

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ

САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ЮСУПОВ ОЗОД РАББИМОВИЧ

КЎЗНИНГ РАНГДОР ПАРДАСИ ТАСВИРИ БЎЙИЧА ШАХСНИ
БИОМЕТРИК ИДЕНТИФИКАЦИЯЛАШ АЛГОРИТМЛАРИ

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2020

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

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

**Contents of Dissertation Abstract of the Doctor of Philosophy (PhD) on
Technical Sciences**

Юсупов Озод Раббимович

Кўзнинг рангдор пардаси тасвири бўйича шахсни биометрик
идентификациялаш алгоритмлари..... 3

Юсупов Озод Раббимович

Алгоритмы биометрической идентификации личности по изображению
радужной оболочки глаза 21

Yusupov Ozod Rabbimovich

Algorithms for biometric identification by iris images..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works 43

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ

САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ЮСУПОВ ОЗОД РАББИМОВИЧ

КЎЗНИНГ РАНГДОР ПАРДАСИ ТАСВИРИ БЎЙИЧА ШАХСНИ
БИОМЕТРИК ИДЕНТИФИКАЦИЯЛАШ АЛГОРИТМЛАРИ

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2020

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.2.PhD/T1099 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Самарқанд давлат университетидида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tuit.uz) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Фозилов Шавкат Хайруллаевич техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Бабомурадов Озод Жўраевич техника фанлари доктори Бекмуратов Қосим Аллабердиевич техника фанлари номзоди, доцент
Етакчи ташкилот:	«UNICON.UZ» фан-техника ва маркетинг тадқиқотлари маркази

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.07.01 рақамли Илмий кенгашининг 2020 йил «___» _____ соат ___ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-64-43, факс: (99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (_____ рақам билан рўйхатга олинган.). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-ўй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2020 йил «___» _____ да тарқатилди.
(2020 йил «___» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси.)

Р. Х. Хамдамов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Ф. М. Нуралиев
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

М.А.Исмаилов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда тасвирларга ишлов бериш усуллари асосида биометрик технологияларни ривожлантиришга алоҳида аҳамият берилмоқда. Бунга асосий сабаблар бўлиб, бир томонда давлат ва тижорат тузилмаларининг биометрик технологияларга қизиқишининг ошиши, бошқа томондан эса ахборотни қайд этиш, сақлаш, қайта ишлаш ва узатишнинг техник воситаларининг жадал суръатлар билан ривожланиши ҳисобланади. Шунинг учун ҳам ҳозирги кунда одамнинг ноёб биометрик параметрлари асосида биометрик технологияларни ишлаб чиқиш ва ривожлантириш муҳим масалалардан бири бўлиб қолмоқда. Ривожланган хорижий мамлакатларда, шу жумладан, АҚШ, Франция, Ҳиндистон, Россия Федерацияси, Хитой, Япония, Германия, Жанубий Корея, Англия ва бошқа давлатларда биометрик технологияларни ривожлантиришнинг назарий ҳамда амалий масалаларини ечишга катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда биометрик объектлар тасвирларига ишлов бериш ва таҳлил қилиш учун автоматлаштирилган тизимлар яратишнинг мавжуд усул ва алгоритмларини такомиллаштириш ҳамда янги ҳисоблаш алгоритмларини ишлаб чиқишга йўналтирилган кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, берилган тасвирлар сифатини эталонсиз баҳолаш, тасвирдаги объект жойлашган соҳани аниқлаш, объектларни характерловчи белгиларни ажратиш ва таниб олиш алгоритмларини ишлаб чиқиш, улар асосида шахсни таниб олишнинг аппарат-дастурий мажмуаларини яратиш ахборот технологияларини ривожлантиришнинг муҳим вазифаларидан бири ҳисобланади.

Республикамизда мазкур йўналишда рақамли тасвирларга қайта ишлов бериш ва интеллектуал таҳлил қилиш асосида шахсни биометрик идентификациялаш учун автоматлаштирилган тизимларни ишлаб чиқиш ва амалиётга кенг жорий этишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... иқтисодиёт, ижтимоий соҳа ва бошқарув тизимида ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш, ... ахборот хавфсизлигини таъминлаш ва ахборотни ҳимоя қилиш тизимини такомиллаштириш, ахборот соҳасидаги таҳдидларга ўз вақтида ва муносиб қарши ҳаракатларни ташкил этиш»¹ вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда жумладан, шахсни идентификациялашда биометрик технологиялардан фойдаланиб ахборот тизими ва компьютер тармоқларига рухсатсиз киришни чеклаш, назорат қилиш ҳамда бошқариш тизимларини яратиш ахборот хавфсизлигини таъминлашнинг муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Шунинг учун тасвирдаги объектнинг белгиларини ажратиш ва таниб олиш масалаларини ечиш нуқтаи назарида

¹Ўзбекистон Республикаси президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони

рақамли тасвирларга ишлов бериш усул ва алгоритмларни ривожлантириш ҳамда уларни ахборот хавфсизлигини таъминловчи ва ёпиқ ҳудудларга киришни назорат қилувчи тизимларда қўллаш долзарб муаммо ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 2 февралдаги ПФ-5349-сон «Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида», 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармонлари, 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3245-сон «Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасидаги лойиҳаларни бошқариш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида», 2014 йил 3 апрелдаги ПҚ-2158-сон «Ахборот-коммуникацион технологияларни иқтисодиётнинг реал секторига янада жорий қилиш тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналишига мос равишда бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Сўнгги йилларда тасвирларга ишлов бериш, тимсолларни таниб олиш усуллари ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш масалалари ҳамда уларнинг амалий қўлланилиши В.В.Александров, М.М.Бонгард, С.Ватанабе, Р.Гонсалес, Ю.И.Журавлев, В.В.Старовойтов, Э.Патрик, У.Прэтт, М.И.Шлезингер, Р. J.Flynn, К. W.Bowyer, А. Ross, J.Daugman, Н. Proenca, А. Czajka, R.P.Wildes ва бошқа хорижий олимларнинг илмий ишларида тадқиқ этилган.

Ўзбекистонда тимсолларни таниб олиш ва тасвирларга ишлов беришнинг назарий асосларини ривожлантиришга М.М.Камилов, Э.М.Алиев, Ш.Х.Фозилов, Н.А.Игнатъев, С.С.Содиқов, Н.М.Мирзаев, Ш.Е.Туляганов, Н.С.Маматов, С.С.Раджабов ва бошқалар ўзларининг катта ҳиссаларини қўшганлар.

Ҳозирги кунда биометрик объектлар тасвирларига ишлов бериш асосида шахсни таниб олиш тизимлари жадал суръатлар билан ривожланмоқда. Ушбу йўналиш бўйича ўтказилган тадқиқотлар таҳлили шуни кўрсатадики, кўзнинг рангдор пардаси ноёб, барқарор, яхши ифодаланган ва юқори информативли биометрик объектлардан бири бўлиб ҳисобланади. Кўзнинг рангдор пардаси тасвири асосида шахсни таниб олишнинг қатор усул ва алгоритмлари ишлаб чиқилган бўлсада, бироқ, идеал бўлмаган шароитларда суратга олинган кўзнинг рангдор пардаси тасвири асосида шахсни тезкор таниб олишни таъминлаш учун мавжуд усул ва алгоритмларни такомиллаштириш ёки янги усул ва алгоритмларни ишлаб чиқиш муаммоси етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим ва илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари

билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Самарқанд давлат университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг «Биометрик объектлар тасвирларига ишлов бериш ва таҳлил қилишнинг математик усул ва алгоритмлари» (2015-2020) мавзудаги тадқиқот ишлари доирасида ва Тошкент ахборот технологиялари университети хузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион маркази илмий-тадқиқот ишлари режасининг БВ-Атех-2018 шифрли «Юз тасвирларини оқимли қайта ишлаш асосида шахсни идентификация қилиш алгоритмлари ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш» (2018-2020) мавзудаги лойиҳа доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади кўзнинг рангдор пардаси тасвирлари таҳлили асосида шахсни биометрик идентификациялаш алгоритмлари ва дастурий мажмуасини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

кўзнинг рангдор пардаси тасвири сифатини эталонсиз баҳолашнинг тезкор ва аниқлиги юқори бўлган алгоритминини ишлаб чиқиш;

тасвирдаги кўзнинг рангдор парда жойлашган соҳани қидириш ва ажратиш алгоритминини ишлаб чиқиш;

тасвирдаги кўзнинг рангдор пардаси жойлашган соҳаси параметрларининг сифатини баҳолаш алгоритминини ишлаб чиқиш;

кўзнинг рангдор пардаси тасвирининг белгиларини ажратиш ва таниб олиш алгоритмларинини ишлаб чиқиш;

кўзнинг рангдор пардаси тасвирини таҳлил қилиш учун ишлаб чиқилган ҳамда мавжуд алгоритмлар асосида яратилган дастурий мажмуани амалиётда қўллаш юзасидан тавсиялар ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида турли шароитларда фото-видео усулда суратга олинган кўзнинг рангдор пардасининг рақамли тасвирлари қаралган.

Тадқиқотнинг предметини кўзнинг рангдор пардаси тасвирига ишлов бериш ҳамда таҳлил қилиш усул ва алгоритмлари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотларни олиб бориш жараёнида тизимли таҳлил, дискрет математика, эҳтимоллар назарияси ва математик статистика, рақамли тасвирларга ишлов бериш ва тимсолларни таниб олиш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

кўзнинг рангдор пардаси тасвири сифатини икки ўлчовли Фурье алмаштириши спектрининг юқори частоталарининг умумий энергиясини ҳисоблаш асосида эталонсиз баҳолаш алгоритми ишлаб чиқилган;

тасвирда кўзнинг рангдор пардасининг ички ва ташқи чегараларини аниқлаш ва ажратишнинг турли халақитларга турғун ҳамда тасвирга ишлов бериши тезкор бўлган алгоритмлари ишлаб чиқилган;

тасвирда кўзнинг рангдор пардаси кўриниш соҳасини тўсувчи халақитларни аниқлашнинг тезкор ва аниқлик даражаси юқори бўлган алгоритми ишлаб чиқилган;

тасвирдаги кўзнинг рангдор пардаси соҳасининг сифатини характерловчи параметрларини статистик таҳлил асосида баҳолаш алгоритми ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ёпиқ ҳудуд ва махсус хоналарга киришни назорат қилиш ва бошқариш ҳамда ахборот тизимлари ва компьютер тармоқларида фойдаланувчиларни таниб олиш тизимларини яратиш учун мўлжалланган кўзнинг рангдор пардаси тасвири бўйича шахсни биометрик идентификациялашнинг алгоритмик таъминоти ишлаб чиқилган;

тасвирдаги кўзнинг рангдор пардаси жойлашган соҳасини ажратиш, ушбу соҳада қовоқ, киприк, шуъла ва бошқа тўсувчи ҳалақитларни аниқлаш, ажратилган соҳа сифатини характерловчи параметрларни баҳолаш ва характерловчи белгиларини ажратиш ҳамда таниб олиш масалаларини ечишга мўлжалланган дастурий мажмуа ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги алгоритмларни ишлаб чиқишда рақамли тасвирларга ишлов бериш ва тимсолларни таниб олишнинг математик аппаратининг тўғри қўлланилиши ҳамда тажрибавий тадқиқотларнинг ижобий натижалари билан тасдиқланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти кўзнинг рангдор пардаси тасвирини таҳлил қилиш асосида шахсни биометрик идентификациялаш технологияларининг назарий асосларининг истиқболли ривожланишига ишлаб чиқилган алгоритмларнинг ҳисса қўшиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган дастурий мажмуа юқори ҳимояланиши керак бўлган ҳудудларга киришни назорат қилиш ва бошқариш ҳамда ахборот тизимларида фойдаланувчиларни таниб олиш масалаларини ҳал қилишда қўлланилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Кўзнинг рангдор пардаси тасвири бўйича шахсни идентификациялаш масаласини ечиш билан боғлиқ бўлган илмий натижалар асосида:

тасвирнинг сифатини эталонсиз баҳолаш ва унда кўзнинг рангдор пардаси жойлашган соҳани ажратиш, ушбу соҳада тўсувчи ҳалақитларни аниқлаш ҳамда унинг сифатини характерловчи параметрларни баҳолаш, кўзнинг рангдор пардасининг белгиларини ажратиш ва таниб олиш алгоритмлари асосида яратилган дастурий мажмуа Пайариқ тумани ҳокимлигининг махсус бўлимига рухсатсиз киришни чеклаш мақсадида назорат қилиш ва бошқаришда жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2019 йил 3 декабрдаги 33-8/8554-сон ва Самарқанд вилояти ҳокимлигининг 2019 йил 17 сентябрдаги 07-10/1019-сон маълумотномалари). Илмий-тадқиқот натижасида ходимлар кўзининг рангдор пардаси тасвирлари бўйича маълумотлар базаси шакллантирилиб, тестлаш жараёнида ходимларни махсус бўлимга киришини назорат қилиш ва бошқариш билан боғлиқ бўлган иш ҳажми 1.2 баробарга қисқартириш ҳамда ходимлар шахсини идентификация қилиш аниқлигини 15% га ошириш имконини берган;

тасвирнинг сифатини эталонсиз баҳолаш ва унда кўзнинг рангдор пардаси жойлашган соҳани ажратиш, ушбу соҳада тўсувчи ҳалақитларни аниқлаш ҳамда унинг сифатини характерловчи параметрларни баҳолаш, кўзнинг рангдор пардасининг белгиларини ажратиш ва таниб олиш алгоритмлари асосида яратилган дастурий мажмуа Самарқанд вилояти Нарпай тумани давлат солиқ инспекциясининг ахборот тизимлари ва махсус хоналарида фойдаланувчиларни идентификациялашнинг ишончлигини ошириш учун кўзнинг рангдор пардаси тасвири бўйича шахсни биометрик идентификациялаш жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Давлат солиқ қўмитасининг 2019 йил 23 сентябрдаги 10-27680-сон маълумотномаси). Илмий-тадқиқот натижасида фойдаланувчи ходимлар кўзнинг рангдор пардаси тасвири бўйича рўйхатдан ўтказилиб, тестлаш жараёнида ходимларга ахборот тизимлари ва махсус хоналардан фойдаланишга рухсат бериш учун ходимларнинг шахсини идентификация қилиш вақтини 2 баробарга қисқартириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 3 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқот мавзуси бўйича жами 18 та илмий иш чоп этилган бўлиб, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия этилган илмий нашрларда 6 та мақола, жумладан 2 таси хорижий ва 4 таси республика журналларида нашр қилинган ҳамда 2 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларини қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 114 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Киришда диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган. Тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари белгилаб олинган ҳамда тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асослаб берилган, уларнинг назарий ва амалий аҳамияти кўрсатилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш ҳолати, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Шахсни таниб олишнинг биометрик технологиялари**» деб номланган биринчи боби, тўртта параграфдан иборат бўлиб, унда биометрик идентификациялаш масаласининг замонавий ҳолати ва ечиш усуллари таҳлили, ҳар бир биометрик усулнинг ютуқ ва камчиликлари қайд этилган, биометрик усулларга қўйиладиган талаблар келтирилган, биометрик идентификациялаш соҳасида мавжуд асосий муаммолар шакллантирилган.

