



IQTISODIYOT & TARAQQIYOT

Ijtimoiy, iqtisodiy, texnologik, ilmiy, ommabop jurnal

**2026-YIL / IYUN/6-SON,
VI-QISM**



INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER
INTERNATIONAL CENTRE



ISSN: 2992-8982

<https://yashil-iqtisodiyot-taraqqiyot.uz/>



IQTISODIYOT&TARAQQIYOT

Ijtimoiy, iqtisodiy, texnologik, ilmiy, ommabop jurnal

Bosh muharrir:

Sharipov Kongiratbay Avezimbetovich

*Elektron nashr. 2026-yil, iyun.
VI-qism*

Bosh muharrir o'rinbosari:

Karimov Norboy G'aniyevich

Muharrir:

Qurbonov Sherzod Ismatillayevich

Tahrir hay'ati:

Salimov Oqil Umrzoqovich, O'zbekiston Fanlar akademiyasi akademigi
Abduraxmanov Kalandar Xodjayevich, O'zbekiston Fanlar akademiyasi akademigi
Sharipov Kongiratbay Avezimbetovich, texnika fanlari doktori (DSc), professor
Rae Kvon Chung, Janubiy Koreya, TDIU faxriy professori, "Nobel" mukofoti laureati
Osman Mesten, Turkiya parlamenti a'zosi, Turkiya – O'zbekiston do'stlik jamiyati rahbari
Axmedov Durbek Kudratillayevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Axmedov Sayfullo Normatovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Kalonov Muxiddin Baxritdinovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Siddiqova Sadoqat G'afforovna, pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Xudoyqulov Sadirdin Karimovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Maxmudov Nosir, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Yuldashev Mutallib Ibragimovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Samadov Asqarjon Nishonovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, professor
Slizovskiy Dimitriy Yegorovich, texnika fanlari doktori (DSc), professor
Mustafakulov Sherzod Igamberdiyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Axmedov Ikrom Akramovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Eshtayev Alisher Abdug'aniyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Xajiyev Baxtiyor Dushaboyevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Hakimov Nazar Hakimovich, falsafa fanlari doktori (DSc), professor
Musayeva Shoirazimovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), professor
Ali Konak (Ali Ko'nak), iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor (Turkiya)
Cham Tat Huei, falsafa fanlari doktori (PhD), professor (Malayziya)
Foziljonov Ibrohimjon Sotvoldixo'ja o'g'li, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dots.
Faxridinov Zafarjon Faxridin o'g'li, O'zb. Res. Bosh prokuraturasi HIJQKD boshqarma boshlig'i
Utayev Uktam Choriyevich, Anijon viloyati prokurorining o'rinbosari
Ochilov Farkhod, O'zb. Res. Bosh prokuraturasi IJQK Departamentining Namangan viloyati boshqarmasi boshlig'i
Buzrukxonov Sarvarxon Munavvarxonovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Axmedov Javohir Jamolovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), katta o'qituvchi
Bobobekov Ergash Abdumalikovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), v.b. dots.
Djudi Smetana, pedagogika fanlari nomzodi, dotsent (AQSH)
Krissi Lyuis, pedagogika fanlari nomzodi, dotsent (AQSH)
Glazova Marina Viktorovna, Iqtisodiyot fanlari doktori (Moskva)
Nosirova Nargiza Jamoliddin qizi, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Sevil Piriyeva Karaman, falsafa fanlari doktori (PhD) (Turkiya)
Mirzaliyev Sanjar Makhamatjon o'g'li, TDIU ITI departamenti rahbari
Ochilov Bobur Baxtiyor o'g'li, TDIU katta o'qituvchisi
Golisheva Yelena Vyacheslavovna, Iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent.
Abdukarimova Dinara Rustamxonovna, bank-moliya akademiyasi professori, DSc., professor.
Ikramov Murod Akramovich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Nazarova Ra'no Rustamovna, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor



IQTISODIYOT & TARAQQIYOT

Ijtimoiy, iqtisodiy, texnologik, ilmiy, ommabop jurnal

Editorial board:

Salimov Okil Umrzokovich, Academician of the Academy of Sciences of Uzbekistan
Abdurakhmanov Kalandar Khodjavevich, Academician of the Academy of Sciences of Uzbekistan
Sharipov Kongiratbay Avezimbetovich, Doctor of Technical Sciences (DSc), Professor
Rae Kwon Chung, South Korea, Honorary Professor at TSUE, Nobel Prize Laureate
Osman Mesten, Member of the Turkish Parliament, Head of the Turkey–Uzbekistan Friendship Society
Akhmedov Durbek Kudratillayevich, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Akhmedov Sayfullo Normatovich, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Abdurakhmanova Gulnora Kalandarovna, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Kalonov Mukhiddin Bakhridinovich, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Siddikova Sadokat Gafforovna, Doctor of Philosophy (PhD) in Pedagogical Sciences
Khudoykulov Sadirdin Karimovich, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Makhmudov Nosir, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Yuldashev Mutallib Ibragimovich, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Samadov Askarjon Nishonovich, Candidate of Economic Sciences, Professor
Slizovskiy Dmitriy Yegorovich, Doctor of Technical Sciences (DSc), Professor
Mustafakulov Sherzod Igamberdiyevich, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Akhmedov Ikrom Akramovich, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Eshtayev Alisher Abduganiyevich, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Khajiyev Bakhtiyor Dushaboyevich, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Khakimov Nazar Khakimovich, Doctor of Philosophy (DSc), Professor
Musayeva Shoira Azimovna, Doctor of Philosophy (PhD) in Economic Sciences, Professor
Ali Konak, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor (Turkey)
Cham Tat Huei, Doctor of Philosophy (PhD), Professor (Malaysia)
Foziljonov Ibrokhimjon Sotvoldikhoja ugli, Doctor of Philosophy (PhD) in Economic Sciences, Associate Professor
Fakhriddinov Zafarjon Fakhriddin ogli, Head of the DCEC under the Prosecutor General's Office of the Rep. of Uzb.
Utayev Uktam Choriyevich, Deputy Prosecutor of Anijan Region
Ochilov Farkhod, Head of the Namangan Regional Department of the Department of Internal Affairs of Rep. of Uzb.
Buzrukkhonov Sarvarkhon Munavvarkhonovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Akhmedov Javokhir Jamolovich, Doctor of Philosophy (PhD) in Economic Sciences
Tokhirov Jaloliddin Ochil ugli, Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Senior Lecturer
Bobobekov Ergash Abdumalikovich, Doctor of Philosophy (PhD) in Economic Sciences, Acting Associate Professor
Judi Smetana, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor (USA)
Chrissy Lewis, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor (USA)
Glazova Marina Victorovna, Doctor of Sciences in Economics (Moscow)
Nosirova Nargiza Jamoliddin kizi, Doctor of Philosophy (PhD) in Economic Sciences, Associate Professor
Sevil Piriyeva Karaman, Doctor of Philosophy (PhD) (Turkey)
Mirzaliyev Sanjar Makhamatjon ugli, Head of the Department of Scientific Research and Innovations, TSUE
Ochilov Bobur Bakhtiyor ugli, Senior lecturer at TSUI
Golisheva Yelena Vyacheslavovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor.
Abdukarimova Dinara Rustamkhanovna, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Ikramov Murod Akramovich, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Nazarova Ra'no Rustamovna, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor

Ekspertlar kengashi:

Berkinov Bazarbay, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Po'latov Baxtiyor Alimovich, texnika fanlari doktori (DSc), professor
Aliyev Bekdavlat Aliyevich, falsafa fanlari doktori (DSc), professor
Isakov Janabay Yakubbayevich, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor
Xalikov Suyun Ravshanovich, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Rustamov Ilhomiddin, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent
Hakimov Ziyodulla Ahmadovich, iqtisodiyot fanlari doktori, dotsent
Kamilova Iroda Xusniddinovna, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
G'afurov Doniyor Orifovich, pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
Fayziyev Oybek Raximovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Tuxtabayev Jamshid Sharafetdinovich, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent
Xamidova Faridaxon Abdulkarim qizi, iqtisodiyot fanlari doktori, dotsent
Yaxshiboyeva Laylo Abdisattorovna, katta o'qituvchi
Babayeva Zuhra Yuldashevna, mustaqil tadqiqotchi
Komilova Nilufar Karshiboyevna, Geografiya fanlari doktori, professori
Umirzoqov Ja'sur Artiqboy o'g'li, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent
Zebo Kuldasheva, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

Board of Experts:

Berkinov Bazarbay, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Pulatov Bakhtiyor Alimovich, Doctor of Technical Sciences (DSc), Professor
Aliyev Bekdavlat Aliyevich, Doctor of Philosophy (DSc), Professor
Isakov Janabay Yakubbayevich, Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor
Khalikov Suyun Ravshanovich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Rustamov Ilhomiddin, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Khakimov Ziyodulla Akhmadovich, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor
Kamilova Iroda Xusniddinovna, Doctor of Philosophy (PhD) in Economics
Gafurov Doniyor Orifovich, Doctor of Philosophy (PhD) in Pedagogy
Fayziyev Oybek Raximovich, Doctor of Philosophy (PhD) in Economics, Associate Professor
Tukhtabayev Jamshid Sharafetdinovich, Doctor of Philosophy (PhD) in Economics, Associate Professor
Khamidova Faridaxon Abdulkarimovna, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor
Yakhshiboyeva Laylo Abdisattorovna, Senior Lecturer
Babayeva Zuhra Yuldashevna, Independent Researcher
Komilova Nilufar Karshiboyevna, Doctor of Geographical Sciences, Professor
Umirzokov Jasur Artiqboy ugli, Doctor of Economic Sciences (DSc), Associate Professor
Zebo Kuldasheva, Doctor of Economic Sciences (DSc), Associate Professor

- 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

Muassis: "Ma'rifat-print-media" MChJ

Hamkorlarimiz: Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti,
O'zbekiston Respublikasi Bosh prokuraturasi huzuridagi Iqtisodiy
jinoyatlarga qarshi kurashish departamenti

Jurnalning ilmiyligi:

“Yashil” iqtisodiyot va
taraqqiyot” jurnali

O'zbekiston Respublikasi
Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar
vazirligi huzuridagi Oliy
attestatsiya komissiyasi
rayosatining
2023-yil 1-apreldagi
336/3-sonli qarori bilan
ro'yxatdan o'tkazilgan.



MUNDARIJA

ISLOMIY BANK FAOLIYATI TO'G'RISIDAGI QONUNNI AMALIYOTGA TATBIQ ETISH: O'ZBEKISTONDA MOLIYAVIY INKLYUZIVLIKNING KONTSEPTUAL, METODOLOGIK VA INSTITUTIONAL ASOSLARI	12
Abdullayev Azamat Akbar o'g'li	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЁТА В ОРГАНИЗАЦИЯХ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ОПЕРАТИВНОСТИ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ЦИКЛА	17
Джуманиязова Сабина Михайловна	
PAHTA TOZALASH USKUNALARI DETALLARINING XIZMAT MUDDATINI OSHIRISH UCHUN GETEROKOMPOZIT POLIMER MATERIALLAR TARKIBINI ISHLAB CHIQUISH	22
Bakirov Lutfillo Yuldoshaliyevich	
O'ZBEKISTONDA ERKIN IQTISODIY ZONALAR FAOLIYATI: TAHLIL VA NATIJALAR.....	29
Ubaydullayev Muxammadjon Abdusamad o'g'li	
Akbarov Diyorbek Ashirali o'g'li	
TRANSFORMING CORPORATE GOVERNANCE TO MEET THE CHALLENGES OF MODERN BUSINESS MODELS.....	32
F. Djalilov	
O'ZBEKISTONDA QURILISH SOHASIDAGI TADBIRKORLIK SUBYEKTLARI RIVOJLANISH TENDENSIYALARI VA ULARNI BAHOLASH	41
Abdullayev Axror Jaxbarovich	
ЭКОНОМИКА ГОРОДСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ: ПОТЕНЦИАЛ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН	47
Махкамова Надира Саидмуратовна	
MINTAQA TUMANLARI O'RTASIDAGI INVESTITSIYA VA BANDLIK NOMUTANOSIBLIK LARI HAMDA ULARNI KAMAYTIRISH MEXANIZMLARI (BUXORO VILOYATI MISOLIDA)	55
Ergashev Sherali Erali o'g'li	
BUXORO VILOYATI IQTISODIYOTINING STRUKTURAVIY TRANSFORMATSIYASI: AGRAR MODEL DAN DIVERSIFIKATSIYALASHGAN TUZILMAGA O'TISH TENDENSIYALARI (2020-2024-YILLAR)	60
Ergashev Sherali Erali o'g'li	
IQTISODIYOTNI ERKINLASHTIRISHNING HOZIRGI BOSQICHIDA BANK TIZIMINI RIVOJLANTIRISH VA UNDA BOSHQARUVNING ZAMONAVIY PRINSIPLARINI JORIY ETISH.....	65
Tashmatov Shuhrat Hamrayevich	
MAMLAKAT IQTISODIYOTIDA XIZMATLAR KO'RSATISH IMKONIYATI VA UNI RIVOJLANTIRISH YO'LLARI	71
Xalimov Shaxboz Xalimovich	
O'ZBEKISTONDA AVLODLARARO TRANSFERTLARNING NAZARIY ASOSLARI VA IQTISODIY MAZMUNI	77
Mamadaliyeva Xafiza Xoldarovna	
To'rayev Mirzohid Hoshim o'g'li	
SUN'IY INTELLEKTNING O'ZBEKISTON SOLIQ TIZIMI SAMARADORLIGINI OSHIRISHDAGI AHAMIYATI	83
Hamidova Shahzoda Odiljanovna	



