

ТАСВИР КОНТУР ЧИЗИҚЛАРИНИ ИНГИЧКАЛАШТИРИШНИНГ БИДИАГОНАЛ АЛГОРИТМИ

Маматов Нарзулло Солидждонович

“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети,
Рақамли технологиялар ва сунъий интеллект кафедраси мудирини,
т.ф.д., профессор
m_narzullo@mail.ru

Ережепов Кеулимжай Кайматдинович

Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ Нукус филиали, “Ахборот технологиялари” кафедраси ассистенти
e_keulimjay@mail.ru

Нарзуллаев Иномжон Садулла ўғли

Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети таянч докторанти
inomjonnarzullayev01@gmail.com

Жалелова Малика Моятдин қизи

“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” Миллий тадқиқот университети,
Рақамли технологиялар ва сунъий интеллект кафедраси ассистенти
jalelova97@mail.ru

Самижонов Боймирзо Нарзулло ўғли

Сежонг университети, Корея, талаба
bn_samijonov@mail.ru
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10811882>

ARTICLE INFO

Received: 05th March 2024

Accepted: 12th March 2024

Online: 13th March 2024

KEYWORDS

Тасвир, контур, пиксел, таниб олиш, морфологик оператор, филтър, ёрқинлик, тасвир сифати, контраст, бинар тасвир, мезон, дастлабки ишлов.

ABSTRACT

Тасвирларни таниб олиш масаласи улардаги объектларни ажратишини қай даражада амалга оширилганлигига боғлиқ. Объектларни ажратиш эса одатда контур ажратиш алгоритмлари асосида амалга оширилади. Бунда объект контурларини ингичкалаштириш алгоритмларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш долзарб, илмий ва амалий вазифадир. Контур ингичкалаштириш алгоритмлари қайта ишланиши лозим бўлган маълумотлар миқдорини камайтириш ва ишлов бериш тезлигини ошириш имконини беради. Ана шундай алгоритмлардан бири Зҳанг-Суен алгоритми бўлиб, у тасвирлардаги объектлар шакли, боғланишини сақлаш самарадорлиги ва тезкорлиги сабаб контур ингичкалаштириш алгоритмлари орасида машҳурдир. Бироқ, ушбу алгоритм маълум контурларни, айниқса диагональ уланишларга эга



контурларни муваффақиятсиз ҳисобланади. Шунинг учун мазкур ишда Зҳанг-Суен алгоритмини кучли томонларига асосланган такомиллаштирилган бидиагонал алгоритми таклиф этилган ва у Зҳанг-Суен алгоритми чекловларини бартараф этиш ва контур ингичкалаштириш учун янада мукаммал ечимни тақдим этишга мўлжалланган. Шунингдек, ишда таклиф этилган алгоритмни пикселлар мослиги ва вақт мезони бўйича мавжуд алгоритмлар билан таққослаш амалга оширилган. Тажрибавий тадқиқотлар натижасида, бидиагонал алгоритм Зҳанг-Суен алгоритмига нисбатан ҳам аниқлик, ҳам тезкорлиги бўйича устун эканлиги аниқланган.

Кириш

Контурларни ингичкалаштириш тасвир объектларининг асосий топологияси ва шакли ҳақида маълумотларни содда шаклда сақлаш имконини беради. Бундан ташқари, у турли тасвирларни таниб олиш ҳамда таҳлил қилишда тасвирларга дастлабки ишлов бериш босқичини ўта муҳим қисми ҳисобланади. Тасвирларда контур ингичкалаштириш усулларини мақсади- асл тасвир муҳим хусусиятларини сақлаб қолган ҳолда контур чизиқлар кенглигини бир пиксел кенглигигача камайтиришдан иборат. Рақамли тасвирлар билан ишловчи кўплаб тизимларда таниб олиш алгоритмларини янада интуитив лойиҳалаш ва таҳлил қилишни соддалаштириш мақсадида контур ингичкалаштириш усуллари қўлланилади [1]. Шунингдек, ингичка контурлар объектни ифодалаш ва таниб олишда муҳим шакл тавсифловчилар ҳисобланади ва улардан 2D тасвирлардан 3D моделларни шакллантириш, тасвирларни таҳлил қилиш ва таниб олиш кабиларда фойдаланиш мумкин.

