

ТИББИЙ-БИОЛОГИК ТАСВИРЛАРДАГИ МИКРООБЪЕКТЛАР ЧЕГАРАЛАРИНИ АЖРАТИШ АЛГОРИТМЛАРИ

Маматов Н.С¹, Ниёзматова Н.А², Рахмонов Э.Д³,
Жалелова М.М⁴, Самижонов Б.Н⁵

^{1,2,4}“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш
муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети

³Тошкент фармацевтика институти

⁵Сежонг Университети, Корея

АННОТАЦИЯ

Мазкур иш тиббий-биологик тасвирлардаги микрообъектларни сегментациялаш усул ва алгоритмлари таҳлиliga бағишланган бўлиб, сегментациялашнинг ҳар бир усули ҳақида маълумотлар келтирилган ва уларни тезлиги, априор маълумотларга таяниш ҳолати, қидирув сифати бўйича уларни таққослаш амалга оширилган. Таҳлил қилиш натижаларига таянган ҳолда, тиббий-биологик тасвирлардаги микрообъектлар чегараларини ажратишда кластерли таҳлил алгоритми энг мақбул алгоритм сифатида эътироф этилган. Мақола сўнгида эса тасвир объектларини таснифлаш усуллари ҳақида қисқа хулосалар келтирилган бўлиб, биоматериалларни автоматлаштирилган микроскопия услублари таҳлили натижасида дискриминант таҳлилнинг таснифлаш алгоритмлари кўпроқ, нейрон тармоқ таснифлагичлар эса камроқ қўлланилганлиги аниқланган.

Калит сўзлар. Тиббий-биологик тасвир, микрообъект, сегментация, таниб олиш, бўсага, белгилар фазоси, градиент, гистограмма таҳлили, кластерлаш, SUSAN.

ABSTRACT

This work is devoted to the analysis of microobject segmentation methods and algorithms in medical-biological images, information about each segmentation method is presented and their comparison is made in terms of speed, reliance on a priori data, search quality. Based on the results of the analysis, the cluster analysis algorithm was recognized as the most optimal algorithm for the separation of the boundaries of microobjects in medical-biological images. At the end of the article, brief conclusions are given about the methods of classification of image objects, and as a result of the analysis of biomaterials by automated microscopy methods, it was found that classification algorithms of discriminant analysis are used more, and neural network classifiers are used less.

Keywords. Medical-biological image, microobject, segmentation, recognition, thresholding, feature space, gradient, histogram analysis, clustering, SUSAN.

Тиббий-биологик тасвирлардаги микрообъектларни таҳлил қилишдаги асосий вазифаларидан бири бу микрообъектларни тўғри ажратиш ҳисобланади. Тасвирдан микрообъектлар жойлашган соҳани ажратиш ва чегараларини аниқлаш усулларини таснифи 1-расмда келтирилган.



1-расм. Тасвирлардаги объектларни ажратиш усуллари таснифи

Микрообъектларни ажратиш деганда нафақат уларни тасвирда мавжуд ёки мавжуд эмаслигини аниқлаш, балки тасвирлар тўпламидан уларни ажратиш олиш ҳам тушунилади. Микрообъектларни ажратиш босқичи натижаси бевосита таниб олиш самарадорлигига таъсир кўрсатади, яъни микрообъектлар қанчалик аниқ ва тўғри ажратиш олинса, таниб олиш ҳам шунчалик аниқ ва тўғри бўлади. Тасвирдаги микрообъектлар уларни чегаралари ёки соҳасини ажратиш орқали ҳам ажратилиши мумкин.

Препаратлар тасвирларидаги объектларни ажратишдаги асосий муаммо тасвирдаги ранг-ёрқинлик хусусиятларини ўзгарувчанлиги ҳисобланади. Бундан ташқари, ҳар бир турдаги препаратлар учун параметрларни ўзгариши ҳам ўзига хос бўлади. Масалан, маълум бир препарат объектларининг бири учун ранг, бошқаси учун ёрқинлик, яна бири учун тўйинганлик ёки уларни бирикмалари билан фарқланиши мумкин.

Чегараларни ажратиш. Объектлар чегараларни ажратиш алгоритмлари тасвирдаги содда объектларни ажратиш имконини беради. Геометрик белгилар, бурчак учлари, ёрқинлик тушишлари кабилар содда объектлар тоифасига киради. Кирувчи маълумотларга кўра чегараларни ажратиш алгоритмлари ёрқинлик градиенти, иккинчи тартибли ҳосилалар қийматлари, намуналарга мослик даражалари, фазовий алмаштиришлар, фаол чегаралар ва статистик маълумотлар таҳлили кабиларга таснифланади.

Ёрқинлик градиенти таҳлили алгоритми. Бунда тасвирни ҳар бир нуқтасидаги ёрқинлик градиенти қийматлари асосида баҳолаш амалга

оширилади [1-4]. Алгоритм объект чегараларидаги ёрқинлик бўйича хусусий ҳосила қиймати локал мақсудумни ташкил этади деган ғояга таянади. Чегараларни аниқлашда соҳа ичи ва чегарасидаги ҳосила қийматларини ажратувчи бўсағани аниқлаш талаб этилади. Икки ўлчамли ҳолда ёрқинлик градиенти биринчи тартибли ҳосила сифатида қуйидагича аниқланади.