IQTISODIYOTDA SHAFFOFLIK, ISHONCH VA SAMARADORLIKNI TA'MINLASHDA AUDITORLIK FAOLIYATINI TAKOMILLASHTIRISHNING AHAMIYATI VA ZARURLIGI.....	88
Sabirova Nodira Komil qizi	
RAQAMLI VALYUTALARNING IQTISODIYOTDAGI O'RNI VA MOLIYAVIY BARQARORLIKKA TA'SIRI	95
Nabiyeva Zilola Saydulla qizi	
XORAZM VILOYATIDA HUDUDIY IQTISODIY BARQARORLIKNI TA'MINLASH YO'LLARI	101
Avazbek Xalbekov	
IMPLEMENTATION OF PARETO ANALYSIS, SENSITIVITY ANALYSIS AND CVP MODELING TOOLS AT SATURN METAL LLC	108
Musaeva Shoira Azimovna	
YOG'-MOY KORXONALARINING TA'MINOT ZANJIRINI TAKOMILLASHTIRISHDA SCOR (SUPPLY CHAIN OPERATIONS REFERENCE) MODELIDAN FOYDALANISHNING AFZALLIKLARI	116
Yuldashev Abduxakim Abdulkarimovich	
ИНСТИТУЦИОНАЛЬНО-ПРАВОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРИЗНАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НЕФОРМАЛЬНОГО И ИНФОРМАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ В УЗБЕКИСТАНА.....	122
Анвар Аллабергенов	
RAQAMLI MOLIYAVIY XIZMATLARNING YASHIL INNOVATSIYALARNI RIVOJLANTIRISHDAGI ROLI.....	128
Allanazarova B.K.	
BIOIQTISODIYOT-BARQAROR RIVOJLANISHNING STRATEGIK YO'NALISHLARIDAN BIRI.....	135
Azimova Muxlisa Alisherbekovna	
KICHIK BIZNES TIZIMINING SINERGETIKEKONOMETRIK MODELINI ISHLAB CHIQUISH VA UNING PARAMETRLARINI BAHOLASH.....	139
Atamuratova Gulrux Muzafarovna	
RAQAMLI IQTISODIYOT SHAROITIDA SUG'URTA BOZORINING O'ZIGA XOS XUSUSIYATLARI	145
Xoltoyev Mirusmon Mirxamit o'g'li	
KIMYO SANOATI KORXONALARINING DIVERSIFIKATSIYALASHUV DARAJASINI NORMALLASHTIRILGAN ENTROPIYA INDEKSI ASOSIDA BAHOLASH.....	149
Razikov Otabek Rustamovich	
O'ZBEKISTONDA TURIZM INFRATUZILMASINI RIVOJLANTIRISH IMKONIYATLARI VA YO'NALISHLARI.....	157
Matkabalova Dilorom Xalilullayevna	
MINTAQA RAQOBATBARDOSHLIGIGA TA'SIR ETUVCHI ASOSIY KO'RSATKICHLARNI TAHLIL QILISH VA BAHOLASH. (Xorazm viloyati misolida)	165
Bekjanov Dilmurod Yuldashevich	
Narmetova Dilafuz Azamatovna	
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ.....	170
Ахмедова Шахноза Козим кизи	
KREDITLASH VA MIKROQARZ TIZIMINING RIVOJLANISH TENDENSIYALARI TAHLILI	175
Elbekov Jasur Ergash o'g'li	
O'ZBEKISTONDA AHOLINING UZOQ MUDDATLI FOYDALANILADIGAN TOVARLAR BILAN TA'MINLANISH DARAJASINI MODELASHTIRISH VA PROGNOZLASH.....	181
Sharipova Bibijon Baxtiyorovna	



ВНЕДРЕНИЕ ЦВЕТОВОЙ СИСТЕМЫ ПАКЕТОВ ДЛЯ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В Г. ТАШКЕНТЕ: АДАПТАЦИЯ КОРЕЙСКОЙ МОДЕЛИ НА УРОВНЕ ДОМОХОЗЯЙСТВ	189
Джусупов Кубанычбек	
ATMOSFERA HAVOSINI MUHOFAZA QILISHNING HUQUQIY MEKANIZMLARI: ZAMONAVIY YONDASHUV VA INNOVATSION YECHIMLAR.....	196
Shamuratov Shahzod Janibek o'g'li	
SHAHARSOZLIKDA BARQAROR RIVOJLANISH KONSEPSIYASINI JORIY ETISH	200
Eshov Sherko'zi Asatulloevich	
THE ROLE OF TAXES IN THE FORMATION OF LOCAL BUDGET REVENUES	205
Kimsanbaeva Maftuna Bakhodirovna	
DETERMINANTS OF STAKEHOLDER SATISFACTION WITH CUSTOMS CLEARANCE IN UZBEKISTAN: AN EMPIRICAL ANALYSIS	209
Khanifakhon Solikhova	
BANDLIKNI TA'MINLASHNING INNOVATSION YO'NALISHLARI (Xorazm viloyati misolida).....	213
Z. Sh. Matniyozova	
JIZZAX VILOYATI QURILISH MATERIALLARI SANOATIDA IQTISODIY SAMARADORLIKKA TA'SIR ETUVCHI OMILLARNI VAHOLASH VA ISHLAB CHIQRISH HAJMINI PROGNOZLASH	218
Umirova Gulmira Shodiboy qizi	
ИННОВАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ЭКОНОМИКЕ УЗБЕКИСТАНА.....	224
Расулкулов Жамшидбек Акрамкулович	
KORPORATIV BARQARORLIKNI RIVOJLANTIRISHDA EKOLOGIK JAVOBGARLIKNING O'RNI VA AHAMIYATI	233
Komilova Guli Bagandik qizi	
THE ROLE OF DIGITAL INFRASTRUCTURE IN PROMOTING GREEN ECONOMIC GROWTH: EVIDENCE FROM CENTRAL ASIAN ECONOMIES.....	238
Eshboyev Mirjalol Baxrom o'g'li	
Ozatbekova Ozodaxon Nodirbek qizi	
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ИНТЕРВАЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ СРЕДНЕГО ЗНАЧЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИТЯГИВАЮЩЕГОСЯ К УСТОЙЧИВОМУ РАСПРЕДЕЛЕНИЮ.....	250
Турсунов Гафур Таирович	

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ ИНТЕРВАЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ СРЕДНЕГО ЗНАЧЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИТЯГИВАЮЩЕГОСЯ К УСТОЙЧИВОМУ РАСПРЕДЕЛЕНИЮ



Турсунов Гафур Таирович

Доцент Филиала Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева в городе Ташкенте

Email: tursunovgafur52@gmail.com

ORCID: 0000 0002 4456 6589

Аннотация: Рассмотрено последовательное интервальное оценивание интервалами фиксированной ширины среднего значения устойчивого распределения. Получены условия асимптотической состоятельности доверительного интервала фиксированной ширины и асимптотической эффективности момента остановки.

