

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY
TADQIQOT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/26.05.2022.T.10.05
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY
TADQIQOT UNIVERSITETI**

EREJEPOV KEULIMJAY KAYMATDINOVICH

**KIRISH-CHIQUISH NAZORAT TIZIMLARI UCHUN SHAXSNI YUZ
TASVIRI ASOSIDA IDENTIFIKATSIYALASH ALGORITMLARI**

05.01.03 –Informatikaning nazariy asoslari

**texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2024

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации
доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Contents of Dissertation Abstract of the Doctor of Philosophy (PhD) on technical
sciences**

Erejevov Keulimjay Kaymatdinovich

Kirish-chiqish nazorat tizimlari uchun shaxsni yuz tasviri asosida identifikatsiyalash
algoritmmlari.....3

Ережепов Кеулимжай Кайматдинович

Алгоритмы идентификации человека по изображению лица для систем
контроля доступа.....21

Erejevov Keulimjay Kaymatdinovich

Algorithms for identification of a person based on a face image for access control
systems.....39

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ
List of published works.....43

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY
TADQIQOT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.03/26.05.2022.T.10.05
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY
TADQIQOT UNIVERSITETI**

EREJEPOV KEULIMJAY KAYMATDINOVICH

**KIRISH-CHIQUISH NAZORAT TIZIMLARI UCHUN SHAXSNI YUZ
TASVIRI ASOSIDA IDENTIFIKATSIYALASH ALGORITMLARI**

05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari

**texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2024

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/T4554 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.tiame.uz) va "Ziyonet" Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: **Mamatov Narzillo Solidjonovich**
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar: **Mirzayev Nomaz**
texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim

Eshmuratov Shavkat Artiqbayevich
texnika fanlari nomzodi, dotsent

Yetakchi tashkilot: **Namangan davlat universiteti**

Dissertatsiya himoyasi "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti huzuridagi DSc.03/26.05.2022.T.10.05 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil «___» _____ soat ___ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100000, Toshkent shahri, M.Ulug'bek tumani, Qori Niyoziy ko'chasi, 39-uy. Tel.: (99871) 237-19-36, faks: (99871) 237-54-79, e-mail: admin@tiame.uz).

Dissertatsiya bilan "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti huzuridagi Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (___ raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100000, Toshkent shahri, M.Ulug'bek tumani, Qori Niyoziy ko'chasi, 39-uy. Tel.: (99871) 237-19-45).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil «___» _____ kuni tarqatildi.
(2024 yil «___» _____ dagi ___ raqamli reyestr bayonnomasi.)

M.A. Ismailov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy Kengash raisi o'rinbosari,
texnika fanlari doktori, professor

D.Q. Bekmuratov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy Kengash ilmiy kotibi,
texnika fanlari falsafa doktori (PhD)

S.S. Radjabov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy Kengash qoshidagi
ilmiy seminar raisi,
texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda tasvirlarga raqamli ishlov berish, qayta ishlash va tanib olish intellektual tizimlarini ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Ushbu yo'nalishda tasvirlarga dastlabki ishlov berish, tasniflash, tahlillash va tanib olish model, usul va algoritmlarini ishlab chiqish, takomillashtirish hamda amalga oshirish dolzarb masalalardan biri bo'lib qolmoqda. Hozirgi kunda dunyoning rivojlangan mamlakatlari, jumladan, AQSh, Xitoy, Rossiya Federatsiyasi, Angliya, Germaniya, Hindiston, Fransiya kabi davlatlarda tasvirlarga raqamli ishlov berish, tasvirlarni tanib olish va sintezlash yo'nalishlarining nazariy va amaliy masalalarini yechishga katta e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda raqamli signallarga ishlov berish, tasvirlarni tanib olish usul va algoritmlarini takomillashtirish, ishlab chiqish hamda hisoblash algoritmlarini yaratishga yo'naltirilgan ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Jumladan, shaxsni yuz tasviri asosida tanib olish yo'nalishida Apple, Microsoft, Google, Sber, NEC, IBM, NtechLab, Intel, Amazon, LG, JOS, XanVan, Wisisoft va Megvii kabi yirik kompaniya va korporatsiyalar yetakchilar hisoblanadi. Ular sun'iy intellekt texnologiyalari asosida signallarga ishlov berish, tanib olish sifati va tezligini oshirishning samarali vositalarini ishlab chiqish, takomillashtirish, ayniqsa, yuzda turli to'siqlar bo'lganda shaxsni identifikatsiyalashning modellarini qurish, optimallashtirish hamda tanib olishni avtomatlashtirilgan tizimlarini yaratishga katta e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda ham mazkur yo'nalishda tasvirlarga dastlabki ishlov berish, tahlil qilish va tanib olishga mo'ljallangan dasturiy vositalarni ishlab chiqish va joriy etishga alohida e'tibor qaratilmoqda. «Raqamli O'zbekiston — 2030» strategiyasida, jumladan «robototexnika komplekslari va odamlar o'zaro ta'sirining algoritmlarini ishlab chiqish, ma'lumotlar uzatish tarmoqlari infratuzilmasini, o'rnatilgan sensorlar va sensor tarmoqlarni takomillashtirish, shuningdek, «bulutli» xizmatlarini taqdim etishning turli xil modellarini amalga oshirish uchun dasturiy ta'minot yaratish bo'yicha ilmiy ishlarni olib borish» hamda 2021-yil 17-fevraldagi PQ-4996-son «Sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to'g'risida»gi Prezident qarorining 2021-2022 yillarda sun'iy intellekt texnologiyalarini o'rganish va joriy etish bo'yicha chora-tadbirlar dasturida ustovor vazifalar belgilab berilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda jumladan, tasvirlarni sintezlash, tahlil qilish hamda yuz tasviri orqali kirish-chiqish nazorat tizimlarini yaratish axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirishning muhim masalalaridan biri hisoblanadi. Ushbu masalalarni samarali yechish tasvirlarga ishlov berish va tanib olish model, usul va algoritmlarini, biometrik belgilar asosida identifikatsiyalash va autentifikatsiyalash, obyektlarni o'ziga xos belgilar majmuasini tanlashni inobatga olgan holda rivojlantirish, shuningdek, kirish-chiqish qaydnomalarni shakllantirish, nazorat va tahlil qilishning avtomatlashtirilgan tizimlarini ishlab chiqish, joriy etish tasvirlarga ishlov berishning samarador va tanib olish sifati yuqori bo'lgan usul va algoritmlarini ishlab chiqishni talab qiladi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-son «O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi

to'g'risida», 2017-yil 29-avgustdagi PQ-3245-son «Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasidagi loyihalarni boshqarish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida», 2018-yil 19-fevraldagi PF-5349-son «Axborot texnologiyalari va kommunikatsiya sohasini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida», 2020-yil 5-oktyabrdagi PF-6079 «Raqamli O'zbekiston- 2030 strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida»gi Farmonlari, 2020-yil 28-apreldagi PQ-4699-son «Raqamli iqtisodiyot va elektron hukumatni keng joriy etish chora tadbirlari to'g'risida» Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining IV. «Axborotlashtirish va axborot kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish» ustuvor yo'nalishiga mos ravishda bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Tasvirlarga ishlov berish va tanib olishning model, usul va algoritmlarini ishlab chiqish hamda takomillashtirish masalalarini yechish, ularni amaliyotga joriy etish bo'yicha xorijiy olimlardan U.Prett, T.Xuang, R.Duda, N.Kim, B.Xorn, Y.Furman, A.Gorelik, A.Rozenfeld, T.Pavlidis, R.Gonsales, R.Vuds, V.Soyfer, Yu.Juravlev, V.Kirichuk, Yu.Yakushenkov, I.Salnikov va boshqalarning ilmiy ishlari diqqatga sazovor.

O'zbekistonda tasvirlarni tahlil qilish va qayta ishlash, tasvirlardagi obyekt belgilarini shakllantirish, informativ belgilar majmuasini shakllantirish, timsollarni tanib olish va tasniflashni nazariy asoslarini rivojlantirishga M.M.Kamilov, Sh.X.Fozilov, S.S.Sodiqov, M.M.Musaev, R.X.Xamdov, D.T.Muxamediyeva, N.S.Mamatov, N.Mirzaev, S.S.Radjabov, Sh.Ye.Tulyaganov va boshqalar o'zlarining hissalarini qo'shib kelmoqdalar.

Inson faoliyatining barcha sohalarida xavfsizlikni samarali hal etish va ta'minlash shu kunning dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi. Shuningdek, binolar, axborot va resurslar xavfsizligini ta'minlovchi kirishni boshqarish samarali tizimlariga ehtiyoj ham ortib bormoqda. Bunda biometrik texnologiyalarga asoslangan xavfsizlik tizimlari muhim ahamiyat kasb etadi. Jumladan, yuz tasvirlariga asoslangan shaxsni identifikatsiyalash va autentifikatsiyalash algoritmlari istiqbolli yechimlardan biri sifatida markaziy o'rinni egallaydi. Shaxsni yuz tasviri asosida tanib olishda kompyuterli ko'rish va sun'iy intellekt texnologiyalari yuzni nisbatan aniq va ishonchli aniqlash uchun keng imkoniyatlar yaratib bermoqda. Bunda foydalaniladigan algoritmlar real vaqt rejimida ishlashi va identifikatsiya jarayonida yuqori aniqlik va tezlikni ta'minlashi zarurdir.

Hozirgi kunda tasvirlarga dastlabki ishlov berish asosida soha ma'lumotlarini raqamlashtirish tizimlarini ishlab chiqish hamda biometrik texnologiyalar asosida shaxsni identifikatsiyalash jadal sur'atlar bilan rivojlanmoqda. Ushbu yo'nalish bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar tahlili tasvirlarni tahlil qilish asosida undagi obyektlarni ajratish va tanib olish texnologiyalari eng yaxshi, istiqbolli texnologiyalaridan biri ekanligini ko'rsatdi. Biroq, bunday texnologiya asosida shaxsni yuz tasviri asosida tanib olish avtomatlashtirilgan tizimlarini yaratishda vujudga keladigan muammolar hozirgi kungacha to'liq hal etilmagan. Bundan tashqari,

dastlabki ishlov berish asosida tasvirlarni qayta ishlash va ulardagi yuz tasvirlarini tanib olishning ixcham, ishonchli, mustaqil va yuqori tezlikni ta'minlovchi usul va algoritmlarini ishlab chiqish muammosi yetarli darajada o'rganilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim va ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.

Dissertatsiya tadqiqoti Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti va Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining BV-Atex-2018 (240+147) «Yuz tasvirlarini oqimli qayta ishlash asosida shaxsni identifikatsiya qilish algoritmlari va dasturiy ta'minotini ishlab chiqish» (2018-2020), IL-33,41-2105981 «Nutq signallarini qayta ishlash asosida shaxsni tanib olish algoritmlari va dasturiy mahsulotini yaratish» (2021-2023) mavzudagi loyihalari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi kirish-chiqish nazorat tizimlari uchun shaxsni yuz tasviri asosida identifikatsiyalash algoritmlari va dasturiy majmuasini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

yuz tasviri asosida tanib olishning zamonaviy tizimlarini tahlil qilish;

shaxs yuz tasvirlar bazalarini tadqiq qilish va shakllantirish;

tasvir sifatini baholash mezonini inobatga olgan holda tasvir kontrastini sohali oshirish algoritmini ishlab chiqish;

tasvir sifatini baholash mezon qiymatlarini inobatga olgan holda shovqin darajasini aniqlash qoidasini ishlab chiqish;

kontur ingichkalashtirish algoritmini takomillashtirish;

mavjud va taklif etilgan usul hamda algoritmlarni qiyosiy tahlil qilish nuqtai nazaridan tajribaviy tadqiqotlar o'tkazish;

mavjud va taklif etilgan algoritmlar asosida yuz tasvirlarini tanib olish dasturiy majmuasini ishlab chiqish.

Tadqiqotning obyekti sifatida shaxsni yuz tasvirlari olingan.

Tadqiqotning predmetini shaxsni yuz tasviri asosida identifikatsiyalashning model, usul, algoritmlari hamda dasturiy ta'minoti tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Ishning nazariy tadqiqotlari tizimli tahlil, imitatsion modellashtirish, ehtimollik nazariyasi, matematik statistika, diskret matematika, tasvirlarga ishlov berish, mashinali va chuqur o'qitish, tanib olish usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

tasvir sifatini baholash mezonini inobatga olgan holda tasvir kontrastini sohali oshirish algoritmi taklif etilgan;

tasvir sifatini baholash mezon qiymatlarini inobatga olgan holda shovqin darajasini aniqlash qoidasi shakllantirilgan;

kontur chiziqlari xususiyatlarini inobatga olgan holda kontur ingichkalashtirishning bidiagonal algoritmi ishlab chiqilgan;

kompaktlik gipotezasi asosida yuz tasvir informativ belgilarini shakllantirish algoritmi ishlab chiqilgan;

shaxsni yuz tasviri asosida tanib olishning neyron tarmoq modeli taklif etilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

yuz tasvirlar sifatini oshirish va tasvir konturlarini ingichkalashtirish hamda yuz tasvirida informativ belgilarni shakllantirish algoritmlari ishlab chiqilgan;

mavjud hamda ishlab chiqilgan yondashuv, usul va algoritmlarga asoslangan shaxsni yuz tasviri bo'yicha tanib olishni dasturiy majmuasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchligi algoritmlarni ishlab chiqishda shaxsni yuz tasvirlari asosida identifikatsiyalashning matematik apparatining to'g'ri qo'llanilishi hamda tajribaviy tadqiqotlarning ijobiy natijalari bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati tasvirlarga ishlov berish, tasvir sifatini oshirish va qayta ishlash nazariy asoslarini istiqbolli rivojlanishiga ishlab chiqilgan algoritmlarni hissa qo'shishi bilan izohlanadi. Tasvirlarga ishlov berish uchun taklif etilgan tasvir sifatini oshirish va kontur chiziqlarini ajratish algoritmlari hamda qoidalariga ega avtomatlashtirilgan tizimlarni ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati ishlab chiqilgan dasturiy majmua tasvirlarga raqamli ishlov berish, tasvirlarni shakllantirish, sifatini oshirish va tanib olish orqali turli avtomatlashtirilgan tizimlarini yaratishda qo'llanilishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Shaxsni yuz tasviri asosida identifikatsiyalashni mavjud va taklif etilgan yondashuv, model, usul va algoritmlari asosida yaratilgan dasturiy majmua asosida:

tasvir sifatini baholash mezonini va uni qiymatlarini inobatga olgan holda kontrastni sohali oshirish algoritmi hamda shovqin darajasini aniqlash qoidasi asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmua Qoraqalpog'iston qishloq xo'jaligi va agrotexnologiyalar institutida talabalarini identifikatsiyalash uchun joriy etilgan (Qoraqalpog'iston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi 2024 yil 24-maydagi BK-06/755 son ma'lumotnomasi). Natijada institut talabalarini fakultet binolariga kirish-chiqishini nazorat qilishga sarflanadigan vaqtini o'rtacha 10 foizga qisqartirish imkonini bergan;

