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

TAKLIF ETILAYOTGAN MASOFA–TRANSFORMATSIYA ASOSIDAGI MARKERLASH

Sadullaeva Shahlo Azimbaevna
Toshkent shahridagi Belarus-O'zbekiston qo'shma tarmoqlararo amaliy texnik kvalifikasiyalar instituti
Rayimqulov O‘ral Mavlonivich
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Annotatsiya. Mazkur maqolada ultratovush qurilmasidan olingan dinamik tasvirlarda masofa–transformatsiya asosida markerlarni avtomatik ajratish yondashuvi ilmiy-amaliy jihatdan tahlil qilinadi. Taklif etilayotgan usul binar segmentatsiya maskasi ustida masofa xaritasini qurish, obyekt ichidagi lokal maksimumlarni aniqlash hamda τ-koeffitsient asosida ishonchli marker hududlarni ajratishga tayanadi. Maqolada masofa xaritasining matematik modeli, marker sirtining relyef-geometrik talqini, τ qiymatining markerlar soni va segmentatsiya aniqligiga ta’siri, kichik obyektlar, kontur notekisligi va spekl shovqin sharoitida markerlarning barqarorligi ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, markerlarni watershed segmentatsiyasi, morfologik filtrlash va geodezik masofa tahlili bilan integratsiya qilish imkoniyatlari yoritiladi. Tadqiqot natijalari masofa–transformatsiya asosidagi markerlash UZI tasvirlarida obyektlarning ichki markaziy qismlarini ajratish, ortiqcha segmentatsiyani kamaytirish va geometrik modellashtirish uchun ishonchli tayanch yaratishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: masofa–transformatsiya, markerlash, UZI tasviri, masofa xaritasi, lokal maksimum, τ-koeffitsient, watershed, spekl shovqin, morfologik filtr, geodezik masofa.

Аннотация. В статье рассматривается предлагаемый подход к автоматическому выделению маркеров на основе дистанционного преобразования в динамических ультразвуковых изображениях. Метод основан на построении карты расстояний по бинарной маске объекта, выявлении локальных максимумов внутри области и выделении надежных маркерных зон с использованием порогового коэффициента τ. Проанализированы математическая модель карты расстояний, рельефно-геометрическая интерпретация маркерной поверхности, влияние значения τ на количество маркеров и точность сегментации, а также устойчивость метода при наличии спекл-шума, малых объектов и неровных контуров. Показано, что интеграция данного подхода с watershed-сегментацией, морфологической фильтрацией и геодезическим анализом позволяет повысить устойчивость автоматической сегментации ультразвуковых изображений.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: дистанционное преобразование, маркирование, ультразвуковое изображение, карта расстояний, локальный максимум, коэффициент τ, watershed, спекл-шум, морфологический фильтр, геодезическое расстояние.

Abstract. This paper analyzes a proposed distance transformation-based marking approach for dynamic ultrasound image processing. The method constructs a distance map over a binary object mask, detects internal local maxima, and extracts reliable marker regions using the threshold coefficient τ. The article discusses the mathematical model of the distance map, the relief-geometric interpretation of marker surfaces, the influence of τ on the number of markers and segmentation accuracy, and the stability of markers under speckle noise, small object size, and irregular boundaries. The integration of the proposed marking scheme with watershed segmentation, morphological filtering, and geodesic distance analysis is also considered. The results show that distance transformation-based marking provides a stable basis for extracting central object regions, reducing over-segmentation, and supporting geometric modeling in ultrasound image analysis.

Keywords: distance transformation, marking, ultrasound image, distance map, local maximum, τ coefficient, watershed, speckle noise, morphological filter, geodesic distance.