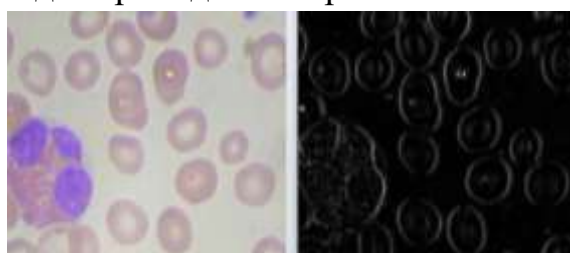
$$\vec{G} = \frac{\partial I}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial I}{\partial y} \vec{j}, \tag{1}$$

бу ерда \vec{i}, \vec{j} -мос ўқлар бирлик вектолари.

Одатда градиент компоненталарини ҳисоблашда биринчи тартибли чекли айрималардан фойдаланилади ва бу маълум бир филтрлаш маскалари асосида тасвирларни ўрамлаш усули орқали амалга оширилади. Объект чегараларини аниқлашда қуйидаги филтрлаш маскалари кенг қўлланилади.

1. Роберт: $\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$.
2. Собел: $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$.
3. Кириш: $\begin{bmatrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -3 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}$.

Ҳар бир нуқтада ҳисобланган ёрқинлик градиенти таҳлили асосида чегара аниқлаш натижаси қуйидаги расмда келтирилган.



2-расм. Собел маскаси орқали аниқланган объект чегараси:

а) берилган тасвир, б) Собел маскасини қўллаш натижаси

Ҳар бир нуқтада градиент қиймати ҳисоблангандан сўнг градиент модули бўйича локал максимум нуқта аниқланади.

Контрастли ўтишлар орқали чегараларни аниқлаш алгоритмининг камчиликлари - контур чизиқларини узилиши, шунингдек объектларни заиф ифодаланган чегараларига мос маълумотлар бир қисмининг йўқотиши ҳисобланади. Бунда қизиқтираётган объект чегарасини аниқ таърифига мос

градиент қиймати нима эканлигини ҳам билиш зарур. Контрастли ўтишларни танлаб филтрлаш учун автоматик алгоритмлар орасида Кэнни детекторини ажратиб кўрсатиш мумкин.

Кэнни детектори. Битта контраст тушишига жавобнинг ўзига хослиги ушбу алгоритмнинг муҳим афзаллиги ҳисобланади [5-6]. Алгоритм маълум бир нукта ва унинг атрофидаги градиент қиймати орасидаги минимал фарқни ҳисоблашга асосланади, шунинг учун нотўғри чегараларни йўқотади (3-расм).



3-расм. Кэнни детектори томонидан чегараларни аниқлаш натижаси

Ёрқинлик градиенти қийматларига асосланган чегараларни аниқлаш алгоритмларини асосий афзаллиги уларни сезиларли даражадаги тезлиги ҳисобланади. Бироқ, тиббий-биологик тасвирларда объектларни ажратиб олиш учун ушбу усуллардан фойдаланиш ижобий натижалар бермайди. Бу объектлар чегараларида заиф контрастли ўтиш, чегаралар бўйлаб ёрқинлик ўзгарувчанлигига боғлиқ, бунинг натижасида ҳисобланган чегараларда кўплаб узилишлар ва нотўғри сегментлар юзага келади.

Фаол контурлар усули. Усул объект чегараси силлиқлиги тахминига асосланган бўлиб, у дастлабки яқинлашишда зарур бўлган объектни ўраб турган псевдо контур (узлуксиз ёпиқ чизик) шаклида ўрнатилади, сўнгра контур турли ўзгаришларга дуч келади.

Трансформацияларни мақсади аниқланган контурни зарур бўлган объект контурига мослаштиришни баъзи функцияларини минималлаштириб, контур шаклини таъминлаш ҳисобланади. Фаол контур объектни ўраб олади, уни дислокациясини, хусусан ёрқинлик градиентини таҳлил қилиш орқали олдиндан аниқлайди [7]. Мазкур усуlining асосий камчиликлари зарур бўлган чегарага дастлабки яқинлашувни аниқлаш ва юқори ҳисоблаш харажатлари ҳисобланади.

Шакл мослигини таҳлил қилиш. Таҳлил қилиниши лозим бўлган нуктадаги чегара йўналиши ноаниқлигини пиксел ёрқинлигини ва уни муҳитини берилган тимсоллари тўплами билан солиштириш орқали кузатиш мумкин. Объект чегарасини қаноатлантирувчи шаблон сифатида, таққослаш учун жавоб максимал бўлган шаблон танланади. Тимсолларни мослаштиришга асосланган чегара детекторига мисол сифатида Робинсон ва Девис алгоритмларини келтириш мумкин [8]. Бу каби алгоритмлардан фойдаланишни ижобий жиҳати

градиент усуллари билан солиштирганда чегарани яхши тавсифлаши ҳисобланади. Тиббий-биологик тасвирларни таҳлил қилишда ушбу усуллардан фойдаланиш, шунингдек шаблонлар ўлчамлари, уларни тузилиши ноаниқлиги сабабли мумкин бўлмайди. Бу биринчи навбатда ўрганилаётган тасвирларни табиий келиб чиқиши ва натижада изланаётган ҳамда таҳлил қилинаётган объектлар шакллари табиий ўзига хослигига боғлиқ.

