



Ekonometrijski modeli

Primenjena ekonometrijska analiza– Glava 11

Osnovne studije

Predavač: Aleksandra Nojković

Podela ekonometrijskih istraživanja

- Teorijske prirode (metodologija) ili primenjena istraživanja.
- Prema tipu podataka: analiza vremenskih serija, analiza podataka preseka i kombinovana analiza vremenskih i podataka preseka (podaci panela).
- Makroekonometrijska i mikroekonometrijska analiza.

Primenjena ekonometrijska istraživanja (primeri)

- Model 1. - Klajnov model - dinamički sistem simultanih jednačina ocenjen na podacima vremenskih serija; Model se koristi za predviđanje i analizu efekata ekonomske politike.
- Model 2. – Glavni uzroci jugoslovenske inflacije 1980-1991. godine – primena kointegracije.

Primer 1: Klajnov (Klein) model I

- Makroekonometrijski model definisan 1950. godine koji analizira privredu SAD-a u periodu 1920-1941.
- Autor je dobitnik Nobelove nagrade za 1980. godinu za „formulisanje ekonometrijskih modela i njihovu primenu u analizi ekonomskih kretanja i ekonomske politike.”
- Pretpostavka da nas kao ciljeve ekonomske politike interesuje:
 - ukupna potrošnja (odražava sadašnje blagostanje)
 - nivo investicija (indikator budućeg rasta)
 - nivo zaposlenosti.
- Država može da menja svoje prihode i rashode i tako utiče na ukupnu potrošnju, investicije i zaposlenost.
- Klajnov model I se definiše pomoću **šest jednačina.**

Struktura modela: tri jednačine ponašanja

- Jednačina 1: Razmatra **nivo potrošnje** u funkciji dohotka. Razdvajanjem radnog od neradnog dohotka definišemo jednačinu:

$$C_t = \beta_0 + \beta_1 P_t + \beta_2 P_{t-1} + \beta_3 (W_t + W'_t) + \varepsilon_t.$$

gde je: C_t – potrošnja, P_t – profit, W_t – nadnice u privatnom sektoru, a W'_t – plata državnih službenika.

- Jednačina 2: Definiše **nivo investicija** (I_t) kao:

$$I_t = \beta'_0 + \beta'_1 P_t + \beta'_2 P_{t-1} + \beta'_3 K_{t-1} + \varepsilon'_t.$$

gde je: K_{t-1} – stok kapitala na kraju prethodnog perioda (t-1).

- Jednačina 3: Određuje **tražnju za radnom snagom** u privatnom sektoru:

$$W_t = \beta''_0 + \beta''_1 X_t + \beta''_2 X_{t-1} + \beta''_3 t + \varepsilon''_t.$$

gde se X_t odnosi na proizvodnju u tekućem, X_{t-1} u prethodnom periodu, a t na vremenski trend.

Struktura modela: tri definicione jednačine

- Jednačina 4: **Ukupna proizvodnja** se definiše kao zbir svih izdataka (potrošnje, investicija i državnih rashoda, G_t):

$$X_t = C_t + I_t + G_t.$$

- Jednačina 5: **Određuje profit**, koji se dobija kada se od ukupne proizvodnje (dohotka u privatnom sektoru) oduzmu nadnice i porezi (T_t):

