

MUHANDISLIK

& IQTISODIYOT

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

2026-YIL
IYUN/6-SON, IV-QISM



Milliy nashrlar

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

05.00.00 - Texnika fanlari

08.00.00 - Iqtisodiyot fanlar



Google
Scholar

ISSN INTERNATIONAL
STANDARD
SERIAL
NUMBER
INTERNATIONAL CENTRE

OpenAIRE



ISSN: 3060-463X



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 modellashtirish
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

| | |
|--|----|
| EPOKSID-DIAN VA FENOLFORMALDEGID GIBRID BOG'LOVCHISI ASOSIDA YUQORI YEYILISH VA KORROZIYABARDOSH ANTIFRIKSION QOPLAMALAR YARATISH | 10 |
| Bakirov Lutfillo Yuldoshaliyevich | |
| O'ZBEKISTONDA TURIZM SOHASIDA DAVLAT-XUSUSIY SHERIKLIKNI BOSHQARISH VA TARTIBGA SOLISHNING USTUVOR YO'NALISHLARI..... | 16 |
| Mamayusupova Dilovarxon, Maxmudaliyeva Manzuraxon, Toyirjonov Shokirjon | |
| FRANSUZ, RUS VA O'ZBEK TILLARI SPORT TURIZMI TERMINLARINING LEKSIK-SEMANTIK VA LINGVOMADANIY TADQIQI..... | 20 |
| Ma'rupova Gulnoz | |
| МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ ПЛОДОВ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН..... | 24 |
| Муратов Абдулазиз Уктамович | |
| DIGITAL TRANSFORMATION AND EMERGING TRENDS IN INFORMATION TECHNOLOGY..... | 29 |
| Daminova Barno, Esmurodova Zarnigor, Boltayev Javohir, Kuziboyeva Lobar | |
| FRANSUZ, RUS VA O'ZBEK TILLARI SPORT TURIZMI TERMINLARINING LEKSIK-SEMANTIK VA LINGVOMADANIY XUSUSIYATLARI..... | 34 |
| Ma'rupova Gulnoz Umarjonovna | |
| MINTAQA IQTISODIY O'SISHIDA XIZMATLAR SOHASI TARKIBIY O'ZGARISHLARINING STATISTIK TAHLILI: XORAZM VILOYATI MISOLIDA | 38 |
| Raximov Alisher Ibragimovich | |
| KREDIT SKORINGIDA XULQ-ATVOR OMILLARINI BAHOLASH: NAZARIY ASOSLAR VA AMALIY QO'LLANILISHI | 45 |
| BekmurodovAbbos Amiriddinovich | |
| ECONOMETRIC INVESTIGATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION ACTIVITIES IN KARAKALPAKSTAN REPUBLIC..... | 49 |
| Makhambetova Uringul Reimbaevna | |
| GETEROKOMPOZIT POLIMER QOPLAMALAR SIRTINING SHAKLLANISHI VA ULARNING PAXTA TOLALARI SIFATIGA TA'SIRINI TADQIQ ETISH | 55 |
| Bakirov Lutfillo Yuldoshaliyevich | |
| GRADIENT BOOSTING (XGBOOST) VA TEGISHLILIK FUNKSIYALARIGA TAYANGAN STATISTIK KLASSIFIKATSIYA USULINING SOLISHTIRMA BAHOLANISHI | 62 |
| Ergasheva Ma'mura Gayratovna | |
| QURILISH SOHASIDA KICHIK VA YIRIK BIZNES SUBYEKTLARI INTEGRATSIYASI SAMARADORLIGINI EKONOMETRIK BAHOLASH..... | 69 |
| Axmedova Nilufar Shuxratovna | |
| LARAVEL PLATFORMASIDA NEYROTARMOQLARNI QO'LLASH ORQALI FOYDALANUVCHI XATTI-HARAKATLARINI BASHORAT QILISH VA TAVSIYA TIZIMLARINI YARATISH | 74 |
| Jo'rayev To'xtasin, Abdusattarov Odiljon, Boymatov Mexrojiddin, Maxkamov A'zimjon, Nabijonov Abduqodir | |
| BEHIND THE 30% TARGET: A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR WOMEN'S ACADEMIC LEADERSHIP IN UZBEK UNIVERSITIES | 82 |
| Farida Nishanova | |
| QURILISH SANOATIDA TADBIRKORLIK FAOLIYATINI RIVOJLANTIRISH: NAZARIY-METODOLOGIK ASOSLAR VA AMALIY YONDASHUVLAR | 87 |
| Abdullayev Axror Jaxbarovich | |
| BALIQCILIKDA INNOVATSION TEXNOLOGIYALARNI JORIY ETISHNING OBYEKTIV ZARURIYATI..... | 92 |
| Iskandar Yunusov | |



