

TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.13/30.12.2019.T.07.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH

TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI

DAVRONOVA LOLA UKTAMOVNA

SHAXSNING FOTO-ROBOTI ASOSIDA
IDENTIFIKATSIYALASHNING SAMARALI MODEL VA
ALGORITMLARI

05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi

TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI

**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**

Davronova Lola Uktamovna

Shaxsning foto-roboti asosida identifikatsiyalashning samarali model va
algoritmlari 3

Давронова Лола Уктамовна

Эффективные модели и алгоритмы идентификации на основе
фоторобота человека 21

Davronova Lola Uktamovna

Effective models and algorithms of identification based on the sketch of the
person 41

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ
List of published works..... 45

TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.13/30.12.2019.T.07.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH

TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI

DAVRONOVA LOLA UKTAMOVNA

SHAXSNING FOTO-ROBOTI ASOSIDA
IDENTIFIKATSIYALASHNING SAMARALI MODEL VA
ALGORITMLARI

05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi

TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI

Toshkent-2023

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.3.PhD/T3876 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetida bajarilgan.

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

Ilmiy rahbar:

Irgasheva Durdona Yakubdjanovna
texnika fanlari doktori (DSc), professor

Rasmiy opponentlar:

Kerimov Kamil Fikratovich
texnika fanlari doktori (DSc), professor

Boyquziyev Ilxom Mardanoqulovich
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

Yetakchi tashkilot:

"UNICON.UZ" - Fan – texnika va marketing tadqiqotlar markazi MChJ

Dissertatsiya himoyasi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti huzuridagi DSc.13/30.12.2019.T.07.02 raqamli Ilmiy kengashning 2023-yil "___" _____da soat _____dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100084, Toshkent shahri, Amir Temur ko'chasi, 108-uy. Tel.: (99871) 238-64-43, e-mail: tuit@tuit.uz).

Dissertatsiya bilan Toshkent axborot texnologiyalari universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (___ raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100084, Toshkent shahri, Amir Temur ko'chasi, 108-uy. Tel.: (99871) 238-64-43).

Dissertatsiya avtoreferati 2023-yil "___" _____da tarqatildi.

(2023-yil "___" _____dagi ___ raqamli reestr bayonnomasi.)

B.Sh. Maxkamov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, iqtisod fanlari doktori, professor

M.S. Saitkamolov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, iqtisod fanlari doktori, dotsent

S.K. Ganiyev

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, texnika fanlari doktori, professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda yildan-yilga ortib borayotgan jinoyatlarni ochishda, jinoyatchilarni aniqlashda texnologik yechimlardan foydalanishning salmog'i ortib bormoqda. Xususan, "Enterprise Apps Today" ma'lumotiga ko'ra "2023-yilda yuz tasviri bo'yicha tanib olishning global bozor qiymati \$4.95 mlrd.ni tashkil etgan bo'lsa, 2030-yilda bu ko'rsatkich \$10.34 mlrd.ga yetishi taxmin qilinmoqda¹". Bu esa yuz tasviri asosida, xususan, qo'lda chizilgan yuz tasvirlari (foto-robot (fotorobot)) asosida shaxslarni tanib olishda zamonaviy texnologiyalarni joriy qilish ko'lamini oshirish, mavjudlarini takomillashtirishni taqozo etmoqda. Hozirda AQSh, Hindiston, Xitoy Xalq Respublikasi va Janubiy Koreya kabi davlatlarda jinoyatchilarni yuz tasviri, fotoroboti bo'yicha aniqlashning avtomatlashtirilgan tizimlaridan foydalanishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda shaxsni uning fotoroboti asosida tanib olish tizimlari huquqni himoya qilish organlarida kriminalistikaning asosiy mexanizmlaridan biri sifatida qo'llanilib kelinmoqda. Xususan, fotorobot asosida shaxslarni tanib olishda xususiyatlarni ajratishga asoslangan an'anaviy usullardan keng foydalanilgan bo'lib, qo'lda chizilgan yuz tasvirlarida xususiyatlarning kamligi bois ular past samaradorlikka ega hisoblanadi. Shu sababli, ushbu muammolarni bartaraf etishda yangi yondashuvlarni, xususan, fotorobotdan yuz tasvirini tiklash jarayonida teran o'rganish (deep learning) usullarini tatbiq etish, autentifikatsiya tizimi uchun tahdid modelini ishlab chiqish, foydalanuvchilar huquqlarini foydalanishni boshqarish modeli yordamida nazoratlashga qaratilgan ilmiy-amaliy tadqiqotlarga alohida e'tibor qaratish zarur hisoblanadi.

Respublikamizda yuz tasviriga asoslangan autentifikatsiya va identifikatsiya tizimlarini amalda joriy etish, yuz tasviriga asoslangan tanib olish usullarini tadqiq etish bo'yicha keng qamrovli chora tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026-yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida "2023-2026-yillarga mo'ljallangan O'zbekiston Respublikasining kiberxavfsizlik strategiyasini ishlab chiqish, kiberjinoyatchilik uchun jinoiy javobgarlikni qayta ko'rib chiqish, axborot maydonidagi kiberhujum va tahdidlarni monitoring qilish tizimini yanada takomillashtirish" kabi vazifalar belgilangan². Ushbu vazifalarni amalga oshirishda autentifikatsiya masalalarini yechish, jumladan, foydalanuvchilarning haqiqiyligini ta'minlash muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasining 2022-yil 15-apreldagi O'RQ-764-son "Kiberxavfsizlik to'g'risida"gi Qonuni, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son "2022-2026-yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni, Vazirlar Mahkamasining 2018-yil 7-maydagi 343-son "Xavfsiz shahar" loyihasini amalga oshirish bo'yicha bosqichma-bosqich chora-tadbirlar va yagona

¹ <https://www.enterpriseappstoday.com/stats/facial-recognition-statistics.html#:~:text=The%20global%20facial%20recognition%20market,generates%20%241%2C850%20million%20in%20revenue>

² <https://lex.uz/docs/5841063>

texnologik yondashuvni tashkil qilish to'g'risida"gi, 2007-yil 3-apreldagi PQ-614-son "O'zbekiston Respublikasida axborotning kriptografik himoyasini tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi, 2023-yil 31-maydagi PQ-167-son "O'zbekiston Respublikasining muhim axborot infratuzilmasi obyektlari kiberxavfsizligini ta'minlash tizimini takomillashtirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi Qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda mazkur 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'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Fotorobotni hosil qilish, uni tanib olish va identifikatsiyalash muammolari ko'plab taniqli xorijiy olimlar, masalan, X.Tang va X.Vang, X.Kiani, A.T.Aleks, K.Galugaxi, J.Xi, K.Brendanlar tomonidan o'rganib chiqilgan. Bundan tashqari, ular fotorobot va yuz tasviri o'rtasidagi farqni kamaytirish, xatoliklarni oldini olish va tanib olish aniqligini oshirish bo'yicha qator modellar va usullarni ishlab chiqishgan.

O'zbekistonda S.K.Ganiyev, M.M.Karimov, K.A.Tashev, D.Ya.Irgasheva, Sh.Z.Islomovlar boshchiligidagi ilmiy jamoalar tomonidan axborot xavfsizligining asosiy jarayonlari ustida, yuz tasviri asosida tanib olish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilgan.

Shu bilan bir qatorda, fotorobot asosida shaxslarni identifikatsiyalashning teran o'rganishga asoslangan usullari, modellarini ishlab chiqishga, fotorobot asosida shaxslarni identifikatsiyalash tizimi uchun tahdid modelni ishlab chiqish masalalariga yetarlicha e'tibor qaratilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent axborot texnologiyalari universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining №FZ-201907178 – "Yuz tasvirlarini qayta ishlash asosida shaxsni tanib olish algoritmlari va dasturiy ta'minotini yaratish" (2020-2022) va №IL-402104498-"To'lov tizimlarida autentifikatsiya mexanizmini neyron tarmoqlari asosida takomillashtirish" (2021-2023) mavzularidagi ilmiy loyihalar doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi shaxsning fotorobot asosida identifikatsiyalashning samaradorligini oshirishga imkon beruvchi model va algoritmlarni ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

fotorobot asosida shaxsni identifikatsiyalash tizimi uchun tahdid modelini ishlab chiqish;

fotorobot yordamida tanib olish tizimi xavfsizligini baholash omillarining o'zaro bog'liqligini aniqlash;

fotorobotga asoslangan identifikatsiyalash tizimi uchun foydalanishlarni boshqarish modelini takomillashtirish;

fotorobotdan yuz tasvirini hosil qilishning samarali modelini ishlab chiqish;

fotorobotdan hosil qilingan tasvir asosida shaxsni tanib olishning model va algoritmini ishlab chiqish.

Tadqiqotning obyekti sifatida shaxsni yuz tasviri asosida identifikatsiyalash jarayoni olingan.

Tadqiqotning predmetini fotorobotdan yuz tasvirini hosil qilish va tanib olishning samarali model va algoritmlari tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida diskret matematika, tasvirlarga ishlov berish, timsollarni tanib olish usullari, modellashtirish, suniy intellekt va obyektga yo'naltirilgan dasturlash tillaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

fotorobot asosida identifikatsiyalash tizimida turli ishtirokchilarning o'zaro aloqasini aniqlash orqali hujum nuqtalariga ajratish va har bir hujum nuqtasiga bo'lishi mumkin bo'lgan tahdidlarni hisobga olish asosida tahdid modeli ishlab chiqilgan;

biometrik tizimlarning himoyasini baholovchi, amalga oshirish xususiyatlari o'rtasidagi aloqadorlikni inobatga olish orqali fotorobot yordamida tanib olish tizimi xavfsizligini baholash omillarining o'zaro bog'liqligini aniqlash sxemasi ishlab chiqilgan;

fotorobotga asoslangan identifikatsiyalash tizimi uchun tizim va undagi ma'lumotlar xavfsizligini ta'minlash maqsadida fotorobot asosida identifikatsiyalash tizimidagi foydalanuvchilar huquqlarini taqsimlash orqali foydalanishlarni boshqarish modeli takomillashtirilgan;

shaxs fotorobotining turli o'lchamli xususiyatlarini stil sifatida akslantirishga asoslangan generator orqali yagona kriminalistik fotorobotdan bir nechta nomzod yuz tasvirlarini hosil qilish imkoniyatiga ega samarali model ishlab chiqilgan;

qarab chizilgan fotorobot (yoki yuz tasviri) dan yuzni aniqlash va tanib olish uchun talab etiluvchi yuz sohasidagi muhim xususiyatlar sonini oshirish orqali shaxsni yuqori aniqlikda identifikatsiyalovchi algoritm va model ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijasi quyidagilardan iborat:

kriminalistik fotorobotdan bir nechta nomzod yuz tasvirlarini generatsiyalash imkoniyatiga ega samarali model va uning dasturiy vositasi ishlab chiqilgan;

qarab chizilgan fotorobot va yuz tasviri asosida shaxsni identifikatsiyalash algoritmi, modeli va uning dasturiy vositasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot natijalarining ishonchliligi o'tkazilgan qiyosiy tahlillar, amalga oshirishdan olingan natijalar, tanlangan sharoitda qo'lga kiritilgan hisoblashlar natijalari bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati fotorobot asosida identifikatsiyalash tizimlariga qaratilgan tahdid modeli, uning xavfsizligini baholash omillarining o'zaro bog'liqlik sxemasi, foydalanishlarni boshqarishning takomillashtirilgan modeli, shuningdek, fotorobotdan yuz tasvirini generatsiyalash va tanib olish algoritmlarini ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati taklif etilgan model va algoritmlar asosida ishlab chiqilgan dasturiy vositadan huquqni muhofaza qilish organlarida jinoyatchilarni fotorobot orqali identifikatsiyalashda foydalanish mumkinligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Ishlab chiqilgan tahdidlarga bardoshli, fotorobot asosida yuz tasvirini generatsiyalash va tanib olishga imkon beruvchi dasturiy vositalar bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

qarab chizilgan fotorobot va yuz tasviri asosida shaxsni identifikatsiyalash modeli va algoritmi asosida ishlab chiqilgan dasturiy vosita O'zbekiston Respublikasi Tashqi ishlar vazirligi Axborot kommunikatsiya texnologiyalari boshqarmasi amaliy faoliyatiga joriy qilingan (O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligining 2023-yil 7-sentabrdagi 33-8/6134-son ma'lumotnomasi). Ilmiy tadqiqot natijasida, dasturiy vosita fuqorolarni 96.08% aniqlik bilan identifikatsiyalash imkoniyatini bergan;

Kriminalistik fotorobotdan bir nechta nomzod yuz tasvirlarini generatsiyalash imkoniyatiga ega samarali model asosida ishlab chiqilgan dasturiy vosita O'zbekiston Respublikasi Ichki ishlar vazirligi tezkor-qidiruv departamenti Kiberxavfsizlik markazi amaliy faoliyatida tatbiq etilgan (O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligining 2023-yil 7-sentabrdagi 33-8/6134-son ma'lumotnomasi). Ilmiy tadqiqot natijasida guvohlar so'zlari asosida chizilgan fotorobotdan bir nechta gumonlanuvchi yuz tasvirlari mavjudlariga nisbatan 9% yuqori aniqlik bilan generatsiya qilingan;

yuz tasviri asosida shaxsni identifikatsiyalash modeli va algoritmi asosida ishlab chiqilgan dasturiy vosita "Radioaloqa, radioeshittirish va televideniya markazi" DUK faoliyatida tatbiq etilgan (O'zbekiston Respublikasi Raqamli texnologiyalar vazirligining 2023-yil 7-sentabrdagi 33-8/6134-son ma'lumotnomasi). Ilmiy tadqiqot natijasida tashkilotga kirishda xodimlarni 96.7% aniqlik bilan identifikatsiyalash imkoniyati yaratilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 3 ta xalqaro va 14 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiyaning mavzusi bo'yicha jami 30 ta ilmiy ish chop etilgan, jumladan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalarning asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarida 11 ta maqola, 5 ta xorijiy va 6 ta respublika jurnallarida nashr etilgan hamda EHM uchun yaratilgan 2 ta dasturiy vositalarni qayd etish guvohnomalari olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 103 betni tashkil etadi.

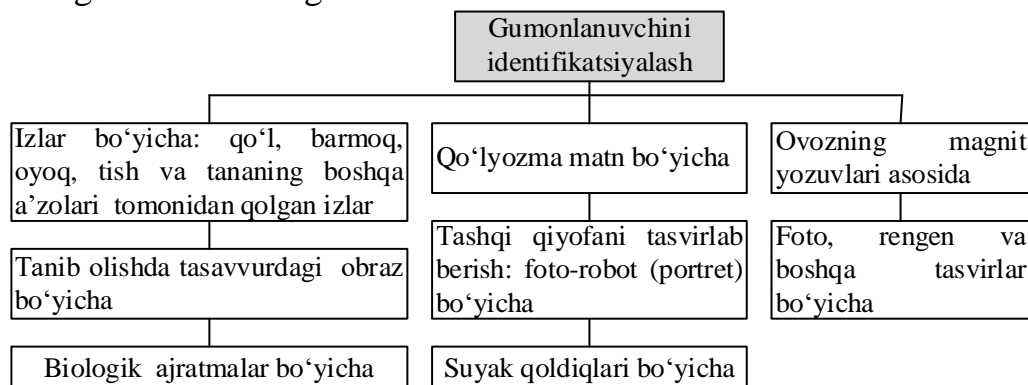
DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, maqsad va

vazifalari belgilab olingan hamda tadqiqot obyekti va predmeti aniqlangan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslab berilgan, ularning nazariy va amaliy ahamiyati, tadqiqot natijalarini amalda joriy qilish holati, nashr etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning "**Kriminalistikada shaxsni fotorobot asosida tanib olish muammolari**" deb nomlangan birinchi bobida kriminalistik identifikatsiyalash bilan bog'liq muammolar, kriminalistikada qo'llaniladigan biometrik parametrlarning shaxsni identifikatsiyalashdagi qo'llanilish holati va fotorobot asosida shaxsni tanib olish usullarining tahlili hamda muammolar haqida bayon etilgan.

