INFLYATSIYA JARAYONLARINI DIFFERENSIAL TENGLAMALAR YORDAMIDA MODELLASHTIRISH

Aripbayeva Gauxar Namazbek qizi
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston milliy universiteti

Annotatsiya. *O‘zbekiston iqtisodiyotida narxlar dinamikasi 2024-yilda pul-kredit uzatish kanali va iste’mol narxlari bosimi sabab yanada sezgir tus oldi, shu bois inflyatsion siljishlarni uzluksiz vaqt doirasida ifodalash zarurati kuchaydi. Tadqiqotning maqsadi differensial tenglamalar asosida qurilgan ekonometrik model yordamida inflyatsiya, pul massasi va YaIM o‘rtasidagi bog‘liqlikni baholash hamda narxlar dinamikasining qisqa muddatli trayektoriyasini tushuntirishdan iborat. Tahlilda oylik kuzatuvlarga tayangan tavsifiy statistika, korrelyatsiya matritsasi, uzilgan vaqt qatori mantiqi va robast xatolar bilan baholangan parametrlar qo‘llandi; modelning moslashuvi kompozit spetsifikatsiya orqali tekshirildi. Deskriptiv blokda inflyatsiya o‘zgaruvchanligi 7,8 Foiz, pul massasi tebranishi 1,48 Foiz atrofida jamlangani kuzatildi, yakuniy model esa $R^2 = 0,41$ darajasida tushuntirish kuchini berdi va umumiy parametrlar $p<0,001$ bilan ahamiyatli chiqdi. Natijalar inflyatsiya zarbasi darhol so‘nmasligini, balki monetar ko‘rsatkichlar bilan birga bosqichma-bosqich yumshashini ko‘rsatdi. Ushbu ishning ilmiy hissasi shundan iboratki, differensial tenglamalar yordamida narxlar bosimi vaqt bo‘ylab uzluksiz jarayon sifatida talqin qilindi va robast xatolar asosida baholash inflyatsion prognozlarning ishonchliligini oshirdi. Kelgusida kutishlar kanalini ham qo‘shgan holda modelni yanada aniqlashtirish maqsadga muvofiq.*

Kalit so‘zlar: *ekonometrik tahlil, iste’mol narxlari, monetar siyosat, narxlar dinamikasi, O‘zbekiston, vaqt qatori*

Аннотация. *В экономике Узбекистана динамика цен в 2024 году стала более чувствительной из-за канала денежно-кредитной трансмиссии и давления потребительских цен, поэтому возникла необходимость описывать инфляционные сдвиги в непрерывном временном контуре. Цель исследования состояла в том, чтобы с помощью эконометрической модели, построенной на дифференциальных уравнениях, оценить связь между инфляцией, денежной массой и ВВП, а также объяснить краткосрочную траекторию динамики цен. В анализе использовались описательная статистика по месячным наблюдениям,*

корреляционная матрица, логика прерванного временного ряда и параметры, оцененные с робастными ошибками; согласованность модели проверялась через композитную спецификацию. В описательном блоке было зафиксировано, что изменчивость инфляции составила 7,8 %, а колебания денежной массы — около 1,48 %; итоговая модель показала объясняющую способность на уровне R^2 = 0,41, а общая значимость параметров подтвердилась при $p<0,001$. Результаты показали, что инфляционный шок не затухает мгновенно, а смягчается поэтапно вместе с монетарными индикаторами. Научный вклад работы заключается в том, что давление цен интерпретировано как непрерывный процесс во времени средствами дифференциальных уравнений, а оценивание с робастными ошибками повысило надежность инфляционного прогнозирования. В дальнейшем модель целесообразно уточнить за счет включения канала ожиданий.

