

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

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

МИРЗАЕВ НОМАЗ

**КАТТА ЎЛЧАМДАГИ БЕЛГИЛАР ФАЗОСИДА ТАНИБ ОЛИШ
ОПЕРАТОРЛАРИНИ СИНТЕЗ ҚИЛИШ УСУЛЛАРИ**

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ
АСОСИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМий КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ АХБОРОТ-КОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
ИЛМий-ИННОВАЦИОН МАРКАЗИ**

МИРЗАЕВ НОМАЗ

**КАТТА ЎЛЧАМДАГИ БЕЛГИЛАР ФАЗОСИДА ТАНИБ ОЛИШ
ОПЕРАТОРЛАРИНИ СИЊТЕЗ ҚИЛИШ УСУЛЛАРИ**

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

**ТЕХНИКА ФАИЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2020

Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Мақкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2019.3.DSc/T299 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион марказида бажарилган.

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

Илмий маслаҳатчи: Фозилов Шавкат Хайруллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оponentлар: Гулямов Шухрат Манапович
техника фанлари доктори, профессор
Рустамов Насим Тулагенович
техника фанлари доктори, профессор
Примова Хонида Анорбоевна
техника фанлари доктори


Етакчи ташкилот: Ўзбекистон Миллий университети

Диссертация химояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.07.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «14» феврал соат 14⁰⁰ 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 (150 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2020 йил «31» декабр кунини тарқатилди.
(2019 йил «24» декабр даги 1 рақамли реестр баённомаси.)




Р.Х.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 (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Жаҳонда маълумотларга ишлов бериш, тимсолларни таниб олиш ва маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш усуллари ишлаб чиқиш ва ривожлантиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу йўналишда таниб олиш ва таснифлаш тизимларини ишлаб чиқиш шунингдек, уларни ишлаб чиқариш ва технологик жараёнларни бошқариш, техник ва тиббий ташхислаш, шахсни биометрик идентификациялаш ва инсон фаолиятини бошқа соҳаларида ахборот-коммуникация технологияларини қўллашнинг муҳим масаласи ҳисобланади. Ҳозирги кунда таниб олиш ва таснифлашнинг турли усуллари, жумладан детерминистик, статистик ва мантиқий усуллари ишлаб чиқилган ва тадқиқ қилинган. Хорижий мамлакатларда, жумладан АҚШ, Буюк Британия, Германия, Жанубий Корея, Канада, Россия Федерацияси, Сингапур, Украина, Хитой, Хиндистон, Япония ва бошқаларда таниб олиш ва таснифлаш муаммоларига катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда турли табиатга эга объектлар ҳолатларини таниб олиш ва башорат қилишга мўлжалланган интеллектуал ахборот тизимларида фойдаланиладиган усул ва алгоритмларни ишлаб чиқишга йўналтирилган кенг қўламдаги илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Шунга қарамадан катта сондаги белгилар билан тавсифланувчи объектларни таниб олиш масалаларини ечишга қаратилган усул ва алгоритмларни яратиш масалалари етарли даражада ўрганилмаган, бу эса маълумотларнинг катта массивларини таҳлил қилиш тизимлари ва технологияларининг самарадорлигини оширишни таъминловчи таниб олиш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш заруриятига олиб келади.

Республикамызда барча иқтисодий ва ижтимоий соҳаларига ахборот-коммуникация технологияларини жорий қилишга, жумладан ахборотларга компьютерли ишлов бериш ва маълумотларни таҳлил қилиш, таниб олиш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасининг янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... иқтисодий, ижтимоий соҳа, бошқарув тизимига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»¹ вазибалари белгиланган. Мазкур вазибаларни амалга оширишда тимсолларни таниб олиш усулларида фойдаланиб қарор қабул қилишга кўмаклашувчи тизимларни яратиш муҳим ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасининг янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2018 йил 19 февралдаги ПФ-5349-сон «Ахборот технологиялари ва коммуникациялар соҳасининг янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармонлари, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3245-сон

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

«Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасида лойиҳа бошқаруви тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ва Вазирлар Маҳкамасининг 2017 йил 17 октябрдаги 838-сон «Ўзбекистон Республикаси Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг Ахборот хавфсизлиги ва жамоат тартибини таъминлашга қўмаклашиш маркази фаолиятини ташкил этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа мсъёрий-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.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи². Тимсолларни таниб олиш усул ва тизимларини ишлаб чиқиш бўйича, жумладан таниб олиш алгоритмлари моделларини ишлаб чиқишга қаратилган илмий тадқиқотлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасаларида, жумладан Carnegie Mellon University, San Jose State University, University of California (АҚШ), Darmstadt University of Applied Sciences (Германия), Tokyo Institute of Technology (Япония); Institute of Intelligent Machines (Хитой), «Информатика ва бошқариш» Федерал илмий тадқиқотлар маркази, В.А.Трапезников номидаги Бошқариш муаммолари институти, Марказий-иқтисодий математика институти, Санкт-Петербург информатика ва автоматлаштириш институти, С.Л.Соболев номидаги Математика институти, М.В.Ломоносов номидаги Москва давлат университети, Москва физика-техника институти (Россия Федерацияси), В.М.Глушков номидаги Кибернетика институти (Украина), Информатика муаммолари бирлашган институти (Беларус Республикаси), Бошқариш тизимлари институти (Озарбайжон Республикаси), Ахборот ва ҳисоблашлар технологиялари институтида (Қозоғистон Республикаси) кенг қамровли илмий тадқиқот ишлар олиб борилмоқда.

