

**TASVIRLARNI ANIQLASHDA DASTLABKI QAYTA ISHLASH
MASALALARI VA TANIB AVTENTIFIKASIYALASHNING
MATEMATIK MODELI VA ALGORITMLARI TAHLILI**

Turapov U. U.

(Jizzax politexnika instituti “Kompyter va dasturiy
injiniring” kafedrası professor v.b., t.f.n.)

Muldanov F. R.

(Jizzax politexnika instituti “Radioelektronika”
kafedrası katta o’qituvchisi),

Borliboev Z.D.

(Jizzax politexnika instituti “Kompyter va dasturiy
injiniring” kafedrası III-bosqich talabasi),

Davidova S.F.

(Jizzax politexnika instituti “Kompyter va
dasturiy injiniring” kafedrası III-bosqich talabasi),

Rahmatullayev Sh H.

(Jizzax politexnika instituti “Kompyter va dasturiy
injiniring” kafedrası III-bosqich talabasi),

Annotasiya

Ushbu maqolada inson yuz tasvirini geometrik harakteristikalari yordamida tanib olishning matematik modeli, algoritimli va dasturiy ta’minotini ishlab chiqish muammolarini hal qilish masalalari ko’rib chiqilgan.

Kalit so’zlar: intellektual. identifikasiyalash, biometrik, robot ko’z, analizator, videotasvir, domen

Jahonda ilm fan o’zining rivojlanishi jarayonida yanada murakkabroq ob’ektlarni o’rganishga o’tmoqda. Amaliyotning talablari birinchi navbatda effektli usullarni, matematik modellarni yaratish va uni ob’ekt uchun joriy qilishga katta e’tibor qaratilmoqda.

Hozirgi kunda ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish elementlaridan biri bo'lgan biometrik tizimlarda shaxsning yuz tasvirini identifikatsiyalash masalasi dolzarb muammolardan biri bo'lib qolmoqda. Shaxsning biometrik xususiyatlariga yuz, quloq chanog'i, barmoq izlari, ko'z qorachig'i, qo'l shakli geometriyasi, barmoq izlari, yurish uslubi, ovoz tovushini misol qilib keltirish mumkin. Mazkur sohada rivojlangan xorijiy mamlakatlarda, shu jumladan, AQSH, Rossiya Federatsiyasi, Xitoy, Yaponiya, Janubiy Koreya va boshqa davlatlarda axborot kommunikatsiya texnologiyalarini qo'llab shaxs haqida ob'ekt yaratish, ma'lumotlar to'plash, qayta ishlash, shaxs yuz tasvirini identifikatsiyalash tizimining muayyan bosqichlarga bo'linishi, tasvirlarni piksellarga o'girish va sonli qiymatga ega bo'lgan matritsa va ular asosida ma'lumotlar bazasini yaratish avtomatik tizimda muayyan ishlovchi robot ko'z analizatori tizimining matematik, dasturiy va texnik ta'minotini yaratishga katta e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda videotasvirlarga ishlov berish, undagi ob'ekt belgilarini ajratish va ushbu ob'ektni identifikatsiyalashning usul va algoritmlarini takomillashtirish va ishlab chiqish muhim masalalardan biri bo'lib qolmoqda. Jumladan, berilgan videotasvirga dastlabki ishlov berish, videotasvirda ob'ekt sohalarini aniqlash, pikseller intensivligi bo'yicha taqqoslash va shaxsni identifikatsiyalash hamda identifikatsiyalash jarayonlarini parallellashtirish kompyuter grafikasi texnologiyalari yordamida amalga oshirilmoqda.

O'zbekiston Respublikasini Prezidentining «2022 - 2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi Farmoni «... xavfsizligi va mudofaa salohiyatini kuchaytirish, ochiq, pragmatik va faol tashqi siyosat olib borish»¹ va 2023 yil 11 sentyabrdagi «O'zbekiston-2030» strategiyasi to'g'risidagi Farmoni«... Yangi O'zbekiston taraqqiyot strategiyasida belgilangan va amalga oshirilishi davom etayotgan, o'z ahamiyatini yoqotmagan barcha maqsadlarga erishish va dolzarb vazifalar bajarilishi»² axborot kommunikatsiyalar sohasidagi innovatsion texnologiyalarni rivojlantirish va axborot xavfsizligidagi taxdidlarni baratarf etish harakatlarini tashkil etish vazifalari aniq belgilab o'tilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirish uchun geometrik figuralar yordamida identifikatsiyalangan tasvirlarning ma'lumotlar bazasini yaratuvchi robot ko'z

¹ «2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida» gi 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son Farmoni.

² 2023 yil 11 sentyabrdagi «O'zbekiston-2030» strategiyasi to'g'risidagi.

analizatorini yaratish va unga asosan shaxs yuz tasvirini identifikatsiyalash jarayonlarini boshqarish tizimlarini yaratish axborot kommunikatsiya texnologiyalarini integrallashuvi sohasini rivojlantirishning muhim dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Asosan bu borada, inson yuz tasviridagi belgilarni ajratish, ulrani ma'lumotlar bazasidagi tasvirlar bilan solishtirish, qayta ishlash, hisoblash jarayonlarini parallellashtirish, sonli ko'rinishga keltirish yuz tasvirini kimga tegishli ekanligini aniqlashning o'ziga xos murakkabligi bilan ajralib turadi. Mazkur faoliyat bo'yicha tadqiqotlar olib borish natijasida so'ngi yillarda tasvirlarga ishlov berish, raqamli ishlash, tasvirlarni aniqlash usul va algoritmlarini ishlab chiqishni takomillashtirish masalalari hamda ularni amaliy qo'llanilishi R.Gonsales, L.A.Rastrigin, Yu.I.Juravlyov, E.Patrik, U.Prett, V.A. Sofer, Sh.Ulman, Ya.A. Furman, V.A. Fursov, E.V. Popova, V.N. Vapnik, G.S. Pospelov, V.Burger, M.I.Salex, B.Xorn, P.Xart, M.I.Shlezinger, V.M. Glushkov va shu kabi olimlarning ilmiy ishlarida ko'rib chiqilgan.