kontur chiziqlari xususiyatlarini inobatga olgan holda kontur ingichkalashtirishni bidiagonal algoritmi asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmua Qoraqalpog'iston Respublikasi "Zamanago'y texnologiya ha'm kompyuter" ma'sulyati cheklangan jamiyatida xodimlarni kirish-chiqishini nazorat qilish uchun joriy etilgan (Qoraqalpog'iston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi 2024 yil 24-maydagi BK-06/755 son ma'lumotnomasi). Natijada xodimlarni binoga kirish-chiqishini nazorat qilishda 98% aniqlik bilan tanib olishga sarflanadigan vaqtini o'rtacha 10 foizga qisqartirish imkonini bergan;

kompaktlik gipotezasi asosida yuz tasvir informativ belgilarini shakllantirish algoritmi asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmua Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Nukus filialida talabalarini binoga kirish-chiqishini nazorat qilish uchun joriy etilgan (Qoraqalpog'iston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi 2024 yil 24-maydagi BK-06/755 son ma'lumotnomasi). Natijada xodimlarni binoga kirish-chiqishini nazorat qilishda 98% aniqlik bilan tanib olishga sarflanadigan vaqtini o'rtacha 12 foizga qisqartirish imkonini bergan;

shaxsni yuz tasviri asosida tanib olish uchun taklif etilgan neyron tarmoq modeli asosida ishlab chiqilgan dasturiy majmua Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universitetida talabalarni binoga kirish-chiqishini nazorat qilish uchun joriy etilgan (Qoraqalpog‘iston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi 2024 yil 24-maydagi BK-06/755 son ma’lumotnomasi). Natijada universitet talabalarini davomotlarini yuritishda yuz tasviri asosida shaxsni tanib olishdan foydalanib, 97 % aniqlik bilan identifikatsiyalash imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 6 ta xalqaro va 7 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma’ruza qilingan va muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e’lon qilinganligi. Tadqiqot mavzusi bo‘yicha jami 28 ta ilmiy ish chop etilgan bo‘lib, shulardan O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 13 ta maqola, jumladan 5 tasi xorijiy va 8 tasi respublika jurnallarida nashr qilingan hamda 2 ta EHM uchun yaratilgan dasturiy vositalarini qayd qilish guvohnomalari olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 120 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirishda dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari taraqqiyotining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan. Tadqiqotning maqsad va vazifalari belgilab olingan hamda tadqiqot obyekti va predmeti aniqlangan, olingan natijalarning ishonchiligi asoslab berilgan, ularning nazariy va amaliy ahamiyati ko‘rsatilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish holati, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Shaxsni yuz tasviri tahlili asosida tanib olish muammosining zamonaviy holati”** deb nomlangan birinchi bobi shaxsni yuz tasviri tahlili asosida tanib olish muammosining zamonaviy holatiga bag‘ishlangan bo‘lib, unda shaxsni yuz tasviri asosida tanib olishning asosiy masalalari va o‘ziga xos jihatlari bayon etilgan hamda zamonaviy tizimlari tahlil etilgan.

1.1-paragraf shaxsni yuz tasviri asosida tanib olishning asosiy masalalariga bag‘ishlangan bo‘lib, unda tanib olish bosqichlari, yuz tasviri asosida shaxsni identifikatsiyalashda qo‘llaniladigan mashinali o‘qitish va katta hajmli ma’lumotlar bazasidan tasvirlarni qidirish usullari, shuningdek, qidiruv tizimi hamda kirishni boshqarish tizimlari sxemalari keltirib o‘tilgan. Bundan tashqari, tizimlarga qo‘yiladigan talablar hamda tizimlarni baholashda foydalaniladigan xatolik mezonlari bayon etilib, hujjatlarda tasvirlarni nazorat qilish masalasi ham yoritilgan. Ushbu masalani hal etish uchun mavjud usul va algoritmlarni moslash yondashuvlari tahlil etilgan.

1.2-paragrafda shaxsni yuz tasviri asosida tanib olishning o‘ziga xos jihatlari bayon etilgan bo‘lib, unda yuz tasviriga asoslangan tizimlarning qo‘llanish sohalari, tanib olishda qo‘llanilgan mexanizmlar, tizimlarni amalga oshirish bosqichlari, model,

usul va algoritmlari batafsil bayon etilgan. Shuningdek, mazkur paragrafda yuz tasvirni tanib olishda foydalaniladigan yuz tasvirlar bazalari, tanib olish tizimlari kelajagi va masalalari to'liq o'rganilib, tasvirni tanib olishning umumiy sxemasi shakllantirilgan.

1.3-paragraf hozirgi kunda dunyoda yuz tasviri asosida tanib olishni keng tarqalgan zamonaviy tizimlari tahliliga bag'ishlangan bo'lib, unda tizimlarni shakllantirishdagi dolzarb masalalar, asosiy vazifalar, kiruvchi ma'lumotlar va ularni turlari, tanib olishda qo'llaniladigan kutubxonalar bayon etilgan. Shuningdek, mazkur paragrafda mavjud tanib olish tizimlarini yutuq va kamchiliklari hamda o'ziga xos xususiyatlari, texnik va dasturiy talablari keltirib o'tilgan.

Dissertatsiyaning **“Yuz tasviriga dastlabki ishlov berish va belgilarni shakllantirish algoritmlari”** deb nomlangan ikkinchi bobi tasvirda yuz joylashgan sohani aniqlash, tasvir sifatini oshirish, kontur ajratish, tasvirni normallashtirish va belgi shakllantirish algoritmlariga bag'ishlangan bo'lib, unda yuz tasvirlarida kontrast oshirishni yangi yondashuvi taklif etilgan. Shuningdek, tasvirlarni barcha turida uchraydigan Gauss shovqini darajasini aniqlash mexanizmi ishlab chiqilgan va yuz tasvirlaridan belgilarni shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etuvchi konturlarni ingichkalashtirishni takomillashtirilgan algoritmi taklif etilgan. Bundan tashqari, belgilarni shakllantirish usul va algoritmlari bayon etilgan.

2.1-paragrafda tanib olish tizimlari va ularni qadamlari tahlil etilib, yuz tasvirini modellashtirish usullari tavsiflangan. Shuningdek, mazkur paragrafda tasvirdagi yuz joylashgan sohani aniqlash algoritmlari keltirilgan bo'lib, ularning yutuq va kamchiliklari bayon etilgan.

2.2-paragrafda tasvir sifatini oshirish usullari tasniflanib, tasvir xususiyatlari va unga ta'sir etuvchi omillar o'rganilgan. Shuningdek, mazkur paragrafda shaxsni yuz tasviri kontrastini oshirish yondashuvi taklif etilgan bo'lib, u quyidagi qadamlarda amalga oshiriladi:

1-qadam. Tasvirni fragmentlarga ajratish amalga oshiriladi;

2-qadam. Har bir fragment uchun mos kontrast oshirish algoritmini qo'llash amalga oshiriladi;

3-qadam. Har bir fragment biron bir mezon bo'yicha baholanadi;

4-qadam. Har bir fragment uchun olingan mezon qiymatiga ko'ra optimal algoritm aniqlanadi va fragmentlarni birlashtirish orqali yagona tasvir shakllantiriladi.

Taklif etilgan yondashuvni birinchi qadami asl yuz tasvirini kichik fragmentlarga ajratishdan iborat bo'lib, bunda har bir fragmentga mos kontrastni oshirish algoritmi qo'llaniladi. Fragment o'lchami esa obyekt va uning tabiatiga ko'ra turlicha olinishi mumkin. Odatda, fragment o'lchamlari tasvir kontrastidagi farqlarni inobatga olish uchun yetarlicha kichik, biroq tahlilda statistik ahamiyatga ega bo'lishi uchun yetarlicha katta bo'lishi shart. Tadqiqot ishida kontrastni oshirish uchun gistogramma tekislash, CLAHE, chiziqli kontrastlash algoritmlaridan foydalanilgan. Kontrastni oshirish uchun olingan algoritmlarni baholash tasvir yorqinligini standart og'ishiga asoslangan RMS mezoni asosida amalga oshirilgan. Tadqiqot natijalari taklif etilgan yondashuvni mavjud algoritmlarga nisbatan samarali ekanligini ko'rsatdi.

Odatda tasvirlar halaqitsiz bo'lmaydi. Shuning uchun mazkur paragrafda tasvirga olish va tasvirni raqamlashtirish bosqichida yuzaga keluvchi xalaqitlar o'rganilib, tadqiq etilgan. Xususan, tasvirlarni deyarli barcha turlarida uchraydigan Gauss

shovqini tadqiq etilgan bo‘lib, ishda ushbu shovqin darajasini aniqlash qoidasi taklif etilgan. Taklif etilgan qoidada shovqin darajasi BRISQUE qiymatiga ko‘ra baholanadi va Gauss shovqini darajasini ko‘rsatuvchi parametr aniqlanadi. Parametr qiymatlarini aniqlash quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

Faraz qilaylik, $D - R^2$ fazodagi chegaralangan soha ($D \subset R^2$), $T_{org}(x, y)$ -toza tasvir va $T_{real}(x, y)$ - real tasvir, p -shovqin darajasini ko‘rsatuvchi parametr bo‘lsin. Bu yerda $(x, y) \in D$.

Mazkur ishda Gauss shovqini parametri sifatida “variance” o‘zgaruvchan, “mean” esa fiksirlangan deb faraz qilinadi. Ya’ni, p parametr sifatida “variance” ning o‘zgaruvchan qiymatlari olinadi ($p \in [0;0.2]$). Tasvir sifatini baholash ko‘rsatkichi sifatida insonni subyektiv bahosiga yaqin bahoni ta’minlaydigan BRISQUE mezonidan foydalanilgan va ushbu mezon qiymati Br kabi belgilangan.

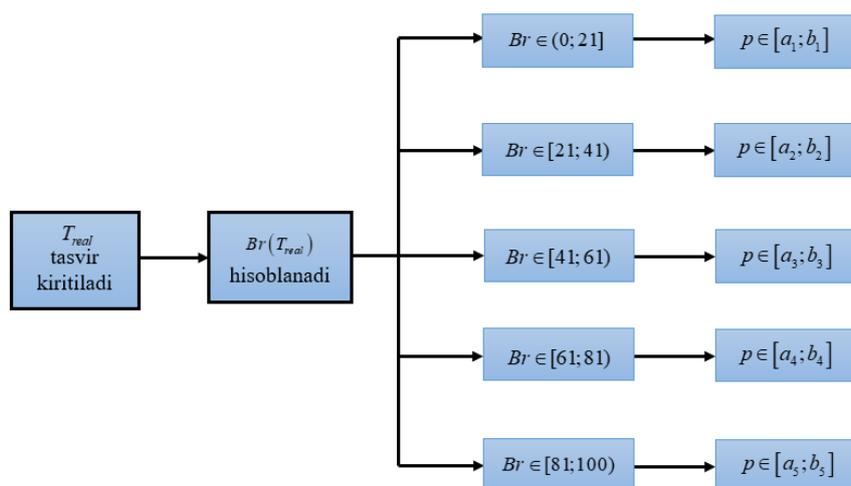
Tadqiqotlarda dastlab tajriba uchun olingan tasvirlar BRISQUE qiymatlari bo‘yicha toifalarga ajratiladi (1-jadval).

1-jadval

BRISQUE qiymati bo‘yicha tasvirlarni toifalanishi

Tasvir sifati	Oraliq
Best	(0;21)
Good	[21-41)
Medium	[41;61)
Poor	[61;81)
Bad	[81;100)

Mazkur qoidada T_{org} tasvirga turli darajadagi $p_i (i = \overline{0,0.2})$ qiymatlarida Gauss shovqinini qo‘shish orqali T_{noisy}^i shovqinli tasvirlar hosil qilinadi. Shakllantirilgan shovqinli tasvirlarning Br qiymatlaridan foydalangan holda, yangi T_{real} tasvirni Gauss shovqin parametr oralig‘ini aniqlash quyidagi sxema orqali amalga oshiriladi.



1-rasm. T_{real} tasvir Gauss shovqini parametrini aniqlash sxemasi

Tajribaviy tadqiqotlarda BRISQUE oraliqlariga mos p parametr oralig‘lari aniqlanib, o‘z-aro o‘tishning quyidagi qoidasi shakllantirilgan:

Agar $Br(T_{real}) \in (0; 21]$ bo'lsa, u holda "Best" $p \in [0; 0.0002]$

Agar $Br(T_{real}) \in (21; 41]$ bo'lsa, u holda "Good" $p \in [0.001; 0.005]$

Agar $Br(T_{real}) \in (41; 61]$ bo'lsa, u holda "Medium" $p \in [0.0006; 0.002]$

Agar $Br(T_{real}) \in (61; 81]$ bo'lsa, u holda "Poor" $p \in [0.003; 0.01]$

Agar $Br(T_{real}) \in (81; 100)$ bo'lsa, u holda "Bad" $p \in [0.05; 0.09]$.

2.3-paragraf kontur chiziqlarini ahamiyati, ingichkalashtirish masalalari va kontur chiziqlarini ingichkalashtirishning mavjud algoritmlariga bag'ishlangan bo'lib, unda tasvirlarni tahlil qilishda ingichkalashtirilgan konturlarni afzalliklari va ahamiyati yoritib berilgan. Shuningdek, mazkur paragrafda kontur chiziqlarini ingichkalashtirishning mavjud algoritmlari tahlili asosida kontur ingichkalashtirish uchun "Bidiagonal" deb nomlanuvchi yangi algoritm taklif etilgan. Umumiy holda kontur ingichkalashtirish uchun quyidagi bosqichlarni bajarilishi talab etiladi:

1-bosqich. Berilgan tasvir kontrastini oshirish amalga oshiriladi. Bunda shaxs yuz tasviri uchun ishda taklif etilgan kontrastni sohali oshirish yondashuvidan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

2-bosqich. Tasvir sifatini oshirish va konturlar uzluksizligini ta'minlash amalga oshiriladi.

3-bosqich. Tasvir konturlarini ajratish amalga oshiriladi. Bunda yuqoridagi bosqichlar asosida shakllantirilgan tasvir konturlarini ajratish uchun hozirgi kunda mashhur hisoblangan Sobel, Canny, Prewitt algoritmlaridan foydalanish tavsiya etiladi va binarizatsiyalash amalga oshiriladi.

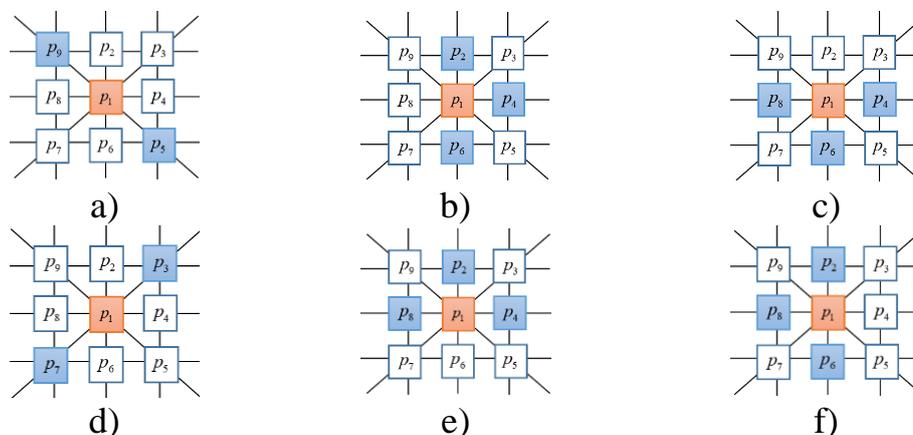
4-bosqich. Binar tasvarda hosil bo'lgan kontur chiziqlarini ingichkalashtirish amalga oshiriladi. Bunda taklif etilgan bidiagonal algoritmdan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Quyida taklif etilgan Bidiagonal algoritmining ishlash tamoyili keltirilgan.

