

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ АХБОРОТ-КОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
ИЛМИЙ-ИННОВАЦИОН МАРКАЗИ**

ЖУМАЕВ ТУРДАЛИ САМИНЖОНОВИЧ

**БИОМЕТРИК ТИЗИМЛАРДА ТАСВИРЛАРГА ДАСТЛАБКИ
ИШЛОВ БЕРИШ АЛГОРИТМЛАРИ**

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2018

**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**

Жумаев Турдали Саминжонович

Биометрик тизимларда тасвирларга дастлабки ишлов бериш
алгоритмлари 3

Жумаев Турдали Саминжонович

Алгоритмы предварительной обработки изображений в биометрических
системах..... 21

Jumayev Turdali Saminjonovich

Algorithms of preliminary image processing in biometric systems 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**

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ АХБОРОТ-КОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
ИЛМИЙ-ИННОВАЦИОН МАРКАЗИ**

ЖУМАЕВ ТУРДАЛИ САМИНЖОНОВИЧ

**БИОМЕТРИК ТИЗИМЛАРДА ТАСВИРЛАРГА ДАСТЛАБКИ
ИШЛОВ БЕРИШ АЛГОРИТМЛАРИ**

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2018

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.1.PhD/Т44 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги Ахбс, коммуникация технологиялари илмий-инновацион марказида 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 Мирзамов Акмал Махмуджанович техника фанлари номзоди
Етакчи ташкилот:	Тошкент давлат техника университети

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.Т.07.01 рақамли Илмий кенгашининг 2018 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 2018 йил «___» _____ да тарқатилди.
(2018 йил «___» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси.)

Р. Ҳ. Ҳамдамов
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 информацион технологияларнинг жадал суръатлар билан ривожланаётган йўналишларидан бири бўлиб шахсни таниб олиш биометрик тизимларни яратиш билан боғлиқ бўлган йўналиш ҳисобланади. Биометрик тизимлар ижтимоий интернет тармоқлари, электрон тўловлар, криминалистика ва бошқа бир қатор соҳаларда кенг қўлланилиб келинмоқда. Шунинг учун ҳозирги вақтда биометрик технологиялар асосида шахсни таниб олиш усул ва алгоритмларини такомиллаштириш, ишлаб чиқиш ҳамда жорий қилишга катта эътибор қаратилмоқда. Биометрик технологияларни яратиш ва уларни кенг қўлланилишига дунёнинг ривожланган мамлакатлари, жумладан, АҚШ, Германия, Россия Федерацияси, Англия, Хитой, Япония, Жанубий Корея ва бошқа мамлакатлардаги олиб борилаётган илмий изланишлар кўмаклашмоқда. Бу изланишлар, энг аввало, биометрик тизимларни тезлиги ва ишончилигини оширишга йўналтирилган. Шу туфайли энг муҳим масалалардан бири бўлиб бу тизимлар ишлашининг юқори кўрсаткичларини таъминловчи тасвирларга дастабки ишлов бериш алгоритмларини ишлаб чиқишдир.

Республикамызда биометрик объектлар (юз, кулоқ чаноғи, бармоқ излари, кўз тўрпардаси ва хоказо) тасвирлари базаларини яратиш, тасвирларга дастабки ишлов бериш ва бу тасвирлардаги объектларнинг характерловчи белгиларини ажратиш алгоритмларини ишлаб чиқишга 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 ошириш, жумладан, шахсни таниб олиш биометрик технологияларидан фойдаланиб компьютер ва ахборот тизимлари фойдаланувчиларини авторизация қилиш тизимларини яратиш ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантиришнинг энг муҳим масалаларидан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йилнинг 29 ноябридаги ПФ-5264-сон «Ўзбекистон Республикаси Инновацион ривожланиш вазирлигини ташкил этиш тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 18 апрелдаги ПҚ-2898-сон «Ички ишлар органларининг жинойтларни тергов қилиш соҳасидаги фаолиятини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2014 йил 3 апрелдаги ПҚ-2158-сон «Ахборот-коммуникацион

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

технологияларни иктисодиётнинг реал секторига янада жорий қилиш тўғрисида»ги, 2013 йил 27 июндаги ПҚ-1989-сон «Ўзбекистон Республикаси Миллий ахборот-коммуникация тизимини янада ривожлантириш 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 йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммони ўрганилганлик даражаси. Тасвирларга дастлабки ишлов бериш ва ушбу тасвирлардаги объектларни таниб олиш усулларни ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш масалалари В.А. Александров, Э.М. Браверман, С. Ватанабе, Р. Гонсалес, Н.Д. Горский, Ю.И. Журавлев, Э. Патрик, У. Прэтт, Л. Робертс, В.А. Соيفер, Ш. Ульман, П. Харт, П. Хорн, И.С. Мохамед, В. Бургер ва бошқа хорижий олимларнинг ишлари бағишланган.

Ўзбекистонда ушбу масалаларни ечишга М.М. Камилов, Ш.Х. Фозилов, Э.М. Алиев, Н.А. Игнатъев, З.Т. Адылова, Н.М. Мирзаев, С.С. Содиқов, Ш.Е. Туляганов ва бошқалар ўзларининг катта ҳиссаларини кўшганлар.

Ҳозирги кунда тасвирларга ишлов бериш ва тимсолларни таниб олиш соҳаларида эришилган ютуқларга қарамай, тасвирларга дастлабки ишлов бериш ва характерловчи белгиларини ажратиш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқотлари Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион маркази илмий-тадқиқот ишлари режасининг №А-14-009 «Биометрик технологияларни интегациялаш асосида шахсни идентификация қилиш усуллари, алгоритмлари ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш» (2006-2008); №ФА-Ф17-Ф010 «Шахсни биометрик идентификация қилишнинг кўп поғонали тизимининг алгоритмик ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш» (2009-2011); №А5-ФА-Ф022 «Биометрик ечимларнинг гибрид алгоритмлари ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш ва амалиётда қўллаш» (2012-2014) ва №А-5-007 «Юз биометрикаси асосида шахсни таниб олиш усуллари, алгоритмлари ва амалий дастурларини ишлаб чиқиш» (2015-2017) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади биометрик объектлар тасвирларига дастлабки ишлов бериш алгоритмлари ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш ҳамда амалиётга жорий қилишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

шахсни таниб олиш биометрик тизимларида фойдаланувчи тасвирларга ишлов бериш усул ва алгоритмларини таҳлил қилиш;

рангли тасвирини кулранг тасвирга ўтказиш алгоритмини ишлаб чиқиш;
биометрик объектлар тасвири сифатини оширишнинг такомиллашган алгоритмларини ишлаб чиқиш;

тасвирдаги таниб олинаётган объектларнинг характерловчи белгиларини ажратиш алгоритмларини ишлаб чиқиш;

таклиф этилган алгоритмлар асосида дастурий мажмуаларни яратиш ва амалиётда қўллаш бўйича тавсияларни ишлаб чиқиш.

сифатида биометрик объектларни ифодаловчи тасвирлар қаралган.

биометрик объектлар тасвирларига дастлабки ишлов бериш ва уларнинг характерловчи белгиларини ажратиш усул ва алгоритмлари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқотлар жараёнида эҳтимоллар назарияси ва математик статистика, дискрет математика, тасвирларга ишлов бериш ва тимсолларни таниб олиш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

бош компоненталар усули асосида биометрик объект рангли тасвирини кулранг тасвирга ўтказиш алгоритми ишлаб чиқилган;

ёрқинлик ва таъсир қилиш кучини аниқлаб берувчи алгоритм асосий параметрларини ҳисоблаш процедурасини ўз ичига олувчи тасвир сифатини оширишнинг такомиллаштирилган Retinex алгоритми ишлаб чиқилган;

гистограмма таҳлили асосида бош компоненталар усули учун берилган тасвирлар базасидаги барча тасвирларни айнан бир хил ўлчамга келтириш процедураси ишлаб чиқилган;

биометрик объект тасвирини бўлақларга бўлиш асосида ушбу объектни характерловчи статистик белгиларини ажратиш алгоритми ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

Retinex алгоритмининг параметрларини автоматик ҳисоблаш йўли билан ушбу алгоритмни такомиллаштириш берилган тасвирнинг сифатини оширишга имкон беради;

таклиф қилинган биометрик объект тасвирларини характерловчи белгиларини ажратиш алгоритмлари шахсни таниб олиш аниқлигини оширишга имкон беради;

ишлаб чиқилган биометрик объект тасвирлари сифатини ошириш дастурий воситаларидан шахсни таниб олиш биометрик тизимларини яратиш учун воситалар сифатида фойдаланиш мумкин.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги биометрик объектлар тасвирлари сифатини ошириш ва характерловчи белгиларини ажратиб олиш бўйича таклиф қилинган ва мавжуд алгоритмларнинг шахсни таниб олишнинг модели ва амалий масалаларини ҳал қилишдаги самарадорликларини қиёсий таҳлил қилиш натижалари билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти биометрик объектлар тасвирларига дастлабки ишлов беришнинг самарали алгоритмларини яратиш қисми бўйича шахсни биометрик идентификация қилиш усулларини янада ривожлантирилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти эса тақлиф қилинган дастурий-алгоритмик таъминотдан киришни назорат қилиш ва бошқариш тизимларини яратиш билан боғлиқ бўлган кенг кўламдаги масалаларни ҳал қилиш учун фойдаланилиши мумкинлиги билан изоҳланади.

Натижаларнинг жорий қилиниши. Биометрик тизимларда тасвир сифатини ошириш ва характерловчи белгиларини ажратиш алгоритмлари ва дастурий мажмуалари бўйича олинган натижалари асосида:

биометрик объектлар тасвирларига дастлабки ишлов бериш ва характерловчи белгиларини ажратиш бўйича «Инсон шахсини идентификациялашда кулоқ чаноғи тасвирларига дастлабки ишлов бериш учун дастурий мажмуаси», «Статистик таҳлил асосида кулоқ чаноғи белгиларини ажратиб олиш дастурий мажмуаси», «Бош компоненталар усули асосида кулоқ чаноғи белгиларини ажратиш ва шахсни таниб олиш дастурий мажмуаси» яратилган. Дастурий воситаларига «UNICON.UZ» ДУК томонидан фойдаланиш мумкинлиги тўғрисида хулоса берилган («UNICON.UZ» ДУКнинг 2018 йил 27 сентябрдаги хулосаси). Натижада биометрик объектлар тасвирларига дастлабки ишлов бериш ва характерловчи белгиларини ажратиш алгоритмлари асосида яратилган дастурий таъминот биометрик тизимларни ишлаб чиқиш имкони яратилган;

такомиллаштирилган Retinex алгоритми асосида яратилган кулоқ чаноғи тасвирлари сифатини ошириш процедурасини ўз ичига олувчи дастурий мажмуа Ўзбекистон Республикаси Ички ишлар вазирлиги Эксперт-криминалистика бош марказига жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 24 майдаги 33-8/3725-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижаларидан фойдаланилиши шахсни кулоқ чаноғининг идентификацион криминалистик экспертизасига сарфланадиган вақтни ўртача 1,2 баробарга қисқартириш ҳамда таниб олиш аниқлигини 4% га ошириш имконини берган;

юз тасвири сифатини ошириш ва бўлақларга бўлиш асосида юз тасвирини таҳлил қилиш орқали унинг характерловчи белгиларини ажратиш процедурасини ўз ичига олувчи дастурий мажмуа «STAND COMPUTERS» МЧЖга жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 24 майдаги 33-8/3725-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижаларидан «STAND COMPUTERS» МЧЖ ходимларининг бинога киришларини назорат қилиш ва бошқаришда фойдаланиш шахсни таниб олиш аниқлигини 10%га ошириш имконини берган;

Габор фильтрини бош компоненталар ва бўлақларга бўлиш алгоритмлари билан биргаликда қўллаш ҳамда такомиллаштирилган Retinex алгоритмига асосланган кулоқ чаноғи тасвирлари сифатини ошириш ва уларнинг характерловчи белгиларини ажратиб олиш процедураларини ўз ичига олувчи дастурий мажмуа «ЎЗИ-Жиззах» Ўзбекистон-Индонезия қўшма корхонасида жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 24 майдаги

33-8/3725-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижаларидан мавжуд ҚҚга киришни назорат қилиш ва бошқариш тизимига қўшимча дастурий компоненталар сифатида фойдаланиш шахсни таниб олиш аниқлигини 8% оширишга имкон берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 9 та халқаро ва 14 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқот мавзуси бўйича жами 37 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 10 та мақолалар, 1 таси хорижий ва 9 таси республика журналларида нашр қилинган ҳамда 4 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларини қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, учта боб, хулоса ва фойдаланилган адабиётлар рўйхати ҳамда иловалардан иборат. Диссертациянинг умумий ҳажми 105 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Киришда диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикасида 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 «**Биометрик объектлар асосида шахсни таниб олиш муаммоларининг замонавий ҳолати**» деб номланган биринчи боби, учта параграфдан иборат бўлиб, ушбу бобда шахсни биометрик таниб олишга бағишланган ишлар шарҳининг натижалари келтирилган. Биометрик объектлар тасвирлари сифатини ошириш ва ушбу объектларнинг характерловчи белгиларини ажратиб олиш билан боғлиқ муаммолар кўриб чиқилган. Тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари белгилаб олинган.