1. KIRISH.

Tibbiy diagnostikada ultratovush tekshiruvi real vaqt rejimida axborot berishi, invaziv bo‘lmagani va klinik amaliyotda keng qo‘llanishi bilan ajralib turadi. Biroq ultratovush tasvirlari spekl shovqin, past kontrast, chegaralarning noaniqligi, akustik soya va reverberatsiya kabi omillar sabab avtomatik qayta ishlash uchun murakkab obyekt hisoblanadi [16], [17]. Shu sababli UZI tasvirlarida obyekt va fon sohalarini ishonchli ajratish, obyektning ichki markaziy qismini topish hamda segmentatsiya uchun barqaror markerlarni shakllantirish dolzarb masalalardan biridir.

Markerlash tibbiy tasvirlarni segmentatsiya qilishda muhim oraliq bosqich bo‘lib, keyingi watershed, region–growing, morfologik rekonstruksiya yoki gibrid algoritmlar uchun boshlang‘ich tayanch nuqtalarni beradi. Agar markerlar noto‘g‘ri tanlansa, segmentatsiya obyekt chegarasidan tashqariga chiqib ketishi, bir obyekt bir nechta qismga bo‘linishi yoki bir nechta qo‘shni obyekt bitta segment sifatida qolib ketishi mumkin [8], [12], [21].

Masofa–transformatsiya obyekt ichidagi har bir pikselning eng yaqin kontur yoki fon pikseligacha bo‘lgan masofasini hisoblashga asoslanadi. Ushbu xarita obyektning ichki tuzilishini relyef sirt sifatida ifodalaydi: konturga yaqin nuqtalar past qiymatli, markaziy va qalin qismlar esa yuqori qiymatli cho‘qqilar sifatida namoyon bo‘ladi [2], [3], [5]. Shuning uchun masofa xaritasidagi yuqori qiymatli

ISSN 3030-3907

hududlarni marker sifatida tanlash obyektning eng ishonchli ichki qismiga tayanish imkonini beradi.

Mazkur maqolaning maqsadi taklif etilayotgan masofa–transformatsiya asosidagi markerlash modelini matematik, algoritmik va geometrik nuqtayi nazardan asoslashdan iborat. Maqolada τ-koeffitsient asosida markerlar ajratish qoidasi, lokal maksimumlar sharti, marker sirtining morfologik relyef bilan bog‘liqligi va geodezik masofa orqali ichki struktura bahosi ko‘rib chiqiladi. Bu yondashuv dinamik UZI tasvirlarida barqaror segmentatsiya va geometrik parametrlarni hisoblash uchun metodologik asos yaratadi [13], [14], [15].

Diskret UZI tasviri umumiy holda quyidagi intensivlik funksiyasi sifatida qaraladi:

$$I_t: \Omega \subset \mathbb{Z}^2 \rightarrow 0,1,\dots,L-1, \quad (1)$$

bu yerda I_t – t-kadrdagi intensivlik tasviri, Ω – piksellar sohasi, L – kulrang darajalar soni. Ushbu funksiya asosida binar maska, masofa xaritasi va markerlar to‘plami ketma-ket shakllantiriladi.

2. ADABIYOTLAR TAHLILI.

Masofa transformatsiyasi g‘oyasi raqamli tasvirlarda piksellar orasidagi fazoviy yaqinlikni hisoblash masalasidan kelib chiqqan. Rosenfeld va Pfaltz tomonidan taklif etilgan ketma-ket operatsiyalar raqamli tasvirlarda masofa xaritalarini qurishning dastlabki nazariy asoslarini yaratgan [1]. Keyinchalik Borgefors Evklid, shahar-blok va shaxmat taxtasi masofalarini yaqinlashtiruvchi distance transform algoritmlarini tizimli tahlil qilib, masofa xaritalarining segmentatsiya va shakl tahlilidagi ahamiyatini ko‘rsatgan [2].

