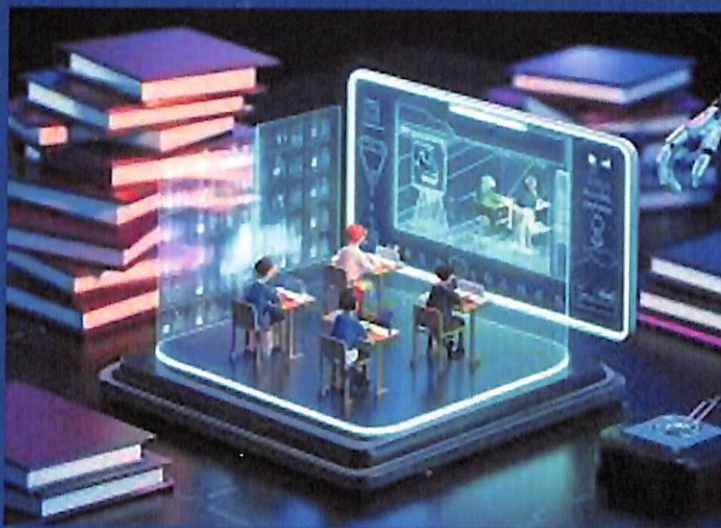


S. S. NORMURODOV

**TALABALARGA RAQAMLI
MEDIA MATN VA TASVIR BILAN
ISHLASH ALGORITMINI
O'RGATISHNING ZAMONAVIY
PEDAGOGIK TEXNOLOGIYASI**



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI
DENOY TADBIRKORLIK VA PEDAGOGIKA INSTITUTI**

NORMURODOV SADRIDDIN SALIM O'G'LI

**TALABALARGA RAQAMLI MEDIA MATN VA TASVIR
BILAN ISHLASH ALGORITMINI O'RGATISHNING
ZAMONAVIY PEDAGOGIK TEXNOLOGIYASI**

Denov-2025

UDK: 371.013.31+373.093.33(075.8)

KBK: 76.200ya75

N 65

S.S.Normurodov

Talabalarga raqamli media matn va tasvir bilan ishlash algoritmini o'rgatishning zamonaviy pedagogik texnologiyasi. // Monografiya. – “TerDU NMM” nashriyoti, 2025. - 120 b.

Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti kengashining 2025-yil 28-noyabrdagi 4-sonli bayonnomasiga asosan nashrga tavsiya etilgan.

Mazkur monografiyada talabalarga raqamli media matn va tasvir bilan ishlash algoritmini o'rgatishning zamonaviy pedagogik texnologiyasi haqida so'z yuritilgan. Shuningdek, monografiyada muallifning tasvirga ishlov berish uchun chuqur o'rganish algoritmini ishlab chiqishga oid masalalar bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlarida erishilgan natijalari yoritilgan.

Monografiyadan oliy ta'lim muassasalarining talabalari, magistrarlari, sohaga doir ish faoliyati bilan shug'ullanuvchi hodimlarga mo'ljallangan.

Mas'ul muharrir:

Shomirzayev Maxmatmurod Xuramovich

Pedagogika fanlari doktori, professor

Taqrizchilar:

F.S.Safarov. Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti “Boshlang'ich ta'lim” kafedresi p.f.f.d. (PhD).

O.A.Jo'rayev. Termiz davlat universiteti “Kompyuter injiniring” kafedresi mudiri i.f.f.d. (PhD).

ISSN: 978-9910-612-81-7

© S.S.Normurodov

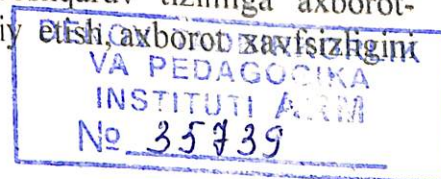
© “TerDU NMM” nashriyoti, 2025-y

KIRISH

Jahonda tasvirlarga raqamli ishlov berish usullari asosida biometrik texnologiyalarni rivojlanishtirishga alohida ahamiyat berilmoqda. Bunga asosiy sabablar bo'lib, bir tomondan davlat va tijorat tuzilmalarining biometrik texnologiyalarga qiziqishining oshishi, boshqa tomondan esa axborotni qayd etish, saqlash, qayta ishlash va uzatishning texnik vositalarining jadal sur'atlar bilan rivojlanishi hisoblanadi. Shuning uchun ham hozirgi kunda odamning noyob biometrik parametrlari asosida biometrik texnologiyalarni ishlab chiqish va rivojlantirish muhim ilmiy masalalardan biri bo'lib qolmoqda. Ushbu sohada rivojlangan xorijiy mamlakatlarda, shu jumladan, AQSH, Fransiya, Hindiston, Rossiya Federatsiyasi, Xitoy, Yaponiya, Germaniya, Janubiy Koreya, Angliya va boshqa davlatlarda biometrik texnologiyalarni rivojlantirishning nazariy hamda amaliy masalalarini yechishga katta e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda biometrik obyektlar tasvirlariga ishlov berish va tahlil qilish uchun avtomatlashtirilgan tizimlar yaratishning mavjud usul va algoritmlarini takomillashtirish hamda yangi hisoblash algoritmlarini ishlab chiqishga yo'naltirilgan keng qamrovli ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, berilgan tasvirdagi biometrik obyektning joylashgan sohasini aniqlash va ushbu obyektning tavsiflovchi identifikatsion belgilarini ajratish asosida uni tanib olish algoritmlarini ishlab chiqish, shuningdek, ushbu algoritmlar asosida shaxsni tanib olish uchun apparat va dasturiy tizimlarni yaratish axborot texnologiyalarini rivojlantirishning muhim vazifalaridan biri hisoblanadi.

Respublikamizda mazkur yo'nalishda raqamli tasvirlarga qayta ishlov berish va intellektual tahlil qilish asosida shaxsni biometrik identifikatsiyalash uchun avtomatlashtirilgan tizimlarni ishlab chiqish va amaliyotga keng joriy etishga alohida e'tibor qaratilmoqda. 2017-2021-yillarda O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasida, jumladan «... iqtisodiyot, ijtimoiy soha va boshqaruv tizimiga axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini joriy etish, axborot xavfsizligini



ta'minlash va axborotni himoya qilish tizimini takomillashtirish, axborot sohasidagi tahdidlarga o'z vaqtida va munosib qarshi harakatlarni tashkil etish» vazifalari belgilangan. Xususan, mazkur vazifalarni amalga oshirishda biometrik texnologiyalardan foydalanib axborot tizimi va kompyuter tarmoqlariga kirishni nazorat qilish hamda boshqarish tizimlarini yaratish axborot xavfsizligini ta'minlashning muhim masalalaridan biri hisoblanadi. Shuning uchun tasvirdagi obyektning belgilarini ajratish va tanib olish masalalarini yechish nuqtai nazaridan raqamli tasvirlarga ishlov berish usul va algoritmlarni rivojlantirish hamda ularni axborot xavfsizligini ta'minlovchi tizimlarda qo'llash dolzarb muammo hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018-yil 19-fevraldagi PF-5349-son «Axborot texnologiyalari va kommunikatsiya sohasini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida», 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079 «Raqamli O'zbekiston – 2030 strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi Farmonlari, 2017-yil 29-avgustdagi PQ-3245-son «Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasidagi loyihalarni boshqarish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida», 2020-yil 28-apreldagi PQ-499-son «Raqamli iqtisodiyot va elektron hukumatni keng joriy etish chora tadbirlari to'g'risida», 2021-yil 17-fevraldagi PQ-4996-son «Sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to'g'risida»gi Qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Muallif mazkur kitobni oliy ta'limda tahsil olayotgan va ilmiy ish olib borayotgan magistrant, tadqiqotchilarga foydali deb hisoblaydi hamda mutaxassislar tomonidan beriladigan tanqidiy mulohaza va tavsiyalarni hamda kitobni yanada takomillashtirish borasida bildirgan hamkorlik takliflarini minnatdorlik bilan qabul qiladi.

I BOB. TASVIRLARGA ISHLOV BERISHDA ZAMONAVIY USULLARINING TAHLILI

1.1-§. Tasvirlarni qayta ishlashda chuqur o'rganish algoritmlari ahamiyati

Tasvirlarni qayta ishlashdagi algoritmlarni qisqa vaqt ichida yuqori sifatli tasvirlar yoki ma'lumotlarni olish uchun tasvirlarni qayta ishlash uchun ishlatiladigan usullar sifatida aniqlash mumkin. Algoritmning umumiy ma'nosi muammoni hal qilish yoki vazifani bajarish bo'yicha ko'rsatmalar to'plami. Shunday qilib, tasvirni qayta ishlashda algoritmlarni muhokama qilishda avval tasvirni qayta ishlash vaqt jadvalini, so'ngra ularning ilovalarini muhokama qilaylik. Raqamli kompyuterlar narxining pasayishi va oddiy odamlar uchun tasvirni qayta ishlash texnikasining arzonligi tufayli tasvirni qayta ishlash sohasi doimiy ravishda rivojlanib bormoqda. Yillar davomida tasvir morfologiyasi, neyron tarmoqlari, to'liq rangli tasvirni qayta ishlash, tasvir ma'lumotlarini siqish, tasvirni aniqlash va bilimga asoslangan tasvirni tahlil qilish tizimlariga qiziqish darajasi sezilarli darajada oshdi.

Tasvirlarni Qayta ishlashda hozirgi kunda mavjud algoritmlar haqida qisqacha ma'lumot keltirib o'tamiz. Bunda tasvirlarga ishlov berishda chuqur o'rganish algoritmlarning o'rnini alohida ekanligini ko'rishimiz mumkun bo'ladi.

1) Otsu usuli-algoritm piksellarni ikkita sinfga, oldingi va fonga ajratadigan bitta intensivlik chegarasini qaytaradi.

2) Konvolyutsion neyron tarmoq-chuqur o'rganishda konvolyutsion neyron tarmoq (CNN yoki ConvNet) chuqur neyron tarmoqlar sinfidir, ko'pincha vizual simageriyani tahlil qilish uchun qo'llaniladi. Ular, shuningdek, o'zgaruvchan o'zgarimas yoki kosmik o'zgarimas sun'iy neyron tarmoqlari sifatida ham tanilgan (SIANN), ularning umumiy og'irlikdagi arxitekturasi va tarjima invariantligi xususiyatlariga asoslanib.

3) Fuzzy logic controller-loyqa boshqaruv tizimi – bu loyqa mantiqqa asoslangan boshqaruv tizimi-klassik yoki raqamli mantiqdan farqli o'laroq, 0 dan 1 gacha bo'lgan doimiy qiymatlarni

qabul qiladigan mantiqiy o'zgaruvchilar nuqtai nazaridan analog kirish qiymatlarini tahlil qiladigan matematik tizim.

4) triangulyatsiya-kompyuterni ko'rishda triangulyatsiya 3D fazodagi nuqtani ikki yoki undan ortiq tasvirga proektsiyalarini hisobga olgan holda aniqlash jarayonini anglatadi.

5) optik oqim tahlili-optik oqim chiziqli tezlikning tezligi va yo'nalishiga nisbatan chuqurlik ma'lumotlarini va 3D o'qlarning har biri uchun aylanish tezligini baholashga imkon beradi.

6) EMD usuli-EMD-bu vaqt domenidan chiqmasdan signalni buzish usuli. Buni boshqa tahlil usullari bilan taqqoslash mumkin. Fure konvertatsiyasi va to'liq parchalanish.

7) qo'llab-quvvatlash vektor mashina-mashina ta'lim, qo'llab-quvvatlash-vektor mashinalari (SVMs, shuningdek, qo'llab-quvvatlash-vektor tarmoqlari) tasnifi va tushish tahlil qilish uchun ishlatiladigan ma'lumotlarni tahlil bog'liq ta'lim algoritmlari bilan ta'lim modellari nazorat qilinadi.

8) AdaBoost - AdaBoost klassifikatori bir nechta yomon ishlaydigan klassifikatorlarni birlashtirib, kuchli Klassifikatorni yaratadi, shunda siz yuqori aniqlikdagi kuchli klassifikatorga ega bo'lasiz.

9) yashirin Markov tasodifiy maydoni (HMRF) modeli va kutish-maksimalashtirish (EM) algoritmi-EM-HMRF yondashuvi segmentatsiya jarayonini yaxshilash uchun fazoviy ma'lumotlarni hisobga olgan holda amalga oshiriladi, bu esa o'z navbatida yondashuvni sekinlashtiradi va natijada uni qabul qilishni oldini oladi. uch o'lchovli kabi Real vaqtda dasturlar tibbiy tasvir segmentatsiyasi.

10) pastki pikselli korrelyatsiya-raqamli tasvir korrelyatsiyasida pastki pikselli ro'yxatga olish algoritmidan foydalanish aniqlikni oshirishning asosiy texnikasi sifatida qaraladi.

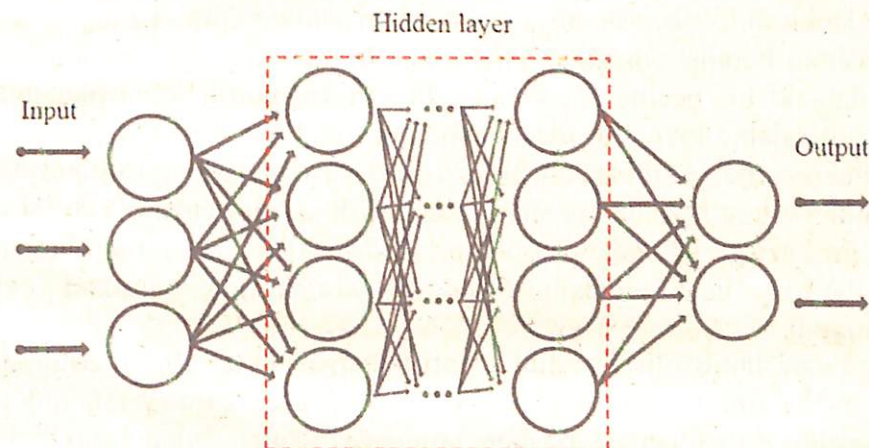
11) defekt detektori algoritmi-nuqsonlarni aniqlash algoritmi tarixiy mahsulot nasabnomasi ma'lumotlari bo'yicha o'qitilgan mashinani o'rganish modeli yordamida ishlab chiqarilgan mahsulotdagi sifat nuqsonini Real vaqtda bashorat qilishga imkon beradi,

12) Canny Edge Detection-Canny edge detection-bu ikkilik chiqish tasvirini ishlab chiqaradigan ko'p bosqichli, ko'rishni qayta ishlash algoritmi Canny edge detection ahamiyatsiz tasvir ma'lumotlarini olib tashlashi mumkin va har bir piksel uchun oddiy ikkilik chiqishga ega.

13) spiht algoritmi-ierarxik daraxtlarda bo'linishni o'rnatish (SPIHT) tasvirni siqish algoritmi bo'lib, u tasvirning to'liq parchalanishida pastki chiziqlar bo'ylab o'ziga xos o'xshashliklardan foydalanadi.

1.2-§. Chuqur o'rganish algoritmlari yordamida shaxsni identifikatsiyalash usullari va algoritmlari tahlili

1.1-rasm. Yuz tasvirini kamera orqali masofadan olish



Biometrik usullar shaxsni uning fiziologik yoki xulq-atvor belgilariga asoslangan holda identifikatsiyalashda qo'llanadi. Avvalgi paragrafda ushbu biometrik usullardan bir nechtasining qiyosiy tahlili keltirib o'tildi. Yuzni tanib olish usuli boshqa biometrik usullar bilan taqqoslaganda bir qator afzallik va qulayliklarni taqdim etadi. Masalan, deyarli barcha biometrik usullar foydalanuvchi tomonidan ma'lum bir harakatni, ya'ni foydalanuvchi uni tizimda identifikatsiya qilinishi uchun qo'lini yoki barmog'ini skanerga qo'yishi, yoki ko'zning rangdor pardasini tanib olish uchun kamera qarshisida foydalanuvchining ma'lum bir pozada harakatsiz

turishini talab etadi. Biroq, yuzni tanib olish jarayoni passiv ravishda bajarilib, foydalanuvchi tomonidan biror ortiqcha harakat va aktivlikni talab etmaydi, chunki yuz tasvirini kamera orqali masofadan olish mumkin (1.1-rasm). Bu usuldan xavfsizlik va kuzatuv maqsadlarida foydalanilishi juda foydali bo'ladi. Ko'zning rangdor pardasi va qorachig'ini tanib olish qurilmalari qimmat va bu qurilmalar tananing ixtiyoriy harakatlariga sezgir bo'ladi. Ovozni tanib olish usuli jamoat joylaridagi tashqi fon shovqinlar va tabiiy fiziologik o'zgarishlarga nisbatan chidamsiz bo'ladi. Qo'lyozma imzolari o'zgartirilshi yoki sohtalashtirilishi mumkin. Lekin, yuz tasvirlarini uncha qimmat bo'lmagan kameralar yordamida turli rakurslardan olish imkoniyati mavjud. Yuzni tanib olishning barqaror algoritmlari va ularga mos ravishda tasvirlarga dastlabki ishlov berish orqali tasvirdagi shovqinlarni kamaytirish, masshtab hamda yoritilganlikni rostlash mumkin. Bir qurilmadan foydalanib bir nechta foydalanuvchilarni biometrik identifikatsiya qilishini talab qiluvchi usullar, ushbu qurilma bilan turli shaxslarning kontakti natijasida unda zararli mikroblar va viruslarning to'planishi, hamda boshqa foydalanuvchilarga tarqalish xavfini yuzaga keltiradi. Lekin hozirgi jahondagi pandemiya sharoitida yuzni tanib olish usullarini qo'llash foydalanuvchilarning salomatligiga umuman xavf solmaydi.

Yuzni tanib olish usulini identifikatsiyalash aniqligini oshirish uchun ko'zning rangdor pardasini tanib olish, barmoq izi, quloq tasvirini tanib olish va boshqa biometrik usullar bilan birgalikda qo'llaniladi [2-7].

Yuzni tanib olish – bu obyektlarni tanib olish ilmiy yo'nalishining o'ziga xos va murakkab holi hisoblanadi. Bu muammoning murakkabligi umumiy holatda yuzlarning old tomondan taxminan bir xil ko'rinishi va ular orasidagi farq uncha katta emasligida aks etadi [9-21]. Bundan tashqari inson yuzi noyob va statik obyekt emas.

Inson yuzi ko'rinishini o'zgartirishga olib keladigan ko'plab omillar mavjud. Bu omillar yuzni tanib olishni murakkablashtiradi. Yuz ko'rinishini o'zgartiruvchi omillarni ikki asosiy guruhlariga

ajratish mumkin: ichki va tashqi omillar [22]. Ichki omillar yuzning fiziologik xususiyatlariga bog'liq bo'lib, tabiiy va mustaqil bo'ladi. Tashqi omillar yorug'likning yuzga tushishi natijasida yuzning tashq ko'rinishini o'zgarishiga olib keladi. Bunday omillar yoritilganlik, masshtab, poza va tasvirning parametrlari (kengaytma, fokus, tasvirdagi shovqin, xalaqitlar va h.k.) kabilarni o'z ichiga oladi [23].

Shaxsni uning yuzi tasviri asosida tanib olish ikki asosiy masalalarni hal etishda qo'llanadi:

1. Verifikatsiya (birga-bir taqqoslash) – noma'lum shaxsning yuz tasviri uning shaxsini tasdiqlash so'rovi bilan taqdim etilganda, ushbu

shaxsning haqiqatda kim ekanligini aniqlash. Boshqacha aytganda, shaxsni ayni paytda kameradan olingan tasviri uning shaxsini tasdiqlovchi hujjatidagi tasviri bilan o'zaro taqqoslanadi va bu tasvirlar aynan bir shaxsga tegishli yoki tegishli emasligi aniqlanadi.

2. Identifikatsiya (birga-ko'p taqqoslash) – kamera orqali olingan noma'lum shaxsning yuz tasviri orqali uning kim ekanligini, barcha mavjud ma'lumotlar bazalaridagi ma'lum shaxslarning yuz tasvirlari bilan taqqoslash orqali tasdiqlash.

Ushbu ikki maqsadlarda yuzni tanib olish tizimlaridan foydalanilayotgan ko'plab sohalar mavjud, ulardan bir nechtasi quyida keltirilgan:

– Xavfsizlik (binolar, aeroportlar, bankomatlar va chegaradagi nazorat punktlariga kirishni boshqarish va nazorat qilish [1,3]; kompyuterlar/tarmoqlar xavfsizligini ta'minlashda [4]; multimedia ishchi stansiyalaridagi elektron pochta autentifikatsiyasida).

– Kuzatuv (jinoyatchilar, narkotik modda sotuvchilar va boshqalarni ko'p sonli kamerali viyeokuzatuv tizimlari yordamida qidirish va ularning joylashuvi to'g'risida huquqni muxofaza qilish organlariga xabar berishda, yo'l harakati qoidalari buzilishini qayd etishda va h.k.).

– Aholini ommaviy ravishda ro'yxatdan o'tkazish (saylovchilarni ro'yxatga olish, yangi tug'ilgan chaqaloqlarni aniqlash, migrantlar nazorati, pasport rejimi, milliy guvohnomalar

berish va h.k.) [7].

- Huquqni muhofaza qilish (ekspert-kriminalistik tahlil, jinoyat joyini tekshirish, sud-tibbiy ekspertiza va h.k).

- Video indekslash (video-oqimlar kadrlaridagi yuzlarni belgilash) [10,11].

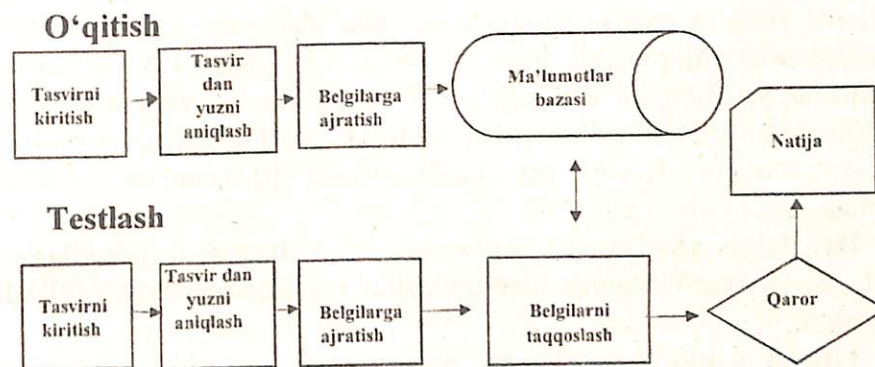
- Guvoh ko'rsatmasi asosida fotorobotlar ishlab chiqish [12].

Yuqoridagilarga qo'shimcha ravishda, yildan-yilga yuzni tanib olish

texnologiyasining asosiy usullari ham takomillashib bormoqda, ya'ni, gender tasniflash [13,15], yuz ifodasini aniqlash [16,17], yuzning lokal komponentalarini aniqlash hamda ularni kuzatish [18] kabi imkoniyatlar yaratilmoqda. Bu imkoniyatlarning har biri turli sohalarda o'z samarasini bermoqda, masalan, yuz ifodasini aniqlash tibbiyot sohasida intensiv terapiya monitoringi uchun ishlatilishi mumkin [19], yuzning lokal komponentalarini aniqlash esa haydovchilarni ko'zlarini kuzatish hamda charchoq alomatlarini baholash orqali baxtsiz hodisalarni oldini olishda qo'llanilishi mumkin [20], shuningdek yuz ifodalarini kuzatish orqali stressni aniqlash imkoniyatini beruvchi tizimlar ham mavjud [21].

Hozirgi kundagi yuzni tanib olish tizimlari cheklangan sharoitlarda yaxshi ishlasa ham, bu tizimlarning aksariyatida tashqi ta'sir etuvchi omillarning keskin o'zgarishi natijasida aniqlik darajasining keskin pasayishi kuzatiladi.

Ishonchli yuzni tanib olish tizimlarida odatda uch asosiy bosqich bajariladi: yuz sohasini aniqlash, belgilar ajratish va yuzni tanib olish bosqichlari (1.2-rasm).



1.2-rasm. Yuzni tanib olish tizimi tuzilishi

Yuz sohasini aniqlash bosqichi tizimga kiruvchi tasvirdan maxsus algoritmlar yordamida inson yuzi joylashgan sohani qidirib topish va uning joylashuvini belgilashdan iborat bo'ladi. Belgilar ajratish bosqichida esa avvalgi bosqichda aniqlangan ixtiyoriy yuz sohasidan belgilar vektori hosilqilinadi. Va nihoyat, yuzni tanib olish bosqichida ikkinchi bosqichda shakllantirilgan belgilar vektorini, ma'lumotlar bazasida mavjud yuz belgilari bilan moslikni tekshirib (*template matching*), shaxsni identifikatsiya qiladi [3,23].

2D yoki 3D tasvirlardan inson yuzini identifikatsiya qilish uchun hozirgi vaqtda bir necha xil yondashuvlarga asoslangan biometrik tizimlar ishlab chiqilgan. Ushbu tizimlar bir-biridan tasvirdan yuz sohasini qidirish va yuzni tanib olish usullari bilan farqlanadi.

Yuzni tanib olish usullari uch asosiy toifaga bo'linadi: xolistik, belgilarga asoslangan va gibril [4-48]. Birinchi toifadagi usullarda yuzni tanib olishda butun yuz tasviri tizimga kiruvchi ma'lumot sifatida qaralib, yuzni tanib olinadi. Ikkinchi toifa usullar yuzni tashkil etuvchi komponentalar asosida tanib olish amalga oshiriladi. Uchinchi toifadagi usullar bir vaqtda lokal va global belgilardan foydalanish asosida tanib olish aniqligini oshirish maqsadida qo'llaniladi. Ushbu usullarning tavsifi quyida keltiriladi.

Belgilarga asoslangan usullar. Bu usulda kiruvchi tasvirdan dastlab yuzni tashkil etuvchi lokal komponentalar (belgilar) hisoblanuvchi qoshlar, ko'zlar, burun va og'iz kabi o'ziga xos komponentalar aniqlanadi va ajratib olinadi, shuningdek zarur

hollarda yuzning maxsus nuqtalari hamda ular orasidagi geometrik munosabatlar qiymatlari ham hisoblab chiqiladi. Kiruvchi yuz tasviridan yuzning lokal komponentlarining har biri uchun alohida belgilar vektori hosil qilinadi. Bu vektorlar asosida yuzni tanib olish uchun statistik timsollarni tanib olishning standart usullari qo'llaniladi.

Belgilarga asoslangan usullar turli vizualizatsiya sharoitlarida ishlaydi va ularni yuqori samaradorlikka erishish uchun qo'llash mumkin.

Gibrid usullar. ko'zlangan natijani olish uchun qo'llanuvchi global va lokal konsepsiyalarni birlashmasi hisoblanadi. Agar yuzning har bir komponentasini ajratib olish imkonini bo'lsa, xolistik (global) belgilarni ajratish zarurati bo'lmaydi [1].

Belgilarga asoslangan usullarning afzalligi sifatida kiruvchi tasvirdagi yuzning joylashuvi o'zgaruvchan va murakkab bo'lgan holatlarda ham yuzni tanib olish imkoniga ega ekanligini ko'rsatish mumkin [37]. Umuman olganda ushbu usullarni tasvir oriyentatsiyasi, o'lchami va yoritilganligiga nisbatan invariant deb hisoblash mumkin [57]. Ushbu usulning boshqa afzalliklariga yuz tasvirini ixcham tasvirlash va yuqori tezlikda ishlay olish imkoniyatlari kiradi [58].

Mazkur usulning asosiy kamchiligi sifatida belgilarni avtomatik ajratib olish murakkabligi va ushbu belgilar orasidan qaysilari muhim ekanligi tanlovi dasturchi zimmasiga yuklanishi hisoblanadi.

Bugungi kunga kelib, yuqori ishonchlilik va aniqlik bilan yuzni tanib olishning ko'plab yondashuvlari ishlab chiqilgan. Biroq, boshning yo'nalishi, yoritilganlik sharoitlari va yuz ifodalari kabi turli xil muammolar tufayli ba'zi masalalar hali ham o'z yechimini topgani yo'q. Ushbu muammolarni hal qilish uchun yangi usullar va ular asosida ishonchli yuzni aniqlash tizimlari ishlab chiqilmoqda. Biroq, bu usullar katta hajmdagi xotirani talab qiladi va hisoblash jihatidan nisbatan murakkab hisoblanadi. Quyida yuz tasviri asosida shaxsni identifikatsiyalashning mavjud usullari va algoritmlari tahlili keltiriladi.

Antropometrik usul (Geometrical Features). Bu usul uzoq

vaqtdan beri sud tibbiyotida qo'llaniladi, bunda o'lchovlar va taqqoslashlar qo'lda amalga oshiriladi. Ushbu usulni kompyuterni qo'llash orqali amaliyotga joriy etishning paydo bo'lishi, avvallari qo'lda bajarilib kelingan amallarni avtomatlashtirish imkonini berdi [1]. Usulning asl mohiyati yuzning asosiy nuqtalarini (yoki sohalarni) aniqlash va so'ngra belgilar to'plamini shakllantirishdan iborat. Har bir belgi mos ravishda asosiy (antropometrik) nuqtalar orasidagi masofa yoki bunday masofalarning nisbatiga teng hisoblanadi. Eng informativ belgilar to'plami eksperimental tarzda aniqlanadi [3].

Asosiy nuqtalar ko'zning burchaklari, lablar, burun uchi, ko'zning markazi va boshqalar bo'lishi mumkin. Asosiy sohalar sifatida, ko'zlar, burun va og'iz kabi yuzning asosiy komponentalari joylashgan to'rtburchak sohalar bo'lishi mumkin. Biometrik tanib olish jarayonida noma'lum shaxs yuzining antropometrik belgilarini ma'lumotlar bazasida mavjud shaxslar yuzlarining belgilari bilan taqqoslanadi [3].

Ushbu usulni identifikatsiyalashda qo'llanilishida yuzga keladigan birlamchi muammo – bu ma'lum bir inson yuzini unikal tarzda tavsiflovchi xarakterli nuqtalar to'plamini tanlash hisoblanadi. Bunday holda, quyidagi talablarni hisobga olish kerak: identifikatsiyaga asoslanuvchi yuz yoki yuz komponentalarida joylashgan nuqtalar soch turmagi, soqol, niqob va boshqalar bilan to'silgan bo'lmasligi kerak; tanib olish jarayonining tasvir masshtabidan mustaqilligini ta'minlash uchun identifikatsion nuqtalar tizimini ular o'rtasidagi munosabat asosida tavsiflash maqsadga muvofiqdir; tanlangan nuqtalar tizimi tasvirga olish rakursining kichik o'zgarishiga (boshning kichik burchakka burilishi, egilishi, yuz ifodasining o'zgarishi va boshqalarga) nisbatan tanib olish jarayonining barqarorligini ta'minlashi kerak; yuqoridagi talablarni qondiradigan tizimning xarakterli nuqtalari soni minimal bo'lishi kerak, chunki algoritmlarning hisoblash qiymati odatda ularning soniga proporsional bo'ladi [3].

Ushbu usulga ko'ra, tanib olish natijasi ko'p jihatdan antropometrik nuqtalar tizimini va ularni aniqlash usullarini tanlash bilan belgilanadi. Shuningdek, yuzning joylashuv yo'nalishi va

tasvirda shovqinlar bo'lmashligi bo'yicha ham muhim talablar qo'yiladi [3].

Hozirgi vaqtda, turli xarakterli nuqtalar to'plamidan foydalangan holda yuzni tanib olish va ular asosida qurilgan tizimlarning samaradorligini tahlil qilish tadqiqotlariga bag'ishlangan juda ko'p ishlarmavjud [1-3].

Bosh komponentlar usuli (*Eigenfaces*). Eng rivojlangan va ommabop keng qo'llanuvchi usullardan biri bu Karunen-Loyeve tomonidan taklif etilgan o'zgartirishlarga asoslangan bosh komponentlar usuli (ko'p hollarda, xos vektorlar yoki xos yuzlar usuli deb ham ataladi) hisoblanadi [4-6].

