ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 7

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

MARKERLASHNING AN'ANAVIY USULLARI: BO'SAG'ALASH, GRADIENTGA ASOSLANGAN VA REGION–GROWING

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

Annotatsiya. Mazkur maqolada ultratovush qurilmasidan olingan dinamik tasvirlarni qayta ishlash jarayonida markerlashning an'anaviy usullari – bo'sag'alash, gradientga asoslangan chekka aniqlash va region–growing yondashuvlari ilmiy-amaliy jihatdan tahlil qilinadi. Tadqiqotda UZI tasvirlariga xos spekl shovqin, past kontrast, chegaralarning noaniqligi, akustik soya va reverberatsiya kabi omillar segmentatsiya natijasiga qanday ta'sir ko'rsatishi ko'rib chiqiladi. Bo'sag'alash usuli tasvir piksel qiymatlarini tanlangan chegara qiymati bo'yicha obyekt va fon sinflariga ajratishi, gradientga asoslangan yondashuv esa intensivlikning keskin o'zgarishlari orqali konturlarni aniqlashi bilan izohlanadi. Region–growing usuli esa boshlang'ich urug' nuqtalaridan boshlab o'xshash piksel guruhlarini bosqichma-bosqich kengaytirish orqali obyekt oblastini ajratishga asoslanadi. Maqolada har bir usulning matematik modeli, algoritmik bosqichlari, UZI tasvirlaridagi qo'llanish sohasi, afzalliklari va cheklovlari taqqoslanadi. Shuningdek, an'anaviy markerlash usullarini sun'iy intellekt, morfologik filtrlash va geometrik modellashtirish bilan uyg'unlashtirish PhD tadqiqot mavzusi doirasida dinamik UZI tasvirlarini barqaror qayta ishlash uchun muhim metodologik asos bo'lishi ko'rsatiladi.

Kalit so'zlar: ultratovush tasviri, UZI, markerlash, segmentatsiya, bo'sag'alash, gradient operatorlari, Sobel, region–growing, spekl shovqin, dinamik tasvirlarni qayta ishlash.

Аннотация. В данной статье выполнен научно-практический анализ традиционных методов маркирования (сегментации) при обработке динамических изображений, полученных с помощью ультразвукового исследования, включая пороговую обработку, методы обнаружения границ на основе градиента и подход region-growing. Рассматривается влияние характерных для ультразвуковых изображений факторов, таких как спекл-шум, низкий контраст, нечеткость границ, акустическая тень и реверберация, на результаты сегментации. Пороговый метод описывается как способ разделения пикселей изображения на классы объекта и фона на основе выбранного порогового значения. Градиентный подход объясняется выявлением контуров посредством анализа резких изменений интенсивности изображения. Метод region-growing основан на выделении области объекта путем поэтапного расширения групп схожих пикселей, начиная с заданных начальных (затравочных) точек. В статье сравниваются математические

ISSN 3030-3907

модели, алгоритмические этапы, области применения в ультразвуковых изображениях, а также преимущества и ограничения каждого из рассматриваемых методов. Кроме того, показано, что интеграция традиционных методов маркирования с технологиями искусственного интеллекта, морфологической фильтрацией и геометрическим моделированием может служить важной методологической основой для устойчивой обработки динамических ультразвуковых изображений в рамках темы PhD-исследования.

Ключевые слова: ультразвуковое изображение, УЗИ, маркирование, сегментация, пороговая обработка, градиентные операторы, оператор Собеля, region-growing, спекл-шум, обработка динамических изображений.

Abstract. This article presents a scientific and practical analysis of traditional marking (segmentation) methods used in the processing of dynamic ultrasound images, including thresholding, gradient-based edge detection, and region-growing approaches. The study examines how factors inherent to ultrasound images, such as speckle noise, low contrast, boundary ambiguity, acoustic shadowing, and reverberation, affect segmentation results. The thresholding method is described as a technique for separating image pixels into object and background classes based on a selected threshold value. The gradient-based approach is explained through the detection of contours by identifying abrupt changes in image intensity. The region-growing method is based on extracting an object region by progressively expanding groups of similar pixels starting from predefined seed points. The paper compares the mathematical models, algorithmic stages, application areas in ultrasound imaging, advantages, and limitations of each method. Furthermore, it is demonstrated that integrating traditional marking methods with artificial intelligence techniques, morphological filtering, and geometric modeling can provide an important methodological foundation for the robust processing of dynamic ultrasound images within the framework of the PhD research topic.