| | |
|--|-----|
| TADBIRKORLIK SUBYEKTLARINI KREDITLASHDAGI BANK KREDIT RISKLARINI PASAYTIRISH YO'LLARI..... | 98 |
| Toymuxamedov Ibrohim Rixsiboyevich | |
| KO'P KVARTIRALI UY-JOY FONDINI BOSHQARISHDA PROFESSIONAL XIZMAT KO'RSATISH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISHNING TASHKILIY-IQTISODIY MEKANIZMLARI | 108 |
| Rahimov Qodir Ergashevich | |
| НИЗКОУГЛЕРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА КАК НАПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ УЗБЕКИСТАНА | 115 |
| Расулкулов Жамшидбек Акрамкулович | |
| ERKIN IQTISODIY ZONALARNING MOHIYATI VA ULARNING PRINSIPLARI | 124 |
| Ubaydullayev Muxammadjon, Akbarov Diyorbek | |
| RAQAMLI TRANSFORMATSIYA SHAROITIDA MEHMONXONA XIZMATLARINI AVTOMATLASHTIRISHNING IQTISODIY AFZALLIKLARI..... | 128 |
| Raxmonova Nigina Anvarovna | |
| EMPLOYEE WELL-BEING IN POST-REFORM UZBEKISTAN: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW AND RESEARCH AGENDA | 132 |
| Farida Nishanova | |
| TIJORAT BANKLARI TOMONIDAN TADBIRKORLIK SUBYEKTLARINI MOLIYALASHTIRISHNI TAKOMILLASHTIRISH MEKANIZMLARI | 137 |
| Inobatov Abror Boshlarovich | |
| REAL SEKTORNING INSTITUTSIONAL TARKIBI VA TRANSFORMATSIYA TENDENSIYALARI..... | 144 |
| Isroilova Muhabbat Rustamjon qizi | |
| ОБЕСПЕЧЕНИЕ РОСТА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ (НА ПРИМЕРЕ ФИРМЕННЫХ МАГАЗИНОВ «SAG EXPRESS») | 151 |
| Мусаева Шоира Азимовна | |
| O'ZBEKISTONDA YALPI ICHKI MAHSULOT DINAMIKASINING ICHKI ISTE'MOLGA TA'SIRI | 161 |
| Djumayev Zayniddin Axmedovich | |
| O'ZBEKISTON TASHQI IQTISODIY FAOLIYATIDA KICHIK BIZNES O'RNINI OSHIRISHNING STATISTIK USULLARDAGI TAHLIL..... | 166 |
| Yadgarova Nigora Rixsulla qizi | |
| KATTA HAJMDAGI MA'LUMOTLARNI REAL VAQT REJIMIDA VIZUALIZATSIYA QILISH UCHUN ADAPTIVE M4 GEOMETRIK-PERSEPTUAL AGREGATSIYA ALGORITMI..... | 170 |
| Nuraliyev Faxriddin, Hotamov Farhod, Muxamedjonova Zuxra | |

KATTA HAJMDAGI MA'LUMOTLARNI REAL VAQT REJIMIDA VIZUALIZATSIYA QILISH UCHUN ADAPTIVE M4 GEOMETRIK-PERSEPTUAL AGREGATSIYA ALGORITMI



Nuraliyev Faxriddin Murodillayevich

t.f.d., professor, Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, "Televizion va media texnologiyalar" kafedrası
ORCID: 0000-0002-0574-9278



Hotamov Farhod Nodirovich

Doktorant, Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, "Televizion va media texnologiyalar" kafedrası
ORCID: 0009-0003-7566-4442



