

EKONOMETRICKÉ MODELOVANIE EKONOMICKÉHO SYSTÉMU

Ekonomika každej krajiny zahŕňa veľké množstvo rôznych subjektov a interakcií medzi nimi v rámci krajiny samotnej aj smerom k zahraničiu. A preto analyzovať skutočný stav ekonomiky je možné len pomocou zovšeobecnených a agregovaných veličín ako modelových štruktúr makroekonomického systému. Iba na základe vhodne skonštruovaného modelu je možné prísť k prognóze budúcich stavov ekonomiky.

Makroekonomický systém sa dá definovať ako množina n vzťahov medzi $n + m$ ekonomickými premennými, z ktorých n je klasifikovaných ako endogénnych a m ako predeterminovaných premenných.

Makroekonomické systémy sa rozdeľujú na ekonometrické a analytické. V makroekonometrickom systéme majú všetky vzťahy špecifickú matematickú formu a každý parameter je odhadnutý na základe relevantných štatistických dát. Makroanalytické systémy na rozdiel od ekonometrických nemusia mať presne špecifikované parametre a rovnako vzťahy nemusia mať presnú matematickú formu, postačujúcou je aj kauzálna špecifikácia.

Challen a Hagger [1] rozdeľujú makroekonometrické systémy do niekoľkých kategórií, z ktorých najdôležitejšie sú systémy Keynesov – Kleinov, Philipsov – Bergströmov, Walrasov – Johansenov, Walrasov – Leontievov a Muthov – Sargentov. Každý z týchto systémov je postavený na základe odlišných predpokladov, ktoré preferovali vo svojich makroekonomických teóriách prví z menovaných dvojíc. Druhé meno v dvojici je menom tvorcu prototypu priradeného ekonometrického modelu.

Dominantnú pozíciu medzi makroekonometrickými systémami má Keynesov – Kleinov systém, ktorý je charakteristický existenciou rovnováhy medzi želanými agregovanými výdavkami na tovary a služby a ich agregovanou ponukou, pričom sa orientuje hlavne na dopytovú stranu tejto rovnováhy. Premenné sú formulované v diskretnom čase, teda sú chápané ako následnosť období (rokov alebo štvrťrokov), systém je dynamický, stochastický a obyčajne zároveň aj nelineárny.

Philipsov – Bergströmov systém sa Keynesovmu – Kleinovmu podobá orientáciou na dopytovú stránku, pričom ešte viac vyžíva nelineárne vzťahy. Odlišuje sa tým, že nie je formulovaný ako následnosť období, ale každá premenná je charakterizovaná ako spojitá funkcia v čase. Avšak hlavným rozdielom je existencia párových vzťahov asociovaných

k jednej endogénnej premennej, pričom jeden vysvetľuje želaný stav premennej a druhý proces jej približovania od aktuálneho k želanému stavu. Posledným rozdielom je, že systém obsahuje funkcie reakcie na nástroje hospodárskej politiky, prípadne dodatočné reštrikcie kladené na parametre.

Muthov – Sargentov systém má identické znaky s Keynesovým – Kleinovým systémom, odlišuje sa len v premenných, ktoré vyjadrujú očakávania. Tie sú stanovené ako racionálne, teda očakávaná hodnota je ovplyvnená minulými stavmi celého systému.

Oba Walrasove systémy, či už Johansonov alebo Leontievov sú všeobecné rovnovážne systémy, založené na dezagregácii do sektorov. Leontievov systém je známy input-output systém založený na predpokladoch proporcionality produkčných funkcií, čo zaručuje lineárnosť zodpovedajúcich parametrov. Johansonov systém na rozdiel od neho predpokladá Cobbove – Douglasove produkčné funkcie a je vysoko nelineárnym systémom, preto sa na jeho zjednodušovanie používa logaritmizácia.

Možností, ktoré má tvorca ekonometrického modelu k dispozícii, je oveľa viac ako v spomínaných piatich systémoch a preto cieľom tejto práce je vysvetliť ako sa postupuje pri konštrukcii takéhoto systému, aké postupy sa používajú pri overovaní jeho správnosti a aké sú jeho aplikačné možnosti.

I. KONŠTRUKCIA MAKROEKONOMETRICKÉHO SYSTÉMU

Konštrukcia každého systému vychádza z určitej predstavy o fungovaní ekonomiky. Ako základ sa môže vybrať napríklad známa Keynesova Všeobecná teória [2]. Systém, tak ako ho definoval Keynes, sa dá zapísať ako množina nasledovných vzťahov:

$$C = C(Y)$$

$$I = I(i)$$

$$Y = C + I + G$$

$$M_d = M_d(Y, i)$$

$$M_d = M_s$$

$$Y = Y(N)$$

$$\frac{dY}{dN} = \frac{W}{P},$$

kde C je spotreba, I sú investície, G sú vládne nákupy, Y je agregovaný output, i je úroková miera, N je zamestnanosť, W je úroveň peňažných miezd, P je úroveň cien, M_d je dopyt po peniazoch a M_s je ponuka peňazí.