Кўзнинг рангдор пардаси тасвири бўйича шахсни идентификациялашнинг усул ва алгоритмларини ўрганиш асосида тадқиқотнинг ушбу йўналишни ривожлантириш муаммолари ва уларни ҳал этиш йўллари аниқланган ҳамда тадқиқот иши масаласининг қўйилиши шакллантирилган.

1.1-параграфда биометрик технология ва тизимларни тавсифлашда фойдаланиладиган асосий тушунчалар ҳамда шахсни биометрик идентификациялашнинг усул ва воситаларининг қиёсий таҳлил қилиш натижалари келтирилган.

1.2-параграфда кўзнинг рангдор пардасининг ўзига хос хусусиятлари қаралган ва унинг тасвири орқали шахсни таниб олиш жараёнига асос бўладиган ўлчами ва шаклининг ифодаси келтирилган ҳамда кўзнинг рангдор пардаси текстурасининг бошқа биометрик параметрларга, хусусан юз тасвири ва бармоқ изларига нисбатан ноёблиги анча юқори эканлиги таъкидланган.

1.3-параграфда кўзнинг рангдор пардаси тасвири бўйича шахсни таниб олишнинг мавжуд усул ва алгоритмлари қиёсий таҳлилининг натижалари келтирилган. Ушбу натижалар асосида кўзнинг рангдор пардаси тасвири бўйича шахсни таниб олиш вақтини қисқартириш ва аниқлигини ошириш мақсадида мавжуд алгоритмларни такомиллаштириш зарурлиги асосланган. Бундан ташқари, кўз тасвиридаги рангдор парда жойлашган соҳасини аниқлашнинг тезкор ва аниқлик даражаси юқори бўлган усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш тадқиқотнинг ушбу йўналишдаги асосий муаммоларидан бири эканлиги қайд этилган.

1.4-параграфда олдинги параграфлардаги аналитик таҳлил натижалардан келиб чиққан ҳолда диссертация тадқиқотининг мақсад ва вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг «**Кўзнинг рангдор пардаси тасвирига дастлабки ишлов бериш алгоритмлари**» деб номланувчи иккинчи боби 3 та параграфдан иборат бўлиб, кўзнинг рангдор пардаси тасвирининг сифатини баҳолаш, тасвирда унинг жойлашган соҳасини ажратиш ва кўриниш соҳасини тўсувчи ҳалақитларни аниқлаш учун ишлаб чиқилган алгоритмларни баён этишга бағишланган.

2.1-параграфда кўзнинг рангдор пардаси тасвири сифатини эталонсиз баҳолашнинг мавжуд алгоритмлари таҳлили асосида уларнинг ютуқ ва камчиликлари аниқланиб, аниқланган камчиликларни бартараф этишга имкон берувчи тасвир сифатини эталонсиз баҳолаш схемаси ишлаб чиқилган ва унинг асосида тегишли алгоритм таклиф этилган.

Кўзнинг рангдор пардаси бўйича шахсни таниб олиш тизими ишлашининг асосий ва муҳим босқичларида бири олинган кўз тасвири сифатини тезкор баҳолаш ҳисобланади. Агар шахсни таниб олиш учун тақдим этилган тасвир сифатсиз бўлса, у ҳолда таниб олиш натижалари нотўғри бўлиши мумкин.

Кўзнинг рангдор пардаси тасвирлари таҳлили шуни кўрсатдики, сифатсиз тасвирлар асосан қуйидаги ҳалақитлар ҳисобига юз бериши мумкин: фокуснинг масофаси нотўғри ўрнатилиши; камера ва суратга олинаётган

объектнинг бир-бирига нисбатан ҳаракати натижасида тасвирнинг суркалиши; тасвирда кўзнинг рангдор пардаси соҳаси тўлиқ ёки қисман қовоқ ва киприклар билан тўсилиши. Ушбу ҳалақитларнинг ҳар бири бир-биридан фарқ қилувчи ўзига хос характеристикаларга эгадир.

Юқоридагиларни эътиборга олган ҳолда ушбу параграфда тасвирнинг сифатини эталонсиз баҳолаш учун такомиллаштирилган Даугман алгоритми ишлаб чиқилган ва унда 8×8 ўлчамли никоб ўрнига 6×6 ўлчамли никобдан фойдаланилади (1-расмга қаранг).

-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	8	8	-1	-1
-1	-1	8	8	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1

1- расм. Таклиф этилаётган оператор никоби

Берилган тасвирларнинг сифатини эталонсиз баҳолашнинг **A1 алгоритми** қуйидагича амалга оширилади.

1-қадам. Тасвир киритилади.

2-қадам. Тасвир сифатининг сонли миқдори ҳисобланади,

$$Q = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{y=1}^M \sum_{x=1}^N |I(x, y) * \Delta|.$$

3-қадам. $Q > Q_b$ шарт текширилади: агар шарт бажарилса, у ҳолда кейинги қадамга ўтилади, акс ҳолда 1-қадамга ўтилиб, кейинги тасвир киритилади.

4-қадам. Тасвир таҳлилининг кейинги босқиларини амалга ошириш бўйича қарор қабул қилинади.

5-қадам. Тамом.

2.2-параграфда кўзнинг рангдор пардаси ички ва ташқи чегараларини қидириш ва соҳасини ажратиш, соҳани тўсувчи ҳалақитларни аниқлаш алгоритмлари ишлаб чиқилган.

Кўзнинг рангдор пардаси ички ва ташқи чегараларини ажратиш жараёни қуйидаги омиллар таъсирида ноқоррект бўлиши мумкин: турли хил оптик қурилмалар ёрдамида рангдор парда тасвирини суратга олиш жараёнида турли хил ёритилганлик шароитининг мавжудлиги; кўзнинг рангдор пардасини тўсиб турувчи қовоқ ва киприкларнинг мавжудлиги; қорачикдаги нуқсонлар; рангдор парданинг қора рангда бўлиши, бу ҳолда қорачик ва рангдор парда ранглари бир-биридан фарқлаш қийин; қорачикнинг кенгайиши (қорачик диаметри кўзнинг рангдор пардаси диаметридан камида 25% га кичик бўлиши керак); бошнинг ҳаракатланиши, кўзнинг пир-пираши ва бошқалар.

Юқорида келтирилган таъсир этувчи омилларни инобатга олган ҳолда кўзнинг рангдор пардаси соҳасини ажратиш учун 2.2-параграфда A2, A3, A4 алгоритмлар ишлаб чиқилган.

Кўзнинг рангдор пардаси ички чегарасини, яъни кўзнинг қорачиғи чегарасини аниқлашнинг **A2 алгоритми** қуйидагича амалга оширилади.

1-қadam. Тасвир киритилади.

2-қadam. Гаусс фильтри қўлланилади:

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}.$$

3-қadam. Тасвир $d \times d$ ўлчамли тўртбурчак соҳаларга бўлинади ва бу соҳалар учун ўртача ёритилганлик ҳисобланади:

$$P_{k,l} = \frac{1}{d^2} \sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^d I(k \cdot d + i, l \cdot d + j),$$

4-қadam. Минимал ўртача ёритилган соҳа аниқланади:

$$P_{\min} = \min_{k,l} (P_{k,l}).$$

5-қadam. Тасвирда бинарлаш амалга оширилади:

$$I_b(x, y) = \begin{cases} 1, & I(x, y) \leq \tau; \\ 0, & I(x, y) > \tau. \end{cases}$$

6-қadam. Кўз қорачиғи чегараси аниқланади:

$$I_c(x, y) = \begin{cases} 1, & I_G(x, y) \leq \gamma; \\ 0, & I_G(x, y) > \gamma, \end{cases}$$

7-қadam. Кўз қорачиғи чегарасини тавсифловчи айлана аниқланади.

8-қadam. Тамом.

Кўзнинг рангдор пардаси ташқи чегарасини аниқлашнинг **A3 алгоритми** қуйидагича амалга оширилади.

1-қadam. Тасвир киритилади.

2-қadam. r_i ўзгарувчига $r_{i_{\max}}$ қиймат ўзлаштирилади ($r_i \in [r_{i_{\min}}, r_{i_{\max}}]$).

3-қadam. Тасвирда $2d \times 2d$ ($d = 2 \cdot r_i$) ўлчамли тўртбурчак локал соҳа ажратилади, яъни:

$$\begin{aligned} x_p - d &\leq x \leq x_p + d, \\ y_p - d &\leq y \leq y_p + d, \end{aligned}$$

4-қadam. Локал соҳада Гаусс фильтридан фойдаланиб шовқинларни камайтириш ва силлиқлаш процедуралари амалга оширилади.

5-қadam. Локал соҳада кичик ҳалақитларни тозалаш процедураси амалга оширилади.

6-қadam. Локал соҳага гамма коррекция процедураси қўлланилади.

7-қadam. Канни усулини қўллаш орқали локал соҳада контур чизиклар ажратилади.

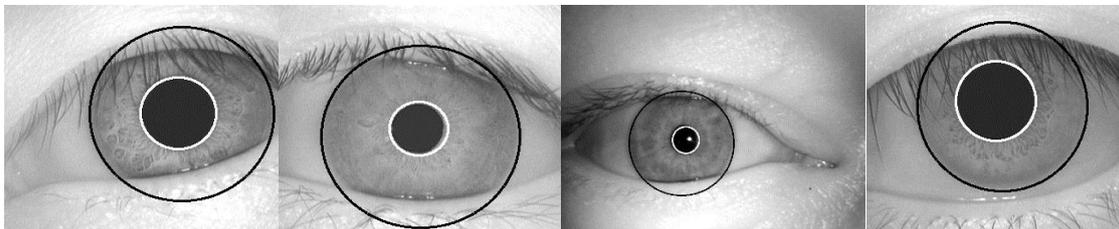
8-қadam. $(x_p - x_0)^2 + (y_p - y_0)^2 \leq r^2$ шарт асосида локал соҳада тозалаш процедураси амалга оширилади.

9-қadam. Кўзнинг рангдор пардаси ташқи чегарасини тавсифловчи айлана аниқланади.

10-қadam. Тамом.

Ишлаб чиқилган A_2 ва A_3 алгоритмлар ёрдамида кўзнинг рангдор пардаси соҳасини кидириш ҳамда ажратиш бўйича олинган натижалар 2-расмда келтирилган.

2-расмдан қовоқ, киприк ва доғ каби ҳалақитларнинг мавжуд бўлишига қарамай кўзнинг рангдор пардасининг ички ва ташқи чегараларини етарли даражада аниқ ифодаланганлиги кўриш мумкин.



2-расм. Кўзнинг рангдор пардасининг ички ва ташқи чегараларини ажратиш натижалари

Кўзнинг юқори ва пастки қовоқларининг чегараларини аниқлаш учун ишлаб чиқилган ***A4 алгоритми*** қуйидагича амалга оширилади.

1-қадам. Тасвир киритилади.

2-қадам. Тасвирдан $2d \times 2d$ ($d = 1.5 \cdot r_i$) ўлчамли тўртбурчак локал соҳа ажратилади, яъни:

$$\begin{aligned} x_p - d &\leq x \leq x_p + d, \\ y_p - d &\leq y \leq y_p + d. \end{aligned}$$

3-қадам. Медиана филтрини қўллаш орқали локал соҳада кичик ҳалақитларни тозалаш процедураси амалга оширилади.

4-қадам. Канни усулини қўллаш орқали локал соҳада контур чизиклар ажратилади.

5-қадам. $(x_p - x_0)^2 + (y_p - y_0)^2 \leq r^2$ шарт асосида локал соҳада тозалаш процедураси амалга оширилади.