Muxamedjonova Zuxra Boxodir qizi

Magistr, Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, "Televizion va media texnologiyalar" kafedrası
ORCID: 0009-0006-7120-298X

Annotatsiya. Maqolada katta hajmdagi (big data) vaqt qatorlarini cheklangan piksel o'Ichamli ekranda real vaqt rejimida vizualizatsiya qilishda yuzaga keladigan geometrik soddalashtirish (curve simplification) masalasi qaraladi. Mavjud agregatsiya algoritmlari (MinMax, M4, LTTB va boshqalar) tahlil qilinib, ularning anomaliya va trend o'zgarish nuqtalarini yo'qotish kamchiligi aniqlanadi. Klassik M4 rasterizatsiya algoritmini oltita geometrik-perseptual xususiyat bilan kengaytiruvchi va ularni yagona kompozit muhimlik formulasida birlashtiruvchi AdaptiveM4 algoritmi taklif etiladi. Algoritm chiziqli $O(n)$ hisoblash murakkabligini saqlagan holda anomal nuqtalarni saqlash ko'rsatkichini 60% dan 95% gacha oshiradi. Geometrik (Fréchet, Hausdorff masofalari, yuza farqi) va perseptual (SSIM) metrikalar yordamida algoritm sifati baholandi.

Kalit so'zlar: vizualizatsiya, vaqt qatori, geometrik soddalashtirish, egri chiziq, kompozit muhimlik, M4, LTTB, perseptual aniqlik, real vaqt, big data.

Abstract. The paper addresses the curve simplification problem arising in real-time visualization of big data time series on a fixed-resolution screen. Existing aggregation algorithms (MinMax, M4, LTTB, etc.) are analyzed, and their tendency to lose anomalies and trend-change points is identified. The AdaptiveM4 algorithm is proposed, extending the classical M4 rasterization algorithm with six geometric-perceptual features unified in a single composite importance formula. Preserving linear $O(n)$ complexity, the algorithm raises anomaly retention from 60% to 95%. Algorithm quality is evaluated using geometric (Fréchet, Hausdorff distances, area difference) and perceptual (SSIM) metrics.

Keywords: visualization, time series, curve simplification, composite importance, M4, LTTB, perceptual accuracy, real-time, big data.

Аннотация. В статье рассматривается задача геометрического упрощения кривой (curve simplification) при визуализации больших данных в реальном времени на экране с ограниченным числом пикселей. Существующие алгоритмы агрегации (MinMax, M4, LTTB и др.) теряют аномалии и точки изменения тренда. Предлагается



алгоритм AdaptiveM4, расширяющий классический M4 шестью геометрико-перцептивными признаками, объединёнными в единой композитной формуле значимости. При сохранении линейной сложности $O(n)$ алгоритм повышает сохранность аномальных точек с 60% до 95%. Качество оценено геометрическими (Fréchet, Hausdorff) и перцептивными (SSIM) метриками.

Ключевые слова: визуализация, временной ряд, геометрическое упрощение, кривая, композитная значимость, M4, LTTB, перцептивная точность, реальное время.

KIRISH

Zamonaviy axborot tizimlari - moliyaviy birjalar, sensor tarmoqlari (IoT), server monitoringi - sekundiga minglab o'lchov nuqtalaridan iborat uzluksiz oqimlarni generatsiya qiladi. Bunday katta hajmdagi (big data) vaqt qatorlarini foydalanuvchi ekranida aks ettirishda asosiy geometrik cheklov yuzaga keladi: ekranning gorizontal o'lchami (masalan, 1000-2000 piksel) tasvirlanishi kerak bo'lgan nuqtalar sonidan minglab marta kichik. Demak, har bir nuqtani alohida chizish nafaqat ortiqcha, balki imkonsiz: bir piksel ustuniga yuzlab qiymat to'g'ri keladi.

Shu sababli ma'lumotni vizualizatsiyadan oldin agregatsiya (geometrik soddalashtirish) qilish zarur - ya'ni dastlabki egri chiziqning shaklini buzmasdan kamroq nuqta bilan ifodalash. Bu masala muhandislik geometriyasida egri chiziqni soddalashtirish (curve simplification) deb yuritiladi va kompyuter grafikasining markaziy masalalaridan biridir. Soddalashtirishning sifati ikki mezon bilan o'lchanadi: (1) geometrik aniqlik - soddalashtirilgan egri asl egridan qanchalik kam og'ishi (Fréchet va Hausdorff masofalari, yuza farqi); (2) perseptual aniqlik - hosil bo'lgan tasvirning inson ko'zi uchun asl tasvirga o'xshashligi (SSIM, piksel farqi).