Тимсолларни таниб олиш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш ва ривожлантириш ҳамда объектларни таснифлаш тизимларини такомиллаштириш бўйича жаҳонда ўтказилган тадқиқотлар натижасида қуйидагилардан иборат бир қатор натижалар олинган: маълумотларга дастлабки ишлов бериш усул ва алгоритмлари яратилган (Stanford University, Massachusetts Institute of Technology, International Institute of Forecasters, АҚШ);

²Диссертация мавзуси бўйича илмий тадқиқотлар шарҳи <http://tekhnosfera.com/sistema-pervichnoy-obrabotki-dannyh-distantsionnogo-zondirovaniya-zemli>, <http://www.mmro.ru/files/2007-mmro-13.pdf>, <https://arxiv.org/abs/1903.11551>, <https://www.futa.edu.ng/>, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10916-018-1107-2>, <https://arxiv.org/pdf/1806.01844.pdf>, <https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2070736.2070745>, <http://www.iste-cc.cmu.edu/publications/papers/2011/ICDE2011.pdf>, <https://cloud.google.com/speech-to-text/>, <https://cyberleninka.ru/article/n/o-fizicheskoy-strukture-zvukov-z-z-zh-zh>, <https://www.kairos.com/industries>, <https://azure.microsoft.com/en-us/services/cognitive-services/facel/>, <https://www5.cs.fau.de/fileadmin/Persons/MayerMarkus/mayerARVO2008.pdf> ва бошқа маълумотлар асосида ишлаб чиқилган.

«Информатика ва бошқариш» Федерал тадқиқот маркази, В.А.Трапезников номидаги Бошқариш муаммолари институти, Санкт-Петербург информатика ва автоматлаштириш институти, Марказий иқтисодий-математика институти, С.Л.Соболев номидаги Математика институти, Москва физика-техника институти, Россия Федерацияси; Transport and telecommunication institute, Латвия); тимсолларни таниб олишнинг математик усуллари, жумладан алгебраик усуллари ишлаб чиқилган («Информатика ва бошқариш» Федерал тадқиқот маркази, В.А.Трапезников номидаги Бошқариш муаммолари институти, М.В.Ломоносов номидаги Москва Давлат университети, Москва физика-техника институти, Россия Федерацияси; Massachusetts Institute of Technology, San Jose State University, АҚШ; В.М.Глушков номидаги Кибернетика институти, Украина; Информатика муаммолари бирлашган институти, Беларус Республикаси); катта ҳажмдаги маълумотларга ишлов бериш ва уларни таҳлил қилиш усул ва алгоритмлари ишлаб чиқилган («Информатика ва бошқариш» Федерал тадқиқот маркази, Марказий иқтисодий математика институти, С.Л.Соболев номидаги Математика институти, М.В.Ломоносов номидаги Москва давлат университети, Москва физика-техника институти, Россия Федерацияси; University of the Fraser Valley, Канада; University of Malaya, Малайзия; Indian Statistical Institute, Ҳиндистон; В.М.Глушков номидаги Кибернетика институти, Украина).

Дунёда тимсолларни таниб олиш ва объектларни таснифлашнинг мавжуд усуллари ривожлантириш ва янгиларини яратиш бўйича қатор истикболли йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда, жумладан: таниб олиш тизимларини интеллектуаллаштиришга имкон берувчи нейрон тўрларига асосланган усулларни ишлаб чиқиш; катта ўлчамдаги белгилар фазосида объектларни таниб олиш алгоритмларини ишлаб чиқиш; “юмшоқ” ҳисоблашлар технологиясидан фойдаланган ҳолда тасвирдаги объектлар, нутқ ва шахсни таниб олиш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрғанилганлик даражаси. Тимсолларни таниб олиш масаласи кўп йиллар давомида бутун дунё олимларининг диққат марказида бўлиб келаётганлигига қарамасдан, сўнгги йилларда ушбу мавзу бўйича илмий мақолалар сонининг мунтазам равишда ортиб бориши кузатилмоқда. Бунинг сабаби фан ва техниканинг турли масалаларини ечиш учун таниб олиш усул ва алгоритмларини қўллаш соҳаларини узлуксиз кенгайтиши ҳисобланади. Адабиётлар таҳлили тимсолларни таниб олиш назариясининг ривожланиши икки bosқичга бўлинишини кўрсатди. Биринчи bosқичда аниқ бир амалий масалани ечишга йўналтирилган алгоритмлар ишлаб чиқилган ва уларнинг аҳамияти энг аввало эришилган тажрибавий натижалар билан белгиланган. Ривожланишнинг иккинчи bosқичи эса алоҳида қўлланиладиган таниб олиш алгоритмларидан услубий жиҳатдан ушбу алгоритмларнинг ягона тавсифидан иборат бўлган алгоритмлар моделларини (оиласини) қуришга ўтиш билан характерланади. Айни пайтда таниб олиш алгоритмларининг бир қатор моделлари, жумладан статистик, потенциал функцияларга асосланган, баҳоларни ҳисоблашга асосланган ва бошқа моделлар яратилган.