Birinchi paragrafda kriminalistika fan sohasi, uning asosiy vazifasi, kriminalistikada jinoyatchilarni aniqlash va identifikatsiyalash usullari, jinoyatchini aniqlash bilan bog'liq quyidagi muammolar haqida ma'lumotlar keltirilgan. 1-rasmda kriminalistikada gumonlanuvchini identifikatsiyalash usullarining tasnifi keltirilgan.



1-rasm. Gumonlanuvchini identifikatsiyalash usullarining tasnifi

Ikkinchi paragrafda kriminalistikada gumonlanuvchini identifikatsiyalashda qo'llaniladigan biometrik parametrlar tahlili keltirilgan. Tahlil jarayonida jinoyat joyida yoki biror buyumda qoldirilgan barmoq izi, DNK tekshiruvi, jinoyatchini turli qurilmalarda yozib olingan ovoz ma'lumotlari, jinoyatchini hujjatlarda yozib qoldirgan husnixat ma'lumotlari, jinoyatchini tashqi ko'rinishi, yuz tuzilishi haqida guvohlar bergan noto'liq ma'lumotlar o'rganildi.

Guvohlar bergan ma'lumotlar asosida shakllantirilgan taxminiy yuz tasviri gumonlanuvchining *fotoroboti* deb atalib, uni hosil qilishning ikki usuli: *qo'lda chizish (hand-drawn)* va *dastur yordamida hosil qilish (software generated)* mavjud.

Sintez usuliga ko'ra fotorobotlarni uch toifaga ajratish mumkin: *qarab chizilgan fotorobot (viewed sketch)*, *yarim kriminalistik fotorobot (semi-forensic sketch)* va *kriminalistik fotorobot (forensic sketch)*.

Tahlil ma'lumotlari biometrik parametrlardan farqli ravishda fotorobotdan yuz tasvirini tanib olishning aniq bir samarali usuli mavjud emasligi, yuz tasvirini tanib olish bo'yicha hozirgi kunga qadar izchil izlanishlar olib borilayotgani, ushbu sohada yetarlicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borish kerakligini ko'rsatmoqda.

Uchinchi paragrafda fotorobotdan yuz tasvirini tanib olishning mavjud usullari tahlil qilingan. Fotorobotlarni tanib olish usullarini umumiy holda *qo'lda tayyorlangan xususiyatlar (Hand-Crafted Features)* va *(teran) o'rganishga asoslangan (learned features)* xususiyatlar bo'yicha tanib olishga ajratish mumkin. Qo'lda tayyorlangan xususiyatlar asosida tanib olish usullarini o'z navbatida *komponentga asoslangan (component-based)* va *yaxlitlikka asoslangan (holistik, holistic-based)* usullarga ajratiladi. 1-jadvalda mavjud an'anaviy va teran o'rganishga asoslangan fotorobotni tanib olish usullarining qiyosiy tahlili keltirilgan.

Yuqorida olingan tahlil natijalaridan quyidagi xulosalarni olish mumkin:

- fotorobotni tanib olishning aksariyat an'anaviy usullari asosan qarab chizilgan va yarim kriminalistik fotorobotlar uchun mo'ljallangan;
- yuqoridagi mulohaza fotorobotni tanib olishning an'anaviy usullarini kriminalistik muhitda foydalanish yuqori samara bermasligini anglatdi;
- teran o'rganishga asoslangan fotorobotni tanib olish usullari ko'p sonli namunalarni talab etadi va bu yetarlicha ko'p vaqt talab etadi;
- mavjud teran o'rganishga asoslangan fotorobotni tanib olish usullari odatdagi kriminalistik muhitda (yagona fotorobotdan chiziladi odatda) yuqori natijani qayd etmaydi.

1-jadval

An'anaviy va teran o'rganishga asoslangan fotorobotni tanib olish usullarining qiyosiy tahlili

№	Muallif, manba	Foydalanilgan usullar	Foydalanilgan bazalar	Aniqlik darajasi, %	Kamchiligi
1	2	3	4	5	6
1.	Tang va Wang	<i>Holistik</i> (Eigen almashtirishi)	CUHK	71	O'rganishda ko'p sonli fotorobotlar talab etiladi
2.	H. Kiani va bosh.	<i>Komponent</i> (LBP usulida)	CUFS CUFSF	99.51 91.12	Real sharoitlarda tajriba o'tkazilmagan
3.	Alex va bosh.	<i>Komponent</i> (LDoGBP usulida)	CUFS CUFSF	100 (top-5) 98.9 (top-10)	Real sharoitlarda tajriba o'tkazilmagan
4.	Galoogahi va bosh.	<i>Komponent</i> (HOAG usuli)	CUFS	100	Real sharoitlarda tajriba o'tkazilmagan
5.	Xu va bosh.	<i>Komponent</i> (HOG usuli)	UoM-SGFS PRIP-VSGC	96.7 (top-10) 88.6 (top-10)	Real sharoitlarda tajriba o'tkazilmagan
6.	Brendan va bosh.	<i>Komponent</i> (SIFT usuli)	CUHK	97.87 (asos algoritmi)	Real sharoitlarda tajriba o'tkazilmagan
7.	Aziz va bosh.	<i>Komponent</i> (SIFT usuli)	CUHK PRIP-HDC	96 57 (top-50)	Real sharoitlarda tajriba o'tkazilmagan va past aniqlash darajasi
8.	Kokila va bosh.	<i>Komponent</i> (SIFT+SURF usuli)	PRIP-HDC	54.54 (top-10)	Past aniqlash darajasi
9.	Mittal va bosh.	<i>Teran o'rganish</i> (avtokodlash + DBN)	E-PRIP	56 (Am)	Past aniqlash darajasi
10.	Galea va bosh.	<i>Teran o'rganish</i> (DCNN arxitektura)	PRIP-HDC	32.5	Past aniqlash darajasi

1	2	3	4	5	6
11.	Patil va bosh.	<i>Teran o'rganish (DCNN asosida)</i>	PRIP-HDC	97	Past aniqlash darajasi
12.	Wan va bosh.	<i>Teran o'rganish (VGG-Face tarmog'i)</i>	CUHK CUFSF	100 (top-30) 90 (top-25)	Real sharoitlarda tajriba o'tkazilmagan
13.	Mendez va bosh.	<i>Teran o'rganish (DEEPS va ResNet-Dlib arxitekturalari)</i>	UoM-SGFS PRIP-VSGC	100 (top-50) 85.1 (top-50)	Past aniqlash darajasi
14.	Fan va bosh.	<i>Teran o'rganish (Siamese CNN)</i>	Uom-SGFS PRIP-VSGC e-PRIP	64.15 (top-10) 78.64 (top-10) 85.33 (op-10)	Past aniqlash darajasi
15.	Fan va bosh.	<i>Teran o'rganish (SGCN model)</i>	UOM-SGFSA E-PRIP	(Quickshift) 76.66 (top-10) 80.83 (top-10)	Past aniqlash darajasi
16.	Sabri va bosh.	<i>Teran o'rganish (SCNN model)</i>	CUHK	100 (300 marta o'rganish davomida)	Real sharoitlarda tajriba o'tkazilmagan

Yuqorida olingan xulosalar fotorobotni tanib olishning teran o'rganishga asoslangan boshqa modellarini tadqiq etishni talab etadi. So'ngi yillarda teran o'rganish sohasi rivojlanishi bilan GAN (*Generative Adversarial Networks*) keng tarqalmoqda. Olib borilgan tahlil natijalari fotorobot asosida tanib olish usullarida GAN modelidan foydalanish yagona va eng samarali usul ekanligini ko'rsatmoqda.

Shundan kelib chiqib, GAN modelidan foydalangan holda fotorobot asosida shaxsni identifikatsiyalash tizimi ikki qismdan iborat bo'ladi:

1. GAN modeliga asoslangan kiruvchi fotorobotdan yuz tasvirini hosil qiluvchi qism.

2. Hosil qilingan yuz tasviri asosida shaxsni identifikatsiyalovchi qism.

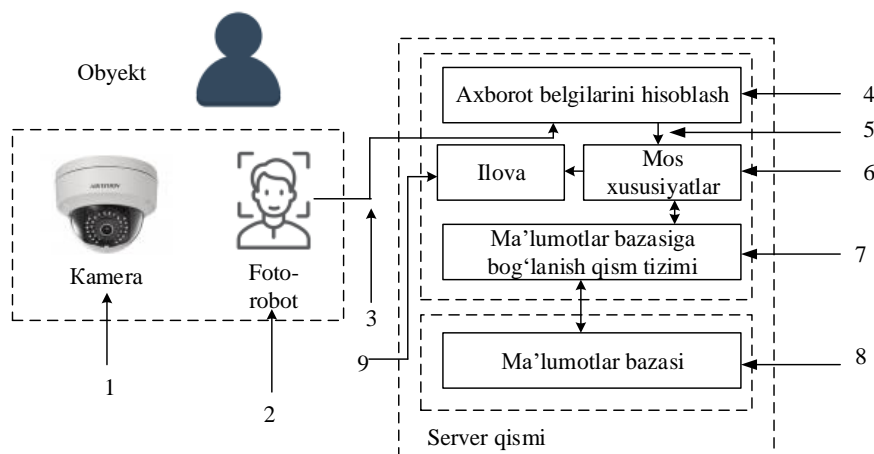
To'rtinchi paragrafda tadqiqot maqsadi va vazifalarining qo'yilishi keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Fotorobot asosida identifikatsiyalash tizimi xavfsizligini ta'minlash”** deb nomlangan ikkinchi bobida fotorobot asosida tanib olishning umumiy sxemasi, hujum nuqtalari asosidagi tahdid modeli, fotorobot asosida tanib olish tizimidagi mavjud tahdidlar va ulardan himoyalaniş choralari, fotorobot yordamida tanib olish tizimi uchun foydalanishni boshqarishning takomillashtirilgan modelini ishlab chiqish haqida to'xtalgan.

Birinchi paragrafda fotorobot asosida identifikatsiyalash tizimi uchun tahdid modeli taklif etilgan (2-rasm). Tahdidlarni modellashtirish odatda, ma'lum bir tahdid manbasiga (yoki bir nechta manbalarga) tegishli bo'lgan vaqt va diskret tahdid hodisalari to'plamidan iborat tahdid ssenariylariga tayanadi. Tahdid ssenariylari og'zaki, grafik yoki iyerarxik tuzilishi yordamida ifodalanadi.

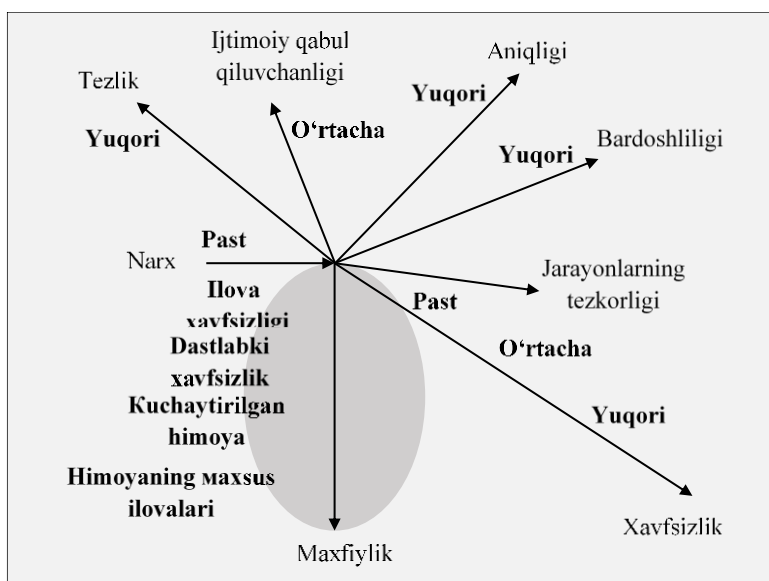
Yuqoridagi barcha hujumlar, fotorobotni hosil qilish qurilmasiga qaratilgan hujumdan tashqari, barcha biometrik tizimlar uchun deyarli umumiy. Biometrik tanib olish tizimlarini bunday hujumlardan himoya qilish uchun shifrlash usullaridan foydalanish lozim. Tanish obyekti sifatida yuz tasviridan

foydalanadigan biometrik tizimlar uchun eng katta tahdid fotorobotni hosil qilish qurilmasiga qaratilgan qalbakilashtirish hujumlaridir.



2-rasm. Fotorobotni tanib olish tizimida hujum nuqtalari asosidagi tahdid modeli

Ikkinchi paragrafda fotorobot yordamida tanib olish tizimi xavfsizligini baholash omillarining o'zaro bog'liqligini aniqlangan (3-rasm). Fotorobot yordamida tanib olish tizimi xavfsizligini baholash modeli to'qqizta asosiy tashkil etuvchidan iborat: narx, foydalanuvchanlik, tezlik, ijtimoiy qabul qilinishi, aniqlik, bardoshlilik, jarayonlarning tezkorligi, xavfsizlik, maxfiylik.



3-rasm. Fotorobot yordamida tanib olish tizimi xavfsizligini baholash omillarining bog'langanlik sxemasi

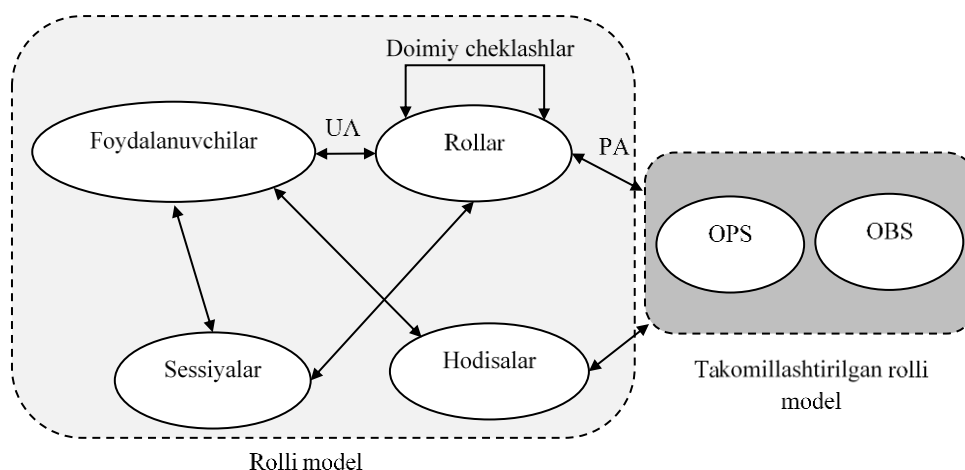
Fotorobot asosida identifikatsiyalash tizimlarida tezlik yuqori bo'lishi talab etiladi. Lekin, ayrim algoritmlar tezligi past bo'lsada aniqligi yuqori. Ushbu holatda asosiy e'tibor aniqlikka qaratiladi. Ijtimoiy qabul qilinuvchanlik odatiy identifikatsiya tizimlariga ta'luqli, fotorobot asosida identifikatsiyalash esa, odatda huquqni muhofaza qiluvchi tashkilotlar tomonidan qo'llanilganligi bois, oddiy odamlarga ushbu xususiyatga nisbatan ahamiyatsiz. Shuningdek, turli xalaqitlar va tahdidlarga tizimning bardoshlilik yuqori bo'lishi lozim. Barcha talablarni bajargan holda ilova narxining past bo'lishi asosiy ko'rsatkich sanaladi.