Mavzuning dolzarbligi shundaki, mavjud algoritmlarning ko'pchiligi vizual jihatdan muhim, ammo statistik jihatdan kam uchraydigan nuqtalarni - anomalialar (outlier) va trend o'zgarish cho'qqilarini - o'rtacha qiymatga «yutib» yuboradi. Natijada ekranda silliq, ammo asl signalning muhim geometrik xususiyatlarini yo'qotgan egri hosil bo'ladi. Anomaliya yoki trend o'zgarishi monitoring, moliya va tibbiyot tizimlarida aynan eng muhim hodisa hisoblanadi, shu sababli ularni vizual saqlash dolzarb ilmiy-amaliy masaladir.

Tadqiqot obyekti - katta hajmdagi vaqt qatorlarini real vaqt rejimida vizualizatsiya qilish jarayoni. Tadqiqot predmeti - egri chiziqni geometrik soddalashtirish (agregatsiya) usul va algoritmlari. Tadqiqotning maqsadi - anomalialar, trendlar va domen jihatidan muhim nuqtalarni saqlagan holda big data oqimini real vaqt rejimida (kadrash kechikishi 200 ms dan kam) vizualizatsiya qiluvchi geometrik-perseptual agregatsiya algoritmini ishlab chiqish. Maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi: (1) mavjud soddalashtirish algoritmlarini yagona mezonlar tizimida qiyosiy tahlil qilish; (2) statistik, geometrik, perseptual va semantik mezonlarni birlashtiruvchi kompozit muhimlik modelini ishlab chiqish; (3) modelni dasturiy ta'minotda amalga oshirib, geometrik va perseptual metrikalar bilan baholash.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Vaqt qatorlarini vizualizatsiya uchun soddalashtirish masalasi xorijiy tadqiqotchilar tomonidan keng o'rganilgan bo'lib, mavjud yondashuvlarni geometrik tamoyiliga ko'ra uch guruhga ajratish mumkin.

Rasterizatsiyaga asoslangan usullar. U. Jugel va hammualliflar taklif etgan M4 algoritmi [1] vaqt o'qini piksel ustunlariga bo'lib, har bir ustundan to'rt ekstremal nuqtani - minimum, maksimum, birinchi va oxirgi qiymatlarni - tanlaydi. Bu piksel-mukammal (pixel-perfect) tasvirni kafolatlaydi, ammo ustun ichidagi tezkor anomaliya min/max chegarasiga tushmasa, yo'qoladi. MinMax usuli yanada soddalashtirilgan: faqat minimum va maksimumni saqlaydi.

Perseptual (yuzaga asoslangan) usullar. S. Steinarsson ishlab chiqqan LTTB (Largest Triangle Three Buckets) [2] ketma-ket uchta nuqta hosil qilgan uchburchak yuzasini maksimallashtiruvchi nuqtani tanlaydi - ya'ni egrining eng "burchakli" joylarini ajratadi. M. Visvalingam va J.D. Whyatt [3] usuli ham uchburchak yuzasidan foydalanadi, ammo eng kichik yuzali nuqtalarni iteratsiyalab o'chiradi.

Geometrik og'ishga asoslangan usullar. D. Douglas va T. Peucker (Ramer-Douglas-Peucker) algoritmi [4] nuqtaning to'g'ri chiziqdan perpendikulyar og'ishini mezon qilib oladi. J. Lin va E. Keogh ishlarida taklif etilgan SAX [5] hamda PAA [6] usullari signalni segmentlar o'rtachasi bilan almashtiradi, bu esa ekstremumlarni butunlay yo'qotadi.

Mahalliy tadqiqotlarda big data va vizualizatsiya yo'nalishi asosan amaliy axborot tizimlari va dasturiy ta'minot kontekstida qaralib, egri chiziqni geometrik soddalashtirishga maxsus bag'ishlangan, 05.01.01 - muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi nuqtai nazaridan real vaqt cheklovini hisobga oluvchi ishlar yetarlicha ishlanmagan.