O'zbekistonda tanib olish va tasvirlarga ishlov berish nazariy asoslarini rivojlantirishga M.M. Kamilov, Sh.X. Fozilov, X.N. Zaynidinov, N.S. Mamatov, R.T. Abdulkarimov, Z.T. Adilova, F.T. Adilova, A.X. Nishanov, S.S. Sodiqov, Sh.E. Tulyaganov, N.M. Mirzaevlar o'zlarining katta hissalarini qo'shib kelmoqdalar.

Hozirgi kunda videotasvirda shaxsni identifikatsiyalashning ilmiy yo'nalishlaridan biri audiovizual texnologiyalar sohasida olib borilgan tadqiqotlar tahlili shuni ko'rsatdiki, videotasvirda shaxsni identifikatsiyalashning avtomatlashtirilgan tizimlarini yaratishda vujudga keladigan muammolar hozirgi kungacha etarli darajada o'rganilmagan. Shuningdek, inson yuz tasviri asosida shaxsni identifikatsiyalashning avtomatlashtirilgan tizimlarini takomillashtirish va ishlab chiqish hamda real vaqt tizimida tezligi va aniqligini oshirishning matematik modeli va algoritmlarini ishlab chiqish hamda dasturiy ta'minotini yaratish asosiy muammolardan biri hisoblanadi. Bu vazifalar qatoriga «Xavfsiz shahar», «Xavfsiz xudud», «Xavfsiz turizm» va shu kabi bir qator loyihalarning asosini tashkil qiluvchi video kuzatuvda tanib olish masalasini keng tahlil qilish va rivojlantirish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Respublikamiz va xorijiy olimlar tomonidan tasvir va video kuzatidagi ob'ektlarni tanib olish masalalari bo'yicha keng ko'lamli ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ilmiy izlanishlar natijasida intellektual tizimlar yaratilib, amaliyotga tadbiq e'tilmoqda. Shunga qaramasdan, bu sohadagi izlanishlar etarli darjada o'rganilmagan.

Kompyuter grafikasi ob'ektlarning vizual tasvirlarini raqamli formatga o'tkazish, ularni qayta ishlash va turli sharoitlarda tanib olish uchun zarur. Bu yerda ob'ektlar tasvirlari geometrik jihatdan tahlil qilinadi va muhim belgilar ajratib olinadi. Masalan, ob'ektning chegaralarini (konturini) aniqlash, robotning vizual ma'lumotlarini turli filtrlar orqali o'tkazib, ob'ektni aniq tasvirlash (masalan, shu'lani yo'q qilish yoki kontrastni oshirish).

Raqamli tasvir fazoviy domenda uzluksiz analog ma'lumotlarni tanlash orqali aniqlanadi. U to'rtburchaklar shaklidagi piksellar massividan (x, y) iborat bo'lib, ularning har biri joylashuv $(x, y) \in \mathbb{Z}^2$ va (x) nuqtadagi namunani (x, y) ifodalovchi u qiymatining birikmasidan iborat. Bu erda $\mathbb{Z}$ - barcha butun sonlar to'plami. $(x, y) \in \mathbb{Z}^2$ nuqtalari muntazam panjara hosil qiladi. Rasmiy ravishda, I tasvir tashuvchi I deb ataladigan Ω -to'rtburchaklar to'plamida aniqlanadi:

$$\Omega = \{(x, y) : 1 \leq x \leq N_{\text{cols}} \wedge 1 \leq y \leq N_{\text{rows}}\} \subset \mathbb{Z}^2 \quad (1)$$

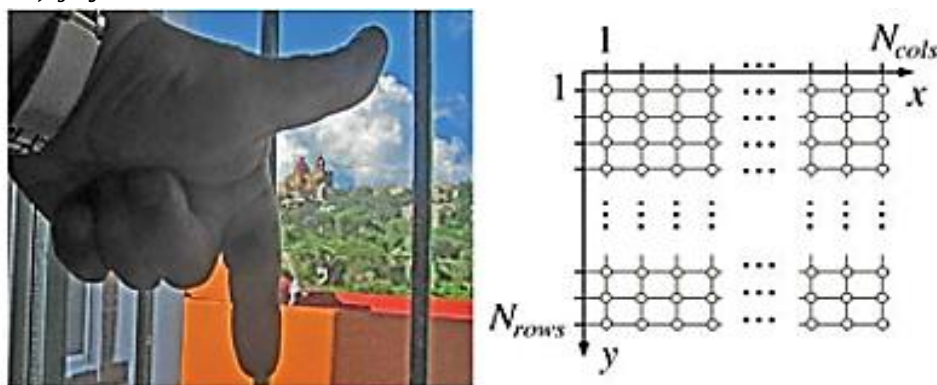
$N_{\text{cols}} \geq 1$ va $N_{\text{rows}} \geq 1$ nuqtalar uchun panjara tugunlari yoki piksel joylarini o'z ichiga oladi.

Biz rasmda ko'rsatilgan chap qo'l koordinata tizimini qabul qilamiz.

1.1. qatorida $\{(1, y), (2, y), \dots, (N_{\text{cols}}, y)\}$ uchun $1 \leq y \leq N_{\text{rows}}$ a ustun x -qator

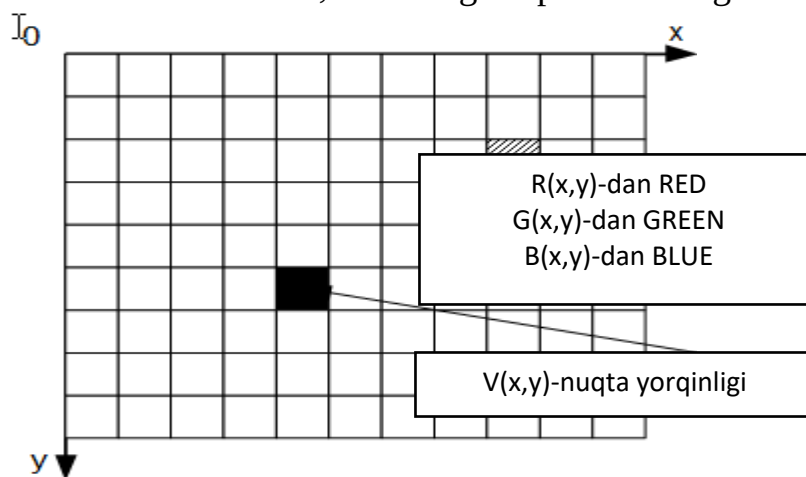
$\{(x, 1), (x, 2), \dots, (x, N_{\text{rows}})\}$ uchun $1 \leq x \leq N_{\text{cols}}$

Ushbu bo'limda biz raqamli tasvirni qayta ishlash mavzusi bilan tanishuvimizni Ω muhiti tomonidan aniqlangan fazoviy domenda tasvir ma'lumotlarini ifodalash va tavsiflash usullarini muhokama qilishdan boshlaymiz. Kaftning ichki qismidan qaralganda bosh barmog'i musbat x o'qi yo'nalishiga, ko'rsatkich barmog'i esa y o'qining musbat yo'nalishiga ishora qiladi (1-rasm). Rastr – nuqtalarni (rastr elementlarini) joylashtirish tartibi.