Har qanday raqamli tasvirni belgilar fazosida vektor sifatida ko'rsatish mumkin. Agar tasvir $w \times h$ piksellar bilan tavsiflangan bo'lsa, bu vektor tegishli bo'lgan eng oddiy vektorlar fazosining o'lchami w va h ko'paytmasiga teng bo'ladi hamda shunga mos ravishda bunday vektorlar fazosining bazisi $w \times h$ vektorlardan iborat bo'ladi. Biroq, barcha inson yuzlari bir-biriga o'xshashligi sababli (oval shakl ichida joylashgan burun, og'iz, ko'zlar va boshqalar), yuzlarning tasvirlarini tavsiflovchi barcha vektorlar ushbu vektorlar fazosining cheklangan tor sohasiga joylashtiriladi. Shuning uchun, insonlarni yuz tasviri asosida tanib olish muammosini hal qilishda, butun vektorlar fazosini tavsiflash va saqlash ratsional hisoblanmaydi. Shunga ko'ra, inson yuzlarining tasvirlari yanada ixcham tasvirlangan kichikroq o'lchamdagi fazoni qurish masasasi paydo bo'ladi. Variantlardan biri, bu o'zida joylashgan barcha yuz tasvirlarining asosiy komponentlari uning bazis vektorlari sifatida ifodalanuvchi fazo hisoblanadi. Bunday fazoning o'lchamini oldindan aniqlash mumkin emas, lekin u barcha tasvirlar vektorlar fazosining o'lchamidan ancha kichikdir. Yuqorida keltirilganlardan kelib chiqadiki, bosh komponentlarni tahlil qilish usulining asosiy maqsadi yuz tasvirlari to'plamiga tegishli bo'lgan "tipik" timsollarni iloji boricha yaxshiroq tavsiflash uchun belgilar fazosining o'lchamini sezilarli darajada kamaytirish hisoblanadi. Yuzlarni identifikatsiyalash uchun ushbu usuldan foydalanilganda, bunday timsollar sifatida o'quv tasvirlari xizmat qiladi [4].

Boshqacha qilib aytganda, bosh komponentlar tahlilidan foydalanib, yuz tasvirlarining o'quv tanlanmasidagi barcha turdagi o'zgaruvchanliklarni aniqlash va bir nechta o'zgaruvchilar yordamida ularni tavsiflash mumkin. Bu o'zgaruvchilar $w \times h$ - o'lchovli vektorlarni o'zida ifoda etadi va ular xos vektorlar deb ataladi. Agar bunday vektorlar tasvirga aylantirilsa, unda olinadigan tasvirlar taqdim etilgan o'quv tanlanmasining bosh komponentlarini (xos yuzlar deb ham ataladi) aks ettiradi [4].

Reprezentativ o'quv tanlanmasi asosida bir marta olingan xos vektorlar yoki yuzlar to'plami (1.2-rasm) ushbu xos vektorlarning vaznli kombinatsiyasini ma'lumotlar bazasida saqlash uchun taqdim etilgan barcha boshqa tasvirlarni kodlashda qo'llaniladi. Boshqacha aytganda, cheklangan miqdordagi xos vektorlardan foydalangan holda, kiruvchi tasvirga nisbatan yaxshilangan approksimatsiyani olish mumkin, bunda u ma'lumotlar bazasida bir vaqtning o'zida qidiruv kaliti sifatida xizmat qiladigan og'irliklar vektori sifatida saqlanadi [4].

Shunday qilib, tasvirlar joylashgan bazis vektorlar fazosining o'lchamini kamaytirish hisobiga ham tezlik, ham tanib olish aniqligi ko'rsatkichlari bo'yicha yaxshi natijalarga erishiladi [29].

Ko'rib chiqilayotgan usulning asosiy kamchiligi tasvirga olish sharoitlariga qo'yiladigan yuqori talablardir. Tasvirlar o'xshash yoritilganlik sharoitida, bir xil rakursda olinishi va tasvirlarni standart sharoitlarga (masshtab, aylantirish, markazlashtirish, yorqinlikni tenglashtirish, fonni kesib olish) olib keluvchi yuqori sifatli dastlabki ishlov berishni amalga oshirish kerak. Ko'zoynak, soch turmagi, yuz ifodasi va boshqa sinfiy o'zgarishlar kabi omillar mavjud bo'lmashligi kerak [4].

Graflarni taqqoslash usuli (*Graph Matching*). Ushbu usulga ko'ra, yuz tasvirlari lokal energiya spektrining qiymatlari bo'yicha belgilangan cho'qqilari va ba'zi geometrik masofalarga mos keluvchi og'irlik qiymatlari bo'lgan graflar bilan taqdim etiladi. Bu usul tegishli graf bilan ifodalangan bir tasvirni boshqasi bilan solishtirish jarayoniga asoslangan. Bunday jarayonni amalga oshirish uchun turli yondashuvlardan foydalanish mumkin. Ushbu yondashuvlardan biri

neyron tarmoqlar mexanizmidan foydalanishga asoslangan – dinamik bog‘lanishlar arxitekturasi (Dynamic Link Architecture – DLA) hisoblanadi [3, 7,8]. Uning yordami bilan [7,8] ishlarda mualliflar sun‘iy neyron tarmoqlarining bir nechta konseptual muammolarini hal qilishga harakat qilishgan, bu yerda eng keskin muammo neyron tarmoqlardagi sintaktik munosabatlarni ifodalash bo‘lgan. DLA sinaptik plastiklikdan foydalanadi va darhol tuzilgan graflarga guruhlangan neyronlar to‘plamini shakllantirishi va neyronli tizimlarning afzalliklarini saqlab qolish imkoniyatiga ega.

DLA obyektga bog‘liq bo‘lmagan standart xususiyatlar to‘plamidan foydalangan holda tasvirlarni aniqlashga, nosimmetrik operatsiyalarning katta guruhlariga avtomatik umumlashtirishga va bir martalik o‘qitish orqali yangi obyektни o‘rganishga imkon beradi, bu esa o‘qitish bosqichlariga sarflanadigan vaqtni kamaytiradi. Invariant obyektlarni tanib olishga fon, parchalanish, buzilish va o‘lchamni hisobga olgan holda bunday o‘zgarishlarda iloji boricha ishonchli bo‘ladigan elementar xususiyatlar to‘plamini tanlash orqali erishiladi [3,9] da veyvlet Gabor o‘zgarishlaridan foydalanilgan. Veyvletlar o‘zlarining chastotasi, joylashuvi va yo‘nalishi bilan xarakterlovchi belgilar detektori sifatida xizmat qiladi. Bundan tashqari, taqqoslash jarayonida qo‘shimcha sifatida ikkita chiziqli bo‘lmagan o‘zgartirishlar qo‘llaniladi.

Neyron tarmoqlariga asoslangan usullar (*Neural networks*). Ko‘p qatlamli perseptrondan foydalanish asosida qurilgan neyron tarmoqlari tasvirlar yoki signallarni kompyuterli tanib olishda keng qo‘llaniladi.

Neyron tarmoqlaridagi bajariladigan amallar ketma-ketligi quyidagilardan iborat: birinchi qadamda tasvir vektor ko‘rinishida kodlashtiriladi; ikkinchi qadamda vektorning har bir koordinatasi alohida neyron tarmog‘ining kiruvchi qatlamining neyronlariga joylashtiriladi; uchinchi qadamda neyron to‘rlari yordamida ushbu vektorlar qayta ishlanadi va natijada unga o‘qitishda xotiraga saqlangan tasvirga yaqin bo‘lgan tasvir aniqlanadi.

Neyron tarmoqlari asosida tanib olishni amalga oshirishdagi asosiy muammo bu – obyektни o‘qitish uchun maqbul funksiyalarni

tanlab olish hisoblanadi. Agar o‘qitish qoniqarli darajada bajarilmasa, tanib olish jarayonida tizim noto‘g‘ri ishlashi oqibatida xatoliklar keltirib chiqarishi mumkin. Ba‘zi hollarda shunday xolatlar ham kuzatiladi.

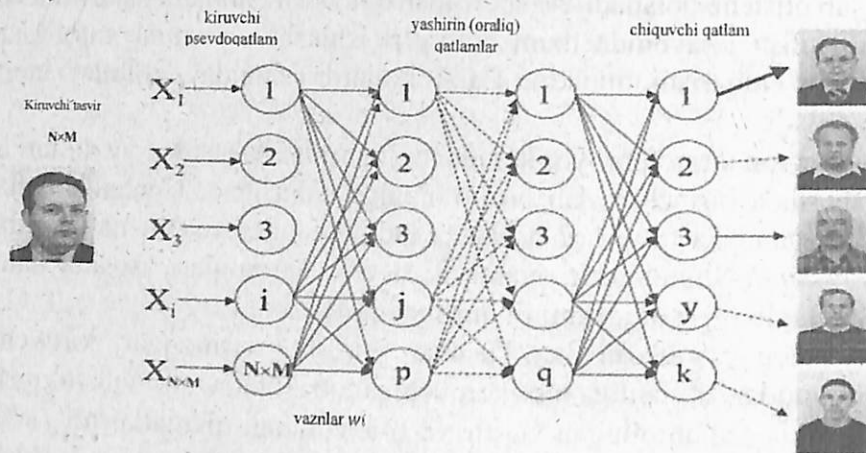
Neyron tarmoqlari yordamida ma‘lumotlar bazasidan yuzni tanib olish ishda birinchilardan bo‘lib amalga oshirilgan. Unchalik katta bo‘lmagan yuz tasvirlari bazasida tadqiqotchilar yaxshi natijalarga erishishgan. Shuningdek, iyerarxik neyron tarmoqlari asosida ham yuzni tanib olish algoritmlari qurilgan [14].

Ushbu usullarni qo‘llashda birorta tarmoqga kiruvchi ma‘lumotlar to‘plamiga mos keluvchi javob sifatida tarmoqda o‘qitish davomida saqlab olingan va bir xil o‘lchamdagi qiymatlar bo‘yicha kiruvchi ma‘lumotlarga eng mos keluvchi to‘plamni qaytaradi degan farazga asoslangan. Yuzni tanib olish masalasini yechishda kiruvchi ma‘lumot vazifasini turli sharoitlarda olingan odamlar yuzining tasviri bajaradi.

Bunday tarmoqlarni berilgan dastlabki tasvirlar to‘plamida ishlatishning murakkabligi turli hildagi deformatsion buzilishlarni hisobga olishning imkoni yo‘qligi hisoblanadi (masalan, rakursning, yuz ifodasining o‘zgarishida) va ushbu muammoni hal etish uchun o‘quv tanlanmasida biometrik tanib olish tizimidan foydalanishda mumkin bo‘lgan rakurs va yoritilganlik sharoitlarining turli variantlarida olingan biometrik obyektlar tasvirlari to‘plamini o‘zida mujassamlashtiruvchi dastlabki reprezentativ namunalar to‘plami bo‘lishi kerak.

Yuzni tanib olish masalalarini hal qilish uchun ko‘p qatlamli neyron tarmoqlari, yuqori tartibli neyron tarmoqlari va radial-bazis neyron tarmoqlari mo‘ljallangan. Quyida ushbu turdagi neyron tarmoqlari batafsil ko‘rib chiqiladi.

Ko‘p qatlamli neyron tarmog‘i (KQNT) ketma-ket bog‘langan qatlamlardan iborat bo‘lib, bunda har bir qatlamning neyroni oldingi qatlamning barcha neyronlari bilan o‘z kirishlari va keyingi qatlam bilan o‘z chiqishlari orqali bog‘lanadi (1.3-rasm). Turli chiziqli, bo‘savaviy va sigmoid funksiyalar bunday neyronlar uchun faollashtirish funksiyalari bo‘lib xizmat qiladi [11].



1.3-rasm. KQNT arxitekturasi va uning yuz tasviri asosida tanib olish uchun amaliy qo'llanishi sxemasi

Chiziqli bo'lmagan faollashtirish funksiyasi va ikkita qaror qatlamiga ega bo'lgan NT yechimlar fazosida har qanday qavariq sohalarni va uchta qaror qatlami bilan – har qanday murakkablikdagi, shu jumladan qavariq bo'lmagan sohalarni yaratishga imkon beradi [11]. Shu bilan birga, KQNT umumlashtirish qobiliyatini yo'qotmaydi. Ikki qatlamli NT yordamida $[0;1]$ oraliqdagi har qanday ko'p o'lchovli funksiyani har qanday aniqlik bilan aproksimatsiyalash mumkin. KQNT umumiy xatoni minimallashtirish maqsadida og'irliklar fazosida gradiyent tushishning bir turi hisoblangan xatoning orqaga (teskari) tarqalishi algoritmidan foydalangan holda o'qitiladi.

Bunday holda, xatolar (aniqrog'i, vaznlarni korrektsiyalash qiymatlari) neyronlarni bog'laydigan og'irliklar orqali kirishdan chiqishgacha teskari yo'nalishda tarqaladi. Xatoning orqaga tarqalish algoritmi (Backpropagation algorithm – BP) murakkab hisoblanadi, shuning uchun tarmoqni o'qitish vaqti ma'lumotlar hajmi oshgani sayin eksponensial ravishda ortib ketadi.

Neyron tarmog'i chiqishlarining etalon qiymatlari avvaldan ma'lum bo'lganligi sababli, ushbu algoritmi nazorat ostida o'qitiluvchi (o'qituvchili) algoritmi hisoblanadi. Ammo asosiy

identifikatsion belgilarni ajratib olish uchun qo'llanganda, rekurrent tarmoq kiruvchi tasvirini qayta tiklashga o'qitilganda va uning siqilgan tasviri yashirin qatlamda joylashgan neyronlarda shakllanganda, o'qitish algoritmini o'z-o'zini o'qitish algoritmi (self-training algorithm) deb ham atash mumkin.

KQNT boshqa NT turlari kabi, o'qitish boshlanishidan oldin tasodifiy og'irliklar bilan initsializatsiya qilinadi. Shuning uchun, bir xil xatolik darajasiga ega bo'lgan ikki xil o'qitilgan NT ko'pincha, bir-biri bilan kesishmaydigan butunlay boshqa ajratuvchi sirtlar bilan ifodalanadi. Bu neyron tarmoqlarning kollektivlari (ansambllari) usuli uchun asos bo'lib, u ko'pincha insonni yuz tasviri bo'yicha tanib olishda qo'llaniladi [12,13].

KQNT arxitekturasi rivojlanishining yana bir yo'nalishi neyron daraxtlaridir [14]. Ushbu arxitekturada qaror daraxti tugunlari neyron tarmoqlaridir. Daraxtning ildizidan siljish boshlanganda, tarmoq tugunlari muammoning yechimini aniqlaydi. Monich Y.U.I., Starovoytov V.V. larning ilmiy ishida neyron daraxtlarini yaratish va o'qitishning yangi algoritmi ishlab chiqilgan bo'lib, undan tasvirdagi peyzajlarni tasniflashda foydalanilgan. Oddiy neyron daraxtlari, qarorlar daraxtlari, NT kollektivlari va ko'p qatlamli neyron tarmoqlari kabi usullar bilan solishtirganda, taklif qilingan algoritmnin tanib olish aniqligi teng yoki yuqoriroq, o'qitish va ishlash tezligi ham bir daraja kattaroq bo'lgan. Biroq, bunday arxitekturaning umumlashtira olish qobiliyati Monich Y.U.I., Starovoytov V.V. larning ilmiy ishida sinovdan o'tkazilmagan.

KQNT (va ba'zi boshqa turdagi NT) ning nisbatan ko'p yuzaga keluvchi muammolari sifatida quyidagilarni qo'rsatishimiz mumkin [11,15,16,17].

1. Lokal minimumlar muammosi. Gradiyentli tushishga asoslangan barcha usullarda, lokal minimum muammosi shundan iboratki, bunda iterativ tushish vaqtida dastlabki yechim lokal minimumga kiruvchi momentda hosil bo'lishi mumkin, qadamning o'lchami kichikligi tufayli u undan chiqib keta olmaydi. Va bunday lokal minimumda shakllangan yechim har doim ham qoniqarli yechimni ta'minlay olmaydi. Bu muammoni bartaraf qilish uchun

keng tarqalgan stoxastik usullardan foydalanish kerak [17].

2. Optimal tarmoq arxitekturasini tanlash (neyronlar va qatlamlar soni, bog'lanishlar xarakteri). Bu me'yordan ortiq o'qitilish muammosi (overfitting) bilan ham bog'liq, ya'ni haddan tashqari ko'p sonli elementlarga (neyronlarga) ega bo'lgan tarmoq o'zining umumlashtirish qobiliyatini deyarli yo'qotadi va faqat o'quv tanlanmasining o'zida yaxshi ishlaydi. Hozirgi vaqtda tarmoq arxitekturasini tanlashning turli usullari: aprior baholari, o'qitib bo'lingan tarmoqlarni siqish (pruning), "o'suvchi" tarmoqlar kabilar ishlab chiqilgan [15].

3. O'qitish qadamlarini (tezligini) tanlash. Bu muammo kichik bir qadam bilan o'qitish vaqti katta bo'lishi va tarmoq lokal minimumlarda qolib ketishi, katta qadamlar bilan esa o'qitish jarayoni uzilib kolishi yoki tarmoq falaj bo'lishi mumkinligi bilan bog'liq. Ushbu muammo G.A.Kuxarevning ishida taklif etilgan adaptiv qadam orqali samarali hal qilinadi, bunda har bir iteratsiya uchun ushbu iteratsiyada tarmoq xatosini minimallashtiradigan qadamni amalga oshirish imkonini beradi. Bundan tashqari, har bir o'qitish siklida (davr yoki epoxa deb ham ataladi) barcha o'quv tanlanmasini tahlil qiladigan va qadamning optimal qiymati hamda yo'nalishini tanlaydigan usullar mavjud [16].

Neyron tarmog'ini o'qitish bosqichida qo'llaniladigan eng istiqbolli usullardan biri bu evolyusion usullarga tegishli bo'lgan genetik algoritim (GA) dir [18].

Genetik algoritim o'zida parallel asinxron optimallashtirish usulini ifoda etadidir [18]. Undagi yechimni izlash bir vaqtning o'zida xromosomalarning butun populyasiyasi tomonidan amalga oshiriladi (xromosoma – bu muammoning birlik kodlangan yechimidir). Xromosomalar bir-biri bilan tajriba almashishi, o'zaro moslikni oshirish (krossover operatori) va yechimning yangi sohalarini (mutatsion operator) o'zlashtirishi mumkin. Optimallashtirish mezoni xromosomalarning mosligini baholash funksiyasini belgilaydi va populyasiya evolyusiyasi jarayoni muammoni hal qilishning takomillashuvini ifodalaydi. GA ning asosiy afzalligi shundaki, populyasiyaning chiziqli o'sishi bilan yechim topish tezligi

eksponensial ravishda oshadi (bu Kortli Y., Jridi M., Al Falou A., Atri M. larning ilmiy ishida yashirin parallelizm deb atalgan). Bu eng yaxshi suboptimal yechimlarga erishish imkonini beradi.

Tarmoqni o'qitish optimallashtirish jarayoni bo'lganligi sababli, GA neyron tarmoqni o'qitish algoritmiga tabiiy ravishda kiritilgan [17]. Bunda, GA ni tezlashtirish uchun har biri mustaqil neyron tarmoq hisoblanuvchi bitta xromosomaga qo'llaniladigan orqaga tarqalish usulini ifodalovchi lokal (gradiyent) tushish operatorini joriy qilish mumkin.

Tarmoq strukturasi xromosomaga kodlash va GA baholash mezoniga arxitektura ortiqchaligi uchun jarimani kiritish orqali yaxshi umumlashtirish qobiliyatiga ega bo'lgan minimal talab qilinadigan arxitekturaga ega neyron tarmoq sinteziga erishish mumkin [17].

Ko'p qatlamli neyron tarmoqlarni insonni yuz tasviri orqali tanib olish uchun qo'llash usullari quyida keltiriladi.

Liu W., Wang Z., Liu X., Zeng N., Liu Y., Alsaadi F.E. larning ilmiy ishida bir qatlamli NT ning eng oddiy qo'llanilishi keltirilgan, unda tarmoqni taqdim etilgan tasvirlarni qayta tiklashga o'rgatish bo'yicha tadqiqotlar amalga oshirilgan. Noma'lum tasvirni kirishga oziqlantirish va qayta tiklangan tasvir sifatini hisoblash orqali tarmoq kiritilgan tasvirni qanchalik yaxshi tan olganini taxmin qilish mumkin. Ushbu usulning ijobiy xususiyatlari shundaki, tarmoq buzilgan va shovqinli tasvirlarni tiklashi mumkin, ammo u jiddiyroq maqsadlar uchun mos emas.

KQNT tasvirlarni to'g'ridan-to'g'ri tasniflash uchun ham qo'llaniladi – bunda kirishga tasvirning o'zi yoki uning qandaydir shakldagi ilgari ajratilgan asosiy belgilar to'plami uzatiladi, chiqishda esa maksimal faollikka ega neyron tanib olingan tasvirning qaysi sinfga tegishli ekanligini ko'rsatadi (1.3-rasm). Agar ushbu faollik ma'lum bir chegaradan past bo'lsa, u holda taqdim etilgan tasvir ma'lum sinflarning birortasiga tegishli emas deb hisoblanadi. O'qitish jarayoni kiruvchi tasvirlarning ma'lum bir sinfga mansubligi bilan muvofiqligini o'rnatadi. Bu nazorat ostida o'qitish deb ataladi. ORL test bazasi o'quv tanlanmasi asosidagi tajribalarda bu yondashuv

barqaror 93% tanib olish aniqligiga (maksimal 98%) erishishga imkon bergan. Real sharoitlarda, yuzni tanib olish uchun qo'llanilganda, bu yondashuv kichik guruhdagi odamlar uchun kirishni boshqarish vazifalarini hal etishda yaxshi variant hisoblanadi. U tarmoq tomonidan tasvirlarni o'zaro to'g'ridan-to'g'ri taqqoslashni ta'minlaydi, ammo sinflar sonining ko'payishi bilan o'qitish va tarmoq ishlashi vaqti eksponensial ravishda ortib ketadi. Shu sababli, katta ma'lumotlar bazasidashaxsni qidirish kabi shunga o'xshash vazifalarda qidiruv uchun asosiy belgilarning ixcham to'plamini shakllantirishni talab qiladi [6].

Samal D.I., Starovoytov V.V. larning ilmiy ishida yuz tasvirlarini tasniflash uchun ko'p qatlamli perseptron qo'llanilgan. Simmetriyani o'zgartirish natijalari kirish ma'lumotlari sifatida foydalanilgan. Neyron tarmoqlar kollektividan foydalanganda tanib olish aniqligi oshishiga erishilgan. Aniqlik, shuningdek, o'z-o'zini tashkil qiluvchi tarmoqlar tomonidan kiruvchi ma'lumotlarga dastlabki ishlov berishda ham yaxshilangan. Bularning barchasi MIT ma'lumotlar bazasida 0,62% xatolikka erishilishiga imkon bergan

V.A.Golovkoning ilmiy ishida tasniflash uchun ko'p qatlamli neyron tarmog'idan foydalanilgan. Ammo kiritilgan ma'lumotlar, o'lchamlari ko'p o'lchovli qisqarishga duchor bo'lgan tasvirlar va Gauss filtrlarining turli xil variantlarini qo'llash natijalaridan iborat bo'lgan. Ushbu yondashuv o'quv tanlanmasidagi har bir shaxs uchun faqat bitta tasvirga ega bo'lgan holda yuqori umumlashtirish qobiliyatiga erishishga imkon berdi.

Yuqori tartibli neyron tarmoqlar (YUTNT) KQNT lardan faqat bitta qatlamga ega ekanligi bilan farq qiladi, lekin neyronlarning kirishlari kirish vektorining ikki yoki undan ortiq komponentlari ko'paytmalari bo'lgan yuqori tartibli hadlarni ham qabul qiladi [11], masalan, ikkinchi tartibli tarmoqlar uchun

$$S = \sum_{i=1}^n w_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} x_i x_j - \mathfrak{S}$$

Bunday tarmoqlar murakkab ajratuvchi sirtlarni ham hosil qilishi mumkin. $S = 0$ sirtini ajratib turuvchi ikkinchi tartibli had giperkvadrika deb ataladi [11]. Ko'paytmaga kirish vektorining komponentlarini qo'shish orqali polinomial ajratuvchi sirtlar sinfini hosil qilinadi. Bunday tarmoqlarni orqaga tarqalish usuli (backpropagation) yordamida ham o'rgatish mumkin. KQNT odatda samaraliroq hisoblanadi, lekin yuqori tartibli tarmoqlar KQNT dan yaxshiroq bo'lgan bir qator ilovalar mavjud.

Sh.S.Kakharovning ilmiy ishida yuqori tartibli neyron tarmoqlarining istiqbolli arxitekturalari va o'qitish usullari, shuningdek siljish, masshtab hamda aylanishga invariant tasvirlarni tanib olish uchun birlashtirilgan neyron tarmoqlari tavsifi keltirilgan. Bunday yuqori tartibli tarmoqlarning arxitekturasi birinchi qatlamlar tomonidan tasvir momentlarini hisoblashga asoslangan.

Radjabov S.S., Kaxarov SH.S., Raxmonov E.D. larning ilmiy ishida ixtiyoriy masshtab va yo'nalish ga ega bo'lgan yuz tasvirlari asosida yuzni tanib olish uchun qat'iy uchinchi darajali YutNTdan foydalanilgan, shuningdek bunday tarmoqni o'qitish usullari keltirilgan. Uning o'ziga xosligi shundaki, ma'lum bir sinfni o'qitish uchun uning tasvirini masshtab va burilish o'zgarishlarsiz taqdim etish kifoya, o'qitishdan so'ng tarmoq ma'lum sinflarni tasvirning masshtabi va burilishiga invariant ravishda tanib oladi. Bunday tarmoq to'liq bog'langan bo'lmaydi, u tez o'qitiladi va ishlaydi. KQNT bilan solishtirganda bunday tarmoqda aylantirilgan va masshtablangan tasvirlar bo'yicha tasniflashning aniqligi sezilarli darajada oshgani qayd etilgan.

Radial bazisli neyron tarmoqlari (RBNT) Kohonen xaritalari g'oyasini davom ettiradi va ikki qatlamdan iborat [17]. Birinchi qatlam radial- bazisli faollashtirish funksiyasiga ega:

$$y = \exp\left(\frac{-S^2}{2\sigma^2}\right),$$

bu yerda σ – funksiya kengligini ifodalovchi standart o'rtacha

kvadratik chetlanish (klaster o'Ichami).

$$S^2 = |X - W|^2 = \sum (x_i - w_i)$$

bu yerda S – kirish va vazn vektori orasidagi masofa sifatida asosan ma'lum bir neyron bilan aniqlanadigan klaster markazigacha bo'lgan masofadir [24]. Bunda, yashirin qatlam tasvirlar fazosidagi klasterlar to'plamini ifodalaydi va kiruvchi tasvirni klasterlashning birinchi bosqichini amalga oshiradi har bir neyronning faollashtirish funksiyasi qiymati klaster markazidan uzoqlashishi bilan tezda kamayadi. Neyronlarning ikkinchi qatlami chiziqli faollashtirish funksiyasiga ega va klasterlashning ikkinchi bosqichini bajaradi u klasterlarni sinflarga taqsimlaydi. Kohonen xaritalaridan farqli o'laroq, maksimal chiqish qiymatiga ega bo'lmagan neyronlarni nolga tenglashtirish bu yerda talab qilinmaydi, ularning barchasi tasniflashga hissa qo'shadi va bu RBNT ning afzalligi hisoblanadi. RBNT shuningdek, murakkab ajratuvchi sohalarni qurishga va ko'p o'Ichovli funksiyalarni aproksimatsiyalashga qodir. Ko'p qatlamli neyrontarmoq bilan solishtirganda, radial-bazisli tarmoq bir daraja tezroq o'qitiladi, lekin juda yomonroq ekstrapolyasiya qilish qobiliyatiga ega, ya'ni, namunalar tasvirlaridan uzoq tasvirlar ustida ishlay olmaydi. RBNT o'Ichami, shunga o'xshash masalalar uchun qo'llanuvchi KQNT dan kattaroq bo'ladi va kiruvchi ma'lumotlar hajmining oshishi bilan RBNT samaradorligi pasayib ketadi.

Bunday tarmoq ikki bosqichda o'qitiladi. Birinchi bosqich o'qituvchisiz amalga oshiriladi, unda ustiga birinchi qatlam ixcham joylashgan klasterlar guruhlarini ajratadi. Bunda, klasterlarning markazlari koreksiya qilinadi. Hozirgi vaqtda har bir neyron uchun optimal klaster hajmini tanlash va birinchi qatlamdagi neyronlarning optimal sonini olish imkonini beruvchi samarali algoritmlar ishlab chiqilgan [17]. O'qitishning ikkinchi bosqichida ikkinchi qatlam birinchi qatlamdan o'tgan kirish tasvirlarini sinflarga taqsimlashni o'rganadi. Chiqishning etalon qiymatlari ma'lumligi sababli, o'qitish nazorat ostida (o'qituvchi bilan) bajariladi. Bunday o'qitish matritsa usullari yoki xatolarni orqaga tarqalish algoritmi bilan amalga oshiriladi [15,17,24].

Radial-bazisli neyron tarmoqlarni insonni yuz tasviri orqali tanib olish uchun qo'llash usullari quyida keltiriladi.

Gutta S., Wechsler H. Larning ilmiy ishida asosiy belgilarni ajratib olishning ikkita usuli va yuzni tanib olish uchun ikki xil RBNT arxitekturasi tadbiq etilgan. Birinchi usulda xarakteristikalar bosh komponentlar to'plamini, ikkinchisida veyvlet o'zgartirishlar koeffitsiyentlarini ifoda etgan. Birinchi arxitekturada chiqishlar soni sinflar soniga muvofiq bo'lgan, ikkinchisida, har biri faqat o'z sinfini tanib olishga o'qitilgan tarmoqlar to'plamidan foydalanilgan. MIT tasvirlar bazasida asosiy belgilarni to'g'ridan-to'g'ri taqqoslashdan ko'ra, RBNT tasnifining muhim afzalliklari qayd etilgan.

Monich Y.U.I., Starovoytov V.V. larning ilmiy ishida RBNT ansambllarining ikki xil arxitekturasi tasvirni dastlabki tasniflash uchun ishlatilgan. Tarmoqning kirish qismiga butun tasvir qabul qilingan, chiqishlarda oraliq tasniflash natijalari shakllantirilgan, so'ngra u yuz tasvirlarini kontekstga yo'naltirilgan tanib olish uchun qaror daraxtlariga yuborilgan (masalan: "ma'lum bir shaxsning u ko'zoynak taqqan barcha rasmlarini toping"). Birinchi arxitektura ansambllaridagi turli tarmoqlar har xil turdagi o'zgarishlar mavjud bo'lgan tasvirlarni tasniflashga o'qitilgan, ikkinchisi – bir xil, ammo o'quv jarayonida neyronlar soni o'zgargan. Hal qiluvchi xulosani "sudya" (NT kollektivining qarorlarini umumlashtirish uchun o'qitilgan neyron tarmog'i) qabul qilgan, u tarmoqlar ansambli ovoz berishi asosida qaror qabul qilishni amalga oshirgan.

Paul S.K., Bouakaz S., Rahman C.M. larning ilmiy ishida radial-bazisli tarmoqlar odamni geometrik belgilar to'plami bo'yicha tanib olish va uning jinsini aniqlash uchun ishlatilgan. Kulrang va qo'lda chizilgan (karikatura) tasvirlar kiruvchi tasvirlar vazifasini bajargan. RBNT ning o'ziga xos belgilarni yaxshi ajrata olish imkoniyati qayd etilgan.

Neyron tarmog'i usullarining afzalliklari, birinchidan, oldindan o'qitish orqali yuzni tanib olishning muayyan amaliy masalasini hal qilishda tajriba to'plash qobiliyati bilan, ikkinchidan, tanib olish jarayonlarini klassik funksional bog'liqliklar ko'rinishida rasmiylashtirish zarurati yo'qligi bilan belgilanadi. Unda dastlabki

tarmoqning og'irligi analitik tenglamalarni yechish bilan bajarilmaydi, u o'qitish davomidagi turli xil qidiruv usullari bilan o'rnatiladi.

Ushbu usullarning kamchiliklari sifatida quyidagilarni ko'rsatish mumkin:

- yuzlarni tanib olishni qiyinlashtiradigan yangi, ilgari namoyon bo'lmagan shartlarning paydo bo'lishiga sezgirlikning mutlaqo yo'qligi;

- ishlab chiqilgan yechimlarning shaffof emasligi va tushunarsizligi;

- "o'qitilgan" neyron tarmoqdan shunga o'xshash boshqa analog masalalarni hal qilish uchun foydalanishning mumkin emasligi;

- Biometrik identifikatsiyalashning universal masalalarini hal qilish uchun neyron tarmoqlarning yagona topologiyasining mavjud emasligi.

Yuzni tanib olish asosida shaxsni biometrik identifikatsiyalash usullari va algoritmlarini ko'rib chiqish yakunida, shuni ta'kidlash kerakki, yuzni tanib olishning korrekt usuli asosida qurilgan tizim ham o'z-o'zidan identifikatsiyalashning yuz foiz ishonchligini ta'minlamaydi. Shuning uchun, agar yuqori ishonchlik talab etilsa, u holda bir nechta yuzni tanib olish algoritmlari kombinatsiyasidan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi [27]. Ushbu dissertatsiya tadqiqotlari doirasida yuzni tanib olish muammosini hal qilishda taklif etiluvchi nisbatan kam o'rganilgan va yuqori samaradorlikka erishish imkonini beruvchi yuzni ko'p pog'onali qaror qabul qilish asosida tanib olish yondashuvining batafsil tavsifi keltiriladi.