Keywords: ultrasound image, ultrasound imaging (USI), marking, segmentation, thresholding, gradient operators, Sobel operator, region-growing, speckle noise, dynamic image processing.

1. KIRISH.

Zamonaviy tibbiy diagnostikada ultratovush tekshiruvi keng qo‘llaniladigan, real vaqt rejimida axborot beruvchi va bemor uchun nisbatan xavfsiz tasvirlash texnologiyalaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, ichki organlar, yumshoq to‘qimalar, qon tomirlar, kistoz hosilalar va patologik o‘choqlarni kuzatishda UZI tasvirlari katta diagnostik ahamiyatga ega. Biroq ultratovush tasvirining fizik shakllanishi murakkab bo‘lib, unda spekl shovqin, past kontrast, akustik soya, akustik

ISSN 3030-3907

kuchayish va reverberatsiya kabi artefaktlar obyekt chegarasini aniq ajratishga salbiy ta’sir ko‘rsatadi [7], [15].

Tibbiy tasvirlarni qayta ishlashda markerlash yoki segmentatsiya tasvirdagi obyekt va fon pikselarini ma’lum sinflarga ajratish jarayoni sifatida qaraladi. Segmentatsiya natijasi keyingi bosqichlarda obyekt o‘lchami, maydoni, perimetri, shakliy koeffitsiyentlari, harakat dinamikasi va patologik o‘zgarish belgilarini baholash uchun asos yaratadi. Shu sababli UZI tasvirlarida markerlash aniqligi butun avtomatlashtirilgan diagnostika tizimining ishonchliligiga bevosita ta’sir qiladi [16], [20], [21].

Ultratovush qurilmasidan olingan dinamik tasvirlarda muammo yanada murakkablashadi. Bir tomondan, tasvirlar ketma-ket kadrlar ko‘rinishida keladi; ikkinchi tomondan, har bir kadrda shovqin darajasi, obyekt konturi va intensivlik taqsimoti biroz o‘zgarib turadi. Bu holat markerlash algoritmlaridan nafaqat alohida kadrni segmentatsiya qilishni, balki vaqt bo‘yicha barqarorlikni ham talab qiladi [7], [14].

An’anaviy markerlash usullari – bo‘sag‘alash, gradientga asoslangan usullar va region–growing – zamonaviy chuqur o‘qitish yondashuvlari paydo bo‘lishidan oldin ham keng qo‘llanilgan va hozir ham dastlabki ishlov berish, tezkor segmentatsiya, algoritm natijasini tekshirish hamda gibrid tizimlar tarkibida muhim ahamiyatga ega. Ularning matematik soddaligi, izohlanishi va kompyuterli realizatsiyasi qulayligi PhD tadqiqot mavzusi doirasida dinamik UZI tasvirlarini qayta ishlash usul va algoritmlarini ishlab chiqishda nazariy tayanch vazifasini bajaradi [1], [2], [24], [26].

Mazkur maqolaning maqsadi ultratovush tasvirlarida markerlashning an’anaviy usullarini nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilish, ularning matematik modellari va algoritmik bosqichlarini yoritish, UZI tasvirlaridagi shovqin va artefaktlar sharoitida afzallik hamda cheklovlarini aniqlashdan iborat. Maqolaning amaliy ahamiyati shundaki, unda ko‘rib chiqilgan usullar keyinchalik kombinatsiyalashgan segmentatsiya, geometrik modellashtirish va sun’iy intellektga asoslangan tibbiy tasvirlarni qayta ishlash tizimlari uchun tayanch modul sifatida qo‘llanishi mumkin [12], [13].

2. ADABIYOTLAR TAHLILI.

Tibbiy tasvirlarni segmentatsiya qilish bo‘yicha ilmiy adabiyotlarda bo‘sag‘alash, chegaraga asoslangan, mintaqaga asoslangan, deformatsiyalanuvchi model va chuqur o‘qitish yondashuvlari keng yoritilgan. Otsu tomonidan taklif etilgan avtomatik bo‘sag‘alash usuli tasvir gistogrammasi asosida sinflararo dispersiyani maksimal qilish orqali optimal chegara qiymatini topishga xizmat qiladi. Bu usul oddiy tasvirlarda samarali bo‘lsa-da, UZI tasvirlarida spekl shovqin

ISSN 3030-3907

va past kontrast sabab optimal chegarani topish har doim ham barqaror bo‘lmaydi [1], [6], [10], [13], [21].