Тасвирларни таниб олишнинг кўплаб тизимларида дастлабки ишлов беришни асосий босқичи сифатида контур ингичкалаштириш келтирилган. Шахсни биометрик идентификациялаш, хусусан, бармоқ изи орқали шахсни таниб олиш [2] иловаларида экстракция жараёни одатда ингичкалаштириш жараёнидан кейин амалга оширилади [3]. Контурларни ингичкалаштириш шунингдек, меъморий чизмалар ва хариталар, техник чизмалар ва электр схемалар каби растр чизмаларини векторлаштириш, тасвирдаги объект белгиларини шакллантириш кабиларда ишлов бериладиган маълумотлар миқдорини камайтиришда муҳим аҳамиятга эгадир.

Ҳозирги кунда контур ингичкалаштиришнинг кўплаб усуллари таклиф этилган бўлиб, уларни итератив ва ноитератив усуллар сифатида икки гуруҳга ажратиш мумкин [4]. Биринчи гуруҳдаги усуллар чегара эрозияси жараёнидан фойдаланган ҳолда асл тасвирни итератив ингичкалаштиришга асосланади ва ушбу жараёнда бир пиксел кенглигидаги чизиқлар кетма-кетлигини шакллантириш учун қалин контурларни ташкил этишда қатнашган пикселлар ўчирилади. Иккинчи гуруҳ усуллари объект контур чизиқларини ингичкалаштириш учун масофаларни ҳисоблашдан фойдаланади.



Шунинг учун бу турдаги усуллар тасвирга ишлов беришда кам вақт сарфлайди. Бироқ, ингичкалаштириш сифати паст бўлади. Умуман олганда, контур ингичкалаштиришни самарали алгоритми қуйидаги талабларни қаноатлантириши зарур:

- контур чизиғи узлуксизлигини таъминлаш;
- бир пиксел кенглигида контур шаклантириш;
- шовқинга бардош бериш;
- тасвирга ишлов бериш учун зарур бўлган вақтни қисқартириш.

Юқорида келтирилган талабларни қаноатлантириш учун кўплаб тадқиқотчилар ўзларининг контур ингичкалаштириш алгоритмларини таклиф этишган. Масалан, морфологик [5,6] ва Зҳанг-Суен [7,8] алгоритмлари ҳозирги кунда контур ингичкалаштиришда кенг қўлланилади. Бироқ, ушбу алгоритмларни ўзига хос ютуқ ва камчиликлари мавжуд ва улар юқорида санаб ўтилган самарали алгоритм талабларига тўлиқ жавоб бермайди. Шунинг учун мазкур ишда контур чизиғи узлуксизлигини таъминловчи ва шовқинга бардош ҳамда тезкор алгоритмни ишлаб чиқиш вазифа этиб белгиланган.

Методлар

Морфологик операторларга асосланган алгоритм. Контур ингичкалаштиришда қуйидаги асосий морфологик операторлар қўлланилади:

Дилатация. Фараз қилайлик, A - берилган тасвир, B - тузилиш элементи сифатида Z^2 га тегишли тўпламлар бўлсин. A тўпламининг B тўплам билан кенгайиши $A \oplus B$ билан белгиланади ва қуйидагича аниқланади:

$$A \oplus B = \{a + b : a \in A, b \in B\} = \bigcup_{b \in B} A_b \quad (1)$$

Эрозия қуйидагича аниқланади:

$$A \ominus B = \{a : B_a \subseteq A\} = \bigcap_{b \in B} A_b \quad (2)$$

бунда эрозия тўпламлар кесишмасини ва дилатация уларни бирлашмасини билдиради.

Очиш қуйидагича аниқланади:

$$A_B = (A \ominus B) \oplus B = A \circ B \quad (3)$$

Очиш тасвирдаги объект контурларини силлиқлашга ҳаракат қилади.

Ёпиш қуйидагича аниқланади:

$$A^B = (A \oplus B) \ominus B = A \bullet B \quad (4)$$

Ёпиш ҳам контур чизиқларини силлиқлашга ҳаракат қилади, бироқ очишдан фарқли ҳолда одатда у кичик тешикларни йўқ қилади ва контурдаги бўшлиқларни тўлдиради.