Algoritmning 1-subiteratsiyasi quyidagicha amalga oshiriladi:

a) $2 \leq B(p_1) \leq 6$; b) $A(p_1) = 1$; c) $p_9 \vee p_5 = 0$; d) $p_2 \vee p_4 \vee p_6 = 0$; e) $p_4 \vee p_6 \vee p_8 = 0$

Algoritmning 2-subiteratsiyasi esa quyidagicha amalga oshiriladi:

a) $2 \leq B(p_1) \leq 6$; b) $A(p_1) = 1$; c) $p_3 \vee p_7 = 0$; d) $p_2 \vee p_4 \vee p_8 = 0$; e) $p_2 \vee p_6 \vee p_8 = 0$



2-rasm. Bidiagonal algoritmida tekshiriluvchi holatlar

a) $p_9 p_5$ b) $p_2 p_4 p_6$ c) $p_4 p_6 p_8$ d) $p_3 p_7$ e) $p_2 p_4 p_8$ f) $p_2 p_6 p_8$

Yuqorida keltirilib o‘tilgan kontur ingichkalashtirish algoritmlari natijalari pikselma-piksel tekshirish orqali baholangan bo‘lib, bunda konturlari ekspertlar tomonidan ajratilgan tasvir bazasidan foydalanilgan. Bundan tashqari, tajribaviy tadqiqotlarda foydalanilgan tasvirlar bazasi haqida ma’lumotlar ham keltirib o‘tilgan.

Shaxsni yuz tasviri asosida tanib olishda geometrik normallashtirish muhim ahamiyatga ega. Geometrik normallashtirishda asosiy belgilar sifatida ko‘zlarni markaziy nuqtalari olinadi.

Hozirgi kunda tasvirdagi ko‘z joylashuvini aniqlashni ko‘plab algoritmlari mavjud. Ishda samaradorligi yuqori bo‘lgan yuz tasvirini normallashtirish algoritmi bayon etilgan bo‘lib, ushbu algoritm tasvirdagi yuz sohasi aniqlangandan so‘ng qo‘llaniladi.

2.4-paragraf yuzni samarali tanib olishda qo‘llaniladigan belgilarni ajratib olish usullariga bag‘ishlangan bo‘lib, unda yuz belgilarini ajratib olishning mavjud usullari sinflari batafsil bayon etilgan.

Dissertatsiyaning **“Yuz tasviri informativ belgilar fazosini shakllantirish va tanib olish algoritmlari”** deb nomlangan uchinchi bobi yuz tasvir informativ belgilarini ajratib olish muammosi va tanib olish algoritmlariga bag‘ishlangan bo‘lib, unda informativ belgilarni ajratib olishning asosiy masalalari qarab chiqilgan. Shuningdek, mazkur bobda yuz tasvirlarini tanib olish algoritmlari va ularni tavsiflari bayon etilgan bo‘lib, unda neyron tarmoqlarga asoslangan usullarga aloxida urg‘u berilgan.

3.1-paragrafda shaxsni yuz tasviri asosida tanib olishda informativ belgilar fazosini shakllantirish masalasi yoritilib, uning matematik qo‘yilishi keltirilgan.

3.2-paragraf tasvirdagi informativ sohani lokallashtirish masalasiga bag‘ishlangan bo‘lib, unda soha lokallashtirishning model, usul va algoritmlari tadqiq etilgan. Shuningdek, mazkur paragrafda shakl faol modellari, tashqi ko‘rinish aktiv modellari kabi soha lokallashtirishning mashhur algoritmlari qadamlari keltirib o‘tilgan. Bundan tashqari, modellarni birlashtirish usuli bosqichlarida bayon etilib, belgilar fazosi o‘lchamini kamaytirishning mavjud va keng tarqalgan usullari tahlil etilgan.

3.3-paragrafi Fisher informativlik mezoni asosida informativ belgilarni shakllantirishga bag‘ishlangan bo‘lib, unda informativ belgilar fazosini shakllantirish masalasi va uning qo‘yilishi, kompaklik gipotezasi asosida informativ belgilarni aniqlash yondashuvi, Fisher mezoni va u asosida informativ belgilarni aniqlash algoritmi keltirib o‘tilgan. Taklif etilgan algoritm bo‘yicha uning 1-qadamida belgilar qism fazosini shakllantirishda N o‘lchovli $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N)$ Bul vektordan foydalaniladi. Boshlang‘ich belgilar fazosida λ vektorga nisbatan Evklid normasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\|x\|_{\lambda} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \lambda_i x_i^2}$$

X_p sinf obyektlari xarakterlovchi belgilarning o‘rta qiymati \bar{x}_p quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$\bar{x}_p = \frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^{m_p} x_{pi}, \quad p = \overline{1, r}.$$

O'rtacha qiymat asosida har bir sinfning ichki masofasi quyidagicha aniqlanadi:

$$S_p(\lambda) = \sqrt{\frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^{m_p} \|x_{pi} - \bar{x}_p\|_{\lambda}^2}.$$

bu yerda $S_p(\lambda)$ λ vektorga nisbatan X_p sinf obyektining o'rtacha kvadratik tarqoqligini tavsiflab beradi.

Sinflar orasidagi o'rtacha kvadratik tarqoqlik quyidagicha hisoblanadi:

$$R_{p,q}(\lambda) = \sum_{p,q=1}^r \|\bar{x}_p - \bar{x}_q\|_{\lambda}^2 = \|\bar{x}_p - \bar{x}_q\|_{\lambda}.$$

Bunda $R_{p,q}(\lambda)$ qiymat X_p va X_q ($p, q = \overline{1, r}; p \neq q$) sinflar juftligidagi obyektning o'rtacha kvadratik tarqoqligini tavsiflab beradi.

Yuz tasviri asosida shaxsni tanib olishda foydalaniladigan belgilar qism fazosini shakllantiruvchi mezon sifatida quyidagi funksionaldan foydalanish tavsiya etiladi:

$$I(\lambda) = \frac{\sum_{p,q=1}^r \|\bar{x}_p - \bar{x}_q\|_{\lambda}^2}{\prod_{p=1}^r S_p^2(\lambda)}. \quad (1)$$

(1) funksional Fisher tipidagi funksionalni umumlashgan ko'rinishini ifodalaydi va sinflar soni r ta bo'lgan holda qo'llaniladi.

Belgilar fazosida N o'lchovli a va $b^{(1)}, b^{(2)}, \dots, b^{(r)}$ vektorlari kiritiladi va uning komponentalari quyidagicha aniqlanadi:

$$a_j = \sum_{p,q=1}^r (\bar{x}_p^j - \bar{x}_q^j)^2; j = \overline{1, N}, b_j^{(p)} = \left[\frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^{m_p} (\bar{x}_p^j - x_{pi}^j)^2 \right]; j = \overline{1, N}, p = \overline{1, r}.$$

Olingan natijaviy vektorlarga ko'ra (1) funksionalni quyidagi ko'rinishga keltirish mumkin:

$$I(\lambda) = \frac{(a, \lambda)^r}{\prod_{j=1}^r (b^{(j)}, \lambda)} \rightarrow \max, \quad (2)$$

bu yerda $(*, *)$ – vektorlarning skalyar ko'paytmasi.

Fisher ko'rinishdagi umumiy mezon asosida ℓ informativ belgilar fazosini shakllantirishni quyidagi masalasi qaraladi:

$$I(\lambda) = \frac{(a, \lambda)^r}{\prod_{j=1}^r (b^{(j)}, \lambda)} \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$\lambda \in \Lambda^l, \lambda_i = \{0, 1\}, i = \overline{1, N}, a, b^{(j)} \in R^N, a_i \geq 0, b_i^{(j)} > 0, j = \overline{1, r}, i = \overline{1, N},$$

bu yerda $\Lambda^l - l$ o'lchovli informativ belgilar fazosi.

Dastlab λ^0 vektorni $\lambda^0 = \left(\underbrace{1, 1, \dots, 1}_{\ell \text{ ta}}, \underbrace{0, 0, \dots, 0}_{N - \ell \text{ ta}} \right)$ ko'rinishda olinadi va quyidagi

belgilashlar kiritiladi:

$$A = \sum_{i=1}^l a_i, B_j = \sum_{i=1}^l b_i^j, j = \overline{1, r}.$$

(3) masalani yechish uchun yordamchi C vektori kiritib olinadi va uning komponentalari quyidagicha hisoblanadi:

$$c_i = \frac{a_i}{A} - \sum_{j=1}^r \frac{b_i^{(j)}}{B_j}$$

$\forall \mu \in \Lambda^\ell$ va λ^0 vektor asosida shakllantirilgan C vektorlar berilgan bo'lsin.

Tanlangan λ vektor (3) masalaning optimal yechimi bo'lishi uchun $(C, \mu) > 0$ shartni qanoatlantiruvchi μ vektorning mavjud bo'lmisligi zarur va yetarli. μ vektor quyidagicha shakllantiriladi:

Agar C vektorni komponentlarini kamayish tartibida tartiblab, uning eng katta komponentiga mos keluvchi nomeri - j_1 , ikkinchisi esa - j_2 , va hokazo bo'lsin, ya'ni

$$c_{j_1} \geq c_{j_2} \geq c_{j_3} \geq \dots \geq c_{j_N}, \quad (4)$$

u holda μ vektor komponentalari quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu_{j_1} = 1, \mu_{j_2} = 1, \dots, \mu_{j_\ell} = 1, \mu_{j_{\ell+1}} = 0, \mu_{j_{\ell+2}} = 0, \dots, \mu_{j_N} = 0. \quad (5)$$

Bunda C vektorni dastlabki ℓ ta maksimal qiymatiga mos keluvchi μ vektorning komponentalari 1 ga qolganlari esa 0 ga teng, ya'ni μ vektor ham ℓ -informativ vektor bo'lib, $(C, \mu) = \max \{(C, \eta) \mid \eta \in \Lambda^\ell\}$ bo'ladi.

Birinchi qadamda λ^0 vektor tanlanadi va navbatdagi har bir qadamda yangi λ vektor o'zidan oldingi vektor asosida shakllantirilgan μ vektor qiymatini o'zlashtirish orqali shakllantiriladi, ya'ni, $\lambda = \mu$. μ vektorni shakllantirish jarayoni $I(\lambda) = I(\mu)$ tenglik bajarilmaguncha davom ettiriladi.

Taklif etilgan usul algoritmi quyidagi qadamlardan tashkil topgan:

1-qadam. $\lambda = \left\{ \underbrace{1, 1, \dots, 1}_\ell, 0, 0, \dots, 0 \right\}$ deb olinadi.

2-qadam. A va B_j lar hisoblanadi, ya'ni $A = (a, \lambda), B_j = (b^{(j)}, \lambda)$.

3-qadam. C vektor komponentalari aniqlanadi: $c_i = \frac{a_i}{A} - \sum_{j=1}^r \frac{b_i^{(j)}}{B_j}$.

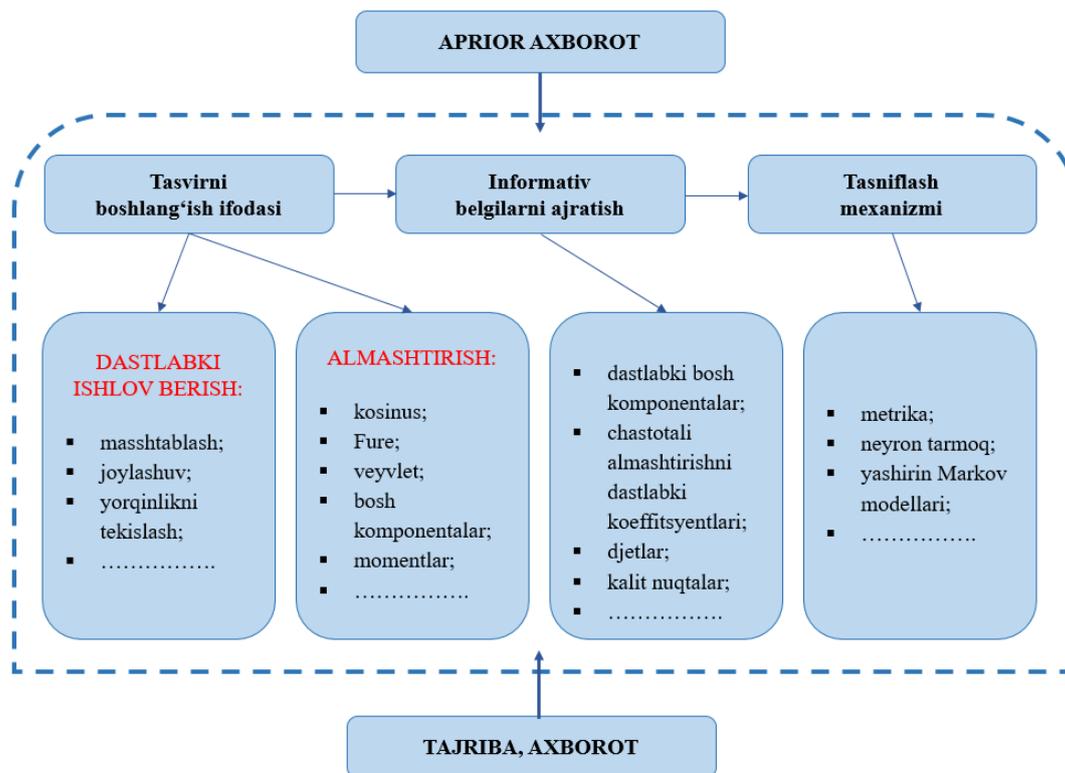
4-qadam. (4) va (5)larga asoslanib μ vektorni shakllantirish protsedurasi bajarilib μ vektor aniqlanadi.

5-qadam. C va μ vektorlarning skalyar ko'paytmasi hisoblanadi. Agar $(C, \mu) > 0$ bo'lsa, u holda $\lambda = \mu$ deb olinadi va 2 qadamga o'tiladi, aks holda λ optimal yechim va jarayon to'xtatiladi.

3.4-paragraf shaxsni yuz tasviri tahlili asosida tanib olish usul va algoritmlariga bag'ishlangan bo'lib, unda tanib olish usullarini algoritmik xususiyatlari bo'yicha tasniflanish va tasvirlarni taqqoslash usullari bo'yicha ma'lumotlar, shuningdek, ularni tasniflash sxemasi keltirilgan. Shuningdek, mazkur paragrafda tasvirning to'liq bo'lmagan ma'lumotlari asosida tanib olish usullari batafsil tahlil qilingan.