Ключевые слова: случайная величина, момент остановки, доверительный интервал, фиксированная ширина, асимптотическая состоятельность, асимптотическая эффективность, устойчивое распределение.

Annotatsiya: Belgilangan kenglikdagi intervallardan foydalangan holda barqaror taqsimotning o'rtacha qiymatini ketma-ket intervalli baholash ko'rib chiqiladi. Belgilangan kenglikdagi ishonch oralig'ining asimptotik izchilligi va to'xtash vaqtining asimptotik samaradorligi uchun shartlar olinadi.

Kalit so'zlar: tasodifiy o'zgaruvchan miqdor, to'xtash vaqti, ishonch oralig'i, belgilangan kenglik, asimptotik izchillik, asimptotik samaradorlik, barqaror taqsimot.

Abstract: Sequential interval estimation of the mean value of a stable distribution using intervals of fixed width is considered. Conditions for the asymptotic consistency of a fixed-width confidence interval and the asymptotic efficiency of the stopping time are obtained.

Key words: random variable, stopping time, confidence interval, fixed width, asymptotic consistency, asymptotic efficiency, stable distribution.

ВВЕДЕНИЕ

Последовательные методы статистического оценивания занимают важное место в стохастическом анализе. В условиях неопределенности, когда распределение наблюдаемой случайной величины неизвестно, возникает необходимость построения процедур, обеспечивающих требуемую надежность статистических оценок при минимальных затратах выборочной информации. Одним из эффективных инструментов в таких задачах является интервальное последовательное оценивание интервалами фиксированной ширины неизвестных средних значений устойчивых распределений.

Особый интерес представляет построение доверительных интервалов фиксированной ширины, поскольку на практике обычно требуется обеспечить заранее заданную точность и надежность оценки. Однако выбор фиксированной ширины приводит к ряду теоретических трудностей, связанных с анализом последовательных моментов остановки наблюдений и обеспечением асимптотических свойств таких процедур. Асимптотическая состоятельность доверительного интервала является ключевым требованием для корректности получаемых результатов. Наряду с этим важным показателем качества последовательной процедуры является её асимптотическая эффективность, определяемая



минимальностью требуемого объема выборки по сравнению с классическими несмещёнными методами оценивания по выборкам фиксированного неслучайного объема.

В данной работе исследуются условия, при которых последовательная процедура построения доверительного интервала фиксированной ширины для неизвестного среднего значения устойчивого распределения обеспечивает требуемые асимптотические свойства. Рассматриваются вопросы существования асимптотически состоятельного момента остановки наблюдений, а также анализируется его эффективность при больших объемах выборки. Полученные результаты расширяют теоретические основы последовательного оценивания и могут быть использованы в задачах прикладной статистики, эконометрики, инженерных расчетов и анализа рисков.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ

Исследования в области последовательного оценивания и построения доверительных интервалов фиксированной ширины имеют глубокие теоретические корни. основополагающий вклад в развитие теории последовательного анализа внес А. Вальд, который впервые предложил концепцию последовательных процедур и доказал их эффективность по сравнению с классическими фиксированными выборками. Его работы [1] (Вальд А, 1960) послужили фундаментом для изучения моментов остановки и оптимальных правил принятия решений в статистике.

Значительный интерес представляет направление, связанное с оцениванием функционалов неизвестного распределения. В этом контексте классические результаты Э. Леманна [2] (E. Lehmann, 1951) показали фундаментальные свойства оценок, построенных на базе выборочных функционалов, таких как моменты, квантили и медианы.

Проблематика интервального оценивания фиксированной ширины активно развивалась в работах С. Чоу и Г. Роббинса [3] (Chow & Robbins, 1965). Ими были определены условия существования последовательных моментов остановки, обеспечивающих заданную ширину доверительного интервала для математического ожидания. Их исследования заложили основу для анализа асимптотической состоятельности и оптимальности последовательных процедур. Они разработали основную асимптотическую теорию последовательного доверительного оценивания интервалами фиксированной ширины в общем случае. Они рассмотрели задачу оценивания среднего неизвестного распределения при единственном предположении существования второго момента распределения. Задача доверительного оценивания среднего значения интервалами фиксированной ширины для распределения, притягивающейся к устойчивому распределению, у которого не существует момент второго порядка, рассмотрена в работе автора [4].

Содержательный обзор работ по последовательному непараметрическому оцениванию интервалами фиксированной ширины, опубликованных до 1997 года приведен в монографии М. Гоша, Н. Макхопадхья и Р. Сена [5].

В научных работах, опубликованных в последние годы [6-9] изучены асимптотические проблемы последовательного статистического анализа, в [6-7], в частности, в научных статьях - проблемы последовательного интервального оценивания, а в научных статьях [8,9] - проблемы последовательного точечного оценивания

В научных статьях [10-11] исследованы проблемы последовательного точечного оценивания параметров экспоненциального, гамма-распределений и распределений Бернулли.

Современные подходы к последовательному оцениванию опираются на работы Н. Макхопадхья [12], Е. Махмуди [13] и других исследователей, которые изучали асимптотические свойства доверительных интервалов фиксированной ширины для произвольных функционалов распределения. В их исследованиях акцент делается на минимальность требуемого числа наблюдений при сохранении заданного уровня доверия.

Таким образом, анализ литературы показывает, что проблема построения асимптотически состоятельных и эффективных доверительных интервалов фиксированной ширины остаётся актуальной в непараметрической статистике. Накопленные теоретические результаты создают основу для дальнейшего исследования последовательных процедур оценивания функционалов неизвестных распределений, включая разработку новых оптимальных моментов остановки.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методология исследования основывается на применении последовательного анализа и современных методов доказательства справедливости асимптотических свойств последовательных процедур, основанные на функциональные предельные теоремы для суперпозиции случайных процессов.

Начиная с работы [3] многие авторы в конкретных статистических моделях для доказательства асимптотической состоятельности доверительных интервалов фиксированной ширины применяли классическую теорему Ф. Анскомба [14] о предельном распределении случайных последовательностей со случайными индексами, которая предполагала выполнение условия «равномерной непрерывности по вероятности». Обзор таких работ приведен в монографии [5]. Альтернативный подход к доказательству асимптотической состоятельности доверительных интервалов фиксированной ширины, основанный на слабом принципе инвариантности, подробно рассмотрен в работе П.Сена [15].

Процедура построения доверительного интервала рассматривается как последовательный процесс, в котором объем выборки увеличивается до достижения фиксированной ширины интервала. Анализ асимптотической состоятельности опирается на функциональный закон больших чисел, функциональную центральную предельную теорему для сложных случайных процессов.

Асимптотическая эффективность оценочной процедуры исследуется через сравнение среднего объема выборки с минимально возможным объемом, достигаемым классическими методами. Вероятностный аппарат включает использование мартингаловых свойств моментов остановки и предельных переходов.