Зҳанг-Суен алгоритми. Бу итератив параллел ингичкалаштириш алгоритми бўлиб, 1-жадвалда кўрсатилгандек, ўчириш учун текширилаётган P_1 пиксел атрофидаги қўшниларни ифодаловчи 3×3 матрицадан фойдаланади. Зҳанг-Суен алгоритмини тавсифлашда, олдинги пикселлар оқ, фон пикселлари эса қора рангга эга деб таҳмин қилинади. Бинар тасвирдаги ҳар бир оқ пиксел учун унинг саккизта боғланган қўшниси

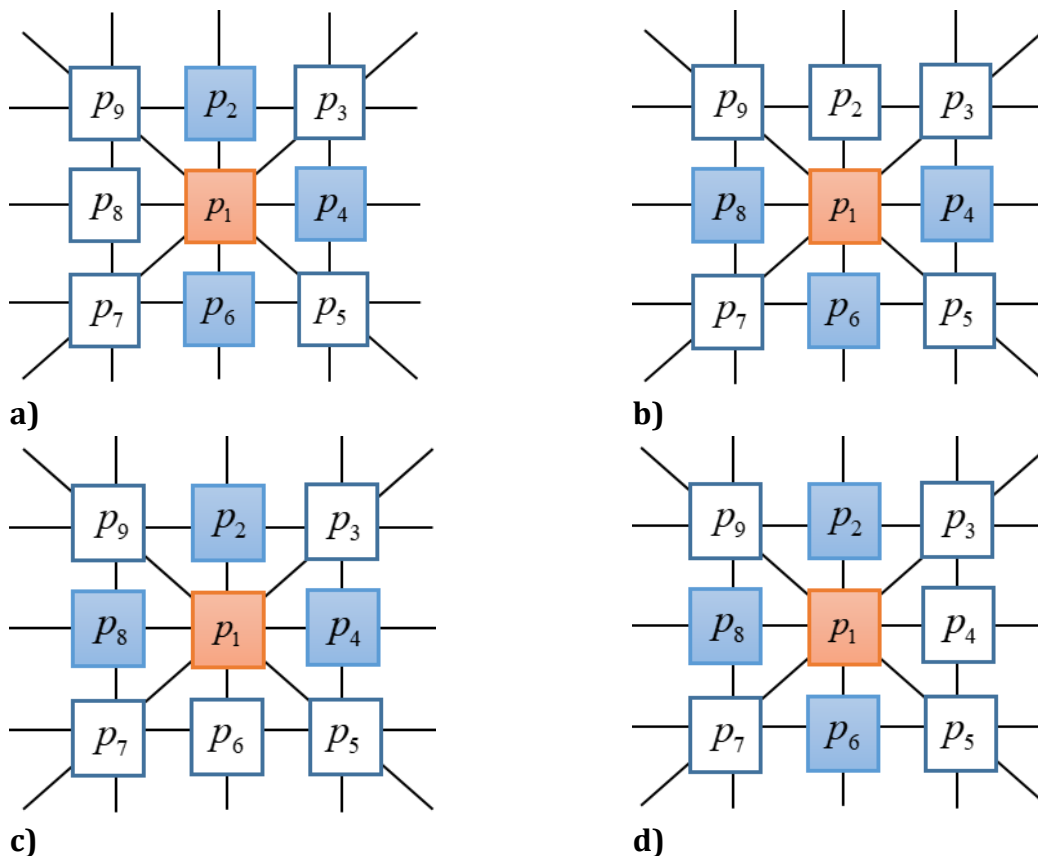
таҳлил қилинади ва қўшни пикселлар $p_i, (i = \overline{1,9})$ ўзгарувчилар билан белгиланади (1-расм).

p_9 $(i-1, j-1)$	p_2 $(i-1, j)$	p_3 $(i-1, j+1)$
p_8 $(i, j-1)$	p_1 (i, j)	p_4 $(i, j+1)$
p_7 $(i+1, j-1)$	p_6 $(i+1, j)$	p_5 $(i+1, j+1)$

1-расм. 3x3 ойнада пикселлар жойлашиши

Зханг-Суен алгоритми ҳар бир ўтишда ўчирилиши зарур бўлган пикселларни аниқлаш учун иккита субитерация алгоритмини қўллаш орқали итератив ишлайди [9]. Биринчи субитерация алгоритми жанубий-шарқий чекка пикселларни ва шимоли-ғарбий бурчак пикселларини текширади, иккинчи субитерация алгоритм эса шимоли-ғарбий чекка пикселлар ва жанубий-шарқий бурчак пикселларни текширади. Ўтишлар қуйида тавсифланган шартларга жавоб берадиган оқ пикселлар мавжуд бўлганда амалга оширилади.

Зханг-Суен алгоритми p_1 пикселни ўчириш учун саккизта қўшнисидан фақат учтасини текширади (2-расм).



