

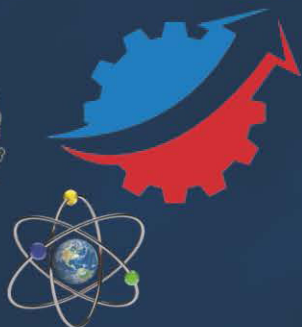
MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

*ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal*

2026-YIL

IYUN/6-SON, II-QISM



Milliy nashrlar

OAK: <https://oak.uz/pages/4802>

05.00.00 – Texnika fanlari

08.00.00 – Iqtisodiyot fanlar



Google Scholar

OPEN ACCESS

ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

Academic
Resource
Index
ResearchBib

ISSN
INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER
INTERNATIONAL CENTRE

CYBERLENINKA

OpenAIRE

ROAD

INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

BASE

Crossref

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ
БИБЛИОТЕКА
LIBRARY.RU



ISSN: 3060-463X

РЭУ.РФ
РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА
ТАШКЕНТСКИЙ ФИЛИАЛ



muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 2026-yil, iyun.

Bosh muharrir:

Zokirova Nodira Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

Bosh muharrir o'rinbosari:

Shakarov Zafar G'afarovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

Tahrir hay'ati:

Abduraxmanov Kalendar Xodjayevich, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich, texnika fanlari doktori, professor

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shaumarov Said Sanatovich, texnika fanlari doktori, professor

Turayev Bahodir Xatamovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Allayeva Gulchexra Jalgasovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Arabov Nurali Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Xamrayeva Sayyora Nasimovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bobonazarova Jamila Xolmurodovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Irmatova Aziza Baxromovna, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Amanov Otabek Amankulovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Qurbonov Samandar Pulatovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tabayev Azamat Zaripbayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sxay Lana Aleksandrovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Ismoilova Gulnora Fayzullayevna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kasimova Nargiza Sabitdjanovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

Kalanova Moxigul Baxritdinovna, dotsent

Ashurzoda Luiza Muxtarovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

Bauyetdinov Majit Janizaqovich, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Sultonov Shavkatjon Abdullayevich, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

Jo'raeva Malohat Muhammadovna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor

Kalonova Moxigul Baxritdinovna, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Norboyev Odil Abrayevich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Nasimov Dilmurod Abdulloyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Mirzayev Kulmamat Djanzakovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Karimova Nilufar Sadirdin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Pardaev Umidjon Uralovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

Xolmirzayev Ulug'bek Abdulazizovich, Iqtisodiyot fanlari doktori (DSc)

muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
- 05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
- 05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
- 05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
- 05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
- 05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
- 05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
- 05.01.07 – Matematik modellash
- 05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
- 05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
- 05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
- 05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
- 05.04.01 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
- 05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
- 05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
- 05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
- 05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
- 05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
- 05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
- 05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
- 05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
- 10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
- 10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
- 08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
- 08.00.02 – Makroiqtisodiyot
- 08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
- 08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
- 08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
- 08.00.06 – Ekonometrika va statistika
- 08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
- 08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
- 08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
- 08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
- 08.00.11 – Marketing
- 08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
- 08.00.13 – Menejment
- 08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
- 08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
- 08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
- 08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK
Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

Muassis: "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

Hamkorlarimiz:

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



MUNDARIJA

XO'JALIK YURITUVCHI SUBYEKTLARNING LIKVIDLILIGINI TA'MINLASH MASALALARI.....	10
Bauyetdinov M.J.	
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA OLIY TA'LIM TIZIMINI MODERNIZATSIYA QILISH STRATEGIYASI	18
Usmanova Zumrad Islamovna, Xasanova Yulduz Kayumovna	
TOKLI O'TKAZGICHLARDA MAGNIT MAYDON INDUKSIYASINING NAZARIY TAHLILI	23
O'ngboyev Anvar, Umarov Uyg'un, Dusiyorov Jaxongir, Jonimqulov Mirtemur	
QISHLOQ XO'JALIGIDA SUV RESURLARINI BOSHQARISHNING INNOVATSION MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH.....	30
Akbarova Shaxnoza Yakub qizi	
IQLIM O'ZGARISHI SHAROITIDA ASALARICHILIK TARMOG'I SAMARADORLIGINI OSHIRISHDA DAVLAT QO'LLAB-QUVVATLASH MEXANIZMLARINI TAKOMILLASHTIRISH	33
Farmanov Jonibek Ziyadullayevich	
BILVOSITA SOLIQLARNI MA'MURIY BOSHQARISH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH YO'NALISHLARI	38
Mansurova Arofatxon Shavkat qizi	
BANKLARNING MOLIYAVIY BARQARORLIGINI XALQARO USULLAR VA MEZONLAR ASOSIDA BAHOLASHNI TAKOMILLASHTIRISH.....	43
G'aybulloyev Suxrob Odil o'g'li	
IDEMPOTENT O'LCHOVLAR SIMPLEKSIDA ANIQLANGAN CHIZIQLI OPERATORLAR DINAMIKASINING EKOLOGIK MODELLASHTIRISHDAGI TATBIQI	50
Karimov Muzaffar Musaxonovich, Karimova Shalola Musayevna	