Ilova va ma'lumotlar bazasi xavfsizligini turli usul va vositalar yordamida ta'minlash muhim hisoblanadi. Chunki, bazadagi ma'lumotlarni olish va uni o'g'irlashga qiziqishlar yuqori bo'ladi.

Uchinchi paragrafda fotorobot asosida identifikatsiyalash tizimi uchun foydalanishni boshqarishning takomillashtirilgan modeli taklif etilgan (4-rasm). Huquqlarni taqsimlashni rolli modelga tadbiq etish ketma-ketligi quyidagicha amalga oshiriladi: talablarni identifikatsiyalash, avtorizatsiyalash va tasdiqlash, loyihalashtirish va ishlab chiqish, tahlillash, tekshirish va tasdiqlash, ishlab chiqarishga joriy etish.

Ushbu sxemada, UA – avtorizatsiyalangan foydalanuvchilar to'plami, PA – avtorizatsiyalangan vakolatlar to'plami. Huquqlarni taqsimlash yondashuvida OPS (vakolatlariga ruxsat berildi) va OBS (vakolatlar qaytarildi) imkoniyatlari asosida huquqlar qayta ko'rib chiqiladi. Ushbu sxemada rollar iyerarxiyasi quyidagicha ifodalanadi:

$$Op(vakolat: ruhsatlar) \rightarrow \{op \subseteq Ops\}$$



4-rasm. Takomillashtirilgan rolli model sxemasi

Foydalanuvchilarni jarayonlarga biriktirgandan so'ng, jarayonlar foydalanuvchilar tarmog'iga qaytariladi va u quyidagicha ifodalanadi:

$$UA \subseteq Foydalanuvchilar$$

Avtorizatsiyalangan foydalanuvchilarga "x" rollari taqdim etiladi. Ularga vakolatlar esa, quyidagi ketma-ketlik asosida taqdim etiladi:

$$PA \subseteq Vakolatlar$$

Keltirilgan foydalanuvchilarni nazoratlash modeli ko'pfoydalanuvchili tizimlarda tizim va undagi ma'lumotlar xavfsizligini ta'minlashda yetarli sanaladi. Chunki undagi yagona foydalanuvchi qolganlarning ishtiroki yoki ruxsatisiz vakolatini oshirishi mumkin emas. Tizim xavfsizligi uchun xavfli vaziyatlar yuzaga kelganda huquqlarni taqsimlangan holda bajarishga katta yordam beradi.

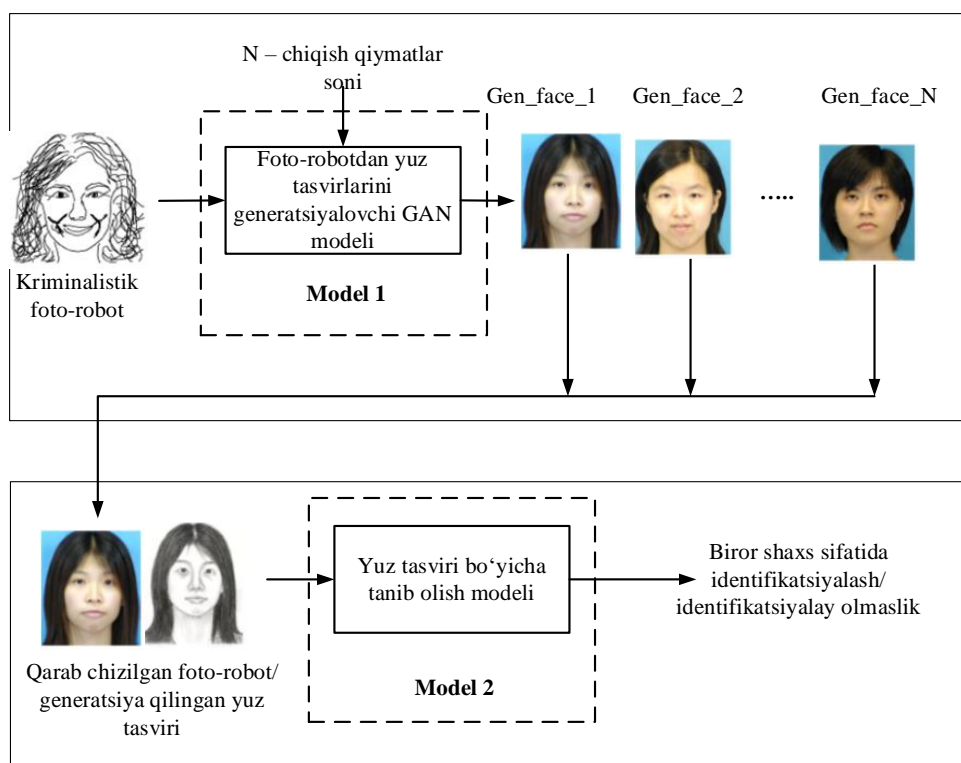
Dissertatsiyaning "**Fotorobot asosida shaxsni identifikatsiyalash modeli va algoritmi**" deb nomlangan uchinchi bobida kriminalistik fotorobotdan bir nechta nomzod yuz tasvirlarini generatsiyalash imkoniyatiga ega samarali model

hamda qarab chizilgan fotorobot va yuz tasviri asosida shaxsni identifikatsiyalash modeli va algoritmini ishlab chiqish masalasi ko‘rib chiqilgan.

Birinchi paragrafda fotorobot asosida shaxsni identifikatsiyalash jarayonining umumiy tavsifi keltirilgan. Birinchi bobda fotorobot asosida shaxsni identifikatsiyalash jarayoni ikki qismdan (model) iborat ekanligi aytilgan edi. Ushbu jarayonning batafsil tavsifi 5-rasmda keltirilgan.

Fotorobot asosida identifikatsiyalashning ikki qismga ajratilganligi quyidagilarga asoslanadi:

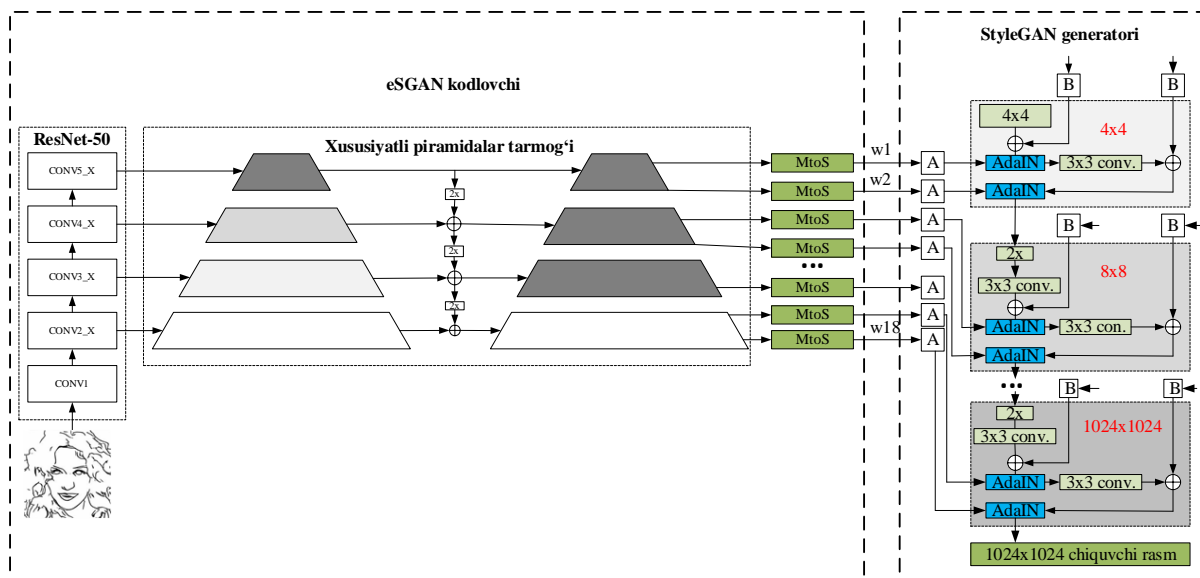
1. Kriminalistik fotorobotda shaxsni bevosita aniqlash uchun yetarli yuz xususiyatlarini mavjud emasligi.
2. Fotorobotdan ko‘p sonli yuz tasvirlarini hosil qilish identifikatsilash aniqligini oshirishi.
3. Fotorobotdan bevosita identifikatsiyalash usullarining aniqlik darajasini pastligi.



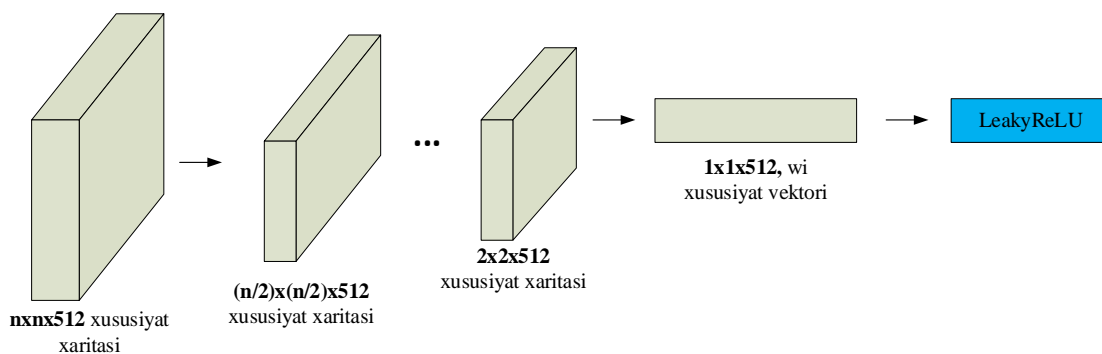
5-rasm. Fotorobot asosida identifikatsiyalash jarayoni

Ikkinchi paragrafda GAN modeliga asoslangan fotorobotdan yuz tasvirini hosil qilish modeli taklif etilgan. Taklif etilayotgan fotorobot asosida yuz tasvirini generatsiyalash modeli (*kodlovchi (encoding) StyleGAN, eSGAN*) oldindan o‘rgatilgan StyleGAN generatori va $\mathcal{W} +$ yashirin fazoga asoslangan. Buning uchun har bir tasvirni yashirin domendagi aniq kodlash bilan moslashtirish uchun kuchli kodlovchi (*encoder*) kerak bo‘ladi. Buni amalga oshirishning oddiy usuli - kodlash tarmog‘ining so‘ngi sathidan olingan yagona 512 o‘lchamli vektor yordamida bevosita kiruvchi tasvirni $\mathcal{W} +$ fazoga kodlash hisoblanib, shu bilan 18 ta stil vektorlari birgalikda o‘rganiladi. Biroq, bundan arxitektura kuchli bo‘shliqni keltirib chiqaradi va bu asl tasvirning muhim tavsilotlarini to‘liq aks ettirishni qiyinlashtirib, rekonstruksiya sifatini cheklaydi.

StyleGAN arxitekturasida mualliflar turli stillardagi ma'lumotlar turli darajadagi ma'lumotlarga mos kelishini ko'rsatib, ularni taxminiy 3 guruhga ajratgan: dag'al (*coarse*), o'rtacha (*medium*) va ajoyib (*fine*). Ushbu kuzatishlardan so'ng taklif etilayotgan modelda tayanch kodlovchi xususiyatlar piramidasi bilan kengaytirilgan. Bunda 6-rasmda keltirilganidek sodda oraliq tarmoq - *MtoS*, yordamida ajratilgan stillardan xususiyatlar xaritasining 3 ta darajasi hosil qilinadi. Iyerarxik tuzilishda o'tkazilgan stillar chiqishdagi tasvirni hosil qilish uchun uning masshtabiga mos ravishda generatorga kiritiladi. Kirish piksellaridan chiqish piksellarini olishda jarayon oraliq *stillar* orqali o'tadi.



a) eSGAN kodlovchili StyleGAN model arxitekturasida



b) MtoS akslantirishi

6-rasm. Taklif etilgan eSGAN kodlovchili StyleGAN model arxitekturasida (a) va MtoS akslantirishi (b)

Xususiyatlar xaritasi dastlab ResNet tarmog'i orqali standart xususiyatlar piramidasi yordamida ajratiladi. 18 stilning har biri uchun kichik xaritalash tarmog'i o'rganilgan stillarni mos keladigan xususiyat xaritasidan ajratib olish uchun o'rgatiladi. Bu yerda, (0-2) stillar kichik xususiyatlar xaritasidan, (3-6) stillar o'rta xususiyatlar xaritasidan va (7-18) stillar katta xususiyat xaritasidan ajratiladi. *MtoS* – xaritalash tarmog'i, kichik to'liq konvolyusion tarmoq bo'lib, u 2 bosqichli konvolyutsilar to'plamidan so'ng LeakyReLU aktivatsiya

funksiyasidan foydalanish bilan fazoviy o'lchamni kamaytiradi. Har bir generatsiya qilingan 512 o'lchamli vektor o'zining mos keladigan affin transformatsiyasi, A , dan boshlab kiritiladi.

Taklif etilgan modelda ham StyleGAN modelidagi kabi, \bar{w} parametrni oldindan tayyorlangan generatorning o'rtacha stil vektori sifatida belgilaymiz. Berilgan kirish tasviri x uchun modelning chiqishi quyidagicha ifodalanadi:

$$eSGAN(x) := Generator(Kodlovchi(x) + \bar{w})$$

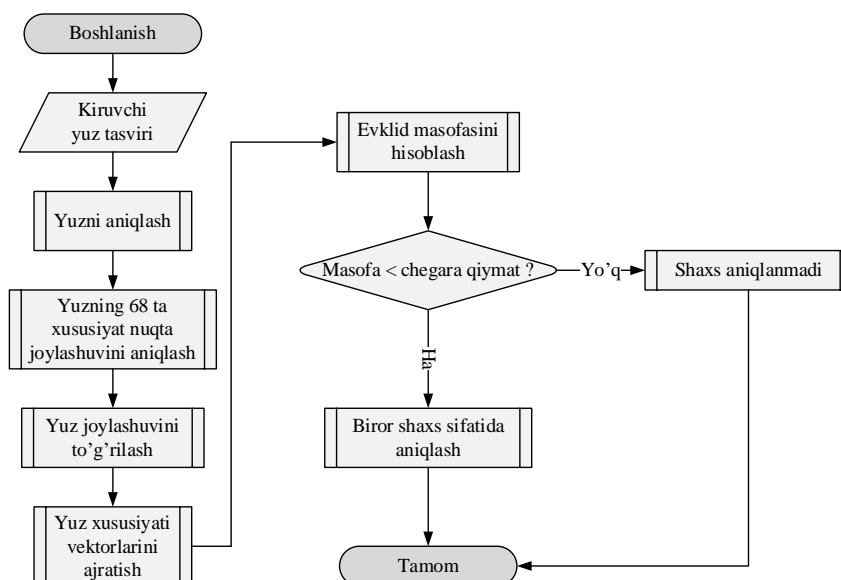
Bu yerda, $Kodlovchi()$ va $Generator()$ lar mos ravishda enkoder va StyleGAN generatorini ifodalaydi. Ushbu ifodada taklif etilgan enkoder o'rtacha stil vektoriga nisbatan yashirin kodni o'rganishga qaratilgan.

Umumiy holda, taklif etilgan modelda piksel bo'yicha (*pixel-wise*) yo'qotish funksiyasi, LPIPS yo'qotish funksiyasi, tartibga solish (*regularization*) yo'qotish funksiyasi va maxsus tanib olish yo'qotish funksiyalarining yig'indisidan foydalanilgan:

$$\mathcal{L}(x) = \lambda_1 \mathcal{L}_2(x) + \lambda_2 \mathcal{L}_{LPIPS}(x) + \lambda_3 \mathcal{L}_{reg}(x) + \lambda_4 \mathcal{L}_{ID}(x)$$

Bu yerda, λ_1 , λ_2 , λ_3 va λ_4 - o'zgarmaslar bo'lib, yo'qotish og'irligini aniqlaydi.