Gradientga asoslangan segmentatsiya masalasida Canny, Sobel, Prewitt va Roberts operatorlari muhim o‘rin egallaydi. Canny yondashuvi shovqinni silliqlash, gradientni hisoblash, maksimal bo‘lmagan qiymatlarni bostirish va ikki chegarali hysteresis bo‘sag‘alash bosqichlarini birlashtiradi. Bu yondashuv konturlarni aniq ko‘rsatadi, biroq ultratovush tasvirlarida shovqin sabab ko‘plab soxta chekkalar paydo bo‘lishi mumkin. Shu bois gradient usullari ko‘pincha median, Gauss, Wiener yoki SRAD filtrlari bilan birgalikda qo‘llanadi [2], [3], [4], [5], [8].

Region–growing yondashuvi mintaqaviy bir xillik va bog‘langanlik prinsipiga asoslanadi. Bu usulda dastlab obyekt ichidan urug‘ nuqta tanlanadi, so‘ng unga o‘xshash qo‘shni pikselar bosqichma-bosqich region tarkibiga qo‘shiladi. Mavjud tadqiqotlarda region–growing usuli yurak bo‘lmachalari, qon bilan to‘lgan qoramtir oblastlar, kista va ayrim organ segmentlarini ajratishda qo‘llanishi ko‘rsatilgan. Biroq urug‘ nuqtani noto‘g‘ri tanlash, mezonning juda yumshoq yoki juda qattiq berilishi segmentatsiya natijasida leakage yoki over-segmentation holatlariga olib keladi [20], [24], [25], [26].

So‘nggi yillarda U-Net va uning modifikatsiyalari, konvolyutsion neyron tarmoqlar hamda transformerlarga asoslangan segmentatsiya modellari tibbiy tasvirlarda yuqori natijalar bermoqda. Shunga qaramay, an’anaviy usullar o‘z ahamiyatini yo‘qotmagan. Ular ma’lumot kam bo‘lgan holatlarda, algoritmni tushuntirish zarur bo‘lganda, real vaqtli dastlabki markerlashda va chuqur o‘qitish modelini baholash uchun etalon yoki yordamchi modul sifatida foydalidir [10], [11], [12], [13], [28].

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, UZI tasvirlarini markerlashda yagona universal usul mavjud emas. Bo‘sag‘alash tezkor, ammo shovqinga sezgir; gradient usuli konturlarni yaxshi beradi, ammo uzilgan chegaralar muammosiga ega; region–growing obyekt oblastini to‘liq olishga intiladi, ammo urug‘ nuqtaga bog‘liq. Shu sababli dinamik ultratovush tasvirlarini qayta ishlashda ushbu usullarni kombinatsiyalash va geometrik model bilan bog‘lash maqsadga muvofiqdir [7], [14], [21].

3. METODOLOGIYA.

Tadqiqot metodologiyasi ultratovush tasvirlarida markerlashning uchta an’anaviy yondashuvini — bo‘sag‘alash, gradientga asoslangan chekka aniqlash va region–growing usullarini yagona tahliliy sxemada ko‘rib chiqishga asoslandi. Kirish ma’lumoti sifatida ultratovush tasviri ikki o‘lchamli intensivlik funksiyasi ko‘rinishida qaraldi: [16], [17], [18]

$$I(x,y): \Omega \subset \mathbb{Z}^2 \to [0, L-1] \qquad (1)$$

ISSN 3030-3907

bu yerda I(x,y) – (x,y) koordinatadagi piksel intensivligi, Ω – tasvir sohasi, L – kulrang darajalar soni. Dinamik UZI tasvirlarida esa kadrlar ketma-ketligi quyidagicha ifodalanadi:

$$\mathcal{V} = \{ I_t(x,y) \mid t = 1,2,\dots,N \} \qquad (2)$$

bu yerda t – kadr tartib raqami, N – video ketma-ketlikdagi umumiy kadrlar soni. Har bir markerlash usuli alohida kadrga qo‘llanishi, keyinchalik esa vaqt bo‘yicha natijalarni barqarorlashtirish uchun morfologik yoki geometrik tahlil bosqichi qo‘shilishi mumkin [17].