1.3-§. Yuzni tanib olish ko'p pog'onali tizimi

Mazkur dissertatsiya tadqiqoti yuzning komponentalarini tahlil qilish asosida (component-based) yuzni tanib olishning lokal usullarini amalga oshirish bilan uzviy bog'liq. Bunda biometrik identifikatsiyalash tizimi asl yuz tasvirini qayta ishlashning quyidagi bosqichlarini ketma-ketamalga oshiradi.

Birinchi bosqichda kiruvchi tasvirdan yuz sohasini aniqlash

amalga oshiriladi. Ushbu bosqichning maqsadi kiruvchi tasvirda inson yuzi bor yoki yo'qligini aniqlashdan iborat.

Ikkinchi bosqichda, agar kiruvchi tasvirda yuz aniqlansa, uning sifatini yaxshilash uchun bu tasvirga dastlabki ishlov beriladi (Image preprocessing). Bunday ishlov berish zarurati yorug'lik, burchak va yuz ifodalaridagi o'zgarishlar yuzlarni to'g'ri tanib olishga xalaqit berishi va yanada ishonchli tanib olish tizimini ishlab chiqishni qiyinlashtirishi bilan bog'liq [5-7].

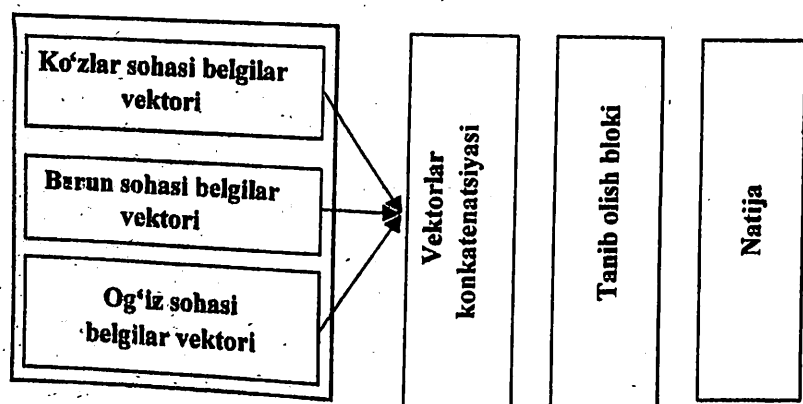
Uchinchi bosqichda yuz tasviri uning asosiy tarkibiy komponentalarini (ko'zlar, burun, og'iz va boshqalar) o'z ichiga olgan lokal sohalarga bo'linadi. Ushbu bosqichda hal qilinishi kerak bo'lgan asosiy vazifa yuzning ko'rsatilgan tarkibiy komponentalarini ajratish va ularning shakllarini geometrik xususiyatlar (o'lchamlar va masofalar) yordamida tavsiflash amalga oshiriladi.

To'rtinchi bosqichda (Feature extraction) yuzning ko'rib chiqilayotgan tarkibiy komponentalarining informativ tavsifini ifodalovchi belgilar to'plamlari shakllantiriladi. Ushbu bosqichni amalga oshirishdan maqsad oldingi bosqichda aniqlangan yuzning tarkibiy qismlarining informatsion tavsifini identifikatsion belgilar to'plami orqali shakllantirishdir. Ushbu to'plamlarda belgilarning soni ortiqcha bo'lgan taqdirda, belgilar fazosining o'lchamlarini qisqartirish muammosi hal qilinadi [8,9].

Yakuniy, beshinchi bosqichda yuzni tanib olish kiruvchi yuz tasviri uchun hisoblangan belgilar vektorini ma'lumotlar bazasida saqlangan yuz tasvirlarining belgilar vektorlari bilan taqqoslash asosida amalga oshiriladi. Yuzni tanib olishning ikkita asosiy amaliy tadbiri mavjud, ulardan biri identifikatsiya, ikkinchisi esa verifikatsiya deb ataladi. Identifikatsiyada, testlashdan o'tayotgan shaxsning yuzi tasviri eng ehtimoliy moslikni aniqlash uchun mavjud yuzlar to'plami bilan taqqoslanadi, verifikatsiya holatida esa, sinovdan o'tgan shaxs yuzlar ma'lumotlar bazasidan ma'lum yuz bilan taqqoslanadi, yakuniy qaror "rost" yoki "yolg'on" ko'rinishida ifodalanadi [10].

Yuzni uning lokal komponentalari asosida tanib olishning

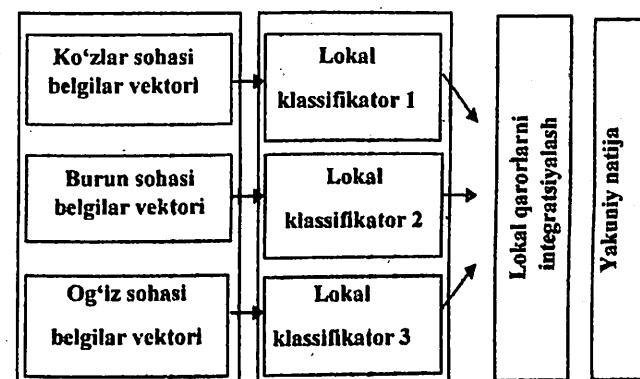
mavjud usullarini amalga oshirishning mumkin bo'lgan sxemalaridan biri 1.4-rasmda keltirilgan. Bu usullar boshqalaridan asosan yuzning ayrim tarkibiy komponentalarini (qoshlar, ko'zlar, burun, og'iz va boshqalarni) ajratish, tahlil qilinayotgan yuz komponentalarining belgilar to'plamlarini shakllantirish (deskriptorlari) va tanib olish usullari bilan farqlanadi. Ushbu sxema bo'yicha ajratilgan yuz komponentalari uchun mos belgilar to'plamlari aniqlanadi. So'ngra umumlashtirilgan belgilar vektori shakllantirilib, u tanib olish blokiga uzatiladi.



1.4-rasm. Yuzni uning lokal komponentalari asosida tanib olishning mavjud usuli

Ushbu monografiyaning 1.5-rasmda ko'rsatilgan sxema ko'rinishida amalga oshirilgan yuzni komponentlar bo'yicha tanib olishning nisbatan boshqacharoq yondashuvi taklif etiladi. Ushbu sxema bo'yicha, oldingi holatda bo'lgani kabi (1.4-rasm), tanlangan yuz komponentlari uchun, yumshoq tanib olish jarayonini amalga oshiradigan lokal klassifikatorlarning kirishiga beriladigan tegishli belgilar vektorlari hosil qilinadi.

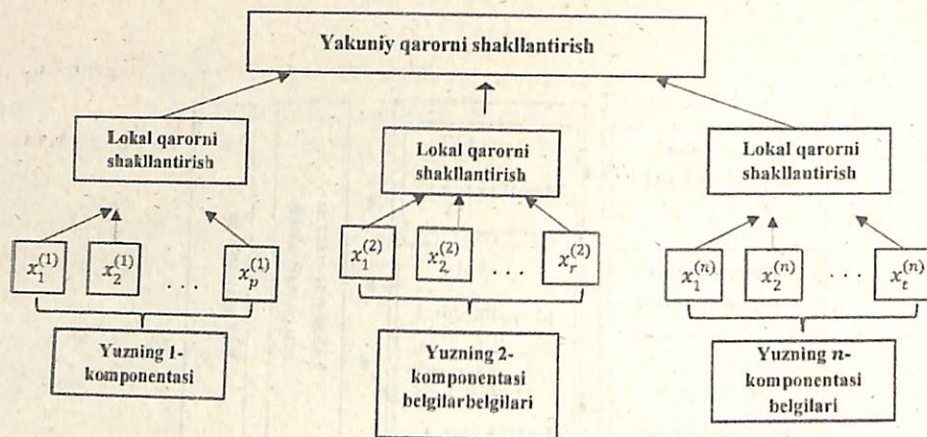
Keyinchalik, tizim ushbu klassifikatorlarni amalga oshirish natijalarini integratsiyalash asosida tanib olingan yuz uchun yakuniy yechimni shakllantiradi.



1.5-rasm. Yuzni uning lokal komponentalari asosida tanib olishning taklif etilayotgan usuli

Ikkinchi sxema, birinchi sxema bilan solishtirganda yuzni komponentlar bo'yicha tanib olishni amalga oshirish, bir qator afzalliklarga ega, ularning asosiysi lokal klassifikatorlardan foydalanish asosida biriktirilgan vaznlari bilan taqdim etiluvchi nomzodlar ro'yxati shaklidagi lokal qarorlar qabul qilinishi mumkin. Bunday qarorlarning qabul qilinishi tizimning barqarorligini ta'minlaydi, ya'ni har qanday lokal klassifikatorning kirishidagi kichik o'zgarishlar uning chiqishida ham, butun tizimning yakuniy chiqish qarorlarida ham sezilarli o'zgarishlarga olib kelmaydi.

1.5-rasmda ko'rsatilgan sxemani amalga oshirish uchun, 1.6-rasmda ko'rsatilgan komponentalar bo'yicha yuzni tanib olish ko'p pog'onali qaror qabul qilish tizimini ishlab chiqish talab qilinadi.



1.6-rasm. Komponentalar bo'yicha yuzni tanib olishda ko'p pog'onali qaror qabul qilish tizimi tuzilmasi

Ushbu tizimning birinchi pog'onasida, har bir yuz komponentasi uchun belgilarning ishchi lug'ati shakllantiriladi. Masalan, j -komponenta uchun bunday lug'at $X = (x^{(j)}, x^{(j)}, \dots, x^{(j)})$ belgilar vektori ko'rinishida ifodalanadi va j -komponentani tavsiflash uchun n -o'lchovli belgilar fazosini hosil qiladi.

Ikkinchi pog'onada har bir yuz komponentasi uchun ushbu komponentatasvirining berilgan ma'lum sinflardan biriga tegishliligi to'g'risida lokal qaror shakllantiriladi.

Uchinchi pog'onada lokal qarorlar asosida tanib olinayotgan yuz bo'yicha yakuniy qaror shakllantiriladi.

Yuzni tanib olish bo'yicha ko'rib chiqilayotgan ko'p pog'onali qaror qabul qilish tizimi bir qator afzalliklarga ega, ularning asosiylari, birinchinavbatda, tanib olish tizimning yorug'lik sharoitlari va yuz ifodasi hamda bosh yo'nalishining o'rnatilgan chegaralaridagi o'zgarishlarga barqarorligi, ikkinchidan, yuz komponentalarini parallel tanib olishni tashkil etish hisobiga tizim ishlash tezligining yuqori bo'lishi.

Mazkur dissertatsiya tadqiqotlarining asosiy maqsadi yuzni tanib olishda ko'p pog'onali qaror qabul qilish tizimi algoritmik ta'minotini ishlab chiqishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalarning hal etilishi talab qilinadi:

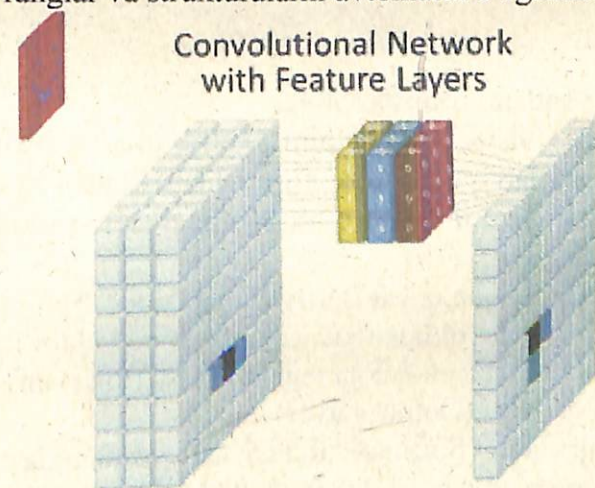
- yuz tasviridagi lokal sohalarni ajratish algoritmlarini takomillashtirish;

- lokal sohalarda joylashgan yuz komponentalarini ajratish algoritmlarini takomillashtirish;
 - yuz komponentalarini tavsif etuvchi belgilar to'plamlarini shakllantirish algoritmlarini ishlab chiqish;
 - yuz komponentalarini tanib olish uchun lokal klassifikatorlar modelini ishlab chiqish;
 - lokal qarorlarni integratsiyalashni amalga oshiruvchi integratorni ishlab chiqish;
 - ko'p pog'onali qaror qabul qilish tizimi asosida yuzni tanib olish uchun dasturiy majmua ishlab chiqish;
- ishlab chiqilgan algoritmlar samaradorligini baholash maqsadida tajribaviy tadqiqotlar o'tkazish.

§-1.4. Tasvirga ishlov berishning zamonaviy usullari

Konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN)

Konvolyutsion neyron tarmoqlar (Convolutional Neural Networks – CNN) – bu sun'iy intellekt sohasidagi eng mashhur va samarali algoritmlardan biridir. CNN tarmoqlari asosan tasvirlarga ishlov berish, obyektlarni aniqlash, tasniflash va ko'rish tizimlarida qo'llaniladi. Ular inson miya ko'rish tizimiga o'xshash tarzda ishlaydi: tasvirni bosqichma-bosqich tahlil qiladi va undagi shakllar, chekkalar, ranglar va strukturalarni avtomatik o'rganadi.



1.7-rasm. konvolyutsion tarmoq xususiyati qatlamlari

CNN bir nechta asosiy qatlamlardan (layerlardan) tashkil topgan bo'ladi. Har bir qavat tasvirni yanada yuqori darajadagi xususiyatlar bilan ifodalaydi.

a) Kirish qatlami (Input Layer)

Tasvir piksellar shaklida (masalan, $224 \times 224 \times 3$ RGB) tarmoqqa kiritiladi.

b) Konvolyutsiya qatlami (Convolution Layer)

Bu qavatda filtrlar (kernellar) yordamida tasvirdan xususiyatlar ajratib olinadi. Filtr har bir joyda kichik maydonni ko'rib chiqadi va shu orqali chekka, burchak, shakl kabi elementlarni aniqlaydi. Matematik ifoda:

$$S(i, j) = (I * K)(i, j) = \sum_m \sum_n I(i + m, j + n)K(m, n)$$

bu yerda

- I – kiruvchi tasvir,
- K – filtr (kernel),
- S – konvolyutsiya natijasi (feature map).

z) Aktivatsiya funksiyasi (Activation Function)

Eng ko'p ishlatiladigani – ReLU (Rectified Linear Unit). Bu funksiya manfiy qiymatlarni nolga aylantirib, tarmoqni chiziqli bo'lmagan qilib beradi:

$$f(x) = \max(0, x)$$

d) Pooling qatlami (Subsampling)

Bu qatlam tasvir o'lchamini kamaytiradi, lekin muhim xususiyatlarni saqlab qoladi. Eng ko'p ishlatiladigani Max Pooling, ya'ni eng katta qiymatni tanlaydi. Bu modelni tezroq va barqarorroq ishlashini ta'minlaydi.

z) To'liq bog'langan qavat (Fully Connected Layer – FC)

Bu qavatda barcha olingan xususiyatlar bitta vektor ko'rinishida birlashtiriladi va natijada tasvirga tegishli klass (toifa) aniqlanadi.

f) Chiqish qatlami (Output Layer)

So'nggi qavatda Softmax funksiyasi yordamida ehtimollar hisoblanadi – masalan, "mushuk" 0.92, "it" 0.08 kabi.

CNN ish jarayoni

1. Tasvir tarmoqqa kiritiladi.
2. Konvolyutsiya va pooling qatlamlari yordamida xususiyatlar ajratiladi.

3. FC qavatda barcha xususiyatlar umumlashtiriladi.

4. Softmax funksiyasi yordamida yakuniy natija (klassifikatsiya) olinadi.

CNN xususiyatlari

Tasvir qavatdagi xususiyatlarni avtomatik o'rganadi.

O'lcham va joylashuvga nisbatan invariant.

Katta hajmdagi tasvirlar bilan ishlashda samarali.

Mashinaviy o'rganishdagi aniqlikni oshiradi.

Kamchiliklari

Katta hisoblash resurslarini talab qiladi (GPU).

O'qitish uchun ko'p ma'lumot kerak bo'ladi.

Izoh berish qiyin (black-box model)

CNN amaliy qo'llanilishi

• Tibbiyotda: o'simtalarni aniqlash, MRI tahlil qilish

• Xavfsizlikda: yuzni tanish tizimlari

• Avtomobillarda: obyektlarni real vaqtda aniqlash

• Qishloq xo'jaligida: o'simlik kasalliklarini tanish

• Sanoatda: nosoz mahsulotlarni aniqlash

Konvolyutsion neyron tarmoqlar bugungi kunda kompyuter ko'rish sohasining asosi hisoblanadi. Ularning o'rganish, umumlashtirish va real vaqtli ishlov berish imkoniyatlari tasvir tahlilida inqilobiy yutuqlar keltirib chiqardi. CNN asosida qurilgan modellar tibbiyotdan tortib avtonom transport vositalarigacha bo'lgan sohalarda keng qo'llanilmoqda.

Data Augmentation (Ma'lumotni sun'iy kengaytirish)

Data Augmentationning asosiy maqsadi – modelni haddan tashqari o'qitishdan (overfitting) saqlash va uning umumlashma qobiliyatini oshirishdir. Bu usul yordamida model faqat mavjud ma'lumotni yodlab qolmay, balki yangi holatlarga moslashishni o'rganadi.

Tasvirlarni sun'iy o'zgartirishning bir nechta mashhur texnikalari mavjud:

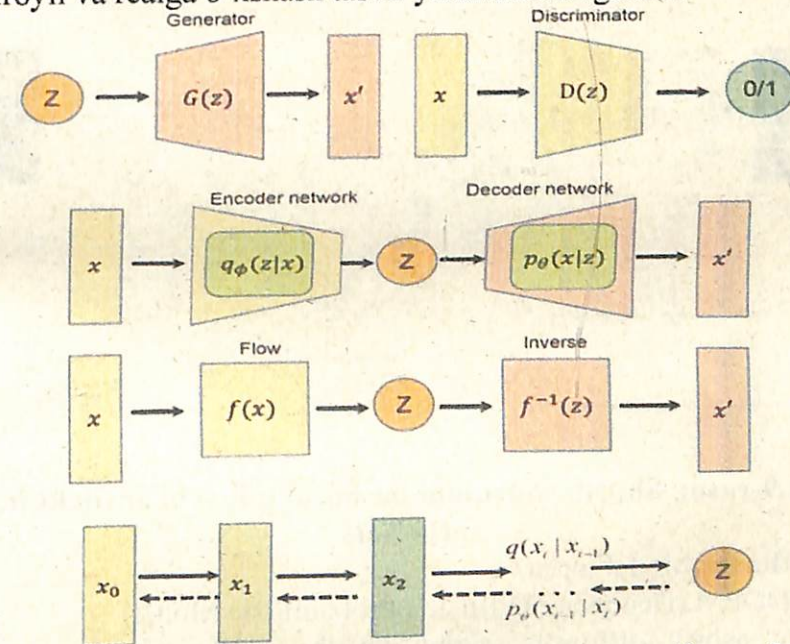
- a) Geometrik o'zgarishlar
- Aylantirish (Rotation) – rasmni ma'lum burchakka aylantirish (masalan, $\pm 30^\circ$).
 - Siljitish (Translation) – rasmni o'ngga, chapga, yuqoriga yoki pastga surish.
 - Masshtablash (Scaling / Zooming) – tasvirni kattalashtirish yoki kichraytirish.
 - O'girish (Flipping / Mirroring) – rasmni gorizontal yoki vertikal o'girish.
 - Kesish (Cropping) – rasmning bir qismini kesib olish.
- b) Rangsimon o'zgarishlar
- Yorug'likni o'zgartirish (Brightness adjustment)
 - Kontrastni o'zgartirish (Contrast adjustment)
 - Rang tonlarini o'zgartirish (Hue / Saturation shift)
- Bu usullar modelni turli yoritish sharoitlariga bardoshli qiladi.
- c) Shovqin qo'shish (Noise Injection)
- Tasvirga tasodifiy Gauss yoki tuz-va-murch (salt-and-pepper) shovqin qo'shiladi. Bu modelni "haqiqiy dunyo"dagi kamchiliklarga (kamera katoliklari, chang, yoritish) moslashtiradi.
- d) Kesish va aralashtirish (Cutout, Mixup, CutMix)
- Cutout: tasvirdan kichik joyni qora rang bilan yopish.
 - Mixup: ikkita tasvirni aralashtirib yangi rasm hosil qilish.
 - CutMix: bir tasvirning qismini boshqasiga joylashtirish.
- Bu yondashuvlar modelni obyektning to'liq shakliga bog'lanib qolmaslikka o'rgatadi.
- Afzalliklari
- Ma'lumot yetishmovchiligi muammosini hal qiladi.
- Overfittingni kamaytiradi.
- Modelni turli holatlarga moslashuvchan qiladi.
- Hisoblash xarajatlarini kamaytiradi (yangi ma'lumot to'plam yig'ish shart emas).
- Kamchiliklari
- Barcha o'zgartirishlar foydali emas (ba'zida natija yomonlashadi).
- Vaqt va resurs talab qiladi.

To'g'ri kombinatsiya tanlamasa, model noto'g'ri o'rganishi mumkin

Data Augmentation – bu sun'iy intellekt va tasvirlarga ishlov berishdagi muhim yondashuvlardan biridir. U modelni yanada bardoshli, aniqligi yuqori va umumlashtira oladigan qilib o'qitadi. Bugungi kunda Data Augmentation deyarli barcha chuqur o'rganish modellarining majburiy bosqichiga aylangan.

Diffusion Models

Diffusion Models – bu sun'iy intellekt sohasidagi eng zamonaviy generativ modellardan biri bo'lib, ular tasvir yaratish yoki tasvirni tiklash uchun ishlatiladi. Bu modellar "shovqin qo'shish" va "shovqinni olib tashlash" jarayonlariga asoslanadi. Ya'ni, tasvirni asta-sekin shovqin bilan buzib, keyin teskari yo'nalishda uni qayta tiklashni o'rganadi. Shunday qilib, Diffusion model shovqindan chiroyli va realga o'xshash tasvir yaratishni o'rganadi.



1.8-rasm. Yuqoridan pastgacha to'rtta generativ modelning sxematik diagrammalarini taqqoslash: generativ raqib tarmog'i (GAN), variatsion avtokoder (VAE), normallashtiruvchi oqim (NF) va diffuziya modeli

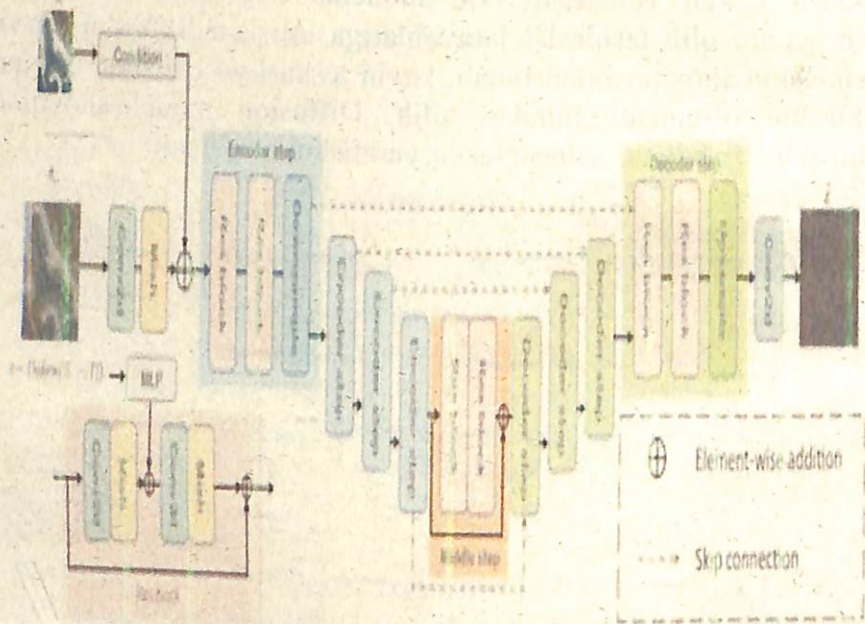
Diffusion modeli ikki bosqichda ishlaydi:

1. Forward process (oldinga jarayon):

- Asl tasvirdan boshlab, unga asta-sekin shovqin qo‘shiladi.
- Har bir bosqichda tasvir biroz buziladi va oxirida butunlay shovqin (random noise) holatiga keladi.

2. Reverse process (teskari jarayon):

- Model bu shovqinli tasvirdan boshlab, bosqichma-bosqich asl tasvirni qayta tiklashni o‘rganadi.
- Bu jarayon natijasida model tasodifiy shovqindan yangi, realga o‘xshash tasvir yaratadi.



1.9-rasm. Shartli shovqinni bashorat qiluvchi arxitektura (U-Net)

Diffusion Model turlari

a) DDPM (Denoising Diffusion Probabilistic Model)

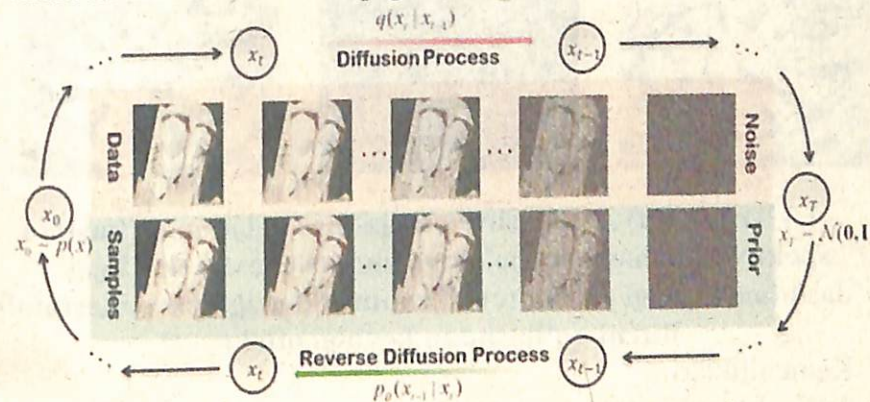
Eng asosiy diffusion modeli bo‘lib, 2020 yilda Ho et al. tomonidan ishlab chiqilgan. Bu model “shovqinni olib tashlash” orqali tasvir yaratishni o‘rganadi.

b) DDIM (Denoising Diffusion Implicit Model)

Bu model diffusion jarayonini tezlashtiradi – kamroq bosqich bilan tasvir yaratadi.

c) Latent Diffusion Models (LDM)

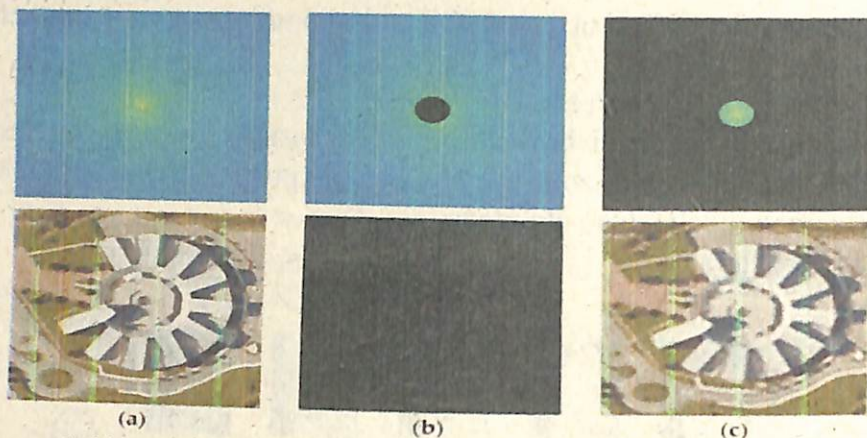
Bu model tasvirni bevosita piksel darajasida emas, balki past o‘lchamli “latent” fazoda yaratadi. Shu prinsip asosida Stable Diffusion modeli ishlab chiqilgan.



1.10-rasm. Tasvirning o‘ta aniqligi uchun ishlatiladigan diffuziya modelining diffuziya jarayoni va teskari diffuziya jarayoni

Diffusion modellarining afzalliklari

1. Yaratilgan tasvirlar juda haqiqiy ko‘rinadi.
2. Barqaror va boshqariladigan tasvir yaratish imkonini beradi.
3. Text-to-image generatsiya (matndan tasvir) uchun juda samarali.
4. Tasvir tahriri, shovqinni olib tashlash, restavratsiya uchun ishlaydi.



1.11-rasm. (a) Asl tasvir va unga mos keladigan chastota spektri, (b) chastota spektriga yuqori chastotali filtrni qo'llashdan keyingi effekt, (c) chastota spektriga past chastotali filtrni qo'llashdan keyingi effekt

Kamchiliklari

1. Hisoblash jihatdan og'ir (GPU va vaqt talab qiladi).
2. Natija sifati parametrlar va promptga juda bog'liq.
3. Katta o'quv ma'lumotlar to'plami kerak.

Diffusion modellarining qo'llanilishi

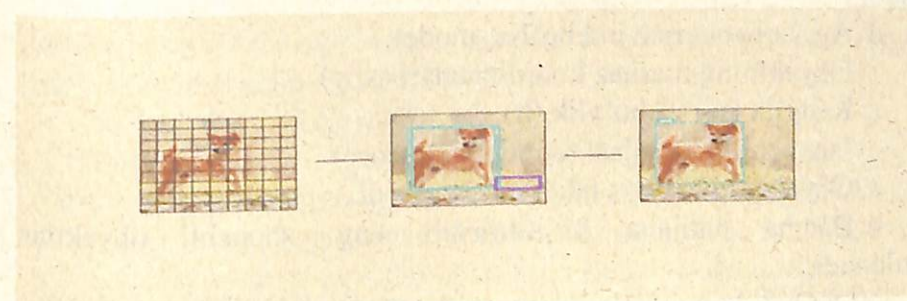
- Text-to-image tizimlari (Stable Diffusion, DALL·E 3, Midjourney)

- Tibbiy tasvirlarni tiklash va tozalash
- San'at va dizayn (AI Art generation)
- Video generatsiya (tasvirdan videoga o'tish)
- Arxiv tasvirlarini restavratsiya qilish

Diffusion modellar – bu sun'iy intellekt asosida tasvir yaratishning eng ilg'or bosqichi. Ular GAN modellaridan keyin paydo bo'lib, yuqori sifat, boshqariluvchanlik va realizmni ta'minlaydi. Bugungi kunda Stable Diffusion, DALL·E, Imagen kabi tizimlar ushbu texnologiya asosida ishlamoqda. Kelajakda diffusion modellar video, 3D va audio generatsiyada ham keng qo'llanilishi kutilmoqda.

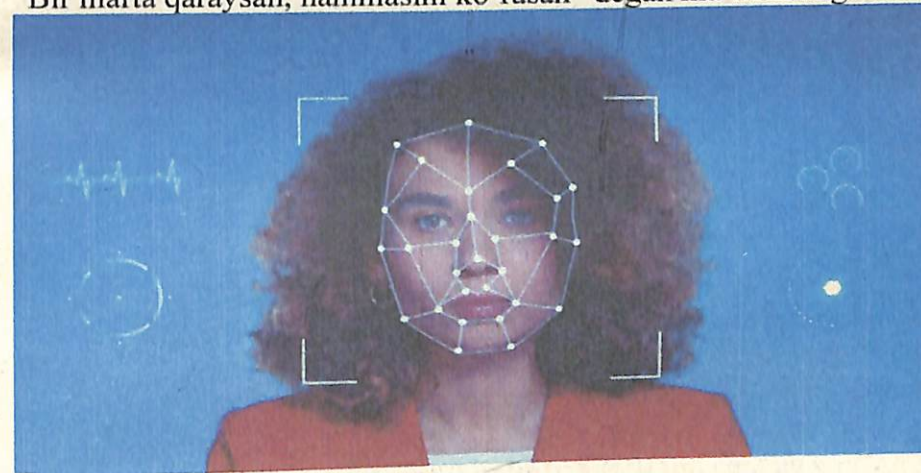
YOLO (You Only Look Once)

YOLO (You Only Look Once) – bu real vaqt rejimida obyektlarni aniqlash (object detection) uchun mo'ljallangan chuqur o'rganish modeli. U 2016-yilda Joseph Redmon tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, bugungi kunda eng tezkor va samarali deteksiya algoritmlaridan biri hisoblanadi.



