ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -8

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 8

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

MASOFA–TRANSFORMATSIYASINING MATEMATIK MODELI

Rayimqulov O‘ral Mavlonivich
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Annotatsiya. Mazkur maqolada ultratovush qurilmasidan olingan tasvirlarda obyekt sohalarini ajratish, ichki geometrik tuzilmani baholash va markerlash jarayonlarida masofa–transformatsiyasining matematik modeli tahlil qilinadi. Masofa transformatsiyasi binar tasvirning har bir obyekt pikseliga eng yaqin fon yoki chegara pikseligacha bo‘lgan masofani mos qo‘yuvchi funksiya sifatida qaraladi. Ushbu funksiya asosida masofa xaritasi hosil qilinib, obyekt markazi, maksimal radius, lokal maksimumlar, tutash obyektlarni ajratish hamda markerga asoslangan watershed segmentatsiyasi uchun muhim geometrik belgilar olinadi. Maqolada Evklid, Manxetten, Chebyshev va Chamfer masofalari, ularning matematik ifodalanishi va UZI tasvirlarida qo‘llanish xususiyatlari yoritiladi. Shuningdek, τ-parametrli marker tanlash mezoni, masofa xaritasi orqali radius va diametrni baholash hamda taklif etilgan modelning dinamik ultratovush tasvirlarini qayta ishlashdagi amaliy ahamiyati asoslanadi.

Kalit so‘zlar: masofa transformatsiyasi, Evklid masofasi, masofa xaritasi, lokal maksimum, UZI tasviri, binar maska, markerlash, watershed, segmentatsiya, geometrik model.

Аннотация. В статье рассматривается математическая модель дистанционного преобразования при выделении объектов, оценке их внутренней геометрической структуры и маркировании областей на ультразвуковых изображениях. Дистанционное преобразование интерпретируется как функция, сопоставляющая каждому пикселю объекта в бинарном изображении расстояние до ближайшего фонового или граничного пикселя. На основе этой функции формируется карта расстояний, позволяющая определить центр объекта, максимальный радиус, локальные максимумы, разделить соприкасающиеся объекты и подготовить маркеры для watershed-сегментации. Рассмотрены евклидова, манхэттенская, чебышевская и chamfer-метрики, их математическое представление и особенности применения в ультразвуковых изображениях. Также обоснованы критерий выбора маркеров с параметром τ, оценка радиуса и диаметра по карте расстояний и практическая значимость предложенной модели для обработки динамических ультразвуковых изображений.

Ключевые слова: дистанционное преобразование, евклидово расстояние, карта расстояний, локальный максимум, ультразвуковое изображение, бинарная маска, маркирование, watershed, сегментация, геометрическая модель.

Abstract. This article analyzes the mathematical model of distance transformation for object extraction, internal geometric structure evaluation, and marker generation in ultrasound images. Distance transformation is considered as a function that assigns to each object pixel in a binary image the distance to the nearest background or boundary pixel. The resulting distance map provides important geometric features such as the object center, maximum radius, local maxima, separation of touching objects, and markers for watershed-based segmentation. The paper discusses Euclidean, Manhattan, Chebyshev, and Chamfer distances, their mathematical formulations, and their application characteristics in ultrasound imaging. In addition, a τ-parameter-based marker selection criterion, radius and diameter estimation using the distance map, and the practical significance of the proposed model for processing dynamic ultrasound images are substantiated.

Keywords: distance transformation, Euclidean distance, distance map, local maximum, ultrasound image, binary mask, marking, watershed, segmentation, geometric model.

1. KIRISH.

Raqamli tasvirlarni qayta ishlashda obyektlarni ajratish, ularning chegaralarini aniqlash va shakliy parametrlarini hisoblash muhim nazariy hamda amaliy masalalardan biridir. Tasvir odatda diskret piksel maydoni sifatida qaraladi; shuning uchun tasvir bilan ishlash jarayoni nafaqat intensivlik qiymatlarini, balki piksellar orasidagi geometrik bog‘lanishlarni ham hisobga olishni talab qiladi [1].