6-қадам. 2-қадамда шакллантирилган тўртбурчакли локал соҳа $2d \times d$ ўлчамли иккита тўртбурчак локал соҳаларга бўлинади.

7-қадам. Хаф алмаштиришидан фойдаланиб, кўзнинг юқори ва пастки қовоқларининг чегараларини тавсифловчи парабола функцияларининг параметрлари, яъни a , b , c аниқланади.

8-қадам. Тамом.

Мазкур алгоритмнинг 7-қадамидаги параболаларнинг параметрлари қуйидагича аниқланади:

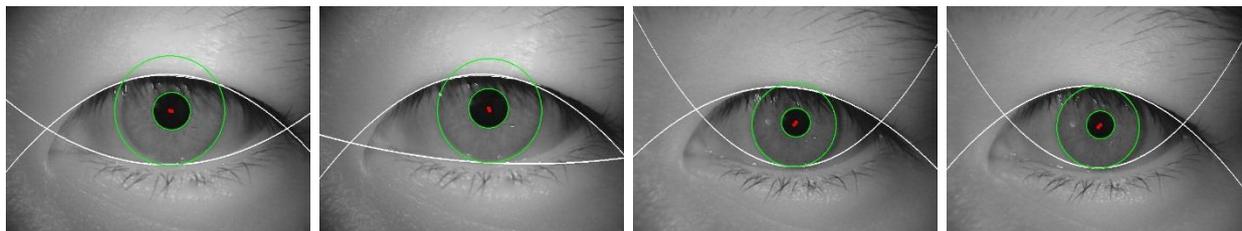
юқори қовоқнинг чегарасини ифодаловчи параболада a параметр $\left[-\frac{1}{r_i}, 0\right)$ ярим интервалда h қадам билан аниқланади;

пастки қовоқнинг чегарасини ифодаловчи параболада эса a параметр $\left(0, \frac{1}{r_i}\right]$ ярим интервалда h қадам билан аниқланади;

b , c параметрлар қуйидаги формулалар орқали ҳисобланади:

$$b = -2ax_0, c = x_0^2 + y_0.$$

A4 алгоритм ёрдамида кўзнинг юқори ва пастки қовоқларнинг чегараларини аниқлаш натижалари 3-расмда келтирилган.



3-расм. Кўзнинг юқори ва пастки қовоқларнинг чегараларини аниқлаш натижалари

2.3-параграфда кўзнинг рангдор пардаси тасвирининг сифатини характерловчи параметрларни баҳолаш масаласи қаралган. Ушбу параметрлар қуйидагилардир: тасвир контрасти (Z_1); майдон коэффиценти (Z_2); энтропия (Z_3); қорачиқнинг кенгайиш (дилатация) ўлчови (Z_4); окклюзия ўлчови (Z_5); рангдор парда ва қорачиқ ўлчовлари нисбати (Z_6); кўзнинг рангдор пардаси тасвирининг ишлов беришга яроқли бўлган соҳаси ўлчови (Z_7); эксцентрик масофа ўлчови (Z_8).

Бундан ташқари ушбу параграфда бош компонента усулига асосланиб, юқорида келтирилган параметрларни кўзнинг рангдор пардаси тасвирининг сифатини характерловчи ягона параметрга келтириш амалга оширилган.

Диссертациянинг «**Кўзнинг рангдор пардаси тасвири бўйича шахсни идентификациялаш алгоритмлари**» деб номланувчи учинчи боби кўзнинг рангдор пардаси тасвирини характерловчи белгиларни ажратишнинг ишлаб чиқилган алгоритми ва шахсни таниб олишда қарор қабул қилиш мезонларини баён этишга бағишланган.

3.1-параграфда кўзнинг рангдор пардаси тасвирини характерловчи белгиларни ажратишнинг Габор фильтрига асосланган алгоритмлари таҳлили асосида уларнинг ютуқ ва камчиликлари аниқланиб, логарифмик Габор фильтри асосида такомиллаштирилган **A5 алгоритми** ишлаб чиқилган.

Бу алгоритм қуйидагича амалга оширилади.

1-қadam. Тасвир киритилади.

2-қadam. Логарифмик Габор фильтри қутб координасидан декарт координатасига ўтказилади:

$$G(u, v) = \exp\left(-\ln^2\left(\frac{u_1}{f_0}\right) / 2\ln^2\left(\frac{\sigma_u}{f_0}\right)\right) \exp\left(\frac{-v_1^2}{2\sigma_v^2}\right).$$

3-қadam. Тоқ симметрик фильтрни шакллантириш процедураси амалга оширилади:

$$G^0(u, v) = \exp\left(-\ln^2\left(\frac{u_1}{f_0}\right) / 2\ln^2\left(\frac{\sigma_u}{f_0}\right)\right) \exp\left(\frac{-v_1^2}{2\sigma_v^2}\right) \sin(2\pi f_0 u_1).$$

4-қadam. Кўзнинг рангдор пардаси тасвири қисмларга бўлинади ва ҳар бир қисмга тоқ симметрик фильтр қўлланилади:

$$C(i, j) = \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M I(i+x-\frac{N}{2}, j+y-\frac{M}{2}) G^0(u, v).$$

5-қadam. Ҳар бир қисмда икки ўлчамли Фурье тез алмаштириши бажарилади.

6-қadam. Ҳар бир қисм учун M_{kj} амплитуда ва P_{kj} фаза ҳисобланади:

$$M_{kj}(x, y) = \sqrt{F_{kj}(x, y) \overline{F_{kj}(x, y)}},$$

$$P_{kj}(x, y) = \arctan \frac{iF_{kj}(x, y) - \overline{F_{kj}(x, y)}}{F_{kj}(x, y) + \overline{F_{kj}(x, y)}}.$$

7-қadam. Информатив белгилар ажратилади:

$$s = \arg \max_j (M_{kj}),$$

$$\begin{cases} (h_r, h_i) = (1, 1), & 0 \leq P_{kj} \leq \frac{\pi}{2}; \\ (h_r, h_i) = (0, 1), & \frac{\pi}{2} < P_{kj} \leq \pi; \\ (h_r, h_i) = (0, 0), & \pi < P_{kj} \leq \frac{3\pi}{2}; \\ (h_r, h_i) = (1, 0), & \frac{3\pi}{2} < P_{kj} \leq 2\pi. \end{cases}$$

8-қadam. Тамом.

Бу ерда шуни таъкидлаш керакки, мазкур алгоритмда кўзнинг рангдор пардаси асосида шахсни идентификациялаш жараёнида барча характерли нуқталардан эмас, балки тасвирнинг қисмларидаги энг репрезентатив белгилардан фойдаланилади ва у ўз навбатида, кўрсатилган жараённинг самарадорлигини оширишга имкон беради.

3.2-параграфда кўзнинг рангдор пардаси тасвирининг бинар белгиларини таққослаш усули, шу тасвир бўйича шахсни идентификациялашда қарор қабул қилиш учун бўсағавий қийматни танлаш мезонлари келтирилган.

Кўзнинг рангдор пардаси тасвири бинар белгиларини таққослаш учун Хэмминг масофаси (HD) дан фойдаланилган:

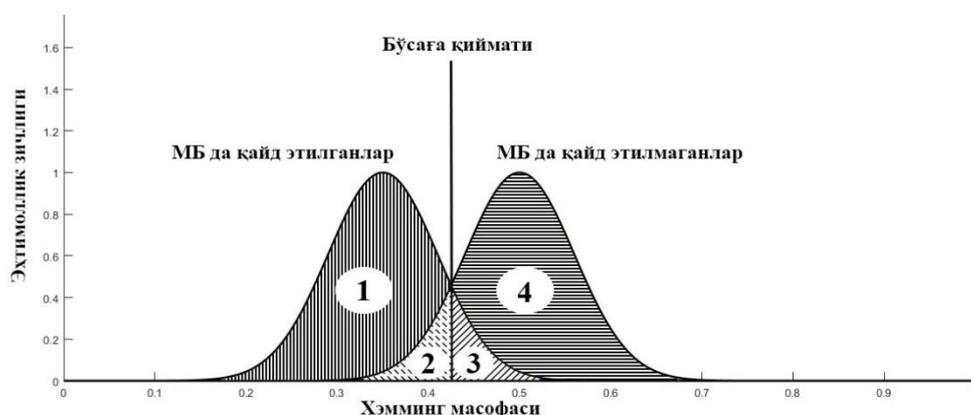
$$HD = \frac{1}{N-M} \sum_{i=1}^N (X_i \oplus Y_i) \wedge X_{ni} \wedge Y_{ni}.$$

бу ерда $M = \sum_{k=1}^N (X_{nk} \vee Y_{nk})$, X_i ва Y_i лар таққосланаётган кўзларнинг рангдор пардаси тасвирларини характерловчи бинар белгиларнинг қийматлари; X_{ni} ва Y_{ni} лар таққосланаётган тасвирлардаги кўзнинг рангдор пардаси соҳасига таъсир этувчи шовқинларнинг бинар қийматлари; N кўзнинг рангдор пардаси тасвирини характерловчи бинар белгилар сони.

Маълумотлар базасида қайд қилинган ва қайд қилинмаган кўзнинг рангдор пардасини характерловчи бинар белгилар қийматлари устма-уст тушиши ҳақида қарор қабул қилишда тўртта ҳолат мавжуд бўлиб, уларнинг иккитасида ечим тўғри ва қолган иккитасида эса ечим нотўғри бўлади. Бу ечимларнинг ўзаро бир-бирига боғлиқлиги 4-расмда келтирилган. Ушбу

расмдан кўришиб турибдики, устма-уст тушадиган ва устма-уст тушмайдиган бинар белгилари учун эҳтимоллик тақсимоти кесишадиган соҳаси мавжуд.

4-расмда келтирилган соҳалар қуйидаги ҳолатларни тақдим этади: 1-маълумотлар базасида қайд этилган ва таниб олинган шахслар; 2-маълумотлар базасида қайд этилмаган, лекин тизим томонидан таниб олинган шахслар; 3-маълумотлар базасида қайд этилган, лекин тизим томонидан таниб олинмаган шахслар; 4-маълумотлар базасида қайд этилмаган ва тизим томонидан таниб олинмаган шахслар. Бу соҳаларнинг ҳар бири ўтказилган тажриба синов натижалари бўйича ўртачалашган маълумотларни ифодалаб, улардан 2-соҳа биринчи тур хатоликни, 3-соҳа эса иккинчи тур хатоликни акс эттиради. Шунини таъкидлаш лозимки, шахсни биометрик таниб олишнинг мавжуд тизимларида бўсағавий қиймат TH_k барча кўзнинг рангдор пардаси тасвирларининг мослигини текширишда ўзгармайди. $HD < TH_k$ шарт бажарилиши, кўзнинг рангдор пардаси тасвирини характерловчи бинар белгилари мос тушишини, акс ҳолда эса мос тушмаслигини белгилайди.



4-расм. Хэмнинг масофасини қийматларининг шартли эҳтимоллик тақсимоти

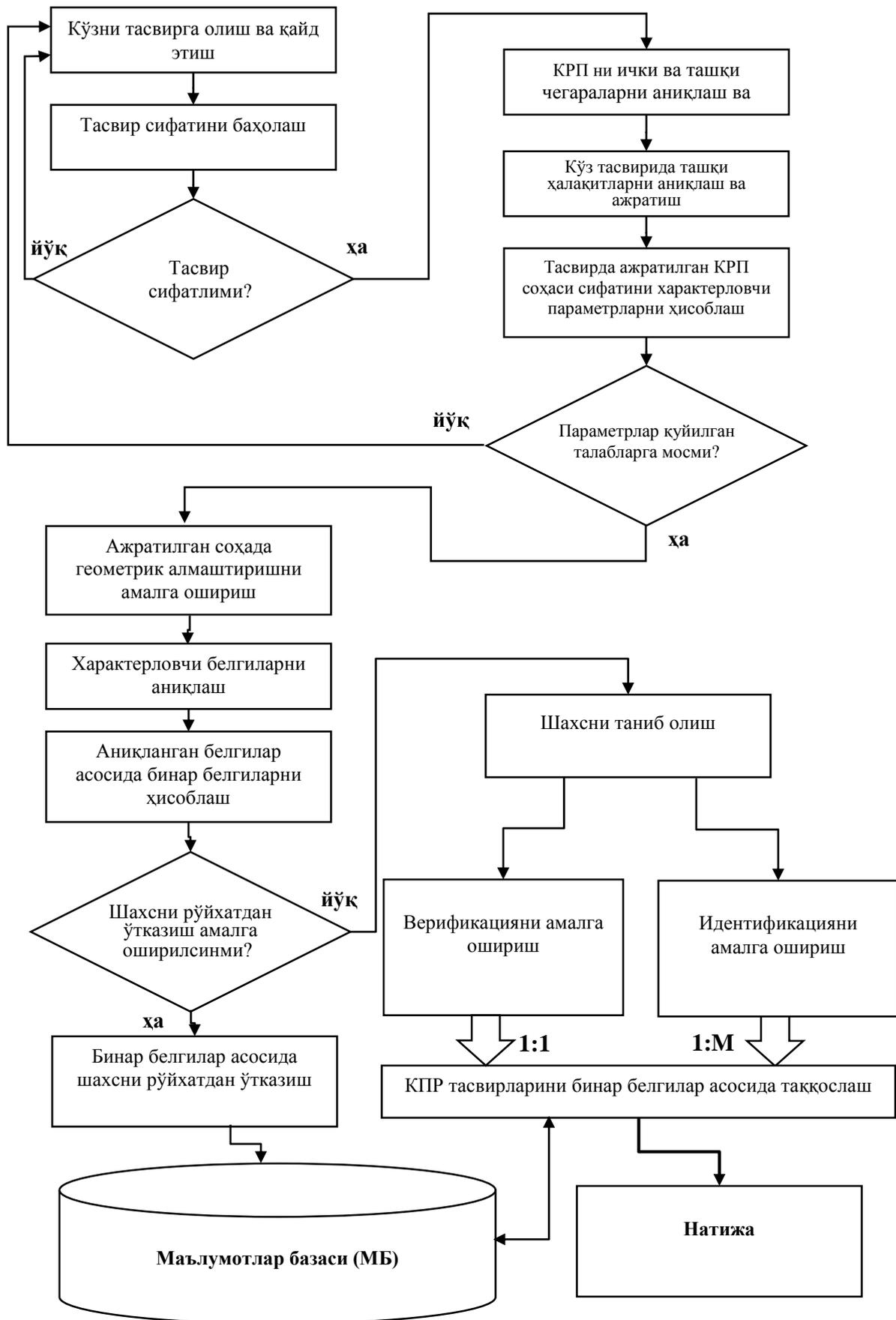
Бўсағавий қийматни топиш учун Байес, Нейман-Пирсон ва минимакс мезонларидан фойдаланилган.