1.12-rasm. YOLO, siz faqat bir marta qaraysiz

YOLO algoritmining asosiy g'oyasi tasvirga bir marta qarab, undagi barcha obyektlarning joylashuvi (bounding box) va sinfini aniqlashdir. Shuning uchun uning nomi "You Only Look Once" ya'ni "Bir marta qaraysan, hammasini ko'rasan" degan ma'noni anglatadi.



1.13-rasm. "You Only Look Once" ya'ni "Bir marta qaraysan, hammasini ko'rasan"

An'anaviy obyekt aniqlash usullari (masalan, R-CNN, Fast R-CNN) tasvirdagi har bir hududni alohida tahlil qiladi. YOLO esa butun tasvirni bir vaqtning o'zida tahlil qilib, quyidagi bosqichlarni bajaradi:

1. Tasvirni $S \times S$ panjara (grid) ga bo'ladi.
2. Har bir katakda model obyekt bor yoki yo'qligini bashorat qiladi.
3. Agar obyekt mavjud bo'lsa, model:
 - o Obyektning markaz koordinatalari (x, y)
 - o Kenglik (w) va bo'ylik (h)
 - o Ishonchlilik darajasi (confidence score)
 - o Obyekt sinfi (class label) ni aniqlaydi.
4. Barcha natijalar birlashtirilib, eng ishonchli obyektlar tanlanadi.

YOLOv8 bugungi kunda eng ilg'or versiyalardan biri bo'lib, PyTorch asosida ishlaydi, Deteksiya, Segmentatsiya, va Keypoint Detection (tana nuqtalari aniqlash) funksiyalarini qo'llab-quvvatlaydi, real vaqt rejimida yuqori aniqlik beradi.

YOLO modelining afzalliklari

1. Juda tezkor real vaqt (real-time) ishlash imkonini beradi.
2. Yagona neyron tarmoq orqali aniqlash.
3. O'qitish va qo'llash sodda.
4. Kichik obyektlarni aniqlashga moslashtirilgan.
5. Mobil qurilmalarda ham ishlashi mumkin (YOLO-Lite, YOLO-Nano)

Kamchiliklari

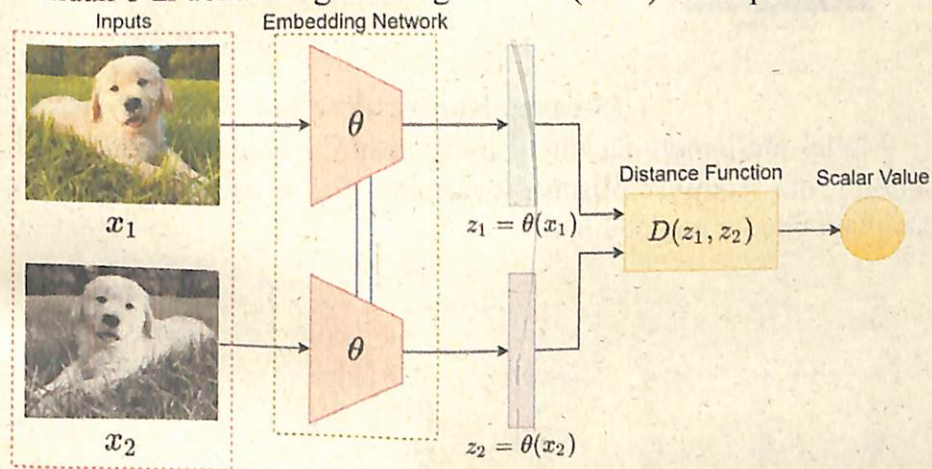
1. Juda kichik obyektlarni aniqlashda ba'zida xato qiladi.
 2. Ob'ektlar bir-biriga yaqin joylashganda noaniqliklar bo'ladi.
 3. Modelni o'qitish uchun katta ma'lumot to'plami kerak bo'ladi
- YOLO algoritmi hozirda deyarli barcha kompyuter ko'rish (computer vision) sohaslarida ishlatiladi:
- Avtomobil raqamini tanish
 - Yuz va tana aniqlash tizimlari (surveillance)
 - San'atdagi nuqsonlarni aniqlash
 - Qishloq xo'jaligida hosilni kuzatish

- Tibbiy tasvirlarda o'sma yoki patologiyani aniqlash
- Robot ko'rish tizimlari
- Avtomatlashtirilgan xavfsizlik tizimlari

YOLO obyekt aniqlash sohasida inqilobiy texnologiya bo'lib, tezlik, aniqlik va qulaylik jihatidan eng mashhur usullardan biridir. Bugungi kunda YOLOv8 modeli sanoat, xavfsizlik, transport, tibbiyot va boshqa ko'plab sohalarda keng qo'llanilmoqda. YOLO yondashuvi shuni isbotladiki: "bir marta qarashning o'zi hamma narsani ko'rish uchun yetarli".

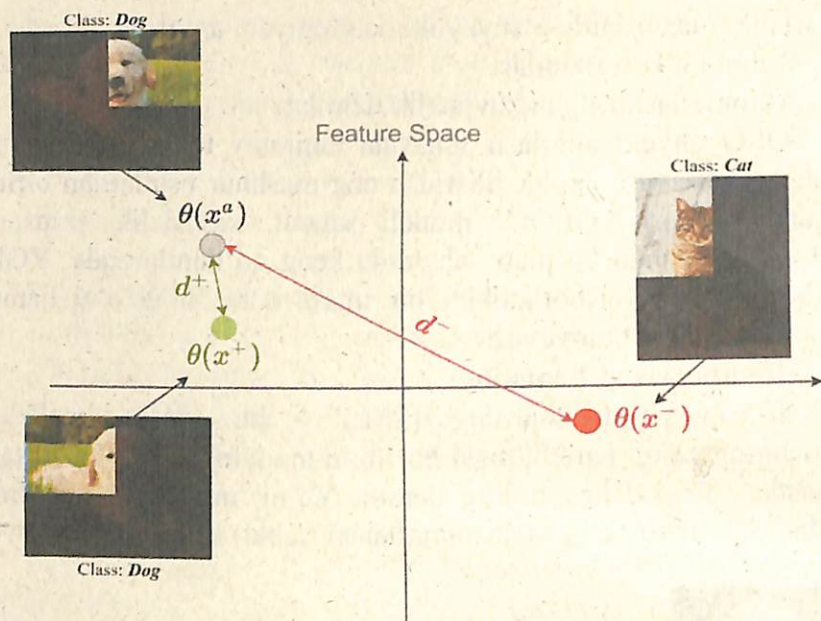
Self-supervised Learning

Self-Supervised Learning (SSL) – bu sun'iy intellektda o'qitishning yangi paradigmasi bo'lib, u modelni etiket (label) talab qilmasdan o'rganishga imkon beradi. Ya'ni, model ma'lumotning o'zidan o'zi uchun o'rganish signallarini (label) hosil qiladi.



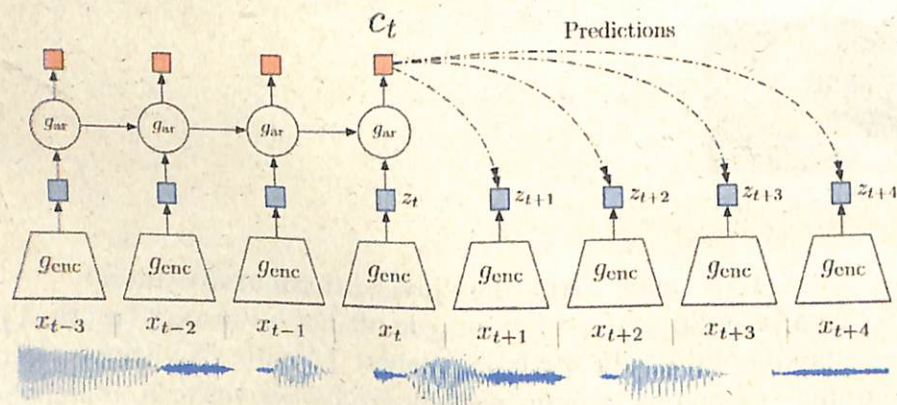
1.14-rasm. Birgalikda joylashtirish arxitekturasini

An'anaviy Supervised Learningda biz har bir rasmga "mushuk", "it", "avtomobil" kabi yorliqlar (label) beramiz. Self-Supervised Learning esa buning o'rniga ma'lumot ichidagi yashirin tuzilmalar orqali modelni o'qitadi model o'zi uchun "savol-javob" yaratadi.



1.15-rasm. Kontrastli ta'lim

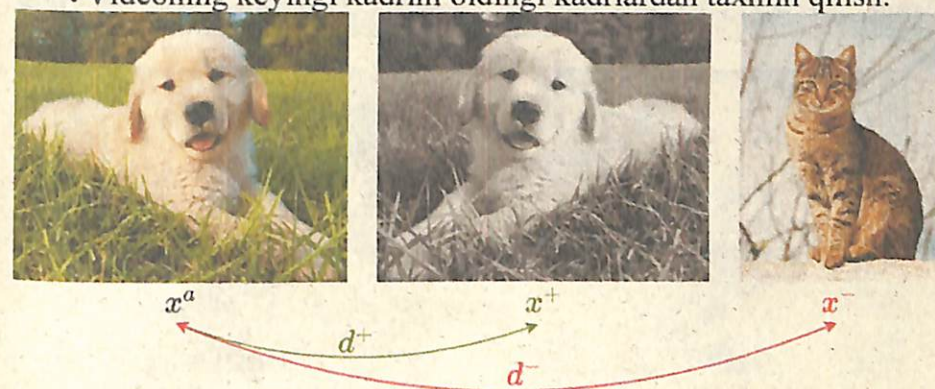
Model ma'lumotning bir qismini yashirib, qolgan qismdan uni tiklash yoki taxmin qilishni o'rganadi. Bu orqali model ichki tuzilmani chuqur anglab oladi.



1.16-rasm. Kontrastli bashoratli kodlashning umumiy ko'rinishi

Masalan:

- Rasmning bir qismini yopib qo'yiladi → model yopilgan qismini taxmin qiladi.
- Matnning bir so'zi o'chirib tashlanadi → model o'sha so'zni topadi (masalan, GPT modellarida).
- Videoning keyingi kadrini oldingi kadrlardan taxmin qilish.



1.17-rasm. Instansiyanı kamsitish usullari

Self-Supervised Learning bosqichlari

1. Pretext task (oldindan o'qitish vazifasi): Modelga "sun'iy" vazifa beriladi (masalan, rasm qismini to'ldirish, o'ng-chap tomonni ajratish).
2. Representation learning (xususiyatlarni o'rganish): Model ushbu jarayonda foydali xususiyatlarni o'rganadi.
3. Downstream task (amaliy vazifa): O'rganilgan xususiyatlar keyinchalik tasvir tasnifi, obyekt aniqlash yoki tibbiy tahlil kabi haqiqiy vazifalarda qo'llaniladi.



1.18-rasm. Rasmni ranglashtirishga misol

Self-Supervised Learningning turlari

a) Contrastive Learning (qarama-qarshi o'qitish)

Model bir xil obyektning turli ko'rinishlarini o'xshash deb, boshqalarini esa farqli deb o'rganadi.

Masalan:

• Biror mushukning ikki xil burchakdan olingan rasmlari → o'xshash

• Mushuk va avtomobil tasviri → farqli

Mashhur modellar:

• SimCLR (Google, 2020)

• MoCo (Facebook, 2020)

• BYOL (DeepMind, 2020)

b) Masked Prediction (niqoblash orqali o'rganish)

Ma'lumotning bir qismi niqoblanadi, model uni tiklaydi.

Masalan:

• Matnda yo'q so'zni topish – BERT modelida.

• Rasmning yashirilgan qismini tiklash – MAE (Masked AutoEncoder) modelida.

c) Clustering-based SSL

Model ma'lumotni avtomatik tarzda klasterlarga (guruhlarga) ajratadi, so'ng shu guruhlar asosida o'rganadi.

Masalan: DeepCluster, SwAV modellarida.

Tasvirlarga ishlov berishda Self-Supervised Learning

SSL tasvir tahlilida quyidagi afzalliklarni beradi:

• Rasmga etiket qo'yilmagan holatda ham o'rganish mumkin.

• Katta o'lchamdagi ma'lumotdan semantik (mazmunli) xususiyatlarni ajratib oladi.

• Kam miqdordagi label bilan ham yuqori natija beradi.

Self-Supervised Learningning afzalliklari

1. Label talab qilmaydi (kam mehnat).

2. Katta hajmdagi ma'lumotdan mustaqil o'rganadi.

3. O'rganilgan xususiyatlar ko'p sohalarida qayta ishlatiladi.

4. Overfitting kamroq kuzatiladi.

5. Resurs jihatidan tejimli.

Kamchiliklari

1. Pretext taskni to'g'ri tanlash murakkab.

2. Ba'zan natijani baholash qiyin.

3. O'qitish uchun ko'p hisoblash quvvati talab etiladi.

SSLning amaliy qo'llanilishi

• Tibbiy tasvir tahlili – MRI, rentgen, CT tasvirlarda kasallik belgilarini o'rganish

• Avtonom transport – label yetishmasa ham o'qitish mumkin

• Video kuzatuv – obyektlarning harakatini o'z-o'zidan aniqlash

• Kamera tasvirlarini tahlil qilish

• Qishloq xo'jaligi – o'simlik turlarini belgilersiz o'rganish

SSL va Deep Learning integratsiyasi

Bugungi kunda Self-Supervised Learning texnologiyasi: Transformers (ViT, BERT), Diffusion Models, Contrastive Language-Image Pretraining (CLIP) va Generativ model (GPT, LLaMA, PaLM) kabi ilg'or tizimlarda markaziy rol o'ynaydi.

Self-Supervised Learning – bu sun'iy intellektning kelajagi sifatida qaralayotgan yondashuv. U label talab qilmaydigan, o'z-o'zidan o'rganadigan tizimlarni yaratish imkonini beradi. Tasvir, video, matn va ovoz sohalarida bu yondashuv aniqlikni oshiradi,

ma'lumot sarfini kamaytiradi va ko'p sohalarda universallikni ta'minlaydi.

Optical Flow va Motion Analysis

Optical Flow – bu video yoki ketma-ket kadrlar orasidagi harakatni (motion) o'lchash va tahlil qilish uchun mo'ljallangan kompyuter ko'rish (computer vision) texnikasidir. U tasvirdagi piksellar harakatining yo'nalishi va tezligini aniqlashga yordam beradi.

Motion Analysis esa bu harakat ma'lumotlarini tizimli tahlil qilish, ya'ni obyektlarning harakati, tezlanishi, yo'nalishi, va o'zaro ta'sirini o'rganish jarayonidir.

Optical Flow – bu vosita, Motion Analysis – bu natija va tahlil bosqichi hisoblanadi.

Optical Flow nima qiladi?

Tasavvur qiling, sizda bir xil sahnadan olingan ketma-ket ikkita kadr (frame) mavjud. Optical Flow algoritmi bu ikkala kadrni solishtirib, har bir piksel qayerdan qayerga ko'chgani aniqlaydi.

Masalan:

• Harakatlanayotgan avtomobilning tasvirida, piksel pozitsiyalari o'zgaradi.

• Optical Flow shu o'zgarishlar orqali vektorlar maydoni (flow field) hosil qiladi.

Bu vektorlar obyektning yo'nalishi (direction) va tezligi (velocity) ni bildiradi.

Asosiy g'oya (matematik model)

Optical Flow yorug'lik doimiyligi taxminiga asoslanadi:

$$I(x, y, t) = I(x + \delta x, y + \delta y, t + \delta t)$$

ya'ni, bir pikselning yorqinligi (brightness) vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi, faqat joyi almashadi.

Bu tenglamani differensiallash orqali Optical Flow tenglamasi olinadi:

$$I_x u + I_y v + I_t = 0$$

bu yerda:

• I_x, I_y – yorqinlik gradientlari (x va y bo'yicha),

• I_t – vaqt bo'yicha o'zgarish,

• u, v – pikselning tezlik komponentlari (Optical Flow vektorlari).

Optical Flowni hisoblash usullari

a) Lucas-Kanade usuli (1981)

• Har bir piksel uchun kichik qo'shni hudud olinadi.

• Shu hududda harakat bir xil deb taxmin qilinadi.

• Oddiy chiziqli tenglamalar tizimi yechilib, (u, v) tezlik topiladi.

Afzalligi: oddiy va tez. Kamchiligi: katta harakatlarda xato beradi.

b) Horn-Schunck usuli (1981)

• Butun tasvirdagi harakat silliq (smooth) bo'lishi kerak degan taxminga asoslanadi.

• Bu usul butun maydon bo'yicha optimallashtirish bajaradi.

Afzalligi: global yechim beradi.

Kamchiligi: hisoblash jihatdan sekin.

c) Farneback usuli (2003)

• Tasvirdagi lokal polinom model asosida piksel harakatini hisoblaydi.

• Ko'p ishlatiladigan OpenCV algoritmi.

Afzalligi: aniqligi yuqori.

Kamchiligi: hisoblash murakkabroq.

Optical Flow vizualizatsiyasi

Optical Flow natijasi odatda rangli vektor xaritasi ko'rinishida ifodalanadi:

• Har bir piksel – bir vektor (yo'nalish + tezlik).

• Rangi – yo'nalishni, intensivligi – tezlikni bildiradi.

Motion Analysis (Harakat tahlili)

Motion Analysis – Optical Flow orqali olingan ma'lumotlardan foydalanib, obyektlarning harakatini, yo'nalishini va xatti-harakatini tahlil qilishdir.

U quyidagi asosiy bosqichlardan iborat:

1. Motion Detection – harakat bor yoki yo'qligini aniqlash.

2. Motion Segmentation – harakatlanuvchi obyektlarni fon (background) dan ajratish.

3. Object Tracking – obyektning vaqt bo'yicha pozitsiyasini kuzatish.

4. Motion Classification – harakat turini (yugurish, yurish, uchish, aylanish) aniqlash.

Amaliy qo'llanilish sohalari

1. Avtomobil sanoati – avtonom avtomobillar uchun harakatni kuzatish.

2. Inson harakati tahlili – sportchilar yoki yurish tahlili (gait analysis).

3. Video kuzatuv tizimlari – harakatni aniqlash va xavfsizlik.

4. Robototexnika – robot kameralar uchun ko'rish tizimlari.

5. Tibbiyot – yurak urishi, qon oqimi, yoki mushak harakati tahlili.

6. Qishloq xo'jaligi – dronlar yordamida shamol va suv oqimini o'lchash.

Afzalliklari

1. Harakatni aniq tahlil qiladi.

2. Video tahlil va kuzatuvda samarali.

3. Fizik harakat tezligini baholash imkonini beradi.

4. Tibbiy, texnik, va xavfsizlik sohalorida universal.

Kamchiliklari

1. Yorug'lik o'zgarishiga sezgir.

2. Katta harakatlarda xatolik bo'lishi mumkin.

3. Hisoblash xarajati yuqori (ayniqsa yuqori aniqlikda).

Optical Flow va Motion Analysis – bu zamonaviy kompyuter ko'rish tizimlarining asosiy komponentlaridan biridir. Optical Flow – tasvirlar orasidagi piksel harakatini aniqlasa, Motion Analysis – shu harakat asosida obyektning xatti-harakati va dinamikasini tahlil qiladi. Bugungi kunda bu texnologiyalar avtonom transport, robototexnika, sport tahlili, va tibbiyotda keng qo'llanilmoqda.

I-bob bo'yicha xulosalar

Shaxsni yuz tasviri asosida biometrik identifikatsiyalash usullari va uning qo'llanilish sohasini o'rganish jarayonida ushbu usulning boshqa biometrik identifikatsiyalash usullariga nisbatan ustun jihatlari aniqlandi va bugungi kundagi eng dolzarb yo'nalishlardan biri ekanligi asoslandi. Yuzni tanib olish algoritmlarining tahlili asosida ko'p pog'onali tanib olish tizimlarni ishlab chiqish bo'yicha tadqiqotlar masalasining qo'yilishi, maqsad va vazifalari shakllantirildi. Tasvirlarni qayta ishlashdagi algoritmlarni qisqa vaqt ichida yuqori sifatli tasvirlar yoki ma'lumotlarni olish uchun tasvirlarni qayta ishlash uchun ishlatiladigan usullar sifatida aniqlash mumkin. Algoritmlarning umumiy ma'nosi muammoni hal qilish yoki vazifani bajarish bo'yicha ko'rsatmalar to'plami. Shunday qilib, tasvirni qayta ishlashda algoritmlarni muhokama qilishda avval tasvirni qayta ishlash vaqt jadvalini, so'ngra ularning ilovalarini muhokama qilaylik. Raqamli kompyuterlar narxining pasayishi va oddiy odamlar uchun tasvirni qayta ishlash texnikasining arzonligi tufayli tasvirni qayta ishlash sohasi doimiy ravishda rivojlanib bormoqda. Yillar davomida tasvir morfologiyasi, neyron tarmoqlari, to'liq rangli tasvirni qayta ishlash, tasvir ma'lumotlarini siqish, tasvirni aniqlash va bilimga asoslangan tasvirni tahlil qilish tizimlariga qiziqish darajasi sezilarli darajada oshdi.

II- BOB. TALABALARGA RAQAMLI MEDI MATN VA TASVIR BILAN ISHLASH ALGORITMINI O'RGATISHNING DIDAKTIK ASOSLARI

2.1- § Noqulay ob-havo sharoitlarida olingan tasvirlar sifatini yaxshilash usullari

Ochiq hududlarda suratga olingan tasvirlar yoki, video ketma-ketliklar sifatiga eng ko'p ta'sir etadigan tashqi omillar sirasiga yomg'ir va tumanli ob-havo sharoitlarini misol sifatida keltirishimiz mumkin. Ushbu paragrafda berilgan tasvir sifatiga ko'rsatilgan ikki omil ta'sirini kamaytirishga mo'ljallangan algoritmlar bilan tanishib chiqamiz. Berilgan tasvirda yomg'ir va qor elementlarini kamaytirish usullari.

Yomg'ir tomchilarining yuqori tezlikda pastga tushishi natijasida tasvirda turli ko'rinishdagi chiziqlar hosil bo'ladi. Ushbu chiziqlar yomg'ir chiziqlari deb atataladi. Odatda yomg'ir tomchisi yoki yomg'ir chiziqlari o'zatrofida tuman yoki tasvirni xiralashishi kabi holatlarni keltirib chiqaradi va natijada tasvir ko'rinishini buzilishiga sabab bo'ladi. Yomg'irni olib tashlash usullari ikki guruhga bo'linadi: xarakatsiz tasvirdan yomg'irni o'chirish va video oqimdan yomg'irni o'chirish. Bu ikki masala uchun ishlab chiqilgan usullarning farqli va o'xshash jihatlari mavjud. Ikkala masala ham modelga asoslangan an'anaviy usullarni qabul qiladi. Bunda yomg'irning fizik xususiyatlaridan foydalanib yomg'ir tomchilari modeli tuziladi va tasvirdan yomg'ir chiziqlari qatlami ajratib olinadi. Bundan tashqari ikkala masalani yechishda hozirda keng qo'llanilayotgan neyron tarmoq texnologiyalari qo'llanilib kelinmoqda. Ushbu usullarning aksariyati muammoning muayyan bir jihatlariga mo'ljallangan bo'lib, ularning har biri o'ziga yarasha ustuvor tomonlariga ega. Video oqimdan yomg'ir chiziqlarini o'chirish algoritmlarini umumiy holda to'rt guruhga ajratish mumkin: vaqt sohasiga asoslangan, chastota sohasiga asoslangan, quyi razryad va siyraklikka asoslangan va chuqur o'qitish texnologiyalariga asoslangan. Dastlabki uchta guruhga mansub algoritmlarga modelga asoslangan usul sifatida qarashimiz mumkin. To'rtinchi guruhdagi algoritmlar belgilar

oldindan to'plangan o'quv ma'lumotlari avtomatik o'qitiladigan algoritmlar. Shuning uchun ushbu guruhga mansub algoritmlarni ma'lumotga asoslangan usul sifatida ko'rishimiz mumkin.

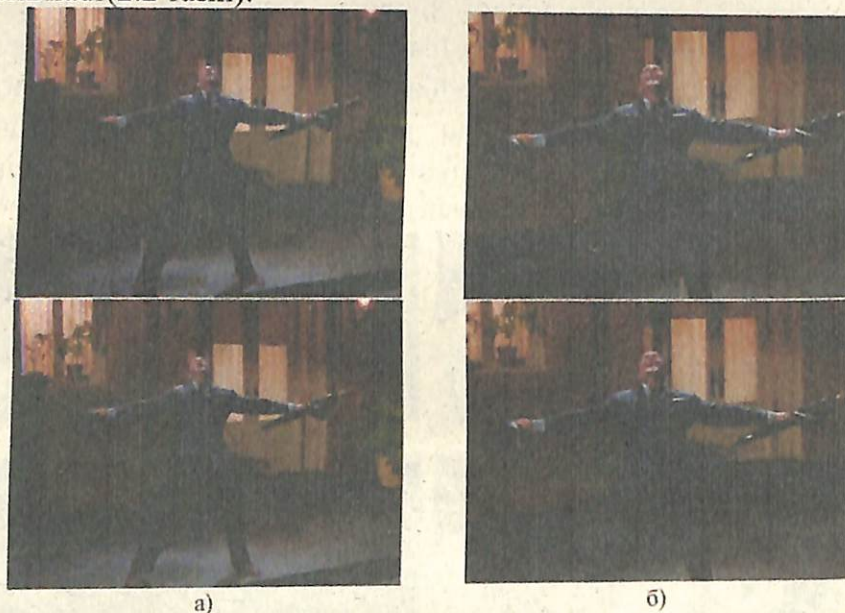
Ablameyko S.V., Lagunovskiy D.M. larning ilmiy ishida avval bevosita ekspozitsiya vaqtini uzaytirish yoki kamera maydoni chuqurligini pasaytirish orqali video ko'rinishini o'zgartirmasdan yomg'ir ta'sirini kamaytirish yoki o'chirib tashlash taklifi ilgari surilgan. Mualliflar dastlab alohida yomg'ir chiziqlari tomonidan hosil qilinadigan intensivliklarni ifodalovchi fotometrik model hamda yomg'irning fazo va vaqtga bog'liq xususiyatlarini hisoblovchi dinamik modelini ishlab chiqqan. Ushbu modellar birgalikda yomg'irning tashqi ko'rinishini tasvirlaydi hamda ular yordamida video oqimidagi yomg'irni aniqlaydi va o'chiradi. So'ngra, yomg'irning kichik hajmga egaligi, yuqori tezligi va fazoda tarqalishi kabi fizik xususiyatlari hamda tasvirga olayotgan kamera parametri va ko'rinishning yorqinligi singari omillar yomg'irning tashqi ko'rinishiga ta'sirini o'rganiladi. Shundan so'ng pastga tushayotgan yomg'ir tomchisi shakl buzilishlarini hisoblash uchun yomg'ir chiziqlarini ifodalovchi model ishlab chiqdilar. Ushbu buzilishlarni modellashtirish kameraga yaqin joylashgan yomg'ir tomchilari holatida ko'rinadigan intensivlikni murakkab namunalarni aniqlashga imkon beradi (2.1-rasm).



2.1-rasm. [32] ishda taklif etilgan algoritmlarni ishlash bosqichlari

Biroq bu usul kuchli yog'ayotgan yomg'irda va kamera yaqinida tez harakatlanayotgan jismlarda yaxshi samara bermaydi. Shuningdek, video oqimini sezilarli yomonlashtirmasdan kamerani sozlash ishlarini amalga oshirib bo'lmaydi.

Vaqt korrelyatsiyasi va quyi razryadli matritsani to'ldirish orqali yomg'irni o'chirish algoritmidagi agar optik oqim tomonidan buzilgan qo'shni kadr joriy kadr bilan faqatgina yomg'ir chiziqlari sohalari bilangina farqlanadigan bo'lsa, u holda shu farqdan foydalanib boshlang'ich yomg'ir xaritasi hosil qilinadi[33]. So'ngra boshlang'ich yomg'ir xaritasi tayanch vektorlar usuli yordamida yomg'ir chiziqlari va yot chiziqlar ajratilgan vektorlar bazisi sifatida ifodalanadi. Yot chiziqlarni o'chirib tashlash orqali yomg'ir xaritasi aniqlashtiriladi va yomg'ir chiziqlari ajratib olinadi. Nihoyat aniqlangan yomg'irli piksellar matritsani to'ldirish algoritmidan foydalanib almashtirib chiqiladi. Ushbu amal quyi razryadli approksimatsiya uchun maksimum kutilma iteratsiyasi orqali amalga oshiriladi(2.2-rasm).



2.2-rasm. [33] da taklif etilgan algoritm: (a) – 55 kadr, (b) – 85 kadr

Yuqori qatorda kiruvchi kadrlar, pastgi qatorda yomg'ir olib tashlangan kadrlar.

SH.S.Kaxarovning ilmiy ishi da video oqimdan yomg'ir va qorni o'chirish uchun matritsa dekompozitsiyasiga asoslangan modelni taklif qilingan (2.4-rasm). Unga ko'ra yomg'ir chiziqlari va qor parchalari siyrak va zich toifalarga ajratiladi. Fon tebranishlari va optik oqim ma'lumotlari yordamida xarakatlanuvchi obyektlar

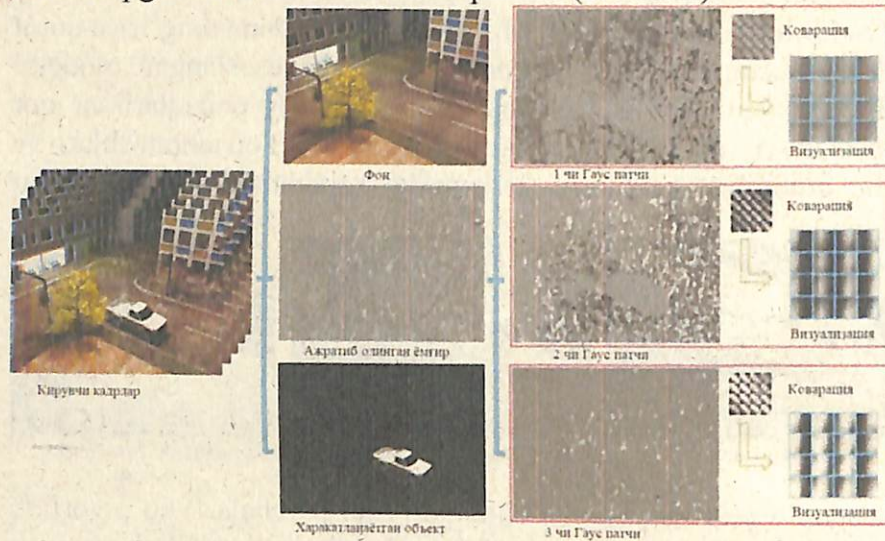


aniqlanadi va siyrak yomg'ir chiziqlari (qor parchalari) ko'p yorliqli tasodifiy Markov maydonlari sifatida shakllantiriladi. Zich yomg'ir chiziqlari (qor parchalari) esa Gauss taqsimotiga bo'ysunadi. Siyrak va zich yomg'ir chiziqlarini (qor parchalarini) o'z ichiga olgan fon ko'rinishlari fonni quyi darajali tavsiflash yordamida o'chiriladi.