Ultratovush diagnostikasi real vaqt rejimida axborot beruvchi, invaziv bo‘lmagan va klinik amaliyotda keng qo‘llaniladigan tasvirlash texnologiyalaridan biridir. Biroq UZI tasvirlarida spekl shovqin, past kontrast, akustik soya va chegaralarning noaniqligi kabi omillar obyektlarni avtomatik ajratish natijasiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi [2], [3].

Tibbiy tasvirlarni qayta ishlashda segmentatsiya natijasi keyingi o‘lchash, kontur tahlili, patologik o‘zgarishlarni baholash va dinamik kuzatish bosqichlari uchun asos bo‘lib xizmat qiladi. Shu sababli UZI tasvirida hosil qilingan binar maska ustida qo‘shimcha geometrik tahlil olib borish zarur. Bunda masofa–transformatsiyasi obyektning ichki tuzilishini raqamli masofa xaritasi ko‘rinishida ifodalab, markerlash va segmentatsiyani barqarorlashtirishga yordam beradi [4].

Masofa–transformatsiyasi binar tasvirning har bir obyekt pikseliga shu piksel bilan eng yaqin fon yoki chegara pikseli orasidagi masofani mos qo‘yadi. Natijada chegaraga yaqin joylarda kichik, obyekt markaziga yaqin hududlarda esa katta qiymatlarga ega bo‘lgan masofaviy sirt shakllanadi. Bu sirt obyekt markazi, radiusi, diametri, lokal maksimumlari va ichki skeletini aniqlash uchun qulay matematik asos yaratadi [5].

ISSN 3030-3907

Maqolaning maqsadi masofa–transformatsiyasining matematik modelini UZI tasvirlarida obyektlarni ajratish va markerlash vazifalari bilan bog‘liq holda yoritishdan iborat. Bunda diskret tasvir modeli, masofa metrikalari, masofa xaritasi, lokal maksimumlar, τ-parametrli marker tanlash va watershed segmentatsiyasi bilan bog‘lash bosqichlari ketma-ket tahlil qilinadi.

Diskret kulrang tasvir umumiy holda quyidagi funksiya orqali ifodalanadi:

$$I : \Omega \subset Z^2 \rightarrow \{0, 1, \ldots, L-1\} \quad (1)$$

bu yerda Ω — piksellar fazosi, Z^2 — ikki o‘lchovli butun koordinatalar panjarasi, L — kulrang darajalar soni. Segmentatsiya natijasida esa obyekt va fonni ajratuvchi binar maska hosil qilinadi:

$$M(x,y)=\{1, (x,y)\in A; 0, (x,y)\in B\} \quad (2)$$

Bu yerda A — obyekt piksellari to‘plami, B — fon yoki chegara piksellari to‘plami. Masofa–transformatsiyasining keyingi hisoblashlari aynan shu binar maska asosida bajariladi.

2. ADABIYOTLAR TAHLILI.

Masofa transformatsiyasi g‘oyasi raqamli tasvirlarda piksellar orasidagi fazoviy yaqinlikni hisoblash masalasidan kelib chiqqan. Rosenfeld va Pfaltz tomonidan diskret tasvirlarda ketma-ket amallar va masofaviy bog‘lanishlarni hisoblash bo‘yicha taklif etilgan yondashuvlar masofa xaritalari nazariyasining dastlabki poydevorlaridan biri bo‘ldi [6].

Danielsson Evklid masofaviy xaritalashni ishlab chiqib, har bir piksel uchun eng yaqin obyekt yoki fon nuqtasigacha bo‘lgan vektorli masofani hisoblash masalasini tizimli ko‘rinishda yoritdi [7]. Borgefors esa Chamfer masofalari va og‘irlikli maskalar yordamida aniq Evklid masofasiga yaqin natijani tezroq hisoblash mumkinligini ko‘rsatdi [8].