Фазони алмаштиришга асосланган усуллар. Алгоритмларнинг ушбу синфи тасвир ёрқинлик хусусиятларидан кўп ўлчовли бошқа фазога ўтишни амалга оширади ва уларга Хюккел, Бэйкер, Хук ва Радон детекторлари мисол бўлади [9-13]. Бу детекторлар тасвирдаги параметрик тенгламалар орқали ифодаланиши мумкин бўлган айлана, чизик ва бошқа геометрик содда фигураларни аниқлаш имконини беради. Ҳал этилиши лозим бўлган масалага нисбатан бундай усуллардан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлмайди. Чунки уларни самарали қўллаш қидирилаётган объектни кўп ўлчовли янги фазода параметрик баёнини талаб қилади. Тиббий-биологик объектларда бу усуллардан ягоналиги боис фойдаланиб бўлмайди.

SUSAN алгоритми (Smallest Univalued Segment Assimilating Nucleus – ўзлаштирувчи ядроли энг кичик биржинсли сегмент). Алгоритм бир жинсли соҳалардаги қўшни нукталар ўзаро яқин ёрқинликка ёки бир хил ёрқинликка эга бўлган чегара яқинидаги қўшнилар сони камаяди деган ғояга таянади. Чегарани бундай талқин қилиш асосида SUSAN чегара детектори алгоритми ишлаб чиқилган. Хусусиятни аниқлашнинг бундай ёндашуви тасвир ҳосиласидан фойдаланмаслиги ва халақитни олдиндан камайтиришни талаб қилмаслиги билан мавжуд усуллардан фарқ қилади [14].

Объект чегарасига тегишли бўлган ниқоб элементларидан олинган қийматларни бошқа объектлардан ажратувчи бўсағани аниқлашни талаб этиши мазкур усулни камчилиги ҳисобланади. Бундан ташқари, турли типли объектлар кесишганда ёрқинликни яқин қийматларини ҳосил бўлиши каби ҳолатлар ҳам кузатилади.

Статистик маълумотлардан фойдаланиш. Бунда усуллар статистик фаразлардан фойдаланишга йўналтирилган бўлиб, бу табиий тасвирларни юқори статистик хусусиятларга эга эканлигига асосланади. Тасвирга элементларни қидиришнинг турли филтрларидан фойдаланиш орқали ишлов бериши усулнинг моҳияти ҳисобланади ва қайта ишлаш натижаси статистик боғланишлар кўринишида ифодаланади [1,15-16].

Алгоритмнинг кириш параметри чегара мавжудлигини аниқловчи бўсаға бўлиб, унинг маъноси элементни мавжуд бўлиш эҳтимолини унинг мавжуд

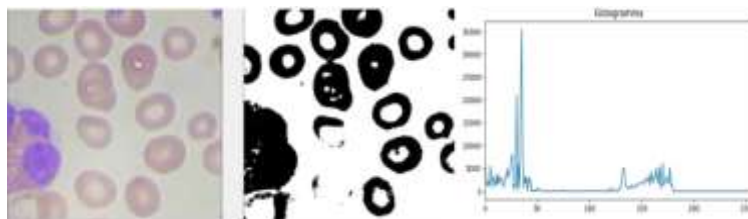
бўлмаслик эҳтимолига нисбати чегарасини аниқлашдир. Тасвирни турли филтрлар билан қайта ишлаш ва эҳтимоллик характеристикаларини ҳисоблаш катта вақт сарфига олиб келади. Бундан ташқари, филтрлар тўпламини танлаш эвристик амалга оширилади.

Тасвир соҳаларини ажратиш. Ажратиш мезони бўйича тасвирни бир жинсли соҳаларга ажратиш сегментациянинг асосий вазифаси ҳисобланади. Бунда ягона тасвир доирасида бир нечта ажратиш мезонларидан фойдаланиш мумкин. Аниқ бир таниб олиш масаласи учун ажратиш мезонини бир қийматли аниқлаш эса ҳал этилиши лозим бўлган масала моҳиятидан келиб чиқади ва у ажратилиши талаб этилган объектлар нуктаи назаридан баҳоланади [17].

Бўсағавий филтрлаш. Сегментациянинг мазкур ёндашуви содда жорий этилиб, одатда у бинарлаш деб аталади. Масалан, ёрқинлик бўйича сегментлашнинг махсус параметри сифатида ёрқинлик диапазонлари қийматларини икки синфга ажратувчи бўсағадан фойдаланиш объектлари қидирилаётган ва бошқалар синфига ажратиш имконини беради. Бунда бошқа синф деганда одатда фон назарда тутилади. Бир нечта белгилардан фойдаланиб бўсағавий сегментлашни амалга ошириш ҳам мумкин, бироқ бу ҳолда бўсағани танлаш мураккаблашиб кетади [18].

Мазкур ёндашувнинг асосий камчиликлари бўсағани автоматик танлаш имкониятини пастлиги ва бир тасвирда танланган бўсаға қийматини бошқа тасвирда фойдаланишни деярли имкони йўқлиги ҳисобланади. Бу эса ёндашувчи ҳар доим ҳам автоматик қўллаб бўлмаслигини кўрсатади. Бўсаға қиймати бўйича тасвирни автоматик сегментлашни кўплаб эвристик усуллар мавжуд ва уларни айримлари қуйида келтирилган.