Uchinchi paragrafda yuz tasviri va fotorobot asosida identifikatsiyalash modeli va algoritmi keltirilgan. Taklif etilgan yuz tasvirini tanib olish algoritmining umumiy ko'rinishi 7-rasmda keltirilgan.



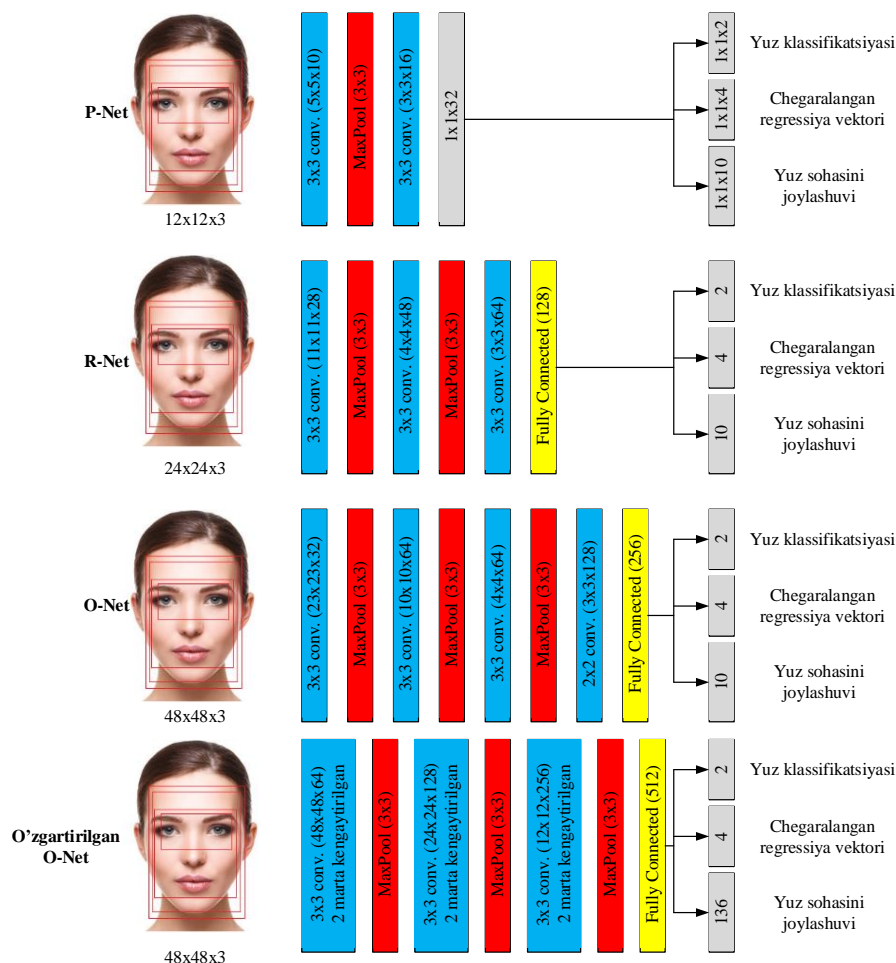
7-rasm. Yuz tasvirini tanib olish algoritmi

Yuz tasvirini tanib olishda dastlabki amalga oshiriladigan jarayonlardan birinchisi va muhimi - yuz tasvirini aniqlash bo'lib, uning qator an'anaviy va teran o'rganishga asoslangan usullari mavjud. Yuz tasvirini aniqlashning ananaviy usuli resurs nuqtai nazaridan samarador bo'lsada, yuqori aniqlikni qayd etmaydi. Shuning uchun, odatda teran o'rganishga asoslangan yuz tasvirini aniqlash usullaridan foydalaniladi. Ushbu tadqiqot ishida ham yuzni aniqlashda CNN (*convolutional neural network*) modeliga asoslanilgan. CNN modelining ko'plab modifikatsiyalangan variantlari mavjud bo'lib, ular orasida MTCNN (*multi-task*

cascaded convolutional neural network) yuz tasvirining 5 ta muhim nutqasini ajratishi bilan ajralib turadi.

MTCNN modeli natijasida taqdim etilgan 5 ta muhim nuqta yuzni turli holatlarda aniqlash imkonini bermaydi. 5 ta yuz xususiyatining o'rniga 68 ta eng muhim yuz belgilarini ajratib olish uchun MTCNN modelining O-Net tarmog'ini ikkita 3×3 konvolyutsiya qatlamidan (*convolution layer*) foydalangan holda kengaytirish va konvolyutsiya filtrlari sonini ko'paytirish taklif etiladi. Bu ikkinchi 3×3 konvolyutsiya qatlamiga 5×5 konvolyutsiya qatlamini ishlatishdan ko'ra kamroq parametrlarga ega 5×5 mintaqani ko'rish imkonini beradi (8-rasm).

Shunga qaramay, tarmoqning kengayishi bilan parametrlar soni tabiiy ravishda oshgani bois tarmoqni kengaytirish chegarasi mavjud. Bunga yo'l qo'ymaslik uchun taklif etiladigan modelda kichik yuz sohaslarini e'tiborsiz qoldirib, O-Net tomonidan yaratilgan yuz sohasi nomzodlari sonini kamaytiriladi. O-Net-ni boshqarishda ishlov berish vaqti va aniqlash darajasi o'rtasida kelishmovchilik mavjud bo'lsada, real vaqt rejimida ishlov berish xususiyatini saqlab qolgan holda faqat parametr raqamlarini o'zgartirish orqali erishish mumkin bo'lgan ajratib olish samaradorligi chegarasi mavjud. Shunday qilib, parametrlar sonini sezilarli darajada ko'paytirmasdan real vaqt rejimida yuz belgisi nuqtasini ajratib olishning aniqligini oshirish uchun taklif etilgan modelni ikkita konvolyutsiya texnikasi - kengaytirilgan konvolyutsiya (Dilated Convolution) va CoordConv bilan to'ldiriladi.



8-rasm. Taklif etilayotgan modelning arxitekturasini

MTCNN modelida Evklid masofasini hisoblash tengligidan yo‘qotish funksiyasi sifatida foydalanilgan. Biroq, mazkur holda koordinatalar y o‘qiga nisbatan simmetrik bo‘lgani uchun ularning x o‘qi koordinatalari ko‘pincha y o‘qi koordinatalari bilan solishtirganda to‘g‘ri o‘rganilmagani bois, ko‘p holatlarda noto‘g‘ri natija qaytaradi. Shu bois taklif etilgan modelda quyida keltirilgan Manhattan masofasidan foydalanildi:

$$Loss\ function\ (p, \check{p}) = \frac{1}{68} \sum_{i=1}^{68} \frac{\alpha |x_i - \check{x}_i|}{W} + \frac{\beta |y_i - \check{y}_i|}{H}$$

Bu yerda, $Loss\ function\ (p, \check{p})$ - 68 ta yuz tasviri xususiyatiga ega ikki p va \check{p} , to‘plamlarning normal yo‘qotishini taqdim qiladi. p - model tomonidan taqdim etilgan to‘plam bo‘lsa, \check{p} - haqiqiy to‘plam (*ground truth*), x va y xususiyatlarning koordinatalari. α va β lar x va y -o‘qlarining og‘irliklari bo‘lib, ularning yig‘indisi 1 ga teng. W va H lar esa tasvirning eni va bo‘yini ifodalaydi.

Dissertatsiyaning **“Fotorobot bo‘yicha identifikatsiyalash dasturiy vositasi va uni joriy etishdan olingan natijalar”** deb nomlangan to‘rtinchi bobida kriminalistik fotorobotdan yuz tasvirini generatsiyalash modeli asosida ishlab chiqilgan dasturiy vosita va ushbu ishlab chiqilgan dasturiy vositadan olingan tajriba-hisoblash va amaliyotga joriy etish natijalari keltirilgan.

Birinchi paragrafda fotorobotdan yuz tasvirlarini hosil qilish modeli asosida ishlab chiqilgan dasturiy vosita va uni joriy etishdan olingan natijalar tahlili keltirilgan. Tahlil olib borish uchun dastlab CelebA-HQ bazasidagi namunalardan “qalamdan fotorobot” (*pencil sketch*) filteridan foydalanilib fotorobot namunalari hosil qilindi.

Ishlab chiqilgan fotorobot asosida yuzni hosil qilish modelining dasturiy vositasidan olingan natijalar mavjud bo‘lgan pix2pixHD va DeepFace modellarining dasturiy vositasidan olingan natijalar bilan taqqoslandi. Bundan tashqari, old-ko‘rinishda bo‘lmagan (*non-frontal*) fotorobotdan yuz tasvirini hosil qilish bo‘yicha ham taqqoslashlar olib borildi. Taqqoslashlar natijasida taklif etilgan modeldan olingan natijalar mavjudlaridan yuqori ekanligi aniqlandi.

Ishlab chiqilgan modelning dasturiy vositasini mavjud model dasturiy vositalari bilan ishlash xususiyatlari bo‘yicha taqqoslashlar amalga oshirildi. Olingan natijalarning qiyosiy tahlili 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Modellarning ishga tushish vaqtlari bo‘yicha qiyosiy tahlili

№	Model nomi	Ishga tushish vaqti (sek)	1 ta namunani hosil qilish vaqti (sek)	Aniqlik ko‘rsatkichi (%)
1.	pix2pixHD	42	10.36	69.0 (345)
2.	DeepFace	40	10.76	86.0 (420)
3.	Taklif etilgan	36	9.63	95.0 (475)

Jadvalda keltirilgan natijadan ko‘rish mumkinki, taklif etilgan model aniqlik ko‘rsatkichi bo‘yicha mavjudlaridan yuqori natija qayd etgan.

Ikkinchi paragrafda taklif etilgan teran o‘rganishga asoslangan yuzni tanib olish algoritmining dasturiy vositasidan olingan natijalar keltirilgan. Dastlab yuz tasvirini aniqlash modelining tahlili bilan tanishib chiqiladi. Buning uchun ikkita

yuz tasviri bazalaridan: Helen va 300-W, foydalanildi. Taqqoslashlar MND (*mean normalized distance*, oʻrtacha normallashtirish masofasi) kattalik asosida aniqlandi. Olingan natijalar 3-jadvalda keltirilgan. Tahlil natijalari taklif etilgan modelning aniqligini yaxshi darajada ekanligini koʻrsatadi. Bu yerda, Dlib modeli 300-W bazasida oʻqitilgani bois, uning uchun natija keltirilmadi.

3-jadval

Yuz tasvirini aniqlash modellarining qiyosiy tahlili (qancha kichik qiymat boʻlsa shuncha yaxshi)

Modellar	MND	
	Helen	300-W
DRMF (Discriminative Response Map Fitting)	6.70	9.22
SDM (Supervised Descent Method)	5.50	7.50
CFSS (Coarse-to-Fine Shape Searching)	4.63	5.76
Dlib	4.47	-
TCDCN (Tasks-Constrained Deep Convolutional Network)	4.60	5.54
Taklif etilgan model	4.65	5.59

Bundan tashqari, taqqoslashlar modellarning tezkorligi boʻyicha ham amalga oshirildi. Buning uchun aniqlangan yuz xususiyatlari nuqtalari va sekundiga nechta freymlarni koʻrib chiqish (*frames processed per second, fps*) soni kattaliklari tanlab olindi. Olingan natijalar 4-jadvalda keltirilgan. Olingan natijalar taklif etilgan modelning tezkorligi yuqoriligini koʻrsatadi.

4-jadval

Modellarning tezkorlik boʻyicha tahlili

	Taklif etilgan model	TCDCN	Dlib
Aniqlangan xususiyatlar soni	68	68	68
Tezkorlik (fps)	68	23	15

Quyida esa taklif etilgan yuz tasvirini tanib olish tizimini baholash masalasi bilan tanishib chiqiladi. Testlashni amalga oshirish uchun LFW, CALFW bazalaridan foydalanildi. Bundan tashqari, ishlab chiqilgan usul qarab chizilgan fotorobotlar bazasi CUHK uchun ham amalga oshirildi. Ushbu baza 88 ta yuz tasviri va uning qarab chizilgan fotorobotidan iborat. Olingan natijalar 5-jadvalda aks ettirilgan.

5-jadval

Yuz tasvirini tanib olish tizimini baholash natijalari

№	Usullar	LFW	CALFW	CUHK
1.	CosFace	99.81	95.78	58.33
2.	ArcFace	99.83	95.45	41.85
3.	AFRN	99.85	96.30	68.78
4.	MagFace	99.78	96.15	68.68
5.	Taklif etilgan usul	99.83	96.38	70.53

Uchinchi paragrafda ishlab chiqilgan dasturiy vositalarni amaliyotda joriy etishdan olingan natijalar tahlili keltirilgan. Ishlab chiqilgan modellar amaliyotda turli tashkilotlar faoliyatida tatbiq etildi.

Oʻzbekiston Respublikasi Tashqi ishlar vazirligi Axborot kommunikatsiya texnologiyalari boshqarmasi tomonidan ““Deep Learning” texnologiyasi asosida

yuz tasvirini tanib olish” dasturiy vositasi yordamida mijozlarni identifikatsiyalash tekshirildi. Dasturiy vosita fuqorolarni identifikatsiyalash jarayonida 96.08% aniqlik ko‘rsatkichini taqdim etdi.

Kriminalistik fotorobotdan bir nechta nomzod yuz tasvirlarini generatsiyalash imkoniyatiga ega samarali model asosida ishlab chiqilgan dasturiy vosita O‘zbekiston Respublikasi Ichki ishlar vazirligi Tezkor-qidiruv departamenti Kiberxavfsizlik markazi amaliy faoliyatida tatbiq etildi. Ishlab chiqilgan dasturiy vosita qo‘lda chizilgan shaxs fotorobotidan uning yuz tasvirini avtomatlashtirilgan tarzda yuqori aniqlik (mavjudlariga nisbatan 9% yuqori) bilan generatsiyalashga imkon bergan.

Bundan tashqari, yuz tasviri bo‘yicha identifikatsiyalash tizimi “Radioaloqa, radioeshittirish va televideniya markazi” DUK faoliyatida tatbiq etildi. Tashkilotga kirishda xodimlarni identifikatsiyalashda foydalanilgan dasturiy vosita to‘plangan tashkilot xodimlari yuz tasvirlari doirasida 96.7% aniqlik qayd etgan.

XULOSA

“Shaxsning fotoroboti asosida identifikatsiyalashning samarali model va algoritmlari” mavzusidagi dissertatsiya ishi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar taqdim etildi:

1. Fotorobot asosida shaxsni identifikatsiyalash tizimi uchun tahdid modeli ishlab chiqildi. Ishlab chiqilgan model fotorobot asosida shaxsni identifikatsiyalash tizimiga bo‘lishi mumkin bo‘lgan tahdidlardan himoyalash imkonini bergan.

2. Fotorobot yordamida tanib olish tizimining xavfsizligini baholash omillarining o‘zaro bog‘liqligi belgilandi. Aniqlangan bog‘liqlik fotorobot yordamida tanib olish tizimini qurishda muhim bo‘lgan omillarni boshqarish va tahlil qilish imkonini bergan.

3. Fotorobot yordamida tanib olish tizimi uchun foydalanishni boshqarishning rollarga asoslangan modeli foydalanuvchi huquqlarini taqsimlash asosida takomillashtirildi. Uning natijasida yagona xodim barcha vakolatlarga egalik qilmasligi va qarorni jamoaviy qabul qilishi ta’minlangan.