Yuzni tanib olish shaxsni tanib olish maqsadida tasvir yoki videoda inson yuzini

avtomatik lokalizatsiyalash bo‘lib, unga asoslangan tizimlarga qiziqish yuqori hisoblanadi. Bunda tasvir dastlab boshlang‘ich ko‘rinishga keltiriladi, buning uchun tasvirga dastlabki ishlov berish, qayta ishlash, almashtirishlar kabilar amalga oshiriladi. Har qanday tasvirni tanib olish quyidagi tuzilmada keltirilgan bosqichlarda amalga oshirilishi mumkin.



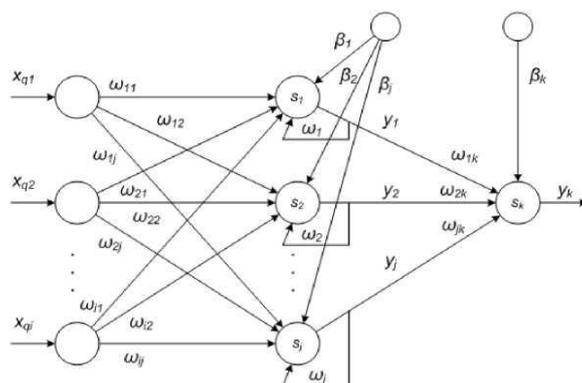
3-rasm. Tasvirlarni tanib olish usuli tuzilmasi

Ishda yuz tasvirini tanib olishda qo‘llaniladigan usul va algoritmlar tahlil etilib, batafsil ma‘lumotlar keltirilgan. Neyron tarmoqlar mavjud usullarga nisbatan kuchli umumiyashtirish xususiyatiga ega bo‘lganligi uchun ishda ular haqida batafsil ma‘lumotlar keltirilgan.

Fisher mezonini asosida ajratib olingan informativ belgilarni tarmoq ichida ajratilishi to‘g‘ridan-to‘g‘ri kiruvchi ma‘lumot, ya‘ni tanib olishda neyron tarmoq uchun yuz tasviri kiruvchi ma‘lumot sifatida olinishi mumkin.

Yuz tasviri qayta ishlangandan so‘ng uning segmentlari massivi olinadi. Bunda har bir segmentga yuz qismlarini tavsiflovchi sonlar ketma-ketligi mos keladi. Yuz tasviriga mos neyron tarmoq chiqishlarini hisoblash barcha olingan ketma-ketliklarda ifodalanadi. Bunda jadval satri har bir qism orqali hosil qilingan ketma-ketlik hadlaridan iboratdir.

Hosil bo‘lgan i – ketma-ketliklikni hadlari soni, N – ketma-ketliklar sonini ifodalaydi. Bunda kiruvchi va chiquvchi neyronlar soni no‘malum bo‘lib, har bir kiruvchi neyronlar bitta ketma-ketlikga mos keladi. Chiquvchi qatlamda esa yagona neyron bo‘lib, undagi chiqish yuz tasvirini tanib olishni talab qilingan qiymatiga mos keladi.



4-rasm. Yagona qayta aloqaga ega bo'lgan neyron tarmoq tuzilmasi

Yuqoridagi rasmda keltirilgan x_{qi} - q -ketma-ketlikni i - chiqish qiymati, y_j - j - neyron chiqish qiymati; w_{ij} - i -neyron va j - neyron bog'lanish vazni, w_j — j - neyron teskari aloqasi vazn koeffitsienti, b_j - j - neyron siljishi.

Taklif etilgan neyron tarmoq modelida chiqish qiymatini hisoblash quyidagi qadamlarda amalga oshiriladi:

1-qadam. Yashirin qatlamning barcha neyronlari kontekstlarini o'rnatish.

2-qadam: Neyron tarmoq kirishiga birinchi ketma-ketlikni uzatish orqali unga mos yashirin qatlam chiqish qiymatlarini hisoblash:

$$y_i = f \left(\sum_{i=1}^I \omega_{ij} x_{1i} + \beta_j + \omega_j x_j \right).$$

bu yerda $f(x)$ – noxiziqli faollashtirish funksiyasi bo'lib uni quyidagi ko'rinishda ifodalash mumkin:

$$y_j = \frac{1}{1 + e^{-\alpha s_j}}$$

3-qadam: Agar joriy ketma-ketlik oxirigisi bo'lmasa, u holda 5 – qadamga, aks holda 4-qadamga o'tish.

4-qadam: Yashirin qatlam neyronlari chiqishiga kontekstlarni yozish, $x_j = y_j$. Navbatdagi ketma-ketlik uchun 2-qadamga o'tish.

5-qadam: Chiquvchi qatlam neyron chiqishini hisoblash:

$$y_k = f \left(\sum_{j=1}^J \omega_{jk} y_j + \beta_k \right),$$

Neyron tarmoqni o'qitish o'quv tanlanma namunalarini ketma-ket uzatish orqali amalga oshirilgan va unda quyidagi xatolik funksiyasidan foydalanilgan:

$$E = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (y_{ki} - d_i)^2,$$

bu yerda N – o'quv tanlanmalar soni;

Nazorat tanlamadagi har bir so'z uchun haqiqiy chiqish qiymati yaratilgan barcha neyron tarmoqlar orqali aniqlangan. Eng yuqori chiqish qiymatiga ega bo'lgan tarmoq olingan raqamni tanib olishda qo'llaniladi va uning natijasi hisoblanadi.

Chuqur neyron tarmoqni o'qitish orqali shaxsni yuz tasviri asosida identifikatsiyalash modelini yaratish. O'qitish jarayonini nazorat qilish va ortiqcha ko'p o'qitishni oldini olish uchun o'qitish to'plamining 5% validasiya to'plami sifatida olindi.

Tajribalar uchun ikki turdagi, ya'ni 68 ta maxsus nuqtadan iborat bo'lgan belgilar va Fisher mezonida tanlab olingan 42 ta belgilar to'plamidan foydalanilgan.

Chuqur neyron tarmoqni o'qitish uchun aralash yuz tasvirlar bazasidan foydalanilgan. Bunda chuqur neyron tarmoqni o'qitishda taklif etilgan algoritmi va chuqur neyron tarmoq modelidan foydalanganda 95,78% aniqlik va 0,292 xatolik, 68 ta belgi va chuqur neyron tarmoq modelidan foydalanganda 93,95% aniqlik va 0,321 xatolik bilan eng yaxshi natijaga erishildi. Ushbu tajriba tadqiqotlar natijasida, chuqur neyron tarmoq asosida shaxsni yuz tasviri asosida identifikatsiyalash masalasi uchun belgilar to'plamini shakllantirishda Fisher mezoniga asoslangan algoritmi maqbul ekanligi aniqlandi. Eng yaxshi natijaga erishish orqali yaratilgan modeldan keyingi bosqichda chuqur neyron tarmoq asosida shaxsni yuz tasviri asosida identifikatsiyalash tizimiga qo'llash tavsiya etiladi.

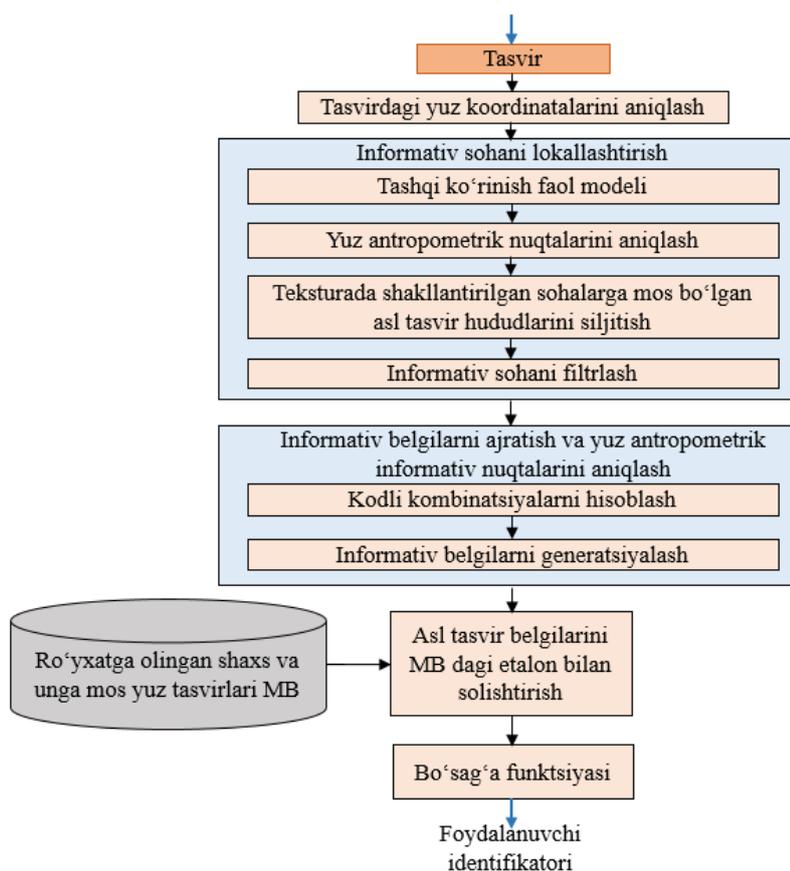
Dissertatsiyaning **“Shaxsni yuz tasviri asosida tanib olish dasturiy majmuasi va uni amaliyotda qo'llanilishi”** deb nomlangan to'rtinchi bobi mavjud hamda taklif etilgan usul va algoritmlar asosida kirish-chiqish nazorat tizimlari uchun shaxsni yuz tasviri bo'yicha tanib olish dasturiy majmuasini yaratishga bag'ishlangan bo'lib, unda yuz tasvirlari uchun qo'yiladigan talablar, tajribaviy tadqiqotlarda foydalanilgan yuz tasvirlari bazasi, dasturiy majmua tuzilmasi va uning funksional qismlari bayon etilgan. Shuningdek, mazkur bobda ikki turdagi dasturiy majmua haqida ma'lumotlar keltirilgan. Bundan tashqari, sinovlarni texnik amalga oshirish orqali tajribaviy tadqiqotlar o'tkazilgan.

4.1-paragrafda yuz tasviri asosida shaxsni tanib olishga salbiy ta'sir qiluvchi omillar bayon etilib, tanib olish masalasi uchun ayrim asosiy talablar keltirilgan. Xususan, tasvir va yuz o'lchami, rakurs, yorqinlik darajasi va yuz emotsional holatlari kabilarni tanib olish aniqligiga kuchli ta'sir etishi keltirib o'tilgan. Shuningdek, mazkur paragrafda ikki keng tarqalgan ORL va FERET yuz tasvirlari bazasi haqida ma'lumotlar keltirilib, namunalarni shakllantirish va o'quv hamda sinov to'plamlarini yaratish amalga oshirilgan.

4.2-paragrafda mazkur dissertatsiya doirasida yaratilgan dasturiy majmua platformasi, ishlash muhiti, dasturlash tili va tasvirlar bilan ishlash uchun kengaytmalar bayon etilgan. Shuningdek, tizimni klient-server texnologiyasi asosida ishlab chiqish uchun uning umumiy tuzilmasi keltirilgan.

4.3-paragrafda tizim asosini tashkil etuvchi dasturiy majmualar haqida ma'lumotlar keltirilgan bo'lib, unda dasturiy majmualar maqsadi, asosiy modullari tasnifi, tizim administrator vazifalari, interfeysi, bosh menyu va uskunalar paneli bayon etilgan. Shuningdek, tizim pretsedentlar diagrammasi keltirilib, uning talablari shakllantirilgan. Bundan tashqari, ma'lumotlarni saqlash hamda tizimni sozlash bo'yicha ma'lumotlar keltirilib, boshlang'ich sinovlar natijalari yoritib berilgan.

4.4-paragraf sinovlarni texnik amalga oshirish, tanib olish texnologiyasi va tajribaviy tadqiqotlarga bag'ishlangan bo'lib, unda algoritmlarni turli sharoitlarda sinovdan o'tkazish amalga oshirilib, tadqiqot davomida olingan natijalar keltirilgan. Shuningdek, mazkur paragrafda dasturiy majmualarga kiruvchi asosiy modullar sinovdan o'tkazilgan va ularni natijalari keltirilgan. Quyidagi rasmda yuzni tanib olish texnologiyasining umumiy tuzilmasi keltirilgan bo'lib, asosiy modullar va ularni bajarilish ketma-ketligi ko'rsatib o'tilgan.



5-rasm. Yuzni tanib olish texnologiyasi

Har bir bosqich unumdorligi va to'g'ri tanib olishni samarali baholash mavjud va shakllantirilgan yuz tasvirlar bazasida sinovdan o'tkazilib, tizim aniqligi baholangan. Yuzni identifikatsiyalash bo'yicha tajriba HongIk bazasida amalga oshirilgan bo'lib, unda 250 ta shaxsni 10 tadan yuz tasviri mavjud. Ushbu ma'lumotlar bazasi timsollarni normallashtirish sifatiga to'liq javob beradi, ya'ni unda yuzlar ajratilgan, o'lchamlar kelishilgan va yorug'lik normallashtirilgan. Ishlab chiqilgan tizimni asosiy kamchiligi ishlov berish tezligi hisoblanadi. Tajribalar asosida tahlil qilish uchun oynani optimal o'lchami tanlab olingan va 32x32 oyna o'lchami optimal ekanligi aniqlangan. Shuningdek, ishda ishlab chiqilgan tizimni mavjud tizimlar bilan solishtirma tahlili amalga oshirilgan bo'lib, unda ishlab chiqilgan tizimni ayrim mavjud tizimlardan aniqlik bo'yicha ustunligi, ayrimlardan esa ustun emasligi keltirib o'tilgan. Biroq, vaqt bo'yicha mavjud tizimlardan ustun hisoblanadi. Shuningdek, real vaqt rejimida kuchsiz kompyuterlarda algoritmi tezligi yanada pastroq natijani ko'rsatadi. Chunki, qo'yilgan masalani o'ziga xosligi kamera oldida foydalanuvchi yuzini mavjudligini uzluksiz nazorat qilishdir. Mazkur kamchiliklarga qaramay, ishlab chiqilgan dasturiy majmualar o'z maqsadi yo'lida foydalanish uchun yaroqli hisoblanadi. Olingan natijalarga asoslanib, o'rqli neyron tarmoqlari o'xshash sharoitlarda statistik yondashuv yoki tanlanma qidirish bilan taqqoslaganda yuz tasviri bo'yicha tanib olish vazifasini yaxshiroq bajaradi degan xulosaga kelish mumkin.

Dissertatsiyaga ilovalarda tadqiqot davomida olingan natijalar va ularning amaliyotda qo'llanganligi to'g'risidagi hujjatlar hamda O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk Agentligi tomonidan berilgan dasturlarni rasmiy ro'yxatga olinganligi to'g'risidagi guvohnomalarning nusxalari keltirilgan.