Saito va Toriwaki n-o‘lchovli raqamli tasvirlar uchun Evklid masofa transformatsiyasini hisoblash algoritmlarini taklif etib, masofa xaritasi va tasvir geometriyasi o‘rtasidagi bog‘liqlikni kengaytirdi [9]. Meijster, Roerdink va Hesselink tomonidan ishlab chiqilgan umumiy algoritm masofa xaritasini chiziqli vaqt ichida hisoblash imkonini berishi bilan amaliy tizimlar uchun muhim ahamiyat kasb etdi [10].

Maurer, Qi va Raghavan ixtiyoriy o‘lchamli binar tasvirlar uchun aniq Evklid masofa transformatsiyasini chiziqli vaqt murakkabligida hisoblash usulini taklif qildi [11]. Felzenszwalb va Huttenlocher esa masofa transformatsiyasini namunalangan funksiyalar uchun umumlashtirib, uni optimallashtirish va energiya funksiyalarini minimallashtirish masalalari bilan bog‘ladi [12].

Fabbri va hammualliflar 2D Evklid masofa transformatsiyasi algoritmlarini qiyosiy tahlil qilib, turli algoritmlarning aniqlik, tezlik va xotira sarfi jihatidan farqlanishini ko‘rsatdi [13]. Matematik morfologiya yo‘nalishida Serra obyekt,

ISSN 3030-3907

struktura elementi, skelet va morfologik operatsiyalar nazariyasini ishlab chiqdi [14], Soille esa masofa xaritasi, lokal maksimum, markerlash va watershed segmentatsiyasining amaliy tasvir tahlilidagi rolini keng yoritdi [15].

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, masofa–transformatsiyasi faqat masofa hisoblash vositasi emas, balki segmentatsiya, skeletlash, marker tanlash, tutash obyektlarni ajratish va obyekt o‘lchamlarini baholashda qo‘llaniladigan kompleks geometrik modeldir. Ayniqsa, UZI tasvirlaridagi past kontrast va shovqin sharoitida ushbu yondashuv klassik bo‘sag‘alash va gradient usullarini geometrik jihatdan to‘ldiradi.

3. METODOLOGIYA.

Tadqiqot metodologiyasi ultratovush tasviridan obyekt sohasini ajratish, binar maska hosil qilish, masofa xaritasini hisoblash, lokal maksimumlarni aniqlash va markerga asoslangan segmentatsiyani bajarish bosqichlariga asoslanadi. Dastlab UZI tasvirida qiziqtiruvchi soha tanlanadi va shovqinni kamaytirish maqsadida filtrlash amallari qo‘llanadi. Keyingi bosqichda bo‘sag‘alash yoki adaptiv segmentatsiya orqali binar maska shakllantiriladi. Bunday dastlabki segmentatsiyada Otsu mezoni va adaptiv bo‘sag‘alash usullari yordamchi rol o‘ynashi mumkin [16].

UZI tasvirlarida obyekt chegaralari ko‘pincha kuchsiz ifodalangani sabab, gradientga asoslangan tahlil ham dastlabki chegaralarni aniqlashda foydali hisoblanadi. Canny operatori kabi yondashuvlar shovqinni silliqlash, gradientni hisoblash va kuchli chekkalarni aniqlash bosqichlarini birlashtiradi [17]. Spekl shovqinni kamaytirish uchun anisotrop diffuziya va silliqlash usullari qo‘llanganda keyingi masofa xaritasi yanada barqaror hosil bo‘ladi [18].

Masofa xaritasini hisoblashda obyekt piksellari to‘plami A va fon piksellari to‘plami B ajratiladi. Har bir p ∈ A piksel uchun masofa qiymati eng yaqin q ∈ B nuqtagacha bo‘lgan minimal masofa sifatida aniqlanadi. Agar Evklid metrikasi qo‘llansa, ikki o‘lchovli fazodagi masofa quyidagicha beriladi:

$$d_E(P^1, P^2) = \sqrt{((x^1 - x^2)^2 + (y^1 - y^2)^2)} \quad (3)$$

Uch o‘lchovli fazoda esa masofa xuddi shu mantiq asosida uchinchi koordinata hisobiga kengaytiriladi:

$$d_E(P^1, P^2) = \sqrt{((x^1 - x^2)^2 + (y^1 - y^2)^2 + (z^1 - z^2)^2)} \quad (4)$$