$$P_t = X_t - W_t - T_t.$$

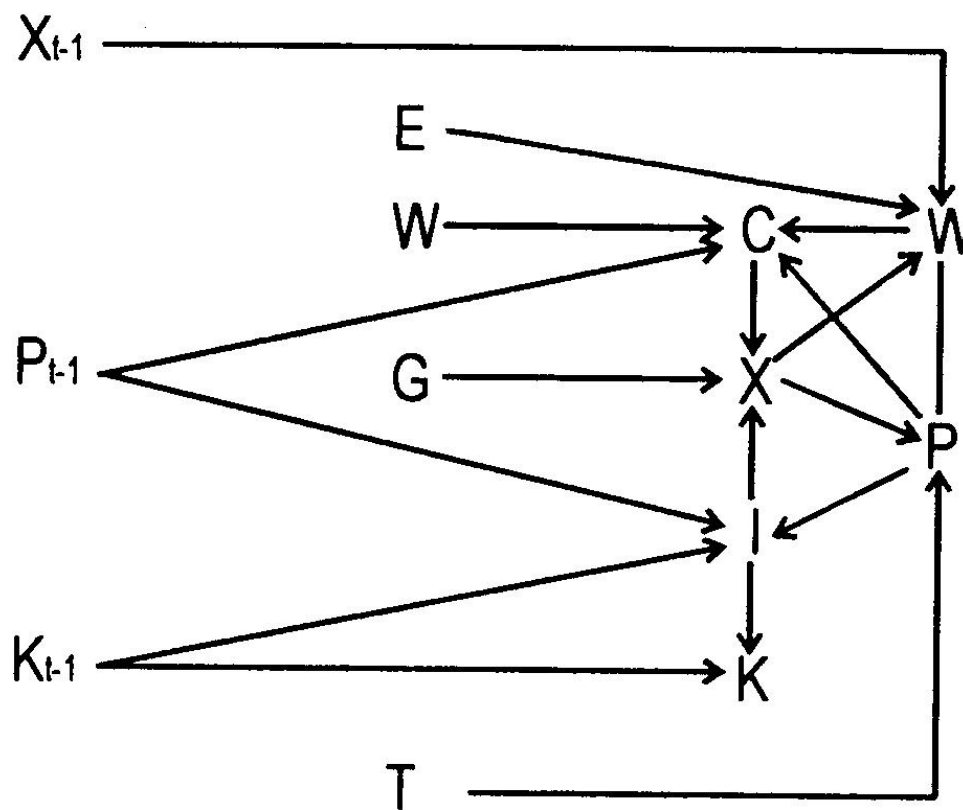
- Jednačina 6: **Promena kapitalnog stoka** ($K_t - K_{t-1}$) je jednaka investicijama:

$$K_t = K_{t-1} + I_t.$$

- **Razvrstati promenljive** u modelu (endogene i predeterminisane (4+3+1): egzogene i endogene sa pomakom). ..

Odnos promenljivih u Klajnovom modelu

- Razlikujemo promenljive od kojih samo polaze strelice i druge od kojih i dolaze i od kojih polaze:



Redukovana forma (primer jednačine potrošnje)

- U dinamičkom sistemu endogena promenljiva se izražava u zavisnosti od egzogenih i endogenih sa pomakom:

$$X_t = \text{константа} + \frac{\beta_3 W_t' - (\beta_1 + \beta_1') T_t + G_t - \beta_3'' \gamma t}{B} + \frac{(\beta_2 + \beta_2') P_{t-1} + \beta_3' K_{t-1} - \beta_2'' \gamma X_{t-1}}{B} + \frac{\varepsilon_t + \varepsilon_t' - \gamma \varepsilon_t''}{B},$$

gde su:

$$\gamma = \beta_1 - \beta_3 + \beta_1'$$

$$B = 1 - (\beta_1 + \beta_1')(1 - \beta_1'') - \beta_3 \beta_1''.$$

Identifikacija i ocenjivanje modela

- Ukupan broj predeterminisanih promenljivih je 8 (konstanta + 3 endogene sa pomakom + 4 egzogene).
- U svakoj od tri jednačine ponašanja postoje 4 parametra za ocenjivanje (manje od 8) – **prekomerno identifikovane.**
- Odgovarajući metod ocenjivanja 2SNK!
- U prvom koraku/stepenu ocenjuju se redukovane forme metodom ONK.

Prvi stepen: Ocena redukovane forme (metod ONK)

$$\begin{aligned}\widehat{P}_t &= 46.383 + 0.813P_{t-1} - 0.213K_{t-1} + 0.015X_{t-1} + 0.297t \\ &\quad (10.870) \quad (0.444) \quad (0.067) \quad (0.252) \quad (0.154) \\ &\quad - 0.926T_t + 0.443G_t \\ &\quad (0.385) \quad (0.373) \\ \overline{R}^2 &= 0.753 \quad d = 1.85\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(\widehat{W}_t + \widehat{W}'_t) &= 40.278 + 0.823P_{t-1} - 0.144K_{t-1} + 0.115X_{t-1} + 0.881t \\ &\quad (8.787) \quad (0.359) \quad (0.054) \quad (0.204) \quad (0.124) \\ &\quad - 0.567T_t + 0.859G_t \\ &\quad (0.311) \quad (0.302) \\ \overline{R}^2 &= 0.949 \quad d = 2.40\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\widehat{X}_t &= 78.281 + 1.724P_{t-1} - 0.319K_{t-1} + 0.094X_{t-1} + 0.878t \\ &\quad (18.860) \quad (0.771) \quad (0.110) \quad (0.438) \quad (0.267) \\ &\quad - 0.565T_t + 1.317G_t \\ &\quad (0.669) \quad (0.648) \\ \overline{R}^2 &= 0.882 \quad d = 2.05\end{aligned}$$