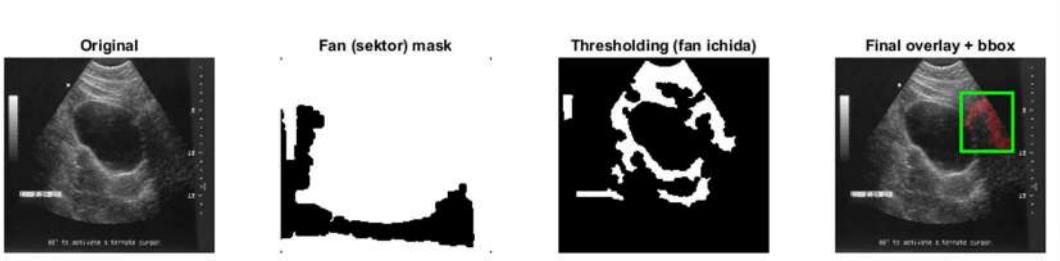
3.1. BO‘SAG‘ALASH USULI.

Bo‘sag‘alash tasvirni tanlangan chegara qiymat T bo‘yicha obyekt va fon sinflariga ajratadi. Bu yondashuv binarizatsiya operatsiyasi sifatida quyidagicha yoziladi: [1], [16]

$$M_T(x,y) = 1, agar I(x,y) \geq T; \quad M_T(x,y) = 0, agar I(x,y) < T \qquad (3)$$

Bu yerda $M_T(x,y)$ – segmentatsiya natijasida hosil bo‘lgan binar maska, T – bo‘sag‘alash qiymati. Global bo‘sag‘alashda bitta T qiymati butun tasvir uchun tanlanadi; lokal bo‘sag‘alashda esa T har bir mahalliy oynada alohida hisoblanadi. UZI tasvirlarida suyuqlik bilan to‘lgan qoramtir sohalar, tosh yoki kalsinat kabi yorqin strukturalar mavjud bo‘lganda bo‘sag‘alash tezkor natija beradi [1].

Bo‘sag‘alashning algoritmik bosqichlari quyidagicha umumlashtiriladi: tasvirni kiritish, shovqinni kamaytirish uchun filtrlash, gistogrammani tahlil qilish, T qiymatini tanlash, binar maska hosil qilish, kichik shovqinli oblastlarni olib tashlash va morfologik tozalash. Ushbu jarayon tez bajariladi, ammo spekl shovqin kuchli bo‘lganda obyekt ichida teshiklar, fon qismida esa soxta piksel guruhlari paydo bo‘lishi mumkin [8], [9].



1-rasm. Haqiqiy UZI tasviri va bo‘sag‘alashdan keyingi segmentatsiya ko‘rinishlari

3.2. GRADIENTGA ASOSLANGAN MARKERLASH

Gradientga asoslangan yondashuv obyekt chegaralari bo‘ylab intensivlik keskin o‘zgaradi, degan prinsipga tayanadi. Tasvirning x va y yo‘nalishlardagi hosilalari $G_x va G_y$ orqali hisoblanadi. Gradient magnitudasi quyidagicha aniqlanadi: [2], [3], [4], [5]

$$G(x,y) = \sqrt{(G_x(x,y)^2 + G_y(x,y)^2)} \qquad (4)$$

Gradient yo‘nalishi esa quyidagi ifoda bilan beriladi:

ISSN 3030-3907

$$\theta(x,y) = arctan\left(G_Y(x,y)/G_x(x,y)\right) \qquad (5)$$

Sobel, Prewitt va Roberts operatorlari ushbu xususiy hosilalarni konvolyutsion yadrolar yordamida taxminan hisoblaydi. UZI tasvirlarida gradient usuli organ devori, kista chegarasi yoki patologik o‘choq konturini aniqlashda qo‘llanishi mumkin. Biroq spekl shovqin lokal intensivlik o‘zgarishlarini kuchaytirib, yolg‘on chekkalar paydo qiladi. Shu sababli gradientdan oldin silliqlash, gradientdan keyin esa ikki chegarali bo‘sag‘alash va konturlarni yopish amallari bajarilishi zarur [2], [3], [4], [5], [8].