Биринчи параграфда биометрик технологияларни қўллаш соҳаси, шахсни идентификация қилишнинг умумий схемаси кўриб чиқилган ва энг кўп тарқалган биометрик тизимларни таҳлил қилиш натижалари келтирилган.

Ҳозирги кунда биометрик тизимлар кўпгина соҳаларда кенг қўлланилмоқда. Бундай тизимларнинг асосий компонентлари бўлиб кейинчалик шахсни таниб олиш жараёнида фойдаланилувчи биометрик объект тасвирига дастлабки ишлов бериш ва унинг характерловчи белгиларини ажратиб олиш блоклари ҳисобланади.

Иккинчи параграфда тасвирларни характерловчи тўрт тури – геометрик, эҳтимолий, спектрал ва топологик характерловчи белгиларининг таҳлили ўтказилган. Ҳозирги пайтда белгиларнинг дастлабки уч туридан кенг фойдаланилмоқда. Топологик белгиларнинг қўлланилиши уларнинг тасвирдаги паст частотали ҳалақитларга бўлган таъсирчанлиги билан чекланади.

Учинчи параграфда биометрик технологияларда фойдаланиш учун мўлжалланган тасвирларга дастлабки ишлов бериш ва ундаги объектларнинг характерловчи белгиларни ажратиб олиш алгоритмларини ишлаб чиқишга йўналтирилган диссертация тадқиқотининг мақсад ва вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг «Тасвирларга дастлабки ишлов бериш ва уларнинг характерловчи белгиларини ажратиб олиш алгоритмларини яратиш» деб номланувчи иккинчи боби 1.3-параграфда баён қилинган асосий вазифаларни ҳал қилишга бағишланган.

Мазкур бобнинг биринчи параграфиди рангли тасвирларни кулранг ва бинар тасвирларга айлантириш, берилган тасвир сифатини ошириш ва геометрик алмаштиришлар масалаларини ҳал қилиш алгоритмлари таклиф қилинган.

Рангли тасвирни кулранг тасвирга алмаштириш тасвирдаги рангли каналлар сонини учтадан (*RGB*) биттагача қисқартириш ҳисобига таҳлил қилинаётган маълумотлар сонини қисқартириш мақсадида амалга оширилади. Бунда ушбу процедура тасвирларда ифодаланган объектлар тўғрисидаги маълумотларнинг энг кам даражада йўқотилиши билан амалга оширилади. Диссертацияда бундай алмаштиришларнинг учта алгоритми кўриб чиқилган.

A1 алгоритми. Мазкур алгоритмга кўра рангли тасвирни кулранг тасвирга алмаштириш қуйидаги формула бўйича амалга оширилади

$$T_{ij} = r * R_{ij} + g * G_{ij} + b * B_{ij},$$

бу ерда

$$r = \frac{R_{ij}}{R_{ij} + G_{ij} + B_{ij}}, g = \frac{G_{ij}}{R_{ij} + G_{ij} + B_{ij}}, b = \frac{B_{ij}}{R_{ij} + G_{ij} + B_{ij}}$$

i, j координатали пикселлар ёрқинлигининг мос ҳолдаги қизил, яшил ва кўк ранглари қийматлари.

A2 алгоритми. Мазкур алгоритм қуйидаги формулага асосланган

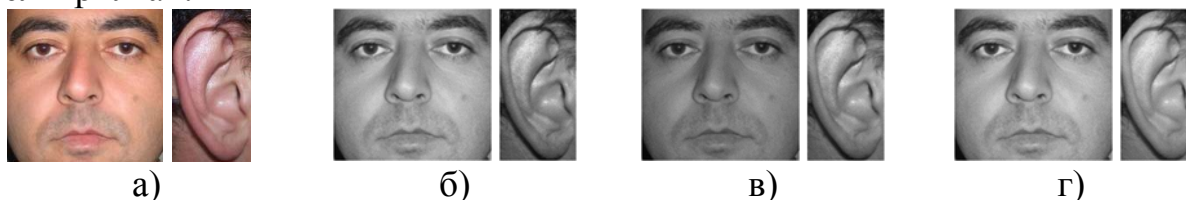
$$T_{ij} = 0,3 \cdot R_{ij} + 0,59 \cdot G_{ij} + 0,11 \cdot B_{ij}.$$

Мазкур икки алгоритмдан турли амалий соҳалардаги тасвирларга ишлов бериш усулларини қўллаш билан боғлиқ бўлган масалаларни ҳал қилишда фойдаланилади. Тажрибавий тадқиқотларнинг кўрсатишича, бу алгоритмлар биометрик тизимларда фойдаланилганда ҳар доим ҳам яхши натижа беравермайди. Шу сабабли диссертацияда рангли тасвирни кулранг тасвирга алмаштириш алгоритми таклиф этилган бўлиб, диссертацияда унга «A3 алгоритми» деб ном берилган ва у қуйидаги кўринишда

$$T_{ij} = 0.55 * R_{ij} + 0.44 * G_{ij} + 0.01 * B_{ij}.$$

Бу ерда коэффициентлар бош компоненталар усулини қўллаш ёрдамида аниқланган. Таклиф қилинаётган алгоритмда биометрик объектлар тасвирларининг ўзига хос хусусияти ҳисобга олинган.

1-расмда икки биометрик объект (юз ва қулоқ чаноғи) мисолида юқорида кўрсатилган алгоритмларни амалга ошириш натижалари келтирилган.



**1-расм. Рангли тасвирни кулранг тасвирга алмаштириш
а) берилган тасвир; б), в), г) мос равишда А1, А2 ва А3
алгоритмларини амалга ошириш натижалари**

2.1-параграфда, шунингдек, тасвир сифатини яхшилаш вазифаси кўриб чиқилган бўлиб, у асосан тасвирдаги объектларнинг ёритилганлик даражасига боғлиқ, зеро уларнинг етарлича ёритилмаслиги ёки ортиқча ёритилганлиги тасвирдаги объектларнинг алоҳида қисмларининг деярли фарқланмаслигига олиб келади. Мазкур ҳолда тасвирни “нормал ҳолат”га келтириш учун Retinex алгоритмидан фойдаланилади. Бироқ бу алгоритмни қўллашда унинг параметрларини асосли равишда танлаш муаммоси юзага келади. Шу сабабли 2.1-параграфда кўрсатиб ўтилган камчиликдан холи бўлган такомиллаштирилган Retinex алгоритми таклиф қилинган. Мазкур алгоритм ишда «А4 алгоритми» деб номланиб, у қуйидагича амалга оширилган.

1-қадам. Тасвир киритилади.

2-қадам. Берилган тасвир RGB ранг фазосидан YUV ранг фазосига ўзгартирилади.

3-қадам. Қуйидаги кўринишдаги алмаштириш бажарилади:

$$Y' = \begin{cases} Y, & \text{агар } Y \geq t; \\ Y^{0.24} \cdot t^{0.76}, & \text{акс ххолда} \end{cases}$$

4-қадам. $Y_1 = \log Y'$ га кўра ҳосил қилинган Y' тасвирни логарифмик алмаштириш бажарилади.

5-қадам. $Y_2 = \text{bluring}(Y')$ га кўра Y' тасвирни “чаплаш” бажарилади.

6-қадам. Экспоненциал алмаштириш ёрдамида $Y_{new} = e^{(Y_1 - Y_2 \cdot k)}$ га кўра янги Y_{new} тасвир шакллантирилади, бу ерда k – Retinex таъсир кучини белгиловчи алгоритм параметри.

7-қадам. Y_{new} тасвир YUV ранг фазосидан RGB ранг фазосига ўзгартирилади.

8-қадам. Тамом.

Диссертацияда олиб борилган экспериментал тадқиқотлар натижалари асосида t ва k параметрларнинг энг яхши қийматлари $t = \max(Y)/2$ ва $k = \min(Y_2)/\max(Y_2)$ эканлиги маълум бўлди.

Такомиллаштирилган Retinex алгоритмини амалга ошириш натижалари 2-расмда келтирилган.

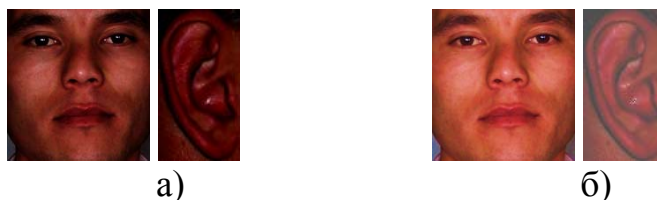


Рис 2. Икки биометрик объект тасвирлари сифатини ошириш натижалари

а) берилган тасвирлар; б) такомиллаштирилган Retinex алгоритми (А4 алгоритми)ни қўллаш ёрдамида олинган тасвирлар

2.2-параграфда бош компоненталар усулига асосланган тасвирдаги таниб олинаётган объектлар белгиларини ажратиш алгоритми таклиф этилган. Ишда «А5 алгоритми» деб ном берилган мазкур алгоритмнинг моҳияти қуйидагидан иборат.

1-қadam. Берилган $Z_1, \dots, Z_i, \dots, Z_m$ тасвирлар А3 алгоритмини қўллаш орқали кулранг тасвирларга ўзгартирилади. Бу ерда $Z_i = \|z_{ij}\|_{x \times y}$, x ва y – мос равишда тасвирларнинг эни ва бўйи.

2-қadam. Кулранг тасвирларнинг қуйидаги векторли кўринишлари шакллантирилади

$$T_1 = \begin{pmatrix} t_{11} \\ t_{12} \\ \dots \\ t_{1n} \end{pmatrix}, \dots, T_i = \begin{pmatrix} t_{i1} \\ t_{i2} \\ \dots \\ t_{in} \end{pmatrix}, \dots, T_m = \begin{pmatrix} t_{m1} \\ t_{m2} \\ \dots \\ t_{mn} \end{pmatrix},$$

Бу ерда $n = x \times y$.

3-қadam. «Ўртача тасвир» ҳисоблаб чиқилади

$$\Psi = (1/m) \sum_{i=1}^m T_i.$$

4-қadam. Ҳар бир тасвир ва «ўртача тасвир» айирмаси ҳисоблаб чиқилади

$$\Phi_i = T_i - \Psi.$$

5-қadam. A матрица шакллантирилади, $\Phi_1, \dots, \Phi_i, \dots, \Phi_m$ унинг устунларидир, яъни

$$A = (\Phi_1, \dots, \Phi_i, \dots, \Phi_m).$$

6-қadam. Ковариацион матрица аниқланади

$$C = AA^T.$$

7-қadam. Хаусхолдер алгоритмини қўллаш орқали C ковариацион матрица уч диагонал матрицага келтирилади.

8-қadam. QR алгоритмини қўллаш орқали уч диагонал C матрицанинг λ_i хос сонлари ва $v_i \in Q$ ($i = \overline{1, m}$) хос векторлари аниқланади.

9-қadam. λ_i хос сонлари камайиш тартибида тартибланади:

$$\lambda_{j_1} \geq \lambda_{j_2} \geq \dots \geq \lambda_{j_m}.$$

10-қadam. Биринчи k тартибга солинган хос сонларига мос келувчи хос векторлар танланади.

11-қadam. Ҳар бир нормаллаштирилган Φ_i ($i = \overline{1, m}$) тасвир кўриб чиқиладиган биометрик объект майдонига проекцияланади

$$\Omega_i = Q^T \Phi_i.$$

12-қadam. Олинган Ω_i векторлар маълумотлар базасига киритилади.

13-қadam. Тамом.

Мазкур алгоритмни амалга оширишнинг мураккаблиги, биринчидан, берилган тасвирларни тайёрлаш, иккинчидан эса, энг мақбул k қийматни аниқлашдан иборат.