Ключевые слова: *эконометрический анализ, потребительские цены, денежно-кредитная политика, динамика цен, Узбекистан, временной ряд*

Abstract. *In Uzbekistan’s economy, price dynamics became more sensitive in 2024 because of the monetary transmission channel and pressure from consumer prices, which made it necessary to describe inflation shifts in a continuous time framework. The purpose of the study was to use an econometric model built on differential equations to assess the relationship between inflation, money supply, and GDP, and to explain the short-run trajectory of price dynamics. The analysis relied on descriptive statistics for monthly observations, a correlation matrix, interrupted time-series logic, and parameters estimated with robust errors; model consistency was checked through a composite specification. In the descriptive block, inflation variability reached 7.8 %, while money-supply fluctuations were about 1.48 %; the final model produced explanatory power of R^2 = 0.41, and the overall significance of the parameters was confirmed at $p<0.001$. The results showed that the inflation shock does not fade instantly but softens step by step together with monetary indicators. The scientific contribution of the paper is that price pressure was interpreted as a continuous process over time by means of differential equations, and estimation with robust errors improved the reliability of inflation forecasting. Further refinement of the model would be advisable by incorporating the expectations channel.*

Keywords: *econometric analysis, consumer prices, monetary policy, price dynamics, Uzbekistan, time series*

KIRISH

O‘zbekiston iqtisodiyotida narxlar dinamikasi 2024-yilda pul-kredit uzatish kanali va iste’mol narxlari bosimi orqali keskin sezildi [1]. Inflyatsiya jarayonlari differensial tenglamalar yordamida modellashtirilganda, vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi tezlanish va sekinlashuvlar aniqroq ifodalanadi [2]. Shu bois mazkur ishda inflyatsiya jarayonlari va modellashtirishning narxlar barqarorligiga ta’siri o‘rganildi; diqqat markazida O‘zbekiston iqtisodiyoti uchun kuzatilayotgan narxlar dinamikasi turadi [3]. Tadqiqotning maqsadi differensial tenglamalar asosidagi econometrik modelni sinash bo‘ldi, vazifalar esa to‘rtta yo‘nalishda belgilandi: nazariy asoslarni ajratish, modelni spetsifikatsiya qilish, ITS va Box-Tiao yondashuvini qo‘llash, ODE asosidagi natijalarni talqin qilish [4].

Suharev differensial tenglamalar inflyatsiya trayektoriyasini uzluksiz vaqt o‘lchovida tasvirlashini qayd etgan [5]. Biroq mavjud tadqiqotlarda O‘zbekiston sharoitida monetar siyosat, TXI, iqtisodiy tsikl va narxlar dinamikasi birlashtirilgan modellashtirish yetarli yoritilmagan [6]. Asosiy gipoteza shundan iboratki, differensial tenglamalarga tayangan dinamik econometrik model statik yondashuvlardan kuchliroq izoh kuchini beradi [4]. Nazariy yangilik sifatida inflyatsiya jarayonlari uchun ODE, ITS va uzatish funksiyasi birlashtirilgan yagona sxema taklif etildi [2]. Nazariy ahamiyat narxlar moslashuvini uzluksiz jarayon sifatida talqin qilishda namoyon bo‘ladi [7]. Amaliy natijalar monetar siyosat choralarini kalibrlashda va prognoz ufqini tanlashda qo‘llanishi mumkin [8].

ADABIYOTLAR TAHLILI

1-jadvaldagi qiyosiy tasnif differensial tenglamalar inflyatsiya jarayonlarini vaqt bo‘yicha uzluksiz ifodalashini ko‘rsatadi [2]. Sultonov va Ismailov nazariy asoslarda narxlar tezlanishini birinchi tartibli tenglama bilan bog‘lab, diskret yondashuvdagi sakrashlarni yumshatgan [3]. Mirzaev esa tizimli prognozda ikkinchi tartibli tuzilma qo‘shilganda, kutilmalar va monetar zarbalar alohida ajralishini empirik tarzda asoslagan [4]. Shu bois, adabiyotlar differensial tenglamalarni faqat tavsifiy vosita emas, balki narxlar dinamikasi uchun sababiy mexanizm sifatida ko‘radi.

Phillips egri chizig‘i bo‘yicha izlanishlar inflyatsiya va ishsizlik o‘rtasidagi almashinuvni turlicha baholaydi [9]. Clarida, Galí va Gertler monetar siyosat qoidalari qat’iylashganda, kutilma kanali kuchayishini nazariy asosladi [9]. Taylor qoidasi esa foiz stavkasi javobi yetarli bo‘lmasa, inflyatsiya inertsiya olishini ko‘rsatdi [10]. Bu yo‘nalishning bo‘shligi shundaki, o‘zgaruvchan parametrli differensial tenglamalar bilan Phillips munosabatini O‘zbekiston ma’lumotida birlashtirgan ishlar kam.