1-rasm. Chap qo'l koordinatalari tizimi.

2-rasmda 2 ta rastr ko'rsatilgan, uning elementlari kvadratlardan iborat bo'lib, bunday rastr to'rtburchaklar deb ataladi, bular eng ko'p ishlatiladigan rastrlardir.

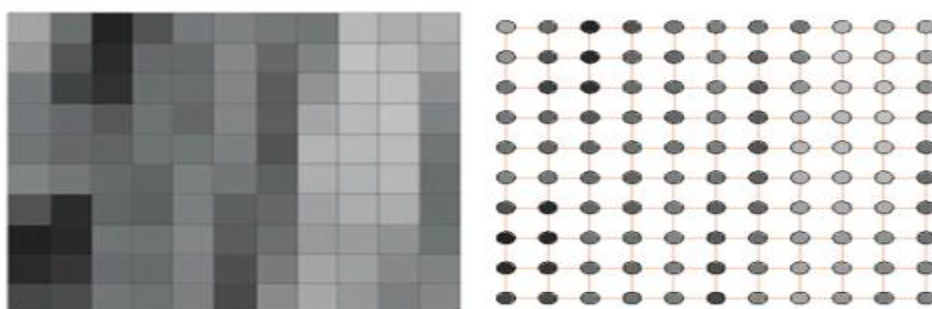


2-rasm. Nuqtalarni (rastr elementlarini) joylashtirish tartibi.

Kompyuter grafikasida to'g'ri chiziqlar, doiralar, soyalar, to'g'ri to'g'ri to'ldirish, aylana to'ldirish, qalin va qirrali chiziqlarni tasvirlashning matematik modellari tasvirlash jarayonida muhim o'rin tutadi.

3-rasmda piksellarni geometrik talqin qilishning ikkita usuli ko'rsatilgan, ya'ni oddiy gridda tasvirni tanlash.

Chapda. Kattalashtirilgan rasmda panjara katakchalari ko'rsatilgan; turli xil kulrang soyalar tasvirning piksel qiymatlarini ifodalaydi. Shuningdek, tasvir qiymatlarini panjara katakchalarining markazlari bo'lgan panjara tugunlaridagi teglar sifatida ko'rish mumkin.



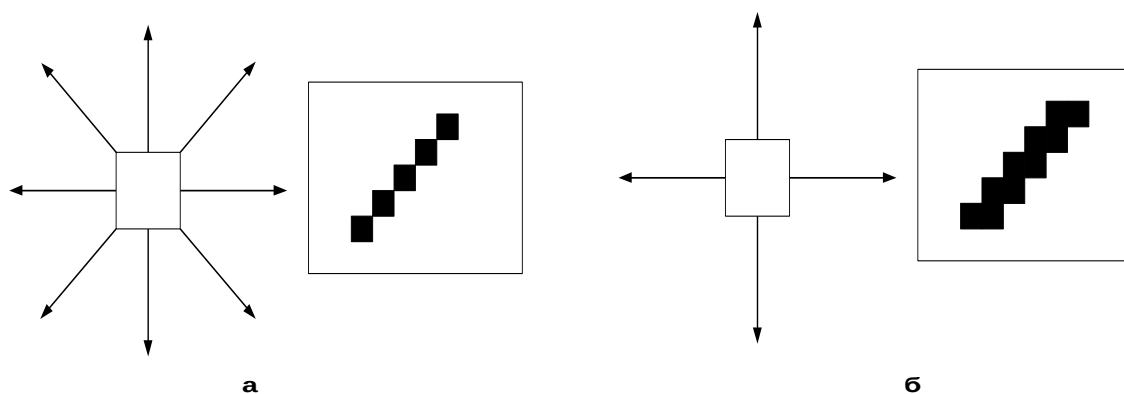
3-rasm. Piksellarni geometrik talqin qilishning ikkita usuli.

To'rtburchak rasterda chiziq qurilishi ikki usulda amalga oshiriladi:

1) Natijada sakkizta bog'langan chiziq. Chiziqning qo'shni piksellari sakkizta mumkin bo'lgan (4-rasm. a.) pozitsiyalardan birida bo'lishi mumkin. Kamchilik

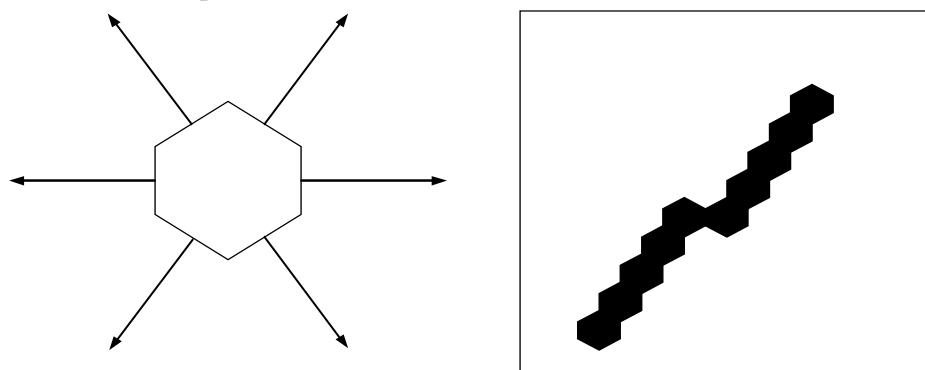
shundaki, chiziq 45° burchak ostida juda nozik.

2) Natijada to'rtta bog'langan chiziq hosil bo'ladi. Chiziqning qo'shni piksellari to'rtta mumkin bo'lgan pozitsiyadan birida bo'lishi mumkin (4-b-rasmga qarang). Kamchilik shundaki, chiziq 45° burchak ostida juda qalin.