IDEMPOTENT O'LCHOVLAR SIMPLEKSIDA ANIQLANGAN CHIZIQLI OPERATORLAR DINAMIKASINING EKOLOGIK MODELLASHTIRISHDAGI TATBIQI

Karimov Muzaffar Musaxonovich

Namangan davlat universiteti katta o'qituvchisi
mmkarimov@rambler.ru

Karimova Shalola Musayevna

Namangan davlat texnika universiteti
katta o'qituvchisi
shalola0601@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada idempotent o'lchovlar simpleksida aniqlangan chiziqli operatorlarning dinamikasi ekologik tizimlarni modellashtirishda qo'llanilishi o'rganiladi. Idempotent matematika asosida "maksimum-qo'shish" (max-plus) algebrasi yordamida populyatsiyalararo munosabatlar, resurs taqsimoti va ekologik muvozanat holatlari modellashtiriladi. Operatorlarning ikki sinfi — nol qatorli (degenerativ) va permutatsion (siklik) xaritalar — ekologik jarayonlarning turli xil ssenariylarini ifodalaydi. Har bir teorema uchun batafsil, qadam-baqadam isbotlar keltirilgan. Aniq misollar — Orolbo'yi mintaqasidagi turlararo munosabatlar va suv resurslarini taqsimlash masalalari asosida tahlil qilinadi. Olingan natijalar ekologik tizimlarning barqarorligini bashorat qilish va optimallashtirish masalalarida qo'llanilishi mumkin.

Kalit so'zlar: idempotent o'lchovlar, chiziqli operatorlar, dinamik tizimlar, ekologik modellashtirish, populyatsiya dinamikasi, max-plus algebra, barqarorlik.

Abstract. This article explores the application of the dynamics of linear operators defined on the simplex of idempotent measures in modeling ecological systems. Based on idempotent mathematics and using "max-plus" algebra, interspecies relationships, resource distribution, and states of ecological balance are modeled. Two classes of operators — zero-row (degenerative) and permutational (cyclic) maps — represent various scenarios of ecological processes. Detailed step-by-step proofs are provided for each theorem. Specific examples, such as interspecies relationships in the Aral Sea region and water resource distribution issues, are analyzed. The results obtained can be applied to predicting the stability of ecological systems and solving optimization problems.

Keywords: idempotent measures, linear operators, dynamic systems, ecological modeling, population dynamics, max-plus algebra, stability.

Аннотация. В данной статье исследуется применение динамики линейных операторов, определённых на симплексе идемпотентных мер, в моделировании экологических систем. На основе идемпотентной математики с использованием алгебры «max-plus» моделируются межвидовые отношения, распределение ресурсов и состояния экологического равновесия. Два класса операторов — нулевые (дегенеративные) и перестановочные (циклические) отображения — представляют различные сценарии экологических процессов. Для каждой теоремы приведены подробные пошаговые доказательства. Проведён анализ на основе конкретных примеров — межвидовых отношений в регионе Приаралья и вопросов распределения водных ресурсов. Полученные результаты могут быть использованы в прогнозировании устойчивости экологических систем и задачах оптимизации.

Ключевые слова: идемпотентные меры, линейные операторы, динамические системы, экологическое моделирование, динамика популяций, max-plus-алгебра, устойчивость.