Drugi stepen: Ocena strukturne forme (ponovo metod ONK; umesto endogenih koristimo ocene iz prvog stepena)

- Metod 2SNK:

$$C_t = 16.543 + 0.019\hat{P}_t + 0.810(\widehat{W_t + W'_t}) + 0.214P_{t-1} + \text{резидуал}$$

(1.464) (0.130) (0.044) (0.118)

$$I_t = 20.284 + 0.149\hat{P}_t + 0.616P_{t-1} - 0.157K_{t-1} + \text{резидуал}$$

(8.361) (0.191) (0.180) (0.040)

$$W_t = 0.065 + 0.438\hat{X}_t + 0.146X_{t-1} + 0.130t + \text{резидуал}$$

(1.894) (0.065) (0.070) (0.053)

- Metod ONK (**uporediti** sa rezultatom ocenjivanja metodom 2SNK):

$$C_t = 16.237 + 0.193P_t + 0.796(W_t + W'_t) + 0.089P_{t-1} + \text{резидуал}$$

(1.203) (0.091) (0.040) (0.090)

$$\bar{R}^2 = 0.977 \quad d = 1.37$$

$$I_t = 10.125 + 0.475P_t + 0.333P_{t-1} - 0.112K_{t-1} + \text{резидуал}$$

(5.465) (0.097) (0.100) (0.026)

$$\bar{R}^2 = 0.919 \quad d = 1.81$$

$$W_t = 0.064 + 0.439X_t + 0.146X_{t-1} + 0.130t + \text{резидуал}$$

(1.151) (0.032) (0.037) (0.031)

$$\bar{R}^2 = 0.932 \quad d = 2.24$$

Sažetak dobijenih rezultata

- Razlika u veličini standardnih greški dobijenih primenom ova dva metoda – standardne greške dobijene metodom 2SNK su približno tačne.
- Opravdano je u potrošnoj funkciji razdvojiti dohodak na nadnice i profit (razlika u oceni marginalne sklonosti ka potrošnji: 0,810 prema 0,019 i 0,214).
- Niska marginalna sklonost ka potrošnji uz tekući profit (0,019) sugerisala je uvođenje profita iz prethodnog perioda (opravdano, veličina 0,214).
- Slično i za investicionu funkciju (uključen je profit iz tekućeg i prethodnog perioda).

Finalna forma

- U dinamičkim modelima izraz za proizvodnju u redukovanoj formi možemo zapisati za jedan period ranije kao:

$$X_{t-1} = \text{константа} + \frac{\beta_3 W'_{t-1} - (\beta_1 + \beta'_1) T_{t-1} + G_{t-1} - \beta''_3 \gamma(t-1)}{B} \\ + \frac{(\beta_2 + \beta'_2) P_{t-2} + \beta'_3 K_{t-2} - \beta''_2 \gamma X_{t-2}}{B} + \frac{\varepsilon_{t-1} + \varepsilon'_{t-1} - \gamma \varepsilon''_{t-1}}{B}$$

- Uočavamo da X_{t-1} zavisi od egzogenih u periodu (t-1) i endogenih u periodu (t-2), koje se mogu ponovo zameniti.
- Na taj način dolazimo do finalne forme, koja daje zavisnost tekuće endogene promenljive X_t od egzogenih promenljivih i slučajnih greški – tekućih i pomaknutih..
- Na taj način se dolazi do jednačina finalne forme i za ostale egzogene promenljive.

