

УДК 004.93

# НОРАВШАН ТЎПЛАМ НАЗАРИЯСИДАН Фойдаланиб тасвирдаги контур чизиқларини ажратиш

**Салиев Э.А.**

ф.-м.ф.н., Жиззах политехника институти ректори,  
тел.: +(99871) 262-72-47, e-mail: saliyev\_ergash@mail.ru

**Мирзаева Г.Р.**

кичик илмий ходим, Тошкент ахборот технологиялари университети хузуридаги Дастурий маҳсулотлар ва  
аппарат-дастурий мажмуалар яратиш маркази,  
тел.: +(99871) 262-79-11, e-mail: gmirzaeva@mail.ru

Ушбу мақолада тасвирдаги объектларнинг контур чизиқларини ажратиш масаласи қаралган. Уни ҳал қилиш учун масаланинг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда норавшан тўплам назариясига таянган ёндашув таклиф қилинган. Бу ёндашув асосида маълум турдаги ҳалақитлар учун турғун бўлган алгоритмлар синфи ишлаб чиқилган. Таклиф қилинган алгоритмларнинг асосий гоёси норавшан “орттирма”, “катта”, “кичик” каби тушунчалардан фойдаланган ҳолда контур чизиқларини аниқлашдан иборат. Қаралаётган нукта учун ихтиёрий йўналиш бўйлаб норавшан орттирмани ҳисоблаш қондаси тавсифланган. Таклиф қилинган алгоритмлар асосида дастурий мажмуа яратилган ва унинг ишга яроқли эканлигини текшириш бўйича тажриба тадқиқоти ўтказилган. Қўлда ёзилган босма ҳарфларни таниб олиш масаласини ечишда ушбу алгоритмларнинг самарадорлиги намойиш этилган.

**Калит сўзлар:** контурларни ажратиш, норавшан орттирма, катта орттирма, кичик орттирма, тегишлилик функцияси, норавшан орттирманинг “мусбат” ва “манфий” қийматлари.

## ВЫДЕЛЕНИЕ КОНТУРНЫХ ЛИНИЙ НА ИЗОБРАЖЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ НЕЧЕТКОГО МНОЖЕСТВА

Салиев Э.А., Мирзаева Г.Р.

Рассматривается задача выделения контуров изображения объектов. Для решения этой задачи, с учетом специфических особенностей, предлагается подход, основанный на теории нечетких множеств. На базе предложенного подхода разработан класс алгоритмов, являющийся устойчивым к определенным типам помех. Основная идея предложенных алгоритмов заключается в использовании таких нечетких понятий, как «приращение», «малый», «большой» при выделении контуров. Описаны правила вычисления нечетких приращений для рассматриваемого пикселя по произвольному направлению. Проведены экспериментальные исследования по оценке работоспособности предложенных алгоритмов и показана их эффективность при решении задачи распознавания печатных шрифтов, написанных разными людьми.

**Ключевые слова:** выделение контуров, нечеткое, большое и малое приращения, функция принадлежности, «положительные» и «отрицательные» значения нечетких приращений.

## EXTRACTION OF THE EDGES OF THE OBJECT IN THE IMAGE USING FUZZY SETS' APPARATUS

Saliev E.A., Mirzaeva G.R.

The problem of edge extraction is considered in this article. The approach on the base of fuzzy sets is proposed. The class of algorithms that is stable to certain types of interferences is developed on the base of the proposed approach. The main idea of the proposed algorithms is using the fuzzy concepts like “small”, “big”. The rules for calculating the fuzzy increments for the considered pixel in an arbitrary direction are described. An experimental study was conducted to assess the performance of the proposed algorithms and their effectiveness on recognizing printed fonts, written by different people was shown.

**Keywords:** edge extraction, small increments, fuzzy increments, membership function, values of fuzzy increments, “negative” and “positive” values of increments.

## 1. Кириш

Тасвирдаги у ёки бу объектнинг чегарасини ажратишга доир масалалар хилма-хил бўлиб, уларнинг ҳар бири ўзига хос хусусиятга эга. Шу сабабли тасвирларга ишлов бериш асосида ундаги объектлар чегараларини характерловчи контур чизиқларни ажратишга мўлжалланган ягона алгоритмдан муваффақиятли фойдаланишнинг имконияти йўқ.

Ҳозирги пайтда объектнинг контур чизиқларини ажратишга мўлжалланган бир неча алгоритмлар ишлаб чиқарилган [1-3]. У ёки бу алгоритмдан фойдаланиш берилган тасвирни ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда унга ишлов бериш тезлиги ва талаб қилинган даражадаги сифатга эришиш нуктаи назардан аниқланади.