Тимсолларни таниб олиш усулларини ривожлантириш ва такомиллаштиришга С.В.Абламсейко, М.А.Айзсман, В.В.Александров, Н.Д.Горский, Э.М.Бравсман, В.П.Ваншик, В.И.Васильев, Э.Э.Гасанов, Ю.И.Журавлев, П.Г.Загоруйко, Г.С.Лбов, В.Б.Кудрявцев, Л.А.Растринин, К.В.Рудаков, В.В.Рязанов, Д.И.Самаль, С.А.Субботин, В.В.Старовойтов, М.И.Шлезингер, R.Gonzales, R.Duda каби хорижий олимлар катта ҳисса қўшдилар.

Мамлакатимизда тимсолларни таниб олиш бўйича илмий мактабни шакллантиришга М.М.Камилов, З.Т.Адилова, Ф.Т.Адилова, Э.М.Алиев, Р.А.Лутфуллаев, М.Х.Тешабасва, Ш.Е.Туляганов ва бошқалар катта ҳисса қўшишган. Тимсолларни таниб олиш назариясини, тасвирлар ва нуқт сигналлари кўринишида ифодаланган маълумотларга ишлов беришни янада ривожлантиришга республикамизда Н.А.Игнатъев, С.С.Содиқов, П.Т.Рустамов, Ш.Х.Фозилов, Р.Ҳ.Ҳамдамов кабиларнинг илмий ишлари бағишланган.

Тимсолларни таниб олиш бўйича ишларни ҳамда усул ва алгоритмларни турли амалий масалаларни счишда амалий қўлланилиши натижаларини таҳлили тимсолларни таниб олиш соҳасидаги бир қатор назарий ва амалий масалаларнинг чуқурроқ ва тўлиқроқ тадқиқ қилиш зарурлигини кўрсатади. Уларга катта сондаги белгилар билан тавсифланган объектларни таснифлаш масалаларини реал вақт режимида счишни таъминловчи алгоритмларни ишлаб чиқиш масаласи ҳам киради.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқотлари Мухаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион маркази илмий тадқиқот режасининг ФА-Ф1-Ф015+Ф056 «Намаълумлик шароитида ахборотни қайта ишлаш ва тимсолларни таниб олиш интеллектуал тизимининг назарий асослари» (2007-2011); Ф4-ФА-Ф004 «Қисмий прецедентликка асосланган информацион таниб олиш тизимларининг назарияси ва уларни маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш учун татбиқ этиш усуллари» (2012-2016); БВ-М-Ф4-003 «Бир-бирига боғлиқ белгиларни баҳолашга асосланган таниб олиш операторларини синтезлаш усуллари» (2017-2019) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади катта ўлчамли белгилар фазосида тимсолларни таниб олиш масалаларини счишни таъминловчи ва радиал функцияларга асосланган таниб олиш операторлари моделларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

диссертация тадқиқоти муаммосининг ўрганилганлик даражасини аниқлаш мақсадида тимсолларни таниб олиш назариясининг ҳозирги ҳолатини таҳлил қилиш;

афзал белгилар ва белгиларнинг афзал бирикмаларини ажратишга асосланган таниб олиш операторлари моделларини ишлаб чиқиш;

репрезентатив объектларга нисбатан ажратилган афзал белгилар ва белгиларнинг афзал бирикмаларига асосланган таниб олиш операторлари моделларини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқилган таниб олиш операторларини параметрлаштиришни амалга ошириш;

ишлаб чиқилган таниб олиш операторларининг корректлиги ва турғунлигини текшириш;

экстремал таниб олиш операторларини куриш усулларини ишлаб чиқиш; модель ва амалий масалаларни ечиш асосида таклиф этилган таниб олиш операторларининг иш қобилиятини баҳолаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида «объект-белги» жадваллари кўринишида берилган, турли хил табиатга эга бўлган маълумотларга ишлов бериш ва таҳлил этиш жараёнлари қаралган.

Тадқиқотнинг предмети сифатида катта ўлчамли белгилар фазосида берилган объектларни таниб олиш масаласини ечишга мўлжалланган алгоритмларнинг моделлари қаралган.

Тадқиқотнинг усуллари. Ишдаги назарий тадқиқотлар дискрет математика усуллари, эҳтимоллар назарияси ва математик статистика, ҳисоблаш математикаси, тимсолларни таниб олиш назарияси ва ўқитилувчи ҳамда назорат танламаларини таниб олиш жараёнларини компьютерли моделлаштириш усулларига асосланган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

алоҳида афзал белгилар ёки белгиларнинг афзал бирикмаларини ажратишга асосланган таниб олиш операторларининг моделлари ишлаб чиқилган;

репрезентатив объектларга нисбатан алоҳида афзал белгилар ёки белгиларнинг афзал бирикмаларини ажратишга асосланган таниб олиш операторларининг моделлари ишлаб чиқилган;

афзал белгиларини ва репрезентатив объектларни (АБРО) ажратишга асосланган таниб олиш операторлари моделларининг параметрик ифодаси ишлаб чиқилган;

АБРО ажратишга асосланган таниб олиш операторлари моделларининг алгебраик туташуви доирасида коррект ва турғун таниб олиш алгоритми мавжудлиги исботланган;

АБРО ажратишга асосланган таниб олиш операторлари моделларининг ҳар бирига мос аниқланган параметрик фазода экстремал таниб олиш операторларини куриш масаласи шакллантирилган ва уни ечиш усуллари ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

таниб олиш учун фойдали ахборотни сақлаган ҳолда бошланғич белгилар фазоси ўлчамини пасайтиришга имкон берувчи кучли боғланган белгиларнинг қисм-тўпламларини ажратиш процедуралари ишлаб чиқилган;