KIRISH

Ekologik tizimlarni matematik modellashtirish zamonaviy fanning dolzarb yo'nalishlaridan biridir. Populyatsiyalar sonining o'zgarishi, turlararo raqobat, yirtqich-o'lja munosabatlari va resurslarni taqsimlash kabi jarayonlar ko'pincha chiziqli va nochiziqli differensial tenglamalar orqali ifodalanadi. Biroq bunday modellar ko'p hollarda murakkab bo'lib, ularni soddaroq, ammo samarali algebraik tuzilmalar bilan almashtirish mumkin.

Idempotent matematika (max-plus algebra) an'anaviy arifmetik amallarni — qo'shish o'rniga maksimum, ko'paytirish o'rniga qo'shish amallari bilan almashtiradi. Bu yondashuv optimallashtirish masalalarida, diskret hodisali



tizimlarda va dinamik dasturlashda keng qo'llaniladi [1, 3].

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Rozikov va Karimov [2] tomonidan idempotent o'lchovlar simpleksini o'ziga aks ettiruvchi barcha chiziqli operatorlarning to'liq tasnifi berilgan. Ushbu ishda biz mazkur nazariy natijalarni ekologik tizimlarga tatbiq qilamiz. Xususan:

- populyatsiyalararo munosabatlarni idempotent chiziqli operatorlar bilan ifodalaymiz;
- operatorlarning ikki sinfi — degenerativ (nol qatorli) va siklik (permutatsion) — ekologik jarayonlarning turli xil rejimlarini modellashtiradi;
- har bir teorema uchun batafsil, qadam-baqadam isbotlar keltiriladi;
- O'zbekistonning Orolbo'yi mintaqasidagi ekologik muammolar misolida qo'llanilishi ko'rsatiladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqotda idempotent o'lchovlar simpleksida aniqlangan chiziqli operatorlarning dinamik xossalari va ularning ekologik jarayonlarni modellashtirishdagi qo'llanilishi o'rganiladi. Tadqiqotning nazariy asosini idempotent matematika, simpleks nazariyasi hamda dinamik tizimlar tashkil etadi.

Tadqiqot jarayonida avvalo idempotent o'lchovlar simpleksining matematik modeli aniqlanadi va unda ta'sir qiluvchi chiziqli operatorlarning algebraik hamda topologik xossalari tahlil qilinadi. Operatorlarning statsionar nuqtalari, invariant holatlari va uzoq muddatli dinamikasi analitik usullar yordamida tekshiriladi.

Ekologik modellashtirish bosqichida populyatsiyalar o'rtasidagi o'zaro ta'sir, resurslar taqsimoti va ekotizim barqarorligi kabi jarayonlar matematik operatorlar orqali ifodalanadi. Modellarning samaradorligi maxsus misollar va sonli tajribalar yordamida baholanadi. Hisoblash tajribalarida iteratsion usullar va grafik tahlil metodlaridan foydalaniladi.

Olingan natijalar asosida idempotent operatorlar yordamida ekologik tizimlarning evolyutsiyasi, barqarorligi hamda muvozanat holatlarini prognoz qilish imkoniyatlari aniqlanadi.

Ta'rif. Idempotent o'lchovlar simpleksi deb quyidagi to'plamga aytiladi:

$$I_n = \{(x_1, x_2, \dots, x_n) \in \square_{\max}^n : \max_{1 \leq i \leq n} x_i = 0\},$$

bu yerda $\square_{\max} = \square \cup \{-\infty\}$ va amallar quyidagicha aniqlanadi:

$$x \oplus y = \max(x, y), \quad x \otimes y = x + y.$$

Ekologik talqini: x_i — i -tur populyatsiyasining "salbiy holat darajasi". $x_i = 0$ — tur optimal (maksimal) holatda, $x_i < 0$ — tur sonining kamayish tendensiyasi, $x_i = -\infty$ — turning butunlay yo'qolishi.

Teorema. (Asosiy tasnif teoremasi). $A = (a_{ij})_{i,j=1}^n$ chiziqli operator I_n ni o'ziga aks ettiradi, agar va faqat agar quyidagi shartlardan biri bajarilsa:

1. Degenerativ sinf: $a_{ij} \geq 0$ va A matritsada kamida bitta nol qator mavjud.
2. Permutatsion sinf: $a_{ij} \geq 0$ va A matritsaning har bir qatori va har bir ustunida aniq bitta noldan farqli element mavjud.