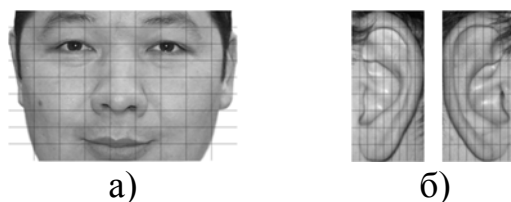
Кўрсатиб ўтилган масалалардан биринчиси берилган биометрик объектлар тасвирларининг ўлчамларини бир ўлчамларга келтириш масаласи ечиш билан боғлиқдир. Бунда мазкур масалани ечишда тасвирдаги биометрик объект пропорциясини сақлаб қолиш ўта муҳимлигини ҳисобга олиш лозим. Диссертацияда мазкур масала объект тасвири кирраларини мазкур объект тааллуқли бўлган синф тасвирлари гистограммаларини таҳлил қилиш асосида аниқланадиган ёрқинлик қиймати билан тўлдириш орқали ўз ечимини топган. Экспериментал тадқиқотлар натижалари кўрсатишича, кўрсатиб ўтилган соҳаларни ёрқинликнинг энг катта, энг кичик ва ўрта қийматлари билан тўлдиришда энг самаралиси ёрқинликнинг энг катта қийматидан фойдаланиш ҳисобланади.

Иккинчи муаммони бартараф этиш, яъни энг мақбул k қийматни аниқлаш учун диссертациянинг 2.2-параграфида келтирилган ёндашув таклиф қилинган.

2.3-параграфда биометрик объектнинг статистик белгиларини унинг тасвирини бўлакларга бўлиб таҳлил қилиш асосида ажратиш алгоритми таклиф этилган бўлиб, ишда унга «А6 алгоритми» деб ном берилган ва у Ш.Х. Фозилов, Н.М. Мирзаев ва С.С. Раджабов ишлари натижаларига асосланади.

Мазкур алгоритм модели куйидаги асосий босқичлардан ташкил топади.

1-босқич. Тасвирлар кўринишида берилган маълумотларнинг базавий қисм-тўпламларини шакллантириш. Биометрик объектнинг берилган рангли тасвири диссертациянинг 2.1-параграфида таклиф этилган А3 алгоритми ёрдамида кулранг тасвирга алмаштирилади ва тенг қисмлардан иборат q та бўлакларга бўлинади (3-расм).



3-расм. Тенг бўлақларга бўлинган биометрик объектлар тасвирлари:
а) юз; б) кулок чаноклари

2-босқич. Характерли белгилар тўпламини аниқлаш. Мазкур босқичда танлаб олинувчи моментлар кўринишида аниқланадиган характерловчи белгилар тўплами шакллантирилади. x_i ($x_i \in \Omega_q$) тасодифий қийматнинг p тартибли моменти қуйидагича аниқланади:

$$m_{pq} = \frac{1}{N_q} \sum_{x_i \in \Omega_q} x_i^p f(x_i), \quad N_q = \text{card}(\Omega_q),$$

Бу ерда $p = \overline{0, n}$; $f_j(x_i)$ – j -объект учун x_i белгиси қийматини берувчи функция.

Марказий моментлар қуйидагича аниқланади

$$\mu_{pq} = \sum_{x_i \in \Omega_q} (x_i - \bar{x}_q)^p f_j(x_i),$$

бу ерда

$$\bar{x}_q = \frac{1}{N_q} \sum_{x_i \in \Omega_q} x_i.$$

3-босқич. Кучли боғланган характерловчи белгилар қисм-тўпламларини ажратиш. Мазкур босқичда таркиби n' параметрга боғлиқ бўлган характерловчи белгиларнинг «мустақил» қисм-тўпламлари тизими аниқланади. Мазкур параметрнинг турли бутун сонли қийматларини бериш орқали турли хил алгоритмларга эга бўлиш мумкин.

Кучли боғланишга эга бўлган белгилар қисм-тўпламларини ажратиш қуйидагича амалга оширилади. Γ_q ($q = \overline{1, n'}$) – кучли боғланишга эга бўлган белгилар қисм-тўпламлари бўлсин. Γ_p ва Γ_q қисм-тўпламлар ўртасидаги $L(\Gamma_p, \Gamma_q)$ яқинлик ўлчовини турлича усуллар билан белгилаш мумкин, масалан:

$$L(\Gamma_p, \Gamma_q) = \frac{1}{N_p \cdot N_q} \sum_{x_i \in \Gamma_p} \sum_{x_j \in \Gamma_q} \eta(x_i, x_j).$$

$W_A = \{\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_{n'}\}$ қуйидаги процедура билан аниқланади.

1-қадам. Қуйидаги кўринишдаги қисм-тўпламлар бериледи:

$$\Gamma_1 = \{x_1\}, \Gamma_2 = \{x_2\}, \dots, \Gamma_n = \{x_n\}.$$

2-қадам. $L_{ij}^1 = b_{ij}$ кўринишида $\|L_{ij}^1\|$ боғланиш матрицаси элементлари аниқланади.

3-қадам. Ўзлаштириш бажарилади: $u = 2$.

4-қадам. Матрицанинг энг катта элементи аниқланади $\|L_{ij}^{(u-1)}\|_{(n-u+1) \times (n-u+1)}$.

5-қадам. $L(\Gamma_p, \Gamma_q) = \max \|L_{ij}^{(u-1)}\|_{(n-u+1) \times (n-u+1)}$, $(i, j \in [1, 2, \dots, n-u+1], i \neq j)$ шарти текширилади. Агар у бажарилса, у ҳолда Γ_p ва Γ_q бирлаштирилади ва янги $\|L_{ij}^u\|$ боғланиш матрицаси шакллантирилади.

6-қадам. $u = n'$ шарти текширилади. Агар у бажарилса, у ҳолда 7-қадамга ўтиш, акс ҳолда $u = u + 1$ ва 4-қадамга ўтиш бажарилади.

7-қадам. Тамом.

4-босқич. Кучли боғланган белгиларнинг ҳар бир қисм-тўпламида «боғлиқ бўлмаган» белгини аниқлаш. Мазкур босқичда кучли боғланишга эга бўлган белгиларнинг қисм-тўпламларидан боғлиқ бўлмаган (репрезентатив) белгиларни танлашнинг турли усулларидан фойдаланиш мумкин. Танлашнинг асосий ғояси максимал даражада “мустақил” (ёки суст боғланишга эга) белгилар тўпламини ажратиб олишдан иборат.

Γ_q ($q = \overline{1, n'}$) – кучли боғланишга эга бўлган белгиларнинг қисм-тўпламлари бўлсин. N_q – мазкур қисм-тўпламлар элементлари сони (қуввати) ҳисоблаб чиқилди деб фараз қилинади:

$$N_q = \text{card}(\Gamma_q), \quad q = \overline{1, n'}$$

Мазкур ҳолда ушбу босқични қуйидагича амалга ошириш мумкин.

1-қадам. Ўзлаштириш бажарилади: $q=1$, $R_1 = \emptyset$, $R_2 = \emptyset$, $R_3 = \emptyset$, $N_0 = 0$, $k = 0$.

2-қадам. $q > n'$ шарти текширилади. Агар у бажарилса, у ҳолда 9-қадамга ўтилади.

3-қадам. $N_q = 1$ шарти текширилади. Агар у бажарилса, у ҳолда $R_1 = R_1 \cup \Gamma_q$, $N_0 = N_0 + 1$.

4-қадам. $N_q \leq 2$ шарти текширилади. Агар у бажарилса, у ҳолда 8-қадамга ўтилади.

5-қадам. Яқинлик баҳолари ҳисоблаб чиқилади

$$\mu_i = \sum_{j=1}^{i-1} \eta(x_i, x_j) + \sum_{j=i+1}^{N_q} \eta(x_i, x_j).$$

6-қадам. $t = \arg \max_{i \in [1, N_q]} \mu_i$ аниқланади.

7-қадам. Ўзлаштириш бажарилади: $R_2 = R_2 \cup x_t$, $k = k + 1$.

8-қадам. Ўзлаштириш бажарилади $q = q + 1$ ва 2-қадамга ўтилади.

9-қадам. Ўзлаштириш бажарилади: $q = 1$.

10-қадам. $N_q = 2$ шарти текширилади. Агар у бажарилса, у ҳолда 13-қадамга ўтилади.

11-қадам. $\mu_1 = \sum_{i=1}^{N_0} \eta(r_{1i}, x_{q_1})$ ва $\mu_2 = \sum_{i=1}^k \eta(r_{2i}, x_{q_2})$ яқинлик баҳолари ҳисоблаб чиқилади.

12-қadam. $\mu_1 > \mu_2$ шarti текширилади. Агар у бажарилса, $R_3 = R_3 \cup x_{q_2}$, акс ҳолда $R_3 = R_3 \cup x_{q_1}$.

13-қadam. Ўзлаштириш бажарилади: $q = q + 1$.

14-қadam. $q > n'$ шarti текширилади. Агар у бажарилса, у ҳолда 10-қadamга ўтилади.

15-қadam. $R = R_1 \cup R_2 \cup R_3$.

16-қadam. Тамом.

Юқорида келтирилган босқичларни амалга ошириш натижасида n' белгилар қисм-тўплами ($n' < n$) шакллантирилиб, уларнинг ҳар бири кучли боғланишга эга бўлган белгиларнинг ажратилган қисм-тўплами вакили ҳисобланади. Биометрик объектнинг ажратиб олинган белгиларидан шахсни идентификация қилиш масаласини ечиш учун фойдаланилади.

«Тажрибавий тадқиқотлар ва амалиётда қўллаш» деб номланувчи учинчи бобда диссертацияда таклиф этилган биометрик объектлар тасвирларига дастлабки ишлов бериш ва ушбу объектларнинг характерловчи белгиларини ажратиш алгоритмларининг тажрибавий тадқиқотлари натижалари, шунингдек, юз тасвири бўйича шахсни таниб олиш билан боғлиқ амалий масалани ечиш натижалари акс этирилган.

3.1-параграфда биометрик объектларнинг берилган тасвирларига қўйиладиган талаблар келтирилган. Мазкур талаблар тасвирни суратга олиш шароитларига боғлиқ бўлган объект тасвирининг ўзгаришларига инвариант бўлган таниб олиш алгоритмларини ишлаб чиқишнинг мураккаблиги муносабати билан қўйилади. Асосий талаблар қуйидагилардир:

- тасвирдаги биометрик объект ракурси нормал ҳолатдан оғиши 5^0 дан ошмаслиги лозим. Бунда тасвирдаги биометрик объектнинг нормал ҳолати унинг мазкур объектни видео-фототасвирга тушириш ўқиға нисбатан перпендикулярлиги ҳисобланади;

- тасвирда биометрик объектни тўсиб турувчи элементларнинг бўлмаслиги. Масалан, агар биометрик объект сифатида юздан фойдаланилса, унда тўсиб турувчи элемент кўзойнак, бош кийими ёки юзнинг бир қисмини тўсиб турувчи қандайдир бошқа предмет бўлиши мумкин;

- биометрик объектнинг таҳлил қилинаётган элементлари тасвирда ажралиб туриши лозим;

- тасвирдаги биометрик объект берилган тасвир умумий майдонининг камида $\frac{3}{4}$ қисмини эгаллаши лозим.

3.2-параграфда кейинчалик тажрибавий тадқиқотлар ўтказиш учун фойдаланилган юз ва кулоқ чаноклари тасвирлари базаларини шакллантириш масалалари кўриб чиқилган. Маълумотлар базаси тузилиши ўз ичига шахсий маълумотлар жадвали, биометрик объектнинг берилган тасвирлари жадвали ҳамда мазкур объект тасвирларининг характерловчи белгиларини олади.

3.3-параграфда биометрик объектларнинг берилган тасвирларига дастлабки ишлов бериш ва уларнинг характерловчи белгиларини ажратиб олиш модулини ўз ичига олган «FeaturesExtractor» дастурий мажмуани

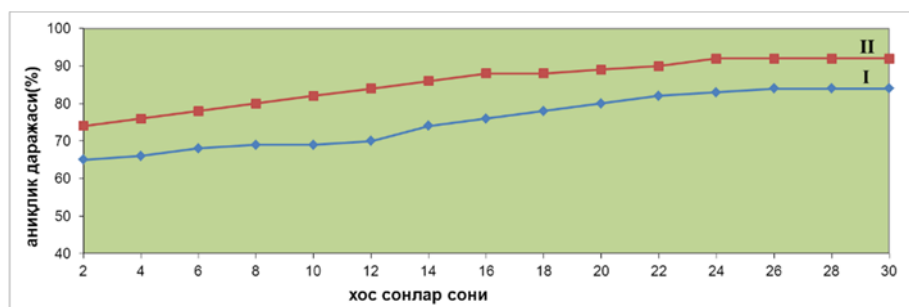
ишлаб чиқиш натижалари акс эттирилган. Функционал тўлиқликни таъминлаш мақсадида мазкур дастурий мажмуа мавжуд (тасвирни чизиқли контрастлаш алгоритми, медиана алгоритм, Габор фильтри, Хаусхолдер алгоритми, QR-алгоритм) ва таклиф этилган ҳамда такомиллаштирилган алгоритмлар (диссертациянинг олдинги бобида келтирилган) асосида яратилган.