2.3-rasm. Agafonova R.R., Mingalev A.V., Shusharin S.N. larning ilmiy ishida taklif etilgan usul natijalari

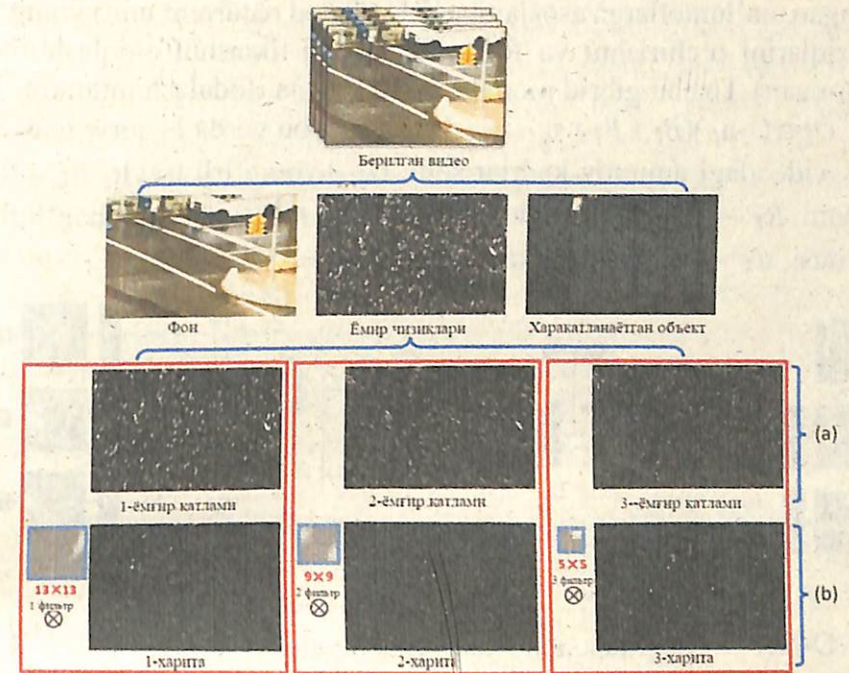
Agafonova R.R., Mingalev A.V., Shusharin S.N. larning ilmiy ishida taklif etilgan videodan yomg'ir chiziqlarini o'chirish usulida yomg'irni stoxastik, ya'ni patchga (yamoqqa) asoslangan Gauss taqsimotiaralashmasi sifatida shakllantirish taklif keltirilgan. Ushbu usul oddiy bo'lishiga qaramay, yomg'ir chiziqlarini umumiy o'ziga xos xususiyatlarini mosravishda ifodalashga imkon beradi. Bunday yondashuv orqali taklif qilinayoigan model an'anaviy yomg'ir konfiguratsiyasining ma'lum turlarini o'rni kengroq doiradagi yomg'ir turlarini moslashtirish imkoniga ega bo'ladi. Videodan yomg'ir chiziqlarini o'chirish uchun harakatlanayotgan obyektning vaqt va fazo bo'yicha silliqlovchi konfiguratsiyasi va fon ko'rinishining quyi razryadli tuzilishini bog'lash orqali yomg'ir chiziqlari ehtimoliy ta'sirini ifodalovchi qatlam va videoning

harakatlanuvchi obyekt va fon ko'inishini ifodalovchi qatlamlardan tarkib topgan ixcham model hosil qilinadi (2.4-rasm).



2.4-rasm. Agafonova R.R., Mingalev A.V., Shusharin S.N. larning ilmiy ishida taklif etilgan algoritmning strukturasi

Agafonova R.R., Mingalev A.V., Shusharin S.N. larning ilmiy ishida yomg'ir chiziqlariga xos bo'lgan ikkita ichki xususiyatlarga e'tibor qaratilgan. Birinchidan, video oqimdagi yomg'ir chiziqlari videoning turli pozitsiyalari bo'ylab siyrak tarqalgan takrorlanuvchi timsollarni o'z ichiga oladi. Ikkinchidan, yomg'ir chiziqlari kamerasga turli masofalarda namoyon bo'lishiga ko'ra ko'p o'lchovli hisoblanadi. Mualliflar ushbu xususiyatlarga asoslanib MS-CSC (multiscale convolutional sparse coding) modelini 2.5-rasmida ishlab chiqilgan. Modelga ko'ra avvalgi xususiyatlarni yetkazish uchun siyrak belgilar xaritalarida to'plangan ko'plab svyortkali filtrlar ishlatiladi. So'ngra turli o'lchamdagi yomg'ir chiziqlarini tavsiflash uchun ko'p o'lchamli filtrlar qo'llaniladi (2.5-rasm). Yomg'ir chiziqlarini kodlashtirishning ushbu usulni qo'llash orqali taklif qilinayotgan model videodagi yomg'ir chiziqlarini samarali ajratib oladi va shu bilan yomg'ir effektlarini o'chirish unumdorligi oshadi.

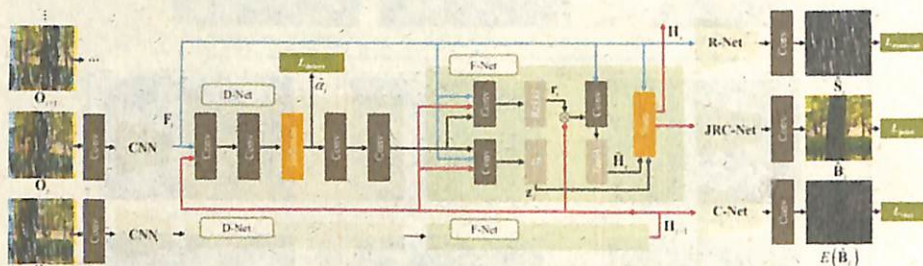


2.5-rasm. MS-CSC modeli strukturasi

Omprakash P., Yogendra P. S. M., Sanjeev Sh. larning ilmiy ishida taklif qilingan usulda chuqur rekurrent svyortkali tarmoqlardan foydalanilgan. Mualliflar yomg'irni o'chirishda yomg'irli okklyuziya hududlarini (ya'ni yomg'ir chiziqlarining nur o'tkazuvchanligi past bo'lgan hududlar) hisobga olish g'oyasini ilgari surgan. Oddiy yomg'ir chiziqlaridan farqli ravishda okklyuziya hududlardagi fon tasvirlarida sezilarli buzilishlar paydo bo'ladi. Shuning uchun taklif qilingan modelda ham yomg'ir chiziqlari, ham yomg'ir okklyuziyasini ifodalash maqsad qilingan. Video oqimining vaqt bo'yicha farqlaridan kelib chiqib yomg'irni o'chiruvchi va tiklovchi umumiy rekurrent tarmoq ishlab chiqilgan (J4R-Net). Ushbu umumiy tarmoqda yomg'ir degradatsiyasini tasniflovchi ko'rinishlarining fazoviy tuzilmasiga asoslangan yomg'irni o'chirish va vaqt bo'yicha muvofiqlikka asoslangan fon detallarini tiklash tarmoqlari birlashtirilgan. Yomg'ir degradatsiyasini tasniflash deganda hudud additiv yomg'ir chiziqlari yoki yomg'ir okklyuziyasi bilan buzilganligini tavsiflovchi binar xaritani ifodalash tushuniladi. Undan

olingan ma'lumotlarga asoslanib GRU (Gated recurrent unit) yomg'ir chiziqlarini o'chirishni va fon tafsilotlarini tiklashni aniqlashtiradi (2.6-rasm). Ushbu gibrid modelni quyidagicha ifodalash mumkin:

$O_t = (1-\alpha_t)(B_t + R_t) + \alpha_t A_t, t=1,2,\dots,N$, bu yerda t – joriy qadam, N – videodagi umumiy kadrlar soni, O_t – yomg'irli tasvir, B_t – fon freymi R_t – yomg'ir chiziqlari freymi. A_t – yomg'irga bog'liqlik xaritasi, α_t – alfa qoplash xaritasi.



2.6-rasm. J4R-Net.

D-Net – degradatsion klassifikatsiyalash tarmog'i, F-Net – integratsiyalovchi tarmoq, R-Net – o'chiruvchi tarmoq, C-Net – qayta tiklovchi tarmoq, JRC-Net – R-Net va C-Net birlashmasidan hosil bo'lgan tarmoq.

Yuqorida ko'rib chiqilgan usullarni samaradorligini aniqlash uchun tasvir sifatini aniqlashda qo'llaniladigan PSNR (peak-signal-to-noise ratio), SSIM (structure similarity), VIF (visual quality) va FSIM (feature similarity) kabi me'zonlardan foydalanib tajribaviy tadqiqotlar o'tkazildi.

2.1-jadval.

Tahlil qilingan usullar ustida olib borilgan tadqiqot natijalari.

Algoritmlar	PSNR	SSIM	VIF	FSIM
Garg [32]	29.83	0.661	0.955	0.927
Kim [33]	30.44	0.602	0.958	0.94
Szyan [34]	31.93	0.745	0.971	0.952
Ren [35]	28.26	0.685	0.970	0.974
Li [66]	32.89	0.865	0.992	0.962
Lyu [37]	27.56	0.626	0.995	0.988

Oddiy yomg'ir sharotidagi video tasvir ustida o'tkazilgan tajriba natijalariga ko'ra, 2.1-jadvalda ko'rsatilganidek, Agafonova R.R., Mingalev A.V., Shusharin S.N. larning ilmiy ishida yomg'ir chiziqlari aniq ajratilmagan. SH.S.Kaxarovning usulida esa harakatlanayotgan obyektlarni va yomg'ir chiziqlarini o'chirishda xatoliklar ko'proq uchraydi. Omprakash P., Yogendra P. S. M., Sanjeev Sh. larning ilmiy ishida keltirilgan usulda esa boshqa usullarga qaraganda tekstura tafsilotlari va fon ma'lumotlari yaxshi saqlanib qolgan. Shuningdek yomg'ir qatlamlarini ajratib olish ham nibatan aniq bajarilgan. Kuchli yomg'ir sharotidagi video tasvirlarida ham Agafonova R.R., Mingalev A.V., Shusharin S.N. larning ilmiy ishida boshqa usullarga qaraganda yaxshi samara berishini ko'rish mumkin.

Berilgan tasvirdan "tuman" effektini shaffoflashtirish.

Ochiq hududlarda joylashgan videokuzatuv tizimlarida tuman, tutun, chang kabi zarralar tasvirdagi obyektning yorug'lik qaytarishi sifatiga o'z ta'sirini ko'rsatadi. Natijada berilgan tasvirda past kontrast, xira ranglar va ko'rinish sifatining pasayishi kabi holatlar paydo bo'ladi. Bunday holatlarda "tuman" effektining tasvirga ta'sirini kamaytirish uchun tavisir vizual sifatini ma'lum parametrlar bo'yicha yaxshilash usullari ishlab chiqilgan. Bunday usullarga kontrastni o'zgartirish (chiziqli kontrastlash), aniqlikni oshirish, ranglarni to'g'rilash, tekislash, chegaralarni belgilash va xalaqitlarni kamaytirish kabilari misol bo'lishi mumkin. Kontrastni chiziqli o'zgartirish harakatsiz tasvir sifatini bir muncha yaxshilashi mumkin lekin, aktiv videokuzatuv tizimlari orqali yozilayotgan video ketma-ketlikda yaxshi samara bermaydi. Tuman kuzatuv sahnasining umumiy ko'rinishini yomonlashtiradi va kuzatuv tizimlari ishonchliligini kamaytiradi. Shuning uchun tasvirdagi tuman elementlarini bartaraf etish vazifasi tasvirlarni tahlil qilish va qayta ishlash tizimining muhim masalalaridan hisoblanadi. Bunday algoritmlar ishlab chiqishda asosiy qiyinchilik bu muammoning noaniqligidir. Tuman "tasvir sahna"sidan aks etayotgan nurni susaytiradi va uni atmosfera nurlarining ba'zi qo'shimchalari bilan aralashtiradi. Tuman elementlarini bartarafetishdan maqsad nurdan

aks etayotgan yorug'likni tiklashdir. Ushbu muammoni yechish uchun ikki yondashuv taklif etiladi [40]. Birinchisi, qo'shimcha ma'lumot olish, masalan, bitta sahnaning bir qator tasvirlar seriyasini turli usullar bilan olish. Ammo amalda qo'shimcha ma'lumotlarni olish imkoni doim ham mavjud bo'lavermaydi. Ikkincha yondashuv – oldindan ma'lum bo'lgan ba'zi bilimlar va belgilardan foydalangan holda cheklovlar qo'yish. Ushbu yondashuv nisbatan amaliydir, chunki bunda faqat bitta tasvir talab qilinadi.

Mazkur ishda tasvirning yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanalini tahlil qilish orqali ma'lumotlarni bashoratlash taklif etilgan. Tasvirning yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanali bu tumansiz tasvirlarning statistik xususiyati bo'lib, bunda tasvirning aksariyat lokal sohalarida hech bo'lmaganda bitta rangli kanalda past intensiv piksellar mavjud bo'ladi. Kuzatuv sahnasidan uzoqdagi piksellar intensivligi yaqinda joylashgan peksellarga nisbatan past bo'ladi. Qorong'u piksellar soyalar, yorug'lik intensivligi, ko'rinish geometriyasi va boshqa omillar ta'siri natijasida shakllanadi. Ushbu taxmin har bir piksel uchun cheklovni ta'minlaydi va shu bilan muammoni noaniqligini hal qiladi. Tumanning fizik modelini qurish orqali tasvir sifatini tiklash mumkin. Tumanli havodagi tasvirni ifodalashda quyidagi fizik modelni qo'llash mumkin:

$$I(x, y) = J(x, y)t(x, y) + A(1 - t(x, y)) \quad (2.1)$$

bu yerda $J(x, y)$ – tuman ta'sir etmagan holatdagi piksel yorqinligi, $t(x, y)$ – yorug'lik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti (tuman shaffoligi), $t = 0$ shaffolikni nolga tengligini anglatadi; A – atmosfera nurlari intensivligi.

Tuman havoda turli zarralarni hosil qiladi, nurlarni yutadi va tarqatadi. Obyektdan aks etayotgan nur havodagi zarralar tomonidan qisman so'riladi va natijada susayadi. t koeffitsiyet – obyektdan akslanayotgan yorug'likning dastlabki va kuzatuvchiga yetib boradigan intensivliklari o'rtasidagi nisbatni ifodalaydi. Meteorologiyada xavoda paydo bo'lgan tuman, chang, tutun qum kabi zarralar ularning materiali, o'lchamlar, shakli, konsentratsiyasi kabi fizik xususiyatlari bilan farqlanishi mumkin lekin, ularning ko'rinishni tasvirlash jarayoniga ta'siri o'xshashdir. Bunday

zarralarni tasvirlash modeli bir xil bo'lib, ularni teng ravishda bartaraf etish imkoniyati mavjud. Tasvirdagi obyektlarni farqini yaxshilash uchun tasvirning yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanali foydalaniladi.

Berilgan tasvirni yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanalini olish uchun uni 15×15 o'lchamdagi bo'laklarga ajratib, so'ngra har bir piksel va har bir rang kanali uchun quyidagi funksiya hisoblanadi:

$$I^{dark}(x, y) = \min_{C \in \{r, g, b\}} (\min_{(x, y) \in B_i} I_C(x, y)) \quad (2.2)$$

Bu $B_i (i = \overline{1, k}) - I(x, y)$ yerda $I_C(x, y)$ – tasvirdagi $I(x, y)$ pikselning C rang kanalidagi intensivlik qiymati, tasvir bo'lagi.

Yorug'lik o'tkazish koeffitsiyenti quyidagi funksiya orqali ifodalanadi:

$$t(x, y) = 1 - \frac{1}{A} \min_{C \in \{r, g, b\}} (\min_{(x, y) \in B_i} I_C(x, y)) = 1 - \frac{1}{A} I^{dark}(x, y)$$

Ushbu ifodadan shuni ko'rish mumkinki, shaffolik qanchalik kam bo'lgan hududlarda mos ravishda, I^{dark} qorong'u kanalning qiymatlari shunchalik yuqori bo'ladi. Yorug'lik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti sifatini oshirish uchun odatda matli interpolatsiya (soft matting) usulidan foydalaniladi [41]. Amalda ushbu jarayon hosil bo'lgan yorug'lik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlarga Gauss filtrini qo'llash orqali bajariladi.

Shunday qilib, yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanalidan foydalangan holda, eng noshaffof hududlarni chiqaramiz va atmosfera yorug'ligini baholaymiz [50]. Vizual ravishda yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanali tuman qalinligi taxminiy qiymatini ifodalaydi. Uchala rangkomponentlari bo'yicha atmosfera yorug'ligi qiymatlarini olish uchun yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanalning eng yorqin piksellarining dastlabki 0,1 namunalari tanlanadi. Tanlab olingan piksellar atmosfera yorug'ligining intensivlik qiymati sifatida olinadi. Atmosfera yorug'ligi intensivligi tasvirning har bir rang kanali bo'yicha hisoblanadi. Tasvirning qayta tiklangan piksellari intensivlik qiymatlari (tuman ta'sirini hisobga olmaganda) quyidagicha ifodalanadi:

$$I(x, y) - A$$

$$J(x, y) = \max(t(x, y), 0.1) + A$$

Tasvirning yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanalitahlili asosida tuman elementlarini bartaraf etish algoritmi asosida tasvirdagi obyektlar o'rtasidagi farqlar oshirilib, tasvir sifati oshirishga erishildi.

2.2-§ Turli yoritilganlik sharoitlarida olingan tasvirlar sifatini yaxshilash algoritmlari

Hozirgi kunda tasvir sifatini oshirishga mo'ljallangan turli algorimlar ishlab chiqilgan bo'lib, ulardan tasvirda paydo bo'lgan xalaqit turiga, tasvir tuzilishi, ishlov berilayotgan tasvirning qo'llanilish maqsadlariga qarab foydalaniladi. Tasvir sifatini oshirish ko'p hollarda kontrastni oshirish, ranglar taqsimotini tekislash, yorqinlikni normallashtirish kabi usullar yordamida amalga oshiriladi. Ushbu paragrafda kontrastni yaxshilash orqali tasvir sifatini oshirishga mo'ljallangan usul va algoritmlar keltirilgan.

Tasvir o'rtacha yorqinligini ko'tarish algoritmi

Odatda yorug'lik yetarli bo'lmagan sharoitda olingan tasvirlarda tasvirdagi aksariyat piksellarning yorqinlik qiymatlarini pasayishi, kontrastning pasayishi va tor yorqinlik diapazonlari namoyon bo'lishiga olibkeladi.

Turli yoritilganlik sharoitlardagi tasvirlar gistogrammalari a) qorong'u tasvir; b) past kontrastli tasvir; v) yorqin tasvir; g) yuqori kontrastli tasvir.

Ko'p hollarda qorong'u tasvirlarda additiv shovqinlar hosil bo'ladi va tasvirning tiniqligi va yorqinlikning o'rtacha qiymati pasayishiga olib keladi. Yorqinlikning o'rtacha qiymati va tasvir piksellarning yorqinlik diapazoni kengligining miqdoriy baholash uchun normallashtirilgan yorqinlik gistogramma tahlili o'tkaziladi.

bu yerda r_k – k -yorqinlik darajasi, L – maksimal yorqinlikdarajasi, n_k – r_k yorqinlik darajasidagi piksellar soni, n – tasvirdagi umumiy piksellar soni. Normallashtirilgan yorqinlik gistogrammasidan kelib chiqib yorqinlikning matematik kutilmasi va o'rtacha kvadratik chetlanishi hisoblanadi [42, 43].

Qorong'u tasvirlarda yorqinlikning matematik kutilma va o'rtacha kvadratik chetlanish qiymatlari past bo'ladi. Bu esa o'z navbatida yorqinlikning tor diapazoni va tasvir umumiy yorqinlik qiymatining pastligini anglatadi. Yorqinlikning tor diapazoniga ega tasvirlarda kontrastning pasayishi kuzatiladi va natijada tasvirdagi qo'shni pikselaro'rtasidagi farqning (kontrast) kamayishi kuzatiladi. Tasvir kontrasti kontrastlar gistogrammasi orqali aniqlash mumkin [44].

$$g_{norm}(c_{ij}) = n_k/n,$$

bu yerda c_{ij} – tasvirdagi har bir piksel va qo'shni piksel o'rtasidagi farqni ifodalaydi

bu yerda A – berilgan tasvir matritsasi, C – tasvirdagi har bir piksel qiymati

c_{ij} dan tarkib topgan matritsa. Kontrast gistogrammasi bo'yicha tasvirning kontrastlilik darajasi hisoblanadi

c – tasvirning konirastlilik darajasi. c ning qiymatlari mos ravishda $c = 0$ da normal kontrast, $c > 0$ da yuqori kontrast va $c < 0$ da past kontrastli tasvirni anglatadi. Qorong'u tasvirlar kontrasti manfiy qiymat qabul qiladi.

Gistogrammani tekislash algoritmi

Ushbu algoritm kontrastni yaxshilash uchun qo'llaniladigan keng tarqalgan usullardan biri hisoblanib, oddiy va effektivligi tufayli ko'plab tasvir sifatini oshirishga mo'ljallangan ilovalarda ishlatiladi. Algoritm tasvirga mos dinamik diapazonni oshiradi, gistogrammani tekislaydi va boshqa ko'plab algoritmlarga nisbatan kamroq hisoblash ishlarini bajaradi. Gistogramma tekislash algoritmi (HE) o'z funksiyasini hosil qilish uchun berilgan tasvirning barcha gistogramma ma'lumatlari bilan ishlaydi [45].

Berilgan tasvirni $\{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$ kabi belgilanadigan, $[0, L-1]$

dinamik diapozondagi "L" diskret kulrang darajalardan tarkib topgan $X = \{X(i, j)\}$ funksiya ko'rinishida belgilaymiz. Bunda $X(i, j) - (i, j) \in$

$\{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$ shartni qanoatlantiruvchi (i, j) fazoda tasvirning intinsivligini ifodalaydi. Shunday qilib tasvir

gistogrammasi h quyidagicha aniqlanadi: $h(X_k) = n_k, k = 1, 2, \dots, L - 1$ bu yerda $X_k - k$ -kulrang yorqinlik darajasi va n_k tasvirda ushbu yorqinlik darajasiga ega piksellar soni. So'ngra ehtimoliy taqsimot funksiyasi (PDF) aniqlanadi bu yerda $(M \times N) - X$ tasvirning o'lchami.

Keyingi bosqichda ehtimoliy taqsimot funksiyasidan kelib chiqib kumulyativ taqsimot funksiyasini (CDF) aniqlanadi.

Kumulyativ taqsimot funksiyasini qo'llash orqali quyidagi almashtirish funksiyasi bajariladi:

$$T(X_k) = (L - 1) \times c(X_k), k = 1, 2, \dots, L - 1$$

Chiquvchi tasvir $Y = \{Y(i, j)\}$ quyidagi formula yordamida ifodalanadi:

$$Y = f(X) = \{f(X(i, j)) | \forall X(i, j) \in X\}$$

Dinamik diapazon ortgani sari algoritm tasvir kontrastini oshirib boradi. Algoritm tasvir kontrastini oshirishi bilan birga tasvirda turli artefaktlarni paydo bo'lishiga, tasvir ko'rinishini xiralashishiga tasvirning ba'zi detallarini yo'qolishiga, ayrim lokal sohalarda yorqinlikni haddan ziyod ortib ketishiga va tasvir umumiy yorqinligini keskin o'zgarishiga sabab bo'lishi mumkin [4].

AHE (Adaptive histogram equalization)

Ushbu algoritm Gistogramma tekislash algoritming yuqorida sanab o'tilgan kamchiliklarini bartaraf etish uchun ishlab chiqilgan. AHE tasvirni bir nechta qism bo'laklarga bo'ladi va har bir bo'laklar uchun gistogramma hisoblanadi. So'ngra har bir markaziy piksel uchun qo'shni piksel qiymatlarida kumulyativ taqsimot funksiyasidan foydalanib gistogrammani tekislash algoritmi bajariladi. Shu orqali tasvirning har bir bo'laklaridagi yorqinlik qiymatlarini tekislab chiqadi. Bu lokal operatsiya bo'lganligi tufayli, turli kulrang darajaga ega sohalarda bir vaqtning o'zida yaxshilanadi. Shu orqali HE da sodir bo'ladigan ba'zi kamchiliklar oldi olinadi. Tasvirni bo'laklarga ajratishda paydo bo'ladigan artefaktlar filtrlarlash yoki interpolyasiya usulidan foydalanib kamaytiriladi.

Biroq ushbu usulning ham bir qancha kamchiliklari mavjud. Bunday kamchiliklar qatoriga algoritmdan foydalanishda bir jinsli

fonlarda turli xalaqitlarni paydo bo'lishligi, tasvirning barcha qismi kontrasti birdek yaxshilanishi uchun, tasvirni eng maqbul o'lchamda bo'laklarga ajratishda murakkab hisoblashlar talab qilishligini kabilarni misol sifatida keltirishimiz mumkin.

CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)

Yuqorida keltirib o'tilganidek AHE tasvirning doimiyga yaqin sohalarda gistogramma o'ta zich joylashganligi tufayli kontrastni yuqori baholashga intiladi. Natijada bunday sohalarda xalaqitlarni ko'payishiga sabab bo'lishi mumkin. Kontrastni cheklagan holda adaptiv gistogramma tekislash algoritmini qo'llash orqali bunday xalaqitlarni oldini olish mumkin. AHE bo'yicha hisoblangan gistogramma segmentini tenglashtirishga qo'shimcha ravishda, gistogramma ustunidagi maksimal piksellar soniga cheklov o'rnatiladi. Ustunlarning qo'shimcha "tepalari" esa gistogramma bo'ylab teng taqsimlanadi. Gistogrammaning ustunidagi maksimal piksellar soni quyidagicha aniqlanadi:

bu yerda *ClipLimit* - gistogramma ustunidagi maksimal piksellar soni,

xSize, ySize - tasvir hajmi, *CountofColors* - gistogrammadagi ustunlar soni, *constant* - berilgan tasvir intensivligini belgilovchi doimiy qiymat.

Gistogramma limitini belgilashda ustunning balandligi doimiy qiymatga bog'liq.

CLAHE kumulyativ taqsimot funksiyasi hisoblanishidan oldin gistogrammani qirqish orqali yorqinlikni ortib ketishini oldini oladi (2.10-rasm). Kesilgan gistogramma bo'lagining limiti gistogrammani normallashtirishi va shu bilan birga qo'shni mintoning o'lchamlariga bog'liq. Kesim chegarasidan yuqori bo'lgan piksel qiymatlari kesim chegarasidan pastda bo'lgan gistogramma qiymatlari orasida qayta taqsimlanadi. Qayta taqsimlash jarayonidan keyin ham ba'zi piksellar kesim chegarasidan yuqorida bo'lib turadi va takroranqayti taqsimlash amalibajariladi (2.10-rasmda yashil rang bilan ajratilgan soha). Shunday qilib ushbu jarayon barcha piksel

qiymatlari kesim chegarasidan pasga tushgunga qadar davom etadi.

CLAHE usulining asosiy kamchiliklaridan biri gistogramma ustunidagi maksimal piksellar sonini aniqlashda operator ishtrokining zaruratidir. S.S.Malishevaning ishida piksellar sonini aniqlashda ustunlarning maksimal va o'rtacha balandliklarini hisoblash g'oyasi taklif etilgan:

CLAHE ning yana bir kamchiligi tasvir bo'linadigan segmentlarning o'lchamini aniqlash zarurati. Segment o'lchamini belgilashda tasvirdagi yorqinlik qiymatlari soni va ularning diapazoni kattaligi algoritm natijasiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Ushbu kamchilikni bartaraf etish uchun S.S.Malishevaning ishida quyidagi formula taklif etilgan:

O'rtacha yorqinlik saqlagan holda gistogrammani tekislash algoritmi.

Yuqorida keltirilgan gistogrammani tekislash algoritmlarida uchraydigan asosiy kamchiliklardan biri tasvir asl yorqinligi saqlab qolishda muammo hisoblanadi. Tasvirning o'rtacha yorqinligini saqlab qolishorqali ushbu muammoni samarali bartaraf etish mumkin (2.11-rasm). Buning uchun berilgan tasvir o'rtacha yorqinlik qiymati asosida ikkita qism-tasvirga ajratiladi. Shundan so'ng, ushbu ikki qism-tasvir ustida bir-biridan alohida ravishda gistogrammani tekislash amali bajariladi. Bu amal bajarilgach chiquvchi tasvir yorqinlik o'rtacha qiymati berilgan tasvirning o'rtacha va markaziy yorqinlik qiymatlari o'rtasida joylashgan bo'ladi. Berilgan tasvir

Tasvir o'rtacha yorqinligini saqlagan holda gistogrammani tekislash algoritmi.

Quyida taklif etilayotgan algoritm ketma-ketligi keltirilgan:

1- qadam. Berilgan X tasvir o'rtacha yorqinlik qiymati $X_M \in (X_0, X_1, \dots, X_{L-1})$ hisoblanadi:

2- qadam. Tasvirning o'rtacha yorqinlik qiymati bo'yicha X_L va X_U qismtasvirlarga ajratiladi:

$$X = X_L \cup X_U$$

bu yerda

$$X_L = \{x(i, j) | x(i, j) \leq X_M \forall x(i, j) \in X\} \text{ va}$$

$$X_U = \{x(i, j) | x(i, j) > X_M \forall x(i, j) \in X\}.$$

3- qadam. Har bir qism tasvir uchun ehtimoliy taqsimot funksiyasi (pdf) hisoblanadi:

bu yerda $k = 0, 1, 2, \dots, m$, $N_L - X_L$ qism tasvirdagi jami piksellar soni.

4- qadam. Har bir qism tasvir uchun kummulyativ taqsimot funksiyasi (cdf) hisoblanadi:

$$cdf_L(X_i) = \sum_{i=0}^m P_L(X_i),$$

$$cdf_U(X_i) = \sum_{i=0}^m P_U(X_i).$$

5- qadam. Har bir qism tasvir uchun quyidagi almashtirish funksiyasi bajariladi:

$$f_L(X_L) = X_0 + (X_m - X_0)cdf_L(X_i),$$

$$f_U(X_U) = X_{m+1} + (X_{L-1} - X_{m+1})cdf_U(X_i)$$

6- qadam. Yuqorida keltirilgan almashtirish funksiyasi bajarilgan qism tasvirler gistogrammalari tekislanadi va ishlov berilgan chiquvchi tasvir quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$Y = \{Y(i, j)\} = f_L(X_L) \cup f_U(X_U),$$

bu yerda va $f_L(X_L)$ funksiya (X_L) qism tasvirni gistogrammasini $[X_0, X_m]$ oraliqda tekislasa, $f_U(X_U)$ funksiya X_U qism tasvirni $[X_{m+1}, X_{L-1}]$ gistogrammasini oraliqda tekislaydi.

2.3-§. Lokal qarorlar integratsiyasini amalga oshiruvchi neyrotarmoqli integratorni ishlab chiqish

Ushbu paragrafda o'quv tanlanmasi cheklangan va klassifikatorlar bir-biriga bog'liq bo'lgan yoki bo'lmagan turli amaliy masalalar uchun mo'ljallangan integratorlarning tavsiflari keltirilgan.

Yuzni tanib olish tizimlarining muhim ilovalarida, masalan, xavfsizlikka bog'liq bo'lgan tizimlarda noto'g'ri klassifikatsiya qilishning salbiy oqibatlari juda qimmatga tushishi mumkin. Bunday tizimlarning ishonchliligini oshirish muammosini hal qilish

yondashuvlaridan biri turli xil integratsiyalash qoidalari asosida bir nechta klassifikatorlarni birlashtirish hisoblanadi [55-58].

Umuman olganda, P_j bloklari har bir lokal klassifikator uchun turlicha bo'lishi mumkin, ammo ushbu dissertatsiya ishida barcha klassifikatorlar uchun bir xil belgilarni ajratib olish algoritmidan (TLBSH algoritmidan) foydalanildi.

Har bir C_j -lokal klassifikatori P ta chiqishga ega (bu P ta sinfga mos keladi) va har bir lokal klassifikatorning y_j chiqish vektorlarida tartiblangan bo'ladi ($j = 1, m$). Idealholatda, y_j chiqish vektorida faqatgina bitta pozitsiyadagi vektor elementi qiymati 1 ga teng va boshqabarcha pozitsiyalar 0 ga teng bo'lishi kerak, lekin odatda uning qiymatlari $[0, 1]$ orasida o'zgarib turadi. Ushbu ishda lokal klassifikatorlarning chiqish vektorlari integrator uchun bitta ($m \times P$ uzunlikdagi) kirish vektorini hosil qilish uchun birlashtiriladi. Integrator birlashtirilgan kirish vektorini qayta ishlaydi va yakuniy z chiqish vektorini hosil qiladi [57-58].

Tanlangan integratsiya qoidasi asosida integratorni qurish masalasi quyidagicha ifodalanadi.

Endiparametr vektoriga bog'liq bo'lgan ba'zi E integratsiyalash qoidasini ko'rib chiqamiz. Bu qoida m ta klassifikatorlarning C_1, \dots, C_m chiqish natijalarini, yangi C ro'yxatga aylantirish imkonini beradi. Bu yerda $C_i = (c_i(1), \dots, c_i(P))$ - i -klassifikator tomonidan hosil qilingan nomzodlar ro'yxati, $c_i(j)$ - obyektning i -klassifikatordan olingan K_j sinfga yaqinligi bahosi. Asosiy masala maqbul E modelini tanlash va u uchun eng yaxshi ϕ tanib olish sifatini ta'minlaydigan parametrlarining qiymatlarini topish hisoblanadi, ya'ni

Bugungi kunga kelib, qaror qabul qilish darajasida klassifikatorlarni integratsiyalashning aksariyat texnologiyalari (qoidalari) uchta yondashuvga asoslanadi: abstrakt, darajali va balli [43]. Birinchi yondashuvda integratorning kirishiga har bir klassifikatordan keluvchi bitta sinf yorlig'i (metkasi) uzatiladi; ikkinchi yondashuvda integratorga har bir klassifikator eng katta ehtimollikdan eng kam ehtimollikgacha bo'lgan bir nechta yorliqlarni

uzatadi; uchinchi yondashuvda har bir klassifikator n ta eng yaxshi yorliqlarni ularning ishonchliligi bahosi bilan uzatadi. Klassifikatorlarni integratsiyalash bo'yicha sanab o'tilgan yondashuvlarni umumiy g'oya birlashtiradi, ya'ni har bir klassifikator o'zining lokal qarorlarini taqdim etgandan so'ng ma'lumotni integratsiyasini amalga oshirish ko'zda tutiladi. Ushbu integratsiyaning afzalligi shundaki, u ba'zilar zaif bo'lishi mumkin bo'lgan klassifikatorlar to'plamini birlashtirishga imkon beradi.