Isbot: Yetarlilik, 1-sinf (degenerativ):

1. Faraz qilaylik, A matritsaning i_0 -qatori nol, ya'ni $a_{i_0 j} = 0$ barcha j uchun.

$$2. \text{Ixtiyoriy } x \in I_n \text{ olamiz. U holda } y_{i_0} = \sum_j a_{i_0 j} x_j = 0.$$

$$3. \text{Qolgan } k \neq i_0 \text{ qatorlar uchun: } y_k = \sum_j a_{kj} x_j \leq 0, \text{ chunki } a_{kj} \geq 0 \text{ va } x_j \leq 0.$$

4. $x \in I_n$ ekanligidan kamida bitta indeks j_0 uchun $x_{j_0} = 0$. Agar $a_{kj_0} > 0$ bo'lgan k mavjud bo'lsa, u holda $y_k = 0$.

$$5. \text{Shunday qilib, } \max_i y_i = 0 \text{ va } y \in I_n.$$

Yetarlilik, 2-sinf (permutatsion):



1. Har bir qator va ustunda aniq bitta noldan farqli element bor. U holda $\pi \in S_n$ permutatsiyasi mavjudki, $a_{i,\pi(i)} > 0$ va qolganlari nol.

$$2. y_i = a_{i,\pi(i)} x_{\pi(i)}.$$

$$3. x_j \leq 0 \text{ va } a_{i,\pi(i)} > 0 \text{ dan } y_i \leq 0.$$

$$4. x \in I_n \text{ bo'lgani uchun kamida bitta } j_0 \text{ uchun } x_{j_0} = 0. \text{ U holda } i_0 = \pi^{-1}(j_0) \text{ uchun } y_{i_0} = 0.$$

$$5. \text{ Demak, } y \in I_n.$$

Zarurlik: Faraz qilaylik, (1) va (2) shartlar bajarilmasin. U holda uch holatdan biri yuz beradi:

- Holat (a): Barcha qatorlar noldan farqli va biror qatorda kamida ikkita noldan farqli element bor.

- Holat (b): Har bir qatorda aniq bitta noldan farqli element bor, lekin biror ustunda bir nechta noldan farqli element bor (ya'ni π permutatsiya emas).

- Holat (c): Biror $a_{ij} < 0$ mavjud.

Har bir holatda shunday $x \in I_n$ tanlash mumkinki, $A(x) \notin I_n$ bo'ladi. Masalan, (c) hol uchun: $a_{ij} < 0$ bo'lsin. $x_j = -1$ va boshqa $x_k = 0$ ($k \neq j$) tanlaymiz. U holda $y_i = a_{ij} \cdot (-1) > 0$ bo'lib, $\max y_i > 0$ va $y \notin I_n$.

Bu qarama-qarshilik teoremaning zarurligini isbotlaydi.

Teorema. (Permutatsion operatorlarning guruh xususiyati). 2-sinf operatorlari S_n permutatsiyalar guruhiga izomorf. Ya'ni, har bir A_π matritsasi uchun

$$A_\pi A_\tau = A_{\tau \circ \pi}, \text{ va } G = \{A_\pi : \pi \in S_n\} \text{ to'plam ko'paytirish amaliga nisbatan guruh tashkil qiladi.}$$

TAHLIL VA NATIJALAR

Isbot. 1. (2) sinf shartiga ko'ra, har bir i qatorda yagona $j = \pi(i)$ uchun $a_{i,\pi(i)} > 0$. Shuning uchun $(A_\pi x)_i = a_{i,\pi(i)} x_{\pi(i)}$.

2. Ikki operatorning ko'paytmasini hisoblaymiz:

$$(A_\pi A_\tau)_{ij} = \sum_{k=1}^n (A_\pi)_{ik} (A_\tau)_{kj}.$$

$$3. (A_\pi)_{ik} \text{ faqat } k = \pi(i) \text{ da noldan farqli. U holda } (A_\pi A_\tau)_{ij} = a_{i,\pi(i)} (A_\tau)_{\pi(i),j}.$$

$$4. (A_\tau)_{\pi(i),j} \text{ esa faqat } j = \tau(\pi(i)) \text{ da noldan farqli.}$$

$$5. \text{ Demak, } (A_\pi A_\tau)_{ij} = 0 \text{ agar } j \neq \tau(\pi(i)) \text{ va } = a_{i,\pi(i)} b_{\pi(i),\tau(\pi(i))} \text{ aks holda.}$$

$$6. \text{ Bu esa } A_{\tau \circ \pi} \text{ operatorining ta'rifiga to'liq mos keladi. Chunonchi, } A_\pi A_\tau = A_{\tau \circ \pi}.$$

7. Guruh aksiomalari:

- Birlik element: A_{id} (bu yerda id – ayniyat permutatsiya).