3.4-параграфда тажрибавий тадқиқотлар, шунингдек, юз тасвири бўйича таниб олишнинг амалий масала ечими натижалари келтирилган.

Тажрибавий тадқиқотлар ўтказиш учун 40 нафар кишининг (синфнинг) юз тасвирлари ва қулоқ чанокларини ўз ичига олувчи база шакллантирилган. Ҳар бир синф бўйича кўриб чиқилаётган ҳар бир биометрик объект бўйича 20 та тасвир тақдим этилган. Биометрик объект характерловчи белгиларининг информативлигига мазкур белгилар бўйича шахсни таниб олишнинг аниқлик кўрсаткичи асосида баҳо берилган.

Таниб олишнинг фойдаланилаётган таомили k -энг яқин кўшнилар усулига асосланган.

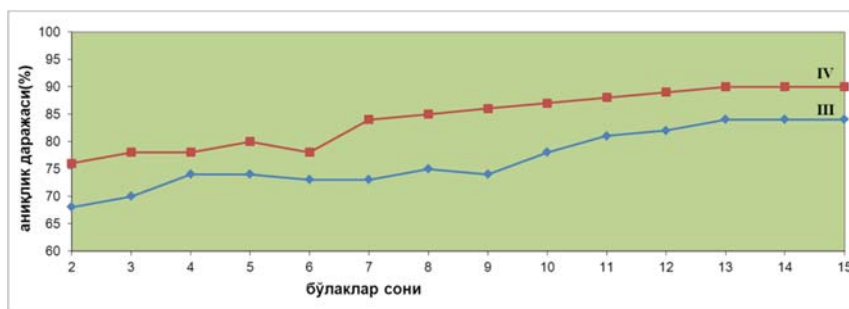
4-расмда А5 алгоритм (I график), шунингдек, Габор фильтри билан биргаликда А5 алгоритм (II график) ёрдамида ажратилган характерловчи белгилардан фойдаланиб олинган юз тасвири бўйича шахсни таниб олиш натижалари келтирилган.



4-расм. А5 алгоритми билан ажратилган характерловчи белгилардан фойдаланиб олинган юз тасвири бўйича шахсни таниб олиш натижалари

I график таҳлили таниб олиш аниқлигининг биринчи максимал қийматига (83%) характерловчи белгилар сони 24 та хос сонлар ёрдамида аниқланган ҳолда эришилишини кўрсатмоқда. Шундан сўнг мазкур қиймат доимий бўлиб қолади. II графикга биноан ҳам таниб олиш аниқлигининг биринчи максимал қийматига (92%) хос сонлар 24 та бўлганда эришилади.

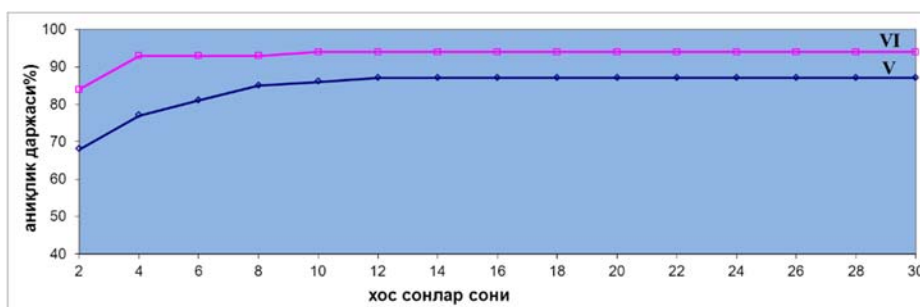
5-расмда шахсни таниб олишнинг худди ўша масаласини ечиш натижалари келтирилган, бироқ бу ерда характерловчи белгиларни ажратиш учун А6 алгоритми (III график) ҳамда Габор фильтри билан биргаликда А6 алгоритмидан (IV график) фойдаланилган.



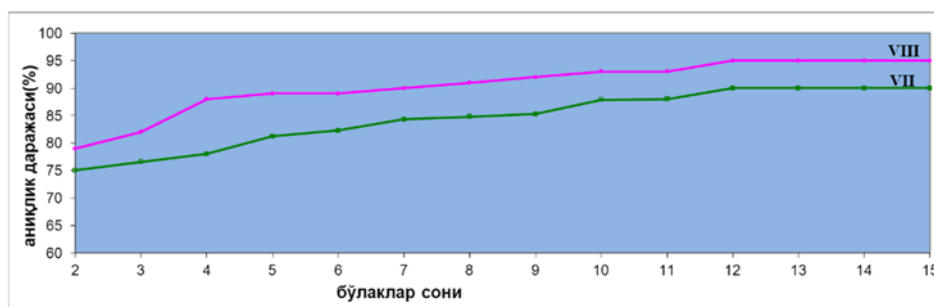
5-расм. А6 алгоритми билан ажратилган характерловчи белгилардан фойдаланиб олинган юз тасвири бўйича шахсни таниб олиш натижалари

III график таҳлили таниб олиш аниқлигининг максимал қийматига (84%) берилган тасвир бўлинадиган бўлақлар сони 13 га тенг бўлган ҳолда эришилишини кўрсатмоқда. IV графикга биноан ҳам таниб олиш аниқлигининг максимал қийматига (90%) бўлақлар сони шунча, яъни 13 та бўлганда эришилади.

6 ва 7-расмларда шахсни таниб олишнинг А5 алгоритми (V график) ва А6 алгоритми (VII график), шунингдек, Габор фильтри билан биргаликда амалга оширилган А5 алгоритми (VI график) ва А6 алгоритми (VIII график) ёрдамида ажратилган характерловчи белгилардан фойдаланилган ҳолда олинган қулоқ чаноклари тасвирлари бўйича шахсни таниб олиш натижалари келтирилган.



6-расм. А5 алгоритми билан ажратилган характерли белгилардан фойдаланиб олинган қулоқ чаноклари тасвири бўйича шахсни таниб олиш натижалари



7-расм. А6 алгоритми билан ажратилган характерли белгилардан фойдаланиб олинган қулоқ чаноклари тасвири бўйича шахсни таниб олиш натижалари

Шундай қилиб, 4-7-расмларда келтирилган графиклар таҳлили шуни кўрсатадики, кўриб чиқиладиган биометрик объектлар учун Габор фильтри билан биргаликда А5 ва А6 алгоритмларидан фойдаланилиши ишлов бериладиган тасвирдаги ҳалақитларни йўқотиш ҳисобига таниб олишнинг янада юқори даражасини таъминлайди.

«FeaturesExtractor» дастурий мажмуа бир қатор амалий вазифаларни, хусусан, “STAND COMPUTERS” МЧЖ биносига юз тасвирлари бўйича киришни назорат қилиш ва бошқариш масаласини ечишда қўлланилган.

8-расмда ёритилганлик даражаси бўйича турли сифатга эга берилган юз тасвирларига доир мисол келтирилган. Мазкур ҳол амалга оширилиши натижалари 9-расмда келтирилган А4 алгоритмидан фойдаланиш заруратини келтириб чиқарди. Берилган тасвирларга дастлабки ишлов бериш ишлари амалга оширилганидан сўнг ўз ичига 3 та графикни олувчи (шахсий маълумотлар, юз тасвирлари, характерловчи белгилар) 55 нафар ходимларнинг юз тасвирлари базаси шакллантирилган.



а)



б)



в)

8-расм. Юзларнинг

а) паст; б) нормал; в) юқори ёритилганлик даражаларига эга тасвирлари



9-расм. 8-расмда (а, в) келтирилган юзлар ёритилишини нормаллаштириш бўйича А4 алгоритмини амалга ошириш натижалари

Диссертациянинг 4-илоvasида 9-расмда келтирилган юз тасвирларининг характерловчи белгилари графигидан намуна келтирилган. 55 нафар ходим учун юзларни таниб олиш учун олинган характерловчи белгилардан бинога киришни назорат қилиш ва бошқариш тизимида фойдаланилиши шахсни таниб олиш аниқлигини “STAND COMPUTERS” МЧЖда диссертация натижаларини тадбиқ этишгача қўлланиб келинган юзларни таниб олиш дастурий таъминоти билан таққослаганда 10%га ошириш имконини берди.

Иловада диссертация натижалари амалиётда қўлланилганлигини тасдиқловчи хужжатлар, Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги томонидан берилган ЭХМ учун дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги ҳақидаги гувоҳнома нусхалари ҳамда амалий вазифа ечими давомида фойдаланилган берилган маълумотлар графикларидан намуналар келтирилган.

ХУЛОСА

“Биометрик тизимларда тасвирларга дастлабки ишлов бериш алгоритмлари” мавзусида олиб борилган диссертация тадқиқотининг асосий натижалари қуйидагилардан иборат.

1. Бош компоненталар (А3 алгоритми) усули асосида биометрик объект рангли тасвирини кулранг тасвирга алмаштириш алгоритми ишлаб чиқилган бўлиб, у шахсни биометрик идентификация қилиш вазифаларига мослаштирилган, шунингдек, тасвир рангли каналлари сонини учтадан биттагача камайтириш йўли билан таҳлил қилинаётган маълумотларни қисқартириш ҳисобига биометрик объектлар тасвирларига дастлабки ишлов бериш вақтини қисқартириш имконини беради.

2. Биометрик объект рангли тасвири ёритганлигининг ўзгартирилиши мазкур объект характерловчи белгилари ажратишга жиддий таъсир этиши кўрсатилган. Шу муносабат билан Retinex алгоритмининг такомиллаштирилган варианты (А4 алгоритми) таклиф қилинган бўлиб, у ёритилганлик омилининг таниб олишнинг аниқлик даражасига таъсир қилишини камайтириш имконини беради.

3. Тасвирдаги биометрик объектлар характерловчи белгиларини ажратиш алгоритмлари ишлаб чиқилган бўлиб, улар бош компоненталар усулига (А5 алгоритми) ва кўрсатилган объектлар тасвирларини бўлақларга бўлиб таҳлил қилишга (А6 алгоритми) асосланган. Таклиф этилган алгоритмлар миқдорий шкалада ўлчанган биометрик объект белгиларини аниқлаш имконини беради, бу эса кейинчалик таниб олиш жараёнини осонлаштиради.

4. Тажрибавий тадқиқотларнинг натижалари кўрсатишича, биометрик объектнинг характерловчи белгиларини ажратиш учун таклиф этилган бош компоненталар усули (А5 алгоритми) ҳамда бўлақларга бўлиб таҳлил қилиш (А6 алгоритми) алгоритмларини Габор фильтри билан биргаликда қўллаш мақсадга мувофиқдир.

5. Диссертацияда таклиф этилган алгоритмларнинг самарадорлиги бир қатор амалий вазифаларни ечиш мисолида текширилган:

- *криминалистик экспертизалар ўтказишида қулоқ чаноқлари тасвирлари бўйича шахсни таниб олиш;*

- *юз тасвири бўйича шахсни таниб олиш асосида бинога киришни назорат қилиш ва бошқариш;*

- *қулоқ чаноқлари тасвирлари бўйича шахсни таниб олиш асосида бинога киришни назорат қилиш ва бошқариш.*

6. Шахсни биометрик таниб олишга асосланган, яратилаётган киришни назорат қилиш ва бошқариш тизимларининг таркибий қисми сифатида қўлланилиши мумкин бўлган «FeaturesExtractor» дастурий мажмуаси ишлаб чиқилган ва апробация қилинган.

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

**НАУЧНО-ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННО-
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ЖУМАЕВ ТУРДАЛИ САМИНЖОНОВИЧ

**АЛГОРИТМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ
В БИОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

05.01.03 – Теоретические основы информатики

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

Ташкент– 2018

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №B2017.1.PhD/T44.

Диссертация выполнена в Научно-инновационном центре информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий.

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
Мирзамов Акмал Махмуджонович
кандидат технических наук

Ведущая организация: **Ташкентский государственный технический университет**

Защита диссертации состоится «__» _____ 2018 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 «__» _____ 2018 года.
(протокол рассылки №__ от «__» _____ 2018 г.).

Р.Х.Хамдамов

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

Ф.М.Нуралиев

Ученый секретарь научного совета по присуждению
учёных 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 одним из самых быстроразвивающихся направлений в области информационных технологий является направление, связанное с созданием биометрических систем идентификации личности. Биометрические системы широко используются в социальных сетях, электронных платежных системах, криминалистике и ряде других областях. В связи с этим, в настоящее время большое внимание уделяется совершенствованию, разработке и внедрению методов и алгоритмов идентификации личности на основе биометрических технологий. Созданию и широкому распространению биометрических технологий способствуют научные исследования, проводимые в развитых странах мира, включая США, Германию, Россию, Англию, Китай, Японию, Южную Корею и другие. Эти исследования направлены, прежде всего, на повышение надежности и быстродействия биометрических систем. В этой связи одной из важных задач является разработка алгоритмов предварительной обработки изображений, обеспечивающих высокие показатели функционирования этих систем.