4. Kriminalistik fotorobotdan bir nechta nomzod yuz tasvirlarini generatsiyalash imkoniyatiga ega, samarali model ishlab chiqildi. Ishlab chiqilgan model yuqori tezkorlikka ega bo‘lib, mavjudlariga nisbatan 9% yuqori aniqlik darajasini ko‘rsatgan.

5. Qarab chizilgan fotorobot va yuz tasviri asosida shaxsni identifikatsiyalash modeli va algoritmi ishlab chiqildi. Ishlab chiqilgan algoritmi yuzni aniqlashda mavjudlariga nisbatan yuqori tezkorlikni qayd etib, shaxslarni tanib olishda 96.08% aniqlik darajasini ko‘rsatgan.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc. 13/30.12.2019.Т.07.02
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

ДАВРОНОВА ЛОЛА УКТАМОВНА

**ЭФФЕКТИВНЫЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ
НА ОСНОВЕ ФОТОРОБОТА ЧЕЛОВЕКА**

05.01.05 – Методы и системы защиты информации. Информационная безопасность

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент-2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве Высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № B2023.3.PhD/T3876.

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tuit.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель:

Иргашева Дурдона Якубджановна
доктор технических наук (DSc), профессор

Официальные оппоненты:

Керимов Камил Фикратович
доктор технических наук (DSc), доцент

Бойкузиев Илхом Марданокулович
доктор философии технических наук (PhD)

Ведущая организация:

ООО «UNICON.UZ» - Центр научных-технических и маркетинговых исследований

Защита диссертации состоится «__» _____ 2023 года в ____ часов на заседании Научного совета DSc. 13/30.12.2019.T.07.02 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; e-mail: tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер № ____). (Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43).

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2023 года.

(протокол рассылки №__ от «__» _____ 2023 года.)

Б.Ш. Махкамов

Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, доктор экономических наук, профессор

М.С.Саиткамоллов

Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, доктор экономических наук, доцент

С.К. Ганиев

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире при раскрытии преступлений и выявлении преступников возрастает важность использования технологических решений. В частности, по данным Passport-Photo.Online сведениям, «после запуска системы распознавания лиц Интерпола в конце 2016 года было идентифицировано около 1,5 тысяч разыскиваемых лиц, преступников, террористов и пропавших без вести или скрывающихся от правосудия лиц»³. Это требует внедрения современных технологий распознавания лиц по изображениям, в частности, нарисованным от руки (*фотороботами*), а также совершенствования существующих. В настоящее время в таких странах, как США, Индия, Китай и Южная Корея широко используются инструменты идентификации преступников на основе фотороботов.

Системы распознавания личности по фотороботу, используются в правоохранительных органах как один из основных механизмов криминалистики. В частности, традиционные методы, основанные на выделении важных информативных признаков, широко используются при распознавании личности на основе фотороботов. Однако, из-за отсутствия специфических особенностей лиц, в нарисованных от руки изображениях они считаются малоэффективными. Это требует новых подходов к решению данных проблем, в частности, внедрения методов глубокого обучения (*deep learning*) в процессе восстановления изображения лица с фоторобота.

В нашей республике ведутся исследования методов распознавания по изображению лица, а также принимаются масштабные меры по внедрению систем аутентификации и идентификации лица. Стратегия развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы предусматривает «Разработку стратегии кибербезопасности Республики Узбекистан на 2023-2026 годы, пересмотр уголовной ответственности за киберпреступления, внедрения системы мониторинга кибератак и угроз в информационном пространстве»⁴. При решении этих задач вопросы аутентификации, в том числе обеспечение подлинности пользователей, являются одними из важнейших.

Данное диссертационное исследование служит в определенной степени для реализации задач, утвержденных в государственных нормативных документах связанных с этой деятельностью, в Законе Республики Узбекистан №3 РУ-764 от 15 апреля 2022 года «О кибербезопасности», в Указе Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 - 2026 годы», а также в Постановлении Кабинета Министров № 343 от 7 мая 2018 года «Об организации поэтапных мер и единого технологического подхода по реализации проекта «Безопасный город»».

³ <https://passport-photo.online/blog/facial-recognition-statistics/#gref>

⁴ <https://lex.uz/docs/5841063>

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Исследованиями проблемы создания фоторобота, его распознавания и идентификации занимались известные зарубежные ученые. Х. Тангом и Х. Вангом, Х. Киани, А. Т. Алекс, К. Галугахи, Дж. Си, К. Брендан. Кроме того, ими были разработаны модели и методы, позволяющие сократить разницу между фотороботом и изображением лица, предотвратить ошибки и повысить точность распознавания.

В Узбекистане научные исследования по основным процессам информационной безопасности, по распознаванию изображений лиц проводились научными коллективами под руководством С.К.Ганиева, М.М.Каримова, К.А.Ташева, Д.Я.Иргашевой, Ш.З.Исламова.

Наряду с этим, недостаточно внимания уделялось разработке методов, моделей идентификации личности на основе фоторобота, основанных на глубоком обучении, вопросам разработки модели угрозы для системы идентификации личности на основе фоторобота.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнялась в рамках научно-исследовательской работы №FZ-201907178 – «Создание алгоритмов и программного обеспечения для распознавания личности на основе обработки изображений лица» (2020-2022) и №IL-402104498- «Совершенствование механизма аутентификации в платежных системах на основе нейронных сетей» (2021-2023) выполненных в Ташкентском университете информационных технологий.

Целью исследования является разработка моделей и алгоритмов, позволяющих повысить эффективность идентификации личности посредством фоторобота.

Задачи исследования:

разработка модели угроз для системы идентификации личности на основе фоторобота;

определение взаимозависимости факторов оценки безопасности системы распознавания с помощью фоторобота;

совершенствование модели управления на основе использования системы идентификации фоторобота;

разработка эффективной модели создания изображения лица посредством фоторобота;

разработка модели и алгоритма распознавания личности по изображению, созданному фотороботом.

Объектом исследования является процесс идентификации личности на основе изображения лица.

Предметом исследования являются создание эффективной модели и алгоритма распознавания изображения лица фоторобота.

Методы исследования. В процессе исследования использовались дискретная математика, обработка изображений, методы распознавания образов, моделирования, искусственный интеллект и объектно-ориентированные языки программирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана модель угроз, направленная на системы идентификации на основе фотороботов с учетом существующих угроз;

разработана схема определения взаимосвязи факторов оценки безопасности системы распознавания фоторобота с учетом генерации черт лица;

усовершенствована модель управления доступа для системы идентификации на основе фоторобота с учётом распределения прав пользователей;

разработана эффективная модель способная генерировать несколько изображений лиц-кандидатов из криминалистического фоторобота с помощью генератора на основе стиля;

разработана модель и алгоритм для обнаружения и распознавания изображения личности на основе нарисованного от руки фоторобота и изображения лица, за счет увеличения количества важных характеристик лица.

Практический результат исследования заключается в следующем:

разработана эффективная модель и ее программное обеспечение, способная генерировать несколько потенциальных изображений лица фоторобота из сферы криминалистики;

на основе фоторобота и изображения лица была разработана модель идентификации личности, алгоритм и его программное обеспечение.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается корректностью поставленных задач, сравнительным анализом, результатами, полученными при внедрении, результатами расчетов, полученными в выбранных условиях.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования объясняется разработкой модели угроз для систем идентификации на основе фоторобота и изображения лица, схемы взаимозависимости факторов оценки ее защищенности, усовершенствованного алгоритма управления доступа, а также алгоритмов формирования и распознавания изображений лиц от фоторобота.

Практическая значимость результатов исследования объясняется тем, что программное обеспечение, разработанное на основе предложенной модели и алгоритмов, может быть использовано в правоохранительных органах для идентификации преступников с помощью фоторобота.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по диссертационной работе разработана модель

безопасности с учетом существующих угроз, направленная на системы идентификации на базе фоторобота и распознавания изображений лица на основе фотороботов:

Программное обеспечение, разработанное на основе модели и алгоритма идентификации личности, по фотороботу и изображению лица, внедрено в практическую деятельность Департамента информационно-коммуникационных технологий Министерства иностранных дел Республики Узбекистан (справка Министерства Цифровых технологий Республики Узбекистан от 7 сентября 2023 года 33-8/6134). В результате научных исследований программное обеспечение позволило идентифицировать граждан с точностью 96.08%;

Программное обеспечение, разработанное на основе эффективной модели создания фоторобота, способное генерировать несколько изображений лиц кандидатов из сферы криминалистики, внедрено в практическую деятельность Центра кибербезопасности Министерства внутренних дел Республики Узбекистан (справка Министерства Цифровых технологий Республики Узбекистан от 7 сентября 2023 года 33-8/6134). В результате научного исследования было создано несколько изображений лиц подозреваемых с фоторобота, нарисованных на основе слов свидетелей, с точностью на 9% большей по сравнению с существующими;

Программное обеспечение, разработанное на основе модели и алгоритма идентификации личности, внедрено в деятельность «Центра радиосвязи, радиовещания и телевидения» ГУП (справка Министерства Цифровых технологий Республики Узбекистан от 7 сентября 2023 года 33-8/6134). В результате научных исследований удалось с точностью 96.7% идентифицировать сотрудников при входе в организацию.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждались на 3 международных и 14 республиканских научно-технических и научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. Основные результаты исследования опубликованы в 30 научных работах, 11 из которых опубликованы в журналах из перечня научных изданий рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов доктора философии диссертации, в том числе 5 в зарубежных и 6 в республиканских журналах, а также получены 2 свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа содержит 103 страниц и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, приведена совместимость исследования с приоритетными направлениями развития науки и техники Республики Узбекистан, определены цель и задачи

исследования. Охарактеризована научная новизна и показана практическая значимость результатов работы, сформулированы основные научные положения, выносимые на защиту, приведены результаты внедрения исследований, сведения об опубликованности результатов и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Проблемы идентификации личности на основе фоторобота в криминалистике**» описаны проблемы, связанные с криминалистической идентификацией, состояние применения биометрических параметров, используемых в криминалистике при идентификации личности, анализ и проблемы методов идентификации личности на основе фоторобота.

В первом параграфе содержатся сведения об области криминологии, ее основной задаче, методах выявления и идентификации преступников в криминологии, а также следующих проблемах, связанных с выявлением преступников. На рис. 1 представлена классификация методов идентификации подозреваемых в криминалистике.



Рис. 1. Классификация методов идентификации подозреваемых

Во втором параграфе представлен анализ биометрических параметров, используемых при идентификации подозреваемого в криминалистике. В процессе анализа обнаруживаются отпечатки пальцев, оставленные на месте преступления или на предмете, ДНК-тестирование, голосовые данные преступника, зафиксированные на различных устройствах, данные подписи, зафиксированные преступником в документах, ложные сведения, изучены данные строения лица свидетелями о внешности преступника.

Примерное изображение лица, сформированное на основе информации, предоставленной свидетелями, называется фотороботом подозреваемого, и существует два способа его создания: *нарисованное от руки (hand-drawn)* и *сгенерированное программным обеспечением (software generated)*.

По методу синтеза фоторобота можно разделить на три категории: рассматриваемый эскиз (*viewed sketch*), полукриминалистический эскиз (*semi-forensic sketch*) и криминалистический эскиз (*forensic sketch*).

Аналитические данные показывают, что в отличие от биометрических параметров не существует конкретного эффективного метода распознавания изображений лица от фоторобота, проводятся

последовательные исследования по распознаванию изображений лица, и в этой области необходимо провести достаточную научно-исследовательскую работу.

В третьем параграфе анализируются существующие методы распознавания изображения лица с помощью фоторобота. Методы распознавания фотороботов в целом можно разделить на *распознавание по функциям ручной работы (Hand-crafted Features)* и *распознавание по функциям, основанным на (глубоком) обучении (learned features)*. Методы по функциям ручной работы в свою очередь подразделяются на *компонентно-ориентированные (component-based)* и *целостно-ориентированные (Holistic, Holistic-based)*. В таблице 1 представлен сравнительный анализ существующих методов распознавания фотороботов, основанных на традиционном и углубленном обучении.

Таблица 1

Сравнительный анализ традиционных методов распознавания фотороботов и методов глубокого обучения

№	Автор, источник	Используемые методы	Используемые базы	Уровень точности, %	Недостаток
1	2	3	4	5	6
1.	Tang и Wang	<i>Holistik</i> (замена Eigen)	CUHK	71	Для обучения требуется большое количество фотороботов
2.	H. Kiani и друг.	<i>Komponent</i> (метод LBP)	CUFS CUFSF	99.51 91.12	Эксперимент проводился не в реальных условиях
3.	Alex и друг.	<i>Komponent</i> (метод LDoGBP)	CUFS CUFSF	100 (top-5) 98.9 (top-10)	Эксперимент проводился не в реальных условиях
4.	Galoogahi и друг.	<i>Komponent</i> (метод HOAG)	CUFS	100	Эксперимент проводился не в реальных условиях
5.	Xu и друг.	<i>Komponent</i> (метод HOG)	UoM-SGFS PRIP-VSGC	96.7 (top-10) 88.6 (top-10)	Эксперимент проводился не в реальных условиях
6.	Brendan и друг.	<i>Komponent</i> (метод SIFT)	CUHK	97.87 (asos algoritm)	Эксперимент проводился не в реальных условиях
7.	Aziz и друг.	<i>Komponent</i> (метод SIFT)	CUHK PRIP-HDC	96 57 (top-50)	Эксперимент проводился не в реальных условиях и низкий уровень обнаружения
8.	Kokila и друг.	<i>Komponent</i> (метод SIFT+SURF)	PRIP-HDC	54.54 (top-10)	Низкий уровень обнаружения
9.	Mittal и друг.	<i>Teran o'rganish</i> (автокидирование + DBN)	E-PRIP	56 (Am)	Низкий уровень обнаружения

1	2	3	4	5	6
10.	Galea и друг.	Глубокое обучение (архитектура <i>DCNN</i>)	PRIP-HDC	32.5	Низкий уровень обнаружения
11.	Patil и друг.	Глубокое обучение (на основе <i>DCNN</i>)	PRIP-HDC	97	Низкий уровень обнаружения
12.	Wan и друг.	Глубокое обучение (сеть <i>VGG-Face</i>)	CUHK CUFSF	100 (top-30) 90 (top-25)	Эксперимент проводился не в реальных условиях
13.	Mendez и друг.	Глубокое обучение (архитектуры <i>DEEPS</i> и <i>ResNet-Dlib</i>)	UoM-SGFS PRIP-VSGC	100 (top-50) 85.1 (top-50)	Низкий уровень обнаружения
14.	Fan и друг.	Глубокое обучение (<i>Siamese CNN</i>)	Uom-SGFS PRIP-VSGC e-PRIP	64.15 (top-10) 78.64 (top-10) 85.33 (op-10)	Низкий уровень обнаружения
15.	Fan и друг.	Глубокое обучение (модель <i>SGCN</i>)	UOM-SGFSA E-PRIP	(Quickshift) 76.66 (top-10) 80.83 (top-10)	Низкий уровень обнаружения
16.	Sabri и друг.	Глубокое обучение (модель <i>SCNN</i>)	CUHK	100 (300 marta o'rganish davomida)	Эксперимент проводился не в реальных условиях

По результатам вышеизложенного анализа можно сделать следующие выводы:

- большинство традиционных методов распознавания фотороботов в основном нарисованы по рассматриваемому эскизу лица и предназначены для полукриминалистических фотороботов;

- вышеупомянутый вывод означает, что использование традиционных методов распознавания фотороботов в криминалистической среде не будет иметь высокой эффективности;

- методы распознавания фотороботов, основанные на глубоком обучении, требуют большого количества образцов и занимают достаточно много времени;

- существующие методы распознавания фотороботов, основанные на глубоком обучении, не дают высокого результата в типичной криминалистической среде (обычно созданной с использованием одного фоторобота).