Danielsson, Saito–Toriwaki va Maurer kabi mualliflar aniq Evklid masofa transformatsiyasini tez hisoblash algoritmlarini ishlab chiqqan. Ayniqsa, Maurer va hammualliflar tomonidan taklif etilgan chiziqli vaqt algoritmi n-o‘lchamli binar tasvirlarda masofa xaritasini samarali olish imkonini bergan [3], [4], [5]. Felzenszwalb va Huttenlocher esa namunalangan funksiyalar uchun masofa transformatsiyasining umumiy hisoblash modelini taklif qilgan bo‘lib, bu yondashuv kompyuter ko‘rishi va optimallashtirish masalalarida keng qo‘llanadi [6].

Morfologik tasvir tahlili doirasida masofa xaritasi obyektning ichki yadro qismini, skeletini va markerlarini topishda alohida ahamiyatga ega. Serra va Soille ishlarida matematik morfologiya, eroziya, dilatatsiya, morfologik rekonstruksiya va H-maximum filtri kabi amallar obyekt relyefini tahlil qilishning nazariy asosi sifatida yoritilgan [11], [12]. Masofa xaritasidagi lokal maksimumlar obyekt markazlari yoki segmentatsiya urug‘lari sifatida talqin qilinadi.

ISSN 3030-3907

Watershed segmentatsiyasi bilan masofa transformatsiyasining bog‘lanishi ilmiy adabiyotlarda keng qo‘llanilgan. Beucher va Lantuejoul watershed g‘oyasini kontur aniqlashda qo‘llagan bo‘lsa, Vincent va Soille watershedni raqamli fazodagi topografik jarayon sifatida formal ifodalagan [8], [10]. Bunday yondashuvda masofa xaritasi relyef sifatida qaraladi, lokal maksimumlar marker bo‘ladi, markerlardan tarqalish esa obyektlarni bir-biridan ajratishga xizmat qiladi [9].

UZI tasvirlarini qayta ishlashda masofa–transformatsiyadan foydalanish spekl shovqin va past kontrast sabab yanada muhim ahamiyat kasb etadi. Noble va Boukerroui ultratovush tasvirlarini segmentatsiya qilish bo‘yicha sharhida UZI tasvirlari uchun yagona universal usul yo‘qligini, segmentatsiya natijasi oldindan filtrlash, marker tanlash va geometrik cheklovlarga bog‘liqligini ta’kidlaydi [16]. Yu va Acton tomonidan taklif etilgan speklni kamaytiruvchi anisotrop diffuziya hamda Perona–Malik diffuziyasi masofa xaritasi qurilishidan oldin shovqinni pasaytirish uchun foydali hisoblanadi [18], [19].

So‘nggi yillarda chuqur o‘qitish modellari tibbiy tasvir segmentatsiyasida yuqori natijalar bermoqda [25]. Shunga qaramay, masofa–transformatsiya asosidagi markerlash izohlanadigan, nazorat qilinadigan va kam ma’lumotli sharoitda ham ishlatiladigan algoritmik bosqich sifatida ahamiyatini saqlab qolmoqda. U neyron tarmoq natijasini post-processing qilish, noto‘g‘ri maskalarni geometrik tekshirish va watershed kabi klassik segmentatsiya usullariga ishonchli marker berish uchun qo‘llanishi mumkin [20], [21], [24].

3. METODOLOGIYA.

Tadqiqot metodologiyasi UZI tasvirida qiziqtirgan soha – ROI ni ajratish, dastlabki binar maskani shakllantirish, masofa–transformatsiya xaritasini hisoblash, lokal maksimumlarni aniqlash va τ-koeffitsient asosida marker hududlarni tanlash bosqichlaridan iborat. Kirish ma’lumoti sifatida har bir kadr I_t tasviri olinadi va oldindan silliqlash yoki kontrastni oshirish amallari bajariladi [13], [18].