Multiplikatori

- Ukupan efekat promene egzogene promenljive na endogenu u slučaju uticaja državnih rashoda na obim proizvodnje (X):

$$1.93 + 1.93 + 1.24 + \dots - 0.07 = 2.32.$$

- Na dugi rok, rast državnih rashoda od 1 milion dovešće do rasta proizvodnje od 2,32 miliona – dugoročni (ukupni) multiplikator.
- Dugoročni multiplikator obima proizvodnje za jedinični porast državnih prihoda (T_t) i rashoda (G_t) iznosi:

$$-0,57 + 2,32 = 1,75.$$

Multiplikatori u Klajnovom modelu I (jedinično povećanje G)

врем. помак у год.	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>W</i>	<i>I</i>	<i>K</i>	<i>X</i>
0	0.67	1.12	0.81	0.26	0.26	1.93
1	1.17	0.80	1.13	0.76	1.02	1.93
2	0.86	0.40	0.84	0.38	1.40	1.24
3	0.40	0.04	0.38	0.02	1.42	0.42
4	-0.03	-0.23	-0.04	-0.24	1.18	-0.27
5	-0.34	-0.37	-0.35	-0.38	0.80	-0.72
6	-0.49	-0.41	-0.50	-0.41	0.39	-0.90
7	-0.51	-0.36	-0.52	-0.36	0.03	-0.87
8	-0.43	-0.26	-0.43	-0.26	-0.23	-0.69
9	-0.30	-0.14	-0.30	-0.14	-0.37	-0.44
10	-0.15	-0.03	-0.15	-0.03	-0.40	-0.18
11	-0.02	0.05	-0.02	0.05	-0.35	0.03
12	0.08	0.10	0.08	0.10	-0.25	0.18
13	0.13	0.11	0.13	0.12	-0.13	0.25
14	0.14	0.10	0.14	0.11	-0.03	0.25
15	0.13	0.08	0.13	0.08	0.05	0.21
16	0.09	0.05	0.09	0.05	0.10	0.14
17	0.05	0.01	0.05	0.01	0.11	0.06
18	0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.10	0.00
19	-0.02	-0.03	-0.02	-0.03	0.08	-0.04
20	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	0.04	-0.07
укупни	1.32	0.96	1.36	0.00	5.12	2.32

Multiplikatori u Klajnovom modelu I (jedinično povećanje W')

врем. помак у год.	C	P	W	I	K	X
0	1.34	0.89	0.65	0.21	0.21	1.54
1	0.94	0.64	0.90	0.61	0.81	1.54
2	0.69	0.32	0.67	0.31	1.12	0.99
3	0.32	0.03	0.30	0.02	1.14	0.34
4	-0.03	-0.18	-0.04	-0.19	0.95	-0.22
5	-0.27	-0.30	-0.28	-0.31	0.64	-0.57
6	-0.39	-0.33	-0.40	-0.33	0.31	-0.72
7	-0.41	-0.29	-0.41	-0.29	0.02	-0.70
8	-0.35	-0.21	-0.35	-0.21	-0.19	-0.55
9	-0.24	-0.11	-0.24	-0.11	-0.30	-0.35
10	-0.12	-0.03	-0.12	-0.02	-0.32	-0.14
11	-0.01	0.04	-0.01	0.04	-0.28	0.03
12	0.06	0.08	0.06	0.08	-0.20	0.14
13	0.10	0.09	0.11	0.09	-0.11	0.20
14	0.12	0.08	0.12	0.08	-0.02	0.20
15	0.10	0.06	0.10	0.06	0.04	0.16
16	0.07	0.04	0.07	0.04	0.08	0.11
17	0.04	0.01	0.04	0.01	0.09	0.05
18	0.01	-0.01	0.01	-0.01	0.08	0.00
19	-0.01	-0.02	-0.01	-0.02	0.06	-0.03
20	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	0.04	-0.05
укупни	1.86	0.77	1.09	0.0	4.10	1.86

Multiplikatori u Klajnovom modelu I (jedinično povećanje T)