Вышеупомянутые выводы требуют исследования других моделей распознавания фотороботов, основанных на глубоком обучении. В последние годы, с развитием области глубокого обучения, GAN (*Generative Adversarial Networks*) становится все более распространенным. Результаты проведенного анализа показывают, что использование модели GAN в методах распознавания на основе фотороботов является единственным и наиболее эффективным методом.

Исходя из этого, система идентификации личности на основе фоторобота с использованием модели GAN будет состоять из двух частей:

1. Часть, которая формирует изображение лица входящего фоторобота на основе модели GAN.

2. Часть, идентифицирующая человека по созданному изображению лица.

В четвертом параграфе представлены цели и задачи исследования.

Во второй главе диссертации под названием **«Обеспечение безопасности системы идентификации на основе фоторобота»** приведены общая схема распознавания на базе фоторобота, модель угроз на основе точек атаки, существующие угрозы и меры защиты от них в системе распознавания на основе фоторобота, разработка усовершенствованной модели контроля доступа для системы распознавания фотороботов.

В первом параграфе предлагается модель угроз для системы идентификации на основе фоторобота (рис. 2). Моделирование угроз обычно полагается на сценарии угроз, состоящие из набора временных и дискретных событий угроз, относящихся к конкретному источнику угрозы (или нескольким источникам). Сценарии угроз выражаются с помощью словесной, графической или иерархической структуры.

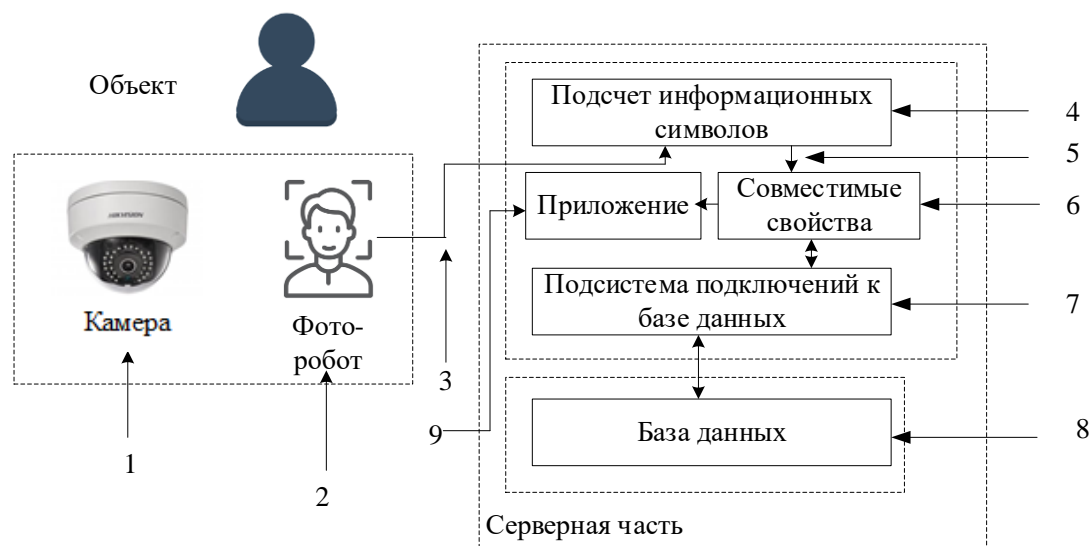


Рис. 2. Модель угроз на основе точек атаки в системе распознавания фотороботов

Все вышеперечисленные атаки являются почти общими для всех биометрических систем, за исключением атаки, направленной на устройство генерации фотороботов. Для защиты систем биометрического распознавания от подобных атак следует использовать методы шифрования. Самой большой угрозой для биометрических систем, использующих изображение лица в качестве объекта распознавания, являются поддельные атаки, нацеленные на устройство генерации фотороботов.

Во втором параграфе определена взаимозависимость факторов оценки безопасности системы распознавания с помощью фоторобота (рис. 3). Модель оценки безопасности системы распознавания фотороботов состоит из девяти основных компонентов: цена, удобство использования, скорость,

социальное признание, точность, стойкость, быстрота процессов, безопасность, конфиденциальность.

Высокая скорость требуется в системах идентификации на основе фоторобота. Однако некоторые алгоритмы имеют низкую скорость, но высокую точность. В этом случае основное внимание уделяется точности. Социальная приемлемость касается обычных систем идентификации, тогда как фотороботная идентификация обычно используется правоохранительными органами, поэтому для простых людей она менее актуальна, чем эта функция. Также, должна быть стойкость системы к различным помехам и угрозам. Ключевым показателем является низкая стоимость приложения при соблюдении всех требований. Важно обеспечить безопасность приложений и баз данных с помощью различных методов и инструментов. Потому что интерес к извлечению информации из базы данных и ее кражи будет высоким.

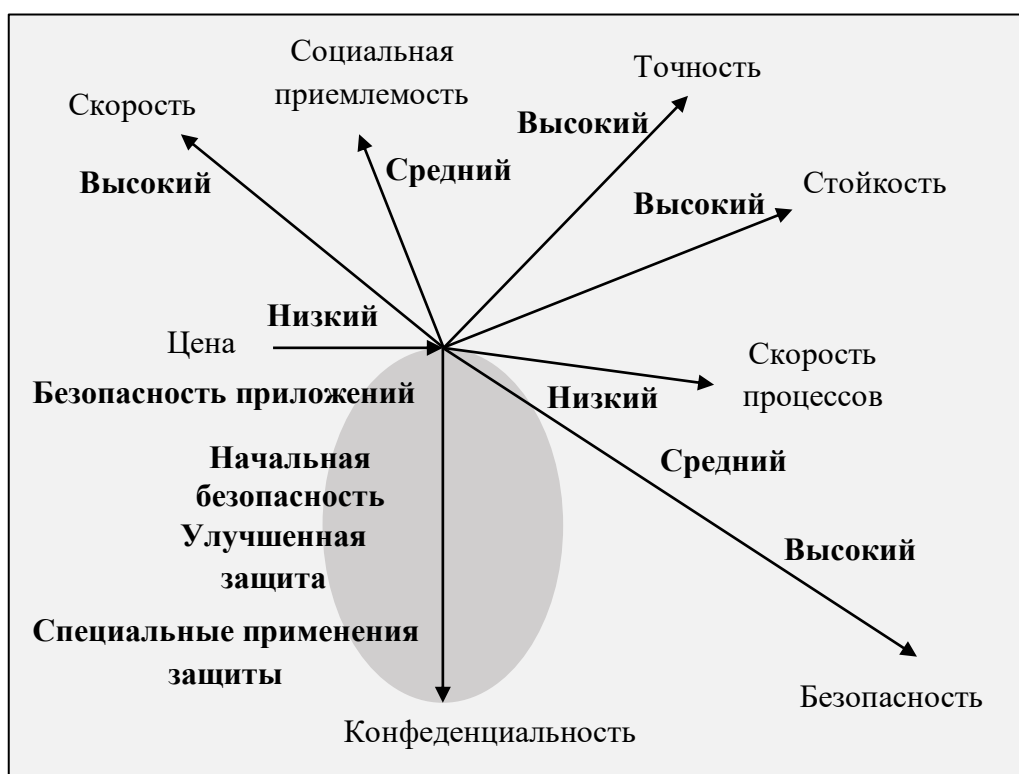


Рис. 3. Схема подключения факторов оценки безопасности системы распознавания с использованием фоторобота

В третьем параграфе предлагается усовершенствованная модель управления доступа для системы идентификации на базе фоторобота (рис. 4). Последовательность применения распределения прав к ролевой модели осуществляется следующим образом: идентификация, авторизация и утверждение требований, проектирование и разработка, анализ, проверка и утверждение, внедрение в производство.

В этой схеме UA-это набор авторизованных пользователей, а PA-это набор авторизованных полномочий. При подходе к разделению прав, где права пересматриваются на основе возможностей OPS (полномочия

1. Отсутствие достаточных черт лица для непосредственной идентификации человека у криминалистического фоторобота.
2. Создание большого количества изображений лиц с помощью фоторобота может повысить точность идентификации
3. Низкая степень точности методов непосредственной идентификации с помощью фоторобота.

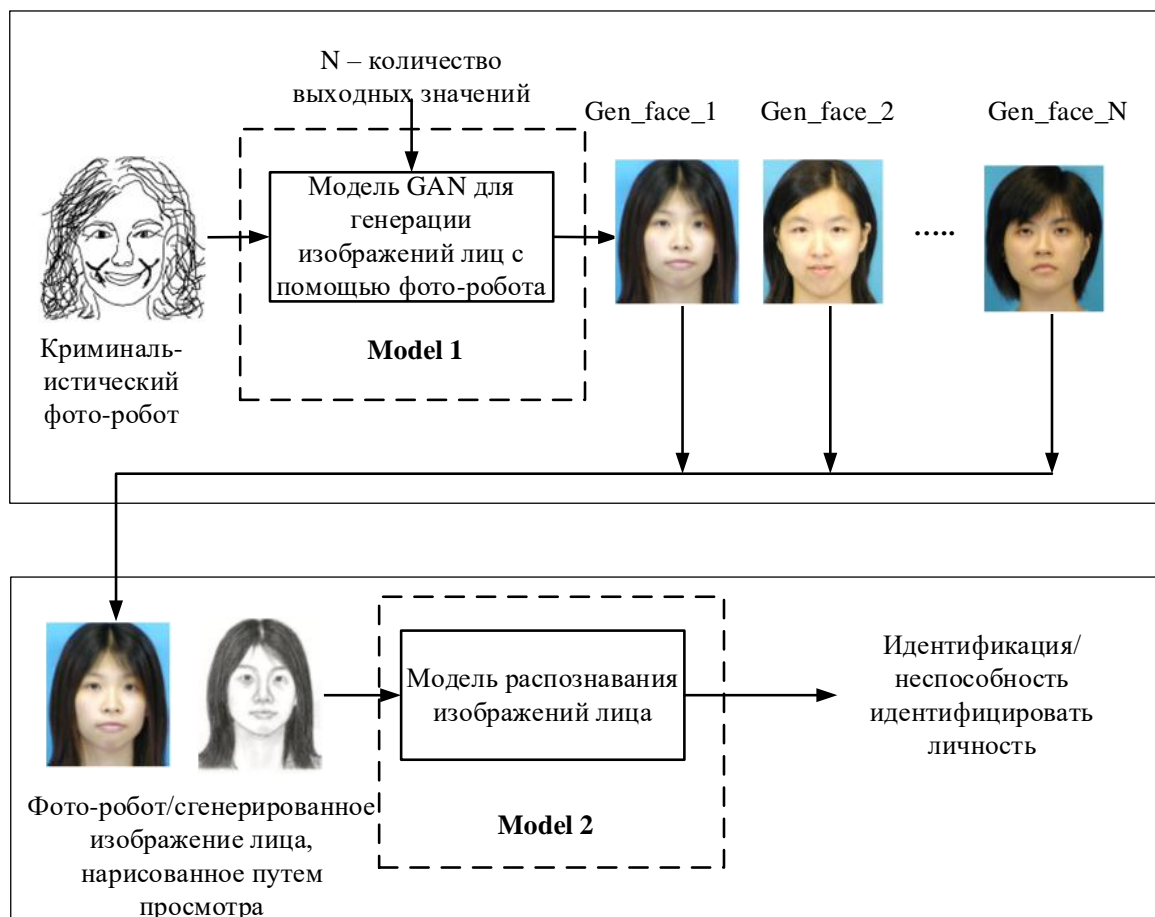
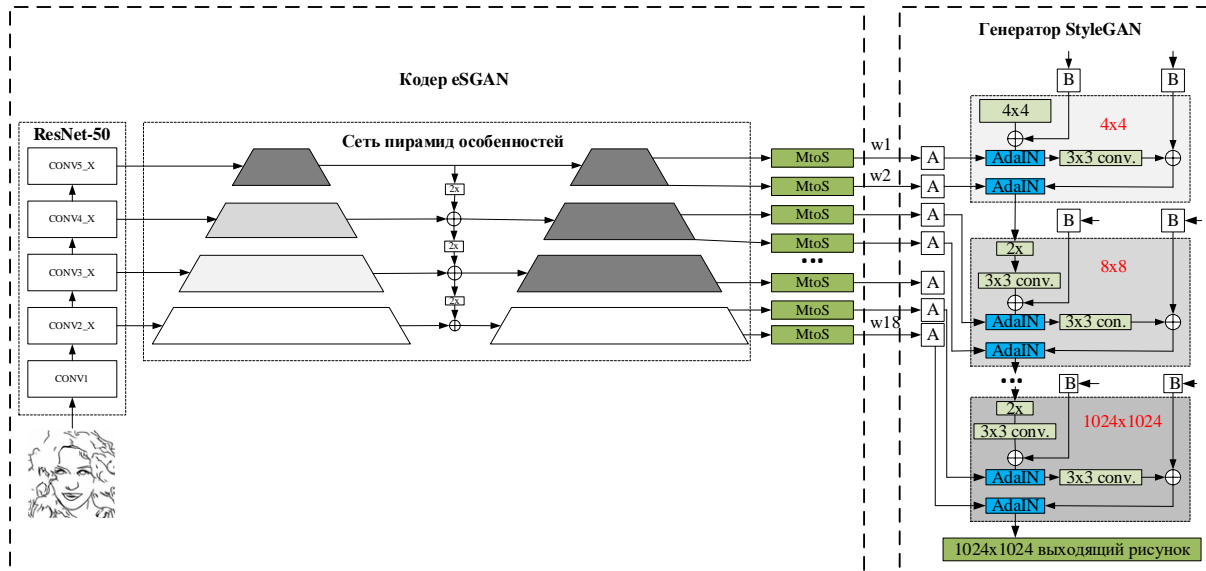


Рис. 5. Процесс идентификации на основе фоторобота

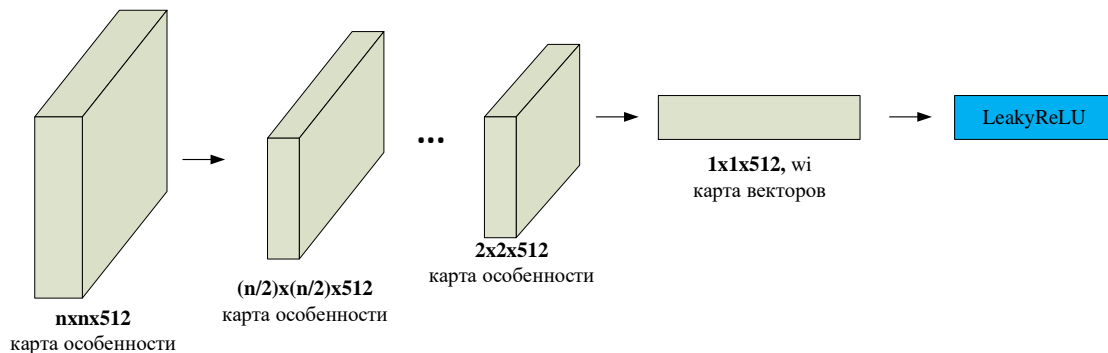
Во втором параграфе предлагается модель генерации изображения лица от фоторобота на основе модели GAN. Предлагаемая модель генерации изображения лица фоторобота (кодировка StyleGAN, eSGAN) основана на предварительно обученном генераторе StyleGAN и скрытом пространстве $\mathcal{W} +$. Для этого требуется мощный кодировщик, который сопоставит каждое изображение с точной кодировкой (*encoder*) в скрытом домене. Простой способ сделать это – рассчитать кодирование непосредственно входящего изображения в пространство $\mathcal{W} +$ с использованием единственного 512-мерного вектора, взятого с последнего уровня кодирующей сетки, таким образом изучая 18 векторов стилей вместе. Однако из этого следует, что архитектура создает сильный зазор, и это ограничивает качество реконструкции, затрудняя полное отображение важных деталей исходного изображения.