XULOSA

“Kirish-chiqish nazorat tizimlari uchun shaxsni yuz tasviri asosida identifikatsiyalash algoritmlari” mavzusida olib borilgan dissertatsiya tadqiqotining asosiy natijalari quyidagilardan iborat:

1. Shaxsni yuz tasviri asosida tanib olishning asosiy masalalari va o‘ziga xos jihatlari o‘rganildi hamda zamonaviy tizimlari tahlil qilindi. Tahlil natijasida tanib olish tizimlarini ishlab chiqishda yuzaga kelgan muammolar aniqlandi. Bu shaxsni yuz tasvirini tanib olishni ishonchli va samarali tizimini ishlab chiqish imkonini beradi.

2. Yuz tasvirlariga dastlabki ishlov berish va belgilarni shakllantirish algoritmlari tadqiq qilindi hamda ularning yutuq va kamchiliklari aniqlandi. Bu dastlabki ishlov berishning yanada samarador va tezkor algoritmini ishlab chiqish imkonini beradi.

3. Tasvir kontrastini oshirishning sohali yondashuvi taklif etildi. Bu tasvir kontrastini butun tasvir bo‘yicha bir xil darajaga keltirish imkonini beradi.

4. Tasvirlarda uchraydigan Gauss shovqini mukammal o‘rganilib, uni darajasini aniqlash qoidasi taklif etildi. Bu tasvardagi Gauss shovqinini samarali bartaraf etish imkonini beradi.

5. Kontur ingichkalashtirishning bidiagonal algoritmi taklif etildi. Bu kontur chiziqlaridagi xalaqitlarni yo‘qotish orqali bir piksel qalinlikga ega bo‘lgan kontur chiziqlarini shakllantirish imkonini beradi.

6. Tasvirlardagi obyektlarni xarakterlovchi belgilarni shakllantirish algoritmlari tadqiq etildi va ulardan samaralisi ajratib olindi. Tanlab olingan belgi shakllantirish algoritmi natijasi asosida informativ belgilar to‘plamini qurish algoritmi ishlab chiqildi. Bu yuz tasvirini xarakterlovchi muhim belgilarni ajratish orqali belgilar fazosini qisqartirish imkonini beradi.

7. Shaxsni yuz tasviri asosida identifikatsiyalashning chuqur neyron tarmoq modeli taklif etildi. Bu real vaqt rejimida shaxs yuz tasvirini ajratish hamda samarali identifikatsiyalash imkonini beradi.

8. Mavjud va taklif etilgan algoritmlarni yagona interfeysga birlashtiruvchi shaxsni yuz tasviri asosida identifikatsiyalash dasturiy majmuasi ishlab chiqildi. Bu kirish-chiqishni nazorat qilish va shaxsni tanib olish bilan bog‘liq bir qator amaliy masalalarni yechish imkonini beradi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/26.05.2022.Т.10.05 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ «ТАШКЕНТСКИЙ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И МЕХАНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»**

ЕРЕЖЕПОВ КЕУЛИМЖАЙ КАЙМАТДИНОВИЧ

**АЛГОРИТМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ
ЛИЦА ДЛЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА**

05.01.03 – Теоретические основы информатики

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Тошкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инновации Республики Узбекистан за номером B2024.2.PhD/T4554.

Диссертация выполнена в Национальном исследовательском университете «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства».

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.tiame.uz) и в Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель: **Маматов Нарзилло Солиджонович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Мирзаев Номаз**
доктор технических наук, старший научный сотрудник

Ешмуратов Шавкат Артикбаевич
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **Наманганский государственный университет**

Защита диссертации состоится «_____» _____ 2024 года в _____ часов на заседании Научного совета DSc.03/26.05.2022.T.10.05 при Национальном исследовательском университете «Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кари Ниязи, 39. Тел: (99871) 237-19-36; факс: (99871) 237-54-79; e-mail: admin@tiame.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре при Национальном исследовательском университете «Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» (зарегистрировано № _____). (Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кари Ниязи, 39. Тел.: (99871) 237-19-45).

Автореферат диссертации разослан «_____» _____ 2024 года.

(реестр протокола рассылки № _____ от «_____» _____ 2024 года)

М.А. Исмаилов
Заместитель председателя Научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

Д.К. Бекмуратов
Ученый секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней,
доктор философии по
техническим наукам (PhD)

С.С. Раджабов
Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению учёных степеней,
д.т.н., старший научный сотрудник

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В мире особое внимание уделяется развитию интеллектуальных систем цифровой обработки, анализа и распознавания изображений. В этом направлении одним из актуальных вопросов остается разработка, усовершенствование и внедрение моделей, методов и алгоритмов предварительной обработки, классификации, анализа и распознавания изображений. В настоящее время в развитых странах мира, в том числе в США, Китае, Российской Федерации, Англии, Германии, Индии, Франции и других странах, большое внимание уделяется решению теоретических и практических задач цифровой обработки изображений, распознавания и синтеза изображений.

В мире проводятся научные исследования, направленные на усовершенствование, разработку методов и алгоритмов, а также создание вычислительных алгоритмов цифровой обработки и распознавания изображений. В частности, лидерами в области распознавания лиц являются такие крупные компании и корпорации, как Apple, Microsoft, Google, Сбер, NEC, IBM, NtechLab, Intel, Amazon, LG, JOS, XanVan, Wisisoft и Megvii. Большое внимание они уделяют разработке и совершенствованию эффективных средств обработки сигналов, повышению качества и скорости распознавания на основе технологий искусственного интеллекта, особенно построению и оптимизации моделей идентификации человека по изображению лица при наличии различных помех, созданию автоматизированных систем распознавания.

В республике также уделяется особое внимание разработке и внедрению программных средств предварительной обработки, анализа и распознавания изображений. В стратегию «Цифровой Узбекистан – 2030» включены «развитие робототехнических комплексов и алгоритмов взаимодействия человека, совершенствование инфраструктуры сетей передачи данных, установка датчиков и сенсорных сетей, а также предоставление «облачных» сервисов проведения научных работ создания программного обеспечения для реализации различных моделей» и определены приоритетные задачи по исследованию и внедрению технологий искусственного интеллекта в 2021-2022 годах в программе мероприятий Указа Президента №УП-4996 от 17 февраля 2021 года «О мерах по созданию условий для быстрого внедрения технологий искусственного интеллекта». При реализации таких задач, как синтез и анализ изображений, а также создание систем контроля доступа по изображению лица является одним из важных задач развития информационно-коммуникационных технологий. Эффективным решением этих задач является усовершенствование моделей, методов и алгоритмов обработки и распознавания изображений, идентификации и аутентификации на основе биометрических признаков с учетом выбора набора уникальных признаков объектов, а также разработка и внедрение автоматизированных систем формирования записей контроля доступа, контроля и анализа требует разработки эффективных методов и алгоритмов обработки изображений с высоким качеством распознавания.

Настоящее диссертационное исследование в определенной степени служит

для выполнения задач, предусмотренных указами Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-3245 от 29 августа 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно-коммуникационных технологий», №УП-6079 от 5 октября 2020 года «Об утверждении стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации», постановлениями Президента №ПП-5349 от 19 февраля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций», №ПП-4699 от 28 апреля 2020 года «О мерах по широкому внедрению цифровой экономики и электронного правительства», а также другими нормативно-правовыми актами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследований приоритетам развития науки и техники республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий IV. “Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий”.

Степень изученности проблемы. Заслуживают внимания научные работы зарубежных учёных U.Prett, T.Xuang, R.Duda, N.Kim, B.Xorn, Y.Furman, A.Gorelik, A.Rozenfeld, T.Pavlidis, R.Gonsales, R.Vuds, V.Soyfer, Ю.Журавлева, V.Kirichuk, Ю.Якушенкова, И.Сальникова и других по разработке и совершенствованию моделей, методов и алгоритмов обработки и распознавания изображений, их внедрению на практике.

В нашей республике в развитие теоретических основ анализа и обработки изображений, а также классификации объектов большой вклад внесли М.М.Камилов, Ш.Х.Фазилов, С.С.Содилов, М.М.Мусаев, Р.Х.Хамдамов, Д.Т.Мухамедиева, Н.С.Маматов, Н.Мирзаев, С.С.Раджабов и другие.

Эффективное обеспечение безопасности во всех сферах человеческой деятельности является одной из актуальных проблем современности. Также растет потребность в эффективных системах контроля доступа, обеспечивающих безопасность зданий, информации и ресурсов. Важную роль в этом играют системы безопасности, основанные биометрических технологиях. В частности, центральное место как одно из перспективных решений занимают алгоритмы идентификации и аутентификации личности на основе изображений лиц. Технологии компьютерного зрения и искусственного интеллекта в распознавании личности по изображению лица создают широкий спектр возможностей для относительно точного и надежного распознавания лиц. Необходимо, чтобы алгоритмы, используемые в этом процессе, работали в режиме реального времени и обеспечивали высокую точность и скорость идентификации.

В настоящее время быстрыми темпами развиваются системы оцифровки данных предметных областей на основе предварительной обработки изображений и идентификации личности с использованием биометрических технологий. Анализ исследований, проведенных в этом направлении, показал, что технология выделения и распознавания объектов на изображении на основе его анализа является одной из лучших и перспективных технологий. Однако

проблемы, возникающие при создании автоматизированных систем распознавания лиц на основе такой технологии, до сих пор полностью не решены. Кроме того, недостаточно изучена проблема разработки надежных и быстродействующих методов и алгоритмов анализа изображений, основанных на предварительной обработке и распознавании лиц.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов плана научно-исследовательских работ Научно-исследовательского института развития цифровых технологий и искусственного интеллекта и Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий по теме: №БВ-Атех-2018(240+147) «Разработка алгоритмов и программного обеспечения идентификации личности на основе потоковой обработки изображений лиц» (2018-2020), а также по теме П-33,41-2105981 «Создание алгоритмов и программных продуктов распознавания личности на основе обработки речевых сигналов» (2021-2023).

Целью исследования является разработка алгоритмов и программного комплекса идентификации личности по изображению лица для систем контроля доступа.

Задачи исследования:

- анализ современных систем распознавания по изображениям лиц;
- исследование и формирование баз изображений лиц человека;
- разработка алгоритма повышения контрастности изображения с учетом критериев оценки качества изображения;
- разработка правила определения уровня шума с учетом значений критериев оценки качества изображения;
- усовершенствование алгоритма утончения контуров;
- проведение экспериментальных исследований с точки зрения сравнительного анализа существующих и предлагаемых методов и алгоритмов;
- разработка программного обеспечения для распознавания изображений лиц на основе существующих и предлагаемых алгоритмов.

Объектом исследования являются цифровые изображения лиц человека.

Предмет исследования составляют модели, методы и алгоритмы, а также программное обеспечение идентификации личности по изображению лица.

Методы исследования. Теоретические исследования в работе базировались на методах системного анализа, имитационного моделирования, теории вероятностей, математической статистики, дискретной математики, обработки изображений, машинного и глубокого обучения, распознавания образов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- предложен алгоритм повышения контрастности изображения с учетом критерия оценки качества изображения;
- сформировано правило определения уровня шума с учетом значений критериев оценки качества изображения;
- разработан бидиагональный алгоритм утончения контуров с учетом

особенностей линий контуров;

разработан алгоритм формирования информативных признаков изображения лица на основе гипотезы компактности;

предложена нейросетевая модель распознавания лиц.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны алгоритмы повышения качества изображения лица и утончения контурных линий на изображении, а также формирования информативных признаков изображения лица;

разработан программный комплекс распознавания лиц на основе существующих и разработанных подходов, методов и алгоритмов.

Достоверность результатов исследования обосновывается корректным использованием математического аппарата теории распознавания образов, цифровой обработки изображений, а также положительными результатами экспериментальных исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что разработанные алгоритмы способствуют дальнейшему развитию теоретических основ обработки изображений, повышению качества и обработки изображений. Он служит для разработки автоматизированных систем с алгоритмами и правилами обработки изображений, предлагаемыми для улучшения качества изображения и выделения контурных линий.

Практическая значимость результатов исследования объясняется использованием разработанного программного комплекса при создании различных автоматизированных систем цифровой обработки изображений, формирования изображений, повышения качества и распознавания.

Внедрение результатов исследований. На базе программного комплекса, созданного на основе существующих и предлагаемых подходов, моделей, методов и алгоритмов идентификации личности по изображению лица:

программный комплекс, разработанный на основе критерия оценки качества изображения и его значений, алгоритма увеличения контрастной области и правила определения уровня шума, внедрен в практическую деятельность Института сельского хозяйства и агротехнологий Каракалпакстана для идентификации студентов (справка Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Каракалпакстан №ВК-06/755 от 24 мая 2024 г.). В результате удалось сократить время, затрачиваемое на контроль доступа студентов в здания института, в среднем на 10%;

программный комплекс, разработанный на основе бидиагонального алгоритма утончения контуров с учетом особенностей линий контуров внедрен в практическую деятельность ООО «Zamanago'yu texnologiya ha'm kompyuter» Республики Каракалпакстана для контроля доступа сотрудников (справка Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Каракалпакстан №ВК-06/755 от 24 мая 2024 г.). В результате удалось сократить время, затрачиваемое на идентификацию сотрудников с точностью 98% при контроле доступа в здании, в среднем на 10%;

программный комплекс, разработанный на основе алгоритма формирования

информативных признаков изображения лица на основе гипотезы компактности, внедрен в практическую деятельность Нукусского филиала Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезмий для контроля доступа студентов в здание (справка Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Каракалпакстан №ВК-06/755 от 24 мая 2024 г.). В результате удалось сократить время, затрачиваемое на идентификацию студентов с точностью 98% при контроле доступа в здании, в среднем на 12%;

программный комплекс, разработанный на основе предложенной нейросетевой модели распознавания человека по изображению лица, внедрен для контроля доступа студентов в здание Каракалпакского государственного университета имени Бердака (справка Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Каракалпакстан №ВК-06/755 от 24 мая 2024 г.). В результате удалось идентифицировать студентов с точностью 97%, используя распознавание лиц, для определения посещаемости.

Апробация результатов исследования. Теоретические и практические результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на 6 международных и 7 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 28 научных работ, в том числе 13 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, из них 8 в республиканских и 5 в зарубежных журналах, получены 2 свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, определены цель и задачи, объект и предмет исследования, приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна, практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрывается теоретическая и практическая значимость результатов исследования, приведены сведения о внедрении результатов исследования, об опубликованности результатов и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние проблемы распознавания личности на основе анализа изображений лица**» проведен анализ современного состояния проблемы распознавания человека по изображению лица, приведены основные задачи и особенности распознавания личности по изображению лица и проанализированы современные системы.

Параграф 1.1 посвящен основным задачам распознавания лиц, включая этапы распознавания, машинное обучение, используемое при распознавании

лиц, и методы поиска изображений в большой базе данных, а также приведены описание поисковой системы и схемы систем контроля доступа. Кроме того, приведены требования к системам и критерии погрешности, используемые при оценке этих систем, а также описана задача управления изображением в документах. Для решения этой задачи анализируются существующие методы и подходы адаптации алгоритмов.

В параграфе 1.2 описаны особенности распознавания личности на основе изображений лиц, подробно описаны области применения систем на основе изображений лиц, механизмы, используемые при распознавании, этапы реализации системы, модели, методы и алгоритмы. Также в этом параграфе рассмотрены базы данных изображений лиц, используемые при распознавании человека, проблемы систем распознавания, а также приведена общая схема распознавания изображений.