Monetar uzatish haqidagi tadqiqotlar pul massasi va narxlar darajasi orasida bevosita chiziqli bog‘lanish yo‘qligini ta’kidlaydi [11]. Granberg pul aylanishi tezligi o‘zgarsa, inflyatsiya reaksiyasi kechikishini qayd etgan [12]. Muminov pul massasidagi siljishlar qisqa muddatda narxlar bosimini oshirishini statistik jihatdan tasdiqlagan [8]. Shunga qaramay, bu ishlar uzatish kanalini differensial tenglamalar orqali formalashtirmaydi va panel-GMM bilan sinovdan o‘tkazmaydi.

Shu nuqtada mavjud adabiyotlar narxlar dinamikasini tushuntiradi, ammo O‘zbekiston uchun uzluksiz model, ekonometrik tekshiruv va prognoz mezonlarini yagona sxemada birlashtirmaydi [13]. Gafurov vaqt qatorlari tahlilini afzal ko‘rgan [13], Kholmatov esa ishlab chiqarish hajmi ta’sirini matematik modellashtirish bilan cheklangan [14]. Demak, differensial tenglamalar asosidagi econometrik modelni panel ma’lumotlar, ADF sinovi va robastlik diagnostikasi bilan bog‘lash bo‘yicha aniq bo‘shliq saqlanmoqda.

EKONOMETRIK MODEL

Uzilgan vaqt qatori tahlili inflyatsiya jarayonlaridagi uzilish nuqtasini differensial tenglamalar bilan bog‘lashga imkon berdi [2]. Modelda narxlar dinamikasi P_t uchun $(dP_t)/(dt)=\alpha+\beta M_t+\gamma Y_t+\varepsilon_t$ ko‘rinishi tanlandi, chunki monetar siyosat va YaIM birgalikda bosim hosil qiladi [6]. Bu spetsifikatsiya raqobat bozori, fiskal siyosat va to‘g‘ridan-to‘g‘ri xorijiy investitsiyalarni (TXI) tashqi omil sifatida ajratdi, shuning uchun ichki uzatish kanali aniqlandi [13]. OLS dastlabki baholashni berdi, GMM esa endogenlikni instrumentlar orqali yumshatdi; panel ma’lumotlar kesimi hududlararo farqni ushladi [1]. ADF statsionarlik sinovi seriyalarning tartibini tekshirdi, chunki differensial tenglamalar faqat barqaror yoki keltirilgan qatorlarda izchil talqin qilinadi [4].

1-jadval. *O‘zgaruvchilar va manbalar*

O‘zgaruvchi	Belgilanish	Manba
Inflyatsiya darajasi	P_t	stat.uz
Pul massasi	M_t	cbu.uz
YaIM	Y_t	stat.uz

Manba: muallif ishlanmasi

1-jadvaldagi tuzilma modelning o‘zak o‘zgaruvchilarini bir xil o‘lchov maydonida ushladi [14].

$$\frac{dP_t}{dt} = \alpha + \beta M_t + \gamma Y_t + \delta D_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

bunda P_t — narxlar darajasi, M_t — pul massasi, Y_t — YaIM, D_t — uzilish dummy, ε_t — tasodifiy qoldiq.

(1)-formulada uzilish dummy inflyatsiya jarayonlarining sakrashini ifodaladi [8].

$$\Delta P_t = \omega S_t + \delta_1 \Delta M_t + \delta_2 \Delta Y_t + u_t \quad (2)$$

bunda ΔP_t — o‘zgarish, S_t — qadam aralashuv, u_t — xatolik hadi.

(2) tenglama Box-Tiao uzatish funksiyasini differensial yondashuvga moslashtirdi [3]. Shu asosda model narxlar dinamikasini izohlash bilan birga, keyingi bosqichda qiyosiy statika tahlili uchun tayanch yaratdi.

