju ekonomiju bez kapitala. No, jasno je da ne može postojati ekonomija bez kapitala jer u tome slučaju nemamo mogućnost proizvodnje. Vidaković (2006) kreira model ekonomije bez bankarstva. Ta je mogućnost u današnjem svijetu također malo vjerojatna. Woodford (2000) opisuje ekonomiju bez papirnatog novca. Naravno, ne može postojati ekonomija bez novca u papirnatome obliku jer još uvijek imamo ograničene resurse i tehnološke probleme da bismo sve novčane transakcije obavljali u elektroničkome obliku.

Svrha je takvih radova stvoriti umjetni ekonomski sustav i onda istražiti ponašanje ekonomskih participanata u tome sustavu. Da bi sustav funkcionirao, potrebno je jasno zacrtati kretanje pojedinih varijabli i determinirati varijable koje vode ponašanje pojedinih participanata.

Druga vrsta ekonomske teorije nastaje direktno iz ekonomskoga ponašanja. Vidimo pojedine varijable i njihovo kretanje kroz vrijeme i onda nastojimo pojasniti što uzrokuje te varijable. Jedan od prvih takvih modela jest Hicksov (1937) IS-LM model. U svome radu

Mr. Keynes and the Classics: A suggested simplification Hicks je preko modela objasnio veliku deflaciju koja je vladala američkom ekonomijom 1930-ih. I danas imamo radove takve prirode. U novije vrijeme treba istaknuti rad Ricarda Reisa (2006) *Innattentive Consumers* i paralelni rad *Innattentive Producers* (2006) koji objašnjava, isto preko modela, zašto cijene nisu savršeno fleksibilne i što uzrokuje realnu rigidnost u ekonomskih varijablama.

Moje je uvjerenje da hrvatska ekonomska znanost ima veliku potrebu za drugim od navedenih vrsta modela. Osnovna tema ovoga rada jest objasniti proces modeliranja i uvjete (metode) koje pojedini model mora imati kako bi uspio objasniti ekonomske procese.

Proces modeliranja kompleksan je iz nekoliko razloga. Prvi i najvažniji jest kompleksnost matematičkih metoda koje moramo upotrebljavati da bismo objasnili svijet oko sebe. S razvojem shvaćanja ekonomskih procesa postalo je sve jasnije da je potrebno konstantno razvijati matematičke i ekonometrijske metode kako bismo stvarno mogli shvatiti što je to ekonomski proces.

Eklatantan primjer za to jest monetarna politika. Od znanosti koja se temeljila isključivo na količini novca u ekonomiji i kvantitativnoj teoriji koju su razvijali Milton Friedman i Irving Fisher, današnja monetarna politika shvaća se kao Stalkenbergov problem između dominantnog igrača (središnje banke) i ekonomskoga participanta koji nastoji optimizirati ponašanje s obzirom na uvjete koji mu nameće dominantan igrač. U takve procese količina novca uopće ne ulazi u obzir kao relevantna varijabla.

Ekonometrijske tehnike također su evoluirale. Od popularne St. Louis jednadžbe danas ekonometričari upotrebljavaju sofisticirane metode modeliranja preko FAVAR procesa koji jasno objašnjavaju Bernanke i dr. (2006) te Ng i Lei (2006).

Kvantitativne varijable kao novac ili kamatna stopa ulaze u razmatranje samo kao količine koji su potrebne da bi ekonomija funkcionirala, ali ne i kao stvarna mjera monetarne politike.

Iako ovaj argument na prvi pogled zvuči nevjerojatno, potrebno je samo pogledati kako financijska tržišta reagiraju na riječi koje dolaze iz središnje banke, a ne na stvarne brojeve količine novca. Danas stvarno imamo ekonomske participante koji se ponašaju kao što je modelom i predviđeno. Imaju racionalna očekivanja koja stvaraju na temelju sadašnjih informacija i ponašaju se u skladu sa svojim

očekivanjima. Kontrola ekonomskih procesa postala je kontrola očekivanja u ekonomiji, a monetarna je politika postala politika formiranja očekivanja kroz vremenski horizont.