Solishtirma sharh shuni ko'rsatadiki, mavjud usullarning hech biri statistik (outlier), geometrik (trend cho'qqisi) va perseptual (vizual muhimlik) mezonlarni bir vaqtning o'zida hisobga olmaydi; bundan tashqari,

ularning aksariyati bucket o'lchamini statik belgilaydi va real vaqt yukiga moslashmaydi. Ushbu bo'shliq - ya'ni uchala mezonni yagona modelda birlashtirish va uni real vaqt yukiga moslashtirish - muallif taklif etayotgan AdaptiveM4 algoritmining ilmiy yangiligi va mavjud ishlardan farqini belgilaydi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqotda qiyosiy taqqoslash (comparative analysis) va eksperimental modellashtirish usullaridan foydalanildi. Birinchi bosqichda mavjud agregatsiya algoritmlari yagona mezonlar tizimi (geometrik aniqlik, anomaliya saqlash, hisoblash tezligi) bo'yicha qiyosan tahlil qilindi. Ikkinchi bosqichda taklif etilayotgan AdaptiveM4 algoritmi formal-matematik tavsiflandi. Uchinchi bosqichda algoritmi Java 21 muhitida (StreamViz prototipi) amalga oshirildi. To'rtinchi bosqichda natijalar geometrik (Fréchet, Hausdorff masofalari, yuza farqi) va perseptual (SSIM) metrikalar yordamida obyektiv baholandi.

AdaptiveM4 - klassik M4 rasterizatsiya negizini saqlagan holda uni oltita geometrik-perseptual xususiyat bilan kengaytiruvchi va ularni yagona kompozit muhimlik bahosida birlashtiruvchi algoritmi. Har bir nomzod nuqta v_i uchun muhimlik bahosi quyidagicha hisoblanadi:

$$\text{Score}(v_i) = w_1 \cdot S_{\text{stat}} + w_2 \cdot S_{\text{slope}} + w_3 \cdot S_{\text{area}} + w_4 \cdot S_{\text{res}} + w_5 \cdot S_{\text{sem}} \quad (1)$$

bu yerda standart og'irliklar $w_1=0.30$, $w_2=0.25$, $w_3=0.20$, $w_4=0.15$, $w_5=0.10$. Nuqtani saqlash sharti to'rt mustaqil «yo'l»dan biri qanoatlantirilsa bajariladi:

$$\text{keep}(v_i) = [\text{Score} \geq \theta] \text{ OR } [Z > \tau] \text{ OR } [\Delta\text{slope} > \delta] \text{ OR } [S_{\text{sem}} = 1] \quad (2)$$

1) **Statistik muhimlik (Z-score).** Nuqtaning o'rtachadan og'ishi standart og'ish birligida o'lchanadi; bu - statistik anomaliyani aniqlovchi geometrik metrika: $Z(v_i) = |(x_i - \mu) / \sigma|$, $Z > \tau$ ($\tau = 2.5$) \Rightarrow keep (3)

2) **Trend muhimligi (slope).** Geometrik jihatdan slope - egri chiziqqa o'tkazilgan urinmaning (tangent) burchak koeffitsienti, uning o'zgarishi Δslope esa egrilik (curvature) o'lchovidir. Yo'nalish keskin o'zgargan (cho'qqi, chuqurlik) nuqtalar saqlanadi: $\text{slope}(i) = (v_{i+1} - v_{i-1}) / 2$; $\Delta\text{slope}(i) = |\text{slope}(i+2) - \text{slope}(i-2)|$ (4)

3) **Perseptual muhimlik (uchburchak yuzasi).** LTTB g'oyasi asosida nuqtaning vizual «burchaklilik» darajasi oldingi va keyingi bucket o'rtacha nuqtalari bilan hosil qilgan uchburchak yuzasi orqali baholanadi: $S_{\text{area}}(v_i) = \text{area}(A, v_i, C) / \text{area}_{\text{max}}$ (5)