2-расм. Зҳанг-Суен алгоритмида текширилувчи ҳолатлар а) $P_2P_4P_6$, б) $P_4P_6P_8$, в) $P_2P_4P_8$, д) $P_2P_6P_8$

Бидиагонал алгоритм. Зҳанг-Суен алгоритмини бинар тасвирларда бир пикселли контур чизиқларини самарали шакллантира олмаслиги [7,8] ишларда таъкидлаб ўтилган. [6] ишда эса морфологик операторларга асосланган алгоритмларни вақт бўйича тезкорлиги, бироқ уларни натижалари тасвирларга дастлабки ишлов бериш босқич натижаларига ўта боғлиқ эканлиги келтириб ўтилган. Контур ингичкалаштириш алгоритмларидан қайта фойдаланиш уларини бутунлай йўқолишига олиб келади [10]. Зҳанг-Суен алгоритми тасвирлардаги маълум контурларни, айниқса диагонал уланишларга эга контурларни ингичкалаштиришда муваффақиятсиз ҳисобланади. Шунинг учун мазкур ишда Зҳанг-Суен алгоритмига асосланиб такомиллаштирилган бидиагонал алгоритми ишлаб чиқилган бўлиб, у Зҳанг-Суен алгоритмидаги мавжуд чекловларини бартараф этиш ва контур ингичкалаштиришни янада яхшироқ амалга ошириш имконини беради.

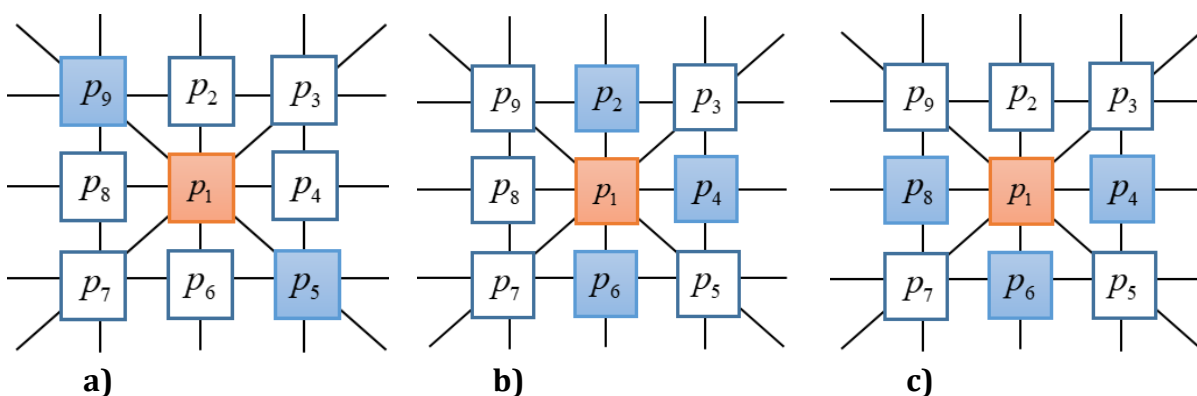
Бидиагонал алгоритми анъанавий Зҳанг-Суен алгоритмини текшириш шартларига биринчи субитерацияда бош диагонал ва иккинчи субитерацияда ёрдамчи диагонал пикселларини текширишни ҳам ўз ичига олганлиги учун у ишда “Бидиагонал” алгоритм деб номланган.

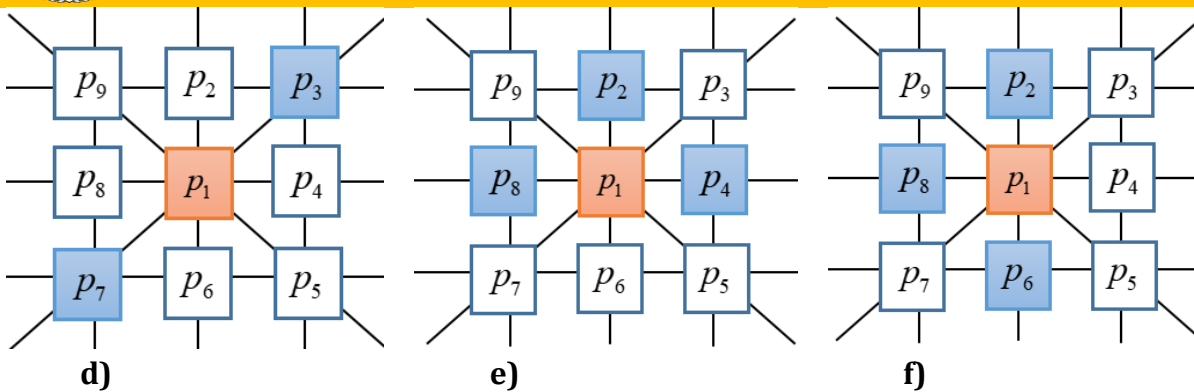
Алгоритмнинг 1-субитерацияси қуйидаги қадамлардан иборат:

а) $2 \leq B(p_1) \leq 6$; б) $A(p_1) = 1$; в) $p_9 \vee p_5 = 0$; д) $p_2 \vee p_4 \vee p_6 = 0$; е) $p_4 \vee p_6 \vee p_8 = 0$

Алгоритмнинг 2-субитерацияси қуйидаги қадамлардан иборат:

а) $2 \leq B(p_1) \leq 6$; б) $A(p_1) = 1$; в) $p_3 \vee p_7 = 0$; д) $p_2 \vee p_4 \vee p_8 = 0$; е) $p_2 \vee p_6 \vee p_8 = 0$





3-расм. Бидиагонал алгоритмида текширилувчи ҳолатлар а) p_9p_5 , б) $p_2p_4p_6$, в) $p_4p_6p_8$, д) p_3p_7 е) $p_2p_4p_8$, ф) $p_2p_6p_8$

Методология

Тасвирларда контур ингичкалаштириш учун қуйидаги босқичларни бажарилиши талаб этилади:

1-босқич. Берилган тасвир контрастни ошириш амалга оширилади. Бунда [11-16] ишларда келтирилган алгоритмлардан фойдаланиш тавсия этилади.

2-босқич. Тасвир сифатини ошириш ва контурлар узлуксизлигини таъминлаш амалга оширилади. Бунда [17-21] ишларда келтирилган шовқин пасайтириш ёндашувлардан фойдаланиш тавсия этилади.

3-босқич.1, 2 босқичлардан чиқувчи тасвир контурларини ажратиш амалга оширилади. Бунда [22-26] ишларда келтирилган алгоритмлардан фойдаланиш тавсия этилади.

4-босқич. Шакланган бинар тасвирда қалин контур чизиқларини ингичкалаштириш амалга оширилади. Бунда морфологик, Зҳанг-Суен, ярим атрофли учбурчак ва бидиагонал алгоритмлардан фойдаланиш тавсия этилади.

Юқорида санаб ўтилган контур ингичкалаштириш алгоритмларидан олинган натижаларини субъектив баҳолаш ўта мураккаб бўлиб, уларни баҳолашда объектив усуллардан фойдаланиш мақсадга мувофиқдир. Масалан, мазкур ишда пикселли таққослаш мезонидан фойдаланилган:

$$\omega = \frac{|C \cap T|}{|C|} \times 100\% \tag{5}$$

бунда, $|C|$ – контурлари эксперт томонидан шакллантирилган тасвир пикселлар сони, $|C \cap T|$ – контурлари эксперт томонидан шакллантирилган тасвир ва контур ингичкалаштириш алгоритмини қўллаш орқали олинган тасвирлар кесишмаси пикселлар сони.

Ҳисоблаш тажрибаси ва натижалар

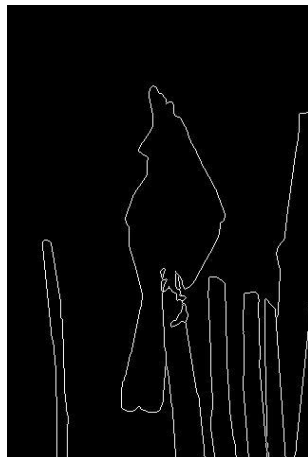
Тажрибавий тадқиқотларни ўтказишда эксперт томонидан контурлари ажратиб олинган тасвирларга эга бўлган BSDS500 базасидаги 78 та тасвир намуна учун олинган. Контур ингичкалаштириш тасвирларга дастлабки ишлов бериш босқичи натижаларига боғлиқ бўлгани учун тасвирларга контраст ошириш ва шовқин пасайтириш

алгоритмлари қўлланилган. Сўнгра объект контурларини батафсил ажратишда объект ташқи чегара чизиқларларини яхши ажратувчи ва машҳур ҳисобланган Собел филътридан [27] фойдаланилган. Шакллантирилган қалин чизиқли контур тасвирга контур ингичкалаштиришнинг Зҳанг-Суен, морфологик операторга асосланган ва бидиагонал алгоритмлари қўлланилган (4-расм).