В нашей республике особое внимание уделяется созданию баз изображений биометрических объектов (лица, ушной раковины, отпечатков пальцев, сетчатки глаз и т.д.), разработке алгоритмов предварительной обработки изображений и выделения характерных признаков объектов на этих изображениях. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 гг. 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 Решение данных задач, в том числе создание систем авторизации пользователей компьютерных и информационных систем с применением биометрических технологий идентификации личности, является одним из важнейших вопросов развития информационно-коммуникационных технологий.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных указами Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года “О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан”, №УП-5264 от 29 ноября 2017 года “Об образовании Министерства инновационного развития Республики Узбекистан”, постановлениями Президента Республики Узбекистан №ПП-2898 от 18 апреля 2017 года “О мерах по коренному совершенствованию деятельности органов внутренних дел в сфере расследования преступлений”, №ПП-2158 от 3 апреля 2014 года “О мерах по

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

дальнейшему внедрению информационно-коммуникационных технологий в реальном секторе экономики”, №ПП-1989 от 27 июня 2013 года “О мерах по дальнейшему развитию Национальной информационно-коммуникационной системы Республики Узбекистан”, 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. Вопросам разработки и совершенствования методов предварительной обработки изображений и распознавания объектов на этих изображениях посвящены работы зарубежных ученых В.А. Александрова, Э.М. Бравермана, С. Ватанабе, Р. Гонсалеса, Н.Д. Горского, Ю.И. Журавлева, Э. Патрика, У. Прэтта, Л. Робертса, В.А. Сойфера, Ш. Ульмана, П. Харта, П. Хорна, И.С. Мохамеда, В. Бургера и других.

В Узбекистане решению этих вопросов посвящены работы М.М. Камилова, Ш.Х. Фазылова, Э.М. Алиева, Н.А. Игнатьева, З.Т. Адыловой, Н.М. Мирзаева, С.С. Садыкова, Ш.Е. Туляганова и других.

В настоящее время, несмотря на успехи, достигнутые в области обработки изображений и распознавания образов, проблемы предварительной обработки изображений и выделения характерных признаков объектов на этих изображениях еще недостаточно глубоко изучены.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов плана научно-исследовательских работ Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий по следующим темам: А-14-009 «Разработка методов, алгоритмов и программного обеспечения идентификации личности на основе интеграции биометрических технологий» (2006-2008), ФА-Ф17-Ф010 «Разработка алгоритмического и программного обеспечения многоуровневой системы биометрической идентификации личности человека» (2009-2011), А5-ФА-Ф022 «Разработка и практическое применение гибридных алгоритмов и программного обеспечения биометрических решений» (2012-2014) и «Разработка методов, алгоритмов и прикладных программ идентификации личности на основе биометрии лица» (2015-2017).

Целью исследования является разработка и практическое применение алгоритмов и программного обеспечения предварительной обработки изображений биометрических объектов.

Задачи исследования:

анализ методов и алгоритмов обработки изображений, используемых в биометрических системах идентификации личности;

разработка алгоритма преобразования цветного изображения в полутоновое;

разработка усовершенствованных алгоритмов повышения качества изображений биометрических объектов;

разработка алгоритмов выделения характерных признаков распознаваемых объектов на изображении;

разработка рекомендаций по созданию и применению программных комплексов на основе предлагаемых алгоритмов.

Объектом исследования являются изображения, представляющие биометрические объекты.

Предметом исследования являются методы и алгоритмы предварительной обработки изображений биометрических объектов и выделения их характерных признаков.

Методы исследования. При проведении исследований использованы методы теории вероятностей и математической статистики, дискретной математики, обработки изображений и распознавания образов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан алгоритм преобразования цветного изображения биометрического объекта в полутоновое на основе метода главных компонент;

разработан усовершенствованный алгоритм повышения качества изображения Retinex, включающий процедуру расчета основных параметров этого алгоритма, определяющих силу действия и яркость изображения;

разработана процедура, унифицирующая на основе анализа гистограмм исходных изображений размеры биометрических объектов, изображения которых являются входными данными для алгоритма выделения характерных признаков с использованием метода главных компонент;

разработан алгоритм выделения статистических признаков, характеризующих биометрический объект, на основе пофрагментного анализа его изображения.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

усовершенствование алгоритма Retinex путем автоматизации расчета его параметров позволяет повысить качество исходного изображения;

предложенные алгоритмы выделения характерных признаков изображения биометрического объекта позволяют повысить точность идентификации личности;

разработанные программные средства повышения качества изображения биометрических объектов могут быть использованы в качестве инструментария для создания биометрических систем идентификации личности.

Достоверность результатов исследования обоснована результатами

сравнительного анализа работоспособности предложенных и известных алгоритмов повышения качества изображения и выделения характерных признаков изображений биометрических объектов, полученными при решении модельных и практических задач идентификации личности.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования состоит в дальнейшем развитии методов биометрической идентификации личности в части создания эффективных алгоритмов предварительной обработки изображений биометрических объектов и определения их характерных признаков.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что предложенное программно-алгоритмическое обеспечение может быть использовано для решения широкого круга задач, связанных с созданием систем контроля и управления доступом.

Внедрение результатов исследования. На основе программных средств, разработанных на базе существующих, а также предложенных в работе алгоритмов, созданы:

компьютерные программы, предназначенные для предварительной обработки изображений биометрического объекта и выделения его признаков, «Программный комплекс предварительной обработки изображений ушных раковин в задачах идентификации личности человека», «Программный комплекс выделения признаков ушных раковин на основе статистического анализа», «Программный комплекс выделения признаков ушных раковин и идентификации личности человека на основе метода главных компонент». ГУП «UNICON.UZ» на выше перечисленные программы выдал заключение о возможности их использования по их назначению (заключение ГУП «UNICON.UZ» от 27 сентября 2018 года). Указанные программы позволяют на их базе создавать биометрические системы идентификации личности;

программный комплекс, включающий процедуру повышения качества изображений ушных раковин, основанную на усовершенствованном алгоритме Retinex, внедрен в Экспертно-криминалистический центр Министерства внутренних дел Республики Узбекистан (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 24 мая 2018 года 33-8/3725). Использование результатов научного исследования позволило сократить время, затрачиваемое на идентификационную криминалистическую экспертизу ушной раковины, в среднем в 1,2 раза, а точность идентификации повысить на 4%;

программный комплекс, включающий процедуры повышения качества изображения лица и выделения его характерных признаков на основе пофрагментного анализа изображения лица, внедрен в ООО «STAND COMPUTERS» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 24 мая 2018 года 33-8/3725). Использование результатов научного исследования в системе

контроля и управления доступом в здание сотрудников указанного ООО “STAND COMPUTERS” позволило повысить точность идентификации личности на 10%;

программный комплекс, включающий процедуры повышения качества изображений ушных раковин и выделения их характерных признаков, основанные на совместном использовании фильтра Габора, метода главных компонент и алгоритма пофрагментного анализа изображений ушных раковин, а также усовершенствованном алгоритме Retinex, внедрен в Узбекско-Индонезийское СП “ЎЗИ-Жиззах” (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 24 мая 2018 года 33-8/3725). Использование результатов научного исследования в качестве дополнительной программной компоненты к существующей системе контроля и управления доступом СП “ЎЗИ-Жиззах” позволило повысить точность идентификации личности на 8%.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования докладывались и обсуждались на 9 международных и 14 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. Основные результаты исследования опубликованы в 37 научных работах, из которых 10 опубликованы в журнальных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 1 в иностранном и 9 в республиканских журналах. Кроме того, получены 4 свидетельства о регистрации программных продуктов для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 105 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Сформулированы цель и задачи, указаны объект и предмет исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта их теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о внедрении результатов исследования в практику, об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние проблемы идентификации личности на основе биометрических объектов**», состоящей из трёх параграфов, приведены результаты обзора работ, посвященных биометрической идентификации личности. Рассмотрены проблемы, связанные с повышением качества изображений биометрических объектов и выделением характерных признаков этих объектов. Сформулированы цель и задачи исследования.

В первом параграфе рассмотрены области применения биометрических

технологий, общая схема идентификации личности и приведены результаты анализа наиболее распространенных биометрических систем.

В настоящее время биометрические системы широко используются во многих областях. Основными компонентами таких систем являются блоки предварительной обработки изображения биометрического объекта и выделения его характерных признаков, используемых в последующем в процессе распознавания личности.

Во втором параграфе проведен анализ четырех типов характерных признаков изображений, а именно – геометрических, вероятностных, спектральных и топологических. В настоящее время широко используются первые три типа признаков. Применение топологических признаков ограничивается их чувствительностью к низкочастотным шумам изображения.

В третьем параграфе сформулированы цель и задачи диссертационного исследования, направленного на разработку алгоритмов предварительной обработки и выделения характерных признаков объектов на изображении, предназначенных для использования в биометрических технологиях.

Вторая глава диссертации «**Создание алгоритмов предварительной обработки и выделения характерных признаков изображений**» посвящена решению основных задач, сформулированных в параграфе 1.3.

В первом параграфе этой главы предложены алгоритмы решения задач преобразования цветных изображений в полутоновые и бинарные, улучшения качества и геометрических преобразований исходного изображения.

Преобразование цветного изображения в полутоновое осуществляется с целью сокращения числа анализируемых данных за счет сокращения числа цветовых каналов изображения с трех (*RGB*) до одного. При этом данная процедура осуществляется с наименьшей потерей информации об объектах, представленных на изображении. В диссертации рассмотрены три алгоритма такого преобразования.

Алгоритм А1. Согласно этому алгоритму преобразование цветного изображения в полутоновое осуществляется по формуле

$$T_{ij} = r * R_{ij} + g * G_{ij} + b * B_{ij},$$

где

$$r = \frac{R_{ij}}{R_{ij} + G_{ij} + B_{ij}}, \quad g = \frac{G_{ij}}{R_{ij} + G_{ij} + B_{ij}}, \quad b = \frac{B_{ij}}{R_{ij} + G_{ij} + B_{ij}}$$

значения яркости пикселей с координатами i, j соответственно красного, зеленого и синего цветов.

Алгоритм А2. Данный алгоритм основан на использовании формулы

$$T_{ij} = 0,3 \cdot R_{ij} + 0,59 \cdot G_{ij} + 0,11 \cdot B_{ij}.$$

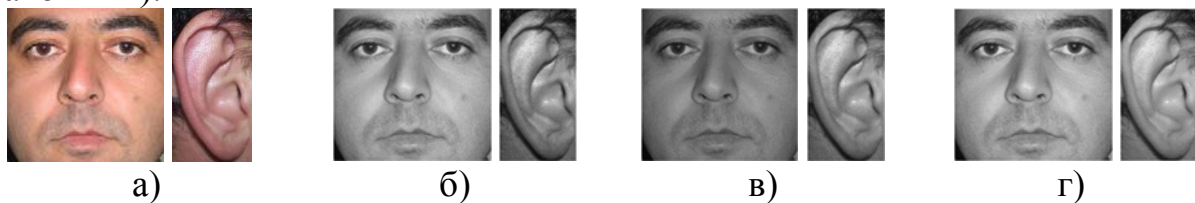
Эти два алгоритма используются при решении различных прикладных областях, связанных с применением методов обработки изображений. Как показывает практика, эти алгоритмы не всегда дают хорошие результаты при

их использовании в биометрических системах. Поэтому в диссертационной работе предложен алгоритм преобразования цветного изображения в полутоновое, обозначенный в диссертационной работе как «Алгоритм А3» и основанный на использовании формулы

$$T_{ij} = 0.55 * R_{ij} + 0.44 * G_{ij} + 0.01 * B_{ij}.$$

Здесь коэффициенты определены с использованием метода главных компонент. Предлагаемый алгоритм учитывает специфику изображений биометрических объектов.

На рис. 1 приведены результаты реализации указанных выше алгоритмов на примере двух биометрических объектов (лица и ушной раковины).



**Рис. 1. Преобразование цветного изображения в полутоновое
а) исходное изображение; б), в), г) результаты реализации
соответственно алгоритмов А1, А2 и А3**

В параграфе 2.1 также рассмотрена задача улучшения качества изображения, которое, в основном, зависит от уровня освещенности объектов на этом изображении, так как недостаточная или излишняя освещенность приводят к тому, что отдельные детали объектов на изображении становятся практически неотличимыми. В этом случае для приведения изображения к «нормальному состоянию» используется алгоритм Retinex. Однако при использовании этого алгоритма возникает проблема, связанная с обоснованным выбором его параметров. Поэтому в параграфе 2.1 предложен усовершенствованный алгоритм Retinex, лишенный указанного недостатка. Данный алгоритм обозначен в работе как «Алгоритм А4» и реализован следующим образом.