Problem koji sada nastaje jest da je postalo nedovoljno samo modelirati ekonomske procese, potrebno je razviti i modele koji u sebi mogu imati promjene očekivanja ekonomskih participanata. Kako bismo jasnije razumjeli potrebe ekonomista kod modeliranja, potrebno je definirati oruđa koja trebamo upotrebljavati. Prvo treba zadovoljiti matematičke potrebe koje nam se nameću kod procesa modeliranja.

U tome pogledu moramo se služiti matematičkim poljem optimalne kontrole koje u sebi sadrži mogućnost objašnjavanja kompleksnih pojava u zatvorenim i definiranim sustavima. Optimalna kontrola počiva na metodi dinamičnoga programiranja.

Optimalna kontrola jest matematička metoda koja je proizašla iz fizike, a temelji se na optimiziranju kompleksnih sustava. Možemo reći da je optimalna kontrola svojevrsna sinteza matematičke znanosti jer temelj optimalne kontrole leži u optimizaciji kontinuiranih procesa, kakve često susrećemo u fizici i koji će biti prikazani u ovome radu.

Sada kada samo definirali matematičku metodu koju treba upotrebljavati, trebamo definirati i glavni deficit te iste matematičke metode. Ekonomija nije fizika. U fizici se participanti u sustavu ponašaju po jasno definiranim pravilima. Pod jasno definiranim uvjetima voda prelazi iz plinskoga stanja u tekuće točno u određenome trenutku. Koliko god ponovili taj eksperiment, uvijek ćemo dobiti isti rezultat. No, u ekonomiji to nije slučaj. Ekonomska je znanost prije svega društvena znanost koja objašnjava ponašanje ljudi, a ne kemikalija. Za razliku od vode, ljudska bića imaju sposobnost planirati budućnost, sjećati se prošlosti i kao takva ne moraju uvijek reagirati isto na isti ekonomski događaj.

Da bismo uspjeli objasniti ekonomske procese, potrebno je uvrstiti očekivanja u ekonomske modele. Očekivanja su potrebna ne samo u smislu značenja riječi (da participant smatra da će se neki događaj zbiti s pojedinom vjerojatnošću), nego su potrebna i u smislu matematičkog operatora koji nam daje fleksibilnost razumijevanja procesa i testiranja pojedinih problema.

U tome nam se kao spasonosno rješenje javlja teorija racionalnih očekivanja. Teorija racionalnih očekivanja u sebi ima jaku

ekonometrijsku komponentu, pa je lako kvantitativno primjenjiva. Osnovna moć teorije racionalnih očekivanja leži u tome što očekivanja možemo tretirati kao endogena i upotrijebiti ih pri rješavanju modela.

U zadnjih 30 godina racionalna očekivanja nametnula su se kao jedino od najmoćnijih oruđa u ekonomiji. Štoviše, kod racionalnih očekivanja više se ne radi o teoretskim razmiricama između neoklasičara i novih kejnzejianaca, postalo je jasno da je teorija racionalnih očekivanja jedina prikladna teorija za ekonomske procese.

3. Vremenska dimenzija ekonomske teorije

Do sada smo se bavili samim razvojem ekonomske teorije. Pogledajmo sada kako se ekonomska teorija kreće kroz vrijeme i kakav je utjecaj njezina razvoja na mlade ekonomiste.

Navest ću jedan primjer koji je preuzet iz rada Roberta Barra *Reflections of Ricardian Equivalence*. Godine 1996. Robert Barro bio je na konferenciji povodom rikardijske ekvivalencije. Na toj konferenciji opisao je svoj put k toj teoriji. Ovdje naglašavam teoriji. Barro je došao na ideju da objasni problem deficita i to je li deficit u stanju generirati ekonomski rast ili će biti neutralan.

U to vrijeme Barro je bio profesor na University of Chicago. Nakon razgovora s profesorima (Gary Becker i Fisher Black) formulirao je svoju ideju.

U ranoj verziji svoj rad predstavljao je na seminarima i konferencijama. Na seminarima je ideja javno predstavljena i drugim ekonomistima koji su je mogli komentirati i pospješiti sam rad. Nakon toga rad je bio poslan na objavu.