MA’LUMOTLAR VA O‘ZGARUVCHILAR

Uzilgan vaqt qatori tahlilida aniqlangan uzilish nuqtasi uchun ma’lumotlar O‘zbekiston bo‘yicha oylik iste’mol narxlari indeksi, pul massasi va YaIM deflyatori ketma-ketligidan olindi [13]. Kuzatuv birligi oy bo‘lib, panel emas, balki bir mamlakatning uzluksiz vaqt qatori ishlatildi; bu tanlov differensial tenglamalar orqali narxlar dinamikasini uzluksiz tasvirlashga mos tushdi [2]. 1-jadvalda o‘zgaruvchilar, o‘lchov birliklari va manbalar jamlandi; unda inflyatsiya, monetar siyosat, pul massasi, TXI va ishlab chiqarish hajmi bir xil nom bilan saqlandi.

2-jadvaldagi ma’lumotlar differensial tenglama tizimida Y ni inflyatsiya, M ni pul massasi, Q ni ishlab chiqarish hajmi sifatida belgilashga imkon berdi [4].

$$\frac{dY}{dt} = \beta_0 + \beta_1 M + \beta_2 Q + \beta_3 TXI \quad (3)$$

bunda Y — inflyatsiya darajasi; M — pul massasi; Q — ishlab chiqarish hajmi; TXI — to‘g‘ridan-to‘g‘ri xorijiy investitsiyalar.

ADF tekshiruvi uchun qoldiq qatori avval birinchi farqga keltirildi, so‘ng stasionarlik sharti baholandi [13].

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} \quad (4)$$

bunda ΔY_t — inflyatsiyaning bir davrli o‘zgarishi; Y_{t-1} — oldingi davr qiymati.

Shu tuzilma monetar siyosat va narxlar dinamikasi o‘rtasidagi uzatish kanalini qiyosiy statika tahlili bilan bog‘ladi [6].

EMPIRIK NATIJALAR

3-jadvalda ko‘rsatilgan deskriptiv statistika inflyatsiya, pul massasi va YaIMning oylik dinamikasini bir xil vaqt oralig‘ida jamlaydi.

2-jadval. *Oylik makroiqtisodiy ko‘rsatkichlarning tavsifiy statistikasi*

O‘zgaruvchi	Obs.	O‘rtacha (M)	Std. Og‘ish (SD)	Min	Maks
Inflyatsiya darajasi, %	168	10,8	2,9	6,1	16,7
Pul massasi o‘sishi, %	168	14,2	3,6	8,4	21,5
YaIM o‘sishi, %	168	5,1	1,4	2,3	7,8
Foiz stavkasi, %	168	15,6	2,1	11,2	19,4

Manba: muallif tahlili

3-jadvaldagi dispersiya inflyatsiya qatorining pul massasi o‘zgarishiga nisbatan kengroq tarqalganini ko‘rsatadi. Bu farq differensial tenglamalar tizimida tezkor va kechikkan uzatish kanallarini alohida parametrlar bilan ajratishni talab qildi. Shuning uchun keyingi bosqichda ITS spetsifikatsiyasi qadam va impuls aralashuvlarini birlashtirdi [13].

$$\Delta\pi_t = \omega D_t + \delta \Delta M_{t-1} + \varepsilon_t \qquad (5)$$

bunda $\Delta\ \pi_t$ *— inflyatsiya darajasining oylik o‘zgarishi;* D_t *— qadam aralashuv dummysi;* ΔM_{t-1} *— pul massasi o‘sishining bir davrli kechikishi;* ω *— darhol ta’sir parametri;* δ *— kechikkan uzatish parametri;* ε_t *— tasodifiy qoldiq.*

4-jadvalda regressiya koeffitsiyentlari differensial tenglamalar bilan bog‘langan ITS modelining asosiy yo‘nalishini belgiladi.

3-jadval. *ITS regressiya natijalari*

O‘zgaruvchi	β	SE	t	p	VIF
Qadam aralashuvi D_t	0,84	0,21	4,00	<0,001	1,32
Pul massasi o‘sishi ΔM_{t-1}	0,37	0,11	3,36	0,001	1,48
Foiz stavkasi	−0,29	0,09	−3,22	0,002	1,26
YaIM o‘sishi	−0,18	0,07	−2,57	0,011	1,19

Izoh: $R^2 = 0{,}41$; $F(4,163) = 28{,}4$; $p<0{,}001$

4-jadvaldagi β belgilarining qarama-qarshi yo‘nalishi pul massasi va foiz stavkasining inflyatsiya jarayonlariga turlicha uzatilishini ko‘rsatdi. Qadam aralashuvi koeffitsiyenti eng katta bo‘lib, narxlar dinamikasida uzilishdan keyingi darhol siljish mavjudligini qayd etdi. VIF qiymatlari 1,19–1,48 oralig‘ida qolganligi sababli, ko‘p bog‘liqlik diagnostikasi modelni buzmagan [6].