3.1. BINAR MASKANI SHAKLLANTIRISH.

Masofa xaritasini qurishdan oldin obyekt va fon sohalari ajratiladi. Eng sodda holatda bu jarayon bo‘sag‘alash orqali bajariladi. Agar I_t(p) piksel intensivligi tanlangan T_t bo‘sag‘adan yuqori yoki past bo‘lishiga qarab obyekt sinfiga kiritilsa, binar maska quyidagicha ifodalanadi [23]:

$$B_t(p) = 1, agar I_t(p) \geq T_t; 0, aksholda, p \in \Omega. \quad (2)$$

Bu yerda $B_t(p) = 1$ bo‘lgan piksellar obyekt sohasi, $B_t(p) = 0$ bo‘lgan piksellar esa fon sohasi sifatida qaraladi. UZI tasvirlarida obyektning yorqin yoki qoramtir ko‘rinishi klinik holatga bog‘liq bo‘lgani sabab bo‘sag‘alash sharti mos ravishda o‘zgartirilishi mumkin. Binar maska hosil qilingach, kichik shovqinli

ISSN 3030-3907

sohalarni olib tashlash, teshiklarni to‘ldirish va morfologik yopish amallari bajariladi [11], [12].

3.2. MASOFA XARITASINI HISOBLASH.

Binar maska asosida har bir obyekt pikseli uchun eng yaqin kontur yoki fon pikseligacha bo‘lgan masofa hisoblanadi. Obyekt chegarasi ∂B_t bilan belgilanadi. Masofa xaritasi quyidagicha aniqlanadi [2], [5]:

$$D_t(p) = min_{q\in\partial B_t} d_E(p,q), p \in B_t. \quad (3)$$

Evklid masofasi ikki piksel koordinatalari orasidagi to‘g‘ri chiziqli masofani ifodalaydi:

$$d_E(p,q) = \sqrt{\left((x_p - x_q)^2 + (y_p - y_q)^2\right)}. \quad (4)$$

D_t(p) qiymati qanchalik katta bo‘lsa, p piksel obyekt konturidan shunchalik uzoqda joylashgan bo‘ladi. Demak, obyekt markaziga yaqin nuqtalar yuqori masofa qiymatiga ega bo‘ladi. Masofa xaritasining maksimal qiymati quyidagicha topiladi:

$$D_max = max_{p\in B_t} D_t(p). \quad (5)$$

D_max obyektning eng katta ichki radiusiga mos keladi. Agar obyekt doira yoki unga yaqin shaklda bo‘lsa, D_max obyekt markazidagi radiusni bildiradi. Ushbu xususiyat masofa–transformatsiyani nafaqat markerlash, balki obyekt radiusi, diametri va ichki strukturasini baholashda ham foydali qiladi [3], [7], [14].

3.3. τ-KOEFFITSIENT ASOSIDA MARKER AJRATISH.

Taklif etilayotgan yondashuvning asosiy bosqichi masofa xaritasining yuqori qiymatli qismlarini marker sifatida tanlashdir. Marker nuqtalar to‘plami quyidagicha aniqlanadi:

$$M_\tau = p \in B_t : D_t(p) \geq \tau \cdot D_max, 0 < \tau < 1. \quad (6)$$

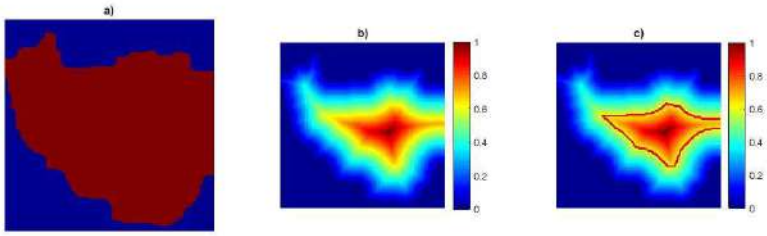
Bu formulada τ masofa xaritasining maksimal qiymatiga nisbatan berilgan chegaraviy koeffitsientdir. Masalan, τ=0.6 bo‘lsa, D_max ning 60 foizidan yuqori masofaga ega bo‘lgan barcha nuqtalar marker hudud sifatida ajratiladi. Natijada obyektning konturga yaqin, shovqin ta’sirida notekis bo‘lgan qismlari emas, balki markaziy va ishonchli yadro sohasi tanlanadi.