Danas je rikardijska ekvivalencija jedna od temeljnih ekonomskih teorija. Kada se na NBER upiše u tražilici pojam, dobiju se deseci radova koji su direktno povezani s temom. Sam Barro navodi da mu je do 1996. godine rad citiran u 840 radova.

Ovdje je bitno naglasiti sam proces ekonomskog istraživanja. Rad je nastao u suradnji s drugim ekonomistima, ideje su se iznosile javno, bile su otvorene diskusiji, a sam rad počivao je na prijašnjem radu ekonomista.

Vidjeli smo kako rad nastaje i kako se, ako je kvalitetan, s vremenom pretvara u temelj ekonomske znanosti. Danas je rikardijska ekvivalencija sastavni dio svakog udžbenika koji služio kao uvod u makroekonomiju.

Jedna ideja razvila se u ekonomski rad, koji je svojom snagom i kvalitetom potaknuo nastanak mnoštva drugih radova. Ostali radovi su dalje razvijali i pomicali granice ekonomske znanosti. To je standardni put bilo kojega ekonomskog rada u SAD-u.

I u hrvatskoj ekonomskoj znanosti trebamo stvoriti takav kontinuitet. Mladi ekonomisti moraju biti u stanju izdvojiti deset radova koji su temelj monetarne politike i monetarne teorije danas u Hrvatskoj.

Da bi se hrvatska ekonomska znanost razvijala, potrebno je pisati teoretske radove koji onda mogu poslužiti kao osnova za njezin daljnji razvoj. Mi danas u Hrvatskoj nemamo takvih radova, a sam proces ekonomskog istraživanja pati od nedostatka komunikacije. To je objektivan deficit hrvatske ekonomske znanosti koji je potrebno što brže ispraviti.

Autor ovoga rada nastoji graditi na postojećem. Jedna od najzanimljivijih ekonomskih knjiga koje sam ikada pročitao jest Ekonomska politika za 1995. godinu (Santini, 1995). Iako je knjiga, u stvari predstavlja komentar na stanje ekonomije iz 1995. godine i ne može se uzeti kao rigorozna teoretska ekonomska analiza, djelo ipak u sebi posjeduje mnoge željene elemente koji su već navedeni.

Kad danas čitam tu knjigu, ponovo ne samo da se iznenadim ekonomskim opservacijama, nego se iznenadim da je napisana 1995. godine. Rad u sebi sadrži prognoze, mišljenja i analize koje su se danas pokazale sasvim točnima, a opet, o tome djelu se ne govori baš previše. Ovdje nećemo govoriti o pojedinim stavovima autora, nego ćemo se osvrnuti na sljedeći paragraf:

«...Naše određenje ogleda se u prihvatanju ograničenih mogućnosti monetarno-kreditne politike i supstituiranju ove primjenom fiskalne, posebno porezne politike. Mišljenje koje se zastupa u radu blisko je ekonomiji ponude i teoriji racionalnih očekivanja. Ovo se zasniva na spoznaji ograničenih mogućnosti ekonomske politike općenito zbog visokog stupnja otvorenosti nacionalne privrede, koja je rezultat izvozne orijentacije i na toj osnovi nužnost vođenja senzibilne neselektivne politike».

Citirani dio bio je direktan povod mojemu rad na ovoj konferenciji prošle godine, u kojemu sam pokazao kako optimizirati realni tečaj i dokazao koje su limitacije politike konstantne realne deprecijacije tečaja.

Sama knjiga Ekonomska politika za 1995. godinu ne može se nazvati ekonomskim modeliranjem, ali se može nazvati temeljem ekonomskog istraživanja. Upravo kao što je Barro prepoznao svoje matematičke dokaze u ekonomskoj teoriji Davida Ricarda, tako je i autor prepoznao mnoge potencijale za ekonomsko istraživanje u tome radu.

Prava je šteta što se mnoge druge ideje iz toga i sličnih radova nisu kvantitativno razvile i testirale. Možda da je postojao adekvatan proces komunikacije i kvantitativne spoznaje, neke opservacije iz knjige Ekonomska politika za 1995. godinu ne bi stale samo upozorenja i opservacije, nego bi se pretvorile u konkretne ekonomske politike s kojima bismo možda izbjegli neke od problema s kojima se danas susrećemo.