4) **Adaptiv bucket o'lchami.** M4 da bucket statik; AdaptiveM4 esa uni tizim yuki (latency) va bufer to'lganligiga qarab real vaqtda o'zgartiradi, bu - ko'p masshtabli (multi-resolution) yondashuvning real vaqt mexanizmidir:

$$\text{bucket}_{\text{size}} = B_0 \cdot (1 + \max(\lambda, B_{\text{fill}})), \quad \lambda = \text{latency}_{\text{hozir}} / \text{latency}_{\text{maqsad}} \quad (6)$$

5) **Ko'p masshtabli agregatsiya (multi-resolution / LOD).** Ma'lumot bir nechta masshtabda (zoom darajasida) oldindan agregatsiyalanadi - bu kompyuter grafikasidagi tafsilot darajasi (Level of Detail) tamoyiliga mos keladi: $R_k = \text{aggregate}(D, \text{bucket} = 2^k \cdot B_0)$ (7)

6) Semantik muhimlik (domen qoidalari). Domenga xos kritik chegaralar (masalan, CPU > 95% yoki tibbiyotda HR > 120) nuqtani Score qiymatidan qat'i nazar majburiy saqlaydi (override):

$$S_{\text{sem}} = 1 \Rightarrow \text{keep}(v_i) = \text{TRUE} \quad (8)$$

Hisoblash murakkabligi. Har bir xususiyat (Z-score, slope, yuza, semantik tekshiruv) nuqta uchun O(1) amallar bilan hisoblanadi, shu sababli oltita xususiyat qo'shilganda ham umumiy hisoblash murakkabligi chiziqli - O(n) bo'lib qoladi. Bu real vaqt cheklovini (kadr kechikishi < 200 ms) ta'minlovchi muhandislik kafolatidir.

Baholash metrikalari. Soddalashtirish sifatini obyektiv o'lchash uchun ikki turdagi metrika qo'llanildi: geometrik - Fréchet va Hausdorff masofalari hamda asl va soddalashtirilgan egrilar orasidagi yuza farqi (asl egridan og'ishni miqdoriy baholaydi); perseptual - SSIM (Structural Similarity Index) [7], hosil bo'lgan tasvirning asl tasvirga vizual o'xshashligini baholaydi. Sinov ma'lumotlari sifatida to'rt anomaliya patterni (Spike, Level Shift, Gradual Drift, Oscillation) va real moliyaviy bozor oqimi ishlatildi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Algoritmi Java 21 muhitida amalga oshirilib, Intel Core i7, 16 GB operativ xotira konfiguratsiyasida sinovdan o'tkazildi. Har bir sinovda chiqish ~100 nuqtaga qisqartirildi. Avval hisoblash tezligi (latency) bo'yicha solishtirma o'tkazildi (1-jadval).



1-jadval. Hisoblash tezligi (latency, ms) bo'yicha solishtirma.

| Kirish hajmi | AdaptiveM4 | M4 | LTTB |
|--------------|------------|-----|------|
| 1 000 | 0.5 | 0.3 | 0.4 |
| 10 000 | 2.1 | 1.2 | 3.5 |
| 50 000 | 8.5 | 5.1 | 15.2 |
| 100 000 | 16.2 | 9.8 | 31.5 |

Jadvaldan ko'rinadiki, 100 000 nuqtali oqim AdaptiveM4 tomonidan 16.2 ms da qayta ishlanadi - bu 200 ms cheklovidan o'n marta kam, ya'ni algoritm real vaqt talabini ta'minlaydi. LTTB bilan solishtirganda AdaptiveM4 ikki barobar tezroq, M4 ga nisbatan esa qo'shimcha xususiyatlar hisobiga ~1.6 barobar sekinroq, biroq bu farq amalda sezilmaydi.

2-jadval. Geometrik-perseptual sifat bo'yicha solishtirma.

| Ko'rsatkich | M4 | AdaptiveM4 |
|---------------------------------|-------|------------|
| Outlier (anomaliya) saqlash | 60% | 95%+ |
| Trend cho'qqilarini saqlash | 78% | 95% |
| Anomaliya patternlari (4 tadan) | 2 / 4 | 4 / 4 |

2-jadval natijalari AdaptiveM4 ning anomaliya saqlash ko'rsatkichini M4 ga nisbatan 60% dan 95% gacha oshirishini tasdiqlaydi. M4 to'rt anomaliya patternidan faqat ikkitasini (Spike va Level Shift) to'g'ri aks ettirsa, AdaptiveM4 to'rttasini ham (Spike, Level Shift, Gradual Drift, Oscillation) saqlaydi - bunga slope va semantik «yo'l»lar hissa qo'shadi.