врем. помак у год.	<i>C</i>	<i>P</i>	<i>W</i>	<i>I</i>	<i>K</i>	<i>X</i>
0	-0.19	-1.28	-0.20	-0.30	-0.30	-0.48
1	-1.01	-1.03	-0.88	-0.89	-1.19	-1.91
2	-1.01	-0.57	-0.95	-0.52	-1.71	-1.52
3	-0.54	-0.12	-0.52	-0.09	-1.80	-0.63
4	-0.03	0.24	-0.01	0.25	-1.54	0.23
5	0.37	0.44	0.38	0.46	-1.09	0.82
6	0.59	0.51	0.60	0.52	-0.57	1.11
7	0.64	0.46	0.65	0.47	-0.10	1.11
8	0.56	0.34	0.56	0.35	0.24	0.91
9	0.40	0.20	0.40	0.20	0.44	0.60
10	0.22	0.06	0.21	0.06	0.50	0.28
11	0.05	-0.05	0.04	-0.05	0.45	0.00
12	-0.08	-0.11	-0.08	-0.12	0.33	-0.20
13	-0.15	-0.14	-0.16	-0.14	0.19	-0.30
14	-0.18	-0.13	-0.18	-0.14	0.05	-0.31
15	-0.16	-0.10	-0.16	-0.10	-0.05	-0.27
16	-0.12	-0.06	-0.12	-0.06	-0.11	-0.19
17	-0.07	-0.02	-0.07	-0.02	-0.14	-0.10
18	-0.02	0.01	-0.02	0.01	-0.13	-0.01
19	0.02	0.03	0.02	0.03	-0.10	0.05
20	0.04	0.04	0.04	0.04	-0.06	0.08
укупни	-0.57	-1.24	-0.33	0.0	-6.56	-0.57

Predviđanje ekonometrijskim modelom

- Predviđa se na osnovu jednačina redukovane forme.
- U dinamičkom sistemu (Klajnov model) predviđanje se ostvaruje prema redukovanoj formi i poznavanju predeterminisanih promenljivih.
- Reč je o istom postupku kojim se došlo do finalne forme (sada se endogene promenljive u redukovanoj formi zapisuju za jedan ili više perioda unapred.
- Klajnov model pokazao je slabu moć predviđanja (ocenjen je zaključno sa 1946 i 1947, a ocenjivane su vrednosti endogenih promenljivih za 1948):
 - Nestabilni uslovi privređivanja u SAD-u tokom II svetskog rata rezultirali su promenom strukturnih parametara.
 - Model je relativno malih dimenzija, obuhvata samo determinante agregatne tražnje, izostavljeni su monetarni faktori i faktori privrednog rasta.

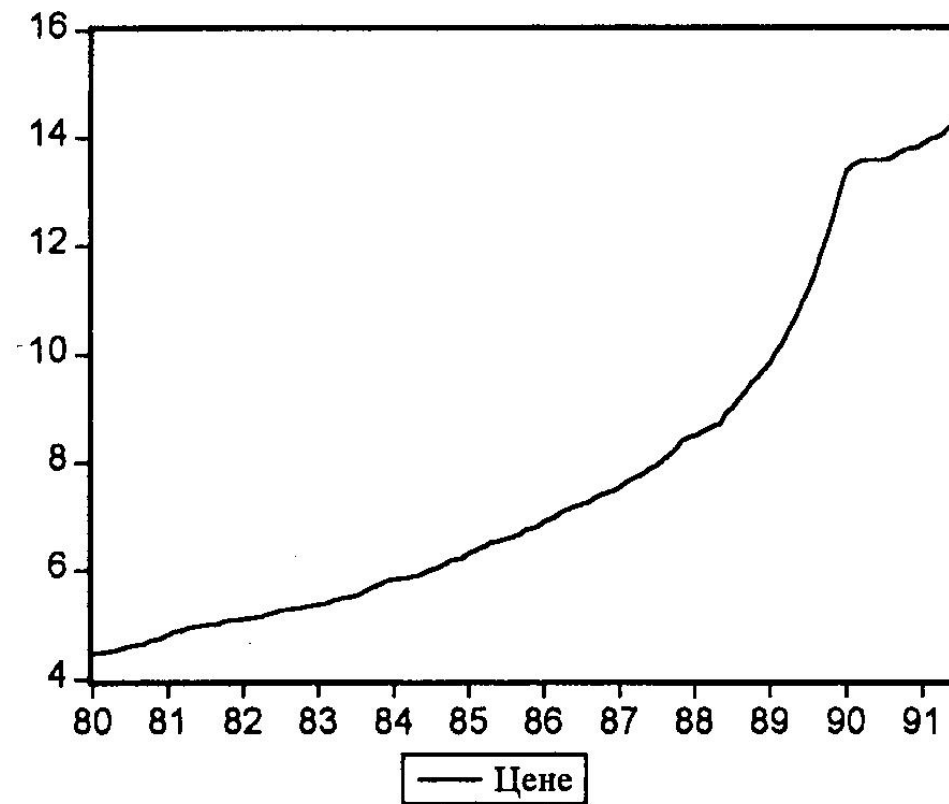
Primer 2: Model inflacije jugoslovenske privrede (period: 1980-1991)