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

В отличие от классических методов математической статистики, в которых число производимых наблюдений фиксируется заранее, методы последовательного анализа характеризуются тем, что момент прекращения наблюдений (момент остановки) является случайным и определяется в зависимости от значений наблюдаемых данных и от принятой меры оптимальности построенной статистической оценки в изучаемой статистической модели.

Для простой статистической модели изложим основную асимптотическую задачу последовательного оценивания интервалами фиксированной ширины.

На вероятностном пространстве (Ω, \mathcal{F}, P) рассмотрим последовательность $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n, \dots$ независимых одинаково нормально распределенных случайных величин со средним θ и дисперсией σ^2 . Используя

эмпирическое среднее значение $\theta_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_i$, построим для неизвестного среднего θ интервальную оценку $I(n) = [\theta_n - \varepsilon, \theta_n + \varepsilon]$, здесь $\varepsilon > 0$ малое число.

Для уровня значимости $0 < \gamma < 1$ находим квантиль $a_\gamma = \Phi^{-1}\left(\frac{1+\gamma}{2}\right)$, здесь

$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{y^2}{2}} dy$. Тогда для целого числа $n_\varepsilon = \inf\left\{n \geq 1: n \geq \frac{a^2 \sigma^2}{\varepsilon^2}\right\}$ имеет место неравенство:

$$P\{\theta \in I(n_\varepsilon)\} = P\left\{\left|\frac{\sum_{i=1}^{n_\varepsilon} (\xi_i - \theta)}{\sigma \sqrt{n_\varepsilon}}\right| \leq \frac{\varepsilon \sqrt{n_\varepsilon}}{a\sigma} \cdot a\right\} \geq P\left\{\frac{1}{\sqrt{n_\varepsilon}} \left|\sum_{i=1}^{n_\varepsilon} \frac{\xi_i - \theta}{\sigma}\right| \leq a\right\} = 2\Phi(a) - 1 = \gamma.$$

Следовательно, $I(n_\varepsilon)$ является интервальной оценкой для неизвестного среднего θ с доверительным уровнем γ .

Если дисперсия нормального распределения σ^2 неизвестна, то по выборке фиксированного неслучайного объема невозможно построить доверительный интервал фиксированной ширины для среднего θ . В этом случае задача последовательного оценивания доверительными интервалами фиксированной

ширины сводится к задаче выбора правила или момента остановки $N_\varepsilon = \inf\left\{n \geq 1: n \geq \frac{a^2}{\varepsilon^2} \sigma_n^2\right\}$, где σ_n^2 состоятельная оценка для неизвестной дисперсии σ^2 и нахождения условий для выполнения

$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} P\{\theta \in I(N_\varepsilon)\} \geq \gamma$ (асимптотическая состоятельность доверительного интервала $I(N_\varepsilon)$). Чоу и Роббинс [3] разработали асимптотическую теорию последовательного доверительного оценивания среднего значения неизвестного распределения интервалами фиксированной ширины в общем случае при единственном предположении существования второго момента распределения. В статье [4] автора установлены асимптотические свойства момента остановки в последовательном оценивании доверительными интервалами фиксированной ширины неизвестного среднего значения случайной величины, имеющей распределение, притягивающееся к устойчивому распределению, то есть, когда не существует момент второго порядка. Данная статья является продолжением статьи [4] и она посвящена доказательству асимптотической



состоятельности доверительного интервала фиксированной ширины неизвестного среднего значения случайной величины, имеющей распределение, притягивающееся к устойчивому распределению.

Пусть $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n, \dots$ последовательность независимых случайных величин с функцией распределения $F(x), x \in R_1$ и неизвестным средним значением $\mu = M(\xi_1)$. В качестве статистической

оценки для неизвестного среднего рассмотрим эмпирическое среднее $\theta_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_i$.

Обозначим через $\mathfrak{S}_{\alpha,c}^0$ множество устойчивых распределений $F(x), x \in R_1$ с характеристической функцией $f(t) = \exp\{i\mu t - c|t|^\alpha\}$ ([15] теорема 2.2.2, стр.44) и через $\mathfrak{S}_{\alpha,c}$ множество распределений $F(x), x \in R_1$, принадлежащих к области притяжения устойчивого закона с параметрами α и c , то есть таких

распределений, что при $|x| \rightarrow \infty$ $F(x) = \frac{c+o(1)}{|x|^\alpha} h(|x|)$ для $x < 0$ и $1 - F(x) = \frac{c+o(1)}{x^\alpha} h(x)$ для $x > 0$, здесь $i = \sqrt{-1}$, $c > 0$, $1 < \alpha \leq 2$, $h(x)$ - медленно меняющаяся функция ([16] теорема 2.6.1, стр.93).

Очевидно, что $\mathfrak{S}_{\alpha,c}^0 \subseteq \mathfrak{S}_{\alpha,c}$.

Пусть $F(x) \in \mathfrak{S}_{\alpha,c}^0$, параметры α и c известны. Для доверительного уровня $0 < \mathcal{Y} < 1$ квантиль, а является решением уравнения $G_\alpha(a) - G_\alpha(-a) = \mathcal{Y}$, где $G_\alpha(x)$ - функция распределения с характеристической функцией $f_\alpha(t) = \exp\{-|t|^\alpha\}$. Для каждого $\varepsilon > 0$ и $n \geq 1$ определим случайный

интервал $I(n) = [\theta_n - \varepsilon, \theta_n + \varepsilon]$ длины 2ε и целое число $n(\varepsilon) = \min \left\{ n \geq 1 : n \geq c^{\frac{1}{\alpha-1}} \left(\frac{a}{\varepsilon} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha-1}} \right\}$. Это соотношение очевидным образом позволяет записать для $n(\varepsilon)$ следующую альтернативную формулу

$$n(\varepsilon) = \left\lceil c^{\frac{1}{\alpha-1}} \left(\frac{a}{\varepsilon} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha-1}} \right\rceil + 1 \geq c^{\frac{1}{\alpha-1}} \left(\frac{a}{\varepsilon} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha-1}}, \quad (1)$$

где $[x]$ означает целую часть действительного числа x . Тогда для каждого $0 < \mathcal{Y} < 1$ имеем следующую цепочку преобразований

$$\begin{aligned} P\{\mu \in I(n(\varepsilon))\} &= P\{|\theta_{n(\varepsilon)} - \mu| \leq \varepsilon\} = P\left\{ \left| \frac{1}{n(\varepsilon)} \sum_{i=1}^{n(\varepsilon)} (\xi_i - \mu) \right| \leq \varepsilon \right\} = \\ &= P\left\{ \left| c^{-\frac{1}{\alpha}} n(\varepsilon)^{1-\frac{1}{\alpha}} \frac{1}{n(\varepsilon)} \sum_{i=1}^{n(\varepsilon)} (\xi_i - \mu) \right| \leq \frac{c^{-\frac{1}{\alpha}} n(\varepsilon)^{1-\frac{1}{\alpha}}}{a} \varepsilon \cdot a \right\} \geq P\left\{ \left| c^{-\frac{1}{\alpha}} n(\varepsilon)^{-\frac{1}{\alpha}} \sum_{i=1}^{n(\varepsilon)} (\xi_i - \mu) \right| \leq a \right\} = \\ &= G_\alpha(a) - G_\alpha(-a) = \mathcal{Y}. \quad (2) \end{aligned}$$