Параграф 1.3 посвящен анализу широко используемых в мире современных систем распознавания по изображениям лиц, приведены проблемы разработки таких систем, входные данные в эти системы и их типы, а также библиотеки, используемые при распознавании. Также в этом параграфе приведены достоинства и недостатки существующих систем распознавания, а также их специфические характеристики, технические и программные требования.

Вторая глава диссертации **«Алгоритмы предварительной обработки и выделения признаков изображения лица»** посвящена алгоритмам определения области расположения лица на изображении, повышению качества изображения, выделению контуров, нормализации изображения и алгоритмам формирования признакового пространства, предлагается новый подход к увеличению контрастности изображений лиц. Также разработан механизм определения уровня гауссовского шума, встречающегося во всех типах изображений, и предложен улучшенный алгоритм утончения контуров, что важно при формировании признаков изображений лиц. Кроме того, описаны методы и алгоритмы формирования признаков.

В параграфе 2.1 анализируются системы распознавания и их этапы, а также описываются методы моделирования изображений лица. Также в этом параграфе представлены алгоритмы определения области расположения лица на изображении, описаны их достоинства и недостатки.

В параграфе 2.2 классифицированы методы улучшения качества изображения, изучены характеристики изображения и факторы, влияющие на него. Также в этом параграфе предлагается подход к повышению контрастности изображения лица человека, который осуществляется на основе следующих шагов.

Шаг 1. Осуществляется разделение изображения на фрагменты.

Шаг 2. Для каждого фрагмента применяется подходящий алгоритм повышения контрастности.

Шаг 3. Качество каждого фрагмента оценивается по некоторым критериям.

Шаг 4. По значению критерия, полученному для каждого фрагмента, определяется оптимальный алгоритм и формируется единое изображение путем объединения фрагментов.

Первым шагом предлагаемого подхода является разделение исходного изображения лица на небольшие фрагменты, в которых к каждому фрагменту применяется подходящий алгоритм повышения контрастности. Размер фрагмента можно различный в зависимости от объекта и его природы. Обычно размеры фрагментов должны быть достаточно малы, чтобы учитывать различия в контрастности изображения, но достаточно велики, чтобы быть статистически значимыми при анализе. В данной работе для повышения контрастности использовались алгоритмы сглаживания гистограмм, CLAHE, линейного контрастирования. Алгоритмы повышения контрастности оценивались по критерию RMS, основанному на стандартном отклонении яркости изображения. Результаты исследования показали, что предложенный подход эффективен по сравнению с существующими алгоритмами.

Обычно изображения имеют помехи, поэтому в данном параграфе изучаются и исследуются помехи, возникающие на этапе захвата и оцифровки изображения. В частности, был изучен гауссовский шум, который встречается практически во всех типах изображений, и предложено правило определения уровня этого шума. В предложенном правиле уровень шума оценивается по значению BRISQUE и определяется параметр, указывающий уровень гауссовского шума. Определение значений параметров осуществляется следующим образом.

Допустим, D – ограниченная область в пространстве R^2 ($D \subset R^2$), $T_{org}(x, y)$ – изображение без помех, $T_{real}(x, y)$ – реальное изображение, p – параметр, показывающий уровень шума, $(x, y) \in D$. В данной работе предполагается, что «variance» является переменной, а «mean» фиксировано как параметр гауссовского шума. То есть в качестве p параметра берется переменные значения «variance» ($p \in [0; 0.2]$). В качестве показателя качества изображения использовался критерий BRISQUE, обеспечивающий оценку, близкую к субъективной оценке человека, а значение этого критерия определялось как Br .

В исследованиях изображения, полученные изначально для эксперимента, классифицируются по значениям BRISQUE (табл. 1).

Таблица 1

Классификация изображений по значению BRISQUE

Качество изображения	Интервал
Best	(0;21)
Good	[21;41)
Medium	[41;61)
Poor	[61;81)
Bad	[81;100)

В этом правиле изображения с шумом T_{noisy}^i генерируются путем добавления гауссовского шума к изображению T_{org} на разных уровнях значений p_i ($i = \overline{0, 0.2}$). Используя значения Br сгенерированных зашумленных изображений, интервал параметра гауссовского шума нового T_{real} изображения определяется по следующей схеме.

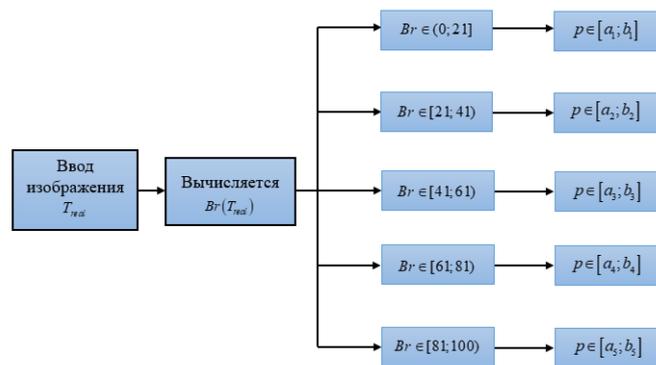


Рис.1. Схема определения параметров гауссовского шума изображения T_{real}

В экспериментальных исследованиях были определены интервалы параметра p , соответствующие интервалам BRISQUE, и сформулировано следующее правило перехода:

- если $Br(T_{real}) \in (0; 21]$, то “Best” и $p \in [0; 0.0002]$;
- если $Br(T_{real}) \in (21; 41]$, то “Good” и $p \in [0.001; 0.005]$;
- если $Br(T_{real}) \in (41; 61]$, то “Medium” и $p \in [0.0006; 0.002]$;
- если $Br(T_{real}) \in (61; 81]$, то “Poor” и $p \in [0.003; 0.01]$;
- если $Br(T_{real}) \in (81; 100)$, то “Bad” и $p \in [0.05; 0.09]$.

В параграфе 2.3 приведены существующие алгоритмы утончения контурных линий, а также достоинства и важность утонченных контуров при анализе изображений. Также в этом параграфе предлагается новый алгоритм под названием «Бидиагональный» для утончения контурных линий, основанный на анализе существующих алгоритмов. Утончение контурных линий состоит из следующих этапов.

Этап 1. Осуществляется повышение контраста исходного изображения. Для этого используется предложенный в работе подход повышения контрастности изображения лица.

Этап 2. Осуществляется улучшение качества изображения и непрерывности контуров.

Этап 3. Выполняется выделение контурных линий на изображении. Для этого используются популярные в настоящее время алгоритмы Sobel, Canny, Prewitt и осуществляется бинаризация.

Этап 4. Осуществляется утончение контурных линий, сформированных на бинарном изображении. Для этого используется предложенный бидиагональный алгоритм, состоящий из следующих шагов.

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

2-я субитерация алгоритма выполняется следующим образом:

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

Результаты алгоритма утончения контурных линий оценивались путем попиксельной проверки с использованием базы изображений, контуры которых были извлечены экспертами. Кроме того, представлена информация о базе изображений, использованных в экспериментальных исследованиях.

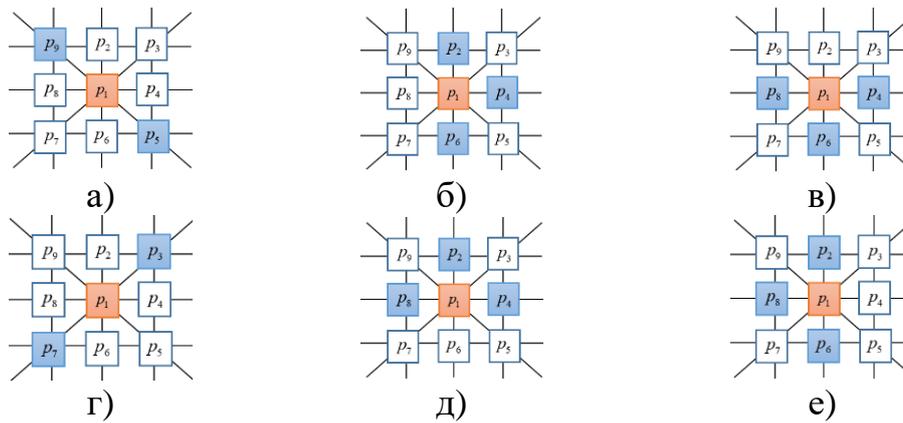


Рис. 2. Проверенные случаи в бидиагональном алгоритме

а) $p_9 p_5$ б) $p_2 p_4 p_6$ в) $p_4 p_6 p_8$ г) $p_3 p_7$ д) $p_2 p_4 p_8$ е) $p_2 p_6 p_8$

Геометрическая нормализация важна для идентификации личности по изображению лица. Для этого в качестве основных признаков принимаются координаты центра глаз. В настоящее время существует множество алгоритмов определения местоположения глаза на изображении. В данной работе описан высокоэффективный алгоритм нормализации изображения лица, который используется после определения области лица на изображении.

Параграф 2.4 посвящен методам выделения признаков, используемых при эффективном распознавании лиц. В данном параграфе подробно описаны существующие классы методов выделения признаков лица.

Третья глава диссертации «**Алгоритмы формирования пространства информативных признаков и распознавания изображения лица**» посвящена проблеме выделения информативных признаков изображения лица и алгоритмам распознавания, в ней рассмотрены основные вопросы выделения информативных признаков. Также в этой главе описаны алгоритмы распознавания изображений лиц и их описания, в которых особый акцент сделан на методах, основанных на нейронных сетях.

В параграфе 3.1 приведена задача формирования пространства информативных признаков при распознавании личности по изображению лица и представлена ее математическая формулировка.

Параграф 3.2 посвящен задаче локализации информативной области на изображении, исследуются модели, методы и алгоритмы локализации области. Также в этом параграфе приведены описания известных алгоритмов локализации областей, таких как активные модели формы и активные модели внешнего вида. Кроме того, поэтапно описан метод объединения моделей, а также проанализированы наиболее распространенные методы уменьшения размерности признакового пространства.

Параграф 3.3 посвящен формированию информативных признаков на основе критерия информативности Фишера, рассматривается задача формирования пространства информативных признаков и его постановка, подход к выделению информативных признаков на основе гипотезы компактности, критерий Фишера и алгоритм выделения информативных признаков на основе критерия Фишера. Согласно предложенному алгоритму, на первом этапе N -мерный булевой вектор $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N)$ используется для

формирования подпространства признаков. Евклидова норма относительно вектора λ в исходном пространстве признаков определяется по формуле $\|x\|_\lambda = \sqrt{\sum_{i=1}^N \lambda_i x_i^2}$. Среднее значение \bar{x}_p признаков, характеризующих объекты класса X_p , вычисляется по следующей формуле: $\bar{x}_p = \frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^{m_p} x_{pi}$, $p=\overline{1, r}$.

На основе \bar{x}_p внутреннее расстояние каждого класса определяется следующим образом: $S_p(\lambda) = \sqrt{\frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^{m_p} \|x_{pi} - \bar{x}_p\|_\lambda^2}$.

где $S_p(\lambda)$ описывает среднеквадратическую дисперсию объектов класса X_p относительно λ вектора.

Среднеквадратичная дисперсия между классами вычисляется следующим образом: $R_{p,q}(\lambda) = \sum_{p,q=1}^r \|\bar{x}_p - \bar{x}_q\|_\lambda^2 = \|\bar{x}_p - \bar{x}_q\|_\lambda$.

Здесь величина $R_{p,q}(\lambda)$ описывает среднеквадратическую дисперсию объектов в паре классов X_p и X_q ($p, q = \overline{1, r}; p \neq q$).

В качестве критерия формирования подпространства признаков, используемых при идентификации личности на основе изображения лица, рекомендуется использовать следующий функционал:

$$I(\lambda) = \frac{\sum_{p,q=1}^r \|\bar{x}_p - \bar{x}_q\|_\lambda^2}{\prod_{p=1}^r S_p^2(\lambda)}. \quad (1)$$

Функционал (1) представляет собой обобщенную форму функционала типа Фишера и используется при числе классов r . N -мерные векторы a и $b^{(1)}, b^{(2)}, \dots, b^{(r)}$ вводятся в признаковом пространстве, а их компоненты определяются следующим образом:

$$a_j = \sum_{p,q=1}^r (\bar{x}_p^j - \bar{x}_q^j)^2; \quad j=\overline{1, N}, \quad b_j^{(p)} = \left[\frac{1}{m_p} \sum_{i=1}^{m_p} (\bar{x}_p^j - x_{pi}^j)^2 \right]; \quad j=\overline{1, N}, p = \overline{1, r}.$$

По полученным векторам функционал (1) можно привести к следующему виду:

$$I(\lambda) = \frac{(a, \lambda)^r}{\prod_{j=1}^r (b^{(j)}, \lambda)} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где $(*, *)$ – скалярное произведение векторов.

Для формирования пространства ℓ информативных признаков на основе общего критерия типа Фишера рассматривается следующая задача:

$$I(\lambda) = \frac{(a, \lambda)^r}{\prod_{j=1}^r (b^{(j)}, \lambda)} \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$\lambda \in \Lambda^l, \lambda_i \in \{0, 1\}, i = \overline{1, N}, a, b^{(j)} \in R^N, a_i \geq 0, b_i^{(j)} > 0, j = \overline{1, r}, i = \overline{1, N},$$

где $\Lambda^l - l$ размерное пространство информативных признаков.

Сначала вектор λ^0 берется в виде $\lambda^0 = \left(\underbrace{1, 1, \dots, 1}_{\ell \text{ раз}}, \underbrace{0, 0, \dots, 0}_{N-\ell \text{ раз}} \right)$ и вводятся

следующие обозначения: $A = \sum_{i=1}^l a_i, B_j = \sum_{i=1}^l b_i^j, j = \overline{1, r}$.

Для решения задачи (3) вводится вспомогательный вектор C и его компоненты вычисляются следующим образом: $c_i = \frac{a_i}{A} - \sum_{j=1}^r \frac{b_i^{(j)}}{B_j}$.

Пусть даны векторы C , образованные на основе вектора $\forall \mu \in \Lambda^\ell$ via λ^0 .

Для того чтобы выбранный вектор λ был оптимальным решением задачи (3), необходимо и достаточно, чтобы не существовало вектора μ , удовлетворяющего условию $(C, \mu) > 0$. Вектор μ формируется следующим образом:

Если расположить компоненты вектора C в порядке убывания, то пусть номер, соответствующий его наибольшей компоненте, будет j_1 , а второй - j_2 и т. д., т.е.

$$c_{j_1} \geq c_{j_2} \geq c_{j_3} \geq \dots \geq c_{j_N}, \quad (4)$$

тогда компоненты вектора μ определяются следующим образом:

$$\mu_{j_1} = 1, \mu_{j_2} = 1, \dots, \mu_{j_k} = 1, \mu_{j_{k+1}} = 0, \mu_{j_{k+2}} = 0, \dots, \mu_{j_N} = 0. \quad (5)$$

В этом случае компоненты вектора μ , соответствующие первым ℓ максимальным значениям вектора C , равны 1, а остальные равны 0, то есть вектор μ также является ℓ -информативным вектором, $(C, \mu) = \max \{ (C, \eta) \mid \eta \in \Lambda^\ell \}$.