- Jugoslovenska privreda tokom osamdesetih je konstantno rasla, a u poslednjem kvartalu 1989. godine poprima svojstva hiperinflacije.
- Osnovni podaci o privredi tokom osamdesetih:
 - Privreda u recesiji
 - Početkom perioda problemi u otplati spoljnog duga
 - Spoljna ravnoteža postignuta sredinom osamdesetih, ali dolazi do narušavanja unutrašnje ravnoteže (usled visoke uvozne zavisnosti jugoslovenske privrede)
 - Godišnja inflacija beleži rast sa 40% u 1980. godini na 80% u 1985. godini (dok društveni proizvod raste 1% godišnje).
 - U 1987. godini godišnja stopa inflacije iznosi 118%, dok je čak 1256% u 1989. godini. U poslednjem kvartalu 1989. godine poprima odlike hiperinflacije (mesečno kretanje preko 50%).
 - U celom periodu više pokušaja da se zaustavi rast cena (više programa stabilizacije i primena devalvacije).
 - Zvanično ne postoji budžetski deficit, ali postoji skriveni/kvazi budžetski deficit (privrednim subjektima se odobravaju krediti po nerealno niskim kamatnim stopama).

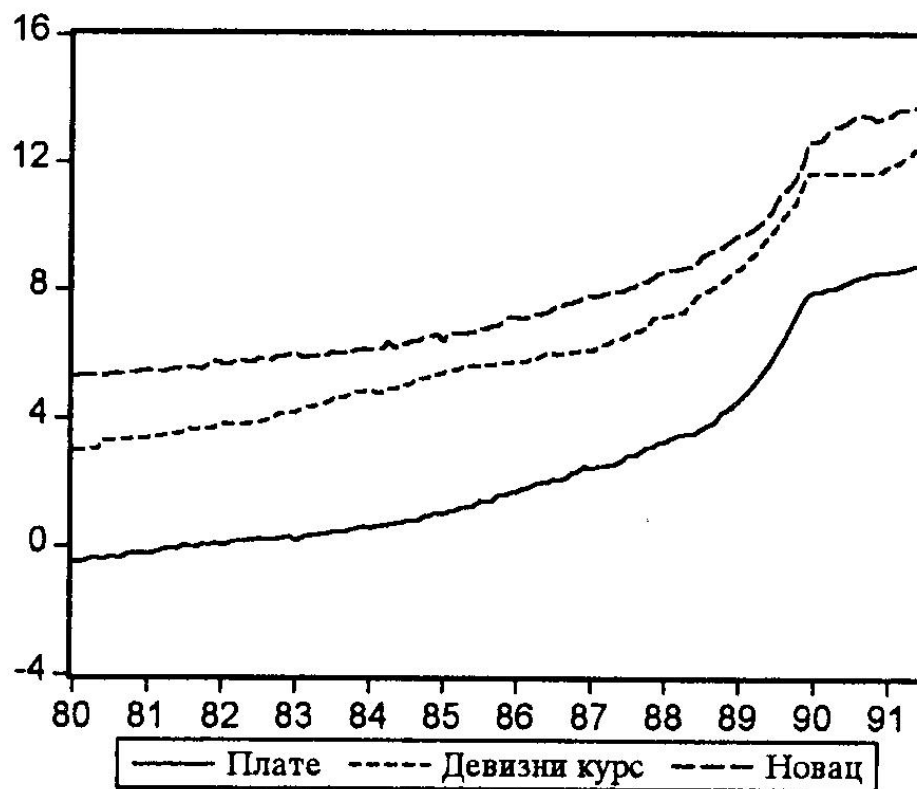
Podaci korišćeni u analizi

- U radu Petrović i Vujošević (Mladenović, 2000), korišćeni su sledeći podaci vremenskih serija:
 - indeks cena na malo (P_t)
 - devizni kurs (E_t), odnos dolara prema dinaru na crnom deviznom tržištu.
 - plate u privredi (W_t), u dinarima
 - primarni novac (H_t), u dinarima.
- Podaci su mesečni, odnose se na period: januar 1980 – jul 1991. godine ($T=139$).
- Vremenske serije su logaritmovane.

