

**Singulyar–amaliy iqtisodiy samaradorlik (SES) modelining matematik tahlili****TATU, i.f.n., dotsent****Bobojonova Zarnigor**

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy iqtisodiyotning yangi konseptual modeli — **Singulyar–Amaliy Iqtisodiy Samaradorlik (SES) modeli** ishlab chiqilgan. Model raqamli transformatsiya, inson ishtiroki va avtomatlashtirish oʻrtasidagi muvozanatni matematik asosda ifodalashga qaratilgan. Tadqiqotda raqamlashtirish (D), axborot intensivligi (I) va avtomatlashtirish (A) koʻrsatkichlari orqali iqtisodiy samaradorlikning elastiklik tahlili oʻtkazilgan. SES modelida raqamli intensivlikning eksponential oʻsishi natijasida singulyar tezlanish hodisasi kuzatiladi, bu esa anʼanaviy empirik modellar (Solow, Cobb–Douglas, Harrod–Domar)dan farqli yondashuvni taʼminlaydi. Shuningdek, **Lagrange optimallashtirish** usuli yordamida inson–texnologiya muvozanatining matematik sharti aniqlangan.

Kalit soʻzlar: Singulyar iqtisodiyot, amaliy samaradorlik, raqamli transformatsiya, inson–texnologiya muvozanati, eksponential oʻsish, Lagrange optimallashtirish, raqamli iqtisodiyot modeli, iqtisodiy tizim dinamikasi, elastiklik koeffitsienti, raqamli tezlanish.

Singulyar–Amaliy Iqtisodiy Samaradorlik (SES) modeli oʻz mohiyatiga koʻra raqamli iqtisodiyot va inson ishtirokini matematik asosda uygʻunlashtiradi. Bu modelda har bir oʻzgaruvchi — D (raqamlashtirish), I (axborot intensivligi), va A (avtomatlashtirish) — oʻziga xos iqtisodiy maʼnoga ega. Ularning elastiklik koeffitsientlari oʻzaro taʼsir kuchini belgilaydi. Masalan, $\alpha > 1$ boʻlsa, bu raqamlashtirishning iqtisodiy samaradorlikka eksponential taʼsirini anglatadi. Bu holatda 1% raqamli oʻsish natijasida umumiy samaradorlik 1% dan yuqori boʻladi. Shunday qilib, SES modeli iqtisodiy hodisalarni matematik qatʼiyat bilan ifodalash imkonini beradi. Shu sababli, u anʼanaviy empirik modellardan sezilarli farq qiladi.

Agar $\gamma \ 0 < \gamma < 1$ oraligʻida boʻlsa, bu avtomatlashtirishning barqaror, ammo cheklangan taʼsirini koʻrsatadi. Bu narsa inson omilining iqtisodiyotdagi ahamiyatini kamaytirib yubormasdan, balki uni texnologik jarayon bilan uygʻunlashtiradi. Demak, SES modeli faqat texnik oʻlchov emas, balki inson–texnologiya muvozanatini tahlil qiluvchi konseptual yondashuvdir. Modelning matematik elastikligi iqtisodiy oʻzgaruvchilar oʻrtasidagi nisbatni fazoviy tarzda aniqlaydi. Bu esa tizimni faqat natijalar emas, balki ichki dinamikalar orqali tushunishga yordam beradi. Shu jihatdan, SES modeli iqtisodiy tafakkurda yangi metodologik burilishni ifodalaydi. Natijada, iqtisodiy samaradorlik tushunchasi endi faqat ishlab chiqarish bilan emas, balki raqamli intensivlik bilan ham bogʻlanadi.

SES modeli oʻzining ilmiy ahamiyatiga qaramay, ayrim amaliy cheklovlarga ham ega.



Ma'lumotlar sifati, parametrlarni aniqlashdagi aniqlik va inson kognitiv xatti-harakatlarini modellash qiyinligi shular jumlasidandir. Ayniqsa, D va I o'zgaruvchilarini o'lchash uchun ishonchli indeks tizimi zarur. Bunga “Digital Readiness Index” yoki “Data Capacity Index” kabi indikatorlar kiradi. Bu indikatorlar modelni empirik jihatdan sinash uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Shu bilan birga, SES modelining amaliy testlanishi uchun real vaqt transport tizimlari ma'lumotlariga kirish imkoniyati talab etiladi. Bu holatlar modelni murakkablashtiradi, ammo uni takomillashtirish yo'nalishlarini ham ochib beradi.