Келтирилган мезонлардан вазиятга боғлиқ ҳолда шахсни кўзнинг рангдор пардаси тасвири бўйича таниб олиш тизимларида фойдаланиш тавсия этилади.

Диссертациянинг «Ишлаб чиқилган алгоритмларни тажрибавий тадқиқ қилиш ва амалий қўллаш» деб номланувчи тўртинчи боби шахсни биометрик идентификациялашнинг дастурий мажмуасини яратиш, тажрибавий тадқиқотлар натижаларини баён этиш ва амалий масалаларни ечишга бағишланган.

4.1-параграфда юқоридаги бобларда таклиф этилган ва такомиллаштирилган ҳамда мавжуд алгоритмлар асосида ишлаб чиқилган дастурий мажмуанинг умумий схемаси, функционал имкониятлари, график интерфейслари ва модуллари келтирилган. Дастурий мажмуа кўзнинг рангдор пардаси тасвири таҳлили асосида шахсни идентификациялашга мўлжалланган.

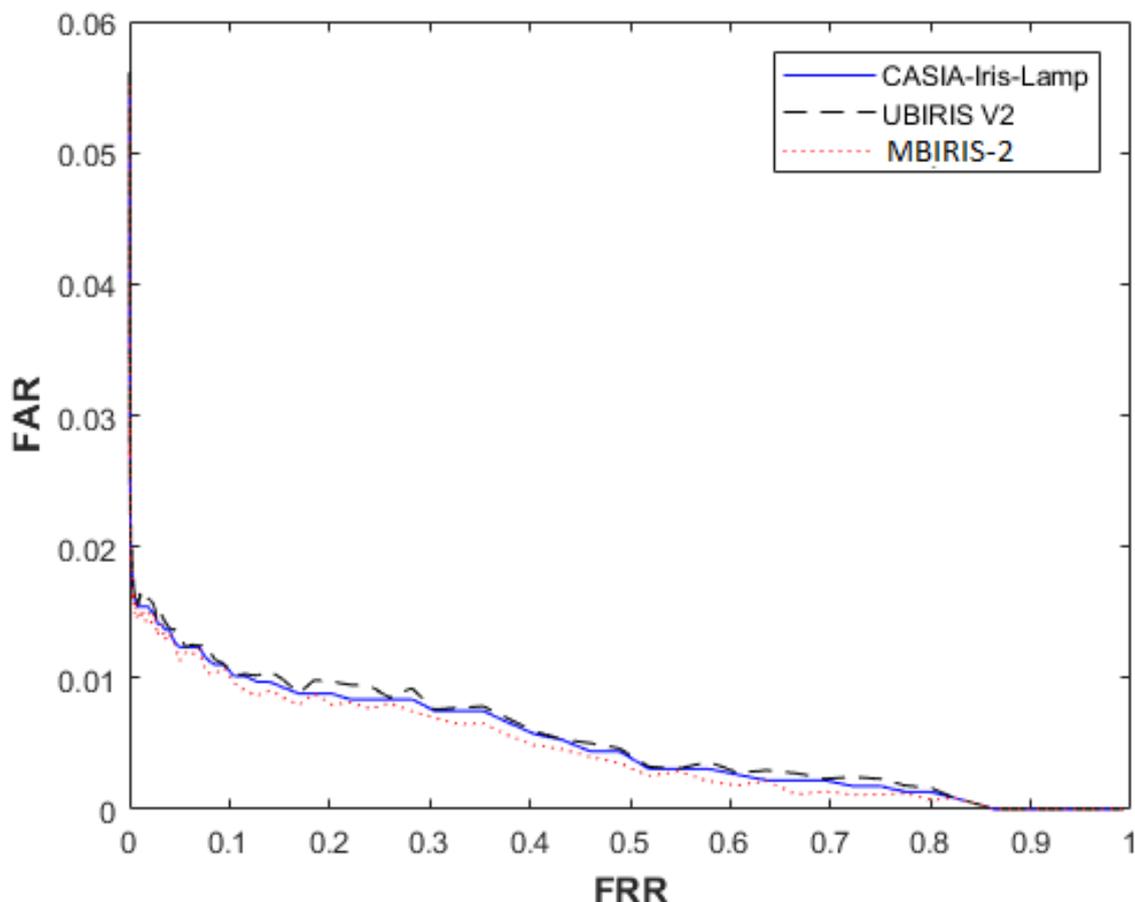
5-расмда модуллилик тамойили асосида ишлаб чиқилган дастурий мажмуанинг умумий ишлаш схемаси келтирилган.



5-расм. Кўзнинг рангдор пардаси (КРП) тасвири асосида шахсни биометрик идентификациялаш дастурий мажмуасининг умумий ишлаш схемаси

4.2-параграфда кўзнинг рангдор пардаси тасвирларини ўз ичига олган очиқ халқаро CASIA ва UBIRIS ҳамда республикамизда шакллантирилган MBIRIS-1 ва MBIRIS-2 маълумотлар базалари асосида олинган тажрибавий тадқиқот натижалари келтирилган.

Биометрик таниб олиш тизимлари самарадорлиги 1-тур (FRR) ва 2-тур (FAR) хатоликларнинг ўлчови билан белгиланади. 6-расмда CASIA-Iris-Lamp, UBIRIS V2 ва MBIRIS-2 маълумотлар базаларидаги тасвирлар асосида ўтказилган тажриба-синовларда олинган 1-тур ва 2-тур хатоликлар боғлиқлигининг эгри чизиқлари қурилган.



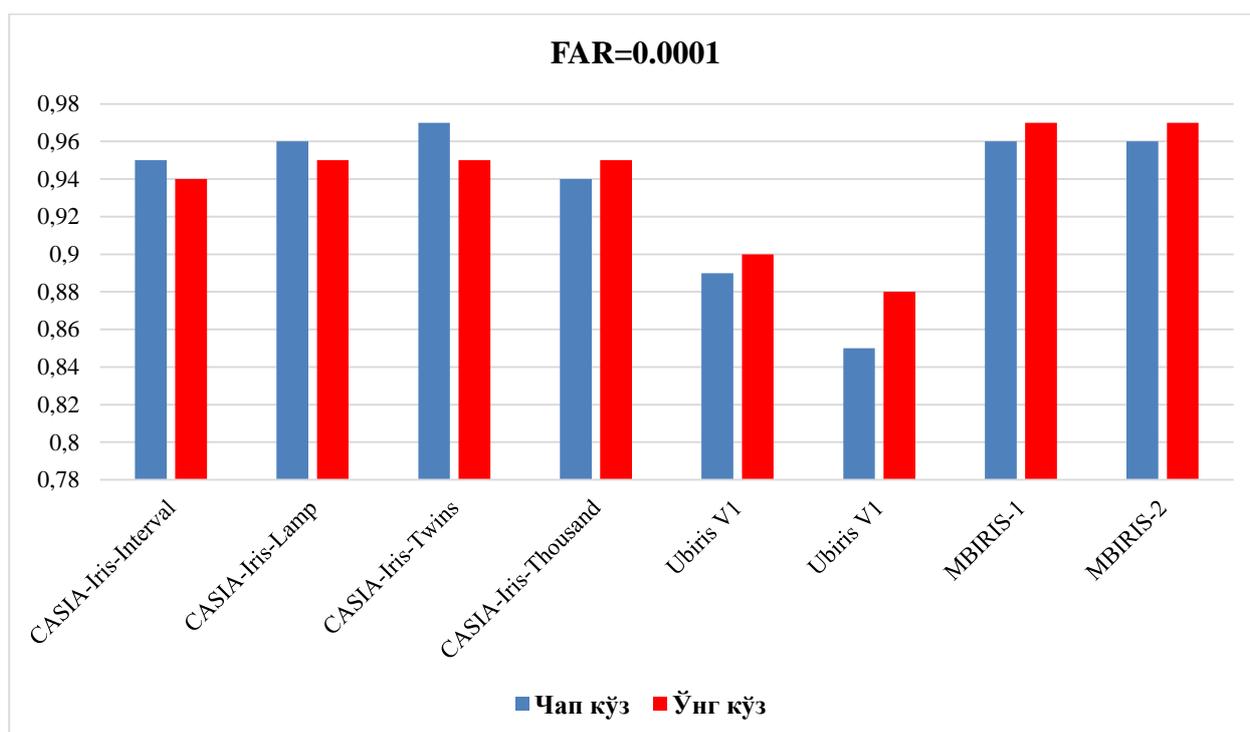
6-расм. 1-тур (FRR) ва 2-тур (FAR) хатоликлар боғлиқлигининг эгри чизиқлари

1-жадвалда 8 та маълумотлар базалари асосида ўтказилган тажриба синов жараёнида олинган таниб олишдаги хатолик ўлчови ERR ва характерловчи белгилар сифатини баҳолаш мезони d' нинг қийматлари келтирилган. Биометрик таниб олиш тизими аниқлик даражаси таниб олишдаги хатолик ўлчови (ERR) етарлича кичик бўлиши ва характерловчи белгиларнинг сифатини баҳолаш мезони (d') етарлича катта бўлиши билан белгиланади. Бу жадвалдан кўзнинг рангдор пардаси тасвири таҳлили асосида шахсни таниб олиш учун таклиф этилган алгоритмларнинг самарали эканлигини кўриш мумкин.

Таниб олишдаги хатолик ўлчови ERR ва характерловчи белгилар сифатини баҳолаш мезони d' ning қийматлари

МБ	μ_s	σ_s	μ_c	σ_c	d'	ERR %
CASIA-Iris-Interval	0,2710	0,0502	0,4692	0,0183	5,2450	0,0154
CASIA-Iris-Lamp	0,2680	0,0531	0,4750	0,0148	5,3106	0,0148
CASIA-Iris-Twins	0,2690	0,0511	0,4702	0,0187	5,2292	0,0169
CASIA-Iris-Thousand	0,2764	0,0501	0,4719	0,0186	5,1746	0,0171
UBIRIS v1	0,2861	0,0549	0,4711	0,0141	4,6158	0,0182
UBIRIS v2	0,279	0,0621	0,483	0,0141	4,5304	0,0194
MBIRIS 1	0,262	0,0498	0,471	0,0218	5,4370	0,0131
MBIRIS 2	0,263	0,0498	0,4681	0,0189	5,4454	0,0120

7-расмда 1 тур хатолик 0.0001 га тенг бўлганда битта шахсга тегишли чап ва ўнг кўзлар алоҳида қаралган ҳолатда таклиф этилган алгоритмлар асосида тажриба-синов жараёнида олинган таниб олишнинг натижалари келтирилган.



7-расм. Шахснинг чап ва ўнг кўзларининг рангдор пардалари тасвирлари бўйича таниб олишнинг натижалари

4.3-параграфда ишлаб чиқилган дастурий мажмуани амалий масалаларни ечишга тадбиқи баён қилинган. Дастурий мажмуадан фойдаланиш шахсни идентификациялашнинг ишончлиги юқори даражали бўлган локал ва комплекс хавфсизлик тизимларини яратишга имкон беради.

ХУЛОСА

«Кўзнинг рангдор пардаси тасвирлари бўйича шахсни биометрик идентификациялаш алгоритмлари» мавзусида олиб борилган диссертация тадқиқотининг асосий натижалари қуйидагилардан иборат.

1. Кўзнинг рангдор пардаси тасвири бўйича шахсни таниб олишнинг мавжуд алгоритмлари таҳлил қилинган ва уларнинг кучли томонлари ҳамда камчиликлари аниқланган.

2. Кўзнинг рангдор пардаси тасвири сифатини икки ўлчовли Фурье алмаштириши спектрининг юқори частоталарининг умумий энергиясини ҳисоблаш асосида эталонсиз баҳолаш алгоритми ишлаб чиқилган. Ушбу алгоритм реал вақт режимида таниб олиш учун тақдим этилаётган тасвир сифатини аниқ миқдорий баҳолаш имконини беради.

3. Тасвирда кўзнинг рангдор пардасининг ички ва ташқи чегараларини ажратишнинг турли халақитларга турғун ва тасвирга ишлов бериши тезкор бўлган алгоритмлари ишлаб чиқилган. Ушбу алгоритмлар турли хил шароитлардан қайд этилган тасвирлар билан ишлашга имкон беради.