таниб олиш натижалари аниқлигини оширишни таъминловчи репрезентатив ва афзал белгиларни ҳамда белгиларнинг афзал бирикмаларини аниқлаш процедуралари ишлаб чиқилган;

таниб олиш масалаларини юқори аниқликда ва реал вақт режимида ечишга имкон берувчи алгоритмлар яратилган;

амалий таниб олиш тизимларини, жумладан ёниқ ҳудудлар ва хоналарга киришни назорат қилиш ва бошқариш ҳамда ахборот тизимлари ва компьютер тармоқларида фойдаланувчиларни аниқланилишини таъминловчи шахсни биометрик идентификация қилиш, шунингдек информаціон тизимлар вакомпьютер тармоқларидан фойдаланувчиларни аниқлаш тизимларини яратишга мўлжалланган ҳисоблаш алгоритмлари ва дастурий воситалари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги таниб олиш операторлари моделларининг ҳар бирига мос равишда аниқланган параметрик фазода экстремал операторларни куриш масаласининг тўғри қўйилганлиги ва математик жиҳатдан қатъий ечилганлиги, модел ва амалий масалаларни ечиш орқали ўтказилган тажриба тадқиқотларининг ижобий натижалари, ҳамда ишлаб чиқилган таниб олиш операторларининг самарадорлиги ҳақидаги назарий ҳулосалари билан таниб олиш ҳатолигининг тажрибавий баҳоси мос келганлиги билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти радиал функцияларга асосланган афзал белгилар фазосида таниб олиш алгоритмларининг ишлаб чиқилган янги моделлари асосида тимсолларни таниб олиш назариясининг ривожлантирилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган таниб олиш операторлари моделлари катта ўлчамли белгилар фазоси шароитида амалий масалаларни ечиш имкониятини таъминлаш ҳисобига таниб олиш алгоритмларидан фойдаланиш соҳаларини кенгайтириши билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Белгилар фазоси ўлчамининг катталигини ҳисобга олган ҳолда таниб олиш операторларини ишлаб чиқиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

белгиларнинг ўзаро боғлиқликларини баҳолашга асосланган таниб олиш алгоритмлари ва яратилган дастурий мажмуа «UNICON.UZ» Илмий-техник ва маркетинг тадқиқотлар маркази Давлат унитар корхона фаолиятига жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2019 йил 18 октябрдаги 33-8/7393-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида шахсни юз тасвири бўйича идентификация қилишга асосланган киришни назорат қилиш тизимининг аниқлик даражасини 15% га ошириш имкони яратилган;

белгиларни боғлиқлик моделларининг афзал гуруҳини ажратишга асосланган таниб олиш алгоритмлари ва улар асосида ишлаб чиқилган дастурий таъминот «Хавфсиз шаҳар» жамоат тартибига қўмаклашиш марказига жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини

ривожлантириш вазирлигининг 2019 йил 18 октябрдаги 33-8/7393-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижаси ташқи кузатув тизимлари орқали объектларни таниб олиш вақтини 10% га қисқартириш имконини берган;

белгиларнинг ўзаро боғлиқликларини баҳолаш ва радиал функцияларга асосланган таниб олиш алгоритмлари ва улар асосида ишлаб чиқилган дастурий таъминот «Электрон ҳукумат» тизимини ривожлантириш марказига жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2019 йил 18 октябрдаги 33-8/7393-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижаси яширин сўзни киритаётган фойдаланувчини аутентификация қилиш аниқлигини 10% га ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертациянинг асосий назарий ва амалий натижалари 13 та халқаро, 11 та чет эл ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Тадқиқотнинг асосий натижалари 84 та илмий ишларда эълон қилинган, улардан 30 таси Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан докторлик диссертацияларининг асосий илмий натижаларини эълон қилиш учун тавсия қилинган журналларда, жумладан 5 таси хорижий журналларда ва 25 таси республика журналларида нашр қилинган ҳамда 7 та ЭҲМ учун дастурларни расмий рўйхатдан олинганлиги тўғрисидаги гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 200 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида Ўзбекистон Республикасининг фан ва технологиялар тараққиётининг устувор йўналишларига мувофиқ диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган ҳамда тадқиқот объекти ва предмети кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилликлари ва амалий натижалари келтирилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, назарий ва амалий аҳамияти кўрсатилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация ишининг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «Радиал функцияларга асосланган таниб олиш операторлари моделларини ишлаб чиқиш» номлаган биринчи бобида тисмолларни аниқлаш бўйича адабиётлар таҳлили асосида мавжуд бўлган турли таниб олиш алгоритм моделлари (оилалари) аксарият кичик ўлчамли белгилар фазосида ва белгиларнинг ўзаро боғлиқ эмаслиги (ёки кучсиз боғлиқлиги) ҳақидаги тахминлар шароитида таниб олиш масалаларни еча олишлари кўрсатилган. Мазкур ҳолат ушбу алгоритмларнинг амалий қўллаш соҳасини чегаралаб қўйган, шунинг учун бу муаммони бартараф этишда масалани ечиш учун объектларни ифодаловчи катта ўлчамли белгилар фазоси

ва корреляцияланган белгилар мавжуд бўлган ҳолатда таниб олиш алгоритмлар моделларини ишлаб чиқиш зарурияти асосланган.