Binar tasvir uchun masofa–transformatsiyasining umumiy matematik modeli quyidagicha yoziladi:

$$D(p) = minq \in Bd(p, q), p \in A \quad (5)$$

Bu yerda D(p) — p pikselning masofa xaritasidagi qiymati, d(p,q) — tanlangan metrika bo‘yicha ikki piksel orasidagi masofa. Evklid metrikasi geometrik radiusni aniqroq baholaydi; Manxetten va Chebyshev metrikalari esa

ISSN 3030-3907

panjaraviy tasvirlarda hisoblashni soddalashtiradi. Shunga qaramay, faol kontur modellari va chegaraga asoslangan yondashuvlar bilan solishtirilganda, masofa xaritasi obyektning ichki tuzilishini bevosita ifodalashi bilan farqlanadi [19].

$$d^1(P^1, P^2) = |x^1 - x^2| + |y^1 - y^2| \quad (6)$$

$$d\infty(P^1, P^2) = max(|x^1 - x^2|, |y^1 - y^2|) \quad (7)$$

6-formula Manxetten masofasini, 7-formula esa Chebyshev masofasini ifodalaydi. Ushbu metrikalar UZI tasvirida piksel panjarasi bo‘yicha tez hisoblashni ta’minlaydi, lekin doirasimon yoki murakkab shaklli obyektlarda Evklid masofasiga nisbatan taxminiylik kiritishi mumkin.

Masofa xaritasidagi lokal maksimumlar obyektning markaziy va nisbatan barqaror ichki nuqtalarini bildiradi. Lokal maksimum nuqtani aniqlash uchun uning qiymati atrofdagi qo‘shni piksellar qiymatlari bilan solishtiriladi. Tasvir segmentatsiyasida mintaqalar, chegaralar va qo‘shnichilik munosabatlarini birgalikda qarash zarurligi klassik segmentatsiya adabiyotlarida ham alohida ta’kidlangan [20].

$$p \in Lmax \Leftrightarrow D(p) \geq D(s), \forall s \in N^8(p) \quad (8)$$

Bu yerda N_8(p) — p pikselning 8-qo‘shnichilik sohasi. Shovqin sabab ortiqcha lokal maksimumlar paydo bo‘lishi mumkinligi uchun markerlar τ-parametrli mezon yordamida saralanadi:

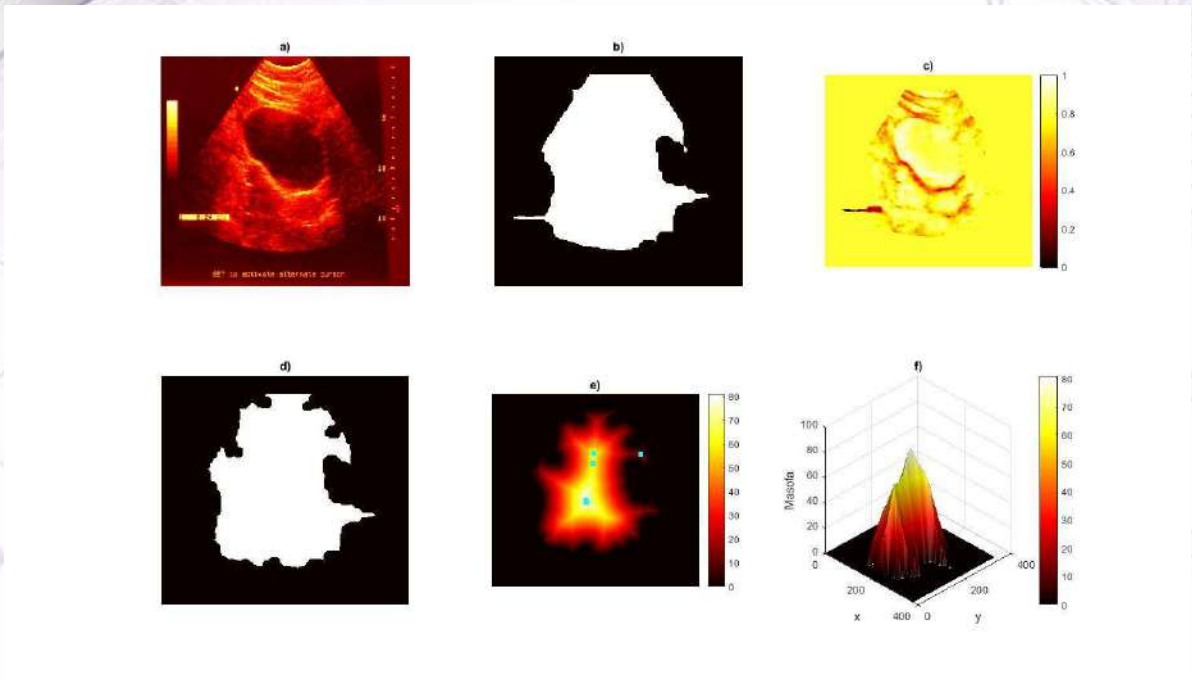
$$C = c_i \in Lmax | D(c_i) \geq \tau \cdot Dmax, 0 < \tau < 1 \quad (9)$$