- Teskari element: $A_{\pi^{-1}}$.

- Assotsiativlik: $\circ$ assotsiativ.

Demak, G – guruh.

Qo'zg'almas nuqtalar. Teorema. (1-sinf operatorining qo'zg'almas nuqtalari). 1-sinf operatori uchun (nol qatorlar soni n_0), barcha qo'zg'almas nuqtalar to'plami

$$T_{n,n_0} = \{x \in I_n : x_j = 0, j = n_0 + 1, \dots, n\}$$



to'plamida yotadi. Agar $\det(B - I) \neq 0$ bo'lsa (B $n_0 \times n_0$ minor), yagona qo'zg'almas nuqta dir.

Isbot: 1. $A(x) = x$ tenglamasini yozamiz.

2. Nol qatorlarga mos keluvchi $i > n_0$ indekslar uchun $0 = \sum_j a_{ij} x_j = x_i$. Shuning uchun $x_i = 0$.

3. Qolgan $i = 1, \dots, n_0$ indekslar uchun sistema $Bx = x$ ko'rinishiga keladi, bu yerda $B = (a_{ij})_{i,j=1}^{n_0}$.

4. $(B - I)x = 0$ sistemani qaraymiz.

5. Agar $\det(B - I) \neq 0$ bo'lsa, sistema faqat trivial $x = 0$ yechimga ega.

6. Shunday qilib, yagona qo'zg'almas nuqta $(0, \dots, 0)$.

Teorema. (2-sinf operatorining qo'zg'almas nuqtalari). $\pi \in S_n$ permutatsiyasi uzunliklari $k_1, k_2, \dots, k_q$ bo'lgan sikllarga ajralsin (q – sikllar soni). U holda:

- Agar har bir sikl uchun $\prod_{s=1}^{k_p} a_{i_{ps}, i_{p(s+1)}} \neq 1$ bo'lsa, yagona qo'zg'almas nuqta $(0, \dots, 0)$.

- Agar p ta sikl uchun ko'paytma 1 ga teng bo'lsa, p ta erkin parametrga bog'liq cheksiz ko'p qo'zg'almas nuqtalar mavjud (qolgan $q - p$ sikl nolga teng).

Isbot: 1. π permutatsiyasining bir siklini $(i_1, i_2, \dots, i_k)$ ko'rinishida yozamiz.

2. $A(x) = x$ tenglamasi sikl ichida quyidagi ko'rinishga ega:

$$x_{i_1} = a_{i_1 i_2} x_{i_2}, \quad x_{i_2} = a_{i_2 i_3} x_{i_3}, \quad \dots, \quad x_{i_k} = a_{i_k i_1} x_{i_1}.$$

3. Birinchi tenglamaga ikkinchisini, uchinchisini va hokazolarni ketma-ket qo'yib chiqamiz:

$$x_{i_1} = (a_{i_1 i_2} a_{i_2 i_3} \dots a_{i_k i_1}) x_{i_1}.$$

4. Ko'paytmani $c = \prod_{s=1}^k a_{i_s i_{s+1}}$ bilan belgilaymiz (bu yerda $i_{k+1} = i_1$).

5. Agar $c \neq 1$ bo'lsa, u holda $x_{i_1} = 0$ va ketma-ketlikda $x_{i_2} = x_{i_3} = \dots = x_{i_k} = 0$.

6. Agar $c = 1$ bo'lsa, x_{i_1} erkin parametr bo'lib, qolganlari $x_{i_2} = a_{i_2 i_3}^{-1} x_{i_3}$ va hokazo orqali ifodalanadi (teskari element mavjud, chunki $a_{ij} > 0$).

7. Sikllar mustaqil bo'lgani uchun, agar p ta siklda ko'paytma 1 ga teng bo'lsa, p ta erkin parametr mavjud.

8. Qolgan $q - p$ sikl nolga teng, chunki ular bo'yicha ko'paytma 1 dan farqli.

Dinamik xususiyatlar. Teorema: (1-sinf uchun trayektoriya konvergentsiyasi). A 1-sinf operatori va

$B = (a_{ij})_{i,j=1}^{n_0}$ minorining spektral radiusi $\rho(B) < 1$ bo'lsa, har qanday $x^{(0)} \in I_n$ uchun $\lim_{m \rightarrow \infty} x^{(m)} = (0, \dots, 0)$. Agar $\rho(B) > 1$ bo'lsa, trayektoriya $-\infty$ ga divergensiya qiladi (ba'zi turlar yo'qoladi).