4-rasm. To'rtburchak rastrda chiziq chizish

Olti burchakli rasterda chiziqlar oltita bog'langan (5-rasm), bunday chiziqlar kengligida barqarorroq ya'ni chiziq kengligi dispersiyasi kvadrat rasterga qaraganda kamroq. Rastrni baholash usullaridan biri foydalanilgan rastrni hisobga olgan holda kodlangan tasvirni aloqa kanali orqali uzatish, keyin esa erishilgan sifatni tiklash va vizual tahlil qilishdir. Olti burchakli rastr yaxshiroq ekanligi eksperimental va matematik jihatdan isbotlangan, chunki asl nusxadan eng kichik og'ishlarni ta'minlaydi, ammo, farq unchalik katta emas.



5-rasm. Olti burchakli rastrda chiziq chizish.

(1) bilan aniqlangan tasvirning matematik modeli quyidagicha beriladi. Raqamli tasvir $M \times N$ o'lchamdagi matritsa bo'lsin, bu erda M - qatorlar soni (tasvir balandligi). N - ustunlar soni (tasvir kengligi). $I(i, j)$ - matritsaning har bir qiymati pikselning (i, j) pozitsiyasidagi intensivligidir.

Qora va oq rasm uchun:

$$I = \{ I(i, j) \mid 0 \leq i < M, 0 \leq j < N \}, I(i, j) \in [0, 255] \quad (2)$$

Bu erda $I(i, j)$ piksel intensivligi qiymati (masalan, qora uchun 0 dan oq rang uchun 255 gacha).

Rangli tasvir uchun (masalan, RGB formatida):

$$I = \{ I_R(i, j), I_G(i, j), I_B(i, j), \mid 0 \leq j < N \}, I_R(i, j), I_G(i, j), I_B(i, j), \in [C] \quad (3)$$

bu yerda $I_R(i, j)$, $I_G(i, j)$, $I_B(i, j)$, mos ravishda qizil, yashil va ko'k kanallarning intensivlik qiymatlari.

$I(i, j)$ matritsasining har bir elementi tasvirdagi pikselni ifodalaydi. Rangli tasvir bo'lsa, piksel asosiy rang kanallarining intensivligiga mos keladigan uchta qiymat bilan ifodalanadi.

M qatorlar va N ustunlar soni tasvirning o'lchamlarini aniqlaydi. M va N qanchalik katta bo'lsa, piksellar soni shunchalik yuqori bo'ladi va shunga mos ravishda tasvir sifati.

Har bir piksel qiymatini saqlash uchun ishlatiladigan bitlar soni rang chuqurligini aniqlaydi. Standart RGB tasviri har bir kanal uchun 8 bitdan foydalanadi. Bu har bir rang uchun 256 intensivlik darajasini beradi.

Vaqtning kichik ulushlarida tartiblanadigan bir xil o'lchamli raqamli tasvirlar ketma-ketligi raqamli tasvirlar yoki raqamli video deb ataladi. Raqamli video - bu ma'lum bir chastotada (kadr tezligi) ekranda ko'rsatiladigan ramkalar (tasvirlar) ketma-ketligi. Raqamli videoni uch o'lchovli massiv yoki ikki o'lchovli matritsalar to'plami sifatida ko'rish mumkin, bunda uchinchi o'lchov (o'q) vaqtdir.

Raqamli videoning matematik modeli quyidagicha:

Video har biri $M \times N$ o'lchamiga ega bo'lgan T kadrlardan iborat bo'lsin:

$$V = \{ I_t(i, j) \mid 0 \leq t < T, 0 \leq i < M, 0 \leq j < N \} \quad (4)$$

bu yerda:

- $I_t(i, j)$ t-kadrdagi (i, j) pozitsiyadagi piksel qiymati.
- T - videodagi kadrlarning umumiy soni.
- t - kadr indeksi.

Rangli video uchun:

$$V = \{ I_{R,t}(i, j), I_{G,t}(i, j), I_{B,t}(i, j), \mid 0 \leq t < T, 0 \leq i < M, 0 \leq j < N \} \quad (5)$$

bu yerda $I_{R,t}(i, j)$, $I_{G,t}(i, j)$, $I_{B,t}(i, j)$ - t-kadrdagi rang kanallarining intensivlik qiymatlari.

3D massivning har bir t-qatlami alohida video ramkani ifodalaydi. Video bu shunday kadrlar ketma-ketligidir. Kadr tezligi (FPS) soniyada ko'rsatilgan T, kadrlar soni videoning kadr tezligini aniqlaydi. Odatda soniyada 24 dan 60 gacha kadrlar (FPS) ishlatiladi. FPS qanchalik baland bo'lsa, videodagi harakat shunchalik yumshoqroq bo'ladi.

Ruxsat etilganlik darajasi har bir kadrning matritsa o'lchami $M \times N$ video o'lchamlarini aniqlaydi. Masalan, 1920x1080 pikseli ruxsat etish Full HD formatiga mos keladi.

Raqamli tasvirga o'xshash video turli rang modellarida (masalan, RGB, YUV) taqdim etilishi mumkin. Turli xil rangli modellardan foydalanish kodlash samaradorligi va video sifatiga ta'sir qiladi.

Video, tasvirlardan farqli o'laroq, vaqt o'lchamiga ega. Bu harakatni tahlil qilish, videoni siqish (masalan, kodeklar yordamida), shuningdek, audiotrek bilan sinxronlash uchun muhimdir. Ushbu matematik modellar tasvir va videolarni qayta ishlashda ko'plab ilovalar, jumladan robot ko'z (kameralar), video kuzatuv tizimlari va kompyuterni ko'rish uchun asosdir.