Маълумки [2, 4], реал тасвирлар тўпламининг катта бир қисмида тасвирланган объектлар табиий бўлиб, турли сабабларга (масалан, атроф-муҳитнинг ёритилишига ёки суратга олишнинг бошқа шароитига) кўра уларни ажратиш турувчи аниқ чегарага эга эмас. Шунинг учун турли хил тасвирдаги объектларнинг контур чизиқларини ажратишга мўлжалланган алгоритмларни ишлаб чиқиш ва уларни такомиллаштириш билан боғлиқ бўлган масалалар тасвирларга ишлов бериш технологиясининг энг долзарб масалалари синфига киради.

Ушбу мақоланинг асосий мақсади норавшан тўплам асосларига таянган ҳолда турли тасвирлардаги объектлар чегарасини кўрсатувчи (ажратувчи) контур чизиқларни кидириш алгоритмини ишлаб чиқишдан иборат.

Бу мақсадга эришиш учун кўйидаги масалаларни ҳал қилиш зарур:

- мақола мавзуси бўйича охириги йилларда чоп этилган илмий ишларни таҳлил қилиш;
- норавшан тўпламлар назариясига таянган ҳолда контур чизиқларини ажратиш алгоритмлари синфини ишлаб чиқиш;
- ишлаб чиқилган алгоритмларини ишга яроқли эканлигини баҳолаш учун экспериментал тадқиқот ўтказиш.

Ушбу мақоланинг объекти сифатида тасвирнинг контур чизиқларини ажратиш алгоритмлари қаралган. Тадқиқот предмети – норавшан тўпламлар назариясига таянган контур чизиқларини ажратиш алгоритмлари.

Таклиф қилинган алгоритмларнинг асосий ғояси норавшан “ортгирма” “катта”, “кичик” каби тушунчаларга таянган ҳолда тасвирни ҳар бир элементи атрофини таҳлил қилиш асосида норавшан кичик ва норавшан катта орттормаларни аниқлашдан иборат. Бунда норавшан катта орттормаларга тасвирдаги объектларнинг чегаравий (контур) чизиқлари мос келади, кичик орттормаларга эса – тасвирдаги шовкин (ёки уни сифатини бузувчи) пикселлар тўплами мос келади.

## 2. Муаммо ва мавжуд ечимлар таҳлили

Рақамли тасвир кўринишида берилган объектларни таниб олиш тизимлари учун жуда фойдали бўлган ахборот тасвирнинг контур чизиқлари ҳақидаги маълумотдан иборат [5-8]. Ҳозирги пайтда рақамли тасвирдаги контур чизиқларини ажратиш масаласини ечиш учун асосан уч усулдан, яъни градиент, лаплас ва статистик усуллардан кенг фойдаланилади [1-3].

Градиент усулининг асосий ғояси биринчи тартибли дискрет дифференциаллардаги энг катта (кескин) ўзгаришларни, яъни градиент векторлари модулларининг максимумларини, кидириш асосида контур чизиқларини ажратишдан иборат.

Лаплас усулининг асосий ғояси барча йўналишлар бўйича олинган иккинчи тартибли дискрет ҳосилаларни қўшиш (яъни лапласиан) асосида контур чизиқларини ажратишдан иборат. Бу усул кам вақт талаб этади, аммо контурларни ажратиш олиш аниқлиги бошқа усулларга нисбатан паст. Шунинг учун контур чизиқларини ажратиш билан боғлиқ амалий масалаларни ҳал қилишда мазкур усуллардан кам фойдаланилади.

Статистик усулнинг асосий ғояси таҳлил қилинаётган пиксел атрофидаги пикселлар ёрқинликларининг ўртача квадратик оғишини ҳисоблаш асосида контур чизиқларини ажратишдан иборат.

Бу усул катта ҳисоблаш ресурсларини талаб қилади. Шу сабабли контур чизиқларини ажратиш билан боғлиқ амалий масалаларни ҳал қилишда ундан деярли фойдаланилмайди.

Градиент усули Лаплас усулига қараганда кўп ресурс талаб қилса ҳам контур ажратиш билан боғлиқ амалий масалаларни ҳал қилишда кўп ишлатилади. Тасвир градиентини ҳисоблаш учун энг оптимал оператор Г. Шарр оператори бўлиб, у тўлиқ айланма симметрияга эга [9]. Кўриб чиқилган усулларнинг асосий камчилиги тасвирдаги кичик ҳалақитларга ҳам турғун эмаслигидир.