Daljnja razrada i matematička obrada posao je mladih ekonomista. Kao što sam ja dio teza razvio i matematički obradio, trebalo bi dio mojih teza matematički još više razviti i bolje obraditi kako bismo razumjeli hrvatsku ekonomiju.

4. Model

Prije nego što krenemo u sam razvoj modela, definirat ćemo još jednom što je to ekonomski model. Ekonomski model matematička je formulacija ekonomske pojave kojom se može objasniti neka ekonomska pojava i testirati ponašanje ekonomskih varijabli i ekonomskih particijanata u pojedinim situacijama.

Ovdje treba naglasiti da ekonomski model nije izračun, a naročito nije statistička metoda kojom se ukazuje na statističku relaciju između dvije ekonomske varijable ili više njih. Dokaz statističke relacije nije ekonomski model i ne predstavlja razvoj ekonomske teorije.

Statistički je izračun samo statistički izračun i ništa više. On je dokaz da između dvije varijable ili više njih postoji relacija, ali ništa ne objašnjava, a naručio ne njihovu kauzalnost.

Problem ekonomske politike u Hrvatskoj jest neadekvatnost kvantitativnog specificiranja problema s kojima se susreće. Konkretno, tu se radi o brojnim javnim (vjerojatno i privatnim) debatama koje se vode povodom odabira konkretne politike, ali se stvarne brojke i konkretni izračuni ne iznose u javnost.

Problem onda nije samo u onome tko predlaže pojedinu politiku, nego i u onome tko je zagovara, a da ona nije potpomognuta adekvatnim ekonomskim izračunima.

Sada ćemo napraviti jednostavan model kreiranja, analiziranja i izračunavanja politike tečaja. Prije samoga ulaska u matematičku razradu modela, naglasio bih da je matematička metoda standardna, u njoj nema ništa novo i može se naći u većini naprednih ekonomskih udžbenika. Model je modifikacija modela koji su upotrijebili Sargent i Hansen (2006) te Vidaković (2006).

Model koji će ovdje biti predstavljen jest model optimizacije realnoga tečaja. Realni tečaj označit ćemo sa e , s time da ćemo realni tečaj predstaviti kao kombinaciju dviju komponenata: one koju možemo opaziti (endogeni) – x i dio koji ne možemo opaziti (egzogeni) – z . Upotrebljavajući notaciju vektora, imamo sljedeće:

$$1. \quad e_t = \begin{bmatrix} x_t \\ z_t \end{bmatrix}.$$

Dio vektora z jest egzogen i kao takav ima zakon tranzicije:

$$2. \quad z_{t+1} = f(z_t, \varepsilon_{t+1}) \quad ,$$

gdje je ε identično i nezavisno distribuiran šok s kumulativnom distribucijom Φ .

Mislim da je sada savršeno jasno zašto se ne može upotrebljavati regresija na varijablu kao što je realni tečaj. No, ipak ću formalizirati problem. Ako napravimo linearnu regresiju ili VAR regresiju varijabli na realni tečaj, dobit ćemo jednu od dvije formulacije:

a) za standardnu multivarijalnu regresiju:

$$e_t = \alpha + \beta_1 c + \beta_2 d + \beta_3 f + \dots + \beta_n g + \eta$$

b) VAR

$$e_t = \alpha + B_1 e_{t-1} + B_2 e_{t-2} + B_3 e_{t-3} + \dots + B_n e_{t-n} + \eta$$

Nakon obje formulacije dobit ćemo neki R^2 koji će nam govoriti o tome koliko naša formulacija regresije objašnjava problem s kojim se susrećemo. Naravno taj R^2 nikada neće biti 1 i upravo zbog toga mi imamo problem da u stvari upotrebljavajući regresiju ne razumijemo što smo izračunali i koliko smo obuhvatiti našim izračunom jer imamo R^2 koji nam govori o tome koliko neke varijable objašnjavamo.