Prvé tri rovnice popisujú trh tovarov a služieb, druhé dve rovnice trh peňazí a posledné dve rovnice trh práce. Takto načrtnutý model sa ešte nedá priamo použiť pre odhad parametrov (napríklad ekonomiky Slovenska), lebo ignoruje vzťahy zo zahraničím, je príliš agregovaný a najmä neobsahuje presnejšiu špecifikáciu funkčných vzťahov.

Ďalším nedostatkom okrem chýbajúcej stochastickej špecifikácie je, že obsahuje len jeden nástroj hospodárskej politiky a to vládne výdavky. Nepoužíva ani ďalšie v súčasnosti primárne dôležité premenné ako je inflácia, nezamestnanosť, daňové zaťaženie, monetárne inštrumenty a ciele, a navyše v ňom chýbajú vzťahy modelujúce stranu ponuky, ktoré ovplyvňujú dostupnosť práce a kapitálu. Napriek tomu sa dá použiť ako odrazový stupienok, na základe ktorého sa zostrojí celý systém.

Dezagregácia teoretického modelu

Prvým krokom úpravy teoretického modelu je nutná dezagregácia agregovaného dopytu. Pri dezagregácii je potrebné vytvárať také nové štruktúry, pre ktoré sa predpokladá rozdielna reakcia na zmeny relevantných exogénnych premenných.

Uskutočňuje sa nasledovným alebo podobným spôsobom až po želanú úroveň.

Spotreba C - výdavky na krátkodobé spotrebné tovary - výdavky na potraviny
- výdavky na nájomné
- ostatné výdavky
- výdavky na dlhodobé spotrebné tovary - výdavky na nové automobily
- ostatné výdavky

Investície I - výdavky na nové budovy - obytné domy
- ostatné budovy a stavby
- výdavky na stroje a zariadenia
- zmena stavu zásob

Vládne nákupy G - výdavky na obranu (prípadne delenie podľa úrovne vlád)
- ostatné výdavky - kapitálové
- spotrebné

Problémom pri dezagregácii je zaradenie premenných medzi exogénne alebo predeterminované premenné. Na základe predpokladu, predeterminované premenné nesmú navzájom súvisieť a každá endogénna premenná musí byť vysvetlená v samostatnej rovnici.

Rozhodovanie o charaktere premenných zohľadňuje nielen realitu, ale hlavne autorove názory a želania. Súvisiacou a dôležitou otázkou je v akých cenách má byť model vyjadrený: v stálych cenách, v bežných cenách alebo kombináciou oboch prístupov. Želaný stav je mať všetky ceny vyjadrené ako stále, ale realitou je kombinácia oboch prístupov. Napríklad pri vládnych výdavkoch vyjadrených v stálych cenách ide zrejme o politické rozhodnutie, determinované mimo systém a vtedy sa považujú za exogénne, opak platí, ak sú vyjadrené v bežných cenách. Existuje aj možnosť ich vzájomného prevodu za pomoci deflátorov, ale vtedy do systému vstupujú komplikované cenové prepočty.

Podobne zaujímavou je otázka ponuky peňazí a celého peňažného trhu. Na ponuku peňazí vplyva dostatočné množstvo faktorov ako vplyv zmien v držaní zlata a devíz u centrálnej banky, vládny dlh, výška úverov v bankovom sektore alebo zmeny stavu aktív a pasív ostatnými vplyvmi, takže má zjavný endogénny charakter. Ale problémom je tu silná previazanosť jednotlivých faktorov navzájom, čo spôsobuje ťažkosti aj pri vysvetľovaní celého peňažného systému. Ten je totiž integrujúcou súčasťou systému ako celku, lebo popisuje transakcie medzi sektorom verejných financií, súkromným sektorom a zahraničím. Okrem toho obsahuje množstvo behaviouristických rovníc odpovedajúcich výberu na základe teórie portfólia medzi rôznymi úrokovými mierami, či skúmajúcich vplyv inflácie.

Trh práce ponúka podobne komplikované rozhodovanie, či je zamestnanosť exogénna, a teda vplyvajú na ňu len neekonomické sily, ako aspirácie zarábajúcich, sila odborov a zároveň sa predpokladá dostatočná nezávislosť príjmu od bohatstva. Alebo je endogénna a jej hlavnými determinantmi sú ekonomické faktory ako úroveň cien v minulosti, produktivita práce, úroveň ziskov a miera rastu.

Považovať rozvitú ekonomiku za uzavretú alebo agregovať export s importom do spotreby, investícií či vládnych výdavkov by bolo pri súčasných medzinárodných obchodných vzťahoch neadekvátne a preto sa identita rovnováhy trhu produktov a služieb rozširuje o sektor zahraničia pomocou čistého exportu. Často sa preferuje predpoklad exogénnosti exportu malej ekonomiky, ale vhodné je rozdeliť export na export tovaru a export služieb a tie na ďalšie podkategórie - export surovín, potravín a hotových výrobkov a služby na dopravu, turistiku a vládne služby. Podobné rozdelenie sa používa aj pre import.