Gradient asosidagi markerlashning umumiy algoritmi quyidagicha: dastlab tasvir Gauss yoki median filtr bilan silliqlanadi; keyin $G_x va G_y$ hosilalari hisoblanadi; gradient magnitudasi va yo‘nalishi aniqlanadi; zaif gradientli nuqtalar chiqarib tashlanadi; kuchli va zaif chekkalar orasidagi bog‘lanish hysteresis mexanizmi orqali tekshiriladi; yakunda kontur xaritasi hosil qilinadi. Ushbu yondashuv obyekt chegarasini nozik chiziq ko‘rinishida beradi, biroq segmentatsiya maskasini olish uchun konturlarni to‘ldirish bosqichi talab etiladi [2], [6], [22], [23].

3.3. REGION–GROWING USULI.

Region–growing mintaqaviy bir xillikka asoslangan markerlash usuli bo‘lib, unda boshlang‘ich urug‘ nuqtadan boshlab o‘xshash qo‘shni pikselar ketma-ket obyekt regioniga qo‘shiladi. Eng sodda holatda qo‘shish mezoni quyidagicha yoziladi: [20], [21], [26]

$$|I(p) - \mu_R| \le \delta \Rightarrow p \in R \qquad (6)$$

bu yerda p – qo‘shni piksel, μ_R – region ichidagi pikselar o‘rtacha intensivligi, δ – ruxsat etilgan farq. Agar piksel region o‘rtacha qiymatiga yetarlicha yaqin bo‘lsa, u obyekt tarkibiga qo‘shiladi. Jarayon yangi piksel qo‘shilmay qolguncha davom etadi.

Region–growing algoritmi quyidagi bosqichlardan iborat: obyekt ichidan urug‘ nuqta tanlash; o‘xshashlik mezonini belgilash; urug‘ atrofidagi qo‘shnilarni tekshirish; mezonga mos pikselarni regionga qo‘shish; region o‘rtacha qiymatini yangilash; to‘xtash sharti bajarilgunga qadar jarayonni takrorlash. UZI tasvirlarida bu usul qon bilan to‘lgan qoramtir oblastlar, kistalar, yurak bo‘lmachalari yoki nisbatan bir xil intensivlikka ega organ segmentlarini ajratishda foydalidir [24], [25], [26].

Ushbu usulning asosiy ustunligi shundaki, natija obyektning ichki oblastini to‘liq qamrab olgan maska sifatida hosil bo‘ladi. Biroq urug‘ nuqtaning noto‘g‘ri tanlanishi yoki δ qiymatining noto‘g‘ri berilishi segmentatsiya natijasiga jiddiy ta’sir qiladi. δ juda katta bo‘lsa, region obyekt chegarasidan tashqariga yoyilib

ISSN 3030-3907

ketadi; juda kichik bo‘lsa, obyekt ichida teshiklar va bo‘linib ketgan segmentlar paydo bo‘ladi [21], [26].

3.4. USULLARNI QIYOSIY BAHOLASH MODELI

An’anaviy markerlash usullarini taqqoslash uchun ularning hisoblash tezligi, shovqinga chidamliligi, kontur aniqligi, obyekt oblastini to‘liq berishi va avtomatlashtirishga mosligi mezonlari tanlandi. Quyidagi jadval ushbu yondashuvlarning UZI tasvirlaridagi asosiy xususiyatlarini umumlashtiradi [7], [14], [20].

1-jadval

Bo‘sag‘alash, Gradient va Region–growing usullarni qiyosiy tahlili

Usul	Asosiy tamoyil	Afzalligi	Kamchiligi	UZI uchun tavsiya
Bo‘sag‘alash	Intensivlikni T qiymat bilan solishtirish	Sodda, tezkor, izohlanadigan	Shovqinga sezgir, T tanlash qiyin	Yuqori kontrastli obyektlar uchun dastlabki maska
Gradient	Intensivlikning keskin o‘zgarishini topish	Kontur nuqtalarini aniq ko‘rsatadi	Spekl shovqinda yolg‘on chekkalar ko‘p	Filtrlashdan keyin kontur aniqlash uchun
Region–growing	Urug‘ nuqtadan o‘xshash pikselarni qo‘shish	Obyekt oblastini to‘liq beradi	Urug‘ va δ qiymatiga bog‘liq	Bir jinsli kista, qon sohasi, organ oblastlari uchun

4. MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, bo‘sag‘alash UZI tasvirlarida eng sodda markerlash usuli bo‘lib, real vaqtli dastlabki segmentatsiya uchun qulaydir. U yuqori kontrastli obyektlar, masalan, suyuqlik bilan to‘lgan qoramtir kista yoki yorqin kalsinatlarni ajratishda samarali ishlaydi. Biroq UZI tasvirlarida spekl shovqin va intensivlikning notekis taqsimlanishi sabab bitta global T qiymati har doim ham optimal bo‘lmaydi. Shu sababli lokal bo‘sag‘alash, Otsu mezoni yoki adaptiv bo‘sag‘alashdan foydalanish zarurati yuzaga keladi [1], [7], [8].