1.1-параграфда ишнинг назарий қисмини баён этишда фойдаланилган асосий тушунчалар ва белгилашлар Ю.И. Журавлев ва унинг илмий мактаби ўқувчилари томонидан киритилган терминологияга мувофиқ келтирилган.

Фараз қилайлик, мумкин бўлган объектларнинг бирор \mathfrak{S} тўплами берилган бўлсин:

$$\mathfrak{S} = \bigcup_{j=1}^l K_j, \quad K_i \cap K_j \neq \emptyset, \quad i \neq j, \quad i, j \in \{1, \dots, l\}.$$

Мумкин бўлган объектлардан қандайдир бир танлангани ажратиб оламиз: $S_1, \dots, S_u, \dots, S_m$ ($\forall S_u \in \mathfrak{S}, u = \overline{1, m}$). Қуйидаги белгилашларни киритамиз:

$$\tilde{S}^m = \{S_1, \dots, S_u, \dots, S_m\}, \quad \tilde{K}_j = \tilde{S}^m \cap K_j, \quad C\tilde{K}_j = \tilde{K}_j \setminus \tilde{S}^m.$$

Бошланғич маълумот J_0 қуйидагича киритилади:

$$I_0 = \{S_1, \dots, S_u, \dots, S_m; \tilde{\alpha}(S_1), \dots, \tilde{\alpha}(S_u), \dots, \tilde{\alpha}(S_m)\},$$

$$\tilde{\alpha}(S_u) = (\alpha_{u1}, \dots, \alpha_{uj}, \dots, \alpha_{ul}),$$

бу ерда $\alpha_{uj} - P_j(S_u)$ предикатнинг қиймати ($P_j(S_u) = "S_u \in \tilde{K}_j"$), яъни

$$P_j(S_u) = \begin{cases} 1, & \text{агар } S_u \in \tilde{K}_j; \\ 0, & \text{агар } S_u \notin \tilde{K}_j. \end{cases}$$

Ихтиёрий A таниб олиш алгоритмини кетма-кет бажариладиган B ва C операторлар сифатида тасвирлаш мумкин, яъни

$$A = B \cdot C,$$

бу ерда B – таниб олиш оператори, C – ҳал қилувчи қоида.

Таниб олиш B оператори (яқинлик ўлчови) объектларни берилган синфларга тегишли эканлигини баҳолаб беради, оператор C эса объектларни берилган синфларнинг бирига тегишлилиги қарорини шакллантириб беради.

Тимсолларни таниб олишнинг асосий масаласи (Z масала) I_0 ахборот ва мумкин бўлган S объектнинг $I(S)$ тавсифи орқали $P_j(S)$ ($P_j(S) = "S \in K_j"$) элементар предикатларнинг қийматларини ҳисоблашдан иборат.

Бошқача айтганда, шундай A алгоритмни куриш керакки, у қуйидаги тенгликни қаноатлантирсин:

$$A(I_0, I(S)) = (\alpha_1^A(S), \alpha_2^A(S), \dots, \alpha_l^A(S)),$$

бу ерда $\alpha_j^A(S) \in \{0, 1, \Delta\}$, $j = \overline{1, l}$.

l-таъриф. A таниб олиш алгоритми коррект бўлади, агар Z масала учун қуйидаги шартлар бажарилса:

$$1) A(I_0, \tilde{S}^q) = \|\beta_{ij}\|_{q \times l}, \quad \beta_{ij} \in \{0, 1\};$$

$$2) \delta_{\max} = 0, \quad \text{где } \delta_{\max} = \max \{|\alpha_{ij} - \beta_{ij}| : i \in \{1, \dots, q\}; j \in \{1, \dots, l\}\}.$$

Бошқа сўзлар билан айтганда, фақат коррект алгоритмгина берилган танланманинг объектларини хатосиз таниб олишни таъминлайди.

2-таъриф. А таниб олиш алгоритми $S_i \in \{S\}$ объектнинг $\sigma_s(S_i)$ бирор атрофида тургун деб аталади, агар

$$\forall S_i \in \{S\}, A(I_0, S_i) = \tilde{\beta}_i, \forall D_i \in \sigma_s(S_i), A(I_0, D_i) = \tilde{\beta}_i$$

шартлардан $\rho_R(\tilde{\beta}_i, \tilde{\beta}_i) = 0$ келиб чиқса.

Бошқача айтганда, агар таниб олиш объекти кичик миқдорга ўзгарганида ҳам таниб олиш A алгоритмининг натижаси дастлабки натижа билан бир хил бўлса, A алгоритм тургун деб аталади.

3-таъриф. Бир хил формаллаштирилган тавсиф билан тасвирланадиган алгоритмлар оиласи таниб олиш алгоритмларининг модели деб аталади.

Келтирилган тушунча ва таърифларни ҳисобга олган ҳолда ишда счиладиган масала шакллантирилган бўлиб, у қуйида келтирилган.

Фараз қилайлик, катта ўлчамдаги X ($X = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$) белгилар фазосида $\tilde{S}^m = \{S_1, \dots, S_u, \dots, S_m\}$ объектлар тўплами берилган. Радиал функцияларга асосланган шундай B таниб олиш операторини куриш керакки, у C ҳал қилиш қондасидан фойдаланган ҳолда бошлангич қиймат J_0 орқали β_{uj} ($\beta_{uj} = P_j(S_u), \beta_{uj} \in \{0, 1, \Delta\}$)ни топишга ёрдам берсин:

$$B(\tilde{S}^m) = \|b_{uj}\|_{m \times l},$$

$$C(\|b_{uj}\|_{m \times l}) = \|\beta_{uj}\|_{m \times l}.$$

Бу ерда $\beta_{uj} = 1$ ҳоли S_u объект \tilde{K}_j синфга киришини, $\beta_{uj} = 0$ ҳоли S_u объект \tilde{K}_j синфга кирмаслигини ва $\beta_{uj} = \Delta$ ҳоли эса B оператор характеристик функциянинг қийматини аниқлай олмаганини билдиради.