Kompyuter grafikasi va muxandislik grafikasi robot ko'z analizatorlari uchun quyidagi sabablarga ko'ra muhimdir:

1. Ma'lumotlarni vizuallashtirish. Kompyuter grafikasi vizual ma'lumotlarni to'g'ri tasvirlash va ularni tahlil qilish imkonini beradi. Bu jarayonda tasvirlarni yaratish, qayta ishlash va ob'ektlarning to'g'ri modellarini tuzish muhim ahamiyatga ega.
2. 3D modellashtirish. Robot ko'zlari ob'ektlarning uch o'lchamli modellarini tuzish uchun kompyuter grafikasini qo'llaydi. Bunda ob'ektlarning o'lchamlari, shakli va tuzilishini aniqlash imkoni bo'ladi.
3. Geometriya va proyeksiyalar. Muhandislik grafikasi yordamida robot ko'zi ko'radigan sahnaning geometrik xarakteristikalarini aniqlash va turli proyeksiyalarda tasvirlash mumkin. Bu esa ob'ektlarning pozitsiyasini, masofasini va dinamikasini aniqlashda muhimdir.
4. Qabul qilingan ma'lumotlarni tahlil qilish. Tasvirlarning rastr yoki vektor shaklidagi ma'lumotlarini qayta ishlash va ularni tahlil qilish uchun grafik texnologiyalar qo'llaniladi. Bu jarayonda ob'ektlarni tanib olish, ularning harakati yoki transformatsiyasini tushunish muhimdir.

Qisqacha aytganda, robot ko'zlarining ko'rish qobiliyati, ya'ni vizual ma'lumotlarni to'g'ri qabul qilish va tahlil qilish uchun kompyuter grafikasi va muxandislik

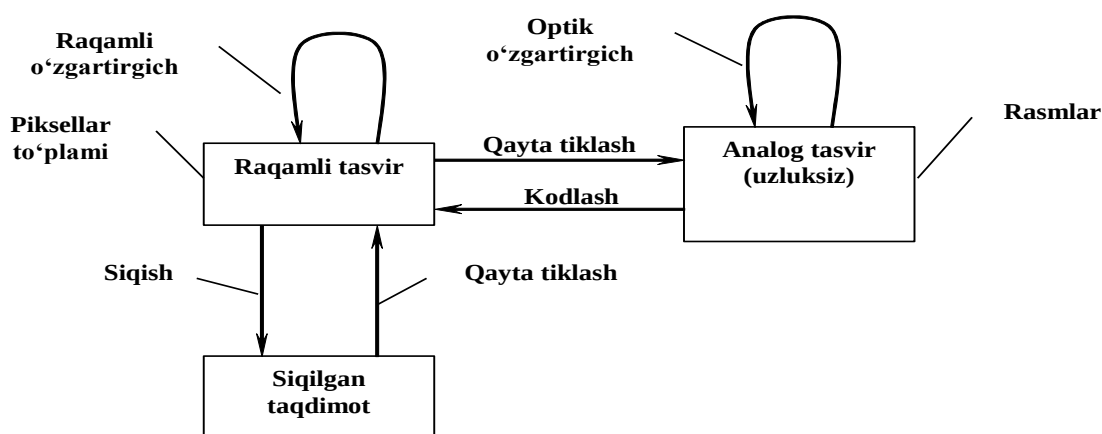
grafikasi jarayonni asoslaydi. Ular robotga tasvirlangan jismlar haqida aniq ma'lumotlarni berishda yordam beradi.

Tasvir bilan bog'liq ma'lumotlarni qayta ishlashda uchta asosiy yo'nalishlar ajratilgan: obrazlarni tanib olish, tasvirni qayta ishlash va kompyuter grafikasi.

Obrazlarni tanib olishning asosiy vazifasi mavjud tasvirni rasmiy tushunarli belgilar tiliga aylantirishdir. Obrazlarni tanib olish yoki kompyuterni ko'rish tizimi - kirish sifatida berilgan tasvirning tavsifini olish yoki berilgan tasvirni ma'lum bir sinfga belgilash imkonini beradigan usullardir. Robot ko'z analizatorining vazifalaridan biri ob'ektning ma'lum bir asosi, uning "skeletlari" tiklanadigan ob'ektlarni skeletizatsiya qilishdir.

Tasvirni qayta ishlash kirish va chiqish ma'lumotlari tasvir bo'lgan muammolarni ko'rib chiqadi. Masalan, shovqinni olib tashlash va ma'lumotlarni siqish bilan tasvirni uzatish, tasvirning bir turidan ikkinchisiga o'tish (rangdan qora va oq rangga) va boshqalar. Shunday qilib, tasvirni qayta ishlash tasvirlar ustidagi faoliyatni (tasvirni o'zgartirish) anglatadi. Tasvirni qayta ishlash vazifasi ma'lum bir mezonga qarab takomillashtirish (tiklash, tiklash) yoki tasvirni tubdan o'zgartiradigan maxsus o'zgartirish bo'lishi mumkin.

Rastrli tasvirlarni qayta ishlashda quyidagi vazifalar guruhlar mavjud:



6-rasm. Rastrli tasvirlarni qayta ishlashda quyidagi vazifalar guruhlar

- tasvirni tiklash – mavjud buzilishlarni qoplash (masalan, yomon fotografiya sharoitlari);
- tasvirni yaxshilash - vizual idrok etishni yaxshilash yoki uni keyingi qayta ishlash uchun qulay shaklga aylantirish uchun tasvirni buzish.

Robot ko'z analizatori kabi robot tizimlarida tasvirni oldindan qayta ishlash va tasvirda asosiy xususiyatlarni (nuqtalar, chiziqlar, burchaklar, doiralar, ellipslar va sharlar kabi) aniq ajratib olish ob'ektni tanib olish ishonchini oshirishda muhim rol o'ynaydi. Bu xususiyatlar tasvirdagi ob'ektlarni keyingi tahlil qilish va tasniflash uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Tasvirni oldindan qayta ishlash bir necha bosqichlarni o'z ichiga oladi, ular tasvir sifatini yaxshilash va asosiy xususiyatlarni ajratib olishni osonlashtirishga qaratilgan:

Shovqinni kamaytirish. Gauss filtri yoki median filtri kabi filtrlar yordamida tasvirdagi shovqinni kamaytirish tasvirdagi muhim tafsilotlarni buzilmasdan chiqarishga yordam beradi.

Kontrastni yaxshilash. Gistogrammani cho'zish yoki gistogrammani tenglashtirish kabi kontrastni kuchaytirish usullari ob'ektlar va fonlar o'rtasidagi farqlarni yanada aniqroq qilishga yordam beradi.

Yoritishni normallashtirish. Tasvirdagi notekis yorug'likni tuzatish ob'ektlarni aniqroq ta'kidlash imkonini beradi.