Bu yerda C – tanlangan markerlar to‘plami, D_max – masofa xaritasidagi global maksimum, τ – markerlarni saralash koeffitsienti. Tibbiy tasvir segmentatsiyasida markerlarning barqaror tanlanishi natija ishonchliligiga bevosita ta’sir qiladi [21]. Tanlangan markerlar teskari masofa xaritasi bilan birgalikda watershed algoritmiga uzatiladi:

$$S = Watershed(-D, C) \quad (10)$$

10-formulada S – yakuniy segmentatsiya natijasi, – D – teskari masofa relyefi, C esa boshlang‘ich markerlar to‘plami. Ushbu yondashuv bir-biriga tutashib ketgan obyektlarni alohida segmentlarga ajratish uchun qulay metodologik asos yaratadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. UZI tasvirida obyektni ajratish va masofa xaritasini hosil qilish bosqichlari

1-rasmda original UZI tasviri, ROI maskasi, obyektni kuchaytirish natijasi, binar segmentatsiya maskasi, masofa xaritasi va masofa xaritasining 3D relyef ko‘rinishi ketma-ket tasvirlangan. Mazkur ketma-ketlik masofa–transformatsiyasi amalda qanday bosqichlar orqali hosil qilinishini ko‘rsatadi.

1-jadval.

Masofa–transformatsiyasiga asoslangan UZI tasvirini qayta ishlash bosqichlari

Bosqich	Kirish ma’lumoti	Asosiy amal	Natija
1	Original UZI tasviri	ROI ajratish va shovqinni kamaytirish	Tahlil uchun tayyorlangan tasvir
2	ROI tasviri	Bo‘sag‘alash yoki adaptiv segmentatsiya	Binar maska M(x,y)
3	Binar maska	Masofa transformatsiyasini hisoblash	Masofa xaritasi D(p)
4	Masofa xaritasi	Lokal maksimumlarni aniqlash	Nomzod markerlar

ISSN 3030-3907

5	Markerlar va −D relyef	Watershed segmentatsiyasi	Aniqlashtirilgan obyekt segmentlari
6	Segmentlar	Radius, diametr va maydonni hisoblash	Geometrik o‘lchovlar

4. MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, masofa–transformatsiyasi obyektning faqat tashqi chegarasini emas, balki uning ichki geometrik tuzilishini ham aks ettiradi. UZI tasvirida obyekt maskasi ajratilgandan so‘ng masofa xaritasida chegaralar past, markaziy sohalar esa yuqori qiymatli hududlar sifatida shakllanadi. Medial shakl tahlili nuqtayi nazaridan bu holat obyektning markaziy o‘qi va ichki radiuslarini baholashga imkon beradi [22].