Dakle, dobit ćemo ekonometrijsku formulaciju koja je potpuno neadekvatna jer ni sam ekonometričar ne razumije što je to izračunao. Preko takve formulacije dobivamo samo objašnjenje x komponente vektora ili endogene komponente vektora, ali ne i egzogene komponente vektora. Da regresija može objasniti oba dijela vektora, onda bismo imali $R^2=1$.

Ako nezavisnu varijablu c ili B označimo da je to nominalni tečaj, dobit ćemo statistički odnos nominalnoga i realnoga tečaja, ali nećemo dobiti objašnjenje zašto realni i nominalni tečaj utječu jedan na drugi. No, upravo je to svrha postojanja modela – objasniti zašto jedna varijabla utječe na drugu.

Općenito je problem s takvim modelima što oni samo objašnjavaju statističku relaciju i možda se mogu koristiti za kratkoročna predviđanja, ali ne mogu poslužiti ni za što osim toga. Upotrebljavati jednu od gornje dvije formulacije kao test za pojedinu politiku, u praktične je svrhe problematično i može dovesti do velikih problema u ekonomiji. Klasičan primjer toga jest raspad kejnezijanskih modela u 1970-ima, kao što su to opisali Lucas i Sargent (1981).

No, treba primijetiti da problem koji ja formuliram do sada, ne upotrebljava u sebi regresiju i ekonometriju, nego matematiku.

Vratimo se našem primjeru. Treba naglasiti da na komponente e utječe i kontrolna funkcija u . Kontrolna funkcija u je determinirana je preferencijama kontrolora procesa. Da to malo pojednostavimo: ovdje proučavamo realni tečaj koji kontrolira središnja banka. Dakle, u je u stvari funkcija politike koju je odabrala središnja banka. Sada

možemo u potpunosti formulirati e u budućem razdoblju, tako da dobivamo:

$$3. e_{t+1} = g(e_t, z_t, s_t).$$

Sada imamo stohastičan proces koji središnja banka pokušava objasniti sljedećom jednačinom:

$$4. E \left[\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t r(e_t, s_t) | \mathbf{y}^0 \right].$$

Naravno, β je diskontni faktor vrijednosti $0 < \beta < 1$. $E(.)|y$ matematički je operator kondicionalan o $\mathbf{y} \equiv (\mathbf{x}^t, \mathbf{z}^t)$, a s je funkcija optimalne odluke koja nam diktira ponašanje po opaženome e . Dakle, središnja banka donosi odluke tako da maksimizira s s obzirom na prijašnje 3 jednačine.

Rješenje je toga problema funkcija odluke, koju onda možemo definirati:

$$5. s_t = h(x_t, z_t).$$

To je funkcija optimalne odluke ili rješenje problema kontrole realnoga tečaja u ekonomiji. Ovdje treba pojasniti što je u stvari napravljeno. Prvo je postavljena varijabla koju želimo kontrolirati – to je realni tečaj e . Onda je postavljen problem koji smo modelirali preko procesa optimalne kontrole i onda na kraju, što je i najvažnije, definirali smo kontrolnu funkciju s koja nam daje oblik ponašanja koji vodi središnju banku.

Osim općih primjera treba primijetiti što nam ovaj model zapravo daje. Kao prvo, imamo očekivanja. Dakle, model je, unaprijed gledajući, model koji nam daje mogućnost analiziranja stohastičnih šokova koji su egzogeni.

Također imamo povratni utjecaj funkcije s na varijablu z . Dakle, odabir kontrolne funkcije odmah nam je pomogao u definiranju pojedinih egzogenih šokova s kojima se susrećemo.

No, najvažniji dio ovoga modela je što je robustan na Lucasovu kritiku. Model ne ovisi o promjenama režima. To trebamo još malo pojasniti. Vratimo se nazad na formulaciju u linearnoj regresiji:

$$e_t = \alpha + \beta_1 c + \beta_2 d + \beta_3 f + \dots + \beta_n g + \eta$$

U toj formulaciji β je statičan faktor koji se derivira iz prošlih podataka i predstavlja statičan odnos varijabli koje su uvjetovane pojedinim režimom. Kako bih pojasnio problem koji pokušavam predstaviti, navest ću primjer iz vlastitoga rada (Vidaković, 2006). Linearna regresija izvoza na nominalni tečaj za Hrvatsku i Sloveniju.