Nuqtalar, chiziqlar, burchaklar, doiralar, ellipslar va sharlar kabi tasvirning asosiy belgilari tasvirning keyingi talqiniga asoslanadigan asosiy elementlardir.

To'g'ri chiziq tenglamasi. Ikki o'lchovli Dekart koordinata tizimidagi to'g'ri chiziq tenglama bilan tavsiflanadi:

$$y = ax + b \quad (6)$$

bu yerda, a - chiziqning qiyaligi (qiyalik), b – chiziqning y o'qini kesib o'tgan joyi qiymati.

Diskret koordinatalarda (masalan, ekranda) to'g'ri chiziq chizish uchun Bresenham algoritmi ko'pincha ishlatiladi. U mukammal tekis chiziqqa yaqinlashish uchun qaysi piksellar soylanishi kerakligini samarali hisoblab chiqadi.

Kengligi bir pikseldan ortiq bo'lgan qalin chiziqni chizish uchun chiziq markaziy chiziqning har ikki tomoniga cho'ziladi. Qalin chiziq chizish algoritmi quyidagicha:

1-qadam. Brezenxem algoritmi yordamida markaziy chiziq chiziladi.

2-qadam. Chiziqning har bir nuqtasi uchun chiziqning kengligiga qarab, uni bir necha piksel yuqoriga va pastga siljitish harakatlarida qo'shimcha chiziqlar tortiladi.

Doira tenglamasi. Markazi (x_0, y_0) nuqtada bo'lgan va radius r doira tenglamasi

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2 \quad (4)$$

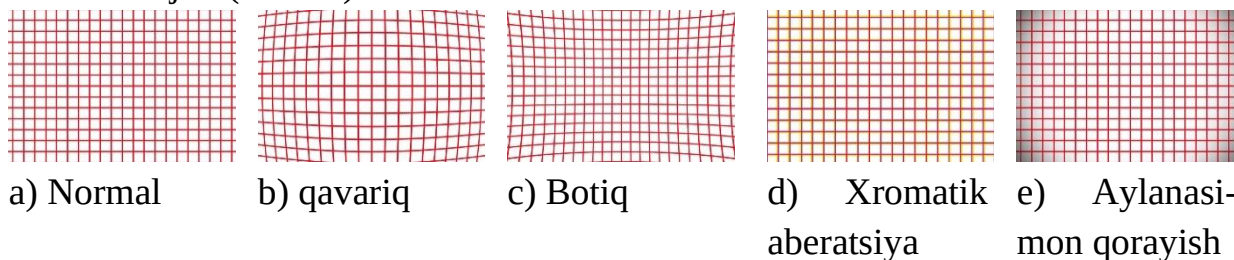
bilan tavsiflanadi.

Kompyuter grafikasida doiralarni samarali chizish uchun Bresenhamning aylana algoritmi ham qo'llaniladi, bu hisoblar sonini kamaytiradi va yaxlitlash xatosini kamaytiradi.

Robot ko'z analizatorida dastlabki qayta **ishlashni linzaviy buzilishni tuzatish, yorqinlikni rostlash, tasvirlarni filtrlash, ranglarni to'g'rilash va shovqinni kamaytirishni o'z ichiga olgan tasvirni qayta ishlash tizimi sifatida ta'riflash mumkin.**

Quyida linzalarning buzilishlarini tuzatish, yorqinlikni sozlash, tasvirni filtrlash, ranglarni to'g'rilash va shovqinni kamaytirish uchun matematik modellari qarab chiqamiz.

Obyektiva (linzaviy) buzilishlarning qavariq, botiq, xromatik aberatsiya va kabi turlari mavjud (7-rasm).



7-rasm. Obyektiva (linzaviy) buzilishlarining modellari

Qavariq buzilishida chiziqlar chetlarga (bo'rtib) tashqariga egilishi bilan tushuntiriladi, bunda tasvirni markazi bo'rtib chiqqan bo'ladi. Botiq buzilishda esa buning aksi. Xromatik aberratsiya (yoki akromatizm) odatda ranglarning chayqalishi sifatida namoyon bo'ladi. Chiziqlar va tasvirning chetlari bo'ylab asl nusxaga xos bo'lmagan rang hosil qiladi. Aylanasi-mon qorayish deganda linzalar markazga qaraganda chekkalarida quyuqroq tasvirni yaratishi tushuniladi.

Piksel koordinatalarini teskari o'zgartirish yo'li bilan qavariqlik va botiqlik buzilishi kabi ob'ektiv buzilishlarini tuzatish mumkin. Buzilishni tuzatishning matematik modeli quyidagicha

$$r' = r \cdot (1 + k_1 \cdot r^2 + k_2 \cdot r^4 + k_3 \cdot r^6) \quad (5)$$

bu yerda,

- r - tasvir markazidan pikselgacha bo'lgan buzilmasdan masofa;
- r' - buzilish qo'llanilgandan keyin pikselgacha bo'lgan masofa,
- k_1, k_2, k_3 — buzilish koeffitsientlari.

Buzilishlarni tuzatish uchun teskari o'zgartirish qo'llaniladi:

$$r = r' \cdot (1 + k'_1 \cdot r'^2 + k'_2 \cdot r'^4 + k'_3 \cdot r'^6) \quad (6)$$

bu yerda k'_1, k'_2, k'_3 - tuzatish koeffitsiyentlari.

Tasvir yorqinligini sozlash piksel intensivligi darajasining chiziqli o'zgarishini o'z ichiga oladi.

$$I'(x, y) = \alpha \cdot I(x, y) + \beta \quad (7)$$

bu yerda,

- $I(x, y)$ - boshlang'ich piksel intensivligi,
- $I'(x, y)$ - yorqinlikni sozlashdan keyin yangi piksel intensivligi,
- α - mashtablash koeffitsiyenti (kontrast),
- β - aralashuvi (yorqinlik).

α ko'payganda kontrast kuchayadi va β o'zgarganda tasvirning umumiy yorqinligi sozlanadi.