Шундай қилиб, мавжуд илмий адабиётларни, жумладан [1-8] манбааларни, таҳлил қилиш натижасида кўйидаги хулосага келиш мумкин. Биринчидан, ҳозирги пайтда ишлаб чиқилган контур чизиқларини ажратиш усуллари ва алгоритмлари, асосан, идеал тасвирдаги объектларнинг чегара чизиқларини ажратишга мўлжалланган. Иккинчидан, тасвир кўринишида берилган объектларни таниб олиш тизимлари реал тасвирлар билан ишлайди ва уларда тасвирланган объектлар табиий бўлиб, турли сабабларга кўра уларни аниқ чегараси тасвирда бузилиб кетади. Бундай ҳолларда турли усуллардан фойдаланиб ўртача контур тасвирини ҳосил қилиш мумкин. Юқори сифатли контур тасвирини ҳосил қилиш учун эса ҳар бир алгоритмдан олинган натижа нормаллаштирувчи коэффицент билан кўпайтирилгандан сўнг уларнинг йиғиндисини ҳисоблаш таклиф этилади. Аммо бу каби ёндашувлардан, жуда катта ҳисоблаш ресурсларини талаб қилганлиги сабабли, фақат илмий-тадқиқот ишларида фойдаланиш мумкин. Юқорида айтилгандан келиб чиқадики, тасвирдаги объектни

чегараловчи контур чизиқларини ажратиш масаласи етарлича тўлиқ ўрганилмаган. Шу сабабли мазкур масалани ҳал қилишга мўлжалланган усуллар ва алгоритмларни ишлаб чиқиш, ҳамда мавжуд усулларни такомиллаштиришга қаратилган илмий тадқиқот ишларини амалга ошириш зарурати мавжуд.

### 3. Масаланинг қўйилиши

Контур чизиқларини ажратиш масаласи қўшни элементлар устида бажариладиган операциялардан фойдаланишни талаб қилади. Бу операциялар тасвирдаги қўшни элементларнинг ёрқинлик даражаси ўзгаришига таъсирчан бўлиб, ундаги ўзгармас ёрқинликка эга бўлган соҳаларни йўқ қилади. Математик тил билан айтганда, идеал контур чизиқлари жойлашган соҳада, яъни объектнинг чегара чизиқларида, тасвирнинг ёрқинлик даражасини кўрсатувчи  $I(x_1, x_2)$  ( $x_1, x_2 \in N$ ,  $N$  – натурал сонлар тўплами) функциянинг қийматлари бир бирдан кескин фарқ қилади.

Фараз қилайлик, берилган бошланғич кулранг тасвир  $W \times H$  пикселдан иборат бўлсин. Агар  $I(x_1, x_2)$  ёрқинлик функциясининг  $x_1 = i$ ,  $x_2 = j$  нуқтадаги қиймати  $x_{ij}$  ( $x_{ij} = I(i, j)$ ,  $1 \leq i \leq W, 1 \leq j \leq H$ ) бўлса,  $u$  ҳолда мазкур тасвир қўйидаги  $W \times H$  ўлчовли  $X$  матрица билан ифодаланиши мумкин:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1W} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{iW} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{H1} & \dots & x_{Hj} & \dots & x_{HW} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Фараз қилайлик (1) тасвирнинг ҳар бир  $W_0 \times H_0$  ( $W_0 \ll W, H_0 \ll H$ ) қисми (фрагменти) учун катта орттирмага эга бўлган пикселлардан иборат  $E$  тўплами берилган бўлсин.  $U$  ҳолда асосий масала  $E$  тўпланинг элементларини таҳлил қилишга таянган ҳолда тасвирдаги контур чизиқларини ажратишга мўлжалланган  $A$  алгоритми куришдан иборат. Маълумки, агар объектнинг чегараси таҳлил қилинаётган  $(x_1, x_2)$  пикселдан ўтган бўлса,  $u$  ҳолда чегарага перпендикуляр йўналишда бўлган қўшни нуқталарнинг орттирмаси ҳам катта бўлади. Юқорида қайд этилганидек, бу фақат идеал контурлар учун бажарилади. Шу сабабли уни реал тасвирларга татбиқ қилиш асосида керакли натижани ҳар доим ҳам олиб бўлмайди. Ушбу вазиятда контур чизиқларини ажратиш алгоритмларини ишлаб чиқишда контур ҳақидаги априор ва субъектив маълумотларни ҳам ҳисобга олиш зарурати пайдо бўлади. Шунинг учун  $A$  алгоритми куриш ўрнига бир неча параметрлардан боғлиқ бўлган  $A(\tilde{\pi})$  алгоритмлар синфини курамыз. Бунинг учун қўйидаги белгилашларни киритамиз:  $I$  – бошланғич тасвир,  $C$  – контур чизиқларидан иборат тасвир,  $\tilde{\pi}$  – контур чизиқларини ажратиш алгоритмларининг вектор параметри.  $U$  ҳолда  $A(\tilde{\pi}, I) = C$  бўлганлиги

сабабли,  $\tilde{\pi}$  – вектор параметрни аниқлаш қўйидаги масалани ечиш асосида ҳал қилинади:

$$\tilde{\pi} = \arg \min |A(\tilde{\pi}, I) - C|. \quad (2)$$

Бу ерда  $C$  ноъмалум тасвир бўлганлиги сабабли  $\tilde{\pi}$  вектор параметрни аниқлаш, контур чизиқларининг норавшан эканлигини ҳисобга олиб, норавшан тўпламлар назарияси тушунчаларига таянган ҳолда амалга ошириш мумкин. Юқорида келтирилган (2) масалани ечиш учун норавшан тўплам назариясидан фойдаланиб таклиф қилинган алгоритмларни таснифлаш мақсадида киритилган тушунчалар ва қоидалар мутахассисларнинг эмпирик билимлари асосида шакллантирилган.