Za Hrvatsku regresija je:

$$EX = 7 + 6,58E$$

37 1,54

Identična regresija za Sloveniju je:

$$EX = 94 + 0,03E$$

16,687 19,89

E je nominalni tečaj, EX je izvoz u milijardama kuna (tolara), a t statika je ispod brojki.⁴ Što samo sada dobili? U jednoj državi nominalni je tečaj izrazito statistički značajan, a u drugoj nije. Zašto? Zato što su dvije države imale različite tečajne režime u promatranome razdoblju. Iz toga proizlazi da model koji smo napravili u Hrvatskoj, s hrvatskim podacima, potpuno je neprimjeren za upotrebu u Sloveniji i obrnuto. Razlog je tomu jednostavan: s promjenom režima dogodila se i promjena parametara u modelima. Dakle, uzeti prošle podatke i onda pokušati objasniti odnos regresija i to upotrebljavati kao mehanizam vođenja politike, potpuno je neupotrebljivo. Klasičan je primjer toga je Cota i dr. (2004). Taj argument jest temelj Lucasove kritike.

Mislim da je sada savršeno jasno da se ne može upotrebljavati takva matematika (statistika) kako bi se analizirala alternativna monetarna politika ili čak i vođenje monetarne politike. Naravno, ako izračunamo putem linearne regresije (ili bilo koje druge regresije) odnos tečaja i izvoza i onda simuliramo promjene tečaja koje su jednake promjenama tečajnoga režima na razini države, dobit ćemo sasvim neadekvatne rezultate. Vidimo da je adekvatnost modela da

4 Podaci su u milijardama kuna, tj. tolara.

objasni ekonomske procese uvjetovana adekvatnošću kvantitativnih metoda koje upotrebljavamo.

Vratimo se sada modelu koji smo razvili. Model koji je ovdje razvijen može se upotrijebiti kako bi se izračunala promjena izvoza ukoliko se promjeni monetarna politika.

Sada možemo postaviti i rješenje problema iz 4. Rješenje problema jest kontrolna funkcija s. Kada upotrijebimo rekurzivno rješenje tako da nam promjene ponašanja u prošlosti determiniraju buduće ponašanje, takozvano feedback-feedforward rješenje, dobivamo

$$6. \quad s_t = h_1(x_t, z_t).$$

Ovdje sada imamo mali paradoks, a to je da se x i z nalaze u istoj funkciji, ali mi možemo riješiti problem egzogene komponente z tako da imamo da se s "hrani" prošlim podacima o x i budućim podacima o z . Odnosno, imamo model koji savršeno može analizirati promjene režima jer samo promijenimo način na koji izračunavamo z .

Proces izračuna z temelj je teorije racionalnih očekivanja i naziva se certainty equivalence koji su razvili i postavili Simon (1956) i Theil (1957).

Sada možemo postaviti i Bellmanovu jednadžbu kako bismo optimizirali cjelokupan proces, funkciju vrijednost postaviti ćemo u Riccati jednadžbom:

$$7. \quad V(e_0) = -y'_0 P y_0 - p,$$

gdje je p implicirana volatilnost, a P matrica potrebnih varijabli.

Sada kada smo postavili model, moramo se upitati:

1. Koliko je moj model dobar?
2. Taj model rješava problem donositelja ekonomske politike, a što je s ekonomskim participantom?

Rješenje prvoga pitanja direktno proizlazi iz rješenja drugoga pitanja. Naime, u modelima racionalnih očekivanja imao sam

reprezentativnoga ekonomskoga participanta kojega onda možemo upotrijebiti kao “zamorca” za ekonomsku politiku. Dakle, radi se o rješenju Stackelbergova problema, ali s posebnom dopunom, a to je pogreška modela.