Indeks cena na malo



Плате, девизни курс и примарни новац



Rezultati testa jediničnog korena

- Grafički prikaz ukazuje na nestacionarnost datih vremenskih serija, što je potvrđeno primenom testa jediničnog korena.
- Sve četiri vremenske serije poseduju po jedan jedinični koren (prve diference datih serija su stacionarne).
- Da li su ove vremenske serije dugoročno usklađene, odnosno da li postoji stacionarna linearna kombinacija, bez obzira na njihovu individualnu nestacionarnost?

Kointegraciona analiza

- Složena procedura u slučaju većeg broja vremenskih serija.
- Može postojati nekoliko stacionarnih linearnih kombinacija, te je potrebno ostvariti njihovu identifikaciju.
- Analizom su potvrđene dve kointegracione relacije:

$$S1_t = P_t - 0.77W_t - 0.28E_t + 4.02$$

$$S2_t = H_t - 0.93W_t + 5.60$$

- Prva relacija (S1t) ukazuje da su cene, plate i devizni kurs dugoročno usklađeni – uticaj troškovnih elemenata na kretanje plata.
- Druga relacija (S2t) znači da su plate i novac dugoročno usklađeni.
- Ne postoji dugoročna veza između cena i novca (uobičajeno u tržišnim privredama).

Sistemi simultanih jednačina

- Metode SSJ zasnivaju se na pretpostavci da su promenljive stacionarne.
- Kako razmatrane vremenske serije poseduju po jedan jedinični koren, u nastavku su korišćene **prve difference**.
- Prva diferencija logaritma cena (P_t) je jednaka:

$$\begin{aligned}\Delta \ln P_t &= \ln P_t - \ln P_{t-1} \\ &= \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \\ &= \ln \left(1 + \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \right) \\ &= \ln \left(1 + \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \right).\end{aligned}$$

- Odnosno, za male promene cena stopa inflacije se može aproksimirati prvom diferencijom logaritmovanih vrednosti vremenske serije, usled važenja:

$$\ln \left(1 + \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \right) \doteq \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}.$$

Skup jednačina sa korekcijom ravnotežne greške

- Endogene promenljive: inflacija, stopa rasta plata i stopa rasta novca.
- Egzogena promenljiva: stopa rasta deviznog kursa.
- Objašnjavajuće promenljive: pored ravnotežne greške, u cilju modeliranja kratkoročne dinamike uključen je veći broj endogenih i egzogenih promenljivih iz prethodnih perioda, kao i odgovarajuće veštačke promenljive.