Klassifikatorlarni integratsiyalashning maqsadi klassifikatsiyalashning talab qilinadigan samaradorligi va sifatini ta'minlashdan iborat.

Ushbu tadqiqot sohasidagi adabiyotlarning tahlili (masalan, [41-44]) klassifikatorlarni integratsiyalash va ularning samaradorligini tahlil qilish usullarini yaratish nazariyasi yetarli darajada rivojlanmaganliginiko'rsatadi. Masalan, Fazilov SH.X., Urinov E.M. larning ilmiy ishida maqsadli tadqiqotlarni talab qiladigan asosiy muammolar keltirilgan, quyida ularning tavsifi keltiriladi.

Birinchi, ko'plab klassifikatorlarni integratsiyalash usullari qo'yilgan ma'lum cheklovlar ostida ishlaydi, xususan, sinflar soni bo'yicha (asosan, ikkita sinf bilan bog'liq masalalar ko'rib chiqiladi), shuningdek belgilar soni bo'yicha (odatda kichik o'lchamli belgilar fazolari qaraladi).

Ikkinchi, kuchsiz klassifikatorlarni birlashtirish yoki kuchsiz va kuchli klassifikatorlarni birlashtirish integratorning aniqligi va samaradorligini oshirishga olib kelishi mumkinligini nazariy asoslash talab etiladi.

Uchinchi, ko'p sonli klassifikatorlarni birlashtirish masalasi ochiq qolmoqda. Bunday holda, mumkin bo'lgan yondashuvlardan biri klassifikatorlarning iyerarxik tuzilmasini tashkil qilishdir, bunda qarorlar asta-sekin, quyi pog'onadagi klassifikatorlardan boshlanib, yuqori pog'onali klassifikatorlarda shakllanadi.

To'rtinchi, ochiq qolayotgan muhim masala - bu juda ko'p sonli sinflar (masalan, 500 dan ortiq sinflar) mavjud bo'lganda klassifikatorlarning integratsiyasini tashkil etish.

Beshinchidan, muayyan dastur uchun integratsiyalanishi kerak bo'lgan klassifikatorlarning optimal sonini aniqlash muammosi hal etilmagan, shuningdek, integratsiya qilinadigan turli klassifikatorlar o'rtasida ma'lum miqdordagi belgilarni taqsimlashning nazariy asosli usuli mavjudemas.

Yuqoridagi muammolar bilan bog'liq holda, ushbu ishda qo'llaniladiganko'p pog'onali yuzni tanib olish strategiyasi quyidagi xususiyatlarga ega.

1. Belgilar fazosining o'lchamini qisqartirish imkoniyati. Bu xususiyat lokal klassifikatorlardan foydalanish natijasida yuzaga keladi, klassifikatorning har biri o'ziga xos yuz komponentini tanib oladi, bu esa katta o'lchamli bitta belgilar vektorining shakllanishiga olib keladigan ko'rib chiqilayotgan yuz komponentlarining belgilarini konkatenatsiya qilish amalini istisno qilishga imkon beradi.

2. Cheklangan miqdordagi klassifikatorlardan foydalanish qobiliyati. Bunda klassifikatorlar soni yuzni tanib olish uchun foydalaniladigan komponentalarning soni bilan belgilanadi.

2. Cheklangan sonli klassifikatorlardan foydalanish imkoniyati, bu klassifikatorlar sonining yuzni tanib olish uchun ishlatiladigan komponentalar soni bilan aniqlanishi bilan asoslanadi.

Yuqoridagi imkoniyatlarni ta'minlashdan tashqari, tanlangan klassifikatorlarni integratsiyalash qoidasi juda ko'p sonli sinflar (masalan, 500 dan ortiq sinflar) mavjud bo'lganda yuzni tanib olish muammosini hal qilishni ta'minlashi kerak, bunda yuzlarning katta hajmlima'lumotlar bazasidagi juda ko'p sinflar orasidan qidirishni amalga oshirish muammosini yuzaga keltiradi.

Ko'p pog'onali tanib olish tizimlarida klassifikatorlarning lokal qarorlarini integratsiyalash vazifasini bajaruvchisi sifatida neyron tarmoqlari asosidagi integratorlarni qo'llash bo'yicha ko'plab ilmiy tadqiqotlar o'tkazilgan. Ushbu neyron tarmog'iga asoslangan klassifikator sinflarning aposterior ehtimolliklarini baholashi va klassifikatsiyalash sifati ko'rsatkichini maksimal darajada oshirishi hisobiga, undan integrator sifatida foydalanish mumkinligi isbotlangan [37-39].

Mazkur dissertatsiya ishida taklif etilayotgan neyrotarmoqli integratorning $m \times P$ ta kirish qatlamidagi neyronlariga, m ta integratsiyalanuvchi lokal klassifikatorlarning chiqish qiymatlari (har bir klassifikator P tadan lokal qaror hosil qiladi) uzatiladi. Integratorning chiqish qatlamidagi P ta neyronlari sinflar bo'yicha o'xshashliklarning aposterior baholarini hosil qiladi. Bunday integrator murakkab hisoblanadi.

Kirish va chiqish qatlamlari orasida kiruvchi neyronlar sonining ikkidan bir qismiga teng sonli, ya'ni $(m \times P)/2$ ta neyronlardan iborat bo'lgan oraliq yashirin qatlam joylashgan.

Agar neyron tarmog'i kirishlarning oddiy chiziqli kombinatsiyasini amalga oshirganida, log-chiziqli paradigmalarda asosidagi sodda integratorlar qolish mumkin edi. Biroq, barchaga ma'lumki neyron tarmoqlari yanada murakkab chiziqli bo'lmagan o'zgartirishlarni amalga oshirish imkoniyatini beradi, bu esa yuqori klassifikatsiyalash sifatiga olib keladi. Neyron tarmog'ining murakkab modeli mustaqil sozlash mumkin bo'lgan giperparametrlar tufayli integrator oddiy integratorlarga qaraganda ko'proq ma'lumot berishi mumkin.

Neyron tarmog'ini o'qitishda xatolikni teskari tarqalish usuli (back propagation algorithm) tanlandi. Mazkur dissertatsiya ishida identifikatsiyalashni amalga oshirish uchun ko'p sinfli klassifikatsiyalash masalasini yechish ko'zda tutilganligini inobatga olgan holda, neyron tarmoq modelini o'qitish jarayonidagi xatolik funksiyasi sifatida kategorik krossentropiya funksiyasidan (categorical crossentropy loss) foydalanildi. O'quv tanlanmasi namunalarini o'qitishdagi $Loss$ xatolik funksiyasi qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$Loss = - \sum_{j=1}^P z_j \cdot \log z_j,$$

Bunda z_j - modelning chiqishidagi j -sinfga mos chiqish qiymati (predict value),

z_j - j -sinfga mos keladigan avvaldan ma'lum bo'lgan qiymat, P - sinflar soni

Kategorik krossentropiya klassifikatsiyalash vazifalariga juda mos keladi, chunki bitta tizimga kiruvchi namuna "1" ehtimollik bilan ma'lum bir sinfga va "0" ehtimollik bilan boshqa sinflarga tegishli deb hisoblash mumkin [100, 101].

Softmax – bu kategorik krossentropiya xatolik funksiyasi bilan foydalanish tavsiya etilgan yagona faollashtirish funksiyasi hisoblanadi. U (0, 1) diapazondagi vektorni hosil qiladi va bu vektorning barcha elementlari yig'indisi 1 ga teng bo'ladi. U modelning z chiqish qiymatlariga nisbatan qo'llaniladi. Vektor elementlari sinfni ifodalagani uchun ularni sinf ehtimolligi sifatida talqin qilish mumkin [101-103]. Softmax funksiyasini har bir chiquvchi z_i ($i = 1, P$) qiymatga mustaqil ravishda qo'llash mumkin emas, chunki u z ning barcha elementlariga bog'liq. Berilgan z_i uchun Softmax funksiyasini quyidagicha hisoblash mumkin:

bunda P – sinflar soni, z_j – model chiqishida P ta sinflar to'plamidagi

j -sinfga tegishlilik bahosi qiymatlari.

Aniqroq aytganda, har bir z_i chiquvchi qiymatlar logarifmlari mavjud bo'lishi uchun, modelning chiqishi faqat musbat qiymatlardan iborat bo'lishi kerak. Biroq mazkur xatolik funksiyasining asosiy afzalligi ikki ehtimolliklar taqsimotini taqqoslashga asoslangan, ya'ni $D(z_i, z_j)$. Softmax funksiyasi to'g'ri qiymatlar shakllanishi uchun modelning chiqish qiymatlari o'lchamlarini o'zgartiradi.

2.4-§. Chuqur o'qitishga asoslangan texnologiyalar

MTCNN (Multi-task Cascaded Convolutional Networks).

Ushbu usul bir paytning o'zida yuz va yuz begilarini aniqlovchi uch bosqichdan iborat kichik neyron tarmoqlardan tarkib topgan.

Birinchi bosqichda Proposal Network (P-Net) deb ataluvchi o'ramli neyron to'r orqali nomzod oynalar va chegaralovchi ramkalar vektori hosil qilinadi. So'ngra nomzod oynalarni kalibrlash uchun chegaralovchi ramkalar regressiyasidan foydalaniladi. Shundan keyin

maksimum bo'lmaganlarni bostirish usuli orqali bir-biriga ko'proq ustma-ust tushgan oynalarni birlashtiriladi.

Ikkinchi bosqichda barcha nomzod oynalar yanada aniqlashtirilish uchun Refine Network (R-Net) deb ataluvchi o'ramli neyron tarmoqdan o'tkaziladi hamda chegaralovchi ramkalar regressiya va maksimum bo'lmaganlarni bostirish usullari orqali kalibrlanadi.

Uchinchi bosqichda ham ikkinchi bosqichdagidek amallar bajariladi, lekin undan farqli ravishda yuz batafsilroq ifodalanadi. Shuningdek tarmoq beshta yuz belgisini aniqlab beradi.

MTCNN usulini o'qitish uchun uchta vazifa qo'yiladi: yuzni tasniflash, cheklovchi to'rtburchaklar regressiyasi, yuz belgilarini lokallashtirish.

P-Net, R-Net va O-Net tarmoqlarning umumiy arxitekturasi.

Yuz tasvirini tasniflashda o'qitish maqsadi ikki sinfli tasniflash masalasi sifatida shakllantiriladi. Har bir x_i tanlanma uchun (Cross-entropy loss) kross-entropiya xatolik funksiyasi qo'llaniladi:

SSD (Single Shot Multibox Detector). Ushbu usul arxitekturasi bazaviy tarmoq arxitekturasidan tarkib topgan bo'lib, odatda bunday tarmoqlar yuqori sifatli natijaga olib keladi. Quyida usulning asosiy xususiyatlarini keltirilgan:

- lokalizatsiya va klassifikatsiya qilish tarmoqni faqatgina bir marta o'qitish orqali amalga oshiriladi;
- usulda chegaralovchi ramkalar regressiyasidan foydalanilgan va buturli masshtablarga moslashish imkonini beradi;
- berilgan tasvirdagi obyektlarni aniqlaydi va tasniflaydi.

SSD arxitekturasi bazaviy tarmoq arxitekturasidan tarkib topgan bo'lib, odatda bunday tarmoqlar yuqori sifatli natijaga olib keladi. Mualliflar o'zlarining tadqiqotlarida VGG-16 tarmog'idan foydalangan holda natija olganlar. Ular tarmoqni beshinchi konvalyusion qatlamigacha ishlatib qolgan to'liq bog'langan qatlamlarni belgilarni turli masshtablarda aniqlash imkonini beruvchi yordamchi konvalyusion qatlamlar bilan almashtiradi. Shuningdek, ushbu yordamchi qatlamlar keyingi qatlamga o'tuvchi ma'lumotlar hajmini kamaytiradi.

SSD arxitekturasi

Mualliflar cheklovchi to'rtburchaklar regressiyasida Multibox usulini qo'llab ishonchlilik ko'rsatkichini oladilar. Buning uchun ular quyidagi xatolik funksiyalarini qo'llaydilar:

- *ishonchlilik xatoligi*: ushbu xatolik orqali tarmoq tekshirilayotgan hududda biron bir obyekt borligi ehtimolini hisoblaydi. Buning uchun kategoriyali kross-entropiya amali qo'llaniladi;

- *joylashuv xatoligi*: ushbu xatolik bashorat qilingan cheklovchi to'rtburchak va asosiy xaqiqat joylashuvlari o'rtasidagi farqni hisoblaydi;

- *kombinatsiyalangan xatolik*: bunda ishonchlilik (conf) va joylashuv (loc) xatoliklari umumiy summa orqali vaznlashtiriladi:

bu yerda N – solishtirilayotgan to'rtburchaklar soni, α – joylashuv xatoliginiko'rsatuvchi parametr.

Chegaralovchi ramkalar regressiyasiga ko'ra SSD oldindan hisoblangan, asosiy xaqiqatlar to'plamiga eng mos o'zgarmas o'lchamdagi standart to'rtburchaklaridan foydalanadi. Ushbu ramkalar langarlar (anchors) deb ataladi. Langarlar klassifikatsiya qilishda ishlatiladigan suzuvchi oyna kabi tasvirni bir qismini aks ettiradi. Suzuvchi oyna usulida tasvirni tekshirish uchun turli masshtabdagi ko'plab oynalar hosil qilinadi. Langarlar orqali esa oynalar sonini kamaytirishga va bu orqali tekshirish jarayonini tezlashtirishga erishiladi.

O'qitish jarayonida har bir katakdagi langarlar bashorat qilingan ma'lumotni (ishonchlilik va joylashuv) asosiy xaqiqatga moslashtirishga harakat qiladi. Chiqish vaqtida tarmoqda har bir langar tomonidan ishlab chiqilgan ko'plab bashoratlar xosil bo'ladi. Shunda maksimum bo'lmaganlarni bostirish algoritmi orqali eng yuqori ballga ega bo'lgan bitta to'rtburchak oyna qoldiriladi [59].

O'qitish jarayonining parametrlari, ya'ni o'quv tanlanmasidagi ijobiy va salbiy namunalar soni, shuningdek boshqa parametrlar bo'yicha ketma-ket ishlov berish usulidagi kabi barcha klassifikatorlar birinchisiga o'xshash tartibda o'qitilishi ta'minlanadi. Ikkinchi klassifikator faqat birinchi klassifikator ishlaymay qoladigan

vaziyatlarda faollashuvchi ketma-ket ishlov berish usulidan farqli ravishda, parallel ishlov berish usulida ular birgalikda parallel ravishda ishlaydi. Barcha klassifikatorlar tomonidan mumkin bo'lgan nomzod sohalar aniqlab bo'linganidan so'ng, natijalar birlikkvadrat sohalarini tashlab yuborish uchun birlashtiriladi va klassifikatsiyalash bo'yicha yakuniy qaror shakllantiriladi. Bunday tartibga asoslangan yondashuvlarda yuzning asosiy komponentalari joylashgan sohalarni aniqlash va ajratish aniqligini sezilarli oshirishga, shu bilan birga tasvirlarni qayta ishlash vaqtining qisqarishiga imkon beradi.

Mazkur dissertatsiya tadqiqotlari doirasida ishlab chiqilgan yuz tasvirida yuz komponentalari joylashgan sohalarni yuqori aniqlikda va tezkor ajratishni ta'minlovchi takomillashtirilgan Viola-Djons algoritmi yuqorida tavsiflangan ko'p kaskadli klassifikatorlardan foydalanish usuliga o'xshaydi. Ushbu algoritmnning standart algoritmdan asosiy farqli tomonlari sifatida quyidagilarni ko'rsatish mumkin:

1. Yuz sohasini aniqlash uchun, Viola-Djons algoritmi faqatgina normal sharoitlarda olingan frontal yuz tasvirlarini emas, balki qisman okklyuziyalar mavjud bo'lgan, ya'ni yuzning ma'lum bir qismi berk bo'lgan holatlarda olingan tasvirlardan ham yuz sohasini yaxshi aniqlashini ta'minlash maqsadida, tadqiqotlar davomida shakllantirilgan o'quvtanlanmasi asosida takroran o'qitildi. Natijada, yuzning asosiy komponentalaridan biri berk bo'lgan yoki okklyuziyuli holatlar mavjud bo'lgan tasvirlardan ham yuz sohasini ishonchli aniqlashni ta'minlashga erishildi.

O'qitish jarayonida ijobiy namunalar sifatida (positive samples) 4985 ta normal sharoitda olingan frontal yuz tasvirlari hamda tabiiy va sun'iy ravishda yaratilgan qisman okklyuziyalari mavjud bo'lgan 6173 ta frontal yuz tasvirlaridan iborat bo'lgan jami 11158 ta tasvirlardan, shuningdek salbiy namunalar (negative samples) sifatida yuz mavjud bo'lmagan internet tarmog'i resurslaridan to'plangan jami 20000 ta tasvirlardan iborat o'quv tanlanmasidan foydalanildi.

2. Yuzning asosiy komponentalarini yuqori aniqlikda va tezkor ajratishni ta'minlash maqsadida, kiruvchi tasvirdan aniqlangan yuz sohasi uch qismga ajratiladi va yuzning yuqori qismiga ikkita

klassifikator (o'ng va chap ko'zlar uchun), o'rta qismi hamda quyi qismiga bittadanklassifikatorlar (og'iz va burun uchun) qo'llaniladi. Bunda har bir klassifikator alohida yuz komponentasi joylashgan natijaviy kvadrat (to'rtburchak) sohalarni aniqlashni ta'minlaydi. Klassifikatorlar mos ravishda yuzning o'ng ko'z, chap ko'z, burun va og'iz komponentalarini aniqlashni

to'g'ri amalga oshirishi uchun har bir komponentalar tasvirlari asosida shakllantirilgan o'quv tanlanmalari asosida klassifikatorlarni o'qitish amalga oshiriladi.

Taklif etilayotgan algoritm (A1) quyidagi qadamlar ketma-ketligidantashkil topadi.

1- qadam. Yuz tasviri kiritiladi.

2- qadam. Kiruvchi tasvir kulrang tasvirga aylantiriladi. Qisman okklyuziyaga ega tasvirlardan yuz sohasini aniqlashni ta'minlash maqsadida o'qitilgan Viola-Djons algoritmini qo'llash asosida tasvirda yuz sohasi bor yoki yo'qligi to'g'risida xulosa qilinadi. Agar tasvirda yuz aniqlangan deb topilsa, u joylashgan soha ajratib olinadi va navbatdagi qadamga o'tiladi, aks holda, tasvirda yuz aniqlanmasa, boshqa yuz tasviri kiritilishi uchun 1-qadamga qaytiladi.

3- qadam. Avvalgi qadamda aniqlangan va ajratib olingan yuz sohasi, insonlar yuzi tuzilishi va yuz komponentalarining joylashuvi to'g'risidagi umumiy aprior ma'lumotlar (ko'zlar yuzning yuqori qismida, burun sohasi ko'zlar sohasining ostida, og'iz sohasi burun sohasining ostida joylashuvi va h.k.) asosida yuqori, o'rta va quyi lokal sohalarga bo'linadi. Lokal sohalarga ajratishda butun yuz sohasining koordinatalari, ajratilgan sohalarni uchun ham o'zgaras qoldiriladi.

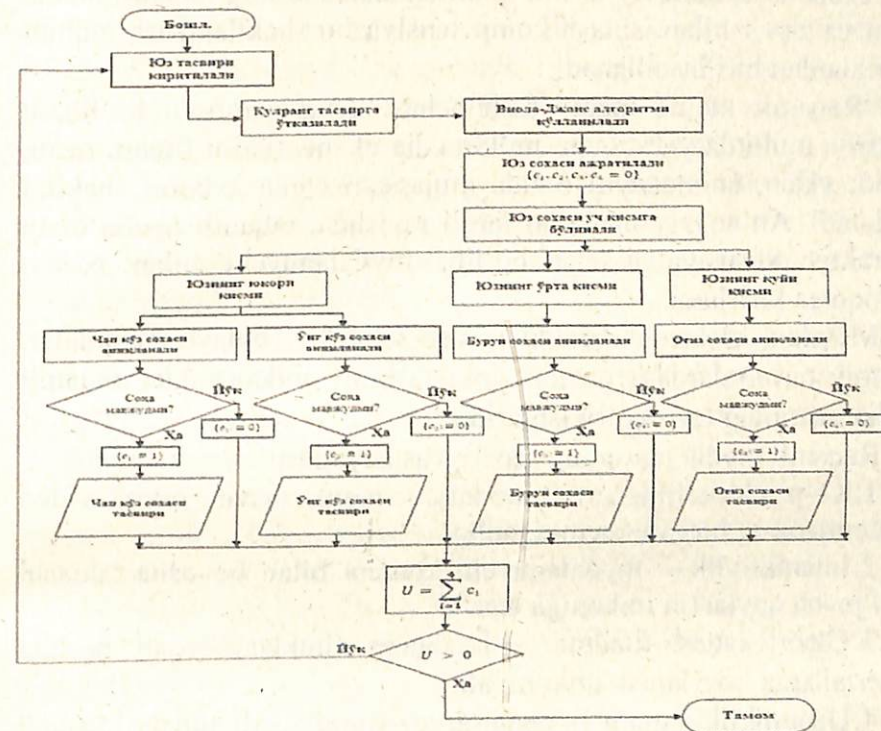
4- qadam. Ajratilgan lokal sohalarni uchun mos ravishda yuzning alohida komponentalari tasvirlari bo'yicha o'qitilgan kaskadli detektorlarqo'llaniladi. Har bir soha bo'yicha yuz komponentasining aniqlangan yoki aniqlanmaganligi bo'yicha xulosa qilinadi. Uchta sohadan eng kamida bittasida yuz komponentasi aniqlangan deb topilsa, navbatdagi qadamga o'tiladi, aks holda yuz sohasi 2-qadamda noto'g'ri aniqlangan deb xulosa qilinadi va 1-qadamga qaytiladi.

5- qadam. Har bir soha bo'yicha aniqlangan yuz komponentalari

joylashgan sohalarni koordinatalari bo'yicha kelgusida tanib olishda foydalanish uchun ajratib olinadi. Ajratib olingan komponentalar alohida tasvirlar to'plami sifatida ma'lumotlar bazasida saqlanadi.

6- qadam. Tamom.

2.7-rasmda taklif etilgan algoritmni amalga oshirish sxemasi keltirilgan.



2.7-rasm.

Mazkur algoritm bir nechta sinov tanlanmalari to'plamlaridan foydalanib tajribaviy aprobeatsiya qilindi. Natijada, taklif etilgan algoritm yuz komponentalarini mavjud algoritmlarga nisbatan yuqori aniqlikda va tezkor ajratish imkonini berishini ko'rsatdi.

Dissertatsiya ishining 4.2-paragrafidagi sinov tanlanmalari tavsifi vatajribaviy tadqiqotlarning natijalari keltirilgan.

2.5-§. Talabalarga raqamli medi matn va tasvir bilan ishlash algoritmini o'rgatish texnologiyasi

Raqamli texnologiyalar hayotimizning barcha sohalariga kirib kelgani singari, ta'lim tizimi ham media va raqamli vositalar orqali yangi bosqichga o'tmoqda. Axborot oqimi ko'p, ularning asosiy qismi esa media matn va raqamli tasvir ko'rinishida taqdim etiladi. Shu sababli, zamonaviy ta'lim tizimida talabalarning raqamli media matn va tasvir bilan ishlash kompetensiyasini shakllantirish muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

"Raqamli media matn" tushunchasi keng qamrovli bo'lib, u elektron muhitda yaratilgan, multimedia elementlarini (matn, rasm, audio, video, animatsiya) o'zida mujassam etgan axborot shaklini anglatadi. An'anaviy matndan farqli ravishda, raqamli media matn interaktiv xususiyatga ega bo'lib, foydalanuvchi bilan o'zaro muloqotga kirishadi.

Masalan, elektron darsliklar, veb-sahifalar, onlayn maqolalar, ijtimoiy tarmoqlardagi postlar yoki ta'limiy videoroliklar raqamli media matnning turli ko'rinishlaridir.

Raqamli media matnning asosiy xususiyatlari:

1. Ko'p modallilik (multimodal) – matn, tasvir, ovoz, video elementlarning birgalikda mavjudligi.

2. Interaktivlik – foydalanuvchi kontent bilan bevosita ishlashi yoki javob qaytarish imkoniga ega.

3. Gipertekstual tuzilma – havolalar (linklar) orqali boshqa materiallarga bog'lanish imkoniyati.

4. Dinamiklik – matn va tasvirlar tez yangilanadi, moslashtiriladi va qayta ishlanadi.

Ta'lim jarayonida raqamli media matnlar o'quvchilarni mustaqil izlanishga, axborotni tanqidiy tahlil qilishga va o'z media mahsulotini yaratishga undaydi.

Raqamli tasvir – bu analog (haqiqiy) ko'rinishdagi tasvirni raqamli shaklga aylantirish orqali olingan vizual axborot modelidir. Raqamli tasvirlar piksellar to'plamidan iborat bo'lib, ularni kompyuter texnologiyalari yordamida qayta ishlash, tahrirlash, aniqligini oshirish va turli formatlarda saqlash mumkin.

Raqamli tasvirlarning asosiy turlari:

• Rastrli tasvirlar (bitmap) – fotosuratlar, skanerlangan rasm va real obyektlar tasvirlari;

• Vektorli tasvirlar – chizmalar, grafik dizayn elementlari, diagrammalar va logotiplar;

• 3D tasvirlar – uch o'lchovli modellar, texnik loyihalar va o'quv simulyatorlari uchun ishlatiladi.

Bugungi kunda ta'lim jarayonida raqamli tasvirlardan foydalanish, ayniqsa texnologik ta'lim, san'at, axborot texnologiyalari va pedagogika yo'nalishlarida alohida ahamiyat kasb etmoqda. Tasvirlar yordamida talabalar abstrakt tushunchalarni osonroq idrok etadi, tahlil qiladi va ularni amaliyotda qo'llay oladi.

Raqamli media matn va tasvirning o'quv jarayonidagi o'rni

Ta'lim jarayonida raqamli media matn va tasvirlar quyidagi didaktik vazifalarni bajaradi:

1. Vizual axborot vositasi sifatida: Murakkab mavzularni ko'rgazmali shaklda tushuntirish imkonini beradi. Masalan, infografika, sxema, diagrammalar yordamida mavzu mohiyatini tushunish osonlashadi.

2. Tahliliy fikrlashni rivojlantiruvchi vosita sifatida: Media matnni tahlil qilish, undagi tasvir va matn o'rtasidagi mantiqiy bog'liqlikni anglash talabalarni tanqidiy fikrlashga o'rgatadi.

3. Motivatsion vosita sifatida: Raqamli media materiallar talabalarda qiziqish uyg'otadi, darsni jonlantiradi, ijodiy muhit yaratadi.

4. Kommunikativ kompetensiyani rivojlantiruvchi vosita sifatida: Talabalar media matn yaratish orqali o'z fikrini aniq, tushunarli va estetik tarzda ifoda etishni o'rganadi.

5. Axborot savodxonligini oshirish vositasi sifatida: Talabalar media axborotni tanlash, tahlil qilish, qayta ishlash va baholash ko'nikmalarini egallaydi.

6. Integratsion ta'lim vositasi sifatida: Raqamli media matnlar yordamida fanlararo bog'lanishlar kuchayadi (masalan, texnologiya + informatika + dizayn).

Ta'limda qo'llanilish misollari

• Texnologik ta'lim yo'nalishida talabalar tasvirlarni tahrirlash, loyihalash jarayonida raqamli media algoritmlarini qo'llaydi.

• Pedagogika fanlarida raqamli media matnlar dars ishlanmalari, video darslar, prezentatsiyalar yaratishda ishlatiladi.

• Til va adabiyot yo'nalishida esa media matn tahlili orqali talabalarning nutq madaniyati, ifoda uslubi va matnshunoslik bilimlari rivojlanadi.

Nazariy asoslar

Raqamli media matn va tasvir bilan ishlashning nazariy asoslari multimodal ta'lim nazariyasi, media savodxonlik konsepsiyasi hamda vizual pedagogika tamoyillariga tayanadi.

• Multimodal yondashuv – o'quv materialini bir vaqtning o'zida ko'rish, eshitish va o'qish orqali idrok etishni ta'minlaydi.

• Media savodxonlik – talabalarda axborotni tanqidiy tahlil qilish, soxta va haqiqiy axborotni ajratish qobiliyatini rivojlantiradi.

• Vizual pedagogika – o'quv jarayonida tasvirlardan foydalanish orqali o'quvchilarning obrazli tafakkurini shakllantiradi.

Talabalarga raqamli media matn va tasvir bilan ishlash algoritmini o'rgatish jarayoni

Zamonaviy ta'limda raqamli media bilan ishlash kompetensiyasini shakllantirish talabalarning kasbiy tayyorgarligining muhim tarkibiy qismidir. Ayniqsa texnologik ta'lim yo'nalishidagi talabalar uchun media matn va tasvirlar bilan ishlashni o'rgatish – bu texnik, pedagogik va ijodiy faoliyatni birlashtiruvchi murakkab, ammo samarali jarayondir. Mazkur jarayon o'qituvchidan metodik yondashuv, raqamli vositalarni to'g'ri tanlash, talabaning ijodiy salohiyatini ochish va o'quv faoliyatini tizimli tashkil etishni talab etadi.

1. O'rgatish jarayonining maqsadi va vazifalari

Raqamli media matn va tasvir bilan ishlash algoritmini o'rgatishdan asosiy maqsad – talabalarda media kontent yaratish, tahlil qilish va baholash ko'nikmalarini shakllantirishdir.

Vazifalar quyidagilardan iborat:

1. Talabalarda raqamli media haqida nazariy bilimlarni hosil qilish;

2. Tasvir va matn elementlarini tahlil qilish hamda ularning o'zaro uyg'unligini anglash;

3. Media vositalar yordamida ta'limiy kontent yaratish algoritmini o'zlashtirish;

4. Raqamli texnologiyalardan foydalangan holda ijodiy loyiha tayyorlash;

5. Media etikasi, mualliflik huquqi va axborot xavfsizligini o'rganish.

2. O'rgatish jarayonining bosqichlari

Raqamli media bilan ishlashni o'rgatish bosqichma-bosqich, tizimli yondashuv asosida amalga oshiriladi. Quyida bu jarayonning asosiy to'rt bosqichi yoritiladi:

1. Motivatsion bosqich

Bu bosqichda talabalar raqamli media vositalarining ijtimoiy, ilmiy va estetik ahamiyatini anglaydi. O'qituvchi ularda o'rganishga qiziqish uyg'otish uchun interfaol metodlardan ("Aqliy hujum", "Media tanqid", "Rol o'ynash") foydalanadi. Shuningdek, raqamli media matn namunalarini (ta'limiy video, infografika, onlayn maqola) ko'rsatish orqali ularning o'quv jarayonidagi roli tushuntiriladi.

2. Axborot-analitik bosqich

Bu bosqichda talabalarga raqamli media matnning tuzilishi, semantik qatlamlari, vizual komponentlari o'rgatiladi. Ular media matnni tahlil qilish, asosiy g'oya va dizayn elementlarini aniqlashni o'rganadi.

Masalan, talabalar quyidagilarni bajaradi:

• media matn strukturasi ajratish (sarlavha, asosiy matn, tasvir, havola va boshqalar);

• tasvir va matn o'rtasidagi mantiqiy bog'liqlikni topish;

• auditoriya uchun samarali media tilni tanlash.

3. Amaliy bosqich

Bu jarayonning markaziy bosqichi hisoblanadi. Talabalar raqamli vositalardan foydalangan holda mustaqil media mahsulot yaratadilar.

Amaliy ishlar quyidagicha tashkil qilinadi:

• tasvir tahrirlash (Adobe Photoshop, Canva, Figma, Pixlr, GIMP

va boshqalar);

- matn dizayni (MS Word, InDesign, Publisher);
- video yoki infografika tayyorlash (CapCut, PowerPoint, Prezi, Adobe Express);
- media algoritmi tuzish va natijani baholash.

Bu jarayonda “o‘qituvchi – konsultant” modeli qo‘llanadi: o‘qituvchi yo‘naltiradi, talabalar esa mustaqil izlanish orqali natijaga erishadi.