Pri premenných vyjadrujúcich očakávania ako sú úroková miera, výmenný kurz alebo inflácia, ktoré majú nezastupiteľnú úlohu v dezagregovanom peňažnom sektore, vzťahoch so zahraničím, spotrebných výdavkoch alebo vysvetľovaní pohybu miezd a cien, je dôležité, ktorý spôsob vyjadrenia očakávaní je preferovaný. Adaptívny, čo je prispôbenie na základe predchádzajúcej hodnoty premennej alebo racionálny, kde je zahrnutý vplyv predchádzajúceho stavu celého systému. Možnosť ako zohľadniť očakávania ja aj umelá premenná, ako zapojenie alebo odpojenie určitého vplyvu. Prípadne takáto premenná môže byť odhadovaná na základe pozorovaných dát ako ostatné endogénne premenné.

Špecifikácia individuálnych rovníc

Druhým krokom je špecifikácia individuálnych rovníc, v ktorých sa upresňuje matematická forma a štruktúra oneskorení premenných. Obvykle prebieha v dvoch stupňoch. Prvotná forma sa určuje na základe argumentov teórie a konečná podoba je stanovená pomocou známych ekonometrických postupov a procedúr.

Základom teórie sú predpoklady o racionálnosti správania ako maximalizácia užitočnosti a racionalita očakávaní. V rovniciach by mali byť vyjadrené a zahrnuté nielen priame ale aj nepriame vplyvy, ktorými pôsobí napríklad okolie alebo systém ako celok.

Napriek známym teoretickým výhradám o vlastnostiach estimátorov najmenších štvorcov pre systém simultánných rovníc, tento estimátor je najčastejšie používaným pri upresňovaní tvaru jednotlivých rovníc a relevantnosti jednotlivých premenných pomocou ním

určených t -štatistík, koeficientu determinácie, Durbinovej – Watsonovej štatistiky a na základe veľkosti a znamienka parametrov.

V prípade, že aspoň jedna štatistika či očakávanie o predpokladanej hodnote parametra nie je v želanej úrovni, je nutné preformulovanie tvaru rovnice, pričom štatistiky signalizujú o aký problém ide, či bola vynechaná relevantná premenná, zadaná nadbytočná premenná, alebo je nutná zmena v štruktúre oneskorení. Niektoré problémy sa dajú vyriešiť aj pomocou umelých premenných. Tento proces sa opakuje dovtedy, kým nie je dosiahnutá spokojnosť so štatistikami a parametrami, a ani potom, ako bolo spomenuté, nie je zaručená úplná správnosť špecifikovaného tvaru a preto je návrat k tomuto bodu bežným javom aj v neskorších etapách modelovania.

Pri overovaní správnej špecifikácie rovnice sa používa aj overenie jej prediktívnej schopnosti ex post. Vtedy sa na základe skráteného výberu odhadujú vynechané hodnoty a porovnávajú sa so skutočnými. Inou možnosťou overenia správnej špecifikácie je dynamická simulácia, ak je možné ju uskutočniť. Pri tomto postupe sa najprv určí prvá hodnota endogénnej premennej na základe modelu z historických dát exogénnych a časovo posunutých hodnôt. Potom postup pokračuje pre ďalšie hodnoty výberových dát, pričom za exogénne premenné sa dosadzujú historické hodnoty a za časovo posunuté premenné hodnoty z predošlého odhadu. Existujúci rad sa opäť porovnáva so simulovaným.

Odhad skutočných neznámych parametrov

Po špecifikovaní systému je ďalšou úlohou tvorcu odhad neznámych parametrov v stochastických rovniciach systému, na čo slúžia estimátory. Estimátory pre viacrovnicové modely sú odvodené z jednorovnicových estimátorov, medzi ktoré zaraďujeme metódu najmenších štvorcov, ktorá je za známych predpokladov najlepším neskresleným lineárnym estimátorom. Ďalej jej rôzne varianty používané v prípade porušenia niektorého z predpokladov alebo zavedením nelineárnych vzťahov, prípadne iteračné metódy, ktorých je súčasťou ako napríklad v metóde Cochrane – Orcutt. Inými metódami sú estimátor maximálnej vierohodnosti alebo estimátor typu ARMA.

Špecifikovaný systém obsahuje v sebe informácie, ktoré je možné rozdeliť na dve množiny. Primárna informácia je obsiahnutá v štruktúrálnom tvare a patrí sem zoznam endogénnych a predeterminovaných premenných, informácia o identitách (rovnice neobsahujúce stochastický člen), normalizácia každej rovnice (označenie, ktorá premenná je

v rovnici vysvetľovaná) a informácia o nulových parametroch (parametre, ktoré v danej rovnici nevystupujú). Sekundárna informácia je opísaná v kovariančnej matici systému, čo je informácia o tom, ako navzájom súvisia náhodné členy z rôznych rovníc a pozorovaní. Na základe tohto rozdelenia sa rozdeľujú aj estimátory pre systém simultánných rovníc na dve skupiny, na estimátory s obmedzenou alebo úplnou informáciou.