Гистограмма модаси. Одатда тасвир гистограммаси бирор бир белгисига кўра унимодал ҳисобланмайди. Гистограмма модалари таҳлили асосида тасвирдаги турли объектларни синфларига мос ёрқинлик диапазонларини аниқлаш мумкин. Ҳозирги кунда гистограммаларни локал максимум ва минимум қийматларини аниқлашнинг кўплаб усуллари ишлаб чиқилган [19]. Мазкур усулни фақат бимодал гистограмма орқали тасвир фонини ажратишда самарали деб ҳисоблаш мумкин. Чунки унга одатда устунлик қилувчи чўққи мос келади (4-расм). Бошқа ҳолларда, чегара қийматларини автоматик аниқлаш мумкин эмас, чунки маълум бир объектлар бир вақтни ўзида бир нечта синфига тегишли бўлиши мумкин.



4-расм. Бўсағали бинарлаш: а) натижа бинар ниқоб, б) ёрқинлик чегараси қўлда танланган тасвир гистограммаси

Мослашувчан бинарлаш. Агар фон ва объектлар даражасида ёрқинлик нотекис бўлса, у ҳолда бўсағавий сегментлаш айрим маълумотларни йўқолишига олиб келади. Ушбу камчиликни бартараф этиш мақсадида мослашувчан бинарлаш қўлланилади. Бунинг учун тасвир ҳар бир пиксели берилган атрофида рухсат этилган коэффицентни инобатга олган ҳолда хусусий бўсаға ҳисобланади. Ҳар бир тасвир учун атроф ўлчами ва бўсаға қиймати ўзига хос бўлади [20-21].

к-ўртача усули [22]. Юқорида келтирилган алгоритмларга нисбатан автоматлаштириш даражаси юқори бўлган қуйидаги алгоритм таклиф этилган бўлиб, у қуйидаги қадамларда амалга оширилади.

1-қадам. Тасвир тўғри тўртбурчакли тенг соҳаларга ажратилади.

2-қадам. Ҳар бир соҳа учун $H_i[0..255]$ гистограмма векторларини шакллантириш амалга оширилади;

3-қадам. Ҳар бир соҳа учун $Min(H_i)$ ва $Max(H_i)$ аниқланади;

4-қадам. Ҳар бир соҳа учун бўсағани бошланғич қиймати ҳисобланади:

$$T = \frac{Min(H_i) + Max(H_i)}{2}, i = \overline{1, n};$$

5-қадам. Олдинги қадам учун бўсаға $T^* = 0$ деб олинади;

6-қадам. $T_i^* = T$ бўлмагунча қуйидагилар бажарилади:

$T_i^* = T$ деб олинади; Бўсағадан кичик ёрқинликка эга бўлган барча пикселларни ўртача ёрқинлиги ҳисобланади $S_i^{\min} = S(0, T_i)$; Бўсағадан катта ёрқинликка эга бўлган барча пикселларни ўртача ёрқинлиги ҳисобланади

$S_i^{\max} = S(255, T_i)$; Бўсағани янги қиймати ҳисобланади, яъни $T_i = \frac{S_i^{\min} + S_i^{\max}}{2}$;

7-қадам. Соҳа учун аниқланган T_i^* нинг қиймати бўсаға сифатида олинади.

8-қадам. Тасвир учун бўсаға қиймати ҳисобланади: $T^* = \frac{\sum_{j=1}^n T_j^*}{n}$.

Юқорида келтирилган алгоритмда ёрқинликни кичик оралиғида аниқланган

бинарлаш бўсағаси мақбул бўлмайди ва объектларга хос бўлган айрим маълумотлар йўқотилади. Бу объект ва фон чегарасида жойлашган пикселлар ёрқинлиги оралиқ диапазони мавжудлиги билан боғлиқ.

Қирғоқлар усули. Мазкур ёндашув тасвир ёрқинлиги градиентини олдиндан ҳисоблашга асосланади. Агар унга рельеф сифатида қаралса, ўзгармас қисмларига, яъни градиентнинг кичик қийматларига тасвирни бир жинсли соҳалари, градиентнинг катта қийматларига эса тасвир ёрқинлигини кучли ўзгарган соҳалари, яъни чегаралари мос келади. Бунда бир жинсли соҳаларни сув ҳавзалари, чеграларини эса қирғоқлар сифатида қараш мумкин. Қирғоқлар таърифга кўра, ёпиқ чизиқни ташкил этади, яъни улар сув ҳавзасини тўлиқ қамраб олади [23-24].

Қидирилаётган ва бошқа объектлар, жумладан фон чегараларида контрастли ўтишларни норавшанлиги ушбу усул орқали қидирилаётган объектларни аниқлаш имконини бермайди. Бундан ташқари, мазкур усул ёрқинлик градиентини дастлабки ҳисоблашга асосланганлиги учун юқорида келтириб ўтилган ёрқинлик градиентига асосланган алгоритмлар камчиликлари ушбу усулга ҳам хос бўлади.