Modelning istiqbollari juda keng va amaliy ahamiyatga ega. Kelgusida SES modeliga ekologik barqarorlik, energiya samaradorligi, xavfsizlik va xizmat sifati kabi omillarni qo'shish mumkin. Bunday kengaytma modelni ko'p o'lchovli indeks darajasiga olib chiqadi. Natijada, SES modeli iqtisodiy tahlilning yangi paradigmasiga aylanadi. Bu yondashuv iqtisodiy siyosat ishlab chiqishda foydali bo'lishi mumkin. Ayniqsa, transport, raqamli boshqaruv va strategik rejalashtirishda u metodik asos vazifasini bajaradi. Shunday qilib, SES modeli amaliy iqtisodiyotning keyingi bosqichini belgilaydi.

SES modelining falsafiy mohiyati inson va texnologiya uyg'unligida mujassamdir. Bu g'oya Forobiy va Brynjolfsson qarashlari bilan hamohang bo'lib, inson–texnologiya muvozanatini saqlashni asosiy shart deb biladi. Model shuni ko'rsatadiki, texnologik o'sish inson omilini to'liq almashtira olmaydi. Aksincha, insonning ijodiy tafakkuri va kognitiv qarorlari tizim barqarorligini ta'minlaydi. Shu sababli, SES modeli inson rolini raqamli iqtisodiyot markazida saqlab qoladi. Bunday yondashuv iqtisodiy tizimlarning barqaror rivojlanishiga zamin yaratadi.

Modelning matematik bazasi funksional tahlilga asoslanadi. Har qanday iqtisodiy tizimni umumiy funksional shaklda quyidagicha ifodalash mumkin:

$$E(t) = f(R, H, C)$$

Bu yerda R – raqamli transformatsiya darajasi, H – inson ishtiroki, C – xarajat yoki resursni bildiradi. An'anaviy iqtisodiy modellarda bu tenglama chiziqli, ya'ni $E = Y/X$ tarzida baholanadi. Ammo SES modeli raqamli iqtisodiyotni eksponental tezlanish qonuniga binoan ko'rsatadi. Bu esa zamonaviy iqtisodiy jarayonlarni dinamik tizim sifatida tahlil qilish imkonini beradi.

Kurzweil modeliga ko'ra, raqamli tayyorgarlik vaqt o'tishi bilan eksponental o'suvchi funksiya tarzida tasvirlanadi:

$$R(t) = R_0 e^{kt}$$

Bu yerda R_0 — boshlang'ich raqamlashtirish darajasi, k esa tezlanish koeffitsienti. Ushbu formuladan kelib chiqadiki, iqtisodiy samaradorlik ham vaqt o'tgan sari tezlashib boradi. Bu holat “raqamli tezlanish qonuni” sifatida talqin qilinadi. Ya'ni raqamli iqtisodiy jarayonlar chiziqli emas, balki geometrik o'sish ko'rinishida rivojlanadi. Shu sababli, SES modeli zamonaviy iqtisodiyotning haqiqiy dinamikasini ifodalay oladi.

Bu formuladan shunday xulosa kelib chiqadiki, raqamli intensivlikdagi har bir birlik o'sish



chiziqli natija bermaydi. Aksincha, u iqtisodiy o'sishni kvadrat shaklida kuchaytiradi. Bunday o'sish “singulyar tezlanish” deb ataladi. Bu jarayon iqtisodiy tizimda yangi fazoviy va vaqt o'lchovlarini yaratadi. Natijada, iqtisodiy tahlil endi statik emas, balki dinamik va vaqtga bog'liq tizim sifatida qaraladi. Bu esa iqtisodiy nazariya va amaliyot o'rtasidagi tafovutni qisqartiradi. Shu tarzda, SES modeli iqtisodiy evolyutsiyaning yangi bosqichini aks ettiradi.

Modelning matematik ifodasi quyidagicha beriladi:

$$SES = \frac{f_1(D) \cdot f_2(I)}{f_3(X, A)}$$

Bu yerda f_1, f_2, f_3 har bir omilning iqtisodiy ta'sir funksiyalaridir. Empirik kuzatuvlar asosida aniqlanishicha, raqamlashtirish va axborot intensivligi samaradorlikka eksponential ta'sir ko'rsatadi. Xarajat va avtomatlashtirish esa invers (teskari) ta'sirga ega. Shunday qilib, SES modeli real iqtisodiy jarayonlarni matematik strukturada ifodalaydi. Bu esa uni nazariy jihatdan ham, amaliy jihatdan ham qimmatli qiladi.