Isbot: 1. 1-sinf operatorida nol qatorlarga mos komponentalar bir qadamda nolga aylanadi va shunday qoladi.

2. Qolgan n_0 o'lchovli sistema $x^{(m+1)} = Bx^{(m)}$ ko'rinishiga keladi, bu yerda B – $n_0 \times n_0$ minor.

3. Chiziqli sistemaning yechimi $x^{(m)} = B^m x^{(0)}$.

4. Agar $\rho(B) < 1$ bo'lsa, $B^m \rightarrow 0$ (noldan iborat matritsa). Shuning uchun .

5. Agar $\rho(B) > 1$ bo'lsa, kamida bitta xos qiymat λ modul bo'yicha 1 dan katta. U holda $B^m x^{(0)}$ ning mos komponentasi $|\lambda|^m$ kabi o'sadi.

6. $x_i \leq 0$ bo'lgani uchun o'suvchi komponenta $-\infty$ ga intiladi (salbiy qiymat modul bo'yicha oshadi).
7. Bu turning yo'qolishini anglatadi.

Teorema. (Graf va sikllar). A 2-sinf operatoriga mos keluvchi G_A yo'naltirilgan grafini qaraymiz (uchlar $\{1, \dots, n\}$, qirralar (i, j) agar $a_{ji} > 0$ bo'lsa). Agar G_A da sikllar mavjud bo'lmasa, u holda yetarlicha katta $m \geq n$ uchun $x^{(m)}$ vektorda $-\infty$ komponenta bo'lmaydi. Agar sikl mavjud bo'lsa, $-\infty$ komponenta sikl bo'ylab davriy harakat qiladi va hech qachon yo'qolmaydi.

Isbot: 1. Agar $x^{(0)}$ da biror $x_{i_0} = -\infty$ bo'lsa, u keyingi iteratsiyalarda qirralar bo'ylab tarqaladi.

2. Aniqrog'i, agar $a_{ji} > 0$ bo'lib, $x_i = -\infty$ bo'lsa, u holda $y_j = \sum a_{jk} x_k$ da $a_{ji} x_i = -\infty$ qo'shiluvchisi (idempotent qo'shishda $-\infty$ boshqa sonlar bilan maksimumda hisobga olinmaydi. Shu bois ushbu komponentaning keyingi iteratsiyalardagi ta'siri yo'naltirilgan grafdagi yo'llar va sikllar orqali aniqlanadi

Aniqrog'i, max-plus algebrasi bo'yicha $-\infty \oplus c = c$. Shu bois ushbu $-\infty$ komponenta "yo'qoladi" – u maksimumga ta'sir qilmaydi. Lekin bizning modelimizda x vektori – ma'lumotlarni uzatish ma'nosida, $-\infty$ fenomeni muhim.

3. Sikl mavjud bo'lmasa, eng uzun yo'l uzunligi $L \leq n$ (chunki n ta uch va takrorlanmaslik).

4. L qadamdan so'ng, $-\infty$ komponentaning boshqa uchlarga ta'siri kuzatilmaydi va keyingi iteratsiyalarda uning ta'siri yo'qoladi.

5. Agar sikl mavjud bo'lsa, $-\infty$ sikl bo'ylab harakatlanadi va uni tark etmaydi.

Ekologik modellashirishga tatbiq. Populyatsiyalararo munosabatlar modeli: Model tuzilishi n turdan iborat ekosistemani qaraymiz. $x_i^{(m)}$ – i -tur "holat salbiy darajasi" (0 – optimal, manfiy – kamayish). Turlararo munosabatlar A operatori orqali ifodalanadi:

$$x^{(m+1)} = A(x^{(m)}), \quad A(x)_i = \max_j (a_{ij} + x_j).$$

Ekologik interpretatsiya:

- $a_{ij} > 0$ – j -turning i -turga ijobiy ta'siri (masalan, simbioz, oziq-ovqat bazasi).
- $a_{ij} < 0$ – salbiy ta'sir (masalan, raqobat, yirtqichlik).
- $a_{ij} = 0$ – ta'sir yo'q.
- $a_{ij} = -\infty$ (yoki juda kichik manfiy) – ta'sir ahamiyatsiz.