Бундан ташқари, ушбу бобда белгилар фазосининг ўлчами катта бўлган ҳолда таниб олиш операторлари моделларини сингез қилишга доир икки ёндашув таклиф этилган. Биринчи ёндашув афзал белгиларни шакллантиришга, иккинчиси эса репрезентатив объектларни шакллантиришга асосланган.

Биринчи ёндашув доирасида афзал белгилар фазосида қурилган таниб олиш операторларининг модели (\mathfrak{M}_1 модели), ҳамда белгиларнинг афзал бирикмалари фазосида қурилган таниб олиш операторларининг модели (\mathfrak{M}_2 модели) таклиф этилган.

Иккинчи ёндашув доирасида репрезентатив объектларга нисбатан афзал белгиларни ажратиб олишга асосланган таниб олиш операторларининг модели (\mathfrak{M}_3 модели), ҳамда репрезентатив объектларга нисбатан белгиларнинг афзал бирикмаларини ажратиб олишга асосланган таниб олиш операторларининг модели (\mathfrak{M}_4 модели) таклиф этилди.

1.2-параграфда таниб олиш операторлари \mathfrak{M}_1 ва \mathfrak{M}_2 моделларининг, 1.3-бўлимда эса таниб олиш операторлари \mathfrak{M}_3 ва \mathfrak{M}_4 моделларининг тавсифи келтирилган. Таниб олиш операторлари моделларининг тавсифи уларнинг бажарилиш босқичлари кўринишида тақдим этилган.

\mathfrak{M}_1 модели қуйидаги босқичлар кўринишида берилди.

1-босқич. Кучли боғланган белгиларнинг қисм тўпламини ажратиш. Бу босқичда кучли боғлиқ бўлган белгиларнинг n' ($n' < n$) та «эркли» қисм тўшамлари аниқланади.

2-босқич. Репрезентатив белгилар мажмуасини шакллантириш. Бу босқичда ҳар бири «эркли» қисм тўшамларнинг вакили бўлган n' репрезентатив белгилар аниқланади.

3-босқич. Афзал белгиларни ажратиш. X' репрезентатив белгилар тўшамидан афзал белгини танилаш S^m тўшамга тегишли объектларни икки K_j ва $C K_j$ қисм тўшамларга ажратишда қаралаётган белгининг устушлик баҳоси асосида амалга оширилади.

4-босқич. S_u ва S объектлар орасидаги $d(S_u, S)$ тафовут функциясини аниқлаш. Ушбу босқичда X'' афзал белгилар фазосида S_u ва S объектлар орасидаги фарқни характерловчи тафовут функцияси берилади. Бу объектлар орасидаги фарқ қуйидагича аниқланади:

$$d(S_u, S) = \sum_{q=1}^{n''} \lambda_q \varrho_q(a_{u1q}, a_{1q}),$$

бу ерда λ_q – q -белгининг муҳимлигини характерловчи номаълум коэффициент; $\varrho_q(a_{u1q}, a_{1q})$ – полуметрика.

5-босқич. S объект ва K_j синф орасидаги $B(K_j, S)$ умумлаштирилган тафовут функциясини аниқлаш. Бу функция қуйидагича аниқланади:

$$D(K_j, S) = \sum_{S_u \in K_j} \gamma_u d(S_u, S),$$

бу ерда γ_u – ўқув танланмасидаги S_u объектнинг муҳимлигини характерловчи параметр.

6-босқич. S объект ва K_j синф орасидаги $R(K_j, S)$ яқинлик функциясини аниқлаш. Бу функция радиал функциялар ёрдамида аниқланади ва қуйидаги кўринишга эга:

$$R(K_j, S) = \frac{1}{1 + \tau D(K_j, S)},$$

бу ерда τ – радиал функциянинг параметри.

7-босқич. S объект ва K_j синф орасидаги $B(K_j, S)$ умумлаштирилган яқинлик функциясини аниқлаш. Бу функция қуйидаги ифода бўйича аниқланади:

$$B(K_j, S) = \delta_j' R(K_j, S) - \sum_{\substack{u=1 \\ u \neq j}}^1 \delta_u' R(K_u, S).$$

бу ерда δ_j' – нормаллаштирувчи параметр.

\mathcal{M}_2 модели қуйидаги босқичлар кўринишида берилади.

1-босқич. Кучли боғланган белгиларнинг қисм тўпламини ажратиш. Бу босқич \mathcal{M}_1 моделнинг 1-босқичи каби бажарилади.

2-босқич. *Репрезентатив белгилар мажмуасини шакллантириши.* Бу босқич \mathbb{M}_1 моделнинг 2-босқичи каби бажарилади.