Lokal maksimumlar sharti masofa xaritasidagi cho‘qqilarni aniqlash imkonini beradi. 8-qo‘shnichilik uchun p nuqta lokal maksimum bo‘lishi quyidagicha yoziladi [12]:

$$p \in LM(D_t) \Leftrightarrow D_t(p) \geq D_t(q), \forall q \in N^8(p). \quad (7)$$

ISSN 3030-3907

Bunday lokal maksimumlar obyektning qalin, markaziy yoki morfologik yadro qismlariga mos keladi. Agar tasvirda bir nechta tutash obyekt mavjud bo‘lsa, masofa xaritasida har bir obyekt uchun alohida cho‘qqi hosil bo‘ladi va ushbu cho‘qqilar watershed segmentatsiyasi uchun marker sifatida xizmat qiladi [8], [9].



1-rasm. Masofa–transformatsiya asosida marker hududni ajratish: a) ROI ichida bo‘sag‘alash orqali ajratilgan binar obyekt; b) ajratilgan obyektning masofa–transformatsiya xaritasi; c) τ=0.6 bo‘yicha ajratilgan marker hudud.

3.4. LOKAL NORMALLASHTIRISH VA KICHIK OBYEKTLAR.

Global D_max qiymati katta obyektlar uchun qulay bo‘lsada, kichik obyektlarda marker yo‘qolib qolishi mumkin. Chunki kichik obyektning maksimal masofasi katta obyektga nisbatan ancha kichik bo‘ladi. Shu sababli har bir bog‘langan komponent C_k uchun masofa xaritasini lokal normallashtirish maqsadga muvofiq:

$$M_{\tau,k} = p \in C_k : D_k(p) \geq \tau \cdot max_{r \in C_k} D_k(r). \quad (8)$$

Ushbu ifoda har bir obyektning o‘z ichki radiusiga nisbatan marker ajratishni ta’minlaydi. Natijada kichik obyektlar ham alohida markerga ega bo‘ladi. Bu ayniqsa UZI tasvirlarida bir kadr ichida turli o‘lchamdagi tuzilmalar mavjud bo‘lgan holatlarda muhimdir [16], [21].

3.5. GEODEZIK MASOFA ASOSIDA MARKER TA’SIR SOHASI.

Markerlar aniqlangandan so‘ng obyektning ichki strukturasi geodezik masofa asosida baholanishi mumkin. Agar m_i va m_j markerlar to‘plami berilgan bo‘lsa, p pikselning qaysi markerga yaqinligini quyidagi ta’sir sohasi orqali ifodalash mumkin [12], [24]:

$$R_i = p \in B_t : \rho_g(p, m_i) \leq \rho_g(p, m_j), \forall j \neq i, \quad (9)$$

bu yerda ρ_g – obyekt ichida yo‘l bo‘ylab hisoblanadigan geodezik masofa. Ushbu model obyektni markerlar ta’sir doiralari bo‘yicha ichki qismlarga ajratadi. Agar marker obyekt markaziga yaqin bo‘lsa, uning konturgacha bo‘lgan geodezik masofalari turli yo‘nalishlarda nisbatan muvozanatli bo‘ladi; agar marker chekka

ISSN 3030-3907

qismga siljigan bo‘lsa, geodezik masofalar nomutanosib bo‘ladi. Bu xususiyat markerning geometrik barqarorligini baholashga yordam beradi.

4. MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Taklif etilayotgan masofa–transformatsiya asosidagi markerlash usuli UZI tasvirlarida obyektning eng markaziy va eng ishonchli qismini ajratishi bilan ahamiyatlidir. Oddiy bo‘sag‘alash yoki gradientga asoslangan usullar ko‘pincha konturdagi shovqin va past kontrastdan ta’sirlanadi. Masofa xaritasi esa obyekt ichidagi umumiy geometrik tuzilishga tayanadi, shu sababli konturdagi mayda notekisliklar marker hududga bevosita kuchli ta’sir ko‘rsatmaydi [2], [16], [18].

τ-koeffitsient markerlar soni va segmentatsiya sifatiga bevosita ta’sir qiladi. τ juda kichik bo‘lsa, masofa xaritasidagi past qiymatli va shovqin sabab hosil bo‘lgan kichik ko‘tarilishlar ham markerga aylanadi. Bu over-segmentation holatini keltirib chiqarishi mumkin. Aksincha, τ juda katta tanlansa, faqat eng yirik cho‘qqilar marker sifatida qoladi va kichik obyektlar e’tibordan chetda qoladi. Shuning uchun τ qiymatini o‘rtacha oraliqda tanlash zarur [7], [12].

1-jadval

Bo‘sag‘a qiymati τ ning markerlar soni va segmentatsiya aniqligiga ta’siri

τ qiymati	Markerlar soni	Segmentatsiya aniqligi (%)
0.2	8 (kam)	85 – under-segmentation, ba’zi obyektlar birikkan
0.5	10 (to‘g‘ri)	95 – optimal, har bir obyekt uchun 1 marker
0.7	11 (ortiqcha)	90 – over-segmentation, ayrim obyektlar ikkiga bo‘lingan
0.9	9 (kam)	80 – under-segmentation, kichik obyektlar markerlanmagan

1-jadvaldan ko‘rinadiki, τ ning noto‘g‘ri tanlanishi markerlar sonini real obyektlar soniga nomutanosib qilib yuboradi. τ=0.5 atrofidagi qiymatlarda markerlar soni obyektlar soniga yaqinlashadi va segmentatsiya aniqligi yuqori bo‘ladi. Biroq bu qiymat universal emas; u tasvir kontrasti, obyekt o‘lchami, shovqin darajasi va ROI tanlanishiga bog‘liq holda moslashtirilishi kerak.

Obyekt radiusi masofa xaritasining maksimal qiymatini belgilaydi. Katta obyektlarda D_max yuqori bo‘lib, τ bo‘yicha ajratilgan marker hudud kengroq chiqadi. Kichik obyektlarda esa D_max kichik bo‘lgani uchun global τ qo‘llanganda marker yo‘qolib qolishi mumkin. Shu sababli lokal normallashtirish

ISSN 3030-3907

yoki har bir bog‘langan komponent bo‘yicha alohida D_max hisoblash taklif etiladi. Bu yondashuv bir kadrda turli o‘lchamdagi organ yoki patologik tuzilmalarni barqaror markerlashga imkon beradi [5], [16].

Kontur notekisligi marker sirtining shakliga bevosita ta’sir qiladi. Agar obyekt cho‘ziq, botiq yoki ikki qalin qismdan iborat bo‘lsa, masofa xaritasida bir nechta lokal maksimum hosil bo‘ladi. Past τ qiymatida ushbu maksimumlar yagona marker sirtiga birlashishi mumkin; yuqori τ qiymatida esa bir obyekt ichida bir nechta marker paydo bo‘ladi. Bunday holatda H-maximum filtri va morfologik silliqlash yordamida ahamiyatsiz cho‘qqilar bostiriladi, asosiy markerlar esa saqlanadi [11], [12].

Donador shovqin mavjud sharoitda masofa–transformatsiya asosidagi markerlashning afzalligi shundaki, u konturdagi mayda notekisliklarga emas, obyektning ichki masofa qiymatiga tayanadi. Spekl shovqin chegarani parchalashi yoki lokal gradientlarni kuchaytirishi mumkin, lekin obyektning yadro qismidagi masofa sirtini to‘liq buzib yubormaydi. Shu bois markerlar obyekt markazi atrofida nisbatan barqaror saqlanadi [18], [19].