Шаг 1. Вводится изображение.

Шаг 2. Производится преобразование исходного изображения из цветового пространства RGB в цветовое пространство YUV .

Шаг 3. Выполняется преобразование вида

$$Y' = \begin{cases} Y, & \text{если } Y \geq t; \\ Y^{0.24} \cdot t^{0.76}, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Шаг 4. Производится логарифмическое преобразование полученного изображения Y' согласно $Y_1 = \log Y'$.

Шаг 5. Производится размытие изображения Y' согласно $Y_2 = \text{bluring}(Y')$.

Шаг 6. С использованием экспоненциального преобразования формируется новое изображение Y_{new} согласно $Y_{new} = e^{(Y_1 - Y_2 \cdot k)}$, где k – параметр алгоритма, определяющий силу действия Retinex.

Шаг 7. Производится преобразование изображения Y_{new} из цветового пространства YUV в цветовое пространство RGB .

Шаг 8. Конец.

На основе результатов экспериментальных исследований, проведенных в диссертационной работе, выявлено, что наилучшими значениями параметров t и k являются $t = \max(Y)/2$ и $k = \min(Y_2)/\max(Y_2)$.

Результаты реализации усовершенствованного алгоритма Retinex приведены на рис. 2.



Рис 2. Результаты повышения качества изображений двух биометрических объектов

а) исходные изображения; б) изображения, полученные с использованием усовершенствованного алгоритма Retinex (алгоритм А4)

В параграфе 2.2 предложен алгоритм выделения признаков распознаваемых объектов на изображении, основанный на методе главных компонент. Суть данного алгоритма, обозначенного в работе как «Алгоритм А5», сводится к следующему.

Шаг 1. Производится преобразование исходных изображений $Z_1, \dots, Z_i, \dots, Z_m$ в полутоновые с использованием алгоритма А3. Здесь $Z_i = \|z_{ij}\|_{x \times y}$, x и y – соответственно ширина и высота изображений.

Шаг 2. Формируются векторные представления полутоновых изображений в виде

$$T_1 = \begin{pmatrix} t_{11} \\ t_{12} \\ \dots \\ t_{1n} \end{pmatrix}, \dots, T_i = \begin{pmatrix} t_{i1} \\ t_{i2} \\ \dots \\ t_{in} \end{pmatrix}, \dots, T_m = \begin{pmatrix} t_{m1} \\ t_{m2} \\ \dots \\ t_{mn} \end{pmatrix},$$

где $n = x \times y$.

Шаг 3. Вычисляется «среднее изображение» согласно

$$\Psi = (1/m) \sum_{i=1}^m T_i.$$

Шаг 4. Вычисляется разность каждого изображения и «среднего изображения» согласно

$$\Phi_i = T_i - \Psi.$$

Шаг 5. Формируется матрица A , столбцами которой являются $\Phi_1, \dots, \Phi_i, \dots, \Phi_m$, то есть

$$A = (\Phi_1, \dots, \Phi_i, \dots, \Phi_m).$$

Шаг 6. Определяется ковариационная матрица согласно

$$C = AA^T.$$

Шаг 7. Производится приведение ковариационной матрицы C к трехдиагональной матрице с использованием алгоритма Хаусхолдера.

Шаг 8. Определяются собственные числа λ_i и собственные векторы $v_i \in Q$ ($i = \overline{1, m}$) трехдиагональной матрицы C с использованием алгоритма QR.

Шаг 9. Производится упорядочивание собственных чисел λ_i по убыванию

$$\lambda_{j_1} \geq \lambda_{j_2} \geq \dots \geq \lambda_{j_m}.$$

Шаг 10. Осуществляется выбор собственных векторов, соответствующих первым k упорядоченным собственным числам.

Шаг 11. Осуществляется проецирование каждого нормированного изображения Φ_i ($i = \overline{1, m}$) в пространство рассматриваемого биометрического объекта

$$\Omega_i = Q^T \Phi_i.$$

Шаг 12. Осуществляется запись полученных векторов Ω_i в базу данных.

Шаг 13. Конец.

Сложность реализации данного алгоритма заключается, во-первых, в подготовке исходных изображений и, во-вторых, в определении наиболее приемлемого значения k .

Первая из указанных проблем связана с решением задачи унификации размеров исходных изображений биометрических объектов. При этом необходимо учесть, что при решении данной задачи чрезвычайно важно сохранить пропорции биометрического объекта на изображении. В диссертационной работе данная задача решалась путем заполнения краев изображения объекта значением яркости, определяемым на основе анализа гистограмм изображений класса, к которому относится этот объект. Результаты экспериментальных исследований показали, что при заполнении указанных областей наибольшим, наименьшим и средним значениями яркости наиболее эффективным является использование наибольшего значения яркости.

Для устранения второй проблемы, а именно определения наиболее приемлемого значения k , предложен подход, приведенный в параграфе 2.2 диссертационной работы.

В **параграфе 2.3** предложен алгоритм выделения статистических признаков биометрического объекта на основе пофрагментного анализа его изображения, обозначенный в работе как «Алгоритм А6» и базирующийся на результатах работ Ш.Х. Фазылова, Н.М. Мирзаева и С.С. Раджабова.

Модель данного алгоритма задается следующими основными этапами.

Этап 1. Формирование базовых подмножеств исходных данных, заданных в виде изображений. Исходное цветное изображение

биометрического объекта с помощью алгоритма АЗ, предложенного в параграфе 2.1 диссертации, преобразовывается в полутоновое и разбивается на q равных частей (рис. 3).

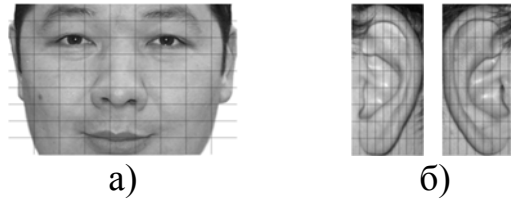


Рис. 3. Изображения биометрических объектов, разбитые на равные части: а) лицо; б) ушные раковины

Этап 2. Определение набора характерных признаков. На данном этапе формируется набор характерных признаков, которые определяются в виде выборочных моментов. Момент порядка p случайной величины x_i ($x_i \in \Omega_q$) определяется как

$$m_{pq} = \frac{1}{N_q} \sum_{x_i \in \Omega_q} x_i^p f(x_i), \quad N_q = \text{card}(\Omega_q).$$

Здесь $p = \overline{0, n}$; $f_j(x_i)$ – функция, задающая значение признака x_i для j -го объекта.

Центральные моменты определяются согласно

$$\mu_{pq} = \sum_{x_i \in \Omega_q} (x_i - \bar{x}_q)^p f_j(x_i),$$

где

$$\bar{x}_q = \frac{1}{N_q} \sum_{x_i \in \Omega_q} x_i.$$

Этап 3. Выделение подмножеств характерных сильносвязанных признаков. На этом этапе определяется система «независимых» подмножеств характерных признаков, состав которой будет зависеть от параметра n' . Задавая различные целочисленные значения этого параметра можно получить различные алгоритмы.

Выделение подмножеств сильносвязанных признаков осуществляется следующим образом. Пусть Γ_q ($q = \overline{1, n'}$) – подмножества сильносвязанных признаков. Мету близости $L(\Gamma_p, \Gamma_q)$ между подмножествами Γ_p и Γ_q можно задать различными способами, например:

$$L(\Gamma_p, \Gamma_q) = \frac{1}{N_p \cdot N_q} \sum_{x_i \in \Gamma_p} \sum_{x_j \in \Gamma_q} \eta(x_i, x_j).$$

Определение $W_A = \{\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_{n'}\}$ осуществляется на основе следующей процедуры.

Шаг 1. Задаются подмножества в виде

$$\Gamma_1 = \{x_1\}, \Gamma_2 = \{x_2\}, \dots, \Gamma_n = \{x_n\}.$$

Шаг 2. Определяются элементы матрицы связи $\|L_{ij}^1\|$ в виде $L_{ij}^1 = b_{ij}$.

Шаг 3. Осуществляется присвоение: $u = 2$.

Шаг 4. Определяется максимальный элемент матрицы $\|L_{ij}^{(u-1)}\|_{(n-u+1) \times (n-u+1)}$.

Шаг 5. Проверяется условие $L(\Gamma_p, \Gamma_q) = \max\|L_{ij}^{(u-1)}\|_{(n-u+1) \times (n-u+1)}$, $(i, j \in [1, 2, \dots, n-u+1], i \neq j)$. Если оно выполняется, то Γ_p и Γ_q объединяются и формируется новая матрица связи $\|L_{ij}^u\|$.

Шаг 6. Проверяется условие $u = n'$. Если оно выполняется, то осуществляется переход к шагу 7, иначе $u = u+1$ и переход к шагу 4.

Шаг 7. Конец.

Этап 4. Определение «независимого» признака в каждом подмножестве сильносвязанных признаков. На данном этапе можно использовать различные способы выбора несвязанных (репрезентативных) признаков из подмножества сильносвязанных признаков. Основная идея выбора заключается в выделении максимально «независимого» (или слабозависимого) набора признаков.

Пусть Γ_q ($q = \overline{1, n'}$) – подмножества сильносвязанных признаков. Предполагается, что вычислено N_q – число элементов (мощность) этих подмножеств:

$$N_q = \text{card}(\Gamma_q), \quad q = \overline{1, n'}$$

В этом случае данный этап можно реализовать в виде следующей процедуры.

Шаг 1. Осуществляются присваивания: $q=1$, $R_1 = \emptyset$, $R_2 = \emptyset$, $R_3 = \emptyset$, $N_0 = 0$, $k = 0$.

Шаг 2. Проверяется условие $q > n'$. Если оно выполняется, то переход к шагу 9.

Шаг 3. Проверяется условие $N_q = 1$. Если оно выполняется, то $R_1 = R_1 \cup \Gamma_q$, $N_0 = N_0 + 1$.

Шаг 4. Проверяется условие $N_q \leq 2$. Если оно выполняется, то переход к шагу 8.

Шаг 5. Вычисляются оценки близости $\mu_i = \sum_{j=1}^{i-1} \eta(x_i, x_j) + \sum_{j=i+1}^{N_q} \eta(x_i, x_j)$.

Шаг 6. Определяется $t = \arg \max_{i \in [1, N_q]} \mu_i$.

Шаг 7. Осуществляются присваивания: $R_2 = R_2 \cup x_t$, $k = k + 1$.

Шаг 8. Осуществляется присваивание $q = q + 1$ и переход к шагу 2.

Шаг 9. Осуществляется присваивание: $q = 1$.

Шаг 10. Проверяется условие $N_q = 2$. Если оно не выполняется, то переход к шагу 13.

Шаг 11. Вычисляются оценки близости $\mu_1 = \sum_{i=1}^{N_0} \eta(r_{1i}, x_{q_1})$ и

$$\mu_2 = \sum_{i=1}^k \eta(r_{2i}, x_{q_2}).$$

Шаг 12. Осуществляется проверка условия $\mu_1 > \mu_2$. Если оно выполняется, то $R_3 = R_3 \cup x_{q_2}$, иначе $R_3 = R_3 \cup x_{q_1}$.

Шаг 13. Осуществляется присваивание $q = q + 1$.

Шаг 14. Проверяется условие $q > n'$. Если оно выполняется, то переход к шагу 10.

Шаг 15. $R = R_1 \cup R_2 \cup R_3$.

Шаг 16. Конец.

В результате реализации перечисленных этапов формируется подмножество n' признаков ($n' < n$), каждый из которых является представителем выделенного подмножества сильносвязанных признаков. В последующем выделенные признаки биометрического объекта используются для решения задачи идентификации личности.

Третья глава «Экспериментальные исследования и практическое применение» отражает результаты экспериментальных исследований предложенных в диссертации алгоритмов предварительной обработки изображений биометрических объектов и выделения характерных признаков этих объектов, а также результаты решения практической задачи, связанной с идентификацией личности по изображению лица.

В параграфе 3.1 приведены требования, предъявляемые к исходным изображениям биометрических объектов. Данные требования устанавливаются в связи со сложностью разработки алгоритмов распознавания, инвариантных к изменениям изображения объекта, зависящих от условий съемки этого изображения. Основными требованиями являются:

- отклонение ракурса биометрического объекта от нормального положения на изображении не должно превышать 5° . При этом нормальным положением биометрического объекта на изображении считается его перпендикулярность относительно оси видео-фотосъемки этого объекта;

- отсутствие элементов на изображении, перекрывающих биометрический объект. Например, если в качестве биометрического объекта используется лицо, то перекрывающими элементами могут являться очки, головной убор или другой какой-либо предмет, прикрывающий часть лица;

- анализируемые элементы биометрического объекта должны быть различимы на его изображении;

- биометрический объект на изображении должен занимать не менее $\frac{3}{4}$ от общей площади исходного изображения.