Estimátory s obmedzenou informáciou využívajú len primárnu časť informácií a preto napriek ich konzistentnosti sa za všeobecných podmienok nemôžu považovať za asymptoticky efektívne. Do tejto množiny patrí estimátor nepriamej metódy najmenších štvorcov, estimátor dvojstupňovej metódy najmenších štvorcov, estimátor maximálnej vierohodnosti s obmedzenou informáciou, estimátor inštrumentálnych premenných alebo trieda fixed-point estimátorov, do ktorej patrí estimátor iterovaných inštrumentálnych premenných alebo iné varianty, ktoré sú vhodné aj pre nelineárny tvar systému.

Estimátory s úplnou informáciou sú doplnené aj o informáciu o kovariančnej matici a preto sú asymptoticky výdatnejšie. Zaraďuje sa sem estimátor trojstupňovej metódy najmenších štvorcov, estimátor maximálnej vierohodnosti s úplnou informáciou, estimátor iterovaných inštrumentálnych premenných s úplnou informáciou atď.

Rovnako ako sú kladené požiadavky na vlastnosti stochastických členov pri jednorovnicovom modeli, aj každý z estimátorov viacrovnicového modelu vyžaduje splnenie istých podmienok, ktoré je potrebné overovať, napríklad podmienku identifikácie, stability, konvergenzie matice momentov exogénnych premenných, nesingularity kovariančnej matice a podobne.

Výber vhodného estimátora je zložitou záležitosťou, lebo predpoklady sú málokedy splnené (napríklad singularita kovariančnej matice vyraduje všetky estimátory s úplnou informáciou, lebo každý vyžaduje jej inverziu). Výber na základe asymptotickej teórie je tiež nedokonalý, lebo dĺžka výberových dát z jej hľadiska je nedostatočná. A podobne ani výber najlepšieho estimátora v zmysle vybraného kritéria, na základe uskutočnených štúdií za pomoci metódy Monte Carlo, nie je určujúci, lebo výsledky sa pre rôzne modely odlišujú a preto výber vhodného estimátora zostáva stále úlohou tvorcu systému.

II. VERIFIKÁCIA MAKROEKONOMETRICKÉHO SYSTÉMU

Ukončenie procesu špecifikácie jednotlivých rovníc a odhadu parametrov ekonometrického systému estimátormi na základe historických dát ešte neznamená, že modelová štruktúra je vhodná na použitie pri aplikácii, pre ktorú bola konštruovaná. Pred použitím modelu v aplikácii je nutné overiť ako systém zodpovedá realite, ktorú opisuje. Proces overenia jednotlivých rovníc už prebehol pri špecifikácii premenných, ale systém je potrebné verifikovať ako celok, ak predpokladáme simultánnu interdependentný systém. Dôvodom je previazanosť jednotlivých rovníc, pri ktorej sa aj prijateľná chyba jednej rovnice môže znásobovať v iných rovniach a tak ovplyvniť celok.

Podobne ako verifikácia individuálnych rovníc, ktorá je súčasťou konštrukcie modelu, aj verifikácia modelu ako celku súvisí s inou časťou modelovania, a to aplikačnou. Je to preto, lebo využíva rovnaké postupy a nástroje, aké sú použité pri analýze štruktúry, prognostickej simulácii alebo hodnotení možností nástrojov hospodárskej politiky, čo je pochopiteľné, lebo pre daný aplikačný účel sa vytvára celý systém.

Multiplikátory

Hlavnými nástrojmi verifikácie systému sú multiplikátory a simulácie. Analýza multiplikátorov skúma, aký efekt má určená zmena v jednej exogénnej premennej na skúmanú endogénnu premennú. Predmetom záujmu môžu byť reakcie v tom istom časovom období, časovo oneskorené reakcie, kumulované reakcie za určitý počet období alebo celková reakcia. Zodpovedajú im známe multiplikátory, ktoré sú odvodené z finálnej formy systému.

Nech štrukturálny tvar systému je:

$$\mathbf{A}\mathbf{y}_t = \mathbf{B}\mathbf{x}_t + \mathbf{C}_1\mathbf{y}_{t-1} + \mathbf{e}_t$$

kde \mathbf{y}_t je vektor endogénnych premenných, \mathbf{y}_{t-1} je vektor \mathbf{y}_t oneskorený o jedno obdobie, \mathbf{x}_t je vektor exogénnych premenných, \mathbf{e}_t je vektor reziduálov a \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C}_1 sú matice parametrov zodpovedajúce jednotlivým vektorom, pričom $t = 1, 2, \dots, p$.

Potom redukovaný tvar systému je:

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}\mathbf{x}_t + \mathbf{A}^{-1}\mathbf{C}_1\mathbf{y}_{t-1} + \mathbf{A}^{-1}\mathbf{e}_t = \mathbf{\Pi}_1\mathbf{x}_t + \mathbf{\Pi}_2\mathbf{y}_{t-1} + \mathbf{v}_t,$$

z ktorého sa dá odvodiť finálna forma systému:

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{\Pi}_1^p \mathbf{x}_t + \sum_{r=0}^{p-1} \mathbf{\Pi}_2^r \mathbf{\Pi}_1 \mathbf{y}_{t-1} + \sum_{r=0}^{p-1} \mathbf{\Pi}_2^r \mathbf{v}_{t-r}.$$