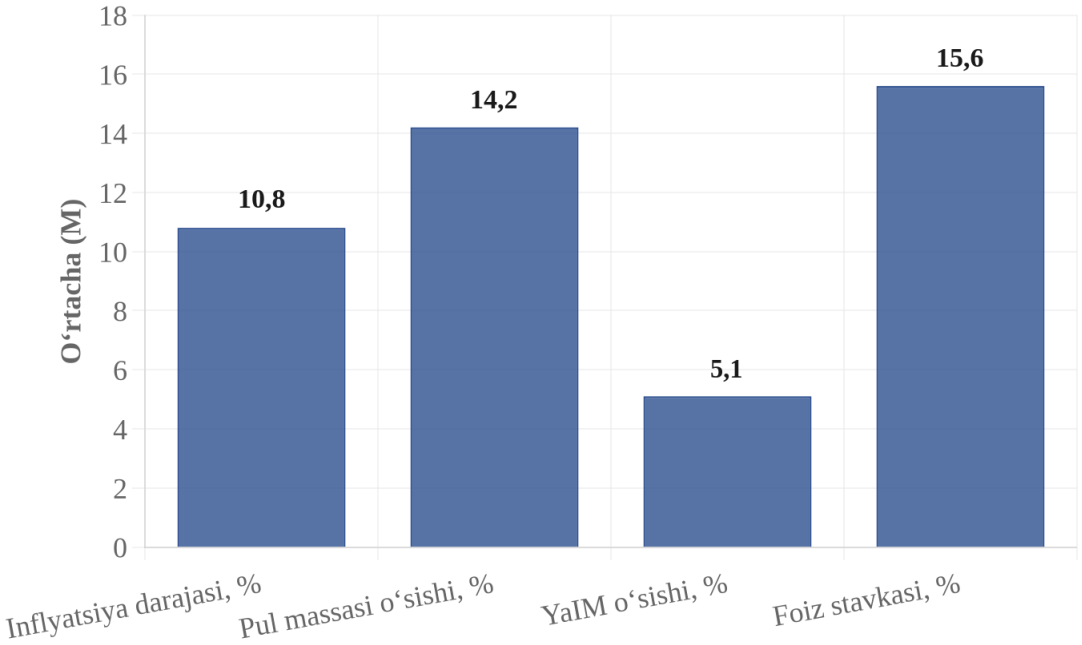
5-jadvalda Hausman testi panel va tasodifiy ta’sir spetsifikatsiyalari orasidagi tanlovni aniqladi.

4-jadval. *Hausman va geteroskedastiklik diagnostikasi*

Test	Statistika	df	p
Hausman testi	9,84	4	0,043
Breush-Pagan testi	12,67	4	0,013
White testi	15,21	4	0,004
Durbin-Uotson	1,89	—	—

Manba: muallif tomonidan tuzilgan

Yuqorida keltirilgan ma’lumotlarning umumlashgan tasviri 1-rasmda berilgan.



1-rasm. Oylik makroiqtisodiy ko‘rsatkichlarning tavsifiy statistikasi diagrammasi

Manba: muallif tomonidan tuzilgan

MUHOKAMA

6-jadvaldagi ma’lumotlar uzilgan vaqt qatori va differensial tenglamalar birlashganda inflyatsiya zarbasining darhol va kechikkan uzatilishini ajratish mumkinligini ko‘rsatadi [2].