Неравенство в этой цепочке преобразований вытекает из $\frac{c^{-\frac{1}{\alpha}} n(\varepsilon)^{1-\frac{1}{\alpha}}}{a} \varepsilon \geq 1$, которое очевидным образом получается из (1). Соотношение (2) означает, что $I(n(\varepsilon))$ является асимптотическим доверительным интервалом уровня \mathcal{Y} неизвестного математического ожидания μ для каждого $0 < \mathcal{Y} < 1$. Таким образом, если $F(x) \in \mathfrak{S}_{\alpha,c}^0$ и параметры α и c известны, то существует процедура с объёмом выборки $n(\varepsilon)$, в которой интервальная оценка $I(n(\varepsilon)) = [\theta_{n(\varepsilon)} - \varepsilon, \theta_{n(\varepsilon)} + \varepsilon]$ накрывает μ с вероятностью не меньше чем \mathcal{Y} .

Если $F(x) \in \mathfrak{F}_{\alpha,c}$ и параметр c неизвестен, а параметр α известен, то процедуры с неслучайным объёмом выборки, для которой выполняется $P\{\theta_{n(\varepsilon)} - \varepsilon \leq \mu \leq \theta_{n(\varepsilon)} + \varepsilon\} \geq \gamma$, не существует. Используя соответствующую статистическую оценку для c , построим последовательную процедуру со случайным моментом остановки $N(\varepsilon) = N(\varepsilon, \gamma, \alpha)$, $M(N(\varepsilon)) < \infty$, который является марковским моментом последовательности $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n, \dots$ и обладает свойствами асимптотической состоятельности и эффективности.

Через $F_n(t) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n I(\xi_k < t)$ обозначим эмпирическую функцию распределения, где $I(A)$ - индикатор события A . Статистическую оценку для параметра c построим следующим образом:

$$c_n = n^\beta (1 - F_n(n^\alpha)) h^{-1}(n^\alpha),$$

где $\beta > 0$ некоторое число. Статистическая оценка c_n имеет следующие свойства.

Лемма 1. [4] Если $F(x) \in \mathfrak{F}_{\alpha,c}$ и $\beta > 0$, тогда статистика c_n является асимптотически несмещённой оценкой для параметра c , то есть $\lim_{n \rightarrow \infty} M(c_n) = c$.

Лемма 2. [4] Если $F(x) \in \mathfrak{F}_{\alpha,c}$ и $0 < \beta < 1$, то $c_n \rightarrow c$ при $n \rightarrow \infty$ с вероятностью 1. Если $\beta = 1$, то $c_n \Rightarrow \pi(c)$ при $n \rightarrow \infty$, где $\pi(c)$ - пуассоновская случайная величина с параметром c .

Из лемм 1. и 2. следует, что статистическая оценка $c_n = n^\beta (1 - F_n(n^\alpha)) h^{-1}(n^\alpha)$ для $0 < \beta < 1$ является несмещённой и состоятельной, но для $\beta = 1$ является несмещённой, но не состоятельной. Поэтому эту статистику будем рассматривать в дальнейшем при $0 < \beta < 1$.

Рассмотрим следующую процедуру последовательного оценивания среднего значения μ . После каждого наблюдения вычислим статистику c_n , $n \geq 1$. Процесс наблюдения прекратим, когда объём выборки достигнет

$$N(\varepsilon) = \min(n \geq 1 : n \geq c_n^{\alpha-1} \cdot \left(\frac{a}{\varepsilon}\right)^{\alpha-1})$$

После окончания процесса наблюдения оценим среднее значение μ интервалом

$$I(N(\varepsilon)) = (\theta_{N(\varepsilon)} - \varepsilon, \theta_{N(\varepsilon)} + \varepsilon), \quad \text{где,} \quad \theta_{N(\varepsilon)} = \frac{1}{N(\varepsilon)} \sum_{k=1}^{N(\varepsilon)} \xi_k$$

эмпирическое среднее. Положим

$$n(\varepsilon) = c^{\frac{1}{\alpha-1}} \left(\frac{a}{\varepsilon}\right)^{\alpha-1}$$

Следуя Чоу и Роббинсу [3], введем асимптотические критерии для доверительного интервала $I(N(\varepsilon))$ фиксированной ширины и для момента остановки $N(\varepsilon)$.

Определение 1. Если для всех $F(x) \in \mathfrak{F}_{\alpha,c}$ и для некоторой $0 < \gamma < 1$ выполняется $\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} P\{\theta_{N(\varepsilon)} - \varepsilon \leq \mu \leq \theta_{N(\varepsilon)} + \varepsilon\} \geq \gamma$, тогда доверительного интервала $I(N(\varepsilon))$ фиксированной ширины называется асимптотически состоятельным.

Определение 1. Если $I(N(\varepsilon))$ асимптотически состоятелен и для всех $F(x) \in \mathfrak{F}_{\alpha,c}$ выполняется

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{M(N(\varepsilon))}{n(\varepsilon)} = 1, \quad \text{тогда момент остановки } N(\varepsilon) \text{ называется асимптотически эффективным.}$$

Теорема 1. □ Пусть $F(x) \in \mathfrak{F}_{\alpha,c}$. Если $0 < \beta < 1$, то для каждого $0 < \gamma < 1$ (i) $P\{N_{\gamma,\varepsilon} < \infty\} = 1$ для каждого $\varepsilon > 0$;



$$(ii) P \left\{ \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{N(\varepsilon)}{n(\varepsilon)} = 1 \right\} = 1;$$

$$(iii) \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{M(N(\varepsilon))}{n(\varepsilon)} = 1;$$

Теорема 2. Если $\beta = 1$, то для каждого $0 < \gamma < 1$ при $\varepsilon \rightarrow 0$ $\frac{N(\varepsilon)}{n(\varepsilon)} \Rightarrow \left(\frac{\pi(c)}{c} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}}$, где $\pi(c)$ - пуассоновская случайная величина с параметром c .