Z finálnej formy systému sa dajú priamo určiť jednotlivé multiplikátory:

bežný (statický) multiplikátor $\frac{\partial \mathbf{y}_t^i}{\partial \mathbf{x}_t^j} = \mathbf{\Pi}_1^{ij},$

dynamický (oneskorený) multiplikátor $\frac{\partial \mathbf{y}_{t+r}^i}{\partial \mathbf{x}_t^j} = (\mathbf{\Pi}_2^r \mathbf{\Pi}_1)^{ij},$

kumulatívny multiplikátor pre s období

$$K = \frac{\partial \mathbf{y}_t^i}{\partial \mathbf{x}_t^j} + \frac{\partial \mathbf{y}_{t+1}^i}{\partial \mathbf{x}_t^j} + \dots + \frac{\partial \mathbf{y}_{t+s-1}^i}{\partial \mathbf{x}_t^j} = (\mathbf{\Pi}_1 + \mathbf{\Pi}_2 \mathbf{\Pi}_1 + \dots + \mathbf{\Pi}_2^{s-1} \mathbf{\Pi}_1)^{ij} = (\mathbf{I} - \mathbf{\Pi}_2)^{-1} (\mathbf{I} - \mathbf{\Pi}_2^s) \mathbf{\Pi}_1$$

a celkový (dlhodobý) multiplikátor $L = \lim_{s \rightarrow \infty} K = (\mathbf{I} - \mathbf{\Pi}_2)^{-1} \mathbf{\Pi}_1,$

ktorý existuje len za predpokladu, že charakteristické korene matice $\mathbf{\Pi}_2$ sú menšie ako jedna v absolútnej hodnote.

Skúmané multiplikátory sledujú reakciu na zmeny iba pre lineárne modely a za predpokladu nemennosti ostatných premenných. Ak je úmyslom tvorca skúmať vplyv zmeny viacerých premenných súčasne, postačuje ak sa spočítajú vplyvy jednotlivých premenných.

V prípade nelineárnych modelov sa situácia komplikuje, lebo z nich nie je možné priamo odvodiť informáciu, ktorú nám poskytujú multiplikátory. Preto pre nelineárne systémy je nevyhnutné vykonať simulačné experimenty.

Simulačné experimenty verifikácie

Simulačné experimenty obvykle prebiehajú v dvoch krokoch. Najprv sa uskutočňuje kontrolné riešenie, v ktorom sa vykoná simulácia modelu pre existujúce obdobia a vstupy skutočných historických hodnôt. Druhým krokom je ovplyvnené riešenie, do ktorého vstupuje „šok“ v podobe zmeny historickej hodnoty niektorej exogénnej premennej.

Porovnaním výsledných hodnôt oboch riešení sa dajú odvodiť charakteristiky podobné multiplikátorom na základe vzťahu

$$\frac{\partial \mathbf{y}_t^i}{\partial \mathbf{x}_t^j} = \frac{\mathbf{y}_t^o - \mathbf{y}_t^k}{\mathbf{x}_t^o - \mathbf{x}_t^k},$$

kde index o označuje hodnotu ovplyvneného riešenia a index k hodnotu kontrolného riešenia.

Simulácia môže prebiehať staticky alebo dynamicky, podľa toho, či v každom ďalšom pozorovaní vstupujú ako všetky predeterminované premenné skutočne hodnoty, alebo si oneskorené hodnoty endogénnych premenných generuje sám simulačný proces. Podľa toho či sú v simuláciách náhodné poruchy nulové alebo sa generujú náhodnými procesmi, sa tieto dajú rozdeliť na deterministické alebo stochastické.

Porovnávanie trajektórie systému

Pod trajektóriou systému sa rozumie množina bodov (stavov), v ktorých sa systém počas napozorovanej doby nachádzal, takže je tvorená časovým radom historických hodnôt. Potom overenie správnosti vytvoreného systému spočíva v porovnaní trajektórie reálnych endogénnych hodnôt s trajektóriou generovanou systémom pri kontrolnom riešení simulácie pre s období.

Pre porovnávanie existuje viacero mier. Nech r_{it} je chyba simulácie i -tej endogénnej premennej definovaná ako rozdiel napozorovanej reálnej hodnoty a hodnoty zo simulácie. Potom najčastejšie používanými mierami sú odmocnina strednej štvorcovej chyby simulácie

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{s} \sum_{t=1}^s r_{it}^2}$$

a odmocnina strednej štvorcovej percentuálnej chyby simulácie

$$RMSPE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^s r_{it}^2}{s \cdot y_{it}^2}}$$

Podobné miery ako pre štvorec chyby simulácie existujú aj pre absolútne hodnoty chýb, ale uprednostňovanými sú spomenuté štvorcové hodnoty. Podobne je viac preferovaná percentuálna miera, lebo umožňuje porovnanie rôznych merných jednotiek, ale pre hodnoty blízke nule, alebo často meniace znamienko je vhodnejšia všeobecná miera.

Problémom týchto mier je definovanie hodnoty, ktorá je postačujúca pre tvrdenie o dostatočnom vysvetlení reality modelom. Preto ako porovnávací etalón často slúžia naivné modely zostrojované pre každú endogénnu premennú zvlášť.