Рангли тасвирни кластерлаш. Сегментация масаласини ечишда ўқитувчисиз ўқитиш, яъни кластерлаш масаласини ечишдаги каби ўхшашлик мавжуд. Сегментация масаласини бирор бир белгилар фазосида тасвир нуқталарини акслантириш ва яқинлик ўлчовини киритиш орқали кластерлаш масаласига келтириш мумкин. Бунда тасвир нуқталари белгилари сифатида бирор бир фазода унинг рангли ифодаланишини олиш етарли бўлади. Яқинлик ўлчови сифатида эса олинган белгилар фазосидаги векторлар орасидаги масофаларни ҳисоблашда кенг қўлланиладиган Эвклид метрикасидадан фойдаланиш мумкин [17,20,25-26].

Масаланинг қўйилишига кўра мазкур алгоритм кўплаб тадқиқотчиларда кучли қизиқиш уйғотади ва у ягона созланувчи параметрга, яъни аниқланиши лозим бўлган синфлар сонига боғлиқ.

Соҳаларни кенгайтириш. Бу турдаги усуллар тасвир локал белгиларидан фойдаланишга асосланган бўлиб, соҳани кенгайтириш усулини ғояси дастлаб бошланғич нуқтани, кейинчалик эса қўшни нуқталарни таҳлил қилишга асосланади. Сўнг бир жинслиликни бирор бир мезони асосида таҳлил этилган нуқталар мос соҳаларга бирлаштирилади ва бу жараён ажратилган соҳалар бир жинсли бўлмагунча давом эттирилади [27-28].

Одатда соҳаларни кенгайтириш усулларида алоҳида соҳаларни ажратишда фойдаланилади, бироқ уларни кетма-кет ёки бир вақтнинг ўзида бир

нечта соҳаларга қўллаш орқали тасвирни бир нечта қисмларга ажратиш мумкин бўлади. Мазкур алгоритм машина вақти бўйича ўта ёпиқ бўлиб, унда соҳаларни ўхшашлигини аниқлаш бўсаға қиймати ҳам олдиндан маълум бўлмайди.

JSEG алгоритми. Мазкур алгоритм тасвирни сегментларга ажратиш оптималлаштириш масаласини ечишни амалга оширади. Бунинг учун тасвирдаги ранглар тақсимотини акслантурувчи функционал киритилади ва унинг ҳар бир нуқтадаги қийматини ҳисоблаш куйидаги хулосани олиш имконини беради, яъни агар функционал берилган нуқтада минимал қиймат қабул қилса, у ҳолда бу нуқта соҳа маркази, акс ҳолда соҳа чегара нуқтаси сифатида олинади. Сўнгра функционал қиймати асосида соҳани кенгайтириш ишлари амалга оширилади [17,29-30].

Мазкур алгоритм ҳар бир тасвир учун индивидуал учта созланувчи параметрга эга бўлиб, улар рангларни квантлаш бўсағаси, масштаблар сони ва соҳаларни бирлаштириш бўсағаларидир.

Биринчи параметр икки квантланувчи ранг орасидаги минимал масофани аниқлаш имконини беради. Иккинчи параметрдан тасвирни яхши баён этишда фойдаланилади. Учинчи параметр эса тасвир соҳаларини аниқроқ кенгайтириш мақсадида олинади. Ўтказилган кўплаб тадқиқотларда мазкур усулдан тиббий-биологик тасвирлар соҳаларини ажратишда фойдаланиш самарасиз эканлиги кўрсатиб ўтилган. Бу ўта катта миқдордаги ҳисоблашлар ва ҳар бир тасвир учун индивидуал созламаларни аниқлаш билан боғлиқдир.

Статистик таҳлил. Тасвир модели сифатида тасодикий Марков майдони, яъни тасвирни ҳар бир нуқтаси ранги қўшни нуқталар рангига боғлиқ деб олиш мумкин. Мазкур усул кучли "текстурали" тасвирларни сегментлашда самарали ҳисобланади [17,31-32]. Мазкур ёндашувни амалга ошириш ўта мураккаб бўлиб, у сегментациялашда тасвир текстурасини инобатга олишни талаб қилади. Тиббий-биологик препаратлар объектлари кучсиз ифодаланувчи текстурали фарқларга эга эканлиги тажрибаларда аниқланган. Шунинг учун мазкур усулдан тиббий-биологик тасвирларни таҳлил қилишда фойдаланиш мақсадга мувофиқ ҳисобланмайди.

Графлар назарияси. Тасвирни ҳар бир чўққиси тасвирни ўзига хос нуқтаси деб олинувчи вазнли граф кўринишида ифодалаш мумкин. Граф қирраси вазни қандайдир маънода нуқталар ўхшашлигини ифодалайди ва бу графни қисмларга ажратиш орқали тасвирни бўлаклашни моделлаштириш имконини беради [17,33-34]. Ушбу ёндашув сегментлар ранги ва текстураси бир жинслилигини аниқлашдан ташқари, сегментлар шакли, ўлчамлари, чегаралари мураккаблиги кабиларни назорат қилиш имконини беради.