В параграфе 3.2 рассмотрены вопросы формирования баз изображений лиц и ушных раковин, которые использованы в последующем для проведения экспериментальных исследований. Структура базы данных включает таблицу персональных данных, таблицу исходных изображений

биометрического объекта, а также таблицу характерных признаков изображений этого объекта.

Параграф 3.3 отражает результаты разработки программного комплекса «FeaturesExtractor», включающего модули предварительной обработки исходных изображений биометрических объектов, а также выделения их характерных признаков. В целях обеспечения функциональной полноты данный программный комплекс создан на основе как существующих (алгоритм линейного контрастирования изображения, медианный алгоритм, фильтр Габора, алгоритм Хаусхолдера, QR-алгоритм), так и предложенных и усовершенствованных алгоритмов, приведенных в предыдущей главе диссертационной работы.

В параграфе 3.4 приведены результаты экспериментальных исследований, а также решения прикладной задачи идентификации личности по изображению лица.

Для проведения экспериментальных исследований была сформирована база, включающая изображения лиц и ушных раковин 40 людей (классов). Каждый класс был представлен 20 изображениями по каждому рассматриваемому биометрическому объекту. Информативность характерных признаков биометрического объекта оценивалась на основе показателя точности распознавания (идентификации) личности по этим признакам. Используемая процедура распознавания основывалась на методе k -ближайших соседей.

На рис. 4 приведены результаты идентификации личности по изображению лица, полученные с использованием характерных признаков, выделенных по алгоритму A5 (график I), а также по алгоритму A5 совместно с фильтром Габора (график II).

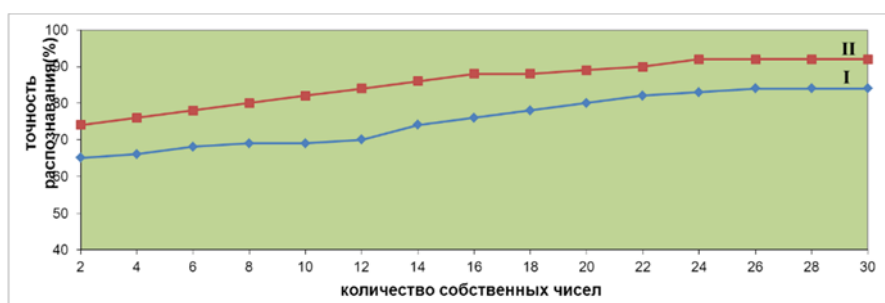


Рис. 4. Результаты идентификации личности по изображению лица с использованием характерных признаков, выделенных алгоритмом A5

Анализ графика I показывает, что первое максимальное значение точности распознавания (83%) достигается в случае, когда число характерных признаков определяется 24-мя собственными числами. Далее это значение остается постоянным. Согласно графика II, первое максимальное значение точности распознавания (92%) также достигается при количестве собственных чисел равном 24.

На рис. 5 приведены результаты решения той же задачи идентификации личности, но с использованием для выделения характерных

признаков алгоритма А6 (график III), а также алгоритма А6 с фильтром Габора (график IV).

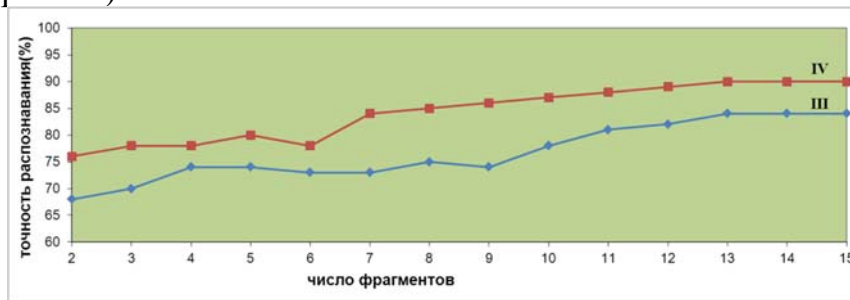


Рис. 5. Результаты идентификации личности по изображению лица с использованием характерных признаков, выделенных алгоритмом А6

Анализ графика III показывает, что максимальная точность распознавания (84%) достигается в случае, когда число фрагментов, на которые делится исходное изображение, равно 13. Согласно графика IV, максимальная точность распознавания (90%) достигается при том же числе фрагментов, а именно 13.

На рис. 6 и 7 приведены результаты идентификации личности по изображениям ушных раковин, полученные с использованием характерных признаков, выделенных с помощью алгоритмов А5 (график V) и А6 (график VII), а также алгоритмов А5 (график VI) и А6 (график VIII), реализованных совместно с фильтром Габора.

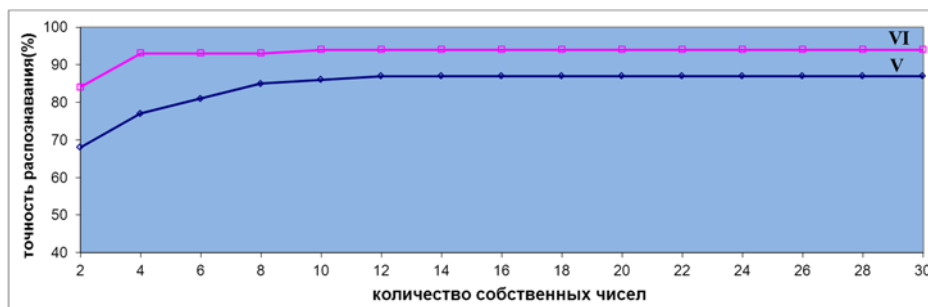


Рис. 6. Результаты идентификации личности по изображениям ушных раковин с использованием характерных признаков, выделенных алгоритмом А5

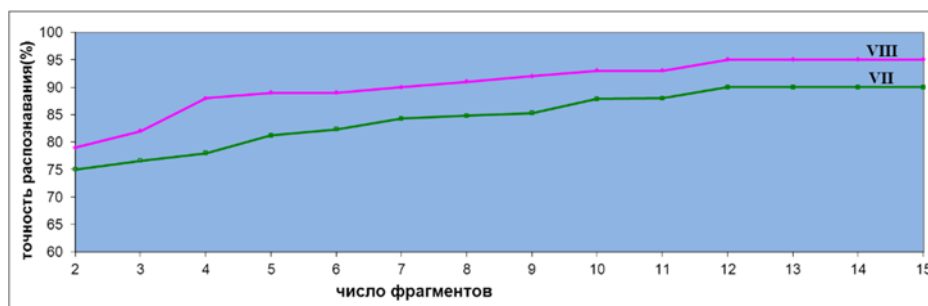


Рис. 7. Результаты идентификации личности по изображениям ушных раковин с использованием характерных признаков, выделенных алгоритмом А6

Таким образом, анализ графиков, приведенных на рис. 4-7, показывает, что для рассматриваемых биометрических объектов использование алгоритмов А5 и А6 совместно с фильтром Габора обеспечивает более

высокую точность распознавания за счет удаления шумов на обрабатываемом изображении.

Программный комплекс «FeaturesExtractor» был использован для решения ряда прикладных задач, в частности задачи контроля и управления доступом в здание ООО “STAND KOMPUTERS” по изображениям лиц.

На рис. 8 приведен пример исходных изображений лиц, имеющих различное качество по уровню освещенности. Это обстоятельство обусловило необходимость использования алгоритма А4, результаты реализации которого приведены на рис. 9. После осуществления предварительной обработки исходных изображений была сформирована база изображений лиц 55 сотрудников, включающая 3 таблицы (персональные данные, изображения лиц, характерные признаки).

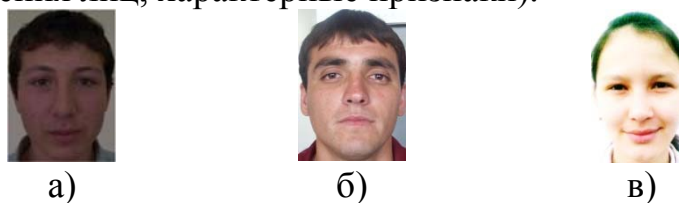


Рис. 8. Изображения лиц с а) низким; б) нормальным; в) высоким уровнями освещенности

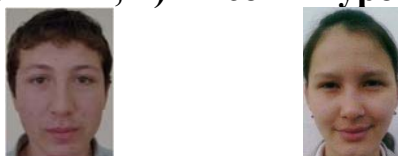


Рис. 9. Результаты реализации алгоритма А4 по нормализации освещенности изображений лиц, приведенных на рис. 8 (а, в)

В приложении 4 диссертационной работы приведен фрагмент таблицы характерных признаков изображений лиц, показанных на рис. 9. Использование полученных для 55 сотрудников характерных признаков для распознавания лиц в системе контроля и управления доступом в здание позволило повысить точность идентификации личности на 10% по сравнению с существовавшим программным обеспечением распознавания лиц, использованным в ООО “STAND KOMPUTERS” до внедрения результатов диссертационной работы.

В приложении приведены документы, подтверждающие практическое использование результатов диссертационной работы, копии свидетельств об официальной регистрации программы для ЭВМ, выданных Агентством по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан, а также фрагменты таблиц исходных данных, использованных при решении прикладной задачи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты проведённого диссертационного исследования на тему «Алгоритмы предварительной обработки изображений в биометрических системах» заключаются в следующем.

1. Разработан алгоритм преобразования цветного изображения биометрического объекта в полутоновое на основе метода главных компонент (алгоритм А3), адаптированный под задачи биометрической идентификации личности и позволяющий сократить время предварительной обработки изображений биометрических объектов за счет сокращения анализируемых данных путем уменьшения числа цветовых каналов изображения с трех до одного.

2. Показано, что изменение освещенности изображения биометрического объекта существенно влияет на выбор характерных признаков этого объекта. В связи с этим обстоятельством предложен усовершенствованный вариант алгоритма Retinex (алгоритм А4), позволяющий сократить степень влияния фактора освещенности на точность распознавания.

3. Разработаны алгоритмы выделения характерных признаков биометрических объектов на изображении, основанные на методе главных компонент (алгоритм А5) и пофрагментном анализе изображений указанных объектов (алгоритм А6). Предложенные алгоритмы позволяют определить признаки биометрического объекта, измеренные в количественной шкале, что в последующем существенно упрощает процесс распознавания.

4. Результаты экспериментальных исследований показали, что для выделения характерных признаков биометрического объекта целесообразным является использование предложенных алгоритмов МГК (алгоритм А5) и пофрагментного анализа (алгоритм А6) совместно с фильтром Габора.

5. Проверена работоспособность предложенных в диссертационной работе алгоритмов на примере решения ряда практических задач:

- *идентификация личности по изображениям ушных раковин при проведении криминалистических экспертиз;*

- *контроль и управление доступом в здание на основе идентификации личности по изображению лица;*

- *контроль и управление доступом в здание на основе идентификации личности по изображениям ушных раковин.*

6. Разработан и апробирован программный комплекс «FeaturesExtractor», который может быть использован в качестве составной части создаваемых систем контроля и управления доступом, основанных на биометрической идентификации личности.

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

**SCIENTIFIC AND INNOVATION CENTER OF INFORMATION
AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AT THE TASHKENT
UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

JUMAYEV TURDALI SAMINJONOVICH

**ALGORITHMS OF PRELIMINARY IMAGE PROCESSING IN
BIOMETRIC SYSTEMS**

05.01.03 – Theoretical basis of computer science

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

Tashkent-2018

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 B2017.1.PhD/T44.

The dissertation has been prepared at Scientific and Innovation Center of Information and Communication Technologies at the Tashkent University of Information Technologies.

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 Mirzamov Akmal Maxmudjanovich Candidate of Technical Sciences
Leading organization:	Tashkent State Technical University

The defense will take place “_____” _____ 2018 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 “_____” _____ 2018 y.
(mailing report No. _____ on “_____” _____ 2018 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 the development and practical application of algorithms and software for pre-processing of biometric objects' images.

The object of the research work are images representing biometric objects.

The scientific novelty of the research work is as follows:

an algorithm for converting a color image of a biometric object to a halftone image is developed based on the principal component analysis;

improved image enhancement Retinex algorithm, which includes a procedure for calculating the main parameters of this algorithm that determine the strength of action and brightness of the image, is developed;

procedure, which unifies sizes of biometric objects the images of which are input data for the algorithm for characteristic features with the help of the principal component analysis, on the base of the analysis of histograms of given images, is developed;

an algorithm for extracting features, characterizing of a biometric object is developed on the base of fragmental analysis of its image.