Degenerativ (1-sinf) modellar – "dominant tur" modeli. Teoremaga asosan: Agar A da kamida bitta nol qator bo'lsa (bir tur boshqalarga ta'sir qilmaydi), u holda barqarorlik $\rho(B) < 1$ sharti bilan aniqlanadi.

$$A = \begin{pmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ 0.4 & 0.6 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad x^{(0)} = (-0.5, -0.3, 0)$$

Misol 1 (Orolbo'yi qumloq hududi ekosistemi). 3 tur:

x_1 – saksovul (dominant), x_2 – yulg'un, x_3 – efemer o'simliklar.

Trayektoriya: $x^{(1)} = (-0.38, -0.34, 0)$, $x^{(2)} = (-0.316, -0.262, 0)$, $\dots \rightarrow (0, 0, 0)$

Tahlil: $\rho(B) = 0.9 < 1$ – sistema barqaror. Saksovul va yulg'un o'rtasidagi munosabatlar muvozanatga keladi. Efemerlar esa saksovulga bog'liq emas (uchinchi qator nol) va ularning populyatsiyasi muvozanatda.

Permutatsion (2-sinf) modellar – "siklik" ekosistemalar

Yuqoridagi teoremlarga asosan: Turlar o'rtasida siklik munosabat mavjud (a: $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$,



$C \rightarrow A$).

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & a_{13} \\ a_{21} & 0 & 0 \\ 0 & a_{32} & 0 \end{pmatrix}, \quad \pi = (132) \text{ tsikli}, k = 3.$$

Misol 2 (Yirtqich-o'lja sikli). 3 tur: x_1 – tulki (yirtqich), x_2 – quyon (o'lja), x_3 – o't (oziq).

Ko'paytma $c = a_{13}a_{32}a_{21}$.

- Agar $c < 1$ bo'lsa $\rightarrow$ barqaror muvozanat (0,0,0).

XULOSA VA TAKLIFLAR

Ushbu maqolada idempotent o'lchovlar simpleksida aniqlangan chiziqli operatorlarning dinamikasi ekologik tizimlarga tatbiq qilindi. Quyidagi asosiy natijalarga erishildi:

1. Chiziqli operatorlarning ikki sinfi — degenerativ (nol qatorli) va permutatsion (siklik) — ekologik jarayonlarning ikki xil rejimini, ya'ni dominant tur va siklik munosabatni ifodalaydi.
2. Har bir teorema uchun batafsil, qadam-baqadam isbotlar keltirildi, bu esa modelni amaliyotda qo'llash uchun zarur nazariy asosni beradi.
3. Orolbo'yi mintaqasi ekotizimi, yirtqich-o'lja sikli va suv resurslarini taqsimlash misollarida modelning amaliy ahamiyati ko'rsatildi.
4. Spektral radius (<1 yoki >1) va sikllardagi ko'paytma (c) tizim barqarorligining asosiy mezonlari sifatida aniqlangan.

Kelgusida ushbu yondashuvni nochiziqli (kvadratik va kubik) operatorlarga kengaytirish, stoxastik omillarni qo'shish va real ekologik monitoring ma'lumotlari asosida parametrlarni identifikatsiya qilish rejalashtirilgan.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Litvinov G.L., Maslov V.P. Idempotent Analysis and Its Applications. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997.
2. Rozikov U.A., Karimov M.M. Dynamics of Linear Maps of Idempotent Measures // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2013. Vol. 34. No. 1. P. 20–28.
3. Baccelli F., Cohen G., Olsder G.J., Quadrat J.P. Synchronization and Linearity: An Algebra for Discrete Event Systems. New York: Wiley, 1992.
4. Kolokoltsov V.N., Maslov V.P. Idempotent Analysis and Its Applications. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997.
5. Cuninghame-Green R.A. Minimax Algebra. Berlin: Springer-Verlag, 1979.

muhandislik **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Ingliz tili muharriri: Feruz Hakimov

Musahhih: Zokir Alibekov

Sahifalovchi va dizayner: Abdurahmon Qurbonov

2026. № 6

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan
№S-5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.
Litsenziya raqami: №095310.

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod
tumani 15-mavze 19-uy**





+998 93 718 40 07



<https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal>



t.me/yait_2100