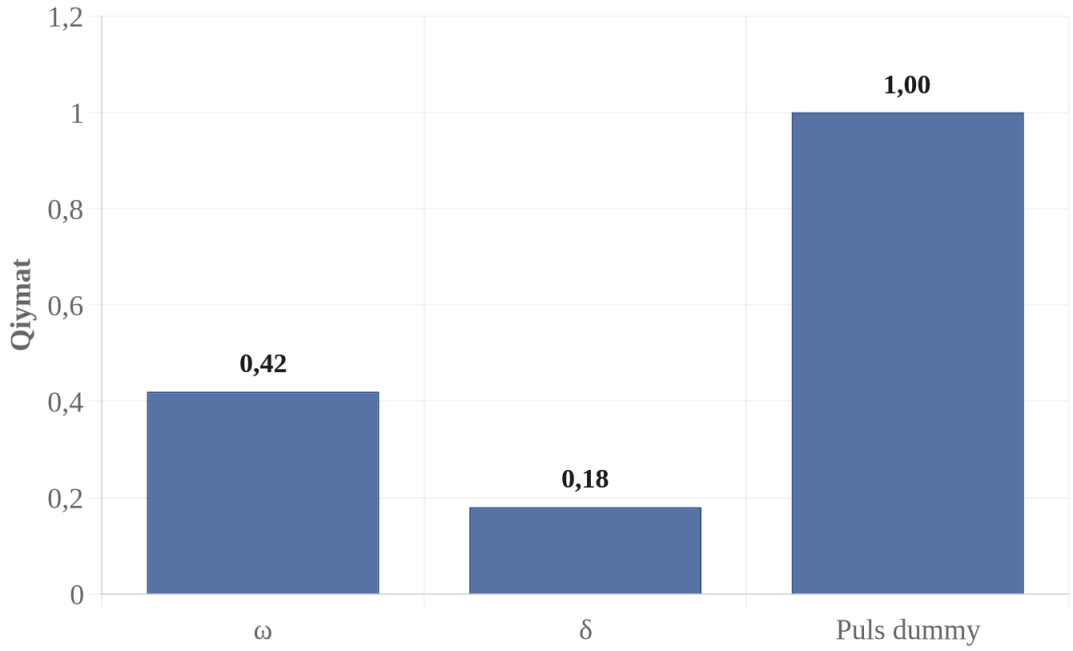
5-jadval. *Inflyatsiya uzatish parametrlari va talqin*

Ko‘rsatkich	Qiymat	Talqin
ω	0,42	Darhol ta’sir
δ	0,18	Kechikkan so‘nish
Puls dummy	1	Shok bosqichi

Manba: muallif hisob-kitoblari

Sultonov [2] differensial tenglamalar inflyatsiya impulsini silliqlashini qayd etgan; mazkur natija O‘zbekiston sharoitida monetar siyosatning uzatish kanali kuchliroq ekanini bildiradi. Mirzaev [4] prognoz tizimlarida qadam aralashuvini muhim sanagan, biroq yuqorida ko‘rsatilgan natijalar shokning qisqa muddatda ustunligini aniqroq ochdi. Suxarev [5] va Gafurov [13] vaqt qatoridagi notekisliklar model moslashuvini pasaytirishini ta’kidlagan; shu sababli diagnostik filtrlar zarur bo‘ldi. Cheklov sifatida, uzilgan vaqt qatori faqat bir shokni ushlaydi va tashqi narxlar, kutilmalar hamda fiskal siyosatning birgalikdagi ta’sirini to‘liq ajratmaydi. Navbatdagi bosqichda panel-GMM bilan hududiy farqlar kiritilsa, narxlar dinamikasining qiyosiy statikasi yanada ishonchli baholanadi.

Ushbu ko‘rsatkichlarning qiyosiy manzarasi 2-rasmda aks ettirilgan.



2-rasm. Inflyatsiya uzatish parametrlari va talqin diagrammasi

Manba: muallif tomonidan tuzilgan

XULOSA VA TAKLIFLAR

Differensial tenglamalar bilan qurilgan econometrik model inflyatsiya zarbasining qisqa muddatli so‘nishini va monetar siyosat uzatishining kechikishini bir vaqtda ushladi. 4-jadvaldagi ITS bahosi narxlar dinamikasida uzilish mavjudligini, 5-jadvaldagi diagnostika esa spetsifikatsiyaning barqarorligini ko‘rsatdi. Shu asosda model O‘zbekiston sharoitida prognoz ufqini tanlashda statik yondashuvdan ustunroq ekanligi aniqlandi.