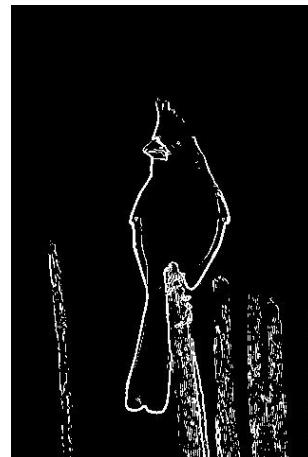
А)



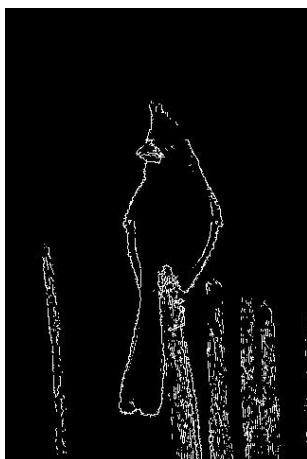
Оринал тасвир



Контурни эксперт
томонидан ажратилган
тасвир



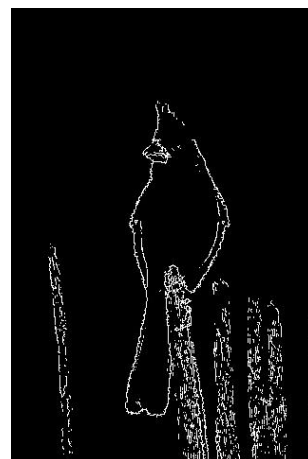
Собел филътри натижаси



Зҳанг-Суен алгоритми
натижаси

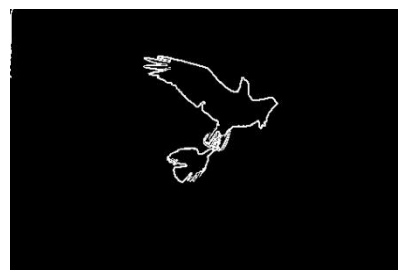
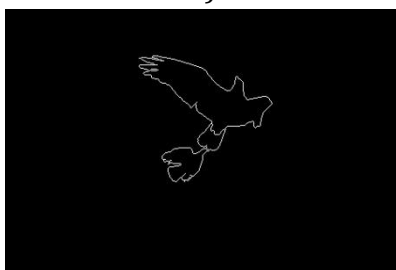


Морфологик операторга
асосланган алгоритм
натижаси

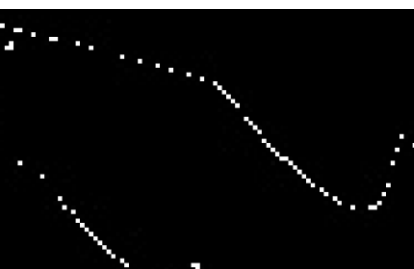
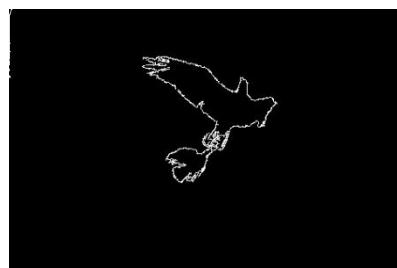
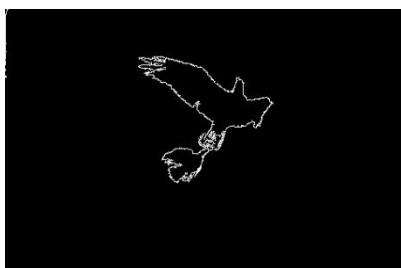


Бидиагонал алгоритм
натижаси

С)



Оригинал тасвир Контури эксперт
томонидан ажратилган Собел фильтри натижаси
тасвир



Зҳанг-Суен алгоритми
натижаси

Морфологик операторга
асосланган алгоритм
натижаси

Бидиагонал алгоритм
натижаси

4-расм. Контур ингичкалаштириш алгоритмлари қўллашдан олинган намуна тасвирлар

Юқорида келтирилган контур ингичкалаштириш алгоритмларини ўзаро таққослашда (5) мезондан фойдаланилган бўлиб, ушбу мезон ва вақт бўйича баҳолаш натижалари қуйидаги жадвалда келтирилган.