Қайта ишланадиган маълумотлар ўлчамини катталиги ва тезлигини пастлиги алгоритмнинг асосий камчиликлари ҳисобланади. Бундан ташқари, ушбу алгоритмга соҳаларни бирлаштириш усулидаги камчиликлар ҳам хосдир. Юқорида баён этилган алгоритмлар қиёсий таҳлили натижалари қуйидаги жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Тасвирлардаги объектларни аниқлаш ва ажратиш алгоритмлари қиёсий таҳлили

Кўрсаткич Усул	Тезлик	Созланувчи параметрлар сони	Мураккаблиги	Априор ахборотдан фойдаланиши	Қидирув сифати
Градиентли	Юқори	2 тадан кўп	Паст	Фойдаланмайди	Қониқарсиз
Шаблонли	Ўртача	2 тадан кўп	Юқори	Фойдаланади	Қониқарсиз
Локал адаптация	Паст	2 тадан кўп	Юқори	Фойдаланмайди	Қониқарсиз
Статистик	Паст	2 тадан кўп	Юқори	Фойдаланади	Ўртача
Кластерли таҳлил	Ўртача	1 та	Паст	Фойдаланмайди	Ўртача

Қўйилган масалани ечиш учун мақбул алгоритм сифатида кластерли таҳлил алгоритмидан фойдаланиш тавсия этилган бўлиб, танлов алгоритмни созлаш параметрлари минимал сонга ва уни мақбул тезликка ҳамда априор маълумотлардан фойдаланмаслигига асосланган.

Сегментация натижасида ажратиб олинган объект учун белги шакллантириш алгоритмлари [35-42] қўлланилади ва ундан сўнг ушбу белгилар орасидан информативлари ажратиб олинади. Белгилари шакллантирилган объект кейинги таниб олиш босқичига ўтказилиб, таснифлаш амалга оширилади.

Зарур бўлган объектларни таснифлаш. Таснифлаш бу қаралаётган объектни, яъни ҳужайра, тўқима, гистологик таркиб кабиларни у ёки бу синфга тегишлилигини аниқлашдир. Бунда белгилар сонини имкон қадар кичик бўлиши талаб этилади [34]. Саралаш алгоритмлари асосини таснифлаш босқичи ташкил этади. Қуйида таснифлаш масаласини ечишнинг кенг тарқалган усуллари баёни келтирилган.

Нейрон тармоқли таснифлагич. Мазкур таснифлагич инсон миясининг гипотетик механизмини моделлаштиришга асосланган бўлиб, у тимсолларни таниб олишнинг турли масалаларини ечишда кенг қўлланилади. Нейрон тармоқли таснифлагичлар "мустақил" ўқитиш хусусиятига эга ва улар нейрон тармоқ тузилиши ва ўқитиш алгоритмининг эвристик танлашни талаб қилиши каби

камчиликка эга ҳисобланади.

Потенциал функциялар усули. Мазкур усул қуйидаги ғояга таянади. Фараз қилайлик, K тимсоллар тўплами берилган бўлсин. Бу тимсоллар тўпламини бир-бири билан кесишмайдиган K_1 ва K_2 синфларга ажратиш талаб этилсин. Бу икки тўпламни бир биридан тўлиқ ажратувчи камида битта функция мавжуд ва у K_1 синфга тегишли бўлган объектларга мос нуқталарда 1 ва K_2 синфга тегишли бўлган объектларга мос нуқталарда 0 қийматларни таъминлаши шарт. Умуман олганда ажратиш функциялари кўп ва улар қанчалик кўп бўлса, у ҳолда ажратиладиган тўпламлар ҳам шунчалик компакт бўлади. Ўқитиш жараёнида бу функциялардан бирини, баъзида эса қандайдир маънода энг яхшисини қуриш талаб этилади. Ўқитиш натижасида танланган якуний функция умуман олганда "ўқитилган" нейрон тармоқ таснифлагичларига яқин бўлади.

Чегаравий соддалаштириш усули. Бунда ажратиш функцияси чизиқли кўпхад кўринишида олдиндан берилган ва у ўқув танлангани бехато ажратувчи минимал ўлчамли фазони лойихалайди деб фараз қилинади. Шунинг учун усул чегаравий соддалаштириш усули деб номлаган бўлиб, унда кичик ўлчамли, яъни содда фазода энг содда ҳал қилувчи қоида қурилади.

Дискриминант таҳлил. Ушбу гуруҳ усуллари объектларни башоратлаш синфларга тегишлилигини аниқлашда қарор қабул қилишнинг Байес схемасига асосланади. Байес ёндашуви эса эҳтимоллар назарияси ва ундаги $w_i, (i = \overline{1, N})$ синфлар учун $P(w_i)$ априор эҳтимолликлар ва $P(x/w_i)$ белгилар вектори қиймати шартли зичлиги тақсимотига таянади. Байес қоидаси $P(w_i/x)$ постериор эҳтимолликни аниқлашдан иборат бўлиб, унда x_j объектни w_i синфга тегишлилиги ҳақидаги хулоса таснифлашнинг ўртача эҳтимоллик хатолигини минимумини таъминлаганда берилади.

Ҳал қилувчи қоидалар жамоаси. Таснифлаш масалаларини ечишда турли алгоритмлар хусусиятларидан оқилона фойдаланиш мақсадида турли характердаги таниб олиш алгоритмлари жамоавий қарорлар асосида таснифлаш қарорини ташкил этувчи жамоаларга бирлаштириш мумкин.