Доказательство теоремы 2. Из леммы 2. следует что, если $\beta = 1$, то $c_n \Rightarrow \pi(c)$ при $n \rightarrow \infty$, где $\pi(c)$ - пуассоновская случайная величина с параметром c . Поэтому из соотношения

$$P \left\{ \frac{N(\varepsilon)}{n(\varepsilon)} \geq x \right\} = P \left\{ c_{[xn(\varepsilon)]} \geq c \cdot x^{\alpha-1} \right\} = P \left\{ \left(\frac{c_{[xn(\varepsilon)]}}{c} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}} \geq x \right\}$$

получаем
$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} P \left\{ \frac{N(\varepsilon)}{n(\varepsilon)} \geq x \right\} = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} P \left\{ \left(\frac{c_{[xn(\varepsilon)]}}{c} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}} \geq x \right\} = P \left\{ \left(\frac{\pi(c)}{c} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}} \geq x \right\}$$
 для всех точек x

непрерывности функции распределения случайной величины $\left(\frac{\pi(c)}{c} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}}$ и утверждение теоремы 2 доказано. Для медленно меняющейся функции введем условие

$$(H): \frac{1 - h\left(\frac{1}{x}\right)}{x} = o(1) \text{ при } x \rightarrow \infty.$$

Например, если $h(x) = \ln x$, то
$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1 - h\left(\frac{1}{x}\right)}{x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1 - \ln\left(\frac{1}{x}\right)}{x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1 + \ln x}{x} = 0$$

Теорема 3. Если выполнены (H), $0 < \beta < 1$ и $F(x) \in \bigcup_{c>0} \mathfrak{J}_{\alpha,c}$, тогда

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} P \left\{ \theta_{N(\varepsilon)} - \varepsilon \leq \mu \leq \theta_{N(\varepsilon)} + \varepsilon \right\} \geq \gamma.$$

Доказательство теоремы 3. Из определений величин $N(\varepsilon)$ и $n(\varepsilon)$ получаем

$$P \left\{ \theta_{N(\varepsilon)} - \varepsilon \leq \mu \leq \theta_{N(\varepsilon)} + \varepsilon \right\} = P \left\{ \sum_{k=1}^{N(\varepsilon)} \frac{\xi_k - \mu}{(cn(\varepsilon))^{\frac{1}{\alpha}}} \leq a \frac{N(\varepsilon)}{n(\varepsilon)} \right\}. \quad (3)$$

Для нахождения предельного распределения случайного процесса $\sum_{k=1}^{[sn(\varepsilon)]} \frac{\xi_k - \mu}{(cn(\varepsilon))^{\frac{1}{\alpha}}}, s > 0$ воспользуемся методом характеристических функций в доказательстве предельных теорем [17, стр. 342]. Найдём предел характеристической функции случайного процесса при $\varepsilon \rightarrow 0$

$$\varphi_\varepsilon(s, \lambda) = M \exp \left\{ i\lambda \sum_{k=1}^{[sn(\varepsilon)]} \frac{\xi_k - \mu}{(cn(\varepsilon))^{\frac{1}{\alpha}}} \right\} = \left[M \exp \left\{ \frac{i\lambda(\xi_1 - \mu)}{(cn(\varepsilon))^{\frac{1}{\alpha}}} \right\} \right]^{[sn(\varepsilon)]} = f \left(\frac{\lambda}{(cn(\varepsilon))^{\frac{1}{\alpha}}} \right)^{[sn(\varepsilon)]}$$

здесь $f(\lambda) = M(e^{i\lambda(\xi_1 - \mu)})$, $\lambda_1 \in R_1, \lambda_2 \in R_1, \lambda \in R_1$. Поскольку случайная величина $\xi_1 - \mu$ принадлежит к области притяжения устойчивого закона со средним ноль и с параметрами c и α , то в силу теоремы 2.6.5 [16, стр. 103] при $\lambda \rightarrow 0$

$$f(\lambda) = 1 - c|\lambda|^\alpha h(\lambda) + O(\lambda^{2\alpha}),$$

здесь $h(\lambda)$ медленно меняющаяся функция. Следовательно, при $\varepsilon \rightarrow 0$

$$f\left(\frac{\lambda}{(cn(\varepsilon))^{\frac{1}{\alpha}}}\right) = 1 - \frac{|\lambda|^\alpha}{n(\varepsilon)} \cdot h\left(\frac{\lambda}{(cn(\varepsilon))^{\frac{1}{\alpha}}}\right) + O\left(\frac{1}{n(\varepsilon)^2}\right). \quad (4)$$

Из условия **(H)** получаем $\frac{1 - h\left(\frac{\lambda}{(cn(\varepsilon))^{\frac{1}{\alpha}}}\right)}{n(\varepsilon)} = o(1)$ при $\varepsilon \rightarrow 0$. Поэтому из (4)

$$\begin{aligned} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \varphi_\varepsilon(s, \lambda) &= \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \left(1 - \frac{|\lambda|^\alpha}{n(\varepsilon)} \cdot h\left(\frac{\lambda}{(cn(\varepsilon))^{\frac{1}{\alpha}}}\right) + O\left(\frac{1}{n(\varepsilon)^2}\right) \right)^{[sn(\varepsilon)]} = \\ &= \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \left(1 - \frac{s|\lambda|^\alpha}{sn(\varepsilon)} - |\lambda|^\alpha \frac{1 - h\left(\frac{\lambda}{(cn(\varepsilon))^{\frac{1}{\alpha}}}\right)}{n(\varepsilon)} + O\left(\frac{1}{n(\varepsilon)^2}\right) \right)^{[sn(\varepsilon)]} = \\ &= \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \left(1 - \frac{s|\lambda|^\alpha - o(1) + O\left(\frac{1}{n(\varepsilon)}\right)}{sn(\varepsilon)} \right)^{[sn(\varepsilon)]} = \exp\{-s|\lambda|^\alpha\}. \end{aligned}$$

Функция $M \exp\{i\lambda_1 \eta_\alpha(s)\} = \exp\{-s|\lambda_1|^\alpha\}$ является характеристической функцией симметричного устойчивого процесса $\eta_\alpha(s), s > 0$ с показателем α и со средним ноль. Из теоремы непрерывности (теорема 1 [17, стр. 343]) получаем при $\varepsilon \rightarrow 0$

$$\sum_{k=1}^{[sn(\varepsilon)]} \frac{\xi_k - \mu}{(cn(\varepsilon))^{\frac{1}{\alpha}}}, s > 0 \Rightarrow \eta_\alpha(s), s > 0, \quad (5)$$

Из **(ii)** утверждения теоремы 1, из теоремы 4.4 [18, стр.43] и из (5) получаем, что при $\varepsilon \rightarrow 0$

$$\left(\sum_{k=1}^{[sn(s)]} \frac{\xi_k - \mu}{(cn(\varepsilon))^{\frac{1}{\alpha}}}, \frac{N(\varepsilon)}{n(\varepsilon)} \right) s > 0 \Rightarrow (\eta_\alpha(s), 1), s > 0.$$

Поскольку случайный процесс $\sum_{k=1}^{[sn(\varepsilon)]} \frac{\xi_k - \mu}{(cn(\varepsilon))^{\frac{1}{\alpha}}}, s > 0$ является компактным в J -топологии Скорохода, то из теоремы 2.3.2 [19, стр.80] о слабой сходимости сложных случайных функций при $\varepsilon \rightarrow 0$ имеем



$$\left(\sum_{k=1}^{N(\varepsilon)} \frac{\xi_k - \mu}{(cn(\varepsilon))^\alpha}, \frac{N(\varepsilon)}{n(\varepsilon)} \right) \Rightarrow (\eta_\alpha(1), 1).$$

Следовательно, из соотношения (3) получаем

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow \infty} P\left\{ \mu_{N(\varepsilon)} - \varepsilon \leq \mu \leq \mu_{N(\varepsilon)} + \varepsilon \right\} = P\left\{ |\eta_\alpha(1)| \leq a \right\} = G_\alpha(a) - G_\alpha(-a) = \gamma.$$

Теорема 3 полностью доказана. Из теорем 1. и 3. получаем следующее следствие.