Gradientga asoslangan yondashuv obyekt chegarasini aniq ko‘rsatishi bilan ajralib turadi. Ayniqsa, segmentatsiya natijasidan keyin geometrik modellashtirish,

ISSN 3030-3907

kontur uzunligi, perimetr, egri chiziqlilik yoki shakl notekisligini hisoblash kerak bo‘lsa, gradient xaritasi foydali axborot beradi. Biroq bu usul faqat chegara axborotiga tayanadi. Agar obyekt konturi akustik soya sabab uzilgan bo‘lsa yoki chegaralar past kontrastli bo‘lsa, gradient yondashuvi yopiq obyekt maskasini mustaqil hosil qila olmaydi [2], [3], [4], [6].

Region–growing usuli bo‘sag‘alash va gradient usullariga nisbatan obyektning ichki oblastini to‘liq berishga ko‘proq mos keladi. U bog‘langanlik mezoniga tayangani sabab, obyektning murakkab shaklini ham qamrab olishi mumkin. Shu bilan birga, UZI tasvirlarida region ichidagi spekl shovqin va intensivlik heterogenligi δ mezonini tanlashni qiyinlashtiradi. Natijada leakage yoki over-segmentation muammolari yuzaga keladi [20], [21], [26].

PhD tadqiqot mavzusi nuqtayi nazaridan ushbu uch usulni alohida emas, balki ketma-ket yoki gibrid tarzda qo‘llash maqsadga muvofiq. Masalan, dastlab bo‘sag‘alash orqali nomzod ROI olinadi, gradient orqali chegaralar aniqlanadi, region–growing orqali obyekt ichki sohasi to‘ldiriladi, so‘ng geometrik model yordamida maydon, kontur, markaz, eksantrisitetsimon ko‘rsatkichlar va vaqt bo‘yicha siljish baholanadi. Bunday yondashuv dinamik UZI tasvirlarida obyektlarni barqaror kuzatish uchun qulay metodologik asos yaratadi [14], [22], [23], [25].

Muhokama jarayonida aniqlangan yana bir muhim jihat shundaki, an’anaviy markerlash usullari sun’iy intellektga asoslangan segmentatsiya tizimlari uchun ham yordamchi rol o‘ynaydi. Ular o‘quv ma’lumotlarini dastlabki belgilash, neyron tarmoq chiqishini post-processing qilish, aniqlangan maskani geometriya bo‘yicha tekshirish va algoritm xatosini izohlashda qo‘llanishi mumkin. Shu sababli an’anaviy usullarni faqat eskirgan yondashuv deb emas, balki izohlanadigan, nazorat qilinadigan va gibrid tizimlarga integratsiya qilinadigan tayanch algoritmlar sifatida qarash lozim [10], [12], [13], [28].

5. XULOSA.

Birinchidan, bo‘sag‘alash usuli UZI tasvirlarida yuqori kontrastli obyektlarni tezkor ajratish uchun qulay bo‘lsa-da, spekl shovqin, past kontrast va intensivlik notekisligi mavjud holatlarda lokal yoki adaptiv variantlar bilan to‘ldirilishi kerak.

Ikkinchidan, gradientga asoslangan markerlash obyekt konturlarini aniqlashda samarali bo‘lib, geometrik modellashtirish uchun muhim chegara axborotini beradi. Biroq uzilgan konturlarni yopish va yolg‘on chekkalarni kamaytirish uchun filtrlash hamda post-processing bosqichlari zarur.

Uchinchidan, region–growing usuli obyektning ichki oblastini to‘liq qamrab olish imkonini beradi, ammo urug‘ nuqta va o‘xshashlik mezoniga sezgir. Shu

ISSN 3030-3907

sababli uni avtomatik deteksiya, bo‘sag‘alash yoki gradient orqali olingan dastlabki natijalar bilan qo‘llash maqsadga muvofiq.