### 4. Масалани ечиш усули

Ушбу мақолада контур чизиқларини ажратиш муаммосининг ўзига хос хусусиятларини, хусусан, тасвирдаги объектларни чегараловчи чизиқларнинг норавшан эканлигини ҳисобга олган ҳолда махсус ёндашув таклиф қилинган. Таклиф қилинган ёндашув асосида тасвирдаги объектнинг чегаравий контур чизиқларини ажратиш учун норавшан тўплам назарияси тушунчалари асосида махсус алгоритмлар синфи ишлаб чиқилди. Унинг асосий ғояси берилган тасвирнинг ҳар бир элементи учун норавшан орттирмаларни ҳисоблаш ва уларни таҳлил қилишдан иборат.

Норавшан тўплам аппаратига таянган ҳолда ишлаб чиқилган контур ажратиш алгоритмлари қўйидаги асосий босқичларни ўз ичига олади.

**1. Асосий элемент атрофини аниқлаш ва унда орттирмаларни шакллантириш.** Ушбу босқич берилган тасвирнинг ҳар бир асосий элементи учун  $W_0 \times H_0$  ўлчамга эга бўлган кўзгалувчан ойна аниқланади. Одатда  $W_0 = 2k_w + 1$ ,  $H_0 = 2k_H + 1$ ,  $k_w, k_H \in N$ ). Бу ойнанинг ўлчами  $k_w$  ва  $k_H$  параметрлар билан аниқланади. Ушбу параметрларнинг қиймати масаланинг моҳиятидан келиб чиққан ҳолда аниқланади. Аммо айрим ҳолларда бу параметрларни берилган тасвирдаги объектларнинг контур чизиқларини визуал таҳлил қилиш асосида ҳам аниқлаш мумкин. Мазкур параметрларнинг қийматлари асосида кўзгалувчан ойна аниқлангандан сўнг, ундаги орттирмалар аниқланади:

$$d(x_1, x_2) = I(x_1 + s_1, x_2 + s_2) - I(x_1, x_2), \quad (3)$$

$$-k_w \leq s_1 \leq k_w, \quad -k_H \leq s_2 \leq k_H, \quad |s_1| + |s_2| \neq 0,$$

бу ерда  $s_1, s_2$  – бутун сонлар.

Фараз қилайлик, масаланинг моҳиятидан келиб чиққан ҳолда  $k_w$  ва  $k_H$  параметрларнинг қиймати бирга тенг (масалан  $k_w = k_H = 1$ ) бўлсин (мақоланинг ҳажми чекланганлиги сабабли, умумийликни йўқотмаган ҳолда, ушбу ва бундан кейинги босқичлардаги асосий мулоҳазалар фақат  $k_w = k_H = 1$  бўлган ҳол учун келтирилган). Бу ҳолда берилган тасвирнинг ҳар бир асосий (марказий)

элементи  $(x_1, x_2)$  учун, (3) формуладан фойдаланиб, саккизта орттирма ҳисобланади:

$$\begin{aligned} d_1(x_1, x_2) &= I(x_1 - 1, x_2 - 1) - I(x_1, x_2); \\ d_2(x_1, x_2) &= I(x_1, x_2 - 1) - I(x_1, x_2); \\ d_3(x_1, x_2) &= I(x_1 + 1, x_2 - 1) - I(x_1, x_2); \\ d_4(x_1, x_2) &= I(x_1 + 1, x_2) - I(x_1, x_2); \\ d_5(x_1, x_2) &= I(x_1 + 1, x_2 + 1) - I(x_1, x_2); \\ d_6(x_1, x_2) &= I(x_1, x_2 + 1) - I(x_1, x_2); \\ d_7(x_1, x_2) &= I(x_1 - 1, x_2 + 1) - I(x_1, x_2); \\ d_8(x_1, x_2) &= I(x_1 - 1, x_2) - I(x_1, x_2). \end{aligned}$$

Уларнинг орасида қайси бири норавшан катта ва қайси бири норавшан кичик орттирма эканликларини аниқлаш учун норавшан орттирмалар тўпламини куриш зарур. Норавшан орттирмалар тўпламини ундаги элементларнинг тегишлилик функцияси билан таснифлаш мумкин.