Tasvirni filtrlash kerakli tafsilotlarni ajratib ko'rsatish va keraksiz artefaktlarni yo'q qilish uchun ishlatiladi. Vazifaga qarab, har xil turdagi filtrlar qo'llaniladi. Masalan, tekislash uchun Gauss usuli quyidagicha:

$$I'(x, y) = \sum_{i=-k}^k \sum_{j=-k}^k I(x+i, y+j) \cdot G(i, j) \quad (7)$$

bu yerda $G(i, j)$ – Gauss yadrosi bo'lib u quyidagicha aniqlanadi

$$G(i, j) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{i^2 + j^2}{2\sigma^2}\right) \quad (8)$$

σ parameter xiralanganlik darajasini belgilaydi.

Qirralarni kuchaytirishda Sobel filtridan foydalaniladi. Tasvirning qirralari gorizonta va vertikal gradientlar uchun Sobel filtrlarini qo'llash orqali kuchaytiriladi:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Gorizonta va vertikal gradient komponentlari:

$$G_x(x, y) = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 I(x+i, y+j) \cdot G_x(i, j)$$

$$G_y(x, y) = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 I(x+i, y+j) \cdot G_y(i, j)$$

Gradiyent kattaligi:

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

Rangni to'g'rilash rang nomutanosibligini tuzatish va ranglarni idrok etishni yaxshilash uchun mo'ljallangan. Rangni tuzatish modelining Kulrang dunyo usuli tasvirdagi o'rtacha rang kulrang (RGB kanallarining teng intensivligi) bo'lishi kerakligini nazarda tutadi.

Har bir kanal uchun o'rtacha qiymatlari topiladi:

$$\bar{R} = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} R(x, y) \quad \bar{G} = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} G(x, y) \quad \bar{B} = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} B(x, y)$$

Sozlash quyidagicha qo'llaniladi:

$$R'(x, y) = \frac{R(x, y) \cdot \bar{G}}{\bar{R}}, \quad G'(x, y) = G(x, y), \quad B'(x, y) = \frac{B(x, y) \cdot \bar{G}}{\bar{B}},$$

Shovqinni kamaytirishda ko'pincha Median va Vinner (Wiener) filtrlari ishlatiladi. Median filtr har bir pikselni o'z atrofidagi median qiymatiga almashtirish orqali shovqinni olib tashlaydi.

$$I'(i, j) = \text{median}\{I(x + i, y + j) | -k \leq i, j \leq k\}$$

bu yerda k – filtr oynasining radiusi.

Vinner filtri mahalliy tasvir statistikasi asosida moslashuvchan shovqinni kamaytirish uchun ishlatiladi.

$$I'(x, y) = \bar{I}(x, y) + \frac{\sigma^2(x, y) - \eta^2}{\sigma^2(x, y)} \cdot (I(x, y) - \bar{I}(x, y))$$

bu yerda

$\bar{I}(x, y)$ - lokal o'rtacha qiymat; $\sigma^2(x, y)$ - lokal dispersiya; η^2 - shovqin dispersiyasi (ma'lum deb taxmin qilinadi).

Ob'ektiv buzilishlarni tuzatish, yorqinlikni sozlash, tasvirni filtrlash, ranglarni to'g'rilash va shovqinni kamaytirish uchun matematik modellar ko'rish tizimlarida tasvirni qayta ishlashning asosiy vositalaridir. Bu usullar yaxshilangan tasvir sifatini ta'minlaydi, bu esa o'z navbatida ob'ektni tanib olishning aniqligini oshiradi va yanada ishonchli va izchil natijalarga erishish imkonini beradi. Shu maqsadda ular ustida 20 dan ortiq adabiyotlar tahlil qilindi, usullar va algoritmlar tegishli parametrlarda sonli ko'rsatkichlari 1-5 jadvallarda jamlandi.

1-Jadval. Buzilishlarni tuzatish algoritmlarini taqqoslash

Algoritm	Tuzatish aniqligi (%)	Bajarish vaqti (ms)	Shovqinga chidamlilik (%)	Kalibr lash qiyinligi (ballar)	Uskuna talablari (ballar)
Braun usuli [40]	95%	100 ms	80%	8/10	6/10
Radial buzilish modeli [41]	90%	50 ms	85%	4/10	3/10
Plumb Bob modeli [42]	98%	120 ms	90%	9/10	6/10
Yupqa prizma buzilish modeli [43]	97%	110 ms	85%	9/10	7/10
Birlashtirilgan proyeksiya modeli [44]	96%	150 ms	95%	10/10	8/10

Ushbu jadval turli xil buzilishlarni to'g'rilash algoritmlarining raqamli reytingini taqdim etadi, bu muayyan ilovalar uchun optimal usulni tanlashda yordam beradi. Algoritmni tanlash aniqlik talablariga, bajarilish vaqtiga, shovqinga chidamliligiga va mavjud apparat resurslariga bog'liq.

2-Jadval. Yorqinlikni sozlash algoritmlari qiyosiy tahlili va natijalari tavsifi

Algoritm	Yorqinlikni sozlash aniqligi (%)	Moslashish tezligi (ms)	Barqarorlik (miltillash qarshiligi) (%)	Shovqinni kamaytirish (%)	Haqiqiy vaqtda ishlash (ballar)
Histogram Equalization [24]					
Moslashuvchan gistogramma tenglashtirish (CLAHE) [45]	90%	150 ms	85%	60%	7/10
Gamma tuzatish [46]	70%	50 ms	70%	40%	9/10
Yorqinlikni saqlaydigan bi-gistogramma tenglashtirish [47]	85%	120 ms	80%	50%	7/10
Dinamik diapazonni siqish [48]	90%	60 ms	90%	75%	9/10

Ushbu raqamli qiymatlar har bir algoritm yorqinlikni boshqarish bilan qanchalik samarali ishlashini baholashga va ma'lum bir vazifa uchun eng mosini tanlashga yordam beradi, ayniqsa real vaqt muhitida.

3-Jadval. Tasvirni filtrlash algoritmlari va ularning natijalari tavsifi

Algoritm	Shovqinni pasaytirish aniqligi (%)	Qismlarni saqlash (%)	Vizual artefaktlar (%)	Ishlash tezligi (ms)	Har turdagi shovqinlarga qarshilik (%)	Tasvir mazmuniga moslashish (nuqta)
Gauss xiralashi shi [49]	70%	50%	10%	50 ms	60%	4/10
Median filtri [50]	80%	70%	15%	100 ms	75%	5/10
Ikki tomonlama filtr [51]	85%	80%	10%	150 ms	80%	7/10
Mahalliy bo'lmagan vositalarni filtrlash [52]	90%	85%	5%	500 ms	90%	8/10
Anizotrop diffuziya [53]	85%	90%	10%	300 ms	85%	9/10

Ushbu jadval shovqinni pasaytirish, tafsilotlarni saqlash, ishlash tezligi va turli xil shovqinlarga chidamlilik uchun maxsus talablaringiz asosida eng mos algoritmni tanlashga yordam beradigan turli xil tasvirlarni filtrlash algoritmlari uchun raqamli reytinglarni taqdim etadi.