3-босқич. *Икки ўлчамли репрезентатив белгилар фазосида S_u ва S объектлари орасидаги $d_v(S_u, S)$ тафовут функциясини аниқлаш.* Бу функция икки ўлчамли репрезентатив белгилар фазоси \mathcal{D} ($\mathcal{D} = (\mathcal{D}_1, \dots, \mathcal{D}_v, \dots, \mathcal{D}_n)$, $\mathcal{D}_v = (x_{v_1}, x_{v_2})$, $x_{v_1}, x_{v_2} \in X'$) да қуйидагича ҳисобланади:

$$\delta_{1v}(S_u, S) = \sum_{i=1}^2 \gamma_{1v_i} (a_{uv_i} - a_{v_i})^2,$$

бу ерда $\gamma_{1v_i} - x_{v_i}$ белгининг муҳимлигини тавсифловчи параметр; $a_{uv_i} - S_u$ объектнинг x_{v_i} белгисига мос қиймати; $a_{v_i} - S$ объектнинг мазкур белгиси қиймати.

4-босқич. *Кучли боғланган репрезентатив белгилар бирлашмаларининг қисм тўпламларини шакллантириши.* Бу босқичда ўзаро боғлиқ бўлган белгилар бирикмаларининг k' «эркли» қисм тўпламлари мажмуаси аниқланади. Бундай қисм тўпламларни шакллантириш кучли боғланган белгилар бирикмаларининг қисм тўпламлари яқинлигини баҳолаш асосида бажарилади.

5-босқич. *Белгиларнинг репрезентатив бирикмалар мажмуасини ажратиши.* Бу босқичда ҳар бир кучли боғланган белгилар бирикмаларининг қисм тўпламларидан вакил танлаш асосида белгиларнинг репрезентатив бирикмалари аниқланади.

6-босқич. *Белгиларнинг афзал репрезентатив бирикмалар мажмуасини ажратиши.* Бу босқичда S^m тўпламнинг объектлари бўйича белгиларнинг қаралаётган бирикмалари устунлигини баҳолаш асосида белгиларнинг афзал бирикмаларини танлаш амалга оширилади.

7-босқич. *Белгиларнинг афзал бирикмалари мажмуаси ёрдамида S_u ва S объектлар орасидаги яқинликни баҳолаш.* Мазкур босқичда радиал функциялардан фойдаланиб S_u ва S объектлар орасидаги яқинлик функцияси аниқланади. Радиал функция $R(S_u, S)$ сифатида S объекти S_u объектидан узоқлашганда радиал йўналишлар бўйича бир хил камаювчи мусбат функциядан фойдаланилади:

$$R(S_u, S) = \frac{1}{1 + \tau d(S_u, S)}, \quad d(S_u, S) = \sum_{u=1}^{k''} \omega_u \delta_{1u}(S_u, S),$$

бу ерда $d(S_u, S) - S_u$ ва S объектлар орасидаги умумий тафовут ўлчови бўлиб, u репрезентатив белгиларнинг k'' бирикмаси учун ҳисобланади.

8-босқич. *S объект учун K_j синф бўйича баҳолаш.* Мазкур баҳо барча поғоналардаги афзал яқинлик функциялар мажмуаси бўйича ҳисобланади:

$$B_j(S) = \sum_{S_u \in K_j} \gamma_u R(S_u, S),$$

бу ерда $\gamma_u - \omega_u$ танланмасида S_u объектнинг муҳимлигини характерловчи параметр.

\mathfrak{M}_3 модели куйидаги босқичлар кўринишида берилади.

1-босқич. Кучли боғланган объектларнинг қисм тўпламини ажратиши. Бу босқичда кучли боғланган $V_{\mathfrak{B}}$ объектларнинг m' та қисм тўплamlари уларнинг ўзаро яқинлигини баҳолаш орқали аниқланади. Мазкур босқични бажариш натижасида куйидаги шартларга жавоб берадиган қисм тўплamlар ажратилади:

$$V_{\mathfrak{B}} = \{V_1, \dots, V_q, \dots, V_{m'}\}; \quad V_{\mathfrak{B}} \subset V;$$

$$\bigcap_{q=1}^{m'} V_q = \emptyset; \quad \bigcup_{q=1}^{m'} V_q = V_{\mathfrak{B}}.$$

2-босқич. Репрезентатив объектларни ажратиши. Бу босқичда ҳар бир кучли боғланган объектлар V_q қисм тўпланининг типик вакили сифатида S_q^E репрезентатив объектлар мажмуаси аниқланади. S_q^E репрезентатив объектнинг компоненталарини V_q қисм тўплам элементларининг ўртача қиймати сифатида ҳисоблаш мумкин:

$$b_{qi} = \frac{1}{|V_q|} \sum_{S_u \in V_q} a_{ui}, \quad i = \overline{1, n}.$$

3-босқич. Кучли боғланган белгиларнинг қисм тўпламини ажратиши. Бу босқич \mathfrak{M}_1 моделининг 1-босқичи каби бажарилади, фақат кучли боғланган объектларга нисбатан бажарилиши билан фарқ қилади.

4-босқич. Репрезентатив белгилар мажмуаларини шакллантириши. Бу босқич \mathfrak{M}_1 моделининг 2-босқичи каби бажарилади, фақат кучли боғланган объектларга нисбатан бажарилиши билан фарқ қилади.

5-босқич. Афзал белгиларни ажратиши. Бу этап \mathfrak{M}_1 моделининг 3-босқичи каби амалга оширилади, фақат кучли боғланган объектларга нисбатан бажарилиши билан фарқ қилади.