**2. Норавшан орттирмаларнинг тегишлилик функциясини куриш.** Бу боскичнинг асосий ғояси норавшан силлиқлашни амалга ошириш учун тасвирдаги халақитларни ташкил этувчи тасодифий микдорларга мослашиш параметрини киритишдан иборат. Мазкур параметр инсон фикрини характерловчи сифатга (яъни таснифлаш имкониятига) ва компьютерда ишлов бериш учун микдорий баҳога (яъни ҳақиқий сонлар билан ифодалаш имкониятига) эга бўлиши зарур. Демак, тасвирдаги халақитлар таъсирини камайтириш Л.Заде томонидан киритилган норавшан тўплалар назарияси [10,11] асосида амалга оширилиши мумкин. Мазкур назарияни контур чизиқларини ажратиш масаласига татбиқ қилиш учун тегишлилик функциясидан фойдаланиб норавшан орттирма тушунчасини киритамиз.

Бунинг учун тажрибадан олинган қуйидаги эмпирик қоидаларни, юқорида айтилганидек  $k_H = k_W = 1$  бўлган ҳол учун, қараймиз. Агар объектнинг чегараси  $I(x_1, -1, x_2 + 1) \div I(x_1, +1, x_2 - 1)$  йўналиши бўйича  $(x_1, x_2)$  координатали пикселдан ўтади деб фараз қилсак, унда  $d_1(x_1, x_2)$  орттирманинг қиймати катта бўлади. Аммо шу билан бирга объектнинг чегара чизигига перпендикуляр бўлган қўшни пикселларнинг орттирмалари (яъни  $d_7(x_1 - 1, x_2 + 1)$  ва  $d_3(x_1 + 1, x_2 - 1)$  қийматлари) ҳам катта бўлади. Агар ушбу уч орттирмаларнинг иккитаси кичик бўлса, у ҳолда кўриб чиқилаётган йўналишда объектнинг чегара чизиқлари йўқ. Норавшан орттирмани ойдинлаштириш учун норавшан тўплалар назариясининг тегишлилик функцияси тушунчасидан фойдаланиб норавшан “кичик орттирма” тушунчасини киритамиз [12, 13]. “Кичик орттирма” тушунчасининг  $\mu_i(d_i)$  тегишлилик функцияси билан аниқлаш мумкин:

$$\mu_i(d_i) = \begin{cases} b, & \text{агар } d_i \leq t; \\ 0, & \text{агар } d_i > t; \end{cases} \quad (4)$$

бу ерда  $b = 1 - |d|/t$ ;  $t$  – норавшан орттирманинг мослашиш (адаптивлик) параметри [12, 14].

У ҳолда “катта орттирма” тушунчасининг  $\mu_i'(d_i)$  тегишлилик функциясини (4) формула асосида қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$\mu_i'(d_i) = 1 - \mu_i(d_i).$$

Норавшан орттирмаларнинг тегишлилик функциясини куриб бўлгандан сўнг, норавшан орттирмаларнинг қийматини ҳисоблаш имконияти пайдо бўлади.

**3. Норавшан орттирмаларнинг қийматларини ҳисоблаш.** Ушбу боскичда берилган тасвирнинг ҳар бир йўналишида унинг асосий элементи учун норавшан орттирмаларнинг қийматини аниқлаш масаласи қаралади. Бу орттирмаларни ҳисоблашда қуйидаги қоидалардан фойдаланилади:

агар  $P_i = 1$  ( $i \in \{1, 2, \dots, 8\}$ ) бўлса, у ҳолда  $\nabla_i(x, y)$  кичик бўлади; бу ерда  $P_i$  орттирмани таснифловчи (характерловчи) предикат.

Мазкур қоидалардаги  $P_i$  предикатнинг қийматини ҳисоблаш (5) формула бўйича амалга оширилади:

$$\begin{aligned} P_i &= (D_i(x, y) \wedge D_i(x - 1, y + 1)) \vee \\ &\vee (D_i(x, y) \wedge D_i(x + 1, y - 1)) \vee \\ &\vee (D_i(x - 1, y + 1) \wedge D_i(x + 1, y - 1)), \end{aligned} \quad (5)$$

$$D_i(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{агар } d_i(x, y) \text{ кичик бўлса;} \\ 0, & \text{акс ҳолда.} \end{cases}$$