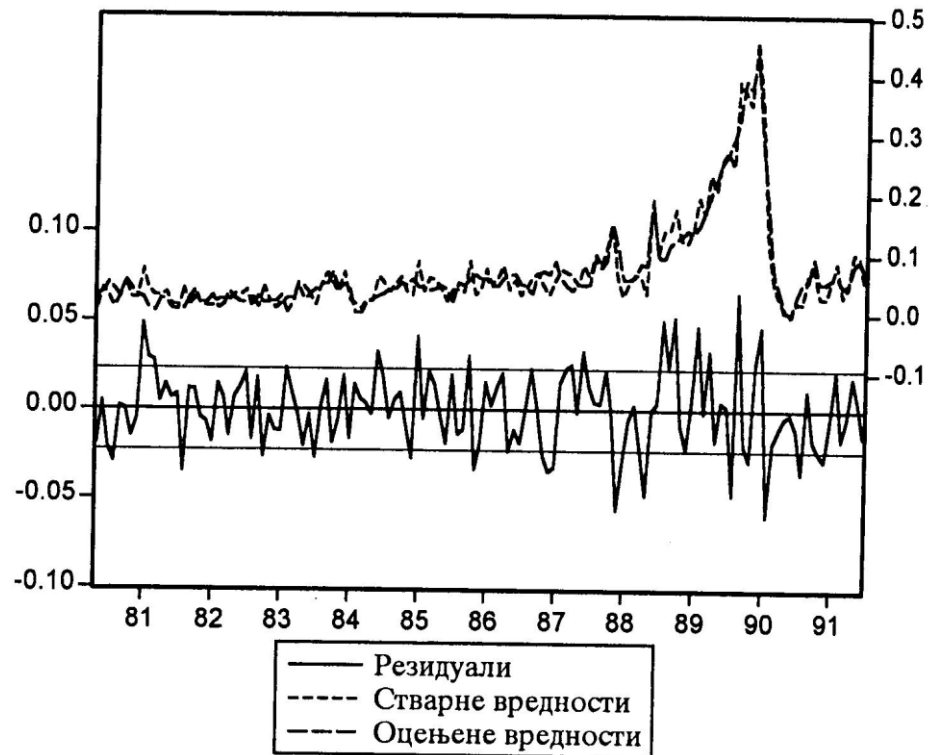
Ocena jednačine inflacije

- Kointegraciona relacija $S1_t$ uključena je u jednačinu inflacije kao:

$$\begin{aligned} \Delta P_t = & -0.36S1_{t-1} + 0.27\Delta W_t + 0.08\Delta E_t \\ & (0.03) \quad (0.05) \quad (0.03) \\ & + 0.26\Delta P_{t-1} + 0.14\Delta P_{t-3} + 0.11V1 + 0.002 + \text{резидуал} \\ & (0.06) \quad (0.04) \quad (0.02) \quad (0.003) \\ \bar{R}^2 = & 0.92 \quad JB = 0.77 \quad GB(7) = 7.11 \end{aligned}$$

- Veštačka promenljiva $V1$ opisuje neuspešnu primenu programa makroekonomske stabilizacije (jedina nenulta vrednost u junu 1988. godine), dok su sa $V2$ uvedeni pozitivni efekti primene stabilizacionog programa početkom 1990. godine ($V2=1$ za januar 1990. godine, u ostalim mesecima jednaka je nuli).

Grafički prikaz: Stvarne i ocenjene vrednosti inflacije



Ocene jednačine stopa rasta plata i novca

$$\begin{aligned}\Delta W_t &= 0.23S1_{t-1} + 0.29\Delta W_{t-1} + 0.52\Delta W_{t-2} \\ &\quad (0.11) \quad (0.09) \quad (0.07) \\ &\quad + 0.36\Delta E_{t-1} - 0.26V2 - 0.009 + \text{резидуал} \\ &\quad (0.07) \quad (0.06) \quad (0.007) \\ \bar{R}^2 &= 0.66 \quad JB = 0.06 \quad GB(7) = 12.36\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_t &= -0.37S2_{t-1} + 0.23\Delta W_t - 0.25\Delta W_{t-3} \\ &\quad (0.04) \quad (0.07) \quad (0.07) \\ &\quad + 0.12\Delta H_{t-5} + 0.40V2 + 0.02 + \text{резидуал} \\ &\quad (0.05) \quad (0.06) \quad (0.007) \\ \bar{R}^2 &= 0.73 \quad JB = 0.35 \quad GB(7) = 4.63\end{aligned}$$

Sažetak sprovedene analize

- Jednačina inflacije ocenjivana je metodom 2SNK, dok su jednačine stope rasta plata i stope rasta novca ocenjene primenom metoda ONK.
- Moglo bi se zaključiti da u pomenutom sistema jednačina prvih diferenci ne postoji simultana međuzavisnost, međutim kretanje cena i plata se dugoročno koriguje prema ravnoteži iste ravnotežne relacije $S1t$.
- Dakle, postoji dugoročna simultana međuzavisnot cena i plata.
- Stopa rasta plata je objašnjavajuća promenljiva u jednačini inflacije, ova jednačina je ocenjivana metodom 2SNK.
- Za jednačinu stope rasta plata je korišćen metod ONK, jer u njoj inflacija nije objašnjavajuća promenljiva.
- Slično, metod ONK je korišćen za ocenjivanje jednačine stope rasta novca. Kretanje novca se koriguje prema dugoročnoj ravnotežnoj relaciji $S2t$ (ali ona ne ulazi u jednačinu plata), odnosno plate utiču na novac ali ne i obrnuto (kretanje novca ne utiče na plate) – nisu dugoročno simultano zavisne promenljive.