1-жадвал

(5) формула ва вақт бўйича контур ингичкалаштириш алгоритмлари натижалари

Алгоритм	Пикселли таққослаш (ўртача)	Вақт бўйича (ўртача-секунд)
Морфологик оператор	21.89%	0.24
Зҳанг-Суен	66.49%	3.31
Бидиагонал	68.01%	2.12

1-жадвал антижаларидан морфологик операторга асосланган алгоритм вақт бўйича тезкор бўлсада, аниқликка нисбатан ўта паст натижани таъминлади. Таклиф этилган бидиагонал алгоритм эса Зҳанг-Суен алгоритмига нисбатан ҳам аниқлик ҳам вақт бўйича самарали эканлигини кўрсатди.

Хулоса



Мазкур тадқиқот иши тасвир шакллантириш жараёнидаги муҳим қадамлардан бири ҳисобланган контурларни ингичкалаштириш масаласини тадқиқ қилишга бағишланган бўлиб, унда Собель фильтри ёрдамида контурлари ажратилган тасвир учун контур ингичкалаштиришни морфологик операторга асосланган ва Зҳанг-Суен алгоритмлари таҳлил қилинди. Контур ингичкалаштириш алгоритмларидан Зҳанг-Суен алгоритми кенг қўлланилганлиги маълум бўлди. Ушбу алгоритм горизонтал ва вертикал пиксел қўшниларини инобатга олган ҳолда, керакли ингичка натижага эришиш учун пикселларни итератив олиб ташлайди. Бироқ, бу жараённи янада яхшилаш учун мазкур ишда диагональ пикселларни ҳам қўшиб текшириш таклиф этилди. Анъанавий Зҳанг-Суен алгоритмининг текшириш шартларига диагональ пикселларни текширишни ҳам ўз ичига олган “бидиагональ” деб номланувчи янги такомиллаштирилган алгоритм таклиф этилди. Ўтказилган ҳисоблаш тажрибаларидан маълум бўлдики, таклиф этилган алгоритм тасвир контурлари структуравий яхлитлигини сақлаб қолиш нуқтаи назаридан контур ингичкалаштиришнинг мавжуд алгоритмларидан устундир.

Таклиф этилган алгоритмни амалга ошириш нисбатан содда ва турли хил тасвирларга ишлов бериш тизимларида қўллаш мумкин. Мазкур тадқиқот контурларни ингичкалаштириш алгоритмлари самарадорлигини ошириш бўйича қилинаётган ишларга маълум даражада ҳисса қўшади ва тасвирларга ишлов бериш муаммоларини бартараф этишда гибрид ёндашувлар имкониятларини намоён этади.

References:

1. Bushenko D.A., Sadykhov R.Kh. Segmentation of Extensive Objects on Low-Contrast Images, Proceedings of ICNNAI 2008. Minsk, 2008.
2. Kocharyan, D. A Modified fingerprint image thinning algorithm / D. Kocharyan // American Journal of Software Engineering and Applications.– 2013.– Vol. 2(1).– P. 1–6.
3. Гудков Владимир Юльевич, Ключев Даниил Александрович Скелетизация бинарных изображений и выделение особых точек для распознавания отпечатков пальцев // Вестник ЮУрГУ. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2015. №3.
4. Ма Ц., Цветков В. Ю., Конопелько В. К. Двухшаговая скелетизация бинарных изображений на основе модели занга-суена и порождающей маски // Системный анализ и прикладная информатика. 2021. №1.
5. Тузиков А.В., Шейнин С.А., Жук Д.В. Математическая морфология, моменты, стереообработка. Минск, 2006.
6. Prakash R P, K. S. Prakash and Binu V P, "Thinning algorithm using hypergraph based morphological operators," 2015 IEEE International Advance Computing Conference (IACC), Banglore, India, 2015, pp. 1026-1029, doi: 10.1109/IADCC.2015.7154860.
7. Boudaoud L.B. A new thinning algorithm for binary images / A. Siderю., A. Tari. – 2015. – С.1-6
8. Gramblička, Matúš & Vasky, Jozef. (2016). Comparison of thinning algorithms for vectorization of engineering drawings. 94. 265-275.