Geometrik va perseptual metrikalar bo'yicha tahlil shuni ko'rsatdiki, AdaptiveM4 barcha metrikalarda - Fréchet va Hausdorff masofalari, yuza farqi hamda SSIM - asl egriga M4 va LTTB ga qaraganda yaqinroq natija berdi; ayniqsa anomaliya zonalarida asl egridan og'ish sezilarli kamaydi. Tahlil natijasida aniqlangan asosiy muammo - og'irlik koeffitsientlari ($w_1...w_5$) ning qiymati domenga bog'liq bo'lib, ularni har bir soha uchun qo'lda sozlash zarurati tug'iladi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Maqolada big data vaqt qatorlarini real vaqt rejimida vizualizatsiya qilishdagi egri chiziqni geometrik soddalashtirish masalasi qaralib, klassik M4 algoritmini oltita geometrik-perseptual xususiyat bilan kengaytiruvchi AdaptiveM4 algoritmi taklif etildi. Olingan asosiy natijalar:

- algoritm chiziqli $O(n)$ murakkablikni saqlaydi va 100 000 nuqtali oqimni 16.2 ms da qayta ishlab, real vaqt cheklovini (< 200 ms) ta'minlaydi;
- anomaliyalarni saqlash ko'rsatkichi 60% dan 95% gacha, trend cho'qqilarini saqlash 78% dan 95% gacha oshdi;
- to'rt anomaliya patternining barchasi to'g'ri aks ettirildi.

Aniqlangan muammoni (og'irliklarni qo'lda sozlash) bartaraf etish bo'yicha quyidagi takliflar ilgari suriladi: (1) $w_1...w_5$ og'irlik koeffitsientlarini har bir domen ma'lumotiga qarab optimallashtirish (masalan, gradient yoki genetik usullar bilan) orqali avtomatik sozlash; (2) algoritmni Kafka kabi taqsimlangan oqim platformalari bilan integratsiyalab, yuqori o'tkazuvchanlikdagi muhitda sinovdan o'tkazish; (3) baholashni keng ko'lamli real datasetlar va foydalanuvchi perseptual tajribasi bilan kengaytirish.

Olingan natijalar AdaptiveM4 ni - muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi yo'nalishida vizualizatsiya usul va algoritmlarini ishlab chiqishga qo'shilgan hissa sifatida baholash imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- Jugel U., Jerzak Z., Hackenbroich G., Markl V. M4: A Visualization-Oriented Time Series Data Aggregation // Proceedings of the VLDB Endowment. - 2014. - Vol. 7, No. 10. - P. 797-808.
- Steinarsson S. Downsampling Time Series for Visual Representation: Master's thesis. - University of Iceland, 2013. - 54 p.
- Visvalingam M., Whyatt J.D. Line Generalisation by Repeated Elimination of Points // The Cartographic Journal. - 1993. - Vol. 30, No. 1. - P. 46-51.
- Douglas D.H., Peucker T.K. Algorithms for the Reduction of the Number of Points Required to Represent a Digitized Line or its Caricature // The Canadian Cartographer. - 1973. - Vol. 10, No. 2. - P. 112-122.
- Lin J., Keogh E., Lonardi S., Chiu B. A Symbolic Representation of Time Series, with Implications for Streaming



- Algorithms // Proc. of the 8th ACM SIGMOD Workshop (DMKD). - 2003. - P. 2-11.
6. Keogh E., Chakrabarti K., Pazzani M., Mehrotra S. Dimensionality Reduction for Fast Similarity Search in Large Time Series Databases // Knowledge and Information Systems. - 2001. - Vol. 3, No. 3. - P. 263-286.
 7. Wang Z., Bovik A.C., Sheikh H.R., Simoncelli E.P. Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity // IEEE Transactions on Image Processing. - 2004. - Vol. 13, No. 4. - P. 600-612.

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 kelmasligi 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