Биоматериалларни автоматлаштирилган микроскопия услублари таҳлили натижасида дискриминант таҳлилнинг таснифлаш алгоритмлари кўпроқ, нейрон тармоқ таснифлагичлар эса камроқ қўлланилганлигини аниқланган.

ХУЛОСА

Мазкур тадқиқот ишида тиббий-биологик тасвирлардаги микрообъектларни сегментациялаш усуллари кенг қамровли таҳлили

келтирилган бўлиб, унда сегментация усуллари асосан иккита қисмга ажратилган ҳолатда ўрганилган. Яъни, чегарага асосланган ва соҳага асосланган усуллар. Чегарага асосланган усуллар қаторида ёрқинлик градиенти, фазовий алмаштиришлар, фаол чегаралар, SUSAN алгоритми ва статистик таҳлил усуллари ва уларнинг ҳар бирининг ютуқ ва камчиликлари келтирилган. Соҳаларни ажратишга асосланган усуллар қаторида эса чегаравий филтрлаш, кластерли таҳлил, қирғоқлар усули, графлар назарияси усуллари тадқиқ қилинган бўлиб, улар орасида кластерли таҳлил алгоритми самарадор эканлиги аниқланган.

Сегментация натижасида ажратиб олинган объектнинг белгилари шакллантирилгандан сўнг, таниб олиш босқичи амалга оширилиши мумкин. Мазкур ишда таснифлаш масаласини ечишнинг кенг тарқалган усуллари баёни келтирилган бўлиб, асосан нейрон тармоқга асосланган, потенциал функциялар, чегаравий соддалаштириш, дискриминант таҳлил ва ҳал қилувчи қоидалар жамоаси усуллари тадқиқ қилинган. Натижада микроскопия соҳасида дискриминант таҳлил усулидан фойдаланиш ҳолати кўпроқ бўлганлиги аниқланган.

ФЙДАЛНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Konishi, S. A Statistical Approach to MultiScale Edge Detection / S. Konishi, A.L. Yuille, J.M. Coughlan // Proc. Workshop Generative-Model-Based Vision GMBV.2002.-№2.
2. Meer, P. Smoothed differentiation filters for images / P. Meer, I. Weiss / Journal of Visual Communication and Image Representation. - 1992. -№3(1). – p. 58-72.
3. Torre, V. On edge detection / V. Torre, T.A. Poggio // IEEE Transaction o Pattern Analysis and Machine Intelligence. -1986. - J428(2). - pp. 147-163.
4. Weiss, I. High-order differential filters that work /1. Weiss // IEEE Tranaction on Pattern Analysis an Machine Intelligence. - 1994. - №16(7). - pp. 734-736
5. Canny, J. A computational approach to edge detection / J. Canny // IEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. - 1986. - JSb 8(6). - pp, 679-698.
6. Jacob. M. Design of Steerable Filters for Feature Detection Using Canny Like Criteria /M. Jacob, M. Unser // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. - 1998. - №8. - pp. 1007-1019.
7. Forstner, W. A feature based correspondence algorithm for image matchinj / W. Forstner // Intl. Arch. Photogramm. Reemote Sensing. - 1986. - JVb26. - pp. 150-166.
8. Trajkovich, M. Fast comer detection / M. Trajkovich, M. Handley // Imag and Vision Computing. - 1998. - №16. - pp. 75-87.
9. B.Tremeau, I. A Region growing and Merging Дегтярева, А. Преобразование Хафа (nough transform) / А. Дегтярёва. В. Вежневек // Графика и мультимедия. <http://cgm.graphicon.ru/content/view/36/62/>.
10. Мариничев, К. Алгоритмы выделения параметрических кривых на основе преобразование Хафа / К. Мариничев, В. Вежневек // Графика и мультимедия. <http://cgm.graphicon.ru/content/view/107/62/>.
11. Illingworth, J. A Survey of the Hough Transform / J. Illingworth, J. Kittle // CVGIP. - 1988, - №44. - pp. 87-116.
12. Nayar, K. Parametric feature detection / K. Nayar, S. Baker, H. Murase / IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. - 1996.
13. Meer, P. Smoothed differentiation filters for images / P. Meer, I. Rad, A.A. Fast Circle Detection Using Gradient Pair Vectors. Proc / A.A Rad, K. Faez, N. Qaragozlou // VII th Digital Image Computing, Sydney, Australia. 2003.-pp. 879-887.
14. Bow, S.T. Pattern Recognition and Image Preprocessing / S.T. Bow, Dekker.- New York, 1992.
15. Cross, G.R. Markov Random Field Texture Models / G.R. Cross, A.K. Jaii // IEEE Trans, on Pattern Analysis and Machine Intelligence. - 1983.
16. Field, D.J. Relations between the Statistics and Natural Images and the Responses Properties of Cortical Cells / D.J. Field // Optical Soc. Am. - 1987. -№4. pp. 2379-

2394.