4. Тасвирда кўзнинг рангдор пардаси кўриниш соҳасини тўсувчи халақитларни аниқлаш алгоритми ишлаб чиқилган. Бу алгоритм мавжуд алгоритмлардан тезкорлик ва юқори аниқлиги билан фарқланади.

5. Тасвирда кўзнинг рангдор пардаси соҳасининг сифатини характерловчи параметрларнинг статистик таҳлили асосида баҳолаш алгоритми ишлаб чиқилган. Ушбу алгоритм информатив белгиларни ажратиш учун кўзнинг рангдор пардаси соҳаси ярқли ёки ярқсизлиги баҳолашга имкон беради ва тезкорлиги билан фарқланади.

6. Тасвирдаги кўзнинг рангдор пардасини характерловчи идентификацион белгиларни ажратиш алгоритми сифатида кўзнинг рангдор пардаси текстура частотаси ва фазасини таҳлил қилишни таъминлайдиган тоқ симметрик Габорнинг икки ўлчамли логарифмик филтридан фойдаланиш мақсадга мувофиқлиги асосланди. Бу алгоритм кўзнинг рангдор пардаси тасвири бўйича шахсни таниб олиш аниқлигини оширишга имкон беради.

7. Кўзнинг рангдор пардаси тасвири бўйича шахсни таниб олиш масалаларида қарор қабул қилиш учун бўсағавий қийматни танлаш мезонлари ишлаб чиқилган. Бўсағавий қийматни коррект аниқлаш шахсни биометрик таниб олиш тизимининг 1-тур ва 2-тур хатоликларини камайишига олиб келади.

8. Мазкур ишда яратилган ва такомиллаштирилган ҳамда мавжуд алгоритмлар асосида кўзнинг рангдор пардаси тасвирига дастлабки ишлов бериш ва таҳлил қилишнинг дастурий мажмуаси ишлаб чиқилган. Ушбу дастурий таъминотдан ёпиқ ҳудуд ва махсус хоналарга киришни назорат қилиш ва бошқариш ҳамда ахборот ва компьютер тизимларида фойдаланувчиларни таниб олишнинг аппарат-дастурий мажмуаларини яратишда фойдаланиш мумкин.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПРИ НАУЧНОМ СОВЕТЕ
DSc.27.06.2017.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЮСУПОВ ОЗОД РАББИМОВИЧ

**АЛГОРИТМЫ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ
ЛИЧНОСТИ ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ГЛАЗА**

05.01.03 – Теоретические основы информатики

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

Ташкент– 2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №В2019.2.PhD/T1099.

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном университете.

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: **Фазылов Шавкат Хайруллаевич**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Бабомурадов Озод Жураевич**
доктор технических наук

Бекмуратов Косим Аллабердиевич
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: **«UNICON.UZ»-центр научно-технических и маркетинговых исследований**

Защита диссертации состоится «__» _____ 2020 г. в __ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100202, г.Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер № ____). (Адрес: 100202, г.Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2020 года.
(протокол рассылки №__ от «__» _____ 2020 г.).

Р.Х.Хамдамов

Председатель научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

Ф.М.Нуралиев

Ученый секретарь научного совета по присуждению
ученых степеней, д.т.н., доцент

М.А.Исмаилов

Председатель научного семинара при научном совете по
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется развитию биометрических технологий на основе методов обработки изображений. Основными причинами этого феномена являются, с одной стороны, возрастающий интерес государственных и коммерческих структур к биометрическим технологиям, а с другой стороны развитие высокими темпами технических средств регистрации, хранения, обработки и передачи информации. В связи с этим в настоящее время разработка и развитие биометрических технологий на основе использования уникальных биометрических параметров человека является одной из важных задач. В развитых странах мира, в том числе, в США, Франции, Индии, Российской Федерации, Китае, Японии, Германии, Южной Корее и Англии и других странах, уделяется большое внимание решению теоретических и практических задач биометрических технологий.

В мире ведутся широкомасштабные научно-исследовательские работы, направленные на усовершенствование существующих методов и алгоритмов, а также разработку новых вычислительных алгоритмов для создания автоматизированных систем обработки и анализа изображений биометрических параметров. Поэтому разработка алгоритмов безэталонной оценки качества заданных изображений, определения области расположения объекта на изображении, выделения характерных признаков этого объекта и его распознавания с использованием характерных признаков, а также создание на основе этих алгоритмов автоматизированных систем, является одной из важных задач.

В нашей республике в этом направлении особое внимание уделяется разработке и широкому внедрению автоматизированных систем биометрической идентификации личности на основе обработки интеллектуального анализа цифровых изображений. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи, в том числе, «... внедрение информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, системы управления.

... совершенствование системы обеспечения информационной безопасности и защиты информации, своевременное и адекватное противодействие угрозам в информационной сфере»¹. В частности, в реализации указанных задач одним из важных вопросов по обеспечению безопасности в информационно-коммуникационных технологиях является создание систем ограничения, контроля и управления несанкционированным доступом в компьютерные, информационные системы и сети, используя биометрические технологии идентификации личности. Поэтому развитие методов и алгоритмов обработки цифровых изображений в контексте задач выделения признаков объекта на изображении и его распознавания, а также их применение в системах

¹ Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года “О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан”

обеспечения информационной безопасности и системах контроля доступа на закрытые территории является актуальной проблемой.

Данное диссертационное исследование в определенной мере служит реализации задач, предусмотренных указами Президента Республики Узбекистан № УП-5349 от 2 февраля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций», № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», постановлениями Президента Республики Узбекистан № ПП-3245 от 29 августа 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно-коммуникационных технологий», № ПП-2158 от 3 апреля 2014 года «О мерах по дальнейшему внедрению информационно-коммуникационных технологий в реальном секторе экономики», а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. В последние годы задачи разработки и усовершенствования методов обработки изображений, распознавания образов, а также их практическое применение исследованы в научных работах В.В.Александрова, М.М.Бонгарда, С.Ватанабе, Р.Гонсалеса, Ю.И.Журавлева, В.В.Старовойтова, Э.Патрика, У.Прэтта, М.И.Шлезингера, Р.J.Flynn, К.W.Bowyer, A.Ross, J.Daugman, H. Proenca, A.Czajka, R.P.Wildes и других зарубежных ученых.

В Узбекистане в развитие теоретических основ распознавания образов и обработки изображений большой вклад внесли М.М.Камилов, Э.М.Алиев, Ш.Х.Фазылов, Н.А.Игнатъев, С.С.Садыков, Н.М.Мирзаев, Ш.Е.Туляганов, Н.С. Маматов, С.С. Раджабов и другие.

В настоящее время высокими темпами развиваются системы распознавания личности на основе обработки изображений биометрических объектов. Анализ исследований, проведенных в этом направлении, показывает, что радужная оболочка глаза является одним из сугубо индивидуальных, неизменяющихся, хорошо описываемых и высокоинформативных биометрических объектов. Хотя, к настоящему времени разработан ряд методов и алгоритмов распознавания личности на основе изображения радужной оболочки глаза, однако при этом в недостаточной степени исследована проблема усовершенствования существующих и разработка новых методов и алгоритмов, обеспечивающих быстрое распознавание личности на основе анализа изображения радужной оболочки глаза, полученного в неидеальных условиях.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного и

научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Самаркандского государственного университета в рамках научно-исследовательской работы по теме «Математические методы и алгоритмы обработки и анализа изображений биометрических объектов» (2015-2020) и планом научно-исследовательских работ Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий в рамках проекта по теме БВ-Атех-2018: «Разработка алгоритмов и программного обеспечения идентификации личности на основе потоковой обработки изображений лиц» (2018-2020).

Цель исследования состоит в разработке алгоритмов и комплекса программ биометрической идентификации личности на основе анализа изображений радужной оболочки глаза.

Задачи исследования:

разработка быстродействующего и высокоточного алгоритма безэталонной оценки качества изображения радужной оболочки глаза;

разработка алгоритма поиска и выделения на изображении области расположения радужной оболочки глаза;

разработка алгоритма оценки параметров области расположения радужной оболочки глаза на изображении;

разработка алгоритмов выделения признаков изображения радужной оболочки глаза и распознавания;

разработка рекомендаций по практическому применению комплекса программ, созданного на основе предложенных и существующих алгоритмов обработки изображений радужной оболочки глаза.

Объектом исследования являются цифровые изображения радужной оболочки глаза человека, полученные в различных условиях фото-видеосъёмки.

Предмет исследования составляют методы и алгоритмы обработки и анализа изображений радужной оболочки глаза.

Методы исследования. При проведении исследования использовались методы системного анализа, дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, обработки цифровых изображений и распознавания образов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан алгоритм безэталонной оценки качества изображения радужной оболочки глаза на основе вычисления общей энергии высоких частот спектра двумерного преобразования Фурье;

разработаны устойчивые к различным помехам и быстродействующие алгоритмы выделения внутренней и внешней границ радужной оболочки глаза на изображении;

разработан быстродействующий и высокоточный алгоритм определения помех, закрывающих видимую область радужной оболочки глаза на изображении;

разработан алгоритм оценки параметров на основе статистического анализа, характеризующих качество области радужной оболочки глаза на изображении.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработано алгоритмическое обеспечение биометрической идентификации личности по изображению радужной оболочки глаза, предназначенное для создания систем контроля и управления доступом на закрытые территории и специальные помещения, а также распознавания пользователей информационными системами и компьютерными сетями;

разработан комплекс программ выделения области расположения радужной оболочки глаза на изображении, определения расположения век, ресниц, бликов и других помех, ограничивающих полное восприятие этой области, оценки параметров, характеризующих её качество, выделения характерных признаков, а также распознавания личности.

Достоверность результатов исследования подтверждается корректным применением математического аппарата обработки цифровых изображений и распознавания образов при разработке алгоритмов, а также положительными результатами экспериментальных исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования определяется тем, что разработанные алгоритмы являются определенным вкладом в дальнейшее развитие теоретических основ технологий биометрической идентификации личности на основе анализа изображения радужной оболочки глаза.

Практическая значимость результатов исследования определяется тем, что разработанный программный комплекс можно использовать для решения задач контроля и управления доступом на строго защищенные территории, а также авторизации пользователей информационными системами.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов, связанных с решением задачи идентификации личности по изображению радужной оболочки глаза:

созданный на основе алгоритмов безэталонной оценки качества изображения и выделения на нём области расположения радужной оболочки глаза, определения помех, ограничивающих полное восприятие этой области, оценки параметров, характеризующих её качество, выделения признаков и распознавания радужной оболочки глаза программный комплекс внедрен в Хокимияте Пайарыкского района для контроля и управления доступом в специальный отдел в целях исключения несанкционированного проникновения (справки Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций № 33-8/8554 от 3 декабря 2019 года, Хокимията Самаркандской области № 07-10/1019 от 17 сентября 2019 года). В результате научного исследования была сформирована база данных, включающая изображения радужной оболочки глаз сотрудников и в процессе тестирования было достигнуто сокращение объема работ, связанных с контролем и управлением доступа сотрудников в специальный отдел, в 1.2 раза, а также повышение точности идентификации личности сотрудников на 15%;

созданный на основе алгоритмов безэталонной оценки качества изображения и выделения на нём области расположения радужной оболочки глаза, определения помех, ограничивающих полное восприятие этой области, оценки параметров, характеризующих её качество, выделения признаков и распознавания радужной оболочки глаза программный комплекс внедрен в Государственную налоговую инспекцию Нарпайского района Самаркандской области для повышения достоверности идентификации пользователей информационными системами и специальными помещениями на основе использования биометрической идентификации личности по изображению радужной оболочки глаза (справка Государственного налогового комитета Республики Узбекистан № 10-27680 от 23 сентября 2019 года). В результате научного исследования была осуществлена регистрация сотрудников по изображению радужной оболочки глаза и в процессе тестирования процедуры получения разрешения на пользование сотрудниками информационными системами и специальными помещениями было достигнуто сокращение времени идентификации личности сотрудников в 2 раза.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования докладывались и обсуждались на 3 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, из которых 6 опубликованы в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 2 в зарубежных и 4 в республиканских журналах, также получены 2 свидетельства о регистрации программных продуктов для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 114 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Обозначены цель и задачи исследования, а также определены объект и предмет исследования, обоснована достоверность полученных результатов, показаны их научная и практическая значимость, приведены сведения о внедрении результатов исследования, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Биометрические технологии распознавания личности»**, состоящей из четырех параграфов, приведены результаты анализа современного состояния проблемы биометрической идентификации личности и методов ее решения, а также отмечены преимущества и недостатки каждого из этих методов, сформулированы основные проблемы, существующие в области биометрической

идентификации личности. На основе рассмотрения методов и алгоритмов идентификации личности по изображению радужной оболочки глаза, определены проблемы развития этого направления исследований и пути их решения, а также сформулирована задача данной научной работы.

В параграфе 1.1 приведены основные понятия, используемые при описании биометрических технологий и систем, а также результаты сравнительного анализа методов и средств биометрической идентификации личности.

В параграфе 1.2 рассмотрены особенности радужной оболочки глаза, а также приведено описание ее размеров и форм, являющихся основой для идентификации личности, отмечена высокая степень уникальности текстуры радужной оболочки глаза по сравнению с другими биометрическими параметрами, в частности, с изображением лица и отпечатками пальцев.