Ҳар бир йўналиш бўйича ҳисобланган орттирмалар учун бу қоидаларни ҳаммасидан (яъни  $P_1, P_2, \dots, P_8$  предикатлардан) фойдаланилади. Маълумки [13], тасвирни норавшан филтрлаш учун пикселлар қийматларини модификация қилиш йўли билан берилган тасвир пикселларидаги халақитларни йўқотиш мумкин. Модификация қилинган параметрни  $R$  билан белгилаймиз ва унинг қийматларини ҳисоблаш учун ҳар бир йўналиш бўйича норавшан қоидалардан фойдаланамиз. Бу қоидаларнинг моҳияти қуйидагидан иборат: агар маълум бир йўналишда объектни чегараловчи контур чизиқ йўқ деб фараз қилинса, у ҳолда модификация қилинган  $R$  қийматни ҳисоблаш учун мазкур йўналишдаги орттирмаларнинг аниқ қийматидан фойдаланиш мумкин. Демак, норавшан орттирмаларни ҳисоблаш икки қисмдан иборат бўлиб, унинг биринчи қисмида тузилмавий объектларнинг чегарасини ажратиш, иккинчи қисмида эса – норавшан орттирманинг мусбат ва манфий қийматларини аниқлашдан иборат [4]:

$\phi^+ R_i$ : агар  $\nabla_i^\Psi(x, y) \leq \Delta_i$  ва  $\nabla_i(x, y)$  мусбат (ўсувчи) бўлса, у ҳолда норавшан орттирма ҳам мусбат бўлади;

$\phi^- R_i$ : агар  $\nabla_i^\Psi(x, y) \leq \Delta_i$  ва  $\nabla_i(x, y)$  манфий (камаювчи) бўлса, у ҳолда норавшан орттирма ҳам манфий бўлади.

Бу ерда  $R$  – маълум бир йўналиш;  $\Delta_i$  – алгоритм параметри ( $i = 1, \dots, 8$ ).

Ёрқинликнинг мусбат ва манфий норавшан орттирмаси тушунчаларини тушунтириш учун

тегишлилик функциялари билан берилган норавшан тўпландан фойдаланиш мумкин [14].

Норавшан орттормаларнинг қийматларини ҳисоблагандан сўнг, уларни таҳлил қилиш асосида тасвирдаги жорий нукта атрофида (жорий фрагментида) контур чизикларини борлиги ёки йўқлиги ҳақида қарор қабул қилиш мумкин.

**4. Қарор қабул қилиш.** Ушбу босқичда таҳлил қилинаётган кўзгалувчан ойнада контур чизигига тегишли элементларнинг мавжудлиги (борлиги) ҳақида қарор қабул қилинади. Буни ҳар бир пиксел учун маълум бир йўналишда ортторманинг қанчалик катта ёки кичик эканлигини характерловчи баҳонинг қийматини ҳисоблаш асосида амалга оширилади. Мазкур баҳони ҳисоблаш учун пикселнинг жорий қийматига қўшиладиган ортторманинг модификация қилинган қийматини аниқлаш талаб қилинади:

$$\delta = L \left( \sum (\varphi^+ R - \varphi^- R) \right) / (W_0 \times H_0 - 1),$$

бу ерда  $L$  - тасвир ёркинлигининг градациялар сони.

Қарор қабул қилиш ҳисобланган баҳони чегаравий сонлар ( $\tau_1, \tau_2$ ) билан солиштириш асосида бажарилади [14]:

$$\tau = \begin{cases} 1, \text{ агар } \delta < \tau_1 \text{ бўлса;} \\ 0, \text{ агар } \tau_1 \leq \delta \leq \tau_2 \text{ бўлса;} \\ -1, \text{ агар } \tau_2 > \delta \text{ бўлса.} \end{cases}$$

Бу ерда  $\tau_1$  ва  $\tau_2$  - алгоритм параметрлари.

Ушбу қоида қуйидаги маънога эга. Агар  $\tau = 1$  бўлса, у ҳолда қаралаётган ортторманинг қиймати кичик ҳисобланади; агар  $\tau = -1$  бўлса, у ҳолда – катта ҳисобланади; агар  $\tau = 0$  бўлса, у ҳолда мазкур ортторманинг қиймати ўртача ҳисобланади (бу ҳолда контур чизигидаги нукталарни аниқлашда узилиш нуктаси пайдо бўлади).

Шундай қилиб, биз норавшан тўпланди аппаратига таянган ҳолда қурилган алгоритмларнинг асосий босқичларни кўриб чиқдик. Ушбу алгоритмлар тасвирдаги контур чизикларини ажратишга мўлжалланган бўлиб, уларнинг ҳар бири юқорида кўриб чиқилган параметрлар тўплами  $\pi$  ( $\pi = (k_w, k_h, t, \Delta_1, \dots, \Delta_8, \tau_1, \tau_2)$ ) билан берилади. Бу параметрларнинг қийматларини ўзгартириш асосида турли хил халақитларга эга бўлган тасвирларнинг контур чизикларини ажратиш мумкин. Кўриб чиқилган алгоритмлар синфи доирасида энг яхши алгоритмни аниқлаш  $\pi$  параметрлар фазосида амалга оширилади.

Таклиф қилинган алгоритмларни ишга яроқли ёки яроқли эмаслигини кўрсатиш учун экспериментал тадқиқот ўтказиш керак.