Konkretno, radi se o problemu egzogene komponente z . Recimo da kretanje z nije pravilno izmodelirano, nego ćemo ga dopuniti dodatnom komponentom w . U tome je slučaju egzogena komponenta:

$$8. \quad z_{t+1} = f(z_t, \varepsilon_{t+1} + w_t) .$$

Sada možemo postaviti standardnu Bellmanovu jednadžbu za rješenje Stackelbergova problema:

$$9. \quad \min_{w_1} \max_{s_0} E \left[\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \{ r(y_t, s_t) + \theta \beta w'_{t+1} w_{t+1} \} \right] y_0$$

Kompjutorskom simulacijom gornje jednadžbe dobivamo Markovljevi savršeni ekvilibrij i problem je donošenja ekonomskih odluka riješen.

S obzirom na to da nam kompjutorska simulacija omogućava neograničeni broj ponavljanja, nakon jako velikoga broja ponavljanja možemo formulirati distribuciju vjerojatnosti preko svih rješenja i onda izračunati entropiju cjelokupnog modela. Entropiju izračunavamo preko:

$$10. \quad E[m \log m],$$

gdje je m varijabla distribucije rješenja. Slično rješenje ponudili su Sims (1998), Lunquist i Sargent (2004) te Sargent i Hansen (2006). Izračunavajući entropiju, možemo u stvari izračunati koliko je naš model pogrešan i onda ga dalje optimizirati.

Takvim načinom modeliranja riješili smo nekoliko gorućih problema. Kao prvo, riješili smo problem adekvatnoga predstavljanja problema modelom koji nije ovisan o prošlim varijablama. Također, model u

sebi sadrži rekurzivnost ekonomskih varijabli i ponašanja, tako da ponašanje ekonomskih participanata utječe na ekonomske varijable isto kao što i ekonomske varijable utječu na ponašanje ekonomskih participanata, što je bio jedan od jednostavnih problema koje smo željeli riješiti i koji sam podrobno objasnio u drugome dijelu ovoga rada. No, najvažnije je da model ne podliježe Lucasovoj kritici. Tako da ukoliko želimo riješiti problem promjene tečajnog režima i utjecaja promjene tečajnoga režima na ekonomiju, to tim modelom možemo.

Svrha ovoga dijela rada nije bila stvaranje modela, nego samo ilustriranje procesa kreiranja modela u idejnome i kvantitativnome smislu, a onda i rješavanje problema s kojima se bilo koji model susreće.

5. Zaključak

Rad nastoji predstaviti probleme s kojima se susreće ekonomist kod procesa modeliranja. Taj se proces analizira iz dvije perspektive. Prva je perspektiva sam proces modeliranja i komunikacija između ekonomista.

Drugi je problem odabir adekvatnih matematičkih formulacija preko kojih možemo objasniti pojave s kojima se susrećemo u ekonomiji. Problem matematičkog modeliranja proizlazi iz problematike odabira adekvatnih matematičkih oruđa kod procesa modeliranja. Rad predstavlja model koji se temelji na optimalnoj kontroli i robusan je na promjene režima. Model u sebi također sadrži i samokorektivan mehanizam koji se mjeri preko entropije modela.

Summary

The paper describes macroeconomic modeling process using optimal control and mathematical tool and rational expectations as the economic theory foundation in order to explain economic behavior. The paper focuses on the actual modeling process and the problems the economist has to face when he starts to model economic occurrences. Special attention is given to the parameter specification to be used for the model.

Literatura

Barro, R. (1998), Reflections on Ricardian Equivalence, in J. Maloney, ed., Debt and Deficits: An Historical Perspective, Edward Elgar.

Cota, B.; Erjavec, N.; Bahovec, V. (2004), The Analysis of Croatian Export Functions: Evidence based on Exchange Rate Volatility Operational Research Proceedings KOI, 213-222.

Hicks, J. (1937), Mr. Keynes and the Classics: A suggested simplification, *Econometrica*, Vol. 5, No. 2, Apr., 147-159.

Keynes, J. M. (1964), General Theory of Money, Interest and Employment, New York, Harcourt, Brace, & World.

Lucas, R. E. (1972), Expectations and the Neutrality of Money, *Journal of Economic Theory*.