В архитектуре StyleGAN авторы показали, что данные в разных стилях соответствуют разным уровням данных, разделив их на 3 приблизительно

группы: грубые (*coarse*), средние (*medium*) и отличные (*fine*). После этих наблюдений предлагаемая модель дополнена пирамидой базовых функций кодирования. В этом случае из отдельных стилей создаются 3 уровня карты объектов с использованием простой промежуточной сети - *MtoS*, как показано на рисунке 6. Стили, переданные в иерархической структуре, вводятся в генератор в соответствии с его масштаб для создания выходного изображения. Процесс проходит через промежуточные *стили* при получении выходных пикселей из входных пикселей.



а) Архитектура модели StyleGAN с кодером eSGAN



б) преобразование MtoS

Рис. 6. Архитектура модели StyleGAN с предлагаемым кодером eSGAN (а) и представлением MtoS (б)

Карта особенности изначально извлекается с использованием стандартной пирамиды функций в сети ResNet. Для каждого из 18 стилей обучается небольшая сетка отображения, чтобы отделить изученные стили от соответствующей карты особенности. Здесь стили (0-2) отделены от карты второстепенных особенностей, стили (3-6) отделены от карты средних особенностей, а стили (7-18) отделены от большой карты особенностей. *MtoS* — это картографическая сеть, небольшая полностью свернутая сеть, которая уменьшает пространственное разрешение с

помощью функции активации LeakyReLU после набора 2-х ступенчатых сверток. Каждый сгенерированный 512-мерный вектор вводится, начиная с соответствующего ему аффинного преобразования A .

В предлагаемой модели, как и в модели StyleGAN, мы определяем параметр \bar{w} как средний вектор стиля заранее подготовленного генератора. Для данного входного изображения x выходные данные модели:

$$eSGAN(x) := Generator(Kodlovchi(x) + \bar{w})$$

Здесь $Kodlovchi()$ и $Generator()$ представляют собой кодировщик и генератор StyleGAN соответственно. Кодер, предложенный в этом выражении, направлен на изучение неявного кода по отношению к среднему вектору стиля.

В общем случае в предложенной модели использовалась сумма функции потерь по пикселям (*pixel-wise*), функции потерь, LPIPS, функции потерь регулирования (*regularization*) и специальных функций потерь распознавания:

$$\mathcal{L}(x) = \lambda_1 \mathcal{L}_2(x) + \lambda_2 \mathcal{L}_{LPIPS}(x) + \lambda_3 \mathcal{L}_{reg}(x) + \lambda_4 \mathcal{L}_{ID}(x)$$

Здесь λ_1 , λ_2 , λ_3 и λ_4 являются неизменными, определяющие вес потерь.

В третьем параграфе представлены модель и алгоритм идентификации на основе изображения лица и фоторобота. Обзор предлагаемого алгоритма распознавания изображений лица представлен на рисунке 7.

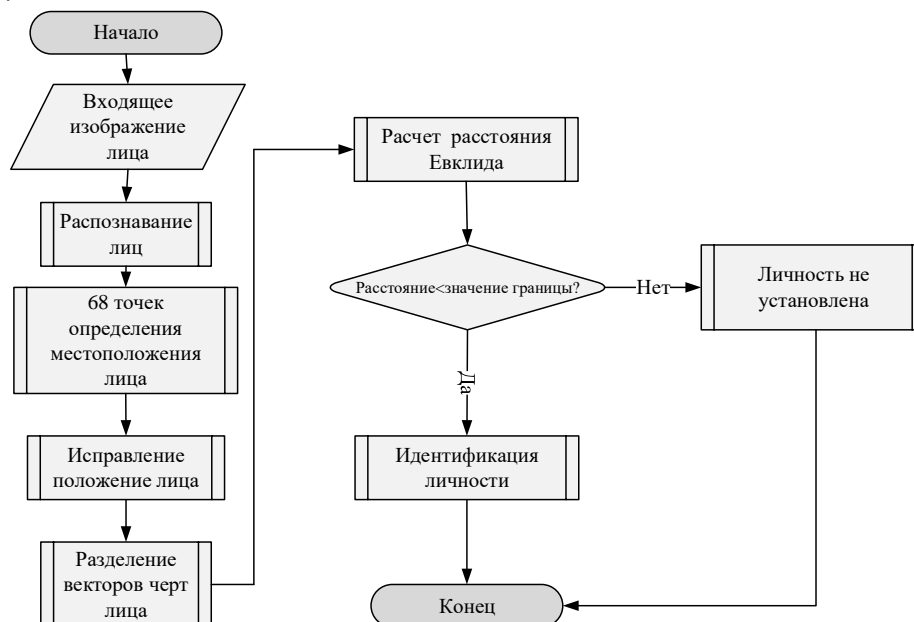


Рис. 7. Алгоритм распознавания изображений лица

Первым и наиболее важным шагом в распознавании изображений лиц является распознавание лиц, которое включает в себя ряд традиционных методов глубокого обучения. Хотя традиционный метод обнаружения изображений лиц эффективен с точки зрения ресурсов, он не обеспечивает высокой точности. Поэтому обычно используются методы распознавания изображений лица, основанные на глубоком обучении. В этой

исследовательской работе модель CNN (*convolutional neural network*) также используется для распознавания лиц. Существует множество модифицированных вариантов модели CNN, среди которых MTCNN (*multi-task cascaded convolutional neural network*) выделяется разделением 5 важных выражений изображения лица.

5 важных моментов, представленных в результате модели MTCNN, не позволяют идентифицировать лицо в различных ситуациях. Чтобы выделить 68 наиболее важных символов лица вместо 5 черт лица, предлагается расширить сетку O-Net модели MTCNN с помощью двух сверточных слоев 3×3 (*convolution layer*) и увеличить количество сверточных фильтров. Это позволяет второму сверточному слою 3×3 видеть область 5×5 с меньшими параметрами, чем при использовании сверточного слоя 5×5 (Рис.8).

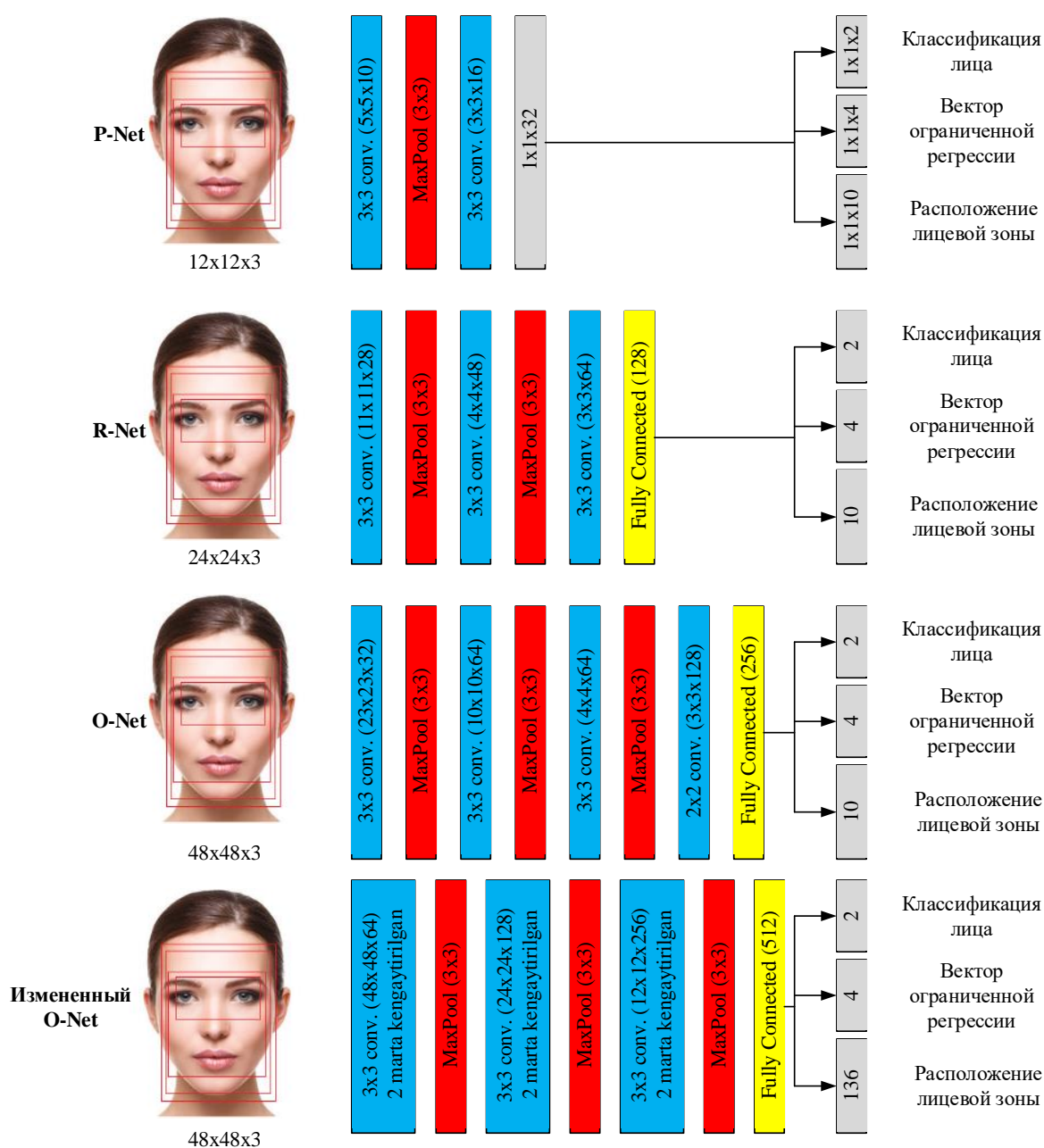


Рис. 8. Архитектура предлагаемой модели

Однако есть предел расширению сети, поскольку количество параметров естественным образом увеличивается по мере расширения сети. Чтобы избежать этого, предлагаемая модель игнорирует небольшие области лица и уменьшает количество кандидатов на области лица, генерируемых O-Net. Хотя при управлении O-Net существует компромисс между временем обработки и скоростью обнаружения, существует предел эффективности извлечения, которого можно достичь, просто изменяя номера параметров, сохраняя при этом функцию обработки в реальном времени. Таким образом, чтобы повысить точность извлечения характерных точек лица в реальном времени без существенного увеличения количества параметров, предложенная модель дополнена двумя методами свертки- Dilated Convolution и CoordConv.

В модели MTCNN Евклидово расстояние использовалось как функция потерь от вычислительного равенства. Однако, поскольку координаты в данном случае симметричны относительно оси Y , их координаты оси X часто не изучаются должным образом по сравнению с координатами оси Y , во многих случаях возвращается неправильный результат. Поэтому в предложенной модели использовалось следующее Манхэттенское расстояние:

$$Loss\ function\ (p, \check{p}) = \frac{1}{68} \sum_{i=1}^{68} \frac{\alpha |x_i - \check{x}_i|}{W} + \frac{\beta |y_i - \check{y}_i|}{H}$$

Здесь функция $Loss\ function\ (p, \check{p})$ - два p и \check{p} , имеющие 68 свойств изображения лица, представляют нормальные потери наборов. В то время как p -это набор, представленный моделью, \check{p} -это основная истина наборов (*ground truth*). x и y - координаты объектов. α и β - веса осей x и y , сумма которых равна 1. С другой стороны, W и H представляют ширину и высоту изображения.

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «**Результаты и внедрения программное средство идентификации фоторобота**» представлено программное средство, разработанное на основе модели генерации изображения лица из криминалистического фоторобота и результаты экспериментального расчета, результат вычислений и внедрения полученный из разработанного программного средства в практику.

В первом параграфе представлено программное средство, разработанное на основе модели формирования изображений лица из фоторобота и анализ результатов его внедрения. Для проведения анализа образцы фотороботов были первоначально сформированы из образцов на базе CelebA-HQ с использованием фильтра “фоторобот от карандаша” (*pencil sketch*).

Результаты, полученные с помощью программного средства модели генерации лица на основе разработанного фоторобота, сравнивались с результатами, полученными с помощью программного средства существующих моделей *pix2pixHD* и *DeepFace*. Кроме того, были

проведены сравнения по созданию изображения лица с помощью фоторобота без фронтальной видимости (*non-frontal*). Сравнения показали, что результаты предложенной модели превосходят существующие.

Проведены сравнения программного средства разработанной модели по особенностям работы с существующими модельными программными средствами. Сравнительный анализ полученных результатов представлен в таблице 2.

Из результата, представленного в таблице, видно, что предложенная модель зафиксировала более высокий результат, чем существующие, по точности.

Таблица 2.

Сравнительный анализ моделей по времени запуска

№	Название модели	Время запуска (сек)	Время генерации 1 образца (сек)	Точность (%)
1.	pix2pixHD	42	10.36	69.0 (345)
2.	DeepFace	40	10.76	86.0 (420)
3.	Предложенный	36	9.63	95.0 (475)

Во втором параграфе представлены результаты предложенного программного средства алгоритма распознавания лиц, основанного на глубоком обучении. Сначала будет представлен анализ модели распознавания лица. Для этой цели использовались две базы данных изображений лиц: Helen и 300-W. Сравнения были определены на основе величины MND (*mean normalized distance*, среднее расстояние нормализации).

Полученные результаты представлены в таблице 3. Результаты анализа свидетельствуют о хорошем уровне точности предложенной модели. Здесь, поскольку модель Dlib была обучена на базе 300-W, результат для нее не был указан.

Таблица 3.

Сравнительный анализ моделей распознавания изображений лиц (чем меньше, тем лучше)

Модели	MND	
	Helen	300-W
DRMF (Discriminative Response Map Fitting)	6.70	9.22
SDM (Supervised Descent Method)	5.50	7.50
CFSS (Coarse-to-Fine Shape Searching)	4.63	5.76
Dlib	4.47	-
TCDCN (Tasks-Constrained Deep Convolutional Network)	4.60	5.54
Предложенный модель	4.65	5.59

Кроме того, проводились сравнения по скорости моделей. Для этого были выбраны значения обнаруженных характерных точек лица и количество кадров, обрабатываемых в секунду (*frames processed per second, fps*). Полученные результаты представлены в таблице 4. Полученные результаты свидетельствуют о высокой быстродействии предлагаемой модели.

Таблица 4.

Анализ моделей с точки зрения скорости

	Предложенный модель	TCDCN	Dlib
Количество выявленных особенностей	68	68	68
Скорость (fps)	68	23	15

Ниже приводится введение в оценку предлагаемой системы распознавания изображений лица. Для тестирования использовались базы LFW, CALFW. Кроме того, разработанный метод был реализован и для базы фотороботов CUNK, основанных на нарисованном эскизе фоторобота. Эта база данных состоит из 88 изображений лица и на нарисованном эскизе фоторобота. Полученные результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Результаты оценки системы распознавания изображений лица

№	Методы	LFW	CALFW	CUNK
1.	CosFace	99.81	95.78	58.33
2.	ArcFace	99.83	95.45	41.85
3.	AFRN	99.85	96.30	68.78
4.	MagFace	99.78	96.15	68.68
5.	Предложенный метод	99.83	96.38	70.53

В третьем параграфе представлен анализ результатов, полученных в результате внедрения разработанных программных средств на практике. Разработанные модели были реализованы на практике в деятельности различных организаций.