4. Refleksiv bosqich

Talabalar o‘z ishlarini tahlil qiladi, o‘zaro baholash o‘tkazadi va natijalarni muhokama qiladi. Refleksiya orqali ular:

- o‘z faoliyatini tahlil qilish;
- xatolarni aniqlash;
- kelgusi ishlar uchun xulosalar chiqarishni o‘rganadi.

Bu bosqichda “Portfolio”, “Peer review” va “Media loyiha taqdimoti” kabi usullar samarali natija beradi.

3. O‘qitish algoritmi

Talabalarga raqamli media matn va tasvir bilan ishlashni o‘rgatish aniq ketma-ketlik (algoritm) asosida amalga oshiriladi:

Bosqich	Amalga oshiriladigan ishlar	Natija
1. Maqsadni belgilash	Media loyihaning mavzusi va auditoriyasini aniqlash	Yo‘naltirilgan o‘quv maqsadi
2. Media tahlili	Mavjud media matn va tasvirlarni o‘rganish	Tahliliy ko‘nikma
3. Texnik vositalarni tanlash	Dastur va platformalarni tanlash	Amaliy tayyorgarlik
4. Dizayn rejasini ishlab chiqish	Vizual va matn elementlarini joylashtirish	Kreativ loyiha
5. Media mahsulot yaratish	Kontentni yaratish va tahrirlash	Tayyor media mahsulot
6. Baholash va tahlil	Natijani muhokama qilish	Refleksiv tahlil

Bu algoritmi o‘quv jarayonini tizimli, amaliy va natijaga yo‘naltirilgan qiladi.

4. O‘qitish metodlari va vositalari

Raqamli media bilan ishlashni o‘rgatishda quyidagi pedagogik texnologiyalar va metodlar qo‘llanadi:

• Interfaol metodlar: “Media loyiha”, “Kreativ dizayn”, “Axborot tahlili”, “Vizual metafora”.

• Axborot texnologiyalariga asoslangan o‘qitish: onlayn platformalarda topshiriq berish, raqamli tahrir dasturlari bilan ishlash.

• Blended learning (aralash o‘qitish): auditoriya va onlayn ta’limni integratsiyalash.

• Problem-based learning: talabalar real muammoga yechim sifatida media kontent yaratadilar.

O‘qitishda foydalaniladigan asosiy vositalar:

- Kompyuter, planshet, interaktiv doska;
- Grafik dasturlar (Figma, Photoshop, Canva);
- Onlayn muhitlar (Google Classroom, Padlet, Edmodo);
- Video va audio tahrirlash ilovalari (CapCut, Audacity).

5. Baholash mezonlari

Talabalarining media faoliyati natijalari quyidagi mezonlar asosida baholanadi:

1. G‘oyaning yangiligi va dolzarbligi
 2. Matn va tasvir uyg‘unligi
 3. Texnik sifat (dizayn, format, vizual tozaligi)
 4. Axborotning ishonchliligi va manbalar to‘g‘riligi
 5. Ijodkorlik darajasi
 6. Media etikasi va mualliflik huquqiga rioya etish
- Baholashda rubrika yoki ball tizimi qo‘llanilishi tavsiya etiladi.
6. Jarayonning pedagogik samarasi

Tadqiqotlar natijasiga ko‘ra, raqamli media bilan ishlashni tizimli o‘rgatish quyidagi ijobiy natijalarni beradi:

- Talabalarining ijodiy tafakkuri 30–40% ga ortadi;
- Axborot savodxonligi sezilarli oshadi;
- Texnologik ko‘nikmalar mustahkamlanadi;

• Jamoaviy ishlash madaniyati rivojlanadi;

• O'qishga motivatsiya kuchayadi.

Shunday qilib, raqamli media matn va tasvir bilan ishlashni o'rgatish jarayoni talabning intellektual, kommunikativ va amaliy faoliyatini birlashtiruvchi kompleks ta'lim texnologiyasidir.

O'qitish texnologiyasining metodik asoslari

O'qitish texnologiyasining metodik asoslari deganda, ta'lim jarayonini samarali tashkil etish, o'quvchi yoki talabalarning faol ishtirokini ta'minlash va ularning mustaqil fikrlash, amaliy ko'nikma hamda ijodiy yondashuvlarini rivojlantirishga xizmat qiluvchi metod, shakl, vosita va yondashuvlar tizimi tushuniladi.

1. O'qitish texnologiyasining mohiyati

O'qitish texnologiyasi — bu maqsadga yo'naltirilgan, tizimli va natijaga qaratilgan ta'lim jarayonini tashkil etish usullarining majmui bo'lib, unda o'quv maqsadlariga erishish uchun didaktik, metodik, psixologik va texnik vositalar uyg'un qo'llanadi. Zamonaviy o'qitish texnologiyasi o'quvchini bilim oluvchi passiv shaxs sifatida emas, balki faol ishtirokchi sifatida ko'radi.

Bu yondashuvda ta'lim jarayoni "o'qituvchi – talaba – axborot manbai" tizimi orqali tashkil etiladi, bunda talaba bilimni o'zi izlab topadi, tahlil qiladi, muhokama qiladi va amalda qo'llaydi.

2. Metodik asoslarning asosiy komponentlari

O'qitish texnologiyasining metodik asoslari quyidagi elementlardan iborat:

• Didaktik maqsadlar – o'quv jarayonining umumiy yo'nalishi va natijasi.

• Metodlar tizimi – maqsadga erishish uchun qo'llaniladigan usullar majmui (muammoli o'qitish, interfaol metodlar, loyihaviy yondashuv, modulli o'qitish va boshqalar).

• Vositalar – o'qitish jarayonida qo'llaniladigan texnik, raqamli va axborot resurslari.

• Shakllar – ta'lim jarayonini tashkil etish ko'rinishlari (individual, guruhli, jamoaviy, masofaviy va aralash shakllar).

3. Metodik yondashuvlarning turlari

O'qitish texnologiyasida bir qator metodik yondashuvlar mavjud:

• Shaxsga yo'naltirilgan yondashuv – har bir talabning qiziqishlari, qobiliyatlari va o'rganish sur'atlarini hisobga olgan holda o'qitish.

• Faoliyatga asoslangan yondashuv – bilimni amaliy faoliyat orqali egallashni ko'zda tutadi.

• Axborot-kommunikatsion yondashuv – ta'limda raqamli texnologiyalar, onlayn platformalar, multimedia vositalarini qo'llash.

• Innovatsion yondashuv – o'quv jarayoniga yangi pedagogik texnologiyalarni, interfaol vositalarni va ijodiy topshiriqlarni kiritish.

4. Raqamli ta'lim texnologiyalarining metodik roli

Bugungi kunda raqamli media matn va tasvir bilan ishlash texnologiyasi o'qitishning ajralmas qismi hisoblanadi. U talabalarning:

• vizual idrokini rivojlantiradi,

• axborotni tahlil qilish va baholash qobiliyatini oshiradi,

• ijodkorlik va tanqidiy fikrlash ko'nikmalarini mustahkamlaydi.

Masalan, texnologik ta'lim yo'nalishidagi talabalar raqamli tasvirlar bilan ishlash, multimedia loyihalar yaratish, grafik dizayn yoki vizual tahlil kabi topshiriqlarni bajarish jarayonida nafaqat texnik, balki ilmiy-metodik yondashuvni ham egallaydilar.

5. O'qitish texnologiyasining metodik prinsiplari

O'qitish texnologiyasini samarali amalga oshirish uchun quyidagi metodik prinsiplarga amal qilinadi:

1. Tizimlilik va uzviylik – o'quv jarayoni bir-biri bilan bog'liq bosqichlarda tashkil etiladi.

2. Izchillik va bosqichma-bosqichlik – bilimlar oddiydan murakkabga qarab o'zlashtiriladi.

3. Faollik va mustaqillik – talaba o'z faoliyatining sub'ekti bo'lishi lozim.

4. Ko'rgazmalilik va vizuallik – o'quv materialini grafik, rasm, video, animatsiya orqali yoritiladi.

5. Natijadorlik – har bir bosqichda o'qitish samaradorligi baholanadi.

6. Metodik ta'minot va o'quv jarayonini loyihalash

O'qitish texnologiyasining muhim tarkibiy qismi – bu metodik

ta'minotdir. U quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- dars ishlanmalari,
- topshiriqlar to'plami,
- multimediya prezentatsiyalar,
- testlar, mashq va laboratoriya ishlarining tavsiflari,
- o'quv-uslubiy ko'rsatmalar.

Raqamli ta'lim muhitida bu elementlarning barchasi elektron shaklda yaratiladi va LMS (Learning Management System), masalan Moodle, Google Classroom yoki Edmodo platformalari orqali talabalarga taqdim etiladi.

7. Natijaga yo'naltirilgan metodika

Metodik yondashuvlarning asosiy maqsadi — kompetensiyalarni shakllantirishdir. Ya'ni, talaba faqat nazariy bilim emas, balki ularni amalda qo'llay olish malakasini ham egallashi zarur.

Bu borada:

- amaliy mashg'ulotlar,
- loyiha ishlari,
- media tahlil topshiriqlari,
- taqdimot tayyorlash kabi faol metodlar muhim rol o'ynaydi.

II-bob bo'yicha xulosalar

Berilgan tasvir sifatini oshirish usullari tadqiq qilindi. Tasvirning yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanalini tahlil qilish orqali "tuman" effektini shaffoflashtirish algoritmi taklif qilindi. Tasvir kontrastini yaxshilash orqali berilgan tasvir sifatini oshirish algoritmi taklif qilindi. Neyron armog'ini o'qitishda xatolikni teskari tarqalish usuli (back propagation algorithm) tanlandi.

Mazkur dissertatsiya ishida identifikatsiyalashni amalga oshirish uchun ko'p sinfli klassifikatsiyalash masalasini yechish ko'zda tutilganligini inobatga olgan holda, neyron tarmoq modelini o'qitish jarayonidagi xatolik funksiyasi sifatida kategorik krossentropiya funksiyasidan (categorical crossentropy loss) foydalanildi. O'quv tanlanmasi namunalarni o'qitishdagi *Loss* xatolik funksiyasi qiymati quyidagi formula bilan aniqlanadi

III BOB. TAJRIBAVIY TADQIQOTLAR VA AMALIY MASALALARNI YECHISH

3.1-§. Shaxsni uning yuzi komponentalari tasvirlari asosida biometrik identifikatsiyalash dasturi

Mazkur dissertatsiyaning avvalgi qismlarida (1.3-paragrafda) qo'yilgan maqsad va vazifalarni amalga oshirish uchun yuzni ko'p pog'onali tanib olish asosida shaxslarni biometrik identifikatsiyalash dasturiy majmuasi ishlab chiqildi. Ushbu bo'limda dissertatsiya ishida taklif etilgan va mavjud algoritmlarni dasturiy jihatdan amalga oshirishning batafsil tavsifi va ushbu majmuaning har bir modulidan foydalanish bo'yicha qisqacha foydalanish qo'llanmasi berilgan.

Dasturlar majmuasi dialog oynalar rejimida ishlaydi va foydalanuvchi uchun qulay grafik interfeysga ega. Dasturiy majmua foydalanuvchiga ushbu dissertatsiya ishida taklif etilgan va mavjud algoritmlarning natijalarini baholash, mazkur natijalarni grafik taqdim etish, parametrlashtirish bo'yicha imkoniyatlarini yagona interfeys orqali taqdim etadi. Dasturlar majmuasidan iqtisodiyotning turli tarmoqlari tashkilotlarida axborot tizimlari va maxsus xonalarga kirishni nazorat qilish, kriminalistika, huquqni muxofaza qilish sohalarida hamda boshqa maqsadlarda foydalanish mumkin.

Abektning tanib olish ko'p pog'onali tizimi uchun ishlab chiqilgan dasturiy majmuani quyidagi asosiy qismlarga ajratish mumkin:

- abekt va uning asosiy komponentlarining tasvirlari va identifikatsion belgilarni saqlash uchun ma'lumotlar bazasi;
- abekt tasvirlaridan abekt sohasini aniqlash va uni lokal komponentalar joylashgan sohalariga dekompozitsiya qilish qismi;
- abekt komponentalari tasvirlaridan belgilar to'plamlarini shakllantirish qismi;
- abekt komponentalari tasvirlarini tanib olish qismi (lokal klassifikatorlar yordamida komponentalar tasvirlari orasidagi o'xshashlikni baholash asosida lokal qarorlarni shakllantirish);
- lokal klassifikatorlar natijalarini birlashtirish asosida identifikatsiyalanuvchi shaxs bo'yicha yakuniy qarorni shakllantirish qismi;

- tajribaviy tadqiqotlarni amalga oshirish va baholash qismi (grafikko'rinishda tajribaviy tadqiqotlar natijalarini aks ettirish).

Dasturiy majmua ochiq kodli dasturlash tillari oilasiga kiruvchi "Python" dasturlash tili yordamida "OpenCV" kutubxonasidan foydalanish orqali "Visual studio" muhitida ishlab chiqilgan. "Python" dasturlash tili yuqoridarajadagi til hisoblanadi va u o'zida bugungi kunda mashinaviy o'qitish algoritmlarini, ma'lumotlarni intellektual tahlil qilish, qayta ishlash va tajribaviy tadqiqotlarni amalga oshirishda ko'p sonli kutubxonalarini taqdim etadi.

Ushbu dastur python dasturlash tilida vizual code muhitida ishlab chiqildi. dasturni islab chiqishda foydalniqlan adabiyotlar quyidagilar.

✓ Pandas ma'lumotlarni oqimdan oqish va va yozish hamda tartiblash jayayoni uchun.

✓ Numpy malumotlarni qayta ishlash va hisoblash jarayoni uchun.

✓ Scipy, sympy murakkab hisoblash jarayonlarini tashkil etishda.

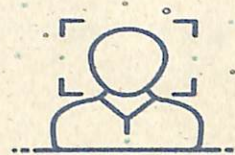
✓ Opencv tasvirni raqamli ma'lumotga o'tkazish hamda mavjud datasetdagi ma'lumotlarni oqimdan o'qish va tasvirdan yuzni aniqlash va aniqlangan yuzni datasetdan qidirish ishlarini bajaradi.

✓ Tkinter dasturning desktop shaklini hosil qishi uchun va umumiy dasturish majmuaga aylantishda foydalanilgan.

Va boshqa kutubxonalar shular jumlasidan.

3.1- rasmda dastur interfeysi bosh oyna namoyish etilgan. Unda xodim qo'shish va mavjud xodimlarni tekshirish bo'limlari joylashgan.

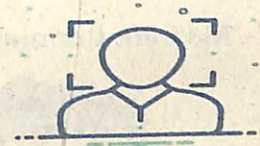
Tasvirga ishlov berish uchun chuqur o'rganish algoritmlaridan foydalanish. Xodim yuzi orqali identifikatsiyalarni tashkil etish dasturi.



3.1- rasm.

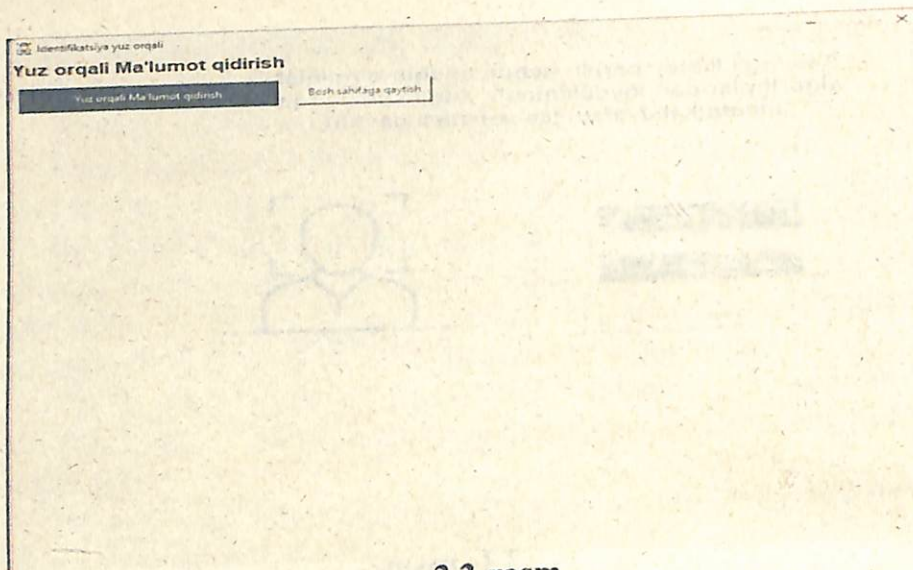
3.2-rasmda dastur oynasini yopish so'rovi berilgan.

Tasvirga ishlov berish uchun chuqur o'rganish algoritmlaridan foydalanish. Xodim yuzi orqali identifikatsiyalarni tashkil etish dasturi.



3.2-rasm.

3.3-rasmda Yuz orqali ma'lumot qidirish ya'ni yuz orqali identifikatsiya qilishni boshqarish oynasi aks etgan.



3.3-rasm.

3.4-rasmda ma'lumotlarni yig'shish oynasi keltirilgan! Bu oynadan foydalanib dastur uchun ma'lumotlarni saqlash amalga oshiriladi.

ISM	Sadiddin	JINSI	Erkak
FAMILYA	Normurodov	E-mail	normurodov@gmail.com
OTASI	Salim o'g'li	MANZIL	Yangiyo'l shahri
TUGILGAN VAQTI	94/01/31	TELEFON NOMERI	(99)6700728

3.4-rasm.

Shaxs ma'lumotlarin datasetga saqlash qismida quyidafi funksiya ishga tushadi hamda ma'lumotlar bazasiga belgilanga tartibda 'xml' kengaytmali klassifikatsion faylni saqlaydi.

```
def train_classifier(name):
    path = os.path.join(os.getcwd()+"/data/"+name+"/")
    faces = []
    ids = []
    labels = []
    pictures = {}
    for root,dirs,files in os.walk(path):
        pictures = files
    for pic in pictures :
        imgpath = path+pic
        img = Image.open(imgpath).convert('L')
        imageNp = np.array(img, 'uint8')
        id = int(pic.split(name)[0])
        faces.append(imageNp)
        ids.append(id)
    ids = np.array(ids)
    clf = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
    clf.train(faces, ids)
    clf.write("./data/classifiers/"+name+"_classifier.xml")
```

Ma'lumotlar bazasidan topilmaganda noaniq yuz aniqlanadi. Bunda quyidagi detector funksiya ishga tushadi.

```
def main_app(name):
    face_cascade = cv2.CascadeClassifier('./data/haarcascade_frontalface_default.xml')
    recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()
    recognizer.read(f"./data/classifiers/{name}_classifier.xml")
    cap = cv2.VideoCapture(0)
    pred = 0
    while True:
        ret, frame = cap.read()
        gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
        faces = face_cascade.detectMultiScale(gray,1.3,5)
```

```

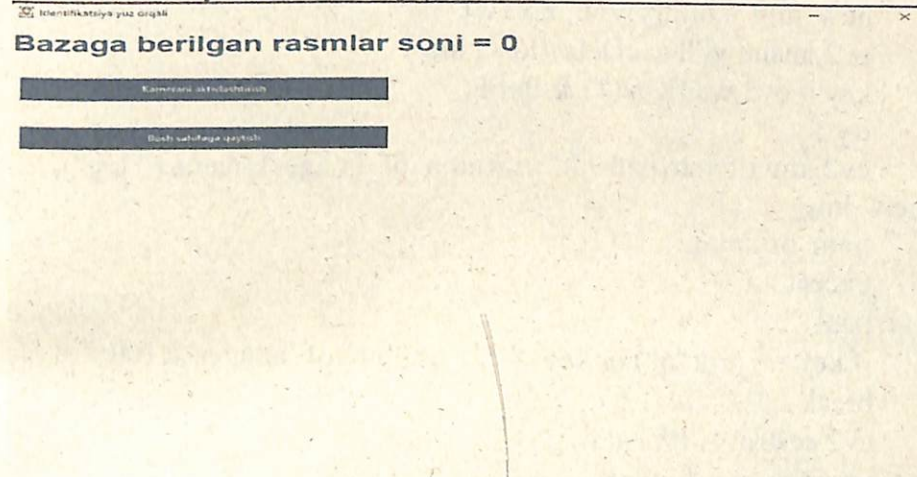
for (x,y,w,h) in faces:
roi_gray = gray[y:y+h,x:x+w]
id,confidence = recognizer.predict(roi_gray)
confidence = 100 - int(confidence)
pred = 0
if confidence > 50:
pred += +1
text = name.upper()
font = cv2.FONT_HERSHEY_PLAIN
frame = cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 0), 2)
frame = cv2.putText(frame, text, (x, y-4), font, 1, (0, 255, 0), 1,
cv2.LINE_AA)
else:
pred += -1
text = "Noaniq yuz"
font = cv2.FONT_HERSHEY_PLAIN
frame = cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (0, 0, 255), 2)
frame = cv2.putText(frame, text, (x, y-4), font, 1, (0, 0,255), 1,
cv2.LINE_AA)
cv2.imshow("image", frame)
if cv2.waitKey(20) & 0xFF == ord('q'):
print(pred)
if pred > 0 :
dim =(124,124)
img = cv2.imread(f"\\data\\{name}\\{pred}{name}.jpg",
cv2.IMREAD_UNCHANGED)
resized = cv2.resize(img, dim, interpolation =
cv2.INTER_AREA)
cv2.imwrite(f"\\data\\{name}\\50{name}.jpg", resized)
Image1 = Image.open(f"\\2.png")
Image1copy = Image1.copy()
Image2 = Image.open(f"\\data\\{name}\\50{name}.jpg")
Image2copy = Image2.copy()
Image1copy.paste(Image2copy, (195, 114))
Image1copy.save("end.png")

```

```

frame = cv2.imread("end.png", 1)
cv2.imshow("Result",frame)
cv2.waitKey(5000)
break
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```



3.5-rasm.

```

def start_capture(name):
path = "./data/" + name
num_of_images = 0
detector= cv2.CascadeClassifier ("./data/haarcascade_
frontalface_default.xml")
try:
os.makedirs(path)
except:
pass
vid = cv2.VideoCapture(0)
while True:
ret, img = vid.read()
new_img = None
grayimg = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
face = detector.detectMultiScale(image=grayimg,
scaleFactor=1.1, minNeighbors=5)

```