В параграфе 1.3 приведены результаты сравнительного анализа существующих методов и алгоритмов идентификации личности по изображению радужной оболочки глаза. На основе этих результатов обоснована необходимость усовершенствования существующих алгоритмов с целью сокращения времени и повышения точности распознавания личности по изображению радужной оболочки глаза. Кроме того, отмечено, что разработка быстродействующих и высокоточных алгоритмов определения на изображении глаза области расположения радужной оболочки является одной из основных проблем в этом направлении исследований.

В параграфе 1.4, исходя из результатов аналитического обзора, приведенных в предыдущем параграфе, сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Вторая глава диссертации **«Алгоритмы предварительной обработки изображения радужной оболочки»**, состоящая из трех параграфов, посвящена описанию разработанных алгоритмов оценки качества изображения радужной оболочки глаза, выделения области ее расположения на изображении, а также определения помех, закрывающих видимую область радужной оболочки глаза.

В параграфе 2.1 на основе анализа существующих алгоритмов безэталонной оценки качества изображения радужной оболочки глаза выявлены их преимущества и недостатки, разработаны схема и на её основе соответствующий алгоритм безэталонной оценки качества изображения, свободный от недостатков, присущих существующим алгоритмам.

Одним из основных и важных этапов функционирования системы идентификации личности по радужной оболочке глаза считается быстрое оценивание качества исходного изображения глаза. Если представленное для распознавания личности изображение является некачественным, то в этом случае результаты распознавания могут оказаться ошибочными.

Анализ изображений радужной оболочки глаза показывает, что некачественные изображения получаются вследствие следующих причин: неправильная установка фокусного расстояния; размытость изображения в результате движения камеры и снимаемого объекта относительно друг друга,

полное или частичное закрытие веком и ресницами области радужной оболочки на изображении глаза. Каждая из перечисленных помех имеет свою характеристику, которая отличает эту помеху от других.

Учитывая сказанное, в этом параграфе для безэталонного оценивания качества изображения разработан усовершенствованный алгоритм Даугмана, в котором вместо маски размером 8×8 используется маска размером 6×6 (смотрите рис.1).

-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	8	8	-1	-1
-1	-1	8	8	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1

Рис. 1. Вид предлагаемой операторной маски

Алгоритм А1 безэталонного оценивания качества изображений реализуется следующим образом:

Шаг 1. Ввод изображения.

Шаг 2. Вычисление численного значения качества изображения

$$Q = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{y=1}^M \sum_{x=1}^N |I(x, y) * \Delta|$$

Шаг 3. Проверка условия $Q > Q_b$: если оно выполняется, то осуществляется переход на следующий шаг, в противном случае, осуществляется переход на шаг 1 и вводится следующее изображение.

Шаг 4. Принятие решения по осуществлению дальнейшего анализа текущего изображения.

Шаг 5. Конец.

В параграфе 2.2 разработаны алгоритмы поиска внутренней и внешней границ, а также выделения области радужной оболочки на изображении глаза, определения помех, препятствующих полному восприятию этой области.

Процесс выделения внутренней и внешней границ радужной оболочки глаза может оказаться некорректным под влиянием следующих обстоятельств: наличие ситуации с различной освещенностью при съемке радужной оболочки глаза с помощью различных оптических устройств; наличие век и ресниц, прикрывающих радужную оболочку глаза; дефекты зрачка; радужная оболочка имеет черный цвет, т.е. имеет место совпадение цвета зрачка и радужной оболочки глаза; увеличение зрачка (диаметр зрачка должен быть меньше диаметра радужной оболочки не менее чем на 25%); движение головы, мигание глаз и другие.

Учитывая перечисленные обстоятельства, для выделения области радужной оболочки на изображении глаза в параграфе 2.2 разработаны алгоритмы, обозначенные как *A2*, *A3*, *A4*.

Алгоритм А2 определения внутренней границы радужной оболочки глаза, т.е. границы зрачка, реализуется следующим образом.

Шаг 1. Ввод изображения.

Шаг 2. Применение фильтра Гаусса:

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}.$$

Шаг 3. Разбиение изображения на квадраты и вычисление для каждого квадрата средней яркости согласно

$$P_{k,l} = \frac{1}{d^2} \sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^d I(k \cdot d + i, l \cdot d + j).$$

Шаг 4. Определение области, имеющей минимальную среднюю яркость, т.е.

$$P_{\min} = \min_{k,l} (P_{k,l}).$$

Шаг 5. Осуществление бинаризации изображения согласно

$$I_b(x, y) = \begin{cases} 1, & I(x, y) \leq \tau; \\ 0, & I(x, y) > \tau. \end{cases}$$

Шаг 6. Определение границы глазного зрачка согласно

$$I_c(x, y) = \begin{cases} 1, & I_G(x, y) \leq \gamma; \\ 0, & I_G(x, y) > \gamma. \end{cases}$$

Шаг 7. Построение окружности, определяющей границу глазного зрачка.

Шаг 8. Конец.

Алгоритм А3 определения внешней границы радужной оболочки глаза реализуется в виде следующей последовательности шагов.

Шаг 1. Ввод изображения.

Шаг 2. Присвоение переменной r_i значения $r_{i_{\max}}$ ($r_i \in [r_{i_{\min}}, r_{i_{\max}}]$).

Шаг 3. Выделение локальной области в виде квадрата $2d \times 2d$ ($d = 2 \cdot r_i$), т.е.

$$\begin{aligned} x_p - d &\leq x \leq x_p + d, \\ y_p - d &\leq y \leq y_p + d. \end{aligned}$$

Шаг 4. Выполнение на локальной области процедур снижения уровня шумов и сглаживания с использованием фильтра Гаусса.

Шаг 5. Выполнение на локальной области процедуры устранения малых помех.

Шаг 6. Выполнение на локальной области процедуры гамма коррекции.

Шаг 7. Выделение на локальной области контурных линий с использованием метода Канни.

Шаг 8. Выполнение на локальной области процедуры очистки с учётом условия $(x_p - x_0)^2 + (y_p - y_0)^2 \leq r^2$.

Шаг 9. Построение окружности, определяющей внешнюю границу радужной оболочки глаза.

Шаг 10. Конец.

Результаты поиска и выделения области радужной оболочки глаза, полученные с использованием разработанных алгоритмов А2 и А3 приведены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что, несмотря на наличие помех в виде век, ресниц и пятен, можно в достаточной мере точно определить внутреннюю и внешнюю границы радужной оболочки глаза.

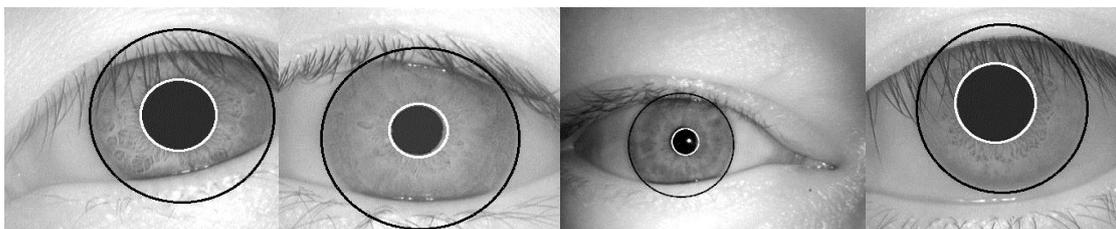


Рис. 2. Результаты определения внутренней и внешней границ радужной оболочки глаза

Алгоритм А4 определения границ верхнего и нижнего век глаза реализуется в виде следующей последовательности шагов.

Шаг 1. Ввод изображения.

Шаг 2. Выделение локальной области в виде квадрата размером $2d \times 2d$ ($d = 1.5 \cdot r_i$), т.е.

$$\begin{aligned} x_p - d &\leq x \leq x_p + d, \\ y_p - d &\leq y \leq y_p + d. \end{aligned}$$

Шаг 3. Выполнение процедуры устранения на локальной области малых помех с использованием медианного фильтра.

Шаг 4. Выделение на локальной области контурных линий с использованием метода Канни.

Шаг 5. Выполнение на локальной области процедуры очистки с учетом условия $(x_p - x_0)^2 + (y_p - y_0)^2 \leq r^2$.

Шаг 6. Выполнение процедуры разделения локальной области, сформированной на шаге 2, на две прямоугольные области размером $2d \times d$.

Шаг 7. Определение с использованием преобразования Хафа параметров парабол, представляющих границы верхней и нижней век глаза, т.е. параметров a , b , c .

Шаг 8. Конец.

В данном алгоритме на шаге 7 параметры парабол определяются следующим образом:

в параболе, представляющей границу верхнего века, параметр a определяется в полуинтервале $\left[-\frac{1}{r_i}, 0\right)$ с шагом h ;

в параболе, представляющей границу нижнего века, параметр a определяется в полуинтервале $\left(0, \frac{1}{r_i}\right]$ с шагом h ;

параметры b , c вычисляются по следующим формулам:

$$b = -2ax_0, \quad c = x_0^2 + y_0.$$

На рис. 3 приведены результаты определения границ верхнего и нижнего век глаза с использованием алгоритма А4.

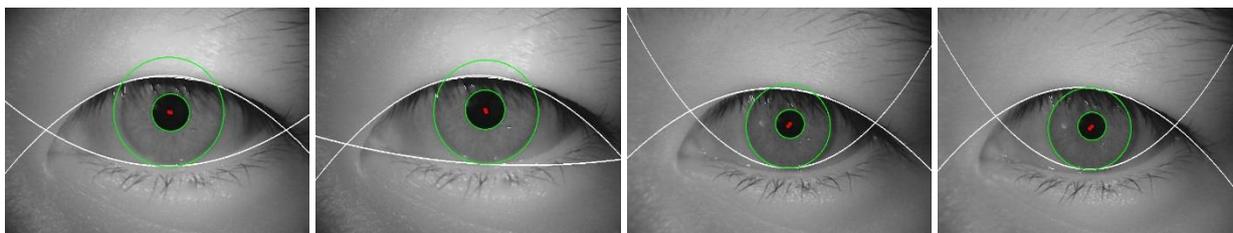


Рис. 3. Результаты определения границ верхнего и нижнего век глаза

В параграфе 2.3 рассмотрена задача оценки параметров, характеризующих качество изображения радужной оболочки глаза. Таковыми параметрами являются: контрастность изображения (Z_1); коэффициент площади (Z_2); энтропия (Z_3); величина расширения (дилатации) зрачка (Z_4); величина окклюзии (Z_5); отношение размеров радужной оболочки и зрачка нисбати (Z_6); размер области радужной оболочки, пригодной для обработки (Z_7); величина эксцентрического расстояния (Z_8).

Кроме того, в данном параграфе, используя метод главных компонент, перечисленные параметры сведены к единому параметру, характеризующему качество изображения радужной оболочки глаза.

Третья глава диссертации «**Алгоритмы идентификации личности по радужной оболочке глаза**» посвящена описанию разработанного алгоритма выделения характерных признаков изображения радужной оболочки глаза, а также критериев принятия решения при распознавания личности.

В параграфе 3.1 на основе анализа алгоритмов выделения характерных признаков изображения радужной оболочки глаза, базирующихся на использовании фильтра Габора, выявлены сильные стороны и недостатки этих алгоритмов. По результатам проведенного анализа разработан усовершенствованный **алгоритм А5**, основанный на использовании логарифмического фильтра Габора.

Данный алгоритм реализуется следующим образом:

Шаг 1. Ввод изображения.

Шаг 2. Выполнение процедуры перевода логарифмического фильтра Габора из системы полярных координат в систему декартовых координат согласно выражению

$$G(u, v) = \exp\left(-\ln^2\left(\frac{u_1}{f_0}\right) / 2\ln^2\left(\frac{\sigma_u}{f_0}\right)\right) \exp\left(\frac{-v_1^2}{2\sigma_v^2}\right).$$

Шаг 3. Формирование нечетно-симметричного фильтра согласно выражению

$$G^0(u, v) = \exp\left(-\ln^2\left(\frac{u_1}{f_0}\right) / 2\ln^2\left(\frac{\sigma_u}{f_0}\right)\right) \exp\left(\frac{-v_1^2}{2\sigma_v^2}\right) \sin(2\pi f_0 u_1).$$

Шаг 4. Разбиение изображения радужной оболочки на отдельные части и применение к ним нечетно-симметричного фильтра:

$$C(i, j) = \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M I\left(i + x - \frac{N}{2}, j + y - \frac{M}{2}\right) G^0(u, v).$$

Шаг 5. Применение двумерного быстрого преобразования Фурье к каждой части изображения.

Шаг 6. Вычисление для каждой части изображения амплитуды M_{kj} и фазы P_{kj} согласно следующим выражениям

$$M_{kj}(x, y) = \sqrt{F_{kj}(x, y) \overline{F_{kj}(x, y)}},$$

$$P_{kj}(x, y) = \arctan \frac{i \overline{F_{kj}(x, y)} - F_{kj}(x, y)}{F_{kj}(x, y) + \overline{F_{kj}(x, y)}}.$$

Шаг 7. Выделение информативных признаков:

$$s = \arg \max_j (M_{kj}),$$

$$\begin{cases} (h_r, h_i) = (1, 1), & 0 \leq P_{kj} \leq \frac{\pi}{2}; \\ (h_r, h_i) = (0, 1), & \frac{\pi}{2} < P_{kj} \leq \pi; \\ (h_r, h_i) = (0, 0), & \pi < P_{kj} \leq \frac{3\pi}{2}; \\ (h_r, h_i) = (1, 0), & \frac{3\pi}{2} < P_{kj} \leq 2\pi. \end{cases}$$

Шаг 8. Конец.