Следствие 1. При $0 < \beta < 1$ доверительный интервал фиксированной ширины $I_\varepsilon(X_{N(\varepsilon)})$ асимптотически состоятелен и момент остановки $N(\varepsilon)$ асимптотически эффективен.

Проведённое исследование последовательного интервального оценивания среднего значения устойчивого распределения позволило установить общие условия, при которых доверительные интервалы фиксированной ширины обладают асимптотической состоятельностью и обеспечивают оптимальное поведение момента остановки. Показано, что при выполнении ряда регулярных условий последовательная процедура оценивания позволяет достигать требуемого уровня доверия при минимально необходимом объёме выборки, что подтверждает её асимптотическую эффективность в смысле Чоу и Роббинса.

Анализ конкретных статистических моделей, а также применение предельных теорем для случайно остановленных стохастических процессов демонстрируют, что предложенные подходы остаются корректными для широкого класса статистических моделей. Полученные результаты обобщают и дополняют классические работы в области последовательного анализа, расширяя возможности применения доверительных интервалов фиксированной ширины в задачах математической статистики.

На основе проведённого теоретического исследования можно рекомендовать использование последовательных процедур для построения доверительных интервалов в ситуациях, когда фиксированная точность оценки является приоритетной, а параметры распределения частично или полностью неизвестны. Такой подход позволяет адаптивно управлять объёмом наблюдений, снижать вычислительную нагрузку и обеспечивать высокую точность статистических выводов. Перспективным направлением дальнейших исследований является применение рассмотренных методов к более общим линейным и нелинейным моделям, а также разработка последовательных алгоритмов, устойчивых к нарушениям классических предположений о распределении изучаемых данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вальд А. (1960). Последовательный анализ, Москва, Физматгиз
2. Lehmann E. L. (1951). Notes on the theory of estimation, Berkely, Univ. of Calif. Press.
3. Chow Y. S., Robbins H. (1965). On the asymptotic theory of fixed-width sequential confidence intervals for the mean, Ann. Math. Statist., 36, 457-462.
4. Турсунов Г. Т. (2024) Асимптотические свойства момента остановки в последовательном оценивании. Yashil iqtisodiyot va taraqqiyot, №11, стр.1162-1168.
5. Ghosh M., Mukhopadhyay N., Sen P. (1997). Sequential estimation, New York, Wiley.
6. Uno C., Isogai E., Lim D. (2004). Sequential Point Estimation of a Function of the Exponential Scale Parameter, Austrian Journal of Statistics 33, 281-291.
7. Zacks S., Mukhopadhyay N. (2006). Bounded Risk Estimation of the Exponential Parameter in a Two-Stage Sampling. Sequential Analysis, v. 25, 4,437-452.
8. Frey J. (2010). Fixed-Width Sequential Confidence Intervals for a Proportion, American Statistician, v. 64, 242-249.
9. Bagui S., Mehra K., Krishnaiah R. (2010) Sequential Nonparametric Fixed-Width Confidence Intervals for Conditional Quantiles, Sequential Analysis, Volume 29, Issue 1, 69-87.
10. Zacks S., Khan A. (2011). Two-Stage and Sequential Estimation of the Scale Parameter of a Gamma Distribution with Fixed-Width Intervals, Sequential Analysis, v.30, 297-307.
11. Lalehzari R., Mahmoudi E., Khalifeh A. (2018) Sequential fixed-width confidence interval for the rth power of the exponential scale parameter: Two-stage and sequential sampling procedures, Sequential Analysis v.37, Issue 3, 293-310.
12. De S., Mukhopadhyay N. (2019) Two-stage fixed-width and bounded-width confidence interval estimation methodologies for the common correlation in an equi-correlated multivariate normal distribution, Sequential Analysis, Volume 38, Issue 2, 214-258.
13. Mahmoudi E., Khalifeh A., Nekoukhou V. (2019) Minimum risk sequential point estimation of the stress-strength reliability parameter for exponential distribution Sequential Analysis, Volume 38, Issue 3, 279-300.



14. Anscombe F. J. (1952). Large sample theory of sequential estimation, Proc. Cambr. Philos. Soc., 48, 600-607
15. Sen P. K. (1981) Sequential Nonparametrics: Invariance Principles and Statistical Inference, New York, Wiley.
16. Ибрагимов И. А., Линник Ю. В. (1965). Независимые и стационарно связанные величины, Москва, Наука.
17. Ширяев А.Н. (1980). Вероятность, Москва, Наука.
18. Биллингсли П. (1977). Сходимость вероятностных мер, Москва, Наука.
19. Silvestrov D. S. (2004). Limit Theorems for Randomly Stopped Stochastic Processes. Probability and Its Applications, Springer, London.





IQTISODIYOT & TARAQQIYOT

Ijtimoiy, iqtisodiy, texnologik, ilmiy, ommabop jurnal

Ingliz tili muharriri: Feruz HAKIMOV

Musahhih: Zokir ALIBEKOV

Sahifalovchi va dizayner: Hasan MAQSUDOV

2026. № 6/6

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

Mazkur jurnalda maqolalar chop etish uchun quyidagi havolalarga maqola, reklama, hikoya va boshqa ijodiy materiallar yuborishingiz mumkin. Materiallar va reklamalar pullik asosda chop etiladi.

EI.Pochta: sq143235@gmail.com

Bot: @iqtisodiyot_77

Tel.: 93 718 40 07

Jurnalga istalgan payt quyidagi rekvizitlar orqali obuna bo'lishingiz mumkin. Obuna bo'lgach, @iqtisodiyot_77 telegram sahifamizga to'lov haqidagi ma'lumotni skrinshot yoki foto shaklida jo'natishingizni so'raymiz. Shu asosda har oygi jurnal yangi sonini manzilingizga jo'natamiz.

"Yashil" iqtisodiyot va taraqqiyot" jurnali 03.11.2022-yildan O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan №566955 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.

Litsenziya raqami: №046523. PNFL: 30407832680027

Manzilimiz: Toshkent shahar, Mirzo Ulug'bek tumani
Kumushkon ko'chasi, 26-uy.



Jurnal sayti: <https://yashil-iqtisodiyot-taraqqiyot.uz>