## 5. Экспериментал тадқиқот

Юқорида қаралган алгоритмларни синовдан ўтказиш учун қуйидаги экспериментал тадқиқот амалга оширилди. Ушбу экспериментал тадқиқотнинг натижасини объектив баҳолаш мақсадида қўлда ёзилган босма ҳарфларни таниб олиш масаласи қаралган. Бошланғич маълумотлар сифатида босма

ҳарфлар билан қўлда ёзилган ҳарфлардан иборат ва бир хил тузилмага эга бўлган тасвирлар олинди. Ҳар бир тасвирда талабанинг журналдаги тартиб рақами (2 та рақам), фамилияси ва исми (25 та ҳарф), босқичи (1 та рақам), гуруҳи (6 та белги), қайси фандан (фаннынг қисқача номи - 20 та ҳарф) тест топшираётганлиги ҳамда тест саволларининг жавоблари келтирилган. Ҳар бир белги – ҳарф ёки рақам алоҳида ажратиб (яъни ҳар бир катакка фақат бир белги) ёзилган. Бундан сўнг вариант рақами (2 та рақам ва унинг ишончлилигини ошириш учун 1 та ҳарф), ҳар бир сатрга кетма-кет топшириқнинг рақами ва унинг жавоби ёзилган. Экспериментал тадқиқотда иштирок этган талабалар (берилган тасвирлар) сони 57 та. Берилган тасвирлардаги символлар сони 5644 та.

Тасвирдаги символларни ўқиш (таниб олиш) эталон объект билан таққослаш усули асосида бажарилади.

## 6. Тадқиқот натижалари

Турли хил тасвирлардаги априор ахборотни ҳисобга олган ҳолда уларга мослашиш имконияти борлиги билан мазкур алгоритмлар бошқалардан фарқ қилади. Юқорида таъкидлаб ўтилганидек, синов масаласи сифатида турли кишилар томонидан ёзилган босма ҳарфларни таниб олишда контур чизикларини ажратиш масаласи қаралган. Ушбу таниб олиш масаласини ечишда дастлаб берилган тасвирларнинг контур чизиклари ажратилади, сўнгра уларни эталон объектлар билан таққослаш амалга оширилади. Таққослаш ҳар бир белгини характерловчи занжирли код асосида амалга оширилади [3]. Таклиф қилинган усул ва Канны усули билан контур чизиклари ажратилди. Ажратилган контур чизикларни таҳлил қилиш асосида ҳар бир белги учун занжирли код аниқланди. Мазкур кодлар бўйича берилган белгиларни таниб олиш натижалари:

1. Канны усули билан ишлов берилган тасвирлардаги символларнинг 8,2 фойизи (яъни 463 таси) тўғри таниб олинмаган.

2. Таклиф қилинган усул билан ишлов берилган тасвирлардаги символларнинг 4,3 фойизи (яъни 243 таси) тўғри таниб олинмаган.

Олинган натижалар таклиф қилинган усул билан контур чизикларини ажратиб олгандан сўнг уларни таниб олиш натижалари Канны усули билан контур чизикларини ажратиб олгандан сўнг уларни таниб олиш натижаларига нисбатан 3,9 фойизга юқори эканлигини кўрсатади.

Шуни таъкидлаб ўтиш зарурки, тасвирдаги белгилар сонини ҳисоблашда саволларга берилган жавобларнинг тартиб рақами ҳисобга олинмаган. Чунки, талабаларнинг ёзма ишларидаги ҳар бир жавоби қатъий тартиб бўйича ёзилган бўлиб, уларда хато бўлмайди. Шунинг учун тасвирдаги бундай белгиларни ўқишда уларни эталон рақамлар билан таққослаш ўрнига символ жойлашган сатрни аниқлайди ва мазкур сатрда бўш жойдан кейин келган ҳарфни ажратиб олади ва унга ишлов берилгандан сўнг эталон объектлар билан таққослайди.

## 7. Тадқиқот натижаларини баҳолаш

Маълумки [6], тасвир кўринишида берилган объектларни таниб олишда энг кўп тарқалган ва жуда яхши натижа берадиган усуллардан бир Канни усулидир. Шу сабабли, контур чизиқларини ажратиш масаласини ечишда таклиф қилинган ёндашувни баҳолашда Канни усулидан фойдаланилди. Ишлаб чиқилган алгоритмлар анъанавий контур ажратиш алгоритмларидан шу билан фарқ қиладики, уларда тасвирлардаги объектларни чегараловчи чизиқларнинг аниқмаслиги ҳисобга олинган. Шу сабабли бу алгоритмларда фақат тасвирларда маълум бир типдаги халақитлар бўлган ҳолда ишлатгандагина яхши натижа беради. Идеал ҳолга яқин бўлган тасвирлар учун таклиф қилинган алгоритмлардан фойдаланиш яхши натижа бермайди. Бундай ҳолларда анъанавий алгоритмлардан фойдаланиш мумкин.