17. Баринаова, О. Методы сегментации изображений: автоматическая сегментация / О. Баринаова, А. Вежневек // Графика и мультимедия, <http://cgm.graphicon.ru/content/view/147/62/>.
18. Павлидис, Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений / Т. Павлидис. - М.: Радио и связь, 1986. - 399 с.
19. Привалов, О.О. Алгоритм автоматического препарирования графического изображения для выделения клеток периферической крови / Привалов, Л.Н. Бутенко // Известия ВолгГТУ. Сер. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах; между: сб. науч. статей / ВолгГТУ. - Волгоград, 2007. - №2. -- С. 54-57.
20. Адаптивные методы обработки изображений: Сб. науч. тр. / Под ред В.И. Сифорова, Л.П. Ярославского. - М.: Наука, 1988. - 244с.
21. Александров, В.В. Представление и обработка изображений. Рекурсивный подход / В.В. Александров. - Л : Наука, 1985. - 192 с.
22. Писаревский, А.Н. Системы технического зрения (принципиальные основы, аппаратное и математическое обеспечение) / А.Н.Писаревский А.Ф.Чернявский, Г.К.Афанасьев и др.; Под общ. Ред. А.Н.Писаревского А.Ф.Чернявского. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988.-424 с.
23. Соколинский, Б.З. Классификация лейкоцитов с использованием методов обучающихся нейронных сетей и Watershed / Б.З. Соколинский, В.Л. Демянов, В.С. Медовый др. // Здоровоохранение и медицинская техника. - 2005. №4(18).-С. 35.
24. Shafarenko, L. Automatic Watershed segmentation of Randomly Texture Color Images/ L. Shafarenko, M. Petrov, J. Kittler // IEEE Trans, on Image Processing. - 1997.
25. Дюрэн, Б. Кластерный анализ / Б. Дюрэн, П. Одел. - М. : Статистика, 1977.- 128 с.
26. Привалов, О.О. Автоматическая сегментация цифровых изображений медико-биологических препаратов методом кластерного анализа / Привалов, Л.Н. Бутенко // Современные наукоёмкие технологии: науч. – теоретик журнал/-М. - 2007. - №10. - С. 79-80.
27. Вежневек, А. Выделение связных областей в цветных и полутоновых изображениях / А. Вежневек // Графика и мультимедия. <http://cgm.graphicon.ru/content/view/53/62>.
28. Tremeau, I. A Region growing and Merging Algorithm to color segmentation / I. Tremeau, N. Borel // Pattern Recognition. -1997.
29. Ярославский, Л.И. Цифровая обработка сигналов в оптике и голографии: Введение в цифровую оптику / Л.П. Ярославский - М. : Радио и связь. 1987.- 296 с.
30. Martin, D. Learning Affinity Functions for Image Segmentations / D. Martin // Pattern Recognition. - 2003. - №9. - pp. 26.
31. Гиренко, А.В. Методы корреляционного обнаружения объектов / А.В.

- Гиренко, В.В. Ляшенко, В.П. Машталир, Е.П. Путятин. - Харьков : АО «БизнесИнформ», 1996.- 112 с.
32. Cross, G.R. Markov Random Field Texture Models / G.R. Cross, A.K. Jaii // IEEE Trans, on Pattern Analysis and Machine Intelligence. - 1983.
 33. Айвазян, С.А. Классификация многомерных наблюдений / С.А. Айвазян, З.И. Бежаева, О.В. Староверов. - М.: Статистика, 1974. - 240 с.
 34. Lucchese, L. Color Image Segmentation / L. Lucchese, S.K. Mitra // State-of-the-Art Survey. - 2001.
 35. Shavkat, F., Narzillo, M., & Nilufar, N. (2019). Developing methods and algorithms for forming of informative features' space on the base K-types uniform criteria. International Journal of Recent Technology and Engineering, 8(2 Special Issue 11), 3784–3786. <https://doi.org/10.35940/ijrte.B1492.0982S1119>
 36. Fazilov, S., & Mamatov, N. (2019). Formation an informative description of recognizable objects. Journal of Physics: Conference Series, 1210(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1210/1/012043>
 37. Niyozmatova, N. A., Mamatov, N., Samijonov, A., Rahmonov, E., & Juraev, S. (2020). Method for selecting informative and non-informative features. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 919(4). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/919/4/042013>
 38. Niyozmatova, N. A., Mamatov, N., Samijonov, A., Mamadalieva, N., & Abdullayeva, B. M. (2020). Unconditional discrete optimization of linear-fractional function “-1”-order. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 862(4), 042028. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/862/4/042028>
 39. Fazilov, S., Mamatov, N., Samijonov, A., & Abdullaev, S. (2020). Reducing the dimensionality of feature space in pattern recognition tasks. Journal of Physics: Conference Series, 1441(1), 012139. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1441/1/012139>
 40. Samijonov, A., Mamatov, N., Niyozmatova, N. A., Yuldoshev, Y., & Asraev, M. (2020). Gradient method for determining non-informative features on the basis of a homogeneous criterion with a positive degree. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 919(4). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/919/4/042011>
 41. Mamatov, N., Samijonov, A., & Yuldashev, Z. (2019). Selection of features based on relationships. Journal of Physics: Conference Series, 1260(10), 102008. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1260/10/102008>
 42. Mamatov, N., Samijonov, A., Yuldashev, Z., & Niyozmatova, N. (2019). Discrete Optimization of Linear Fractional Functionals. 2019 15th International Asian School-Seminar Optimization Problems of Complex Systems, OPCS 2019, 96–99. <https://doi.org/10.1109/OPCS.2019.8880208>