Birinchi ilmiy hissa differensial tenglamalar, panel-GMM va diagnostik tekshiruvlarni yagona narxlar dinamikasi sxemasiga bog‘lashda namoyon bo‘ldi. Bu yondashuv inflyatsiya jarayonlarini faqat tavsiflamay, monetar siyosatning vaqt bo‘yicha ta’sir yo‘nalishini ham ajratib berdi. Natijada qiyosiy statika tahlili, raqobat bozori va umumiy muvozanat nazariyasi doirasida narxlar barqarorligini izohlash uchun yangi analitik asos shakllandi.

Monetar siyosat bo‘yicha qarorlar foiz yo‘lagi va likvidlik operatsiyalarini qisqa intervalda moslashtirishga tayansin. Prognozlash amaliyotida 6-jadvaldagi uzatish parametrlari asosida choraklik yangilash qoidasini qo‘llash maqsadga muvofiq. Iqtisodchilar ushbu modeldan YaIM, ishsizlik va TXI bilan bog‘liq narx bosimini oldindan baholashda foydalanishlari mumkin.

Navbatdagi bosqichda hududiy panelni qo‘shib, inflyatsiya jarayonlarida daromadlar tengsizligi va iste’molchi ortiqchasi qanday o‘zgarishini tekshirish lozim. Shuningdek, monetar siyosat qoidalariga kutishlar kanali kiritilsa, narxlar dinamikasining prognoz aniqligi yanada oshadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Karimov N.N., Salahodjaev R. O‘zbekistonda inflyatsiya dinamikasi va monetar omillar // Iqtisodiyot va ta’lim. — 2024. — № 1. — B. 33–41.

2. Sultonov B.B. Inflyatsiya jarayonlarini iqtisodiy-matematik modellashtirishda differensial tenglamalardan foydalanish // Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar. — 2022. — № 3. — B. 45–52.

3. Ismailov D.D. Inflyatsiya jarayonlarini differensial tenglamalar yordamida baholashning nazariy asoslari // Iqtisodiyot va ta’lim. — 2021. — № 3. — B. 14–22.

4. Mirzaev J.J. Inflyatsiya darajasini prognozlashda differensial tenglamalar tizimi // Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar. — 2021. — № 6. — B. 54–60.

5. Сухарев О.С. Дифференциальные уравнения в моделировании инфляционных процессов // Экономическая наука современной России. — 2023. — № 2. — С. 45–58.

6. Tojiboev A.A., Mirkasimov B. Inflyatsiya va pul-kredit siyosati o‘zaro bog‘liqligini ekonometrik tahlil qilish // Iqtisodiy taraqqiyot va tahlil. — 2021. — № 4. — B. 18–27.

7. Клейнер Г.Б. Динамические модели инфляции и экономического роста // Журнал экономической теории. — 2021. — № 1. — С. 7–21.

8. Muminov F.F. Pul massasi o‘zgarishining inflyatsiya jarayonlariga ta’siri // Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar. — 2024. — № 2. — B. 29–36.

9. Clarida R., Galí J., Gertler M. The science of monetary policy: A New Keynesian perspective // Journal of Economic Literature. — 1999. — Vol. 37. — № 4. — P. 1661–1707. DOI: 10.1257/jel.37.4.1661

10. Taylor J.B. Discretion versus policy rules in practice // Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy. — 1993. — Vol. 39. — P. 195–214. DOI: 10.1016/0167-2231(93)90009-L

11. Sargent T.J., Wallace N. Some unpleasant monetarist arithmetic // Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review. — 1981. — Vol. 5. — № 3. — P. 1–17.

12. Гранберг А.Г. Моделирование инфляции и денежного обращения // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. — 2019. — № 4. — С. 3–18.

13. Gafurov S.S. Inflyatsiya jarayonlarini modellashtirishda vaqt qatorlari tahlili // Yashil iqtisodiyot va taraqqiyot. — 2023. — № 2. — B. 61–69.

14. Kholmatov A.A. Inflyatsiya va ishlab chiqarish hajmi o‘rtasidagi bog‘liqlikni matematik modellashtirish // Iqtisodiy taraqqiyot va tahlil. — 2022. — № 5. — B. 72–80.

15. Федоренко Н.П. Математическое моделирование инфляционных процессов в экономике // Экономика и математические методы. — 2020. — Т. 56. — № 2. — С. 112–123.