Iné často používané postupy pre hodnotenie podobnosti trajektórií sú schopnosť systému predvídať body zvratu, pomer kladných a záporných chýb simulácie pre konkrétnu premennú alebo korelácia zmien v historických hodnotách so zmenami v kontrolnom riešení.

V prípade objavenia veľkej chyby simulácie je dôležité určiť, čo je príčinou odchylenia simulovanej trajektórie od skutočnej. Preto je vhodné rozložiť chybu simulácie r_{it} na zložky, ktoré ju vytvárajú. Platí vzťah

$$r_{it} = (y_{it} - \hat{y}_{it}^R) + (y_{it}^R - \hat{y}_{it}^S) + (y_{it}^S - \hat{y}_{it}^D) = e_{it} + r_{it}^S + r_{it}^D$$

kde y_{it} je historická hodnota, y_{it}^R je hodnota určená zodpovedajúcou rovnicou modelu, y_{it}^S je hodnota určená statickou simuláciou a y_{it}^D je hodnota určená dynamickou simuláciou.

Medzi zložky ktoré tvoria chybu simulácie patrí e_{it} – reziduál estimátora, ktorý vzniká na základe nedokonalého vysvetlenia rovnice, r_{it}^S – chyba simultánnosti, ktorá je dôsledkom prenosu nedokonalosti z jednej rovnice na druhú a r_{it}^D – chyba dynamiky, ktorá prenáša nedokonalosti medzi jednotlivými časovými obdobiami.

V prípade dominancie prvej zložky je potrebné zmeniť špecifikáciu rovnice, v prípade dominancie tretej zložky zlepšiť štruktúru oneskorení. Najproblematickejšou je chyba simultánnosti, lebo problém je zakomponovaný v prepojení rovníc.

Simulácia sa uskutočňuje nielen pre historické hodnoty, ale aj ako simulácia prognostickej schopnosti ex post, pri ktorej sa aplikuje mimo hodnôt použitých v odhade. Napriek tomu verifikačné postupy sú zhodné.

Overenie dynamických vlastností systému

Základnou myšlienkou tejto časti verifikácie je preskúmanie spôsobu, akým systém reaguje na rôzne zásahy a aká dlhá je odozva na tieto šoky. Zrejším nástrojom ktorý je používaný sú multiplikátory alebo rozdiely kontrolného a ovplyvneného riešenia. Ako zásahy sú obvykle skúmané zmeny v hodnotách premenných, ktoré sú považované za nástroje hospodárskej politiky prípadne vyjadrujúce očakávania. Od systému sa očakáva istá stabilita, čo znamená konvergentné reakcie na šoky.

Iným druhom šokov sú skúmané reakcie na zmeny vo veľkosti parametrov, čo je síce oblasť senzitivity analýzy, ale využívaná verifikačným procesom na odhalenie nedokonalostí systému.

Posledným druhom skúmaných reakcií na zmeny sú reakcie systému na vynechanie niektorej rovnice zo systému, prípadne jej nahradenie inou alternatívnou formou.

III. APLIKÁCIE MAKROEKONOMETRICKÉHO SYSTÉMU

Modelovanie reálnej ekonomiky pomocou makroekonometrického systému napomáha spoznávať jej štruktúru, reakcie na rôzne zmeny alebo zásahy, hodnotiť jej efektívnosť a možnosti, ale aj odhadovať jej vývoj, či rozhodovať o smerovaní ekonomiky na základe vybraných cieľov. Pre tieto a mnohé ďalšie činnosti sú konštruované a vyvíjané všetky ekonometrické systémy.

Všetky tieto aplikácie rozdeľuje Intrilligator [3] do troch hlavných skupín. Sú to analýza štruktúry, prognózovanie a vyhodnocovanie hospodárskej politiky, ktoré zodpovedajú trom prístupom, pre ktoré sa využíva ekonometria – popisný, prediktívny a odporúčajúci.

Analýza štruktúry

Nástroje analýzy štruktúry boli spomenuté už pri verifikácii, s ktorou bezprostredne súvisia. Aj keď analýza štruktúry skúma vzťahy medzi jednotlivými premennými systému, ktoré boli záujmom aj pri overovaní kvality systému, na rozdiel od verifikácie sa výsledky pri analýze interpretujú. Existujú tri hlavné spôsoby interpretácie štruktúry a to pomocou výsledkov komparatívnej statiky, elasticít a multiplikátorov.

Technika komparatívnej statiky je v ekonómii dostatočne známa, lebo sa zaoberá často využívaným porovnávaním dvoch rovnovážnych stavov pred a po zmene niektorého parametra systému.

Vychádzajúc zo štruktúrálnej formy, definovanej v časti II, platí v rovnováhe, že

$$\mathbf{f}(\mathbf{y}_t, \mathbf{y}_{t-1}, \mathbf{x}_t, \mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}_1) = \mathbf{A}\mathbf{y}_t - \mathbf{B}\mathbf{x}_t - \mathbf{C}_1\mathbf{y}_{t-1} - \mathbf{e}_t = \mathbf{0},$$

z ktorej sa dá vyjadriť napríklad

$$\frac{\partial \mathbf{y}_t}{\partial \mathbf{A}} = - \left(\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{y}_t} \right)^{-1} \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{A}} = -\mathbf{A}^{-1} \mathbf{y}_t,$$

ale i parciálne derivácie podľa ostatných argumentov, teda parametrov aj predeterminovaných premenných. Výsledkom sú miery, ktorých časť tvoria multiplikátory (derivácie podľa exogénnych premenných), ktoré už boli spomenuté pri verifikácii.