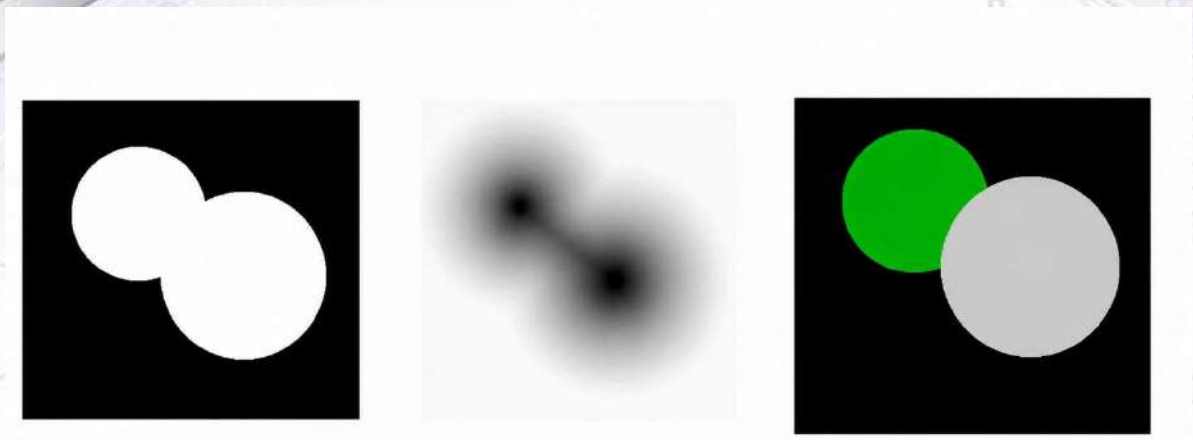
Agar UZI tasvirida ikki yoki undan ortiq tuzilma bir-biriga tutashib ko‘rinsa, binar maskada ular bitta obyekt sifatida paydo bo‘lishi mumkin. Biroq masofa xaritasida har bir haqiqiy obyekt uchun alohida lokal cho‘qqi hosil bo‘ladi. Shu cho‘qqilar marker sifatida tanlansa, watershed algoritmi tutash oblastni alohida segmentlarga ajratadi. Bu xususiyat markerga asoslangan segmentatsiyani chuqur o‘qitish modellarining natijalarini post-processing qilish bosqichida ham foydali qiladi [23].

Masofa xaritasi orqali avtomatik o‘lchash imkoniyati ham muhim natija hisoblanadi. Agar segmentatsiya qilingan obyekt taxminan doirasimon bo‘lsa, masofa xaritasidagi global maksimum obyektning eng katta ichki radiusini ifodalaydi. UZI tasvirida piksel masshtabi ma’lum bo‘lsa, ushbu radiusni millimetr yoki santimetrga o‘tkazish mumkin. Bu holat masofa transformatsiyasini segmentatsiyadan tashqari klinik o‘lchash vazifalarida ham qo‘llashga imkon beradi.

$$Rmax = maxD(p), d = 2 \cdot Rmax \cdot s \qquad (11)$$

11-formulada s – bitta pikselga to‘g‘ri keluvchi fizik masshtab koeffitsienti. Agar s millimetr/piksel ko‘rinishida berilsa, diametr ham millimetrda olinadi. Bu model kista, qon tomir kesimi yoki boshqa doirasimon tuzilmalar o‘lchamini avtomatik baholashda foydali bo‘lishi mumkin.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Geometrik ustma-ustlikdagi obyektlar, masofa xaritasi va ajratilgan obyektlar

2-rasmda bir-biriga tutash ikki obyektning dastlab bitta oblast sifatida ko‘rinishi, masofa xaritasida esa alohida cho‘qqilar hosil qilishi va yakunda ularning mustaqil segmentlarga ajratilishi ko‘rsatilgan. Bu holat masofa–transformatsiyasining tutash obyektlarni ajratishdagi amaliy ahamiyatini yaqqol namoyon qiladi.