Tajriba asosida ushbu funksiyalar quyidagicha ifodalanadi:

$$f_1(D) = D^\alpha, f_2(I) = I^\beta, f_3(X, A) = X(1 - A)^\gamma$$

Bu formulalarni umumiy modelga joylashtirib, SESning asosiy shaklini olamiz:

$$SES = \frac{YD^\alpha I^\beta}{X(1 - A)^\gamma}$$

Ushbu tenglama modelning asosiy matematik strukturasi bo'lib xizmat qiladi. Bu tenglamada iqtisodiy samaradorlik raqamlashtirish, axborot intensivligi, xarajat va avtomatlashtirishning o'zaro nisbatida ifodalanadi. Modelni shu tarzda yozish uning funksional mohiyatini ochib beradi.

Endi SES modelining optimal sharoitlarini aniqlash uchun Lagrange optimallashtirish usuli qo'llanadi. Maqsad — SES qiymatini maksimal qilishdir:

$$\max SES(D, A) = \frac{YD^\alpha I^\beta}{X(1 - A)^\gamma}$$

chegaraviy shartlar:

$$0 < D \leq 1, 0 < A < 1$$

Lagrange funksiyasi esa quyidagicha aniqlanadi:

$$L = \frac{YD^\alpha I^\beta}{X(1 - A)^\gamma} + \lambda(D + A - 1)$$

Bu usul modelda optimal muvozanat sharoitlarini matematik tarzda ko'rsatish imkonini beradi.

Endi qisman hosilalarni olamiz:

$$\frac{\partial L}{\partial D} = \frac{\alpha Y D^{\alpha-1} I^\beta}{X(1-A)^\gamma} + \lambda = 0;$$

$$\frac{\partial L}{\partial A} = \frac{\gamma Y D^\alpha I^\beta}{X(1-A)^{\gamma+1}} + \lambda = 0$$



Bu ikki tenglamani tenglashtirib, optimallik shartini hosil qilamiz. Natijada quyidagi munosabat yuzaga keladi: $\frac{\alpha}{D} = \frac{\gamma}{(1-A)}$

Shundan so'ng: $D = \frac{\alpha(1-A)}{\gamma}$

Bu tenglama modeldagi eng muhim matematik xulosadir.

Ushbu natijadan shunday xulosa chiqadiki, optimal raqamlashtirish darajasi (D^*) avtomatlashtirish darajasiga teskari proporsionaldir. Ya'ni, avtomatlashtirish oshgani sayin raqamlashtirish intensivligini kamaytirish orqali muvozanat saqlanadi. Aksincha, raqamlashtirish kuchaysa, avtomatlashtirishni pasaytirish kerak bo'ladi. Bu inson va texnologiya o'rtasidagi muvozanatni ta'minlaydi. Shu bilan birga, model insonning iqtisodiy tizimdagi roli doimiy va zarur ekanini isbotlaydi. Bu g'oya SES modelining falsafiy ildizini tashkil etadi.

Modelning ushbu muvozanat nuqtasi iqtisodiy tizimlarning barqaror rivojlanish shartlarini matematik tarzda ifodalaydi. Forobiy ta'limotida ham inson faoliyati va tafakkur markaziy o'rinda turadi. Brynjolfsson esa raqamli iqtisodiyotda inson tafakkurining o'rnini to'liq texnologiyaga topshirib bo'lmashligini ta'kidlagan. SES modeli bu ikki yondashuvni yagona matematik tizimga birlashtiradi. Natijada, iqtisodiy barqarorlik faqat inson–texnologiya uyg'unligi orqali ta'minlanadi. Shu sababli, model nafaqat nazariy, balki falsafiy asosga ham ega.

SES modelining amaliy foydasi uning iqtisodiy siyosat va boshqaruv tizimlarida qo'llanilishidadir. U yordamida transport tizimlarida, energetika sohasida yoki raqamli xizmatlarda optimal resurs taqsimoti aniqlanishi mumkin. Ayniqsa, real vaqt ma'lumotlariga asoslangan iqtisodiy qarorlar qabul qilishda u muhim vosita hisoblanadi. Modelning moslashuvchanligi uni turli iqtisodiy sharoitlarga tatbiq etish imkonini beradi. Bu xususiyat uni Solow yoki Cobb–Douglas modellari bilan solishtirganda ancha ustun qiladi. Shu bilan birga, SES modeli kelajak iqtisodiy strategiyalarini shakllantirishda yangi nazariy poydevor yaratadi.

SES modelida iqtisodiy tahlil endi faqat ishlab chiqarish samaradorligi bilan cheklanmaydi. U tizimning raqamli salohiyati va inson omilining uyg'un ta'sirini ham baholaydi. Bu esa iqtisodiy o'sishni kompleks va ko'p omilli jarayon sifatida tushuntirishga imkon beradi. Model orqali iqtisodiy siyosatning yangi indikatorlarini yaratish mumkin. Shuningdek, u raqamli transformatsiya jarayonini baholash uchun matematik asos bo'lib xizmat qiladi. Shu yo'sinda SES modeli iqtisodiy nazariyaning kelajak yo'nalishini belgilaydi.