На первом шаге выбирается вектор λ^0 , а на каждом последующем шаге формируется новый вектор λ путем поглощения значения вектора μ , сформированного на основе предшествующего ему вектора, т. е. $\lambda = \mu$. Процесс формирования вектора μ продолжается до тех пор, пока не выполнится равенство $I(\lambda) = I(\mu)$.

Алгоритм предлагаемого метода состоит из следующих шагов:

Шаг 1. $\lambda = \left\{ \underbrace{1, 1, \dots, 1}_{\ell \text{ раз}}, 0, 0, \dots, 0 \right\}$.

Шаг 2. Вычисляются A и B_j , т.е. $A = (a, \lambda), B_j = (b^{(j)}, \lambda)$.

Шаг 3. Определяются компоненты вектора C : $c_i = \frac{a_i}{A} - \sum_{j=1}^r \frac{b_i^{(j)}}{B_j}$.

Шаг 4. На основе (4) и (5) осуществляется процедура формирования вектора μ и определяется вектор μ .

Шаг 5. Вычисляется скалярное произведение векторов C и μ . Если $(C, \mu) > 0$, то принимается $\lambda = \mu$ выполняется шаг 2, в противном случае λ является оптимальным решением и процесс останавливается.

Параграф 3.4 посвящен методам и алгоритмам идентификации личности на основе анализа изображений лица, приведена информация о классификации методов распознавания по их алгоритмическим особенностям и методам

сравнения изображений, а также схема их классификации. Также в этом параграфе подробно анализируются методы распознавания, основанные на неполной информации.

Распознавание лиц – это автоматическая локализация человеческого лица на изображении или видео с целью распознавания человека, и системы на его основе представляют большой интерес. Сначала изображение приводится к исходному виду, для чего оно предварительно обрабатывается, заменяется и т.д. Любое изображение можно распознать, выполнив следующие шаги.

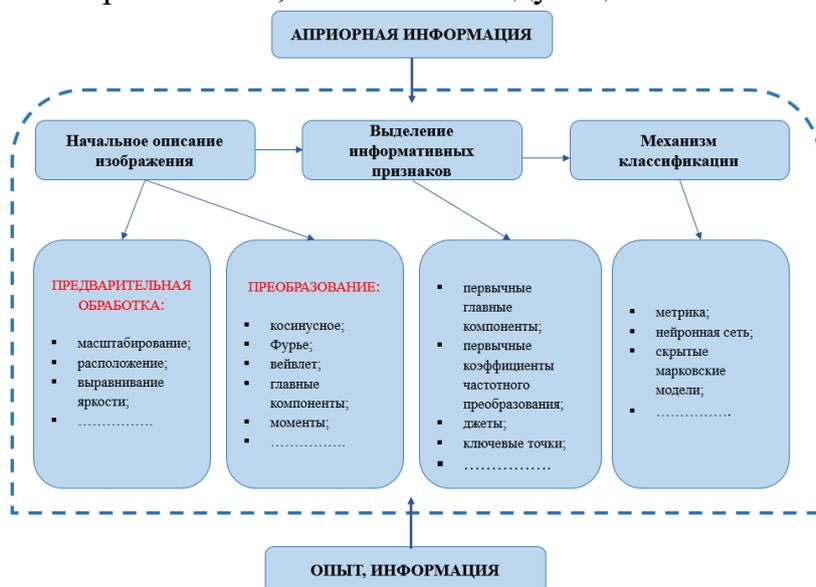


Рис. 3. Структура метода распознавания изображений

Проанализированы методы и алгоритмы, используемые при распознавании изображений лиц, и приведена подробная информация. Так как нейронные сети обладают сильным свойством обобщения по сравнению с существующими методами, в работе приведена подробная информация о них.

Извлеченные информативные признаки изображения лица на основе критерия Фишера могут быть непосредственно использованы в качестве входных данных нейронной сети для идентификации личности.

После обработки изображения лица получается массив его сегментов. Каждый сегмент соответствует последовательности чисел, описывающих части лица. Вычисление выходных данных нейронной сети, соответствующих изображению лица, выражается во всех полученных последовательностях. В этом случае строка таблицы состоит из членов последовательности, образуемой каждой частью.

i – количество членов полученной последовательности, N – количество последовательностей. В этом случае количество входных и выходных нейронов неизвестно, и каждому входному нейрону соответствует одна последовательность. В выходном слое имеется один нейрон, выходной сигнал которого соответствует значению, необходимому для распознавания изображений лиц.

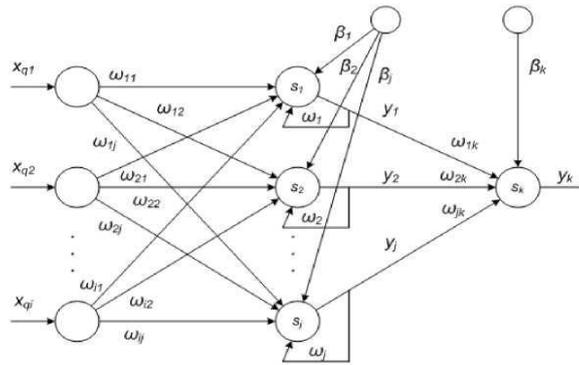


Рис. 4. Структура нейронной сети с одной обратной связью

На рисунке выше x_{qi} – i -ое выходное значение q -ой последовательности, y_j – выходное значение j -ого нейрона; w_{ij} – вес связи i -ого и j -го нейронов, w_j – весовой коэффициент обратной связи j -го нейрона, b_j – сдвиг j -го нейрона.

Вычисление выходного значения в предлагаемой модели нейронной сети состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Устанавливаются контексты всех нейронов скрытого слоя.

Шаг 2. Вычисляются соответствующие выходные значения скрытого слоя, передав первую последовательность на вход нейронной сети:

$y_i = f\left(\sum_{i=1}^I \omega_{ij}x_{qi} + \beta_j + \omega_j x_j\right)$. Здесь $f(x)$ – нелинейная функция активации, ее можно

выразить в виде $y_j = \frac{1}{1 + e^{-\alpha s_j}}$.

Шаг 3. Если текущая последовательность не последняя, осуществляется переход к шагу 5, в противном случае – к шагу 4.

Шаг 4. Определяются контексты для вывода нейронов скрытого слоя. Осуществляется переход к шагу 2 для следующей последовательности.

Шаг 5. Вычисляются выходные данные нейрона выходного слоя:

$$y_k = f\left(\sum_{j=1}^J \omega_{jk} y_j + \beta_k\right),$$

Обучение нейронной сети осуществлялось путем последовательной передачи обучающих данных и использования следующей функции ошибок:

$$E = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (y_{ki} - d_i)^2,$$

где N – количество обучающих данных.

Фактическое выходное значение для каждого слоя в контрольной выборке определяется всеми сгенерированными нейронными сетями. Сеть с наибольшим выходным значением используется для распознавания полученного числа и является его результатом.

Разработана модель идентификации личности по изображению лица на основе обучения глубокой нейронной сети. Для контроля процесса обучения и во избежание переобучения сети, 5% обучающей выборки отобрано для валидации.

Для экспериментов использовались два вида признаков: признаки, состоящие из 68 особых точек, и набор из 42 признаков, выбранных на основе критерия

Фишера.

Для обучения глубокой нейронной сети использовалась база данных смешанных изображений лиц. При этом при использовании предложенного алгоритма и модели глубокой нейронной сети лучший результат был достигнут с точностью 95,78% и ошибкой 0,292, а точность 93,95% и ошибкой 0,321 – при использовании 68 признаков и модели глубокой нейронной сети. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что алгоритм на основе критерия Фишера является оптимальным для формирования набора признаков для задачи идентификации личности по изображению лица на базе глубокой нейронной сети. После того как модель создана, достигнув наилучшего результата, рекомендуется применить ее к системе идентификации личности по изображению лица на основе глубокой нейронной сети.

Четвертая глава диссертации **«Программный комплекс распознавания личности по изображению лица и его практическое применение»**, посвящена созданию на основе предложенных методов и алгоритмов программного комплекса распознавания личности на основе анализа изображения лица для систем контроля доступа, приведены требования к изображениям лиц, описана база изображений лиц, используемых в экспериментальных исследованиях, структура программного комплекса и его функциональные части. Кроме того, в данной главе содержится информация о двух типах программных комплексов, а также приведены результаты экспериментальных исследований разработанного программного комплекса.

В параграфе 4.1 описаны факторы, отрицательно влияющие на распознавание личности по изображению лица, а также представлены некоторые основные требования к задаче распознавания. В частности, сильное влияние на точность распознавания оказывают размер изображения лица, перспектива, уровень яркости и эмоциональное состояние лица. Также в этом параграфе приводится информация о двух распространенных базах данных изображений лиц ORL и FERET, рассмотрены вопросы формирования обучающей и тестовой выборки.

В параграфе 4.2 описаны платформа программного комплекса, операционная среда, язык программирования и расширения для работы с изображениями, созданными в рамках данной диссертации. Также приведена ее общая структура для разработки системы на основе клиент-серверной технологии.

В параграфе 4.3 приведены сведения о программном комплексе, составляющем основу системы, его назначение, классификация основных модулей, задачи системного администратора, интерфейс, главное меню и панель инструментов. Также представлена диаграмма прецедентов системы и приведены требования к ее работе. Кроме того, приведена информация о хранении данных и конфигурации системы, а также поясняются результаты первичных ее испытаний.

Параграф 4.4 посвящен технической реализации тестов, технологии распознавания и экспериментальным исследованиям, в которых проверяются алгоритмы в различных условиях, приведены результаты, полученные в ходе

исследования. Также в этом параграфе приведены результаты тестирования основных модулей, входящих в состав программного комплекса. На рисунке 5 приведена общая структура технологии распознавания лиц, показаны основные модули и последовательность их выполнения.

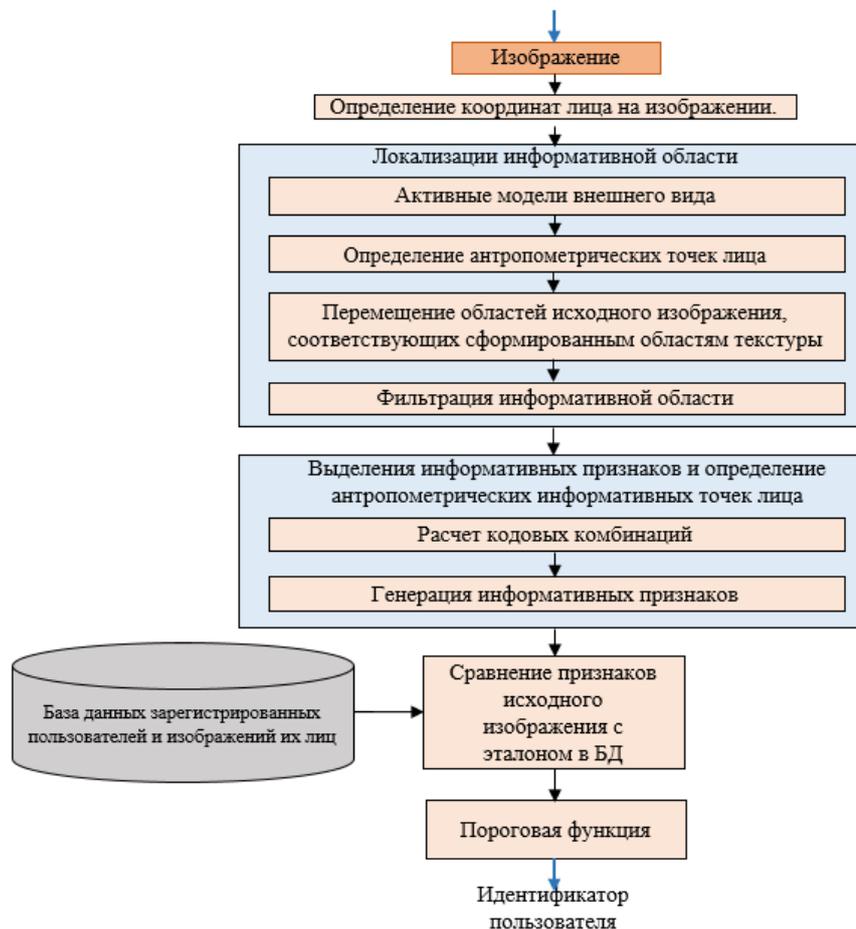


Рис. 5. Технология распознавания лиц

Производительность каждого этапа и эффективная оценка правильного распознавания проверяются на доступных и сгенерированных базах изображений лиц, а также оценивается точность системы. Эксперимент по распознаванию лиц проводился на базе данных HongIk, содержащей по 10 изображений лиц 250 человек. Эта база данных полностью соответствует качеству нормализации образов, то есть лица выделены, размеры скорректированы, освещение нормализовано. Основным недостатком разработанной системы является скорость обработки. На основе экспериментов для анализа был выбран оптимальный размер окна и определено, что оптимальным является размер окна 32x32. Также в работе был проведен сравнительный анализ разработанной системы с существующими системами, по результатам которого было отмечено, что разработанная система превосходит некоторые существующие системы по точности. Однако по времени она превосходит все существующие системы. Также в режиме реального времени скорость работы алгоритма на слабых компьютерах показывает меньший результат, потому что особенность проблемы – постоянный мониторинг присутствия лица пользователя перед камерой. Несмотря на указанные недостатки, разработанный программный комплекс пригоден для использования по назначению. На основании полученных результатов можно сделать вывод,

что сверточные нейронные сети лучше выполняют задачу распознавания изображений лиц по сравнению со статистическим подходом или выборочным поиском в аналогичных условиях.

В приложениях к диссертации представлены результаты, полученные в ходе исследования, и документы по их практическому применению, а также копии свидетельств об официальной регистрации программ, выданных Агентством интеллектуальной собственности при Министерстве юстиции Республики Узбекистан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты диссертационного исследования, проведенного по теме «Алгоритмы идентификации человека по изображениям лица для систем контроля доступа», заключаются в следующем:

1. Изучены основные вопросы и особенности распознавания личности по изображению лица, проанализированы современные системы. Анализ выявил проблемы при разработке систем распознавания. Это позволяет разработать надежную и эффективную систему распознавания изображения лица человека.

2. Изучены алгоритмы предварительной обработки изображений лиц и формирования признаков, определены их преимущества и недостатки. Это дает возможность разработать более эффективный и быстрый алгоритм предварительной обработки.

3. Предложен подход к повышению контрастности области изображения. Это позволяет вывести контрастность изображения на один и тот же уровень по всему изображению.

4. Изучен гауссовский шум на изображениях и предложено правило определения его уровня. Это позволяет эффективно устранить гауссовский шум на изображении.

5. Предложен бидиагональный алгоритм утончения контуров. Это позволяет создавать линии контуров толщиной в один пиксель, удаляя помехи из контурных линий.

6. Изучены алгоритмы формирования характерных признаков объектов на изображении и выбраны наиболее эффективные. На основе выбранного алгоритма формирования признаков был разработан алгоритм построения набора информативных признаков. Это позволяет уменьшить пространство признаков за счет выделения наиболее важных признаков, характеризующих изображение лица.