Следует отметить, что в данном алгоритме в процессе идентификации используются не все характерные точки, а лишь самые репрезентативные признаки отдельных частей изображения, что, в свою очередь, обеспечивает повышение эффективности указанного процесса.

В параграфе 3.2 приведены метод сопоставления бинарных признаков изображения радужной оболочки глаза и критерии выбора значения порога для принятия решения при идентификации личности по этому изображению.

Для сопоставления бинарных признаков изображения радужной оболочки глаза использовано расстояние Хэмминга (HD), определяемое согласно

$$HD = \frac{1}{N - M} \sum_{i=1}^N (X_i \oplus Y_i) \wedge X_{ni} \wedge Y_{ni}$$

где $M = \sum_{k=1}^N (X_{nk} \vee Y_{nk})$, X_i и Y_i – значения бинарных признаков сравниваемых изображений радужных оболочек глаза; X_{ni} и Y_{ni} – бинарные значения помех, влияющих на область радужной оболочки глаза на сравниваемых изображениях; N – количество бинарных признаков, характеризующих изображение радужной оболочки глаза.

При сравнении бинарных признаков изображений радужной оболочки глаза, имеющих и не имеющих в базе данных, возникают четыре ситуации при принятии решения о совпадении значений этих признаков, при этом в двух ситуациях имеет место правильное решение, а в остальных двух – неправильное. Взаимосвязь этих решений иллюстрируются на рис. 4, из которого видно, что для совпадающих и не совпадающих бинарных признаков имеет место область пересечения распределений вероятности.

Приведенные на рис. 4 области отражают следующие ситуации: 1-существующие в базе данных и правильно распознанные личности; 2- не существующие в базе данных, но как правильно распознанные личности; 3-существующие в базе данных, но не распознанные личности; 4-не существующие в базе данных и не распознанные личности. Каждая из перечисленных областей отражает усредненные данные по результатам экспериментов. При этом область 2 отражает ошибки первого рода, а область 3 - ошибки второго рода. Следует отметить, что в существующих системах биометрического распознавания личности значение порога TH_k в процессе сопоставления изображений радужных оболочек глаз всех проверяемых личностей остаётся неизменным. Выполнение условия $HD < TH_k$ означает совпадение, а не выполнение – не совпадение значений бинарных признаков, характеризующих изображение радужной оболочки глаза.



Рис. 4. Условное вероятностное распределение значений расстояния Хэмминга

Для определения значения порога использовались критерии Байеса и Неймана-Пирсона, а также минимаксный критерий.

Приведенные критерии рекомендуется использовать в системах распознавания личности по радужной оболочке глаза с учетом условий функционирования этих систем.

Четвертая глава диссертации «**Экспериментальное исследование и практическое применение разработанных алгоритмов**» посвящена разработке программного комплекса биометрической идентификации личности, описанию результатов экспериментальных исследований и решению практических задач.

В параграфе 4.1 приведены общая схема, функциональные возможности и графический интерфейс программного комплекса, разработанного на основе предложенных и усовершенствованных в предыдущих главах алгоритмов, а также существующих алгоритмов. Программный комплекс предназначен для идентификации личности на основе анализа изображения радужной оболочки глаза.

На рис. 5 приведена общая схема работы программного комплекса, созданного на основе модульного принципа.

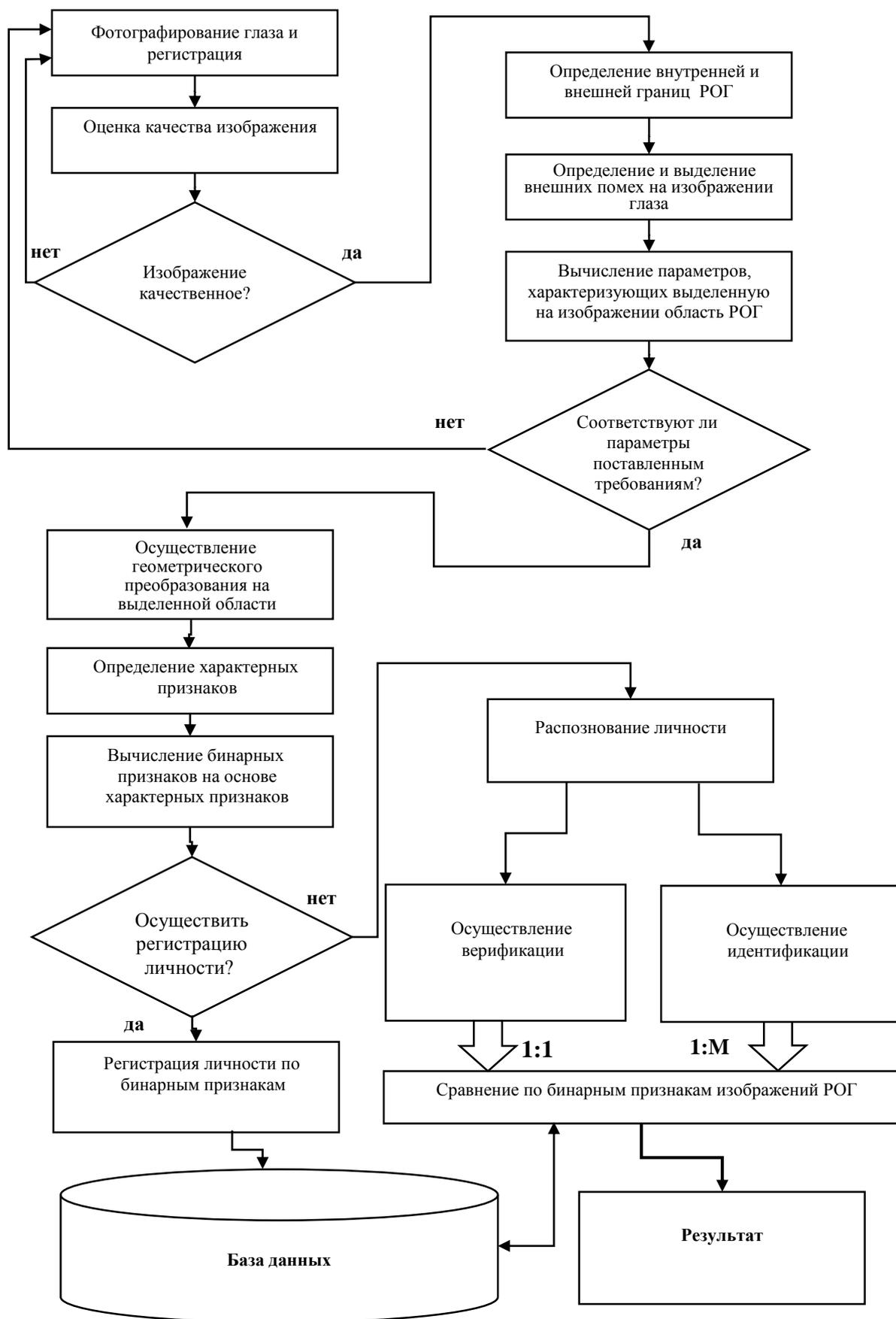


Рис. 5. Общая схема работы программного комплекса биометрической идентификации личности на основе анализе изображение радужной оболочки глаза (РОГ)

В параграфе 4.2 приведены результаты экспериментальных исследований, полученные с использованием открытых международных баз данных CASIA и UBIRIS, а также сформированных в нашей республике баз данных MBIRIS-1 и MBIRIS-2, включающих изображения радужной оболочки глаза.

Эффективность систем биометрического распознавания определяется ошибками первого рода (FRR) и второго рода (FAR). На рис. 6 приведены кривые зависимостей ошибок первого и второго рода, полученные в процессе опытных испытаний, проведенных с использованием изображений из баз данных CASIA-Iris-Lamp, UBIRIS V2 и MBIRIS-2.

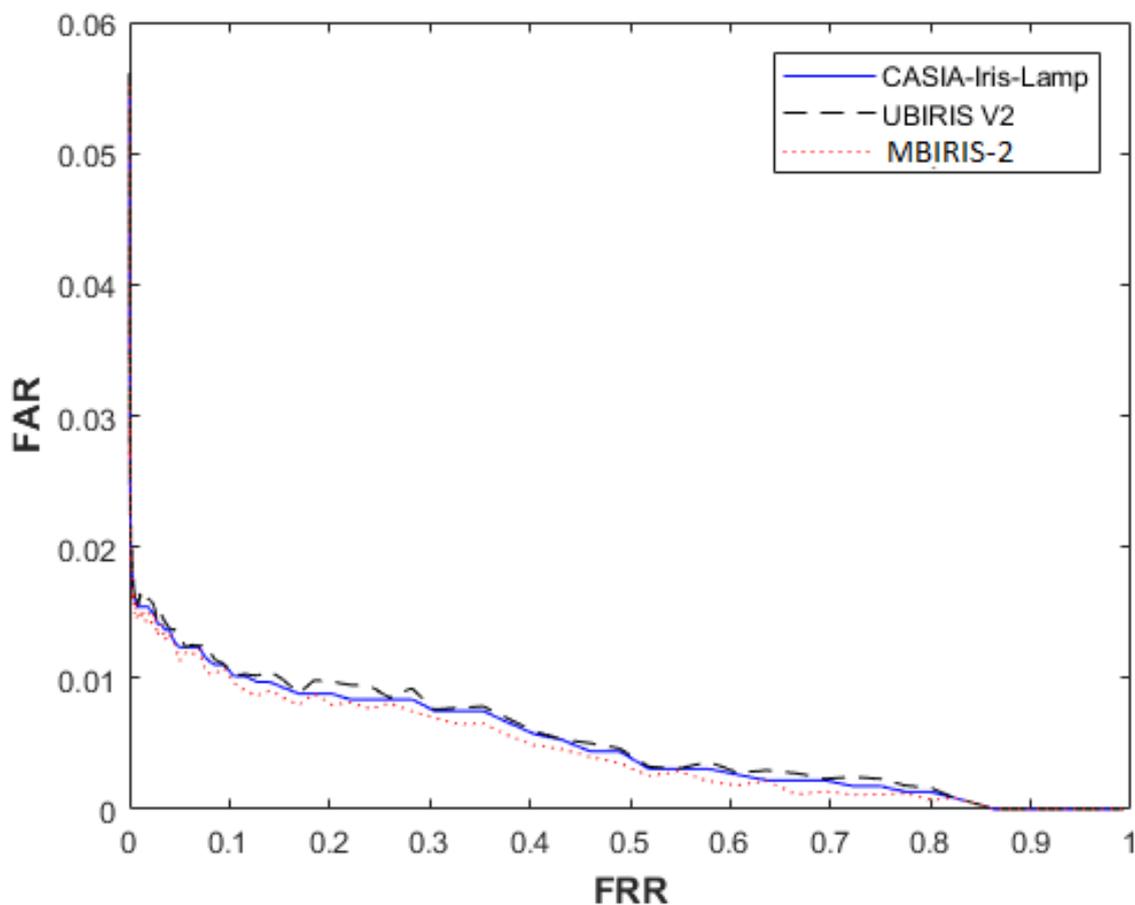


Рис. 6. Кривые зависимости ошибок первого рода (FRR) и второго рода (FAR)

В таблице 1 приведены значения величины ошибок распознавания ERR и критерия оценки качества характерных признаков d' , полученные в процессе опытного испытания алгоритмов, проведенного с использованием изображений из 8 баз данных. Степень точности системы биометрического распознавания определяется достаточно малым значением величины ошибки распознавания (ERR) и достаточно большим значением критерия оценки качества характерных признаков (d'). Из этой таблицы видно, что предложенные алгоритмы обеспечивают достаточно высокую точность идентификации личности на основе анализа изображения радужной оболочки глаза.

Таблица 1.

Значения величины ошибок распознавания ERR и критерия оценки качества характерных признаков d'

МБ	μ_s	σ_s	μ_c	σ_c	d'	ERR %
CASIA-Iris-Interval	0,2710	0,0502	0,4692	0,0183	5,2450	0,0154
CASIA-Iris-Lamp	0,2680	0,0531	0,4750	0,0148	5,3106	0,0148
CASIA-Iris-Twins	0,2690	0,0511	0,4702	0,0187	5,2292	0,0169
CASIA-Iris-Thousand	0,2764	0,0501	0,4719	0,0186	5,1746	0,0171
UBIRIS v1	0,2861	0,0549	0,4711	0,0141	4,6158	0,0182
UBIRIS v2	0,279	0,0621	0,483	0,0141	4,5304	0,0194
MBIRIS 1	0,262	0,0498	0,471	0,0218	5,4370	0,0131
MBIRIS 2	0,263	0,0498	0,4681	0,0189	5,4454	0,0120

На рис. 7 приведены результаты распознавания, полученные при опытном испытании предложенных алгоритмов в ситуации, когда рассматриваются в отдельности левый и правый глаз одной личности при наличии ошибки первого рода, равной 0.0001 .