Interpretácia, ktorá je pomocou nich získaná, môže vyzeráť ako tvrdenie pre Keynesov jednoduchý lineárny model, že efekt zmeny ľubovoľného autonómneho

komponentu pri spotrebe alebo investíciách, či zmena vládnych výdavkov má rovnaký efekt, ktorý je priamym násobkom hodnoty multiplikátora.

Inou možnosťou skúmania výsledkov komparatívnej statiky sú miery nezávislé od merných jednotiek premenných, ktorými sú elasticity. Interpretujú sa ako percentuálne zmeny vysvetľovanej premennej vyvolané jednopercenťnou zmenou vysvetľujúcej premennej.

Výsledky analýzy štruktúry môžu potvrdiť rôzne hypotézy teoretických ekonómov. Jednou z najznámejších z histórie je predpoklad, ktorý dokazovali Morishima so Saitom, o väčšej efektívnosti fiskálnej politiky pred monetárnou pre rast národného dôchodku a zamestnanosti, keď sa ekonomika nachádza v podmienkach vysokej nezamestnanosti.

Prognózy

Prognóza je typ aplikácie, ktorý je oblasťou najväčšieho záujmu. Jej úloha je zrejmá, predikcia hodnôt vybranej premennej mimo rozsahu použitých hodnôt výberového súboru. Existujúcich postupov, ktoré sa dajú použiť pre túto úlohu je veľké množstvo. Od expertných odhadov (metóda Delphi), cez zotrvačné predpovede (naivné modely ako status quo), autoregresné modely (ARIMA od Box – Jenkinsa), extrapolácie trendu (lineárny alebo exponenciálny) až po metódu vedúcich indikátorov (na určovanie bodov zvratu).

Predmetom nášho záujmu je prognóza na základe skonštruovaného modelu. Z odhadnutej redukovanej formy $\hat{\mathbf{y}}_{T+1} = \hat{\Pi}_1 \hat{\mathbf{x}}_{T+1} + \hat{\Pi}_2 \mathbf{y}_T + \hat{\mathbf{v}}_{T+1}$ vyplýva, že predpoveď budúcej hodnoty závisí od troch zložiek.

Prvým komponentom je člen, ktorý obsahuje maticu odhadnutých koeficientov a budúce hodnoty exogénnych premenných. Tie nie sú determinované vplyvmi zahrnutými v modeli a preto má prognostik možnosť využiť ktorúkoľvek z už spomenutých metód (najskôr extrapoláciu trendu upravenú o expertný odhad), alebo použije iný nezávislý model pre ich odhad.

Druhou zložkou je člen vyjadrujúci závislosť budúcich hodnôt endogénnych premenných od ich súčasných hodnôt. Tento člen zahŕňa všetky vplyvy ako konštantný rast, časové oneskorenie alebo sériovú koreláciu týchto premenných. Keďže sa predpokladá, že hodnoty v čase T sú známe, je to najmenej problematický člen.

Posledným prvkom je odhad budúcich hodnôt náhodného člena (nazývaného aj add factor), lebo sumarizuje všetky vplyvy nezahrnuté do modelu. A práve tento člen dáva

najväčšie možnosti variability prognózy, lebo nemusí zahŕňať len historickú informáciu, ale dajú sa doň včleniť expertné názory alebo predpoklady o budúcich šokoch.

Takýmto spôsobom formulovaná prognóza je krátkodobou. Pre dlhodobé predpovede sa používa tvar odhadnutý z finálnej formy modelu. Do prognózy sa dá včleniť aj pravdepodobnosť (pomocou distribučných funkcií), lebo všetky budúce hodnoty sú predmetom neistoty. Prípadne sú hodnoty budúcich neendogénnych premenných generované technikami stochastickej simulácie.

Presnosť prognózy závisí od množstva faktorov, čo je zrejmé z rozpísaného vzťahu pre chybu prognózy

$$\hat{\mathbf{e}}_{T+1} = \mathbf{y}_{T+1} - \hat{\mathbf{y}}_{T+1} = (\mathbf{\Pi}_2 - \hat{\mathbf{\Pi}}_2)\mathbf{y}_T + (\mathbf{\Pi}_1 - \hat{\mathbf{\Pi}}_1)\mathbf{x}_{T+1} + (\mathbf{x}_{T+1} - \hat{\mathbf{x}}_{T+1})\hat{\mathbf{\Pi}}_1 + (\mathbf{v}_{T+1} - \hat{\mathbf{v}}_{T+1}).$$

Prvé dva členy rozpísaného výrazu zodpovedajú chybe odhadu parametrov ako dôsledku nevhodného použitia estimátorov. Tretí člen je spôsobený chybou prognózy exogénnych premenných a štvrtý člen vzniká prítomnosťou náhodných porúch v jednotlivých rovniciach.