Экспериментал тадқиқотни ўтказиш даврида олинган натижалар куйдагиларни кўрсатди:

- таклиф қилинган алгоритмлар синфи мавжуд алгоритмларга алтернатив эмас, балки уларни тўлдирувчи алгоритмлардир;

- берилган объект идеал тасвирга яқин бўлган ҳолларда анъанавий алгоритмлардан фойдаланиш керак;

- берилган тасвирда турли халақитлар бўлган ҳолда таклиф қилинган алгоритмлардан фойдаланиш керак.

Кўп ҳолларда тасвирдаги объектларни ажратиш турувчи чегара чизиқлари аниқ кўриниб турмайди. Бундай вазиятда контур чизиқларини ажратиш алгоритмлари ёрдамида олинган контур чизиқлари тасвирдаги объектларнинг шакли ҳақидаги ахборотни бузиб юборади. Ушбу мақола доирасида амалга оширилган тадқиқот ишининг асосий натижаси норавшан тўплам назариясига таянган

ҳолда таклиф қилинган ёндашувдан иборат бўлиб, бу ёндашув асосида тасвирдаги контур чизиқларини ажратиш алгоритмлари ишлаб чиқилган. Бу алгоритмларда, бир қатор параметрларни киритиш ҳисобига, тасвирлардаги турли хил халақитларга мослашиш имконияти мавжуд.

## 8. Хулоса

Контур чизиқларини ажратишга мўлжалланган мавжуд усуллар ва алгоритмлар, асосан, идеал тасвирдаги объектларнинг чегара чизиқларини ажратишга қаратилган. Аммо, бу усуллар ва алгоритмлардан реал тасвирларга ишлов беришда фойдаланиш керакли натижани бермаслиги мумкин.

Берилган кулранг тасвирдаги объектларни ажратиш турувчи чегара чизиқларининг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда махсус ёндашув таклиф қилинган. Ушбу ёндашувга таянган ҳолда контур чизиқларини ажратиш алгоритмлари ишлаб чиқилди. Бу алгоритмлар норавшан тўплам аппарати асосида қурилган бўлиб, уларнинг бошқа контур ажратиш алгоритмларидан асосий фарқи бир қатор параметрлар ёрдамида тасвирдаги турли хил халақитларга мослашиш имкониятига эга эканлигидадир.

Таклиф қилинган алгоритмнинг ишга яроқли эканлигини аниқлаш мақсадида экспериментал тадқиқот ўтказилди. Норавшан тўплам назариясига таянган ҳолда ишлаб чиқилган алгоритм содда бўлишига қарамаздан, контур чизиқларини ажратиш алгоритмларига рақобатчи (конкурент) бўла олади. Таклиф қилинган мазкур алгоритмдан тасвирларга дастлабки ишлов бериш учун мўлжалланган дастурий мажмуаларни яратишда фойдаланиш мумкин.

## Адабиётлар

- [1] Гонзалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
- [2] Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П. и др. Цифровая обработка изображений в информационных системах. – Новосибирск: НГТУ, 2002. – 352 с.
- [3] Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Сойфера. – 2-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2003. – 748 с.
- [4] Kerre E., Nachtgaeel M. Eds. Fuzzy Techniques in Image Processing. – New York: Springer-Verlag Heidelberg, 2000. – 429 p.
- [5] Визильтер Ю.В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения. – М.: Физматкнига, 2010. – 672 с.
- [6] Шати́ро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. – М.: Бином, 2006. – 752 с.
- [7] Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. – М.: Вильямс, 2004. – 928 с.
- [8] Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. – New York: Springer, 2011. – 812 p.
- [9] Хряцёв Д.А. Об одном методе выделения контуров на цифровых изображениях // Вестник АГТУ. Сер. «Управление, вычислительная техника и информатика». – 2010. - № 2. – С. 181-187.
- [10] Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
- [11] Muhamediyeva D.T. Noravshan axborotni qayta ishlash asosida sust shakllangan jarayonlarni tizimli modellashirish muammolari. – Toshkent, O'zR FA MITI, 2010. – 531 b.
- [12] Бочарников В.П. Fuzzy-Технология: математические основы и практика моделирования в экономике. – СПб.: Наука РАН, 2001. – 328 с.

- [13] *Кравченко В.Ф., Пономарев В.И., Пустовойт В.И.* Алгоритмы трехмерной фильтрации с использованием теории нечетких множеств для цветных видеопоследовательностей, искаженных шумами // Доклады Российской Академии наук. Техническая физика. – 2008. – Т. 421, № 2. – С. 190-194.
- [14] *Dietrich Van der Weken, Etienne E. Kerre and other.* Noise Reduction by Fuzzy Image Filtering // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. – 2003. - Vol. 11, № 4. – Pp. 429-436.