Marker sirtini morfologik relyef bilan taqqoslaganda, u obyektning erozion yadrosiga mos keladi. Masalan, morfologik eroziya obyektni ma’lum radiusga kichraytirganda konturga yaqin qismlar olib tashlanadi va markaziy yadro qoladi. Masofa xaritasida τ bo‘yicha kesib olingan marker hudud ham aynan shu markaziy yadroga yaqin bo‘ladi. Demak, markerlash jarayoni obyektning morfologik barqaror qismini aniqlash sifatida talqin qilinadi [11], [12], [14].

Taklif etilayotgan algoritmni watershed bilan integratsiya qilish segmentatsiya natijasini yanada aniqroq qiladi. Bunda masofa xaritasidagi markerlar “ishonchli old fon” sifatida olinadi, fon markerlari esa obyekt tashqi sohasi asosida belgilanadi. Keyin watershed algoritmi relyefdagi past chiziqlar bo‘yicha obyekt chegaralarini aniqlaydi. Markerlar oldindan nazorat qilingani uchun shovqin ta’siridagi ortiqcha cho‘qqilar segmentatsiya jarayonini kamroq buzadi [8], [9], [10].

Dinamik UZI videolarida markerlar nafaqat bitta kadrda, balki kadrlar ketma-ketligida ham barqaror bo‘lishi kerak. Agar har bir kadrda marker koordinatalari keskin sakrasa, keyingi optik oqim, kontur kuzatuvi yoki geometrik parametrlarni baholash xatolashadi. Shuning uchun t-kadrdagi marker markazi oldingi kadrdagi marker markazi bilan solishtiriladi va vaqt bo‘yicha silliqlash qo‘llanishi mumkin [15], [17]. Marker barqarorligini baholash uchun quyidagi sifat funksiyasi kiritiladi:

$$Q(\tau) = \alpha \cdot Acc(\tau) + (1-\alpha) \cdot S(\tau), \tau * = argmax Q(\tau). \quad (10)$$

ISSN 3030-3907

Bu yerda Acc(τ) – segmentatsiya aniqligi, S(τ) – markerlarning vaqt bo‘yicha barqarorlik ko‘rsatkichi, α – ularning vaznini belgilovchi parametr. Ushbu mezon τ ning optimal qiymatini faqat bitta kadr bo‘yicha emas, balki butun dinamik ketma-ketlik bo‘yicha tanlashga imkon beradi.

Umuman olganda, taklif etilayotgan masofa–transformatsiya asosidagi markerlash UZI tasvirlarida uchta muhim vazifani bajaradi: birinchidan, obyektning markaziy ishonchli qismini ajratadi; ikkinchidan, watershed yoki boshqa segmentatsiya algoritmlariga nazoratli boshlang‘ich marker beradi; uchinchidan, obyektning ichki radiusi, simmetriyasi, cho‘ziqligi va morfologik yadro xususiyatlarini tahlil qilish uchun geometrik asos yaratadi. Shu jihatlari bilan u sof intensivlikka asoslangan markerlashdan ko‘ra barqarorroq va izohlanadigan yondashuv hisoblanadi.

5. XULOSA.

Birinchidan, masofa–transformatsiya asosidagi markerlash UZI tasvirida obyektning konturga yaqin shovqinli qismlarini emas, balki ichki markaziy va geometrik jihatdan barqaror hududlarini tanlashga imkon beradi. Bu segmentatsiya jarayonida markerlarning ishonchliligini oshiradi.

Ikkinchidan, τ-koeffitsient markerlar soni va segmentatsiya aniqligini boshqaruvchi asosiy parametr hisoblanadi. Juda kichik τ over-segmentationga, juda katta τ esa under-segmentationga olib kelishi mumkin. Shu sababli τ ni obyekt o‘lchami, shovqin darajasi va masofa xaritasining lokal maksimumlariga mos holda tanlash zarur.