Maqolada tahlil qilingan model sun’iy intellektga asoslangan segmentatsiya tizimlari bilan ham uyg‘unlashishi mumkin. Masalan, neyron tarmoq tomonidan olingan boshlang‘ich maska masofa xaritasi orqali tekshiriladi, lokal maksimumlar asosida markerlar aniqlanadi va yakuniy segmentatsiya geometrik mezonlar bilan aniqlashtiriladi. Tibbiy tasvirlarda chuqur o‘rganish modellari yuqori natija bersada, ularning chiqishini izohlash va nazorat qilish uchun klassik geometrik algoritmlar zarur bo‘lib qoladi [24], [25].

2-jadval.

Masofa metrikalarining UZI tasvirlaridagi qo‘llanish xususiyatlari

Metrika	Matematik mazmuni	Afzalligi	Cheklovi
Evklid	To‘g‘ri chiziqli eng qisqa masofa	Radius va diametrni aniqroq baholaydi	Hisoblash murakkabligi nisbatan yuqori bo‘lishi mumkin
Manxetten	Gorizontal va vertikal siljishlar yig‘indisi	Piksel panjarasida tez hisoblanadi	Diagonal yo‘nalishlarni taxminiy baholaydi
Chebyshev	Eng katta koordinata farqi	8-qo‘shnichilik bilan qulay	Doirasimon obyektlarda

ISSN 3030-3907

			xatolik berishi mumkin
Chamfer	Og‘irlikli yo‘l uzunligi	Evklid masofasiga tez yaqinlashadi	Og‘irliklar tanloviga sezgir

5. XULOSA.

Birinchidan, masofa–transformatsiyasi binar tasvirlarda obyektning ichki geometrik tuzilishini ifodalovchi muhim matematik model hisoblanadi. U har bir obyekt pikseliga eng yaqin fon yoki chegara pikseligacha bo‘lgan masofani mos qo‘yish orqali obyekt markazi, maksimal radius va lokal maksimumlarni aniqlash imkonini beradi.

Ikkinchidan, UZI tasvirlari shovqinli va past kontrastli bo‘lgani sababli, oddiy segmentatsiya natijalari ko‘pincha noaniq bo‘lishi mumkin. Masofa xaritasi esa dastlabki binar maskani qo‘shimcha geometrik tahlil qilib, obyektning markaziy sohalarini kuchaytiradi va tutash obyektlarni markerlar asosida ajratishga yordam beradi.

Uchinchidan, Evklid masofasi radius va diametrni aniqroq baholash uchun qulay bo‘lsa, Manxetten, Chebyshev va Chamfer metrikalari hisoblash tezligini oshirishda foydali bo‘lishi mumkin. τ-parametrli marker tanlash mezoni ortiqcha lokal maksimumlarni kamaytirib, watershed segmentatsiyasining barqarorligini oshiradi.

To‘rtinchidan, maqolada taklif etilgan metodologik ketma-ketlik — ROI ajratish, binar maska hosil qilish, masofa xaritasini hisoblash, lokal maksimumlarni aniqlash va markerga asoslangan segmentatsiya — dinamik ultratovush tasvirlarini qayta ishlash tizimlari uchun asosiy geometrik modul sifatida qo‘llanishi mumkin.

Beshinchidan, kelgusida ushbu yondashuvni real klinik UZI tasvirlari bazasida ekspert konturlari bilan solishtirish, IoU, F1-score, Dice va chegara xatoligi kabi ko‘rsatkichlar asosida miqdoriy baholash maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Gonzalez R.C., Woods R.E. Digital Image Processing. 4th ed. Pearson, 2018.
2. Noble J.A., Boukerroui D. Ultrasound image segmentation: A survey. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2006, Vol. 25, No. 8, pp. 987–1010. DOI: 10.1109/TMI.2006.877092.
3. Szabo T.L. Diagnostic Ultrasound Imaging: Inside Out. 2nd ed. Academic Press, 2014.
4. Bankman I.N. Handbook of Medical Image Processing and Analysis. 2nd ed. Academic Press, 2008.
5. Rosenfeld A., Pfaltz J.L. Sequential operations in digital picture processing. Journal of the ACM, 1966, Vol. 13, No. 4, pp. 471–494. DOI: 10.1145/321356.321357.