To‘rtinchidan, dinamik ultratovush tasvirlarini qayta ishlashda markerlash natijalarining vaqt bo‘yicha barqarorligi muhim hisoblanadi. Bu esa an’anaviy segmentatsiya usullarini geometrik parametrlar, morfologik tozalash va harakatni baholash algoritmlari bilan integratsiya qilishni talab qiladi.

Beshinchidan, kelajakdagi tadqiqotlarda bo‘sag‘alash, gradient va region–growing yondashuvlarini chuqur o‘qitish modellarining natijalarini izohlash, nazorat qilish va post-processing qilish bosqichlariga integratsiya qilish UZI tasvirlari asosida avtomatlashtirilgan diagnostika tizimlarining ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. 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.
2. 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.
3. Sobel I., Feldman G. A 3x3 isotropic gradient operator for image processing. Stanford Artificial Intelligence Project, 1968.
4. Prewitt J. M. S. Object enhancement and extraction. Picture Processing and Psychopictorics, Academic Press, 1970, pp. 75–149.
5. Roberts L. G. Machine perception of three-dimensional solids. Optical and Electro-Optical Information Processing, MIT Press, 1965, pp. 159–197.
6. 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.
7. 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.
8. Yu Y., Acton S. T. Speckle reducing anisotropic diffusion. IEEE Transactions on Image Processing, 2002, Vol. 11, No. 11, pp. 1260–1270. DOI: 10.1109/TIP.2002.804276.
9. 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.
10. 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.

ISSN 3030-3907

11. Long J., Shelhamer E., Darrell T. Fully convolutional networks for semantic segmentation. Proceedings of CVPR, 2015, pp. 3431–3440. DOI: 10.1109/CVPR.2015.7298965.
12. 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.
13. 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.
14. Xian M., Zhang Y., Cheng H. D., Xu F., Zhang B., Ding J. Automatic breast ultrasound image segmentation: A survey. Pattern Recognition, 2018, Vol. 79, pp. 340–355. DOI: 10.1016/j.patcog.2018.02.012.
15. Szabo T. L. Diagnostic Ultrasound Imaging: Inside Out. 2nd ed. Academic Press, 2014. DOI: 10.1016/C2011-0-07261-7.
16. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital Image Processing. 4th ed. Pearson, 2018.
17. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. 2nd ed. Springer, 2022. DOI: 10.1007/978-3-030-34372-9.
18. Sonka M., Hlavac V., Boyle R. Image Processing, Analysis, and Machine Vision. 4th ed. Cengage Learning, 2014.
19. Zhang Y., Brady M., Smith S. Segmentation of brain MR images through a hidden Markov random field model and the expectation-maximization algorithm. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2001, Vol. 20, No. 1, pp. 45–57. DOI: 10.1109/42.906424.
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. McInerney T., Terzopoulos D. Deformable models in medical image analysis: A survey. Medical Image Analysis, 1996, Vol. 1, No. 2, pp. 91–108. DOI: 10.1016/S1361-8415(96)80007-7.
23. Chan T. F., Vese L. A. Active contours without edges. IEEE Transactions on Image Processing, 2001, Vol. 10, No. 2, pp. 266–277. DOI: 10.1109/83.902291.
24. Comaniciu D., Meer P. Mean shift: A robust approach toward feature space analysis. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, Vol. 24, No. 5, pp. 603–619. DOI: 10.1109/34.1000236.

25. Felzenszwalb P. F., Huttenlocher D. P. Efficient graph-based image segmentation. International Journal of Computer Vision, 2004, Vol. 59, pp. 167–181. DOI: 10.1023/B:VISI.0000022288.19776.77.
26. Boykov Y., Jolly M. P. Interactive graph cuts for optimal boundary and region segmentation of objects in N-D images. ICCV, 2001, pp. 105–112. DOI: 10.1109/ICCV.2001.937505.
27. Achanta R., Shaji A., Smith K., et al. SLIC superpixels compared to state-of-the-art superpixel methods. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2012, Vol. 34, No. 11, pp. 2274–2282. DOI: 10.1109/TPAMI.2012.120.
28. Isensee F., Jaeger P. F., Kohl S. A. A., Petersen J., Maier-Hein K. H. nnU-Net: A self-configuring method for deep learning-based biomedical image segmentation. Nature Methods, 2021, Vol. 18, pp. 203–211. DOI: 10.1038/s41592-020-01008-z.

ISSN 3030-3907