9. Ляшева Стелла Альбертовна, Шлеймович Михаил Петрович. Метод последовательного уточнения границ на изображениях дорожной обстановки // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2020. №4 (52).
10. Lladós, J., Rusinol, M. Handbook of Document Image Processing and Recognition. SpringerVerlag London. Editors: Doermann, D., Tombre, K. kapitola Graphics Recognition Techniques. Pages 489-521. 2014. ISBN 978-0-85729-858-4. DOI 10.1007/978-0-85729-859-1.
11. Mamatov, N. S., Niyozmatova, N. A., Jalelova, M. M., Samijonov, A. N., & Tojiboyeva, S. X. (2023). Methods for improving contrast of agricultural images. In E3S Web of Conferences (Vol. 401, p. 04020). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340104020>
12. Mamatov, N. S., Pulatov, G. G., & Jalelova, M. M. (2023). Image contrast enhancement method and contrast evaluation criteria optimal pair. Digital Transformation and Artificial Intelligence, 1(2). <https://dtai.tsue.uz/index.php/dtai/article/view/v1i225/v1i225>
13. Маматов, Н., Султанов, П., Юлдашев, Ю., & Жалелова, М. (2023). Методы повышения контрастности изображений при мультиспиральной компьютерной томографии. Евразийский журнал академических исследований, 3(9), 125-132.
14. Mamatov, N., & Jalelova, M. (2023). TАСВИР КОНТРАСТИНИ ОШИРИШ УСУЛИ ВА КОНТРАСТ БАҲОЛАШ МЕЗОН ОПТИМАЛ ЖУФТЛИГИ. DIGITAL TRANSFORMATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 1(2), 158-167.
15. Маматов, Н., & Джалелова, М. (2023). Tasvir kontrastini etalonsiz baholash. Информатика и инженерные технологии, 1(2), 115-117.
16. Mamatov, N., Sultanov, P., & Jalelova, M. (2023). Analysis of imaging equipments of human internal organs. Scientific Collection «InterConf+», (38 (175)), 291-299. <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.10.2023.026>
17. Маматов, Н., Султанов, П., Жалелова, М., & Тожибоева, Ш. (2023). Критерии оценки качества медицинских изображений, полученных на мультиспиральном компьютерном томографе. Евразийский журнал медицинских и естественных наук, 3(9), 66-77.
18. Маматов, Н., Рахмонов, Э., Самижонов, А., Жалелова, М., & Самижонов, Б. (2023). TАСВИРДАГИ МИКРОСКОПИК ОБЪЕКТЛАРНИ ТАНИБ ОЛИШ АЛГОРИТМЛАРИ. Евразийский журнал математической теории и компьютерных наук, 3(11), 7-13.
19. Mamatov, N. S., Jalelova, M. M., Samijonov, A. N., & Samijonov, B. N. (2024, February). Algorithm for improving the quality of mixed noisy images. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2697, No. 1, p. 012013). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2697/1/012013>
20. Mamatov, N., Sultanov, P., Jalelova, M., & Samijonov, A. (2023). 2D image processing algorithms for kidney transplantation. Scientific Collection «InterConf», (184), 468-474.
21. Маматов, Н., & Джалелова, М. (2023). Tasvir shovqinlari tahlili. Информатика и инженерные технологии, 1(2), 113-115.
22. Solidjonovich, M. N., Qizi, J. M. M., Qizi, T. S. X., & O'G'Li, S. B. N. (2023). SUN'IY YO'LDOSHDAN OLINGAN TASVIRDAGI DALA MAYDONI CHEGARALARINI ANIQLASH USULLARI. Al-Farg'oniy avlodlari, 1(4), 177-181.



23. Mamatov, N., Jalelova, M., & Samijonov, B. (2024). Tasvir obyektlarini segmentatsiyalashning mintaqaga asoslangan usullari. *Modern Science and Research*, 3(1), 1-4. <https://inlibrary.uz/index.php/science-research/article/view/28241>
24. Mamatov, N., Jalelova, M., Samijonov, B., & Samijonov, A. (2024). Algorithms for contour detection in agricultural images. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 486, p. 03017). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448603017>
25. Mamatov, N., Jalelova, M., Samijonov, B., & Samijonov, A. (2024). Algorithm for extracting contours of agricultural crops images. In *ITM Web of Conferences* (Vol. 59, p. 03015). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20245903015>
26. Mamatov N. S., Niyozmatova N. A., Raxmonov E. D., Jalelova M. M., Samijonov B. N. Tibbiy-biologik tasvirlardagi mikroobyektlar chegaralarini ajratish algoritmlari // *Innovative Development in Educational Activities*. E-ISSN: 2181-3523. -Volume 2. -Issue 23.-Uzbekistan, 2023. -B. 408-422.
27. O.R. Vincent & O. Folorunso. (2009). A Descriptive Algorithm for Sobel Image Edge Detection. doi: 10.28945/3351.