```

for x, y, w, h in face:
    cv2.rectangle(img, (x, y), (x+w, y+h), (0, 0, 0), 2)
    cv2.putText(img, "Yuz aniqlandi!", (x, y-5),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.8, (0, 0, 255))
    cv2.putText(img, str(str(num_of_images)+" Rasmga olindi!"),
(x, y+h+20), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.8, (0, 0, 255))
    new_img = img[y:y+h, x:x+w]
    cv2.imshow("FaceDetection", img)
    key = cv2.waitKey(1) & 0xFF
    try :
        cv2.imwrite(str(path+"/"+str(num_of_images)+name+".jpg"),
new_img)
    num_of_images += 1
    except :
        pass
    if key == ord("q") or key == 27 or num_of_images > 100:
        break
    cv2.destroyAllWindows()
    return num_of_images

```

Datasetni shakllantirish jarayonida yuqoridagi funksiyadan foydalaniladi va quyidagi tasvir ko'rinishidagi ma'lumotlarni dastlab belgilangan sonlarda qabul qiladi hamda ularning barchasi yordamida dataset uchun bir dona xml kengaytmali fayni taqdim etadi. Hosil bo'ldan xml kengaytma'li fayni malum katalogga saqlanadi. Tasvirlarni yig'ish uchun 3.6 ramdagi oynadan foydalaniladi.



3.6-rasm.

Yuz tasviri ma'lumotlar bazasidan topilmaganda noaniq yuz aniqlanadi.



3.7-rasm.

Yuqoridagi detektor funksiya yordamida ma'lumotlar bazasidan yuz tasviri aniqlanganda quyidagicha aniqlangan yuz egasi ma'lumotlari yordamida tasvirlanadi.

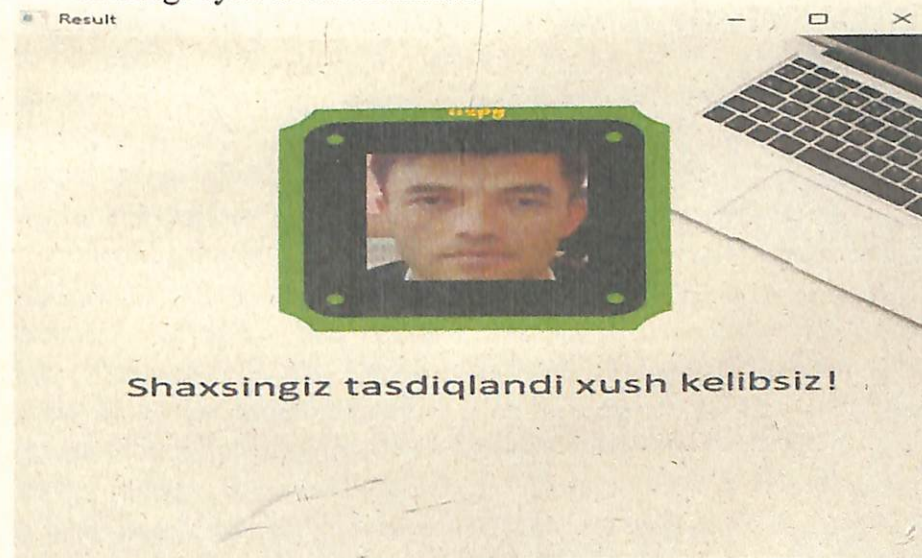
3.8-rasmda Ma'lumotlar bazasiga shaxs ma'lumotlari qo'shilgan holatida!

Ma'lumotlar bazasidan topilganli aniqlanadi.



3.8-rasm.

Shaxsning yuz tasviri tasdiqlangandan keyin jarayon to'xtaydi va 3.9-rasmdagi oyna shakllantiriladi.



3.9-rasm.

III-bob bo'yicha xulosalar

Ko'p pog'onali tanib olish asosida dasturiy majmuaning tuzilishi, tarkibiy qismlari va funksional imkoniyatlari tavsiflandi, ishlash prinsipi grafik dasturiy interfeys orqali taqdim qilindi. Obektni tanib olish ko'p pog'onali tizimlarini qurish yondashuvi asosida shaxslarni biometrik identifikatsiyalash bo'yicha mavjud va taklif etilgan algoritmlarni bitta grafik interfeysga birlashtiruvchi dasturiy majmua ishlab chiqildi.

Mazkur dasturiy majmuani ishlab chiqishda uning tezkorligi va natijalarining ishonchlilik masalasi ham inobatga olindi. Biometrik identifikatsiyalash dasturiy majmuasi bir nechtafrontal yuz tasvirlari ma'lumotlar bazalarida sinovdan o'tkazildi hamda kirishni nazorat qilish va maxsus xonalardan foydalanishga ruxsat berish bilan bog'liq amaliy masalalarni yechish maqsadida tajribaviy tadqiqotlar amalga oshirildi.

UMUMIY XULOSALAR

«Tasvirga ishlov berish uchun chuqur o'rganish algoritmini ishlab chiqish» mavzusida olib borilgan dissertatsiya tadqiqotining asosiy natijalari quyidagilardan iborat.

Shaxsni yuz tasviri asosida biometrik identifikatsiyalash usullari va algoritmlarini tahlil qilish natijalariga ko'ra Obektni tanib olishda xolistik yondashuvlarga nisbatan yoritilganlik va yo'nalish o'zgarishlariga nisbatan invariant hamda tasvirlarda qisman okklyuziyalar mavjud bo'lganda ham foydalanish sezilarli afzalliklarga ega bo'lgan lokal belgilarga asoslangan yondashuvlardan foydalanish maqsadga muvofiqligi asoslandi.

Yuz tasvirida yuz komponentalari joylashgan sohalarni yuqori aniqlikda va tezkor ajratishni ta'minlovchi takomillashtirilgan Viola-Djons algoritmi ishlab chiqilgan. Ushbu algoritmning muhim xususiyati parallel ravishda amalga oshiriladigan bir nechta bosqichli klassifikatsiyalashning amalga oshirilishi natijasida komponentlarni lokalizatsiya qilish aniqligini mavjud algoritmlarga nisbatan sezilarli darajada oshirish imkonini beradi.

Yuzning lokal komponentalari tasvirlaridan teksturaviy belgilar to'plamlarini shakllantirish uchun takomillashtirilgan lokal binar shablonlar algoritmi ishlab chiqilgan. Mazkur algoritm tanib olinadigan yuzkomponentasi tasvirini ifodalovchi piksellar blokida piksellar intensivligi qiymatlarini nisbatan to'liq hisobga olgan holda, ushbu komponentani tanib olish aniqligini oshirishni ta'minlaydi.

Yuz komponentasini tanib olishda lokal qarorlarni shakllantirish masalasini hal etish uchun tanib olinayotgan komponenta belgilari orasidagi o'zaro bog'liqlikni baholashga asoslangan lokal klassifikatorlar modeli ishlab chiqilgan. Taklif etilayotgan lokal klassifikatorlar modeli dastlabki o'zaro bog'liq belgilar tizimidan mustaqil belgilar tizimigao'tish protseduralaridan foydalanishni o'z ichiga oladi, bu esa dastlabki tizimga nisbatan ancha kichik o'lchamlarga ega bo'lganligi hisobiga, yuz komponentalarini tanib olish vaqtini qisqartirish va aniqligini oshirishimkonini beradi.

Yuz komponentalarini tanib olishda shakllangan lokal qarorlarni

birlashtirish asosida tanib olinayotgan yuzni berilgan sinflardan biriga tegishliligi to'g'risida qaror qabul qilishni amalga oshiruvchi neyrotarmoqli integrator ishlab chiqilgan. Ushbu turdagi integratorlardan foydalanish, boshqa turdagi mavjud integratorlarga xos bo'lmagan ko'p sonli sinflar bilan yetarli darajada ishlash qobiliyatini saqlab qolish xususiyati bilan asoslanadi.

Obektni tanib olish ko'p pog'onali tizimlarini qurish yondashuvi asosida shaxslarni biometrik identifikatsiyalash uchun mavjud va taklif etilgan algoritmlarni yagona grafik interfeysga birlashtiruvchi dasturiy majmua ishlab chiqilgan. Ushbu dasturiy majmuadan shaxsni biometrik identifikatsiyalash asosida maxsus xonalar va yopiq hududlarga kirishni nazorat qilish bilan bog'liq modeli va amaliy masalalarni yechishda foydalanish yuz tasvirlarini tahlil qilish maqsadida taklif etilgan va takomillashtirilgan algoritmlarning samaradorligini baholash imkonini berdi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Gonsales R., Vuds R. Sifrovaya obrabotka izobrajeniy – M.: Texnosfera, 2005. 1072 s.
2. Jain A.K., Ross A., Prabhakar S. An introduction to biometric recognition. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 2004. Vol. 14. No. 1. Pp. 4-20. – URL: <https://doi.org/10.1109/TCSVT.2003.818349>.
3. Ratha N.K., Connell J.H., Bolle R.M. Enhancing security and privacy in biometrics-based authentication systems. IBM Systems Journal. 2001. Vol. 40, No. 3. Pp. 614-634. – URL: <https://doi.org/10.1147/sj.403.0614>
4. Aleksandrov V.V., Gorskiy N.D. Predstavleniye i obrabotka izobrajeniy. Rekursivnyy podxod. – L.: Nauka, 1985. – 350 s.
5. Baza znaniy rynka bezopasnosti [Elektronnyy resurs]. – URL: <http://www.techportal.ru/glossary/>
6. Barabasheva YU.M. Devyatkova G.N., Mikesheva N.G. i dr. Kompyuternaya biometrika. – M.: Iz-vo MGU, 1990. – 232 s.
7. Boll R. M., Konnel Dj. X., Pankati SH., Ratxa Nalini K., Senor Endryu U. Rukovodstvo po biometrii. Moskva: Texnosfera, 2007. – 368 s.
8. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge, MA: MIT Press, 2016. – 775 p.
9. Lecun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // Nature. – 2015. – Vol. 521, No. 7553. – P. 436–444.
10. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital Image Processing. – 4th ed. – New York: Pearson, 2018. – 954 p.
11. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. ImageNet classification with deep convolutional neural networks // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2012. – P. 1097–1105.
12. Juravlev YU.I., Kamilov M.M., Tulyaganov SH.E.. Algoritmy vychisleniya otsenok i ix primeneniye // Uzbekskoy SSR. Izd. «Fan», 1974. – 120 s.
13. Kuxarev G.A. Biometricheskiye sistemy. Metody i sredstva identifikatsii lichnosti cheloveka. – SPb: Politexnika, 2001. – 240 s.

14. Kuxarev G.A. Algoritmy dvumernogo analiza glavnykh komponent dlya zadach raspoznavaniya izobrajeniy lits // *Kompyuternaya optika*. – 2010. – T. 34, №4. – S. 545–551.
15. Matvyev, YU.N. Tekhnologii biometricheskoy identifikatsii lichnosti po golosu i drugim modalnostyam // *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Priborostroyeniye*. – 2012. – № 3. – S. 46–61.
16. Monich YU.I., Starovoytov V.V. Mera otsenki rezkosti sifrovogo izobrajeniya // *Doklady BGUIR*. – 2011. – № 1. – С.80–84.
17. Monich YU.I., Starovoytov V.V. Osenki kachestva dlya analiza sifrovyykh izobrajeniy // *Iskusstvennyy intellekt*. – 2008. – №. – S.376–386.
18. Pankanti SH., Bolye R., Djeyn E. Biometriya: buduuyeye identifikatsii // *Otkrytye sistemy*. – 2000. – № 3. – S. 17 – 20.
19. Sodiqov S.S., Malikov M.N. Tasvirlarga sonli ishlov berish asoslari. – Toshkent: «Kibernetika» ICHB, 1994. – 147 b.
20. Mehta V., Tiwari J., Shaji J. Face Recognition–Advanced Techniques // *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. – 2019. – Vol. 08. – URL: <https://doi.org/10.17577/IJERTV8IS070178>
21. Kortli Y., Jridi M., Al Falou A., Atri M. Face Recognition Systems: A Survey // *Sensors*. – 2020. – Vol. 20, 342. – URL: <https://doi.org/10.3390/s20020342>
22. Liu W., Wang Z., Liu X., Zeng N., Liu Y., Alsaadi F.E. A survey of deep neural network architectures and their applications // *Neurocomputing*. – 2017. – Vol. 234. – P. 11–26.
23. Simonyan K., Zisserman A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition // *arXiv preprint arXiv:1409.1556*. – 2014.
24. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep residual learning for image recognition // *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2016. – P. 770–778.
25. Szegedy C., et al. Going deeper with convolutions // *CVPR*. – 2015. – P. 1–9.
26. O'Shea K., Nash R. An introduction to convolutional neural

networks // *arXiv preprint arXiv:1511.08458*. – 2015.

27. Chollet F. *Deep Learning with Python*. – 2nd ed. – Manning Publications, 2021. – 504 p.
28. Bishop C. M. *Pattern Recognition and Machine Learning*. – New York: Springer, 2006. – 738 p.
29. Zhang K., Zuo W., Zhang L. Beyond a Gaussian denoiser: Residual learning of deep CNN for image denoising // *IEEE Transactions on Image Processing*. – 2017. – Vol. 26, No. 7. – P. 3142–3155.
30. Dong C., Loy C. C., He K., Tang X. Image super-resolution using deep convolutional networks // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – 2016. – Vol. 38, No. 2. – P. 295–307.
31. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation // *MICCAI*. – 2015. – P. 234–241.
32. Samal D.I., Starovoytov V.V. Metodika avtomatizirovannogo raspoznavaniya lyudey po fotoportretam // *Sifrovaya obrabotka izobrajeniy*. – Minsk: In-t texn. kibernetiki NAN Belarusi, 1999. – S. 81–85.
33. Golovko V.A. *Neyrointellekt: Teoriya i primeneniya. Kniga 2. Samoorganizatsiya, otkazoustoychivost i primeneniye neyronnykh setey*. – Brest: BPI, 1999. – 228s.
34. Kakharov Sh.S. Biometric identification of person // *Scientific-practical journal "World Social Science"*. 2019. №3. 94-95 p.
35. Radjabov S.S., Kaxarov SH.S., Raxmonov E.D. Shaxsni biometrik identifikatsiyalash ko'p pog'onali tizimi // *"Informatika va energetika muammolari" O'zbekiston jurnali*. 2019. №2. 57-59 b.
36. Ranganath S., Arun K. Face recognition using transform features and neural networks // *Pattern Recognition*. – 1997. – Vol. 30. – P. 1615–1622.
37. Gutta S., Wechsler H. Face recognition using hybrid classifiers // *Pattern Recognition*. – 1997. – Vol. 30. – P. 539–553.

38. Paul S.K., Bouakaz S., Rahman C.M. Component-based face recognition using statistical pattern matching analysis // *Pattern Analysis and Applications*. – 2021. – Vol. 24, – P. 299–319. – URL: <https://doi.org/10.1007/s10044-020-00895-4>.

39. Gowda H.D.S., Kumar G.H., Imran M. Multimodal biometric recognition system based on nonparametric classifiers // *Data Analytics and Learning*. – 2018. – Vol. 43. – P. 269–278.

40. Fozilov SH.X., Kaxarov SH.S. Yuz tasviridan yuz elementlarini ajratib olish algoritmlari // “Informatika va energetika muammolari” O‘zbekiston jurnali. – 2020. – №3. – 117-123 b.

41. Abdulkadimov B.A., Urinov E.M., Kaxarov SH.S. Metody segmentatsii izobrajaniy s pomoshyu MASK R-CNN i GRABCUT // *Materialy mejdunarodnoy konferensii “Inzhenernye i informatsionnye tekhnologii, ekonomika i menedjment v promyshlennosti”*. Volgograd. Rossiya. – 2020. – 94-97 st.

42. Fazilov Sh., Urinov E., Kakharov Sh., Khashimov A. Improving image contrast: Challenges and solutions // *2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)*. – 2021. – P. 1–5. – URL: <https://doi.org/10.1109/ICISCT52966.2021.9670106>

43. Ablameyko S.V., Lagunovskiy D.M. Obrabotka izobrajaniy: tekhnologiya, metody, primeneniye: Ucheb. Posobiye. – M.: Amalfey, 2000. – 304.

44. Kormanovskiy S.I., Skoryukova YA.G., Melnik O.P. Strukturno-svyaznostnaya model izobrajaniya: vydeleniye kontura i formirovaniye priznakov // *Informatsionnye tekhnologii i kompyuternaya tekhnika*. – 2010. – № 1.

45. Xashimov A.A., Kaxarov SH.S. Videoketma-ketliklarni indekslash dasturi // “O‘zbekistonda ilmiy-amaliy tadqiqotlar” mavzusidagi ilmiy masofaviy onlayn konferensiyasi. Toshkent. O‘zbekiston. 2020. 22-son. 41-43 b.

46. Kaxarov SH.S. Yuz tasviri maxsus nuqtalari deskriptorlari // “Iqtisodiyot tarmoqlarining innovatsion rivojlanishida axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining ahamiyati” Respublika ilmiy-amaliy anjumani, Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent

axborot texnologiyalari universiteti, 4-5 mart 2021 yil. Toshkent. – B. 396-398.

47. Agafonova R.R., Mingalev A.V., Shusharin S.N. Sposoby obrabotki gistogrammy teplovizionnogo izobrajeniya // *Inzhenernyy vestnik Dona*, 2019. – № 1(52), 22. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-obrabotki-gistogrammy-teplovizionnogo-izobrazheniya> (data obrasheniya: 24.05.2022).

48. Omprakash P., Yogendra P. S. M., Sanjeev Sh. A Comparative Study of Histogram Equalization Based Image Enhancement Techniques for Brightness Preservation and Contrast Enhancement // *Signal & Image Processing: An International Journal (SIPIJ)*. – Vol. 4. – No. 5. – URL: <https://doi.org/10.5121/sipij.2013.4502>

49. Girshick R. Fast R-CNN // *The IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*. – 2015. – URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1504.08083>

50. Fazilov SH.X., Urinov E.M. Aylanishga invariant yuz tasvirini aniqlashda bosqichma-bosqich sozlash neyron tarmoq modeli // *O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining ma’ruzalari*. – Toshkent, 2022. – № 2. – B. 24–28.

51. Ojala T., Pietikainen M., Maenpaa T. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI)*. – 2002. – Vol. 24. – No. 7. – P. 971–987.

52. Choi J. Y., Plataniotis K.N., Ro Y.M. Using colour local binary pattern features for face recognition // *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. – 2010. – P. 4541–4544.

53. Brunelli R., Poggio T. Face recognition: features versus templates // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – 1993. – Vol. 15. – No 10. – P. 1042–1052.

54. Redmon J., Farhadi A. YOLOv3: An incremental improvement // *arXiv preprint arXiv:1804.02767*. – 2018.

55. Ren S., He K., Girshick R., Sun J. Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks // *Advances in Neural Information Processing Systems*. – 2015. – P. 91–99.

56. Dosovitskiy A., et al. An image is worth 16x16 words:

- Transformers for image recognition at scale // ICLR. – 2020.
57. Tan M., Le Q. V. EfficientNet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks // ICML. – 2019. – P. 6105–6114.
58. Radford A., et al. Learning transferable visual models from natural language supervision // ICML. – 2021.
59. Zhang Y., et al. A survey on deep learning-based image restoration // IEEE Transactions on Image Processing. – 2019. – Vol. 28, No. 10. – P. 4865–4880.
60. Xie J., Girshick R., Farhadi A. Unsupervised deep embedding for clustering analysis // ICML. – 2016. – P. 478–487.
61. Han S., Mao H., Dally W. Deep compression: Compressing deep neural networks // ICLR. – 2016.
62. Guo Y., et al. Deep learning for visual understanding: A review // Neurocomputing. – 2016. – Vol. 187. – P. 27–48.
63. Schmidhuber J. Deep learning in neural networks: An overview // Neural Networks. – 2015. – Vol. 61. – P. 85–117.
64. Liu W., et al. SSD: Single shot multibox detector // ECCV. – 2016. – P. 21–37.
65. Lin T.-Y., et al. Focal loss for dense object detection // ICCV. – 2017. – P. 2980–2988.
66. Deng J., et al. ImageNet: A large-scale hierarchical image database // CVPR. – 2009. – P. 248–255.
67. Wang X., et al. Non-local neural networks // CVPR. – 2018. – P. 7794–7803.
68. Isola P., et al. Image-to-image translation with conditional adversarial networks // CVPR. – 2017. – P. 1125–1134.
69. Zhu J.-Y., et al. Unpaired image-to-image translation using cycle-consistent adversarial networks // ICCV. – 2017. – P. 2223–2232.
70. Kaxarov SH.S. Shaxsni identifikatsiyalashni ko‘p pog‘onali tizim asosida tashkil etish masalasi // “Amaliy matematika va axborot texnologiyalarining zamonaviy muammolari” Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani, Buxoro davlat universiteti, Buxoro 15 aprel 2021 yil. – B. 394–396.
71. Radjabov S.S., Kaxarov SH.S. Shaxsni identifikatsiyalash

ko‘p pog‘onali biometrik tizimida belgilar fazosini shakllantirish muammolari // “Aktualnye voprosy razvitiya innovatsionno-informatsionnykh texnologiy na transporte” materialy nauchno-texnicheskoy konferentsii, Tashkentskiy gosudarstvennyy transportnyy universitet 15-16 noyabrya 2021 goda. – 154–158 s.

72. Axmetzyanov K.R., Sazonov V.I., Lipin YU.N., Yujakov A.A. Programmnyy kompleks raspoznavaniya litsa cheloveka // Vestnik UGATU. – 2017. №3(77). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/programmy_kompleks_raspoznavaniya_litsa_cheloveka.

73. Dagher I., Al-Bazzaz H. Improving the Component-Based Face Recognition Using Enhanced Viola-Jones and Weighted Voting Technique // Modelling and Simulation in Engineering. – 2019. – Vol. 2019. – URL: <https://doi.org/10.1155/2019/8234124> (data obrasheniya 2022-06-04).

74. Viola P., Jones M.J. Robust real-time face detection // International Journal of Computer Vision. – 2004. – Vol. 57. – P. 137–154.

75. Fozilov SH.X., Urinov E.M. Tasvirlarda yuz sohalari topish algoritmlari. Informatika va Energetika muammolari. 2020. №3. 143–155 b.

76. Malysheva S.S. Modifitsirovannyi algoritim lokalizatsii elementov litsa na osnove metoda Viola-Djonsa // Jurnal “Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy”. – 2015. – № 1. – S. 35–44.

77. Yang H., Wang X.A. Cascade classifier for face detection // Algorithms Computation Technologies. – 2016. – Vol. 10. – P. 187–197.

78. Zinin A.M., Kirsanova L.Z. Kriminalisticheskaya fotoportretnaya ekspertiza. – M.: Nauka, 1991. – 88 s.

79. Radjabov S.S., Xashimov A.A., Kaxarov SH.S., Ataxanov M.X. Videoarxivlardan shaxslarni qidirish dasturi // Muxammad al-Xorazmiy avlodlari, Toshkent, №2 (16), 2021 – B. 135–137.

80. Radjabov S.S., Xashimov A.A., Kaxarov SH.S., Ataxanov M.X. Yuz tasvirlarini tasniflash algoritmlarining qiyosiy tahlili //

TATU xabarlari, Toshkent, №3(59), 2021. -B 94-104.

81. Fazylov SH.X., Nishanov A.X., Mamatov N.S. Методы и алгоритмы выбора информативных признаков на основе эвристических критериев информативности. – Т.: Fan va texnologiya, 2022. – 187 s.

82. Makarov A.O., Starovoytov V.V. Быстрые алгоритмы вычисления признаков на цифровых изображениях. – Минск, 2005. – 39 s.

83. Kim T.-K., Kim H., Hwang W., Kittler J. Component-based lda face description for image retrieval and mpeg-7 standardisation // Image and Vision Computing. – 2005. – Vol. 23. – P. 631–642.

84. Zhang W., Shan S., Gao W., Chang Y., Cao B. Component-based cascade linear discriminant analysis for face recognition // Advances in Biometric Person Authentication Lecture Notes in Computer Science. – 2005. – Vol. 3338. – P. 19–79.

85. Petruk V.I., Samorodov A.V., Spiridonov I.N. Primeneniye lokalnykh binarnykh shablonov k resheniyu zadachi raspoznavaniya lits // Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. "Priborostroyeniye". – 2011. – S. 58–63.

86. Fazilov Sh., Urinov E., Kakharov Sh., Khashimov A. Improving image contrast: Challenges and solutions // 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670106.

87. Kingma D. P., Welling M. Auto-encoding variational Bayes // ICLR. – 2014.

88. Rumelhart D. E., Hinton G. E., Williams R. J. Learning representations by back-propagating errors // Nature. – 1986. – Vol. 323. – P. 533–536.

89. Hornik K. Approximation capabilities of multilayer feedforward networks // Neural Networks. – 1991. – Vol. 4, No. 2. – P. 251–257.

90. Srivastava N., et al. Dropout: A simple way to prevent neural networks from overfitting // Journal of Machine Learning Research. – 2014. – Vol. 15. – P. 1929–1958.

91. Ioffe S., Szegedy C. Batch normalization: Accelerating deep

network training by reducing internal covariate shift // ICML. – 2015. – P. 448–456.

92. Zhang H., et al. mixup: Beyond empirical risk minimization // ICLR. – 2018.

93. Li X., et al. Deep learning for image segmentation: A survey // Pattern Recognition Letters. – 2018. – Vol. 119. – P. 298–305.

94. Chen L.-C., et al. Rethinking atrous convolution for semantic image segmentation // arXiv preprint arXiv:1706.05587. – 2017.

95. Zhao H., et al. Pyramid scene parsing network // CVPR. – 2017. – P. 2881–2890.

96. He K., Sun J. Convolutional neural networks at constrained time cost // CVPR. – 2015. – P. 5353–5360.

97. Tan M., et al. EfficientDet: Scalable and efficient object detection // CVPR. – 2020. – P. 10781–10790.

98. Mirjalili S. Evolutionary Algorithms and Neural Networks. – Cham: Springer, 2019. – 210 p.

99. Li D., et al. Vision transformers for dense prediction // arXiv preprint arXiv:2103.13413. – 2021.

100. Zhang R., et al. The unreasonable effectiveness of deep features as a perceptual metric // CVPR. – 2018. – P. 586–595.

101. Kang L., Ye P., Li Y., Doermann D. Convolutional neural networks for no-reference image quality assessment // CVPR. – 2014. – P. 1733–1740.

102. Park T., et al. Semantic image synthesis with spatially-adaptive normalization (SPADE) // CVPR. – 2019. – P. 2337–2346.

103. Liu Z., et al. Swin Transformer: Hierarchical vision transformer using shifted windows // ICCV. – 2021. – P. 10012–10022.

104. Russakovsky O., et al. ImageNet large scale visual recognition challenge // International Journal of Computer Vision. – 2015. – Vol. 115, No. 3. – P. 211–252.

105. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. – 2nd ed. – London: Springer, 2022. – 1115 p.

106. Aggarwal C. C. Neural Networks and Deep Learning: A Textbook. – Cham: Springer, 2018. – 493 p.

107. Zhang Y., Patel V. M. Deep learning-based methods for image restoration: A comprehensive survey // IEEE Access. – 2018. – Vol. 6. – P. 9325–9351.

ILOVALAR

```
from Detector import main_app
from create_classifier import train_classifier
from create_dataset import start_capture
import tkinter as tk
from tkinter import font as tkfont
from tkinter import messagebox, PhotoImage
names = set()
class MainUI(tk.Tk):
def __init__(self, *args, **kwargs):
tk.Tk.__init__(self, *args, **kwargs)
global names
with open("nameslist.txt", "r") as f:
x = f.read()
z = x.rstrip().split(" ")
for i in z:
names.add(i)
self.title_font = tkfont.Font(family='Helvetica', size=20,
weight="bold")
self.title("Identifikatsiya yuz orqali")
self.resizable(False, False)
self.geometry("920x700")
self.protocol("WM_DELETE_WINDOW", self.on_closing)
self.active_name = None
container = tk.Frame(self)
container.grid(sticky="nsew")
container.grid_rowconfigure(0, weight=2)
container.grid_columnconfigure(0, weight=2)
self.frames = {}
for F in (StartPage, PageOne, PageTwo, PageThree, PageFour):
page_name = F.__name__
frame = F(parent=container, controller=self)
self.frames[page_name] = frame
frame.grid(row=5, column=2, sticky="nsew")
```

```

self.show_frame("StartPage")
def show_frame(self, page_name):
    frame = self.frames[page_name]
    frame.tkraise()
def on_closing(self):
    if messagebox.askokcancel("Chiqish", "Ishonchingiz komilmi?"):
        global names
        f = open("nameslist.txt", "a+")
        for i in names:
            f.write(i + " ")
        self.destroy()
class StartPage(tk.Frame):
    def __init__(self, parent, controller):
        tk.Frame.__init__(self, parent)
        self.controller = controller
        #load = Image.open("homepagepic.png")
        #load = load.resize((250, 250), Image.ANTIALIAS)
        tk.Label(self, text="Tasvirga ishlov berish uchun chuqur o'rganish
        \nalgoritmlaridan foydalaninsh. Xodim yuzi orqali
        \nidentifikatsiyalarni tashkil etish dasturi.",
        font=self.controller.title_font, fg="#263942").place(x=50, y=20)
        render = PhotoImage(file='homepagepic.png', width=750)
        img = tk.Label(self, image=render)
        img.image = render
        img.place(x=470, y=170)
        # tk.Label(self, text="Домашняя страница",
        font=self.controller.title_font, fg="#263942").place(x=90, y=150)
        tk.Button(self, text="Xodim qo'shish", width=30, height=2,
        fg="#ffffff", bg="#263942", command=lambda:
        self.controller.show_frame("PageOne")).place(x=100, y=230)
        tk.Button(self, text="Xodimni tekshirish", width=30, height=2,
        fg="#ffffff", bg="#263942", command=lambda:
        self.controller.show_frame("PageTwo")).place(x=100, y=300)

```

```

tk.Button(self, text="Dasturdan chiqish", fg="#263942", width=30,
height=2, bg="#ffffff",
command=self.on_closing).place(x=100, y=370)
def on_closing(self):
    if messagebox.askokcancel("CHiqish", "Ishonchingiz komilmi?"):
        global names
        with open("nameslist.txt", "w") as f:
            for i in names:
                f.write(i + " ")
        self.controller.destroy()
class PageOne(tk.Frame):
    def __init__(self, parent, controller):
        tk.Frame.__init__(self, parent)
        self.controller = controller
        tk.Label(self, text="Ma'lumotlar markazi",
        font='Helvetica 25 bold').grid(row=0, column=2, rowspan=2,
        columnspan=2, pady=10, padx=0)
        tk.Label(self, text="ISM", fg="#263942", font='Helvetica 12
        bold').grid(row=7, column=1, pady=10, padx=0)
        tk.Label(self, text="FAMILYA", fg="#263942", font='Helvetica
        12 bold').grid(row=8, column=1, pady=10, padx=0)
        tk.Label(self, text="OTASI", fg="#263942", font='Helvetica 12
        bold').grid(row=9, column=1, pady=10, padx=0)
        tk.Label(self, text="TUGILGAN VAQTI", fg="#263942",
        font='Helvetica 12 bold').grid(row=10, column=1, pady=10,
        padx=0)
        tk.Label(self, text="JINSI", fg="#263942", font='Helvetica 12
        bold').grid(row=7, column=3, pady=10, padx=0)
        tk.Label(self, text="E-mail", fg="#263942", font='Helvetica 12
        bold').grid(row=8, column=3, pady=10, padx=0)
        tk.Label(self, text="MANZIL", fg="#263942", font='Helvetica 12
        bold').grid(row=9, column=3, pady=10, padx=0)
        tk.Label(self, text="TELEFON NOMERI", fg="#263942",
        font='Helvetica 12 bold').grid(row=10, column=3, pady=10,
        padx=0)

```

```

load = PhotoImage(file='13.png')
img = tk.Label(self, image=load)
img.image = load
img.grid(row=2, column=1, rowspan=3, columnspan=7,
sticky="nsew")
self.first_name = tk.Entry(self, borderwidth=3, bg="lightgrey",
font='Helvetica 11')
self.first_name.grid(row=7, column=2, pady=0, padx=0)
self.last_name = tk.Entry(self, borderwidth=3, bg="lightgrey",
font='Helvetica 11')
self.last_name.grid(row=8, column=2, pady=0, padx=0)
self.sur_name = tk.Entry(self, borderwidth=3, bg="lightgrey",
font='Helvetica 11')
self.sur_name.grid(row=9, column=2, pady=0, padx=0)
self.data_birth_name = tk.Entry(self, borderwidth=3,
bg="lightgrey", font='Helvetica 11')
self.data_birth_name.grid(row=10, column=2, pady=0, padx=0)
self.disease_name = tk.Entry(self, borderwidth=3, bg="lightgrey",
font='Helvetica 11')
self.disease_name.grid(row=7, column=4, pady=0, padx=0)
self.email_name = tk.Entry(self, borderwidth=3, bg="lightgrey",
font='Helvetica 11')
self.email_name.grid(row=8, column=4, pady=0, padx=0)
self.address_name = tk.Entry(self, borderwidth=3, bg="lightgrey",
font='Helvetica 11')
self.address_name.grid(row=9, column=4, pady=0, padx=0)
self.phone_number_name = tk.Entry(self, borderwidth=3,
bg="lightgrey", font='Helvetica 11')
self.phone_number_name.grid(row=10, column=4, pady=0,
padx=0)
self.buttoncanc = tk.Button(self, text="Orqaga", width=20,
bg="#ffffff", fg="#263942", command=lambda:
controller.show_frame("StartPage"))
self.buttonnext = tk.Button(self, text="Oldinga", width=20,
fg="#ffffff", bg="#263942", command=self.start_training)

```

```

self.buttoncanc.grid(row=11, column=2, pady=10, ipadx=5,
ipady=4)
self.buttonnext.grid(row=11, column=3, pady=10, ipadx=5, ipady=4)
def start_training(self):
global names
if self.first_name.get() == "None":
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
if self.last_name.get() == "None":
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
if self.sur_name.get() == "None":
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
if self.disease_name.get() == "None":
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
if self.email_name.get() == "None":
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
if self.address_name.get() == "None":
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
if self.phone_number_name.get() == "None":
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
elif self.first_name.get() in names:
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
elif self.last_name.get() in names:
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
elif self.sur_name.get() in names:
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return

```

```

elif self.disease_name.get() in names:
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
elif self.email_name.get() in names:
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
elif self.address_name.get() in names:
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
elif self.phone_number_name.get() in names:
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
elif len(self.first_name.get()) == 0:
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
elif len(self.last_name.get()) == 0:
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
elif len(self.sur_name.get()) == 0:
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
elif len(self.disease_name.get()) == 0:
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
elif len(self.email_name.get()) == 0:
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
elif len(self.address_name.get()) == 0:
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
elif len(self.phone_number_name.get()) == 0:
messagebox.showerror("Xatolik", "Formani to'ldirishda xatolik")
return
name = self.first_name.get()
name = self.last_name.get()

```

```

name = self.sur_name.get()
name = self.disease_name.get()
name = self.email_name.get()
name = self.address_name.get()
name = self.phone_number_name.get()
names.add(name)
self.controller.active_name = name
self.controller.frames["PageTwo"].refresh_names()
self.controller.show_frame("PageThree")
class PageTwo(tk.Frame):
def __init__(self, parent, controller):
tk.Frame.__init__(self, parent)
global names
self.controller = controller
tk.Label(self, text="Xodimni tanlang", fg="#263942",
font='Helvetica 25 bold').grid(row=0, column=0,
rowspan=2, columnspan=10, padx=10, pady=10)
self.buttoncanc = tk.Button(self, text="Cancel", width=20,
command=lambda: controller.show_frame("StartPage"),
bg="ffffff", fg="#263942")
self.menuvar = tk.StringVar(self)
self.dropdown = tk.OptionMenu(self, self.menuvar, *names)
self.dropdown.config(bg="lightgrey", width=60)
self.dropdown["menu"].config(bg="lightgrey")
self.buttonnext = tk.Button(self, text="Next", width=20,
command=self.nextfoo, fg="ffffff", bg="#263942")
self.dropdown.grid(row=2, column=2, rowspan=2, columnspan=3,
ipadx=8, padx=10, pady=10)
self.buttoncanc.grid(row=2, ipadx=5, ipady=4, column=6,
rowspan=2, columnspan=2, pady=10)
self.buttonnext.grid(row=2, ipadx=5, ipady=4, column=9,
rowspan=2, columnspan=2, pady=10)
def nextfoo(self):
if self.menuvar.get() == "None":
messagebox.showerror("Xatilik", "Ism topilmadi")

```

```

return
self.controller.active_name = self.menuvar.get()
self.controller.show_frame("PageFour")
def refresh_names(self):
global names
self.menuvar.set('')
self.dropdown['menu'].delete(0, 'end')
for name in names:
self.dropdown['menu'].add_command(label=name,
command=tk._setit(self.menuvar, name))
class PageThree(tk.Frame):
def __init__(self, parent, controller):
tk.Frame.__init__(self, parent)
self.controller = controller
self.numimlabel = tk.Label(self, text="Bazaga berilgan rasmlar
soni = 0", font='Helvetica 25 bold', fg="#263942")
self.numimlabel.grid(row=0, column=4, rowspan=2,
columnspan=12, sticky="ew", pady=10)
self.capturebutton = tk.Button(self, text="Kamerani aktivlashtirish",
width=50, fg="ffffff", bg="#263942", command=self.caping)
self.button4 = tk.Button(self, text="Bosh sahifaga qaytish",
command=lambda: self.controller.show_frame("StartPage"),
width=50, fg="ffffff", bg="#263942")
self.button4.grid(row=5, column=4, rowspan=2, columnspan=2,
ipadx=5, ipady=4, padx=10, pady=20)
self.capturebutton.grid(row=3, column=4,
rowspan=2, columnspan=2, ipadx=5, ipady=4, padx=10, pady=20)
def trainmodel(self):
if self.controller.num_of_images < 20:
messagebox.showerror("XATO", "yetarli ma'lumotlar yo'q")
return
train_classifer(self.controller.active_name)
messagebox.showinfo("UZPY", "Muvafaqiyatli yakunlandi!")
self.controller.show_frame("PageFour")
def caping(self):

```

```

self.numimlabel.config(text=str("Olingan rasmlar = 0 ta"))
messagebox.showinfo("UZPY", "Ma'lumotlar bazasi uchun 30 ta
rasm olamiz.")
x = start_capture(self.controller.active_name)
self.controller.num_of_images = x
self.numimlabel.config(text=str("Bazaga berilgan rasmlar soni =
"+str(x)))
self.trainmodel()
class PageFour(tk.Frame):

def __init__(self, parent, controller):
tk.Frame.__init__(self, parent)
self.controller = controller

label = tk.Label(self, text="Yuz orqali Ma'lumot qidirish",
font='Helvetica 16 bold')
label.grid(row=0, column=0, sticky="ew")
button1 = tk.Button(self, text="Yuz orqali Ma'lumot qidirish",
command=self.openwebcam, fg="ffffff", bg="#263942")
#button2 = tk.Button(self, text="Emotion Detection",
command=self.emot, fg="ffffff", bg="#263942")
#button3 = tk.Button(self, text="Gender and Age Prediction",
command=self.gender_age_pred, fg="ffffff", bg="#263942")
button4 = tk.Button(self, text="Bosh sahifaga qaytish",
command=lambda: self.controller.show_frame("StartPage"),
bg="ffffff", fg="#263942")
button1.grid(row=1, column=0, sticky="ew", ipadx=5, ipady=4,
padx=10, pady=10)
#button2.grid(row=1, column=1, sticky="ew", ipadx=5, ipady=4,
padx=10, pady=10)
#button3.grid(row=2, column=0, sticky="ew", ipadx=5, ipady=4,
padx=10, pady=10)
button4.grid(row=1, column=1, sticky="ew", ipadx=5, ipady=4,
padx=10, pady=10)
def openwebcam(self):

```

```

main_app(self.controller.active_name)
#def gender_age_pred(self):
#ageAndgender()
#def emot(self):
#emotion()
app = MainUI()
app.iconphoto(False, tk.PhotoImage(file='icon.ico'))
app.mainloop()

```

MUNDARIJA

KIRISH	3
I BOB. TASVIRLARGA ISHLOV BERISHDA ZAMONAVIY USULLARINING TAHLILI	5
§ 1.1. Tasvirlarni qayta ishlashda chuqur o‘rganish algoritmlari ahamiyati.....	5
§ 1.2. Chuqur o‘rganish algoritmlari yordamida shaxsni identifikatsiyalash usullari va algoritmlari tahlili.....	7
§ 1.3. Yuzni tanib olish ko‘p pog‘onali tizimi.....	26
§ 1.4. tasvirga ishlov berishning zamonaviy usullari.....	31
I bob bo‘yicha xulosalar.....	49
II BOB. TALABALARGA RAQAMLI MEDI MATN VA TASVIR BILAN ISHLASH ALGORITMINI O‘RGATISHNING DIDAKTIK ASOSLARI	50
§ 2.1. Noqulay ob-havo sharoitlarida olingan tasvirlar sifatini yaxshilash usullari.....	50
§ 2.2. Turli yoritilganlik sharoitlarida olingan tasvirlar sifatini yaxshilash algoritmlari.....	60
§ 2.3. Lokal qarorlar integratsiyasini amalga oshiruvchi neyrotarmoqli integrator.....	65
2.4-§. Chuqur o‘qitishga asoslangan texnologiyalar.....	70
2.5-§. Talabalarga raqamli medi matn va tasvir bilan ishlash algoritmini o‘rgatish texnologiyasi.....	76
II bob bo‘yicha xulosalar.....	84
III BOB. TAJRIBAVIY TADQIQOTLAR VA AMALIY MASALALARNI YECHISH	85
§ 3.1. Shaxsni uning yuzi komponentalari tasvirlar asosida biometrik identifikatsiyalash dasturiy majmuasi.....	85
III bob bo‘yicha xulosalar.....	96
XULOSA	97
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI	99
ILOVALAR	100

ma
#d
#a
#d
#e
ap
ap
ap

NORMURODOV SADRIDDIN SALIM O'G'LI

**TALABALARGA RAQAMLI MEDIA MATN VA TASVIR
BILAN ISHLASH ALGORITMINI O'RGATISHNING
ZAMONAVIY PEDAGOGIK TEXNOLOGIYASI**

MONOGRAFIYA

Muharrir: M. Shomirzayev
Musahhah: T. Karamatov
Texnik muharrir: A. Bo'riyev
Kompyuterda sahifalovchi: A. Izzatullayev

Terishga 20.11.2025-yilda berildi.
Bosishga 23.12.2025-yilda ruxsat etildi.
Bichimi 60x84 ¹/₁₆. Hajmi 7,5 bosma taboq.
Buyurtma № 132. Times New Roman.
Ofset usulda chop etildi. 300 nusxada. 120 bet.

TerDU NMM nashriyoti.
Termiz davlat universiteti NMM bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Termiz shahri, A. Navoiy ko'chasi, 42-uy.

ISBN:978-9910-612-81-7



9 789910 612817

4604