ISSN 3030-3907

6. Rosenfeld A., Pfaltz J.L. Distance functions on digital pictures. Pattern Recognition, 1968, Vol. 1, No. 1, pp. 33–61.
7. Danielsson P.-E. Euclidean distance mapping. Computer Graphics and Image Processing, 1980, Vol. 14, No. 3, pp. 227–248. DOI: 10.1016/0146-664X(80)90054-4.
8. Borgefors G. Distance transformations in digital images. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1986, Vol. 34, No. 3, pp. 344–371.
9. Saito T., Toriwaki J. New algorithms for Euclidean distance transformation of an n-dimensional digitized picture with applications. Pattern Recognition, 1994, Vol. 27, No. 11, pp. 1551–1565.
10. Meijster A., Roerdink J.B.T.M., Hesselink W.H. A general algorithm for computing distance transforms in linear time. Mathematical Morphology and its Applications to Image and Signal Processing, Kluwer Academic Publishers, 2000, pp. 331–340.
11. Maurer C.R. Jr., Qi R., Raghavan V. A linear time algorithm for computing exact Euclidean distance transforms of binary images in arbitrary dimensions. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, Vol. 25, No. 2, pp. 265–270. DOI: 10.1109/TPAMI.2003.1177156.
12. Felzenszwalb P.F., Huttenlocher D.P. Distance transforms of sampled functions. Theory of Computing, 2012, Vol. 8, No. 19, pp. 415–428. DOI: 10.4086/toc.2012.v008a019.
13. Fabbri R., Costa L.F., Torelli J.C., Bruno O.M. 2D Euclidean distance transform algorithms: A comparative survey. ACM Computing Surveys, 2008, Vol. 40, No. 1, Article 2. DOI: 10.1145/1322432.1322434.
14. Serra J. Image Analysis and Mathematical Morphology. Academic Press, 1982.
15. Soille P. Morphological Image Analysis: Principles and Applications. 2nd ed. Springer, 2003.
16. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979, Vol. 9, No. 1, pp. 62–66. DOI: 10.1109/TSMC.1979.4310076.
17. Canny J. A computational approach to edge detection. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, Vol. 8, No. 6, pp. 679–698. DOI: 10.1109/TPAMI.1986.4767851.
18. Perona P., Malik J. Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1990, Vol. 12, No. 7, pp. 629–639. DOI: 10.1109/34.56205.
19. Kass M., Witkin A., Terzopoulos D. Snakes: Active contour models. International Journal of Computer Vision, 1988, Vol. 1, pp. 321–331. DOI: 10.1007/BF00133570.

ISSN 3030-3907

20. Haralick R.M., Shapiro L.G. Image segmentation techniques. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1985, Vol. 29, No. 1, pp. 100–132. DOI: 10.1016/S0734-189X(85)90153-7.
21. Pham D.L., Xu C., Prince J.L. Current methods in medical image segmentation. Annual Review of Biomedical Engineering, 2000, Vol. 2, pp. 315–337. DOI: 10.1146/annurev.bioeng.2.1.315.
22. Pizer S.M., Gerig G., Joshi S.C., Aylward S.R. Multiscale medial shape-based analysis of image objects. Proceedings of the IEEE, 2003, Vol. 91, No. 10, pp. 1670–1679. DOI: 10.1109/JPROC.2003.817876.
23. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. MICCAI, 2015, pp. 234–241. DOI: 10.1007/978-3-319-24574-4_28.
24. Litjens G., Kooi T., Bejnordi B.E., et al. A survey on deep learning in medical image analysis. Medical Image Analysis, 2017, Vol. 42, pp. 60–88. DOI: 10.1016/j.media.2017.07.005.
25. Minaee S., Boykov Y., Porikli F., et al. Image segmentation using deep learning: A survey. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2022, Vol. 44, No. 7, pp. 3523–3542. DOI: 10.1109/TPAMI.2021.3059968.