Lucas, R. E (1975), Econometric Policy Evaluation: A Critique, in K. Brunner and A. Meltzer, eds., The Phillips Curve and Labor Markets, North-Holland.

Lucas, R. E; Sargent, T. J. (1981), Rational Expectations and Econometric Practice, Introductory Essay to: Rational Expectations and Econometric Practice, University of Minnesota Press, xi-x1.

Lucas, R. E.; Sargent, T. J (1981), After Keynesian Macroeconomics, Rational Expectations and Econometric Practice, University of Minnesota Press.

Lucas, R. E.; Stokey, N. (1983), Optimal Fiscal and Monetary Policy in an Economy Without Capital, *Journal of Monetary Economics*, 12, 55-94.

Ng, S.; Bai, J. (2006), Confidence Intervals for Diffusion Index Forecasts and Inference for Factor Augmented Regressions", *Econometrica*, 74:4, 1133-1150.

Reise, R. Inattentive Consumers, *Journal of Monetary Economics*, forthcoming.

Reise, R. (2006), Inattentive Producers Review of Economic Studies, Vol. 73, 793-821.

Santini, G. (1995), Ekonomska politika za 1995. godinu, Rifin.

Sargent, T. J. (1992), Rational Expectations and Inflation, New York: Harper and Row, second edition.

Sargent, T. J. (1993), *Bounded Rationality in Macroeconomics*, Oxford University Press, Oxford. .

Sargent, T. J.; Ljungqvist, L. (2004), *Recursive Macroeconomic Theory*, Second Edition, MIT Press.

Sargent, T. J.; Williams, N.; Zha, T., *Shocks and Government Beliefs: The Rise and Fall of American Inflation*, *American Economic Review*, forthcoming.

Sargent, T. J. ; Hansen, L. P. (2005), *Robust Estimation and Control under Commitment*, *Journal of Economic Theory*, Vol. 124, No. 2, 248–301.

Sargent, T. J.; Hansen, L. P. (2005), *Certainty Equivalence*’ and *Model Uncertainty*’ in *Models and Monetary Policy: Research in the Tradition of Dale Henderson, Richard Porter, and Peter Tinsley*, edited by Jon Faust, Athanasios Orphanides, and David Reifschneider, Board of Governors, Federal Reserve System.

Sargent, T. J.; Hansen, L. P. (2003), *Robust Control of Forward Looking Models*, *Journal of Monetary Economics*, April, 50 (3), 581-604.

Sargent, T. J.; Hansen, L. P. (2006), *Fragile Beliefs and the Price of Model Uncertainty*, unpublished.

Sargent, T. J.; Hansen, L. P. (2006), *Robustness*, unpublished manuscript.

Simon, H. A. (1956), *Dynamic Programming Under Uncertainty with a Quadratic Criterion Function*, *Econometrica*, Vol. 24, 74-81.

Sims, C. (1980), *Macroeconomics and Reality*, *Econometrica*, January, 1-48.

Sims, C. (1996), *Macroeconomics and Methodology*, *Journal of Economic Perspectives*, 10, Winter, 105-120.

Sims, C. (1998), *Stickiness*, *Carnegie-Rochester Series on Public Policy*, 49 (1), 317-356.

Sims, C. (2003), *Implications of Rational Inattention*, *Journal of Monetary Economics*, 50 (3).

Sims, C (2002), *The Role of Models and Probabilities in the Monetary Policy Process*, *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, 1-62.

Sims, C.; Leeper, E.; Zha, T. (1996), *What Does Monetary Policy Do?*, *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, 1-63.

Theil, H. (1957), A Note on Certainty Equivalence in Dynamic Planning, *Econometrica*, Vol. 25, April, 346–349.

Vidaković, N. (2005), Theory of Rational Expectations and Exports, *Ekonomija*, 12 (1), 153-173.

Vidaković, N. (2005), Theory of Rational Expectations and Microeconomics of Debt, *Ekonomija*, 12 (4), 705-729 .

Vidaković, N., Empirical Analysis of Monetary Policy: Croatia vs. Slovenia, forthcoming *Our Economy*.

Woodford, M. (2000), Monetary Policy in a World without Money, *International Finance*, 3, 229-260.