7. Предложена модель идентификации личности по изображению лица, основанная глубокой нейронной сети. Это позволяет сегментировать изображения лица в режиме реального времени и эффективно идентифицировать.

8. Разработан программный комплекс распознавания лиц, объединяющий существующие и предлагаемые алгоритмы в единый интерфейс. Это позволяет решить ряд практических задач, связанных с контролем доступа и идентификацией личности человека.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.03/26.05.2022.T.10.05 AT THE NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY
«TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS»**

**«TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS» NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY**

EREJEPOV KEULIMJAY KAYMATDINOVICH

**ALGORITHMS FOR IDENTIFICATION OF A PERSON BASED ON A FACE
IMAGE FOR ACCESS CONTROL SYSTEMS**

05.01.03 – Theoretical bases of informatics

**DISSERTATION ABSTRACT
OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PHD) ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2024

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovations of the Republic of Uzbekistan under number B2024.2.PhD/T4554.

The dissertation has been prepared at the National Research University «Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers».

The abstract of dissertation is posted in Three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the web-page of Scientific Council (www.tiame.uz) and Information and Educational Portal «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser:

Mamatov Narzillo Solidjonovich

Doctor of Technical Sciences, professor

Official opponents:

Mirzayev Nomaz

Doctor of Technical Sciences, senior researcher

Eshmuratov Shavkat Artikbaevich

Candidate of Technical Sciences, associate professor

Leading organization:

Namangan State University

Defense of dissertation will take place in «_____» _____ 2024 at _____ o'clock at a meeting of the scientific council DSc.03/26.05.2022.T.10.05 at the National research university «Tashkent institute of irrigation and agriculture mechanization engineers» (Address: 100000, Tashkent, str. Kari Niyazi 39, tel.: (99871) 237-19-36; fax: (99871) 237-54-79; e-mail: admin@tiame.uz).

The dissertation could be reviewed at the Information-resource center the National research university «Tashkent institute of irrigation and agriculture mechanization engineers» (registration number №_____). Address: 100000, Tashkent, str. Kari Niyazi 39, tel: (99871) 237-19-45).

Abstract of dissertation sent out on «_____» _____ 2024 year.

(mailing report № _____, on «_____» _____ 2024 year).

M.A. Ismailov

Deputy Chairman of the Scientific council
on awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, professor

D.K. Bekmuratov

Scientific secretary of the Scientific council
on awarding scientific degrees,
Doctor of Philosophy (PhD) on Technical Sciences

S.S. Radjabov

Chairman of the scientific seminar at the
Scientific council on awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, senior researcher

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to develop algorithms and a software package for personal identification using a facial image for access control systems.

The object of the research work is images of human faces.

The scientific novelty of the research work is as follows:

an algorithm for increasing image contrast is proposed taking into account the criterion for assessing image quality;

a rule for determining the noise level was formed taking into account the values of the image quality assessment criteria;

a bidiagonal algorithm for thinning contours has been developed, taking into account the features of contour lines;

an algorithm has been developed for generating informative features of a face image based on the compactness hypothesis;

a neural network model for face recognition has been proposed.

Scientific and practical significance of the research results.

The scientific significance of the research results is explained by the fact that the developed algorithms contribute to the further development of the theoretical foundations of image processing, improving the quality and processing of images. It serves to develop automated systems with image processing algorithms and rules proposed to improve image quality and highlight contour lines.

The practical significance of the research results is explained by the use of the developed software package in the creation of various automated systems for digital image processing, image formation, quality improvement, and recognition.

Implementation of the research results.

Based on a software package created on the basis of existing and proposed approaches, models, methods and algorithms for identifying a person by facial image:

a software package developed on the basis of a criterion for assessing image quality and its values, an algorithm for increasing the contrast area and a rule for determining the noise level, was introduced to identify students at the Institute of Agriculture and Agricultural Technologies of Karakalpakstan (certificate of the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Karakalpakstan No. BK-06 /755 dated May 24, 2024). As a result, this made it possible to reduce the time spent on controlling access of institute students to the faculty buildings by an average of 10%;

a software package developed on the basis of a bidiagonal algorithm for thinning contours, taking into account the features of contour lines, was implemented to control employee access to Zamanago'y texnologiya ha'm kompyuter LLC of the Republic of Karakalpakstan (certificate of the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Karakalpakstan No. BK-06 /755 dated May 24, 2024). As a result, this made it possible to reduce the time spent on identifying employees with an accuracy of 98% when controlling access to a building by an average of 10%;

a software package developed on the basis of an algorithm for the formation of informative features of a facial image based on the compactness hypothesis was introduced into the Nukus branch of the Tashkent University of Information

Technologies named after Muhammad al-Khorezmi to control student access to the building (certificate of the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Karakalpakstan No. BK- 06/755 dated May 24, 2024). As a result, this made it possible to reduce the time spent on identifying students with an accuracy of 98% when controlling access to the building by an average of 12%;

a software package developed on the basis of the proposed neural network model of human recognition from a facial image was implemented to control student access to the building of the Karakalpak State University named after Berdak (certificate of the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Karakalpakstan No. BK-06/755 dated May 24, 2024.). As a result, the university was able to identify students with 97% accuracy using facial recognition to determine attendance.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, the list of used literature and appendix. The volume of the dissertation is 120 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (Часть I; Part I)

1. Mamatov N.S., Niyozmatova N.A., Abdullaev Sh.Sh., Samijonov A.N., Erejepov K.K. Speech Recognition Based On Transformer Neural Networks // 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) DOI: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670093, 2021 y., Tashkent, Uzbekistan. – Pp. 1–7. (Scopus)
2. Niyozmatova N.A., Mamatov N.S., Otaxonova B.I., Samijonov A.N., Erejepov K.K. Classification Based On Decision Trees And Neural Networks // 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), DOI: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670345, 2021 y., Tashkent, Uzbekistan. – Pp. 1–9. (Scopus)
3. Mamatov N. S., Samijonov A.N., Niyozmatova N.A., Erejepov K.K., Jamalov O. Algorithm for Selecting Optimal Features in Face Recognition Systems // 2023 19th International Asian School-Seminar on Optimization Problems of Complex Systems (OPCS). 2023. Novosibirsk, Moscow, Russian Federation. – Pp. 59–64. (Scopus)
4. Mamatov N.S., Niyozmatova N.A., Erejepov K.K., Narzullayev I.S., Tojiboyeva Sh.X., Najmiddinov A.S. Algorithms for improving the quality of facial images // Sciences of Europe, No 138 (2024), ISSN 3162–2364, Praha, Czech Republic, 2024, – Pp. 64–72. (SJIF = 5.97)
5. Mamatov N.S., Erejepov K.K., Narzullayev I.S., Samijonov B.N., Tojiboyeva Sh.X., Najmiddinov A.S. Algorithms for detecting the face area in the image // Journal of science. Lyon №52, ISSN 3475-3281, Lion, 2024 y. – Pp. 26–31. (IF – 5.99)
6. Mamatov N.S., Niyozmatova N.A., Abdullaev Sh.Sh., Nurimov P.B., Samijonov A.N., Erejepov K.K. O'zbek tilidagi nutqni avtomatik tanib olish tizimini yaratish // Informatika va energetika muammolari O'zbekiston jurnali, ISSN 2010–7242, №4, 2021, – B. 72–85. (05.00.00, №5)
7. Abdullayeva B.M, Samijonov B.N., Erejepov K.K., Jo'rayeva M.A., Abduvaxobov F.F. Tarmoq trafigini tahlil qilish tizimini ishlab chiqish // Hisoblash va amaliy matematika muammolari, 2/1(40) 2022 (Maxsus son), ISSN 2181-8460, eISSN 2181-046X, Toshkent, 2022 y. – B. 19–30. (05.00.00, №23)
8. Samijonov A.N., Erejepov K.K., Samijonov B.N., Boltaboyeva M.R, Yo'ldosheva A.E. Tasvirlar majmuasi asosida 3D modellarni qurish // Hisoblash va amaliy matematika muammolari, 2/1(40) 2022 (Maxsus son), ISSN 2181-8460, eISSN 2181-046X, Toshkent, 2022 y. –B. 239–244. (05.00.00, №23)
9. Mamatov N.S., Erejepov K.K., Narzullaev I. S., Jalelova M.M., Samijonov B.N. Tasvir kontur chiziqlarini ingichkalashtirishning bidiagonal algoritmi // Евразийский журнал математической теории и компьютерных наук, Volume 4, Issue 3, ISSN 2181-2861, 2024 y. – B. 13–23. (UIF = 8.3 | SJIF = 7.91)

10. Mamatov N.S., Erejepov K.K., Narzullaev I. S., Jalelova M.M. Yuz tasvirlarini segmentlashning an'anaviy va mashinali o'qitish usullari // Raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali, Samarqand, 2024 y. – B. 24–30. (05.00.00, OAK ning 04.07.2023 yildagi 340/5-son Qarori)

11. Mamatov N.S., Erejepov K.K., Narzullaev I. S., Jalelova M.M., Samijonov A.N. Yuz tasvirlarini segmentlashning neyron tarmoqlarga asoslangan usullari // Raqamli transformatsiya va sun'iy intellekt ilmiy jurnali, Volume 2, Issue 2, ISSN: 3030-3346, Tashkent, 2024 y. – B. 78–84. (05.00.00, OAK ning 04.07.2023 yildagi 340/5-son Qarori)

12. Mamatov N.S., Samijonov A.N., Erejepov K.K., Narzullaev I. S., Samijonov B.N. Yuz tasviriga asoslangan biometrik tizimlarda informativ belgilar majmuasini tanlash algoritmi // Евразийский журнал математической теории и компьютерных наук, Volume 4 Issue 3, ISSN 2181-2861, 2024 y. – С. 29–42. (UIF = 8.3 | SJIF = 7.91)

13. Mamatov N.S., Jalelova M.M., Erejepov K.K., Narzullaev I.S. Yo'l belgilari konturlarini ajratish algoritmlari // “Yong'in-portlash xavfsizligi” ilmiy-amaliy elektron jurnal, ISSN 2181-9327 №1(14). Toshkent, 2024. – B. 62–70.(05.00.00, №28)

II bo'lim (Часть II; Part II)

14. Mamatov N.S., Erejepov K.K., Jalelova M.M., Narzullayev I.S., Samijonov A.N. X-ray image contrast enhancement approach // ICICIT 2024, 2024 y, Bangkok, Tailand. – Pp. 1–3.

15. Mamatov N.S., Erejepov K.K., Jalelova M.M., Narzullayev I.S., Samijonov B.N. Image normalization algorithms // IV International Scientific and Practical Conference “Diversity and inclusion in scientific Area”, 2024, Warsaw, Poland. –Pp. 438–443.

16. Mamatov N.S., Erejepov K.K., Jalelova M.M., Narzullayev I.S., Samijonov A.N. Algorithms for object recognition in images // XII international scientific conference. “The modern vector of the development of science”, 2024 y, Philadelphia. USA. – Pp. 186–192.

17. Mamatov N.S., Erejepov K.K., Jalelova M.M., Narzullayev I.S., Samijonov A.N. Feature extraction algorithms in images // VII International Scientific and Practical Conference «Modern science: fundamental and applied aspects», ISBN 978-91-65423-60-2, 2024, Rome, Italy. – Pp. 80–86.

18. Niyozmatova N.A., Mamatov N.S., Samijonov A.N., Erejepov K.K., Narzullayev I.S., Tojiboyeva Sh.X. Basic issues of face recognition // IV International Scientific and Practical Conference «Science in the environment of rapid changes» 2024, Brussels, Belgium. – Pp. 381–387.

19. Mamatov N.S., Samijonov A.N., Samijonov B.N., Erejepov K.K., Narzullayev I.S. Peculiarities of face recognition // VII International Scientific and Practical Conference «Questions. Hypotheses. Answers: science XXI century», 2024 y, Toronto, Canada. – Pp. 70–77.

20. Mamatov N.S., Samijonov B.N., Erejepov K.K., Narzullayev I.S., Samijonov A.N. Analysis of modern facial recognition systems // XII International Scientific and

Practical Conference, Current questions of modern science, 2024 y. Tallinn. Estonia, – Pp. 93–100.

21. Mamatov N.S., Erejepov K.K., Jalelova M.M. Kontur ingichkalashtirish algoritmlari tahlili // “Amaliy matematika, matematik modellashtirish va informatikaning dolzarb muammolari” mavzusidagi respublika ilmiy anjumani ma’ruzalar to’plami, Nukus, 2024 y. – B. 396–398.

22. Nurimov P.B., Erejepov K.K. Chuqur neyron tarmoqdan foydalanib shaxsni ovozi bo‘yicha identifikatsiyalash // “Matematik modellashtirish va axborot texnologiyalarining dolzarb masalalari” xalqaro ilmiy-amaliy anjumani, Nukus, 2023y. – B. 136–138.

23. Nurimov P.B., Erejepov K.K. Shaxsni ovozi bo‘yicha biometrik tanib olish tizimlari // “Matematik modellashtirish va axborot texnologiyalarining dolzarb masalalari” xalqaro ilmiy-amaliy anjumani, Nukus, 2023 y. – B. 138–140.

24. Mamatov N.S., Jalelova M.M., Erejepov K.K., Samijonov A.N., Najmiddinov A.S. Rentgenografik tasvirlarga dastlabki ishlov berish dasturiy majmuasi // “Yangi O‘zbekiston: fan, ta’lim va innovatsiya ” mavzusidagi Respublika ilmiy-texnik anjuman, Jizzax, 2024 y. – B. 172–176.

25. Mamatov N.S., Erejepov K.K., Raxmonov E.D., Zarat S., Najmiddinov A.S. Mikroskopik tasvirlarni raqamlashtirish usullari // “Yangi O‘zbekiston: fan, ta’lim va innovatsiya” mavzusidagi Respublika ilmiy-texnik anjuman, Jizzax, 2024 y. – B. 169–172.

26. Mamatov N.S., Erejepov K.K., Zarat S., Najmiddinov A.S. Tasvirlardagi obyektlar sifatini oshirish algoritmlari // “Yangi O‘zbekiston: fan, ta’lim va innovatsiya ” mavzusidagi Respublika ilmiy-texnik anjuman, Jizzax, 2024 y. – B. 179–182.

27. Mamatov N.S., Muhamediyeva D.T., Jalelova M.M., Erejepov K.K., Samijonov B.N. Tasvirdagi shovqinlarni pasaytirish dasturi // O‘zR Adliya vazirligi, O‘zR Dasturiy mahsulotlar davlat reyisterida 04.09.2023 y. ro‘yxatdan o‘tgan Guvohnoma № DGU 27197.

28. Mamatov N.S., Erejepov K.K., Narzullaev I.S., Tojiboyeva Sh.X., Jalelova M.M. Tasvir kontrastini sohali oshirish dasturi // O‘zR Adliya vazirligi, O‘zR Dasturiy mahsulotlar davlat reyisterida 11.04.2024-yilda ro‘yxatdan o‘tgan Guvohnoma № DGU 36220.

Avtoreferat Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg‘ona filialining «AL-FARG‘ONIY avlodlari» elektron ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi hamda o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlarini mosligi tekshirildi.