Vyhodnocovanie hospodárskej politiky

Posledným cieľom, pre ktorý sa konštruujú ekonometrické systémy, je vyhodnotenie alternatív hospodárskej politiky. Rôzne alternatívy sú umožnené vďaka exogénnym premenným, ktoré sú generované mimo systém a sú pod kontrolou subjektov rozhodujúcich o hospodárskej politike v danej ekonomike. Medzi tieto premenné, nazývané inštrumenty patria štátne výdavky na tovary, na obranu, daňové zaťaženie fyzických alebo právnických osôb, možnosti daňových odpisov, diskontná sadzba, minimálna mzda, regulované ceny, protimonopolná politika, clá atď.

Rozdelením súboru exogénnych premenných na inštrumenty \mathbf{r}_{t-1} a ostatné premenné dostane redukovaný tvar modelu priamu formu popisujúcu vzťah medzi cieľmi a nástrojmi hospodárskej politiky

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}_0\mathbf{x}_t + \mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}_1\mathbf{r}_{t-1} + \mathbf{A}^{-1}\mathbf{C}_1\mathbf{y}_{t-1} + \mathbf{A}^{-1}\mathbf{u}_t ,$$

na základe ktorej existujú tri spôsoby vyhodnocovania alternatív hospodárskej politiky pomocou ekonometrického modelu (Hatrák [4]).

Prvý prístup vo forme inštrument - cieľ navrhol Tinbergen, pričom vyžaduje splnenie nasledovných dvoch predpokladov:

- pre každú endogénnu premennú je možné stanoviť želanú hodnotu, ktorú považujeme za cieľ hospodárskej politiky
- v modeli existuje aspoň toľko inštrumentov koľko je cieľových premenných

Pri splnení oboch podmienok je optimálny variant jednoduchým riešením rovnice redukovanej formy pre vektor \mathbf{r}_{t-1} , pričom je možné skúmať aj senzibilitu opatrení na zmeny cieľov pomocou parciálnych derivácií. V prípade nespĺnenia druhej podmienky je niekedy možné rozloženie vykonania cieľov do viacerých období (Garaj – Šujan [5]).

Druhý prístup navrhol Theil vo forme funkcie spoločenského blahobytu a snažil sa ním odstrániť najväčšiu nevýhodu prvého prístupu, ktorou je fixácia cieľových hodnôt. Funkcia blahobytu $W(\mathbf{y}_t, \mathbf{r}_{t-1})$ zahŕňa endogénne i rozhodovacie premenné a výber optimálneho variantu spočíva v riešení úlohy maximalizovať W za predpokladu platnosti vzťahu vyplývajúceho z redukovanej formy.

Táto funkcia sa môže nahradiť inou kriteriálnou funkciou, funkciou straty formulovanej ako vážený súčet štvorcov odchýlok hodnôt endogénnych premenných a inštrumentov od ich želaných úrovní. V tomto prípade sa funkcia minimalizuje a rieši sa úloha matematického programovania:

$$\min W(\mathbf{y}_t, \mathbf{r}_{t-1}) = \frac{1}{2}(\mathbf{y}_t^T - \tilde{\mathbf{y}}_t^T)\mathbf{E}(\mathbf{y}_t - \tilde{\mathbf{y}}_t) + \frac{1}{2}(\mathbf{r}_{t-1}^T - \tilde{\mathbf{r}}_{t-1}^T)\mathbf{F}(\mathbf{r}_{t-1} - \tilde{\mathbf{r}}_{t-1})$$

za podmienok:

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}_0\mathbf{x}_t + \mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}_1\mathbf{r}_{t-1} + \mathbf{A}^{-1}\mathbf{C}_1\mathbf{y}_{t-1} + \mathbf{A}^{-1}\mathbf{u}_t ,$$

kde $\tilde{\mathbf{y}}_t$ a $\tilde{\mathbf{r}}_{t-1}$ sú želané úrovne cieľov a riadiacich premenných a matice \mathbf{E} a \mathbf{F} sú matice váh relatívnych dôležitostí jednotlivých premenných, ktoré sú symetrické a kladne definitné.

Posledný prístup vyhodnocovania nevyžaduje ani stanovenie fixných hodnôt ani formulovanie kriteriálnej funkcie. Je ním simulácia variantov hospodárskej politiky pre rôzne hodnoty inštrumentov. Predpokladá sa len schopnosť výberu najlepšieho variantu z ponúkanej množiny simulovaných možností.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] CHALLEN, D. W., HAGGER, A. J.: Macroeconometric Systems. Construction, Validation and Applications. Macmillan, London 1983.
- [2] KEYNES, J. M.: The General Theory of Employment, Interest and Money. Macmillan, London 1936.
- [3] INTRILIGATOR, M. D.: Econometric Models, Techniques and Applications. North-Holland, Amsterdam 1978.
- [4] HATRÁK, M.: Ekonometrické metódy II. Edičné stredisko Ekonomickej univerzity, Bratislava 1995.
- [5] GARAJ, V., ŠUJAN, I.: Ekonometria. SNTL – ALFA, Bratislava 1980.