4-Jadval. Rangni tuzatish algoritmlari va ularning natijalari

Algoritm	Aniqlik (%)	Rasmning tabiiyligini saqlash (%)	O'zgaruvchan yorug'lik sharoitida barqarorlik (%)	Oq rang balansini tuzatish (%)	Ishlash tezligi (ms)
Kulrang dunyo algoritmi [54]	70%	60%	50%	60%	30 ms
Oq patch Retinex [55]	85%	80%	65%	85%	40 ms
Kulrang soyalar algoritmi [56]	80%	75%	70%	75%	50 ms
Asosiy komponent tahlili (PCA) rangini tuzatish [57]	90%	85%	80%	90%	100 ms
Bayes rang doimiyligi [58]	92%	90%	85%	90%	150 ms

Ushbu jadval turli xil ranglarni to'g'rilash algoritmlarini aniqlik, tabiiylikni saqlash, o'zgaruvchan yorug'lik sharoitida barqarorlik, oq rang balansini tuzatish va tezlik kabi bir nechta mezonlarga ko'ra solishtirish imkonini beradi. Bu sifat va ishlash o'rtasidagi muvozanatni hisobga olgan holda, muayyan vazifalar uchun eng mos algoritmn tanlashga yordam beradi.

5-Jadval. Shovqinni kamaytirish algoritmlari va ularning natijalarini tavsiflovchi jadval

Algoritm	Aniqlik (%)	Qismlarni saqlash (%)	Vizual artefaktlar (%)	Ishlash tezligi (ms)	Barqarorlik (%)
Vena filtri [59]	85%	70%	10%	80 ms	80%
Median filtri [60]	80%	75%	15%	100 ms	85%
Mahalliy bo'lmagan vositalarni filtrlash [61]	90%	85%	5%	500 ms	90%
Jami o'zgaruvchanlikni yo'q qilish [62]	88%	80%	10%	300 ms	85%
BM3D (Blok-moslash va 3D filtrlash) [63]	95%	90%	5%	1000 ms	95%

Ushbu jadval aniqlik, tafsilotlarni saqlash, ishlash tezligi va turli xil shovqinlarga chidamlilik talablari asosida eng mos algoritmn tanlashga yordam beradigan turli xil shovqinlarni kamaytirish algoritmlarining raqamli reytingini taqdim etadi.

Xulosalar

Inson yuz tasvirini aniqlashning avtomatlashtirilgan tizimidan foydalanish uchun insonning ko'rish qobiliyatini taqlid qilish uchun mo'ljallangan sensorlar, kameralar va raqamli tasvirlarni hosil qilish dasturiy ta'minot algoritmlarining integratsiyalashgan to'plami o'rganib chiqildi. Vizual ma'lumotlarni ko'rsatish, qayta ishlash va tahlil qilish uchun zarur bo'lgan vositalar va metodologiyalarni taqdim etadigan kompyuter grafikasi tamoyillari chuqur o'rganib chiqildi.

Ob'ektlarning tasvirini qanday yaratishini tushunish uchun ko'rish maydonida ob'yektlar sirtlariga yorug'lik manbasidan tushib qaytgan nur(yorug'lik to'lqin)larni qabul qilish va raqamlashtirish bilan bog'liq masalalarning texnik vositalar, matematik modellari va algoritmlari tadqiq qilinadi va ishni maqsadi belgilab olindi.

Kameralardan olingan tasvirlarni raqamli ko‘rinishida kompyuterga uzatilishi, unda yuz sohasining joylashishini hamda uning asosiy xususiyatlariga (ko‘zlar, og‘iz, qoshlar, burun va boshqalar) ko‘ra aniqlaydigan maxsus mavjud algoritmlar keng tahlil etildi.

Tasvirlarni aniqlash, ranglarni ajratish, miqdorini aniqlash muommolarida belgilar fazosini shakllantirish, ya’ni boshlang‘ich ma’lumotlarga ishlov berish ham tasvirlarni tanib olishda qo‘llaniladigan usullar keltirilgan va keng tahlil qilingan.

Robot ko‘z analizatori tizimini inson yuzi videotasviri asosida qurishning qiyosiy tahlili, ularning o‘ziga xos funksiyalari, yutuq va kamchiliklari chuqur o‘rganildi. Natijasida ilmiy tadqiqot masalasining qo‘yilishi va maqsadi shakllantirildi.

Qo‘llanilgan adabiyotlar:

- [1] Cheremkhin P.A. et al (2014). Use of spectral characteristics of DSLR cameras with Bayer filter sensors. J. Phys.: Conf. Ser. 536 012021 DOI 10.1088/1742-6596/536/1/012021
- [2] Рейнхард Клетте. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы / пер. с англ. А. А. Слинкин. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 506 с.: ил.
- [3] Дёмин А.Ю. Основы компьютерной графики: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 191 с.
- [4] Nazirov Sh.A., Nuraliyev F.M., To‘rayev B.Z. Kompyuter grafikasi va dizayn. O‘quv qo‘llanma. –T.: «Fan va texnologiya», 2015, 256 bet.
- [5] Beyerer, Jürgen & León, Fernando & Frese, Christian. (2015). Machine Vision: Automated Visual Inspection: Theory, Practice and Applications. 10.1007/978-3-662-47794-6.
- [6] Singh, Abhilasha & Venkatesan, Kalaichelvi & Karthikeyan, Ramanujam. (2022). A survey on vision guided robotic systems with intelligent control strategies for autonomous tasks. Cogent Engineering. 9. 10.1080/23311916.2022.2050020.
- [7] Erik R. Ranschaert, Sergey Morozov, Paul R. Algra. (2019). Artificial Intelligence in Medical Imaging. Springer Nature Switzerland AG 2019. XV, 373 p. doi.org/10.1007/978-3-319-94878-2.