Uchinchidan, kichik obyektlar va turli o‘lchamdagi tuzilmalar mavjud bo‘lgan holatda global D_max emas, balki har bir bog‘langan komponent bo‘yicha lokal normallashtirilgan masofa xaritasidan foydalanish maqsadga muvofiq. Bu yondashuv kichik obyektlarning markerlanmay qolish xavfini kamaytiradi.

To‘rtinchidan, marker sirtini morfologik relyef, erozion yadro va geodezik masofa nuqtayi nazaridan tahlil qilish obyekt shakli, simmetriyasi, ichki radiusi va orientatsiyasi haqida qo‘shimcha geometrik ma’lumot beradi. Bu esa markerlashni oddiy yordamchi bosqich emas, balki obyektni geometrik modellashtirish vositasi sifatida qarash imkonini beradi.

Beshinchidan, taklif etilayotgan usul watershed segmentatsiyasi, morfologik filtrlash, optik oqim va sun’iy intellektga asoslangan post-processing bosqichlari bilan integratsiya qilinsa, dinamik ultratovush tasvirlarida barqaror, izohlanadigan va amaliy jihatdan samarali segmentatsiya tizimini yaratish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Rosenfeld A., Pfaltz J. L. Sequential operations in digital picture processing. Journal of the ACM, 1966, Vol. 13, No. 4, pp. 471–494.

2. Borgefors G. Distance transformations in digital images. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1986, Vol. 34, No. 3, pp. 344–371.
3. Danielsson P. E. Euclidean distance mapping. Computer Graphics and Image Processing, 1980, Vol. 14, No. 3, pp. 227–248.
4. 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.
5. Maurer C. R., 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.
6. Felzenszwalb P. F., Huttenlocher D. P. Distance transforms of sampled functions. Theory of Computing, 2012, Vol. 8, No. 1, pp. 415–428.
7. Cuisenaire O. Distance transformations: Fast algorithms and applications to medical image processing. PhD thesis, Université catholique de Louvain, 1999.
8. Vincent L., Soille P. Watersheds in digital spaces: An efficient algorithm based on immersion simulations. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1991, Vol. 13, No. 6, pp. 583–598.
9. Meyer F. Topographic distance and watershed lines. Signal Processing, 1994, Vol. 38, No. 1, pp. 113–125.
10. Beucher S., Lantuejoul C. Use of watersheds in contour detection. International Workshop on Image Processing, 1979.
11. Serra J. Image Analysis and Mathematical Morphology. Academic Press, 1982.
12. Soille P. Morphological Image Analysis: Principles and Applications. 2nd ed. Springer, 2003.
13. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital Image Processing. 4th ed. Pearson, 2018.
14. Sonka M., Hlavac V., Boyle R. Image Processing, Analysis, and Machine Vision. 4th ed. Cengage Learning, 2014.
15. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. 2nd ed. Springer, 2022.
16. Noble J. A., Boukerroui D. Ultrasound image segmentation: A survey. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2006, Vol. 25, No. 8, pp. 987–1010.
17. Szabo T. L. Diagnostic Ultrasound Imaging: Inside Out. 2nd ed. Academic Press, 2014.
18. Yu Y., Acton S. T. Speckle reducing anisotropic diffusion. IEEE Transactions on Image Processing, 2002, Vol. 11, No. 11, pp. 1260–1270.
19. 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.

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.
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.
22. Canny J. A computational approach to edge detection. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, Vol. 8, No. 6, pp. 679–698.
23. 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.
24. Boykov Y., Jolly M. P. Interactive graph cuts for optimal boundary and region segmentation of objects in N-D images. Proceedings of ICCV, 2001, pp. 105–112.
25. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. MICCAI, 2015, pp. 234–241.

ISSN 3030-3907