Управлением информационно-коммуникационных технологий Министерства иностранных дел Республики Узбекистан была проверено идентификация клиентов с помощью программного средства «Распознавание изображений лиц на основе технологии «Глубокого обучения»». Программное обеспечение предоставило 96.08 % точности в процессе идентификации граждан.

Программное обеспечение, разработанное на основе эффективной модели, способной генерировать несколько изображений лиц кандидатов из криминалистического фоторобота, было применено в практической деятельности центра кибербезопасности оперативно-розыскного департамента Министерства внутренних дел Республики Узбекистан. Разработанное программное обеспечение позволило с высокой точностью (на 9% выше по сравнению с существующими) автоматически генерировать изображение лица человека, нарисованного от руки с фоторобота.

Кроме того, в деятельность «Центра радиосвязи, радиовещания и телевидения» ГУП внедрена система идентификации по изображению лица. Программное обеспечение зафиксировало точность 96.7% собранных изображений лиц сотрудников организации, используемых для идентификации сотрудников на входе в организацию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования, проведенного в рамках диссертационной работы на тему «Эффективные модели и алгоритмы идентификации на основе фоторобота человека» были представлены следующие выводы:

1. Разработана модель угроз для системы идентификации личности на базе фоторобота. Эта модель угроз способствовала улучшению защиты системы идентификации от потенциальных угроз.

2. Установлена взаимосвязь факторов оценки безопасности системы распознавания фотороботом. Эта зависимость позволила более эффективно контролировать и анализировать факторы, при построении системы распознавания с помощью фоторобота.

3. На основе распределения прав пользователей системы распознавания фотороботов предложена усовершенствованная ролевая модель управления доступом, основанная на распределении прав пользователей системы распознавания фотороботов.

4. Разработана эффективная модель с возможностью генерирования ряда изображений-кандидатов лиц из фоторобота для области криминалистики. Разработанная модель была высокоскоростной и показала на 9% более высокий уровень точности по сравнению с существующими.

5. Разработана модель и алгоритм идентификации личности на основе нарисованного фоторобота и изображения лица. Разработанный алгоритм показал уровень точности распознавания лиц 96.08%, зафиксировав более высокую скорость распознавания лиц по сравнению с существующими.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.13/30.12.2019.T.07.02 AT TASHKENT UNIVERSITY OF
INFORMATION TECHNOLOGIES**

TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES

DAVRONOVA LOLA UKTAMOVNA

**EFFECTIVE MODELS AND ALGORITHMS OF IDENTIFICATION
BASED ON THE SKETCH OF THE PERSON**

05.01.05 – Methods and systems of information protection. Information security

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

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at with the Higher attestation commission under the Ministry of Higher education, science and innovation of the Republic of Uzbekistan under No. B2023.3.PhD/T3876.

The dissertation has been prepared at Tashkent university of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of Scientific council (www.tuit.uz) and on the website of “ZiyoNet” Information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific adviser:

Irgasheva Durdona Yakubdjanovna
doctor of technical sciences (DSc), professor

Official opponents

Kerimov Kamil Fikratovich
doctor of technical sciences (DSc), docent

Boykuziev Ilkhom Mardanokulovich
doctor of philosophy in technical sciences (PhD)

Leading organization:

**Scientific, technical and marketing research center
“UNICON.UZ” LLC**

The defense will take place “___” _____ 2023 at _____ the meeting of Scientific council No. DSc.13/30.12.2019.T.07.02 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, e-mail: tuit@tuit.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under No.____). (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43).

Abstract of dissertation sent out on “___” _____ 2023 y.

(mailing report No. ____ on “___” _____ 2023 y.).

B.Sh. Makhkamov

Chairman of the scientific council awarding scientific degrees, doctor of economical sciences, professor

M.S. Saitkamolov

Scientific secretary of scientific council awarding scientific degrees, doctor of economical sciences, docent

S.K. Ganiyev

Chairman of the academic seminar under the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to develop models and algorithms that allow to increase the efficiency of identification of a person based on a sketch.

The object of the research work is the process of identification based on an facial image of a person.

The scientific novelty of the research work is as follows:

a threat model has been developed based on identifying the interaction of various participants in the identification system based on a sketch, dividing it into attack points and taking into account possible threats to each attack point;

a scheme has been developed for determining the interdependence of the factors of security assessment of the recognition system with the help of a sketch by taking into account the relationship between the features of biometric systems protection;

in order to ensure the security of the system and its data for the sketch-based identification system, the access control model has been improved by dividing the rights of users in the photo-robot-based identification system;

an effective model capable of generating several candidate facial images from a single criminalistic sketch was developed using a generator based on the representation of different dimensional features of a person's sketch as a style;

by increasing the number of important features in the face area required for face detection and recognition from a drawn sketch (or face image), an algorithm and a model for high-accuracy identification of a person have been developed.

Implementation of research results. Based on the scientific results of the developed threat-resistant, sketch-based facial image generation and recognition software tools:

The software, developed on the basis of a model and algorithm for identifying a person based on an sketch and a facial image, has been introduced into the practical activities of the Department of Information and Communication Technologies of the Ministry of Foreign Affairs of the Republic of Uzbekistan (certificate of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan dated September 7, 2023 33-8/6134). As a result of scientific research, the software made it possible to identify citizens with an accuracy of 96.08%;

The software, developed on the basis of an effective model for creating an sketch, capable of generating several images of the faces of candidates from the field of forensics, has been introduced into the practical activities of the Cyber Security Center of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Uzbekistan (certificate of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of Uzbekistan dated September 7, 2023 33-8/6134) . As a result of a scientific study, several identikit images of suspects' faces were created based on the words of witnesses, with an accuracy of 9% greater than existing ones;

The software, developed on the basis of a model and algorithm for identification by facial image, was introduced into the activities of the "Center for Radio Communications, Radio Broadcasting and Television" of the State Unitary Enterprise (certificate of the Ministry of Digital Technologies of the Republic of

Uzbekistan dated September 7, 2023 33-8/6134). As a result of scientific research, it was possible to identify employees upon entering the organization with 96.7% accuracy.

Structure and volume of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, references and appendix. The volume of the thesis is 103 pages.

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

I bo'lim (I часть; I part)

1. Karimov M.M., Islomov Sh.Z., Davronova L.U., Problems in face recognition systems and their solving ways // Information Science and Communications Technologies (ICISCT), International conference on. –IEEE, Tashkent 2017. –P.1-4 (05.00.00; 31.10.2017 №243/3-son rayosat qarori). (Scopus, DOI: 10.1109/ICISCT.2017.8188594).
2. Islomov Sh.Z., Mardiyev U.R., Davronova L.U., Khamidov Sh.J., Selecting suitable deep learning network for face recognition // Information Science and Communications Technologies (ICISCT), International conference on. –IEEE, Tashkent 2019.-P.1-5 (05.00.00; 30.09.2019 №269/8-son rayosat qarori). (Scopus, DOI: DOI:10.1109/ICISCT47635.2019.9012001).
3. Irgasheva D.Y., Islomov Sh.Z., Davronova L.U., Rustamova S.R., Face Sketch Recognition Threat Model // Information Science and Communications Technologies (ICISCT), International conference on. –IEEE, Tashkent 2020. -P.1-3 (05.00.00; 30.10.2020 №287/9-son rayosat qarori). (Scopus, DOI: 10.1109/ICISCT50599.2020.9351369).
4. Irgasheva D.Y., Davronova L.U., Superpixel Based Face Sketch Recognition Scheme // Information Science and Communications Technologies (ICISCT), International conference on. –IEEE, Tashkent 2021. -P.1-3 (05.00.00; 30.10.2021 №308/6-son rayosat qarori). (Scopus, DOI:10.1109/ICISCT52966.2021.9670266).
5. Irgasheva D.Y., Khudoykulov Z.T., Islomov Sh.Z., Davronova L.U., Recognition Algorithm by Face Sketch Segmentation. International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS) Vol. 6 Issue 11, November - 2022, Pages: 8-12 (23, Scientific Journal Impact Factor, SJIF=7.942).
6. Исломов Ш.З., Давронова Л.У., Фоторобот ёрдамида одамни таниб олиш усуллари таҳлили // Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари, Илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал, 2020, № 1 (11) –Б. 19-24 (05.00.00; №10).
7. Иргашева Д.Я., Исломов Ш.З., Давронова Л.У., Криминалистикада қўлланиладиган биометрик параметрларнинг таҳлили // Ахборот коммуникациялар: Тармоқлар, Технологиялар, Ечимлар. Республика илмий-техник журнал, 2021, № 4(60) –Б. 19-24 (05.00.00; №2).
8. Irgasheva D.Ya., Davronova L.U., Fotorobotni qismlarga ajratish orqali tanib olish algoritmi // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnal, 2022, № 3 (21) –Б. 180-183 (05.00.00; №10).
9. Иргашева Д.Я., Давронова Л.У., Курбонмуродов Д.У., Фотороботни идентификациялаш тизимларида таҳдидчининг модели ва уни амалга ошириш нуқталари // ТАТУ хабарлари, Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университетининг илмий-техника ва ахборот-таҳлилий журнал, 2022, № 1(61) –Б. 112-121 (05.00.00; №10).
10. Иргашева Д.Я., Давронова Л.У., Агзамова М.Ш., Фотороботга асосланган идентификациялаш тизими хавфсизлигини баҳолаш модели //

Муҳаммад ал-хоразмий авлодлари илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал, 2022, № 4 (22) –Б. 13-17 (05.00.00; №10).

11. Давронова Л.У., Бош компонентларга асосланган фотороботни генерациялаш алгоритми // Муҳаммад ал-хоразмий авлодлари илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал, 2022, № 4 (22) –В. 145-148 (05.00.00; №10).

II bo‘lim (II часть; II part)

12. Islomov Sh.Z., Davronova L.U., Robot tizimlarida tasvirlarni tanib olish algoritmlarini tahlillash // Сборник научных статей Республиканской научно-практической конференции «Перспективные направления применения инновационных технологий в национальной экономике». Ташкент-2014 г. - Б.292-296.

13. Худойкулов З.Т., Давронова Л.Ў., Биометрик криптотизимлар муаммолари // “Электрон ҳукумат тизимида ахборот хавфсизлиги муаммолари ва уларнинг ечимлари” мавзуси бўйича Республика семинар. Тошкент-2017 й. - Б. 9-13.

14. Islomov Sh.Z., Davronova L.U., Ergashev M.M., Yuzlarni tanib olishning samaradorligini oshirish usullari// «Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalari sohasida axborot xavfsizligi va kiberxavfsizlik muammolari» mavzusi bo‘yicha Respublika miqyosidagi ilmiy-texnik konferensiya, Toshkent-2018 y. -B.132-135.

15. Khudoykulov Z.T., Islomov Sh.Z., Davronova L.U, Mardiev U.R., New robust face anti-spoofing technique // Международная научно-практическая конференция: Кодирование и цифровая обработка сигналов в инфокоммуникациях, Минск-2019 г, -С.57-60.

16. Islomov Sh.Z., Davronova L.U., Shaxsni fotorobot asosida identifikatsiyalash muammolari // “Axborot – kommunikatsiya texnologiyalari va telekommunikatsiyalarning zamonaviy muammolari va yechimlari” Onlayn Respublika ilmiy-texnik anjumani. Farg‘ona - 2020 y. -B. 251-253.

17. Davronova L.U., Sodiqova D.J., Shaxsni fotorobotini hosil qilish usullari // “Axborot – kommunikatsiya texnologiyalari va telekommunikatsiyalarning zamonaviy muammolari va yechimlari” Onlayn Respublika ilmiy-texnik anjumani. Farg‘ona - 2020 y. -B.254-255.

18. Исломов Ш.З., Давронова Л.У., Рустамова С.Р., Рақамли криминалистик тегров модели // “Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасида ахборот хавфсизлиги муаммолари” Республика илмий-техник семинар. Тошкент – 2020 й. –Б 129-132.

19. Islomov Sh.Z., Davronova L.U., Xasanov O., Kriminalistikada ekspertiza dasturiy vositalarining tahlili // Iqtisodiyot tarmoqlarining innovatsion rivojlanishida axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining ahamiyati. Toshkent - 2021y. –B 242-244.

20. Islomov Sh.Z., Davronova L.U., “Kriminalistikada sud-kompyuter texnik ekspertizasining bo‘limlari” // Iqtisodiyot tarmoqlarining innovatsion rivojlanishida axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining ahamiyati. Toshkent – 2021 y. –B 244-246.

21. Davronova L.U., Islomov Sh.Z., Kulrang fotorobot hosil qilishda PCA algoritmidan foydalanish // “Zamonaviy axborot, kommunikatsiya texnologiyalari va AT-ta’lim tatbiqi muammolari” mavzusidagi ilmiy-amaliy konferensiya. II-tom. Samarqand - 2021y. –B 62-64.

22. Davronova L.U., Superpixelga asoslangan foto robotni tanib olish // Iqtisodiyot tarmoqlarining innovatsion rivojlanishida axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining ahamiyati. Respublika ilmiy-texnik anjuman. 1-qism. Toshkent - 2022 y. –B 391-392.

23. Davronova L.U., Yuz tasviridan fotorobotni hosil qilish va uni identifikatsiyalash sxemasi, “Globallashuv sharoitida axborot xavfsizligiga zamonaviy tahdidlar, ularni xal etishning innovatsion usullari” mavzusidagi Respublika ilmiy-texnik konferensiyasi maqolalari to‘plami. O‘R MV AKT va AHL, 2022 y. -B.100-104.

24. Irgasheva D.Ya., Mardiyev U.R., Davronova L.U., Fotorobotni bosh komponentlar algoritmi asosida tanib olish, «Kompyuter ilmlari va muhandislik texnologiyalari» Xalqaro ilmiy-texnik konferensiya materiallari to‘plami, 1-qism. Jizzax-2022. -B.83-86.

25. Irgasheva D.Ya., Davronova L.U., Fotorobotga asoslangan identifikatsiyalash tizimlari uchun ustuvor xavfsizlik: «Kompyuter ilmlari va muhandislik texnologiyalari» Xalqaro ilmiy-texnik konferensiya materiallari to‘plami, 2-qism. Jizzax-2022. -B.52-54.

26. Davronova L.U., «Face sketch recognition», XII Международной научно-технической конференции “Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование”, состоявшейся в НАО “Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева” 20-21 октября 2022 года, г.Алматы.

27. Davronova L.U., Islomov Sh.Z., Yuzlarni aniqlash usullarining tahlili, “Elektron hukumat tizimida axborot xavfsizligi muammolari va ularning yechimlari” mavzusi bo‘yicha Respublika seminar. Toshkent-2017 y. -B. 2-5.

28. Davronova L.U., Use of biometric parameters in MRTD systems. criminal photo-robot. International Conference on “Business management and humanities”. Delhi-2023. -P.22-30.

29. Irgasheva D.Ya., Xudoykulov Z.T., Islomov Sh.Z., Allanov O.M., Davronova L.U., Olimov I.S., Karimov A.A., Tursunov O.O., Bozorov S.M., Deep Learning texnologiyasi asosida yuz tasvirini tanib olish dasturi // Dasturga guvohnoma № DGU 14008, 29.12.2021.

30. Irgasheva D.Ya., Xudoykulov Z.T., Islomov Sh.Z., Allanov O.M., Mardiyev U.R., Davronova L.U., Tojiakbarova U.U. Foto robotni tanib olish dasturi // Dasturga guvohnoma № DGU 14009, 29.12.2021.

Avtoreferat “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi va o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlarini mosligi tekshirildi.

Bichimi: 84x60 1/16. «Times New Roman» garnitura raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 2,5. Adadi 100. Buyurtma № 39.
«O‘zR Fanlar akademiyasi Asosiy kutubxonasi» bosmaxonasida chop etildi.
100170, Toshkent, Ziyolilar ko‘chasi, 13-uy.