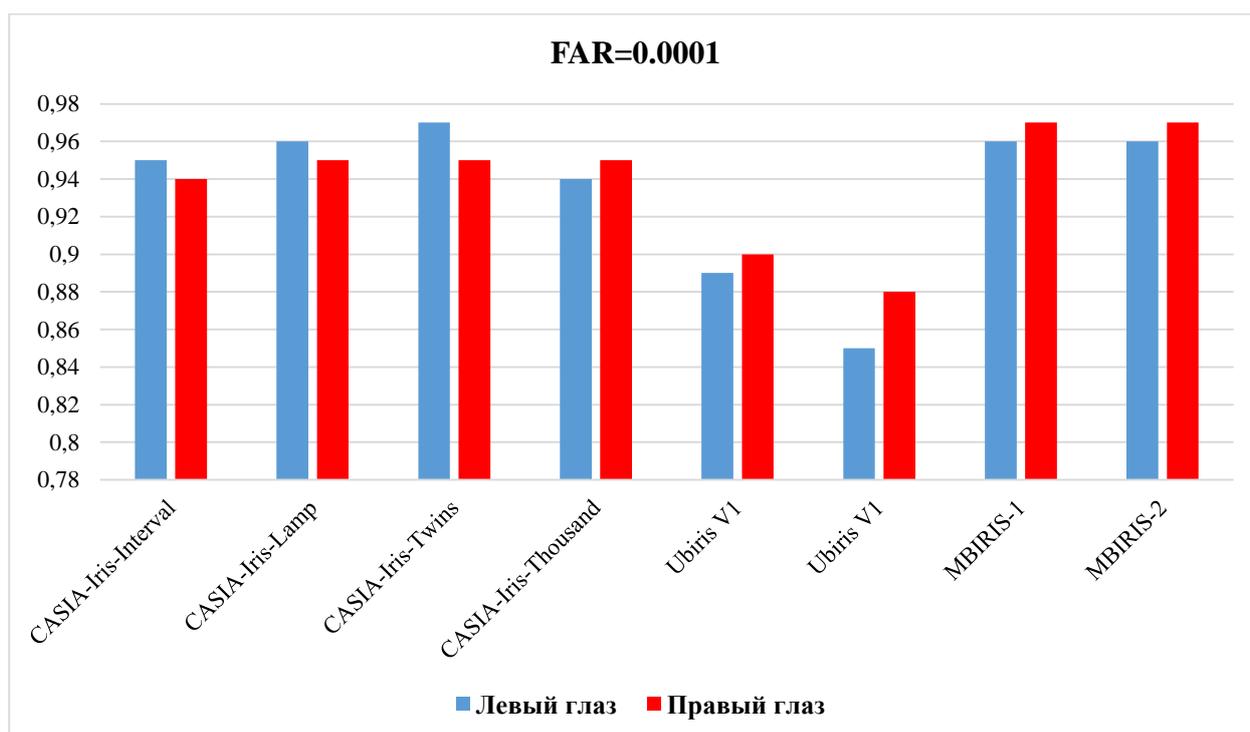


Рис. 7. Результаты распознавания личности по изображениям радужных оболочек левого и правого глаза

В параграфе 4.3 приведены результаты применения разработанного программного комплекса для решения практических задач. Использование программного комплекса позволяет создавать локальные и комплексные системы безопасности с повышенной надежностью идентификации личности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты диссертационного исследования по теме: «Алгоритмы биометрической идентификации личности по изображению радужной оболочки глаза» состоят в следующем:

1. Проведен анализ существующих алгоритмов идентификации личности по изображениям радужной оболочки глаза и определены их сильные стороны и недостатки.

2. Разработан алгоритм безэталонной оценки качества изображения радужной оболочки глаза на основе вычисления общей энергии высоких частот спектра двумерного преобразования Фурье. Данный алгоритм позволяет дать точную количественную оценку качества изображения, предъявляемого в реальном режиме времени для распознавания.

3. Разработаны быстродействующие и устойчивые к различным помехам алгоритмы выделения на изображении внутренней и внешней границ радужной оболочки глаза. Эти алгоритмы обеспечивают возможность обработки изображения, полученные при различных условиях съёмки.

4. Разработан алгоритм определения помех, закрывающих видимую область радужной оболочки глаза на изображении. Данный алгоритм отличается от существующих алгоритмов быстродействием и высокой точностью.

5. Разработан алгоритм оценки на основе статистического анализа параметров, характеризующих качество области радужной оболочки глаза на изображении. Данный алгоритм, отличаясь высоким быстродействием, позволяет оценить пригодность видимой области радужной оболочки глаза для определения информативных признаков.

6. Обосновано использование в качестве алгоритма выделения идентификационных признаков, характеризующих радужную оболочку глаза на изображении, нечетно-симметричного двумерного логарифмического фильтра Габора, обеспечивающего анализ частоты и фазы текстуры радужной оболочки глаза. Данный алгоритм обеспечивает повышение точности распознавания личности по радужной оболочке глаза.

7. Разработаны критерии выбора значения порога для принятия решения при распознавании личности по изображению радужной оболочки глаза. Корректное определение значения указанного порога обеспечивает уменьшение ошибок первого и второго рода в системе биометрического распознавания личности.

8. На основе разработанных и усовершенствованных в настоящей работе алгоритмов, а также существующих алгоритмов создан программный комплекс предварительной обработки и анализа изображений радужной оболочки глаза. Данное программное обеспечение может быть использовано при создании аппаратно-программных комплексов контроля и управления доступом в закрытые помещения и территории, а также аутентификации пользователей информационными и компьютерными системами.

**AD HOC SCIENTIFIC COUNCIL AT THE SCIENTIFIC COUNCIL
AWARDING SCIENTIFIC DEGREES DSc.27.06.2017.T.07.01 AT
TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

SAMARKAND STATE UNIVERSITY

YUSUPOV OZOD RABBIMOVICH

**ALGORITHMS FOR BIOMETRIC IDENTIFICATION THROUGH
IRIS RECOGNITION**

05.01.03 – Theoretical basis of computer science

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

Tashkent-2020

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2019.2.PhD/T1099.

The dissertation has been prepared at Samarkand State University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.tuit.uz and on the website of «Ziyonet» Information and educational portal www.ziyonet.uz.

Scientific adviser:	Fazilov Shavkat Xayrullaevich Doctor of Technical Sciences, Professor
Official opponents:	Babomuradov Ozod Jurayevich Doctor of Technical Sciences Bekmuratov Kosim Allaberdiyevich Candidate of Technical Sciences, Docent
Leading organization:	Scientific-Engineering and Marketing Researches Center «UNICON.UZ»

The defense will take place “____” _____ 2020 at _____ on the meeting of Scientific council No. DSc.27.06.2017.T.07.01 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

The dissertation is available at the Information Resource Centre of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under No. _____). (Address: 100202, Tashkent City, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation sent out on “____” _____ 2020 y.
(mailing report No. ____ on “____” _____ 2020 y.).

R.Kh. Khamdamov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

F.M. Nuraliev
Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Docent

M.A. Ismailov
Chairman of the academic seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to develop algorithms and a set of programs for biometric identification based on an analysis of iris images.

The object of the research work are human iris digital images obtained under various conditions of photo and video filming.

The scientific novelty of the research work is as follows:

an algorithm for referenceless assessment of the iris image quality based on the calculation of the total power of high frequencies of the two-dimensional Fourier transform spectrum has been developed;

fast algorithms that are resistant to various interferences have been developed for extracting the iris inner and outer boundaries in the image;

a fast and high-precision algorithm for determining interferences blocking the iris visible region in the image has been developed;

based on a statistical analysis, an algorithm for estimating parameters characterizing the quality of the iris region in the image has been developed.

Implementation of research results. On the basis of scientific results related to tackling the task of iris recognition:

a software package created on the basis of algorithms for the referenceless assessment of an image quality and extracting the iris location region therein, determining the interferences that limit the full perception of this region, evaluating the parameters characterizing its quality, extracting patterns and iris recognition has been introduced at the Payaryk District Khokimiyat for monitoring and control of access to the Special Department in order to prevent unauthorized entry (Certificate No. 33-8/8554 dated December 3, 2019 issued by the Ministry for the Development of Information Technology and Communications and Certificate No. 07-10/1019 dated September 17, 2019 issued by the Khokimiyat of Samarkand Region). As a result of the research, a database that included employees' iris images was formed, and during testing, a 1.2-fold reduction in the amount of work related to monitoring and control of employees' access to the Special Department, as well as an increase in the accuracy of employee identification by 15% were achieved;

a software package created on the basis of algorithms for the referenceless assessment of an image quality and extracting the iris location region therein, determining the interferences that limit the full perception of this region, evaluating the parameters characterizing its quality, extracting patterns and iris recognition has been introduced at the State Tax Inspectorate of Narpay District, Samarakand Region, to increase the reliability of identifying users of information systems and special rooms on the basis of biometric identification using the iris image (Certificate No. 10-27680 dated September 23, 2019 issued by the State Tax Committee of the Republic of Uzbekistan). As a result of the research, employees were registered using the iris image, and when testing the procedure for obtaining permission to use information systems and special rooms by employees, a 2-fold reduction in the length of time for employee identification was achieved.

Structure and volume of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, the list of used literature and appendix. The volume of the dissertation 114 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Фозилов Ш.Х., Юсупов О.Р. Об одном методе выделения опорных контуров с целью распознавания радужной оболочки глаза// Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2017. Том 21, № 2. С.13-18. (05.00.00; №20.)

2. Фазылов Ш.Х., Юсупов О.Р. Алгоритм выделения области зрачка на изображении глаза// Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент. 2019. № 1(19). С. 57-66. (05.00.00; №23.)

3. Фозилов Ш.Х., Юсупов О.Р. Кўзнинг рангдор пардаси тасвири асосида шахсни таниб олиш муаммоларининг замонавий ҳолати// «Информатика ва энергетика муаммолари» Ўзбекистон журнали. – Тошкент, 2019. 1-сон. 23-32 бетлар.(05.00.00; №5.)

4. Фозилов Ш.Х., Юсупов О.Р. Кўзнинг рангдор пардаси тасвири сифатини эталонсиз баҳолаш алгоритми// «Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари» илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал. – Тошкент, 2019. 3(9)-сон. 83-88 бетлар. (05.00.00; №10.)

5. Fazilov Sh. Kh., Yusupov O.R. Comparison of the efficiency of using Gabor and Log-Gabor filters to form a feature vector in the task of identifying a person from an image of the iris// International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6, issue 10. 11384-11387 pp. (05.00.00; №8.)

6. Fazilov Sh.Kh., Yusupov O.R. Algorithm for Extraction of the Iris Region in an Eye Image// Proceedings of 2019 IEEE EastWest Design & Test Symposium (EWDTS).-2019. 191-196 pp.

7. Юсупов О.Р. Эффективный метод локализации радужной оболочки глаза, основанный на сегментации текстуры// Научный вестник СамГУ. –Самарканд. 2017. №1(101). С. 53-58.

8. Юсупов О.Р. Биометрические системы идентификации личности по радужной оболочке глаза// Научный вестник СамГУ. –Самарканд. 2016. №1(95). С. 61-67.

9. Юсупов О.Р. О необходимости системного подхода к анализу биометрической информации// «Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот-коммуникация технологияларини қўллашнинг ҳозирги замон масалалари» республика илмий-техник анжумани. Нукус, 2-қисм. 2015. 371-373 бетлар.

10. Юсупов О.Р. О перспективах идентификации личности по радужной оболочке глаза// «Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот-коммуникация технологияларини қўллашнинг ҳозирги замон масалалари» республика илмий-техник анжумани. Нукус, 2-қисм. 2015. 374-376 бетлар.

11. Юсупов О.Р., Тавбоев С.А. Общая схема распознавания человека по радужной оболочке глаза// Сборник статей международной научно-технической конференции «Радиоэлектроника, информационные и

телекоммуникационные технологии: проблемы и развитие». 1-том. – Ташкент, 2015. С.119-121.

12. Юсупов О.Р. Основы и принципы работы биометрических систем// «Иқтисодиёт тармоқлари ривожланишини таъминловчи фан, таълим ҳамда модернизациялашган энергия ва ресурс тежамкор технологиялар, техника воситалари: муаммолари, ечимлари, истиқболлар» Илмий-техника анжуман материаллари тўплами. – Жиззах. 2016 йил 15-16 апрел. 12-14 бетлар.

13. Тавбоев С.А, Юсупов О.Р. Об одном способе обнаружения некоторых подделок в изображениях глаз// «Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении» Доклады республиканской научно-технической конференции. Джизак, 5-6 сентября 2016 г. С.519-522.

14. Юсупов О.Р. Тасвирлардаги кўзнинг рангдор пардаси жойлашган соҳани автоматик топиш методлари// «XXI аср – интеллектуал авлод асри» шиори остидаги V республика илмий-амалий конференцияси. Тошкент. 2017 йил 12-13 январ. 322-327 бетлар.

15. Юсупов О.Р. Сравнение математических методов сегментации изображения радужной оболочки глаза// Mathematical Analysis and its Application Mathematical Physics: international scientific conference. September 17-20, 2018 y. Samarkand. 149-151 pp.

16. Фозилов Ш.Х., Юсупов О.Р. Алгоритм выделения области зрачка на изображении глаза// XVII Всероссийская научная конференция «Нейрокомпьютеры и их применение». Тезисы докладов. – М: МГППУ, 2019. С.305-306.

17. Фозилов Ш.Х., Юсупов О.Р. IrisRecognitionUzb - кўзнинг рангдор пардаси тасвирлари асосида шахсни биометрик идентификациялаш дастурий мажмуаси // № DGU 06959.

18. Фозилов Ш.Х., Юсупов О.Р. Кўзнинг рангдор пардаси тасвирларини сифатини баҳолаш ва таҳлил қилиш дастурий мажмуаси // № DGU 06958.

Автореферат “Ҳисоблаш ва амалий математика муаммолари” илмий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

Бичими 60x841/16. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи: 3,5. Адади 100. Буюртма № 90.

Гувоҳнома reestr № 10-3719
“Тошкент кимё технология институти” босмаҳонасида чоп этилган.
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.