Implementation of research results. On the basis of software developed on the basis of existing algorithms, as well as those proposed in the work the following computer programs were created :

computer programs designed for pre-processing images of a biometric object and extracting of its features, "Software package for pre-processing ear images in the problem of person identification", "The software package for the extraction of ear images on the base of statistical analysis", "The software package for identifying auricles and identifying a person's personality based on the principal component method", the State Unitary Enterprise "UNICON.UZ" for the above programs issued a conclusion on the possibility of their use for their intended purpose (conclusion of the State Unitary Enterprise "UNICON. UZ "dated September 27, 2018). These programs allow them to create biometric personal identification systems;

software package, including a procedure for improving the quality of ear images, based on an improved Retinex algorithm, has been introduced into the Forensic Expert Center of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Uzbekistan (reference of the Ministry of Information Technologies and Communications Development of the Republic of Uzbekistan dated May 24, 2018 33-8 / 3725) . Using the results of scientific research has reduced the time spent on identification forensic examination of an ear, on average, 1.2 times, and the identification accuracy has been increased by 4%;

The software package, including procedures for improving the quality of the face image and extracting its characteristic features based on fragmentary analysis of the face image, has been introduced into STAND KOMPUTERS LLC (reference of the Ministry of Information Technologies and Communications Development of the Republic of Uzbekistan dated May 24, 2018 33-8 / 3725) . Using the results of scientific research in the system of control and management of

access to the building of employees of the specified LLC “STAND KOMPUTERS” allowed to increase the accuracy of identification by 10%;

software package, including procedures for improving the quality of images of auricles and highlighting their characteristic features, based on the sharing of the Gabor filter, the principal component method and the algorithm for fragmentary image analysis of ear images, as well as the improved Retinex algorithm, has been implemented in the Uzbek-Indonesian joint venture “Iz-Zhizakh ”(Certificate of the Ministry of Information Technologies and Communications Development of the Republic of Uzbekistan dated May 24, 2018 33-8 / 3725). The use of the results of scientific research as an additional software component to the existing access control system and management of the joint venture “UzI-Zhizzakh” has increased the accuracy of identification by 8%.

Structure and volume of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, three chapters, conclusion, the list of used literature and appendix. The volume of the dissertation 105 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Мирзаев О. Н., Раджабов С.С., Жумаев Т.С. О параметризации моделей алгоритмов распознавания, основанные на оценке взаимосвязанности признаков// Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». – Ташкент, 2008. – №2-3. – стр.23-27. (05.00.00; №5.)

2. Фозилов Ш.Х., Раджабов С.С., Жумаев Т.С. Кулоқ тасвири асосида шахсни таниб олиш тизимларини яратишда тасвирларни бинар кўринишга ўтказиш масаласи// Ўзбекистон журнали “Информатика ва энергетика муоммолари”. – Тошкент, 2008. -№5. 7-11 б. (05.00.00; №5.)

3. Фозилов Ш.Х., Жумаев Т.С., Маҳкамов А.А. Шахсни идентификация қилишда турли ракурс кўринишида бўлган кулоқ тасвирларини геометрик нормаллаштириш // «Информатики ва энергетика муаммолари», Ўзб.журнали, № 5 2009 й. 3-6 б. (05.00.00; №5.)

4. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Бозоров, А.А., Жумаев Т.С. Шахсни таниб олишда кулоқ тасвири белгиларини ажратиш алгоритми // Ўзбекистон журнали “Информатика ва энергетика муоммолари”. – Тошкент, 2010. -№5. 3-6 б. (05.00.00; №5.)

5. Жумаев Т.С. // Дискрет косинус алмаштириши асосида кулоқ чаноғи тасвирининг белгиларини ажратиш алгоритми // ТАТУ хабарлари. – Тошкент, 2011. -№2. 74-78 б. (05.00.00; №10.)

6. Ш.Х. Фозилов, А.А.Бозаров, Т.С. Жумаев, А.Я. Қўзиёв // Шахсни таниб олиш масаласида тасвир сифатини ошириш алгоритми // Ўзбекистон журнали “Информатика ва энергетика муоммолари”. – Тошкент, 2011. -№ 5. 23-26 б. (05.00.00; №5.)

7. Жумаев Т.С. Тасвирдаги объектни характерловчи репрезентатив белгилар тўпламини шакллантириш // Ўзбекистон журнали “Информатика ва энергетика муоммолари”. – Тошкент, 2011. -№5. 25-31 б. (05.00.00; №5.)

8. Жумаев Т.С. Шахсни таниб олиш масаласида тасвирдаги объектни белгиларини ажратиш алгоритмлари // Ўзбекистон журнали “Информатика ва энергетика муоммолари”. – Тошкент, 2014. -№5. 52-55 б. (05.00.00; №5.)

9. Мирзаев Н.М., Жумаев Т.С., Маҳкамов А.А. Алгоритмы сегментации цветных изображений, основанные на выделение сильносвязанных элементов // “Исследования технических наук”. Российская федерация, 2015. Выпуск 4(18) Октябрь-Декабрь. -С. 22-27. (05.00.00; №44)

10. Фазылов Ш.Х., Жумаев Т.С. Шахсни таниб олиш масаласида кулоқ чаноғи белгиларини танлаб олиш алгоритмларини тажрибавий тадқиқ қилиш // “Кимёвий технология назорат ва бошқарув” халқаро илмий-техникавий журнали, Тошкент, -2016 й., 4-сон, 55-60 б. (05.00.00; №12)

11. Маҳкамов А.А., Жумаев Т.С. Рангли тасвирларни бинар тасвирга алмаштириш ва контур чизиқларини ажратиб олиш // «Ёш математикларнинг янги теоремалари-2006» республика илмий амалий конференция III-қисм

Наманган-2006. 23-25.

12. Фозилов Ш.Х., Жумаев Т.С., Маҳкамов А.А. Қулоқ тасвирларидан контур чизиқларни Канни усулида ажратиш олиш // Республиканская научная конференция “Современное состояние и пути развития информационных технологий” Ташкент-2008. 181-184 б.

13. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Жумаев Т.С. Выделение геометрических признаков изображений ушных раковин при идентификации личности // Региональная информатика (РИ-2008): Тез. докл. Международной конференции. – СПб, 2008. – ст.148. Санкт-Петербург, Россия

14. Фозилов Ш.Х., Жумаев Т.С., Махкамов А.А. Қулоқ тасвири бўйича шахсни таниб идентификация қилишда репрезентатив белгиларни ажратиш // Республиканская научная конференция “Моделирования и управление в реальном секторе экономики” Ташкент-2009. 179-181 б.

15. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Жумаев Т.С. Выделение признаков изображений ушных раковин при предварительном распознавании личности // Информатика: проблемы, методология, технологии: Материалы девятой международной научно-методической конференции. Воронеж, 2009. Том 2 – ст. 408-410. стр.

16. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Жумаев Т.С. Формирование набора репрезентативных признаков изображений лица и ушных раковин в задачах идентификация личности // Труды. Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи имени А.С. Попова // 12-я Международная конференция и выставка // Доблады // Серия: Цивровая обработка сигналов и ее применение Выпуск: XII-2: стр. 62-65. DSPA-2010. Москва, Россия

17. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Мирзаев О.Н., Жумаев Т.С. Алгоритмы идентификации личности человека, основанные на методе потенциальных функций // Интеллектуальные системы принятия решений и проблем вычислительного интеллекта (isdmsi'2010). Международная научная конференция/ 17–21 мая 2010 Евпатория, Украина. 400-404 стр.

18. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Жумаев Т.С. Предварительная обработка изображений ушных раковин в задаче идентификации личности // Нейрокомпьютеры и их применение: Тез. докл. Всеросс. науч. конф. 20 марта 2012. – Москва, 2012. – С. 69.

19. Жумаев Т.С. Биометрик тизимларда тасвирни характерловчи белгиларини ажратиш алгоритми // “Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари” ёш олимлар, тадқиқотчилар, магистрант ва талабаларнинг Республика илмий-техник анжумани – Тошкент, 2013. I-қисм. 108-110 б.

20. Жумаев Т.С., Маҳкамов А.А. Биометрик тизимларда маълумотлар базасини шакллантириш //“Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари” ёш олимлар, тадқиқотчилар, магистрант ва талабаларнинг Республика илмий-техник анжумани – Тошкент, 2013. I-қисм. 110-112 б.

21. Фазылов Ш.Х., Раджабов С.С., Мирзаев О.Н., Жумаев Т.А. Алгоритмы выделения признаков изображений ушных раковин в задачах идентификации личности // Теоретико-прикладные аспекты социально-экономического и политического развития стран Центральной Азии и СНГ: сборник материалов междунар. научн.-практ. конф. –Алматы, 2013. – Т. 2. – С. 444.

22. Жумаев Т.С. Биометрик тизимларда тасвирни характерловчи белгиларини ажратиш алгоритми //Иновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалиётга тадбиқ этиш муаммолари: Респ. илмий-техник конф. 16-17 май 2014. – Жиззах, 2014. – 530-533 б.

23. Mahkamov A.A., Bozarov A.A., Jumaev T.S. // Algorithm for extraction of identification features in ear recognition// Eighth world conference on intelligent systems for industrial automation, November 25-27, 2014 Tashkent, Uzbekistan. Pages 454-457.

24. Мирзаев Н.М., Жумаев Т.С. Шахсни таниб олиш масаласида кулоқ чаноғи тасвирини белгиларини ажратиш алгоритми // Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении: Доклады Республиканской научно-технической конференции. 7-8 сентября 2015. ЦРПП и АПК при ТУИТ, 338-342 б.

25. Мирзаев О.Н., Жумаев Т.С. Построение алгоритмов распознавания личности по изображению ушных раковин // Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении: Доклады Республиканской научно-технической конференции. 7-8 сентября 2015. ЦРПП и АПК при ТУИТ, 342-348 б.

26. М.Т.Тўхтасинов, Т.С. Жумаев. Габор фильтри асосида юз белгиларини ажратиш олиш // “Ахборот ва телекоммуникация технологиялари муаммолари” мавзуйдаги Республика илмий-техник конференцияси, 10-11 март 2016 йил, Тошкент, 3-қисм, 387-388 б.

27. Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Жумаев Т.С. Выделение характерных признаков изображений лица в задачах распознавания личности // Тезисы докладов, XIV Всероссийская научная конференция «Нейрокомпьютеры и их применение», – Москва, 2016., с.105-106. Режим доступа: http://www.it.mgppu.ru/upload/medialibrary/e46/NKP_thes2016_.pdf

28. Жумаев Т.С. Биометрик технологияларда кулоқ чаноғи тасвирига қўйилган талаблар ва уни таҳлили // Доклады Республиканской научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении», Джизак, 5-6 сентября 2016 г., с.396-400.

29. Жумаев Т.С. Кулоқ чаноғи тасвирини сифатини ошириш алгоритми // Доклады Республиканской научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении», Джизак, 5-6 сентября 2016 г., с.392-396.

30. Фазылов Ш.Х., Жумаев Т.С. Тасвирдаги объектни характерловчи репрезентатив белгилар тўпламини шакллантириш// Амалий математика ва

информацион технологияларнинг долзарб муаммолари – Ал-Хоразмий 2016: Халқаро конф. 9-10 ноябрь 2016. - Бухоро, 30 б.

31. Жумаев Т.С. Биометрик тизимларда тасвирни характерловчи белгиларни ажратиш алгоритми // «Алгебра, амалий математика ва ахборот технологиялари масалалари» республика илмий амалий конференция II-қисм Наманган-2016. 146-148.

32. Т.С. Жумаев Биометрик тизимларда тасвирни сифатини яхшилаш алгоритмлари // «Иқтисодиётнинг реал тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот–коммуникация технологияларининг аҳамияти» мавзусидаги Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами, 2-қисм, Тошкент, 2017 й., 87-88 б.

33. Fazilov Sh.X., Mahkamov A.A., Jumayev T.S. Algorithm for extraction of identification features in ear recognition // Информатика: проблемы, методология, технологии: Материалы XVII международной научно-методической конференции. Воронеж, 2018. Том 2 – С.3-7. стр.

34. Фозилов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Мирзаев О.М., Жумаев Т.С. Тасвирдаги объектларни таниб олиш дастурлар мажмуаси // № DGU 01609.

35. Фозилов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Махкамов А.А., Жумаев Т.С. Инсон шахсини идентификациялашда қулоқ чаноғи тасвирларига дастлабки ишлов бериш учун дастурий мажмуа // № DGU 01995.

36. Фозилов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Махкамов А.А., Жумаев Т.С. Статистик таҳлил асосида қулоқ чаноғи белгиларини ажратиб олиш дастурий мажмуаси // № DGU 01996.

37. Фозилов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Бозоров, А.А., Жумаев Т.С. Бош компоненталар усули асосида қулоқ чаноғи белгиларини ажратиш ва шахсни таниб олиш дастурий мажмуаси // № DGU 02069.

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

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитура рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма №16.

«Тошкент кимё-технология институти» босмахонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.