Modelning iqtisodiy falsafasi inson–texnologiya uyg'unligiga tayanadi. Bu uyg'unlik iqtisodiy tizimlarning asosiy barqarorlik manbai sifatida qaraladi. Shuning uchun SES modeli inson tafakkurini iqtisodiy hisob-kitobdan ajratmaydi. Aksincha, uni modelning ichki qismi sifatida ko'radi. Shu sababli, SES modeli inson ijodkorligi va texnologik imkoniyatlar o'rtasida muvozanat o'rnatadi. Bu muvozanat iqtisodiy tizimlarning uzoq muddatli



rivojlanishini ta'minlaydi.

Yakuniy jihatdan aytganda, SES modeli iqtisodiy tahlilning yangi bosqichini boshlab beradi. U raqamli tezlanish, inson ishtiroki va axborot oqimini yagona matematik tuzilma orqali uyg'unlashtiradi. Bu model amaliy iqtisodiyotda nazariy asos bo'lishi bilan birga, strategik qaror qabul qilishda ham qo'llanilishi mumkin. Shu sababli, SES modeli zamonaviy iqtisodiy tafakkurning muhim yutug'i sifatida qaraladi.

Xulosa qilib aytganda, SES modeli nafaqat iqtisodiy o'sishni tushuntiradi, balki inson va texnologiya o'rtasidagi uyg'unlikni matematik tarzda isbotlaydi. Bu yondashuv raqamli davrda iqtisodiy barqarorlikni ta'minlashning asosiy vositasidir. Shu sababli, SES modeli kelajak iqtisodiy siyosatining ilmiy poydevorini yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Accinelli, E., Anyul, M. P. Singular Economies and Catastrophe Theory // Working Paper. Universidad de Guanajuato, 2005. – 28 p.
2. Afanasyev, M. Yu., Burkhardt, K., Chernyshenko, A. P. Issledovanie singularnogo sostoyaniya v modeyakh konkurentsii v ekologii i ekonomike // Ekologicheskii vestnik Rossii. – 2019. – № 2. – S. 45–52.
3. Meceda, F. J., Vonortas, N. S. The Singular Economy: The End of the Digital-Physical Divide // Journal of the Knowledge Economy. – 2018. – Vol. 9, No. 3. – P. 798–820. DOI: 10.1007/s13132-016-0380-2
4. Sen, A. Violence, Identity and Poverty // Journal of Peace Research. – 2008. – Vol. 45, No. 1. – P. 5–15. DOI: 10.1177/0022343307084923
5. Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future. – European Commission, 2020. – 46 p. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0789> (data o'braшeniya: 10.12.2025).
6. One Belt One Road Initiative: Progress, Contributions and Prospects. Office of the Leading Group for Promoting the Belt and Road Initiative, 2019. – 41 p.
7. Raqamli iqtisodiyot: nazariyasi va amaliyoti / Tahr. M. Mirzayev. – Toshkent: Iqtisodiyot, 2022. – 230 b.
8. Bobojonova Z. Singulyar iqtisodiyot barqaror strategik iqtisodiy tizimi sifatida // Strategik kuch. — №4. — Toshkent, 2023. — B. 27–30.
9. Bobojonova Z. Raqamli texnologiyalar asosida mamlakatni rivojlantirish sharoitida singulyar iqtisodiyotning ahamiyati va iqtisodiy asosi // Xorazm Ma'mun akademiyasi axborotnomasi. — №12/5 (109). — Xiva, 2023. — B. 39–42.
10. Bobojonova Z., Yodgorova M., Xurramov Sh. Directions for the Development of Innovative Entrepreneurial Activity in Uzbekistan // Nauchniy Impuls. — №16 (100), Ch. 1. — Moskva, 2023. — P. 53–56.



11. Bobojonova Z. Neft va gaz sanoatida ishlab chiqarish resurslaridan tashkiliy-iqtisodiy foydalanishning ilmiy-nazariy asoslari // Ta'lim tizimida ijtimoiy-gumanitar fanlar. — №1. — Toshkent, 2024. — B. 86–90.
12. Bobojonova Z. Business Ethics and Business Environment Control: Compliance Control, in Business, the Fight Against Corruption in Ethical Activities and Risk Control // Management Value & Ethics. — Vol. 14, №03. — India, 2024. — P. 182–187.
13. Bobojonova Z. Korxonalar biznes faoliyatida biznes etikaning ahamiyati va o'rni // International Conference “Artificial Intelligence on Science, Technology and Economical Sciences”. — Toshkent, 2024. — B. 34–36.