6-босқич. $S_{\mathfrak{B}}^E$ ва S объектлар орасидаги $d(S_{\mathfrak{B}}^E, S)$ тафовут функциясини аниқлаш. Бу босқичда X'' афзал белгилар фазосида $S_{\mathfrak{B}}^E$ ва S объектлар орасидаги фарқни характерловчи тафовут функцияси аниқланади. Ушбу объектлар орасидаги фарқ куйидагича аниқланади:

$$d(S_{\mathfrak{B}}^E, S) = \sum_{q=1}^{n''} \lambda_q \rho(b_{uiq}, a_{iq}),$$

бу ерда $\rho(b_{uiq}, a_{iq}) - S_{\mathfrak{B}}^E$ ва S объектлар орасидаги фарқнинг x_{iq} белгиси орқали ҳисобланган баҳоси.

7-босқич. $S_{\mathfrak{B}}^E$ ва S объектлар орасидаги $\Upsilon(S_{\mathfrak{B}}^E, S)$ яқинлик функциясини бериши. Мазкур босқичда объектлар орасидаги яқинлик функцияси радиал функциялар асосида, масалан, куйидаги кўринишда аниқланади:

$$\Upsilon(S_{\mathfrak{B}}^E, S) = 1 / (1 + \tau d(S_{\mathfrak{B}}^E, S)).$$

8-босқич. S объект учун K_j синф бўйича тегишлилик баҳоси. Бу босқичда S объектнинг K_j ($j = \overline{1, l}$) синфига тегишлилиги баҳоланади. Ушбу баҳо j -

синфга $(S_{k_j-1+1}^E, \dots, S_{k_j}^E \in \bar{K}_j)$ тегишли бўлган барча репрезентатив объектлар баҳоларининг йиғиндиси сифатида ҳисобланган:

$$B(K_j, S) = \sum_{u=k_j-1+1}^{k_j} v_u \gamma(S_u^E, S).$$

\mathfrak{M}_4 модели куйидаги босқичлар кўринишида берилади.

1-босқич. Кучли боғланган объектларнинг қисм тўпламини ажратиши. Бу босқич \mathfrak{M}_3 моделининг 1-босқичи каби амалга оширилади.

2-босқич. Репрезентатив объектларни ажратиши. Бу босқич \mathfrak{M}_3 моделининг 2-босқичи каби берилади.

3-босқич Кучли боғланган белгиларнинг қисм тўпламини ажратиши. Бу босқич \mathfrak{M}_3 моделининг 3-босқичи каби бажарилади.

4-босқич. Репрезентатив белгилар мажмуасини шакллантириши. Бу босқич \mathfrak{M}_3 моделининг 4-босқичига мос келади.

5-босқич. S_u^E ва S объектлар орасидаги $d_v(S_u^E, S)$ тафовут функциясини аниқлаш. Бу босқичда икки ўлчамли \mathcal{D} ($\mathcal{D} = (\mathcal{D}_1, \dots, \mathcal{D}_u, \dots, \mathcal{D}_n)$, $\mathcal{D}_u = (x_{u_1}, x_{u_2}), x_{u_1}, x_{u_2} \in X'$) репрезентатив белгилар фазосида S_u^E ва S объектлар орасидаги фарқни характерловчи тафовут функцияси берилади:

$$\delta_{1v}(S_u^E, S) = \sum_{i=1}^2 \gamma_{1v_i}(b_{uv_i} - a_{v_i})^2.$$

6-босқич. Кучли боғланган репрезентатив белгилар бирикмасини шакллантириши. Бу босқич \mathfrak{M}_2 моделининг 4-босқичи каби бажарилади.

7-босқич Белгиларнинг репрезентатив бирикмасини ажратиши. Бу босқич \mathfrak{M}_2 моделининг 5-босқичи каби бажарилади.

8-босқич. Белгиларнинг афзал бирикмаларини ажратиши. Бу босқичда ажратилган репрезентатив объектларга нисбатан ҳар бир поғонада белгиларнинг афзал бирикмалари аниқланади. \bar{S}^m тўпламига тегишли бўлган объектлар учун қаралаётган яқинлик функциялари асосида \mathcal{D}_u ($\mathcal{D}_u \in \mathcal{D}, u = \overline{1, n}$) тўпламида бирикмаларни баҳолаш афзал функциялари топилади:

$$\begin{aligned} \mathcal{T}_u &= \mathcal{C}_u / \mathcal{W}_u, \\ \mathcal{C}_u &= \sum_{j=1}^{m'} \left(\left(\sum_{S_u^E \in E_j} \sum_{S \in \bar{K}_j} \delta_{1v}(S_u^E, S) \right) / N_{2j} \right), \\ \mathcal{W}_u &= \sum_{j=1}^{m'} \left(\left(\sum_{S_u^E \in E_j} \sum_{S \in \bar{K}_j} \delta_{1v}(S_u^E, S) \right) / N_{1j} \right), \end{aligned}$$

бу ерда $m_{1j} = |\bar{K}_j|$, $m_{2j} = |\bar{C}\bar{K}_j|$, $k' = |E_j|$, $N_1 = m_{1j} \times k'$, $N_2 = m_{2j} \times k'$.

9-босқич. S_u^E ва S объектлар орасидаги яқинлик функциясини бериши. Бу босқичда S объектнинг S_u^E репрезентатив объектга яқинлигини тавсифловчи

яқинлик функцияси аниқланади. Бундай функция сифатида, масалан, куйидаги кўринишдаги радиал функциядан фойдаланиш мумкин:

$$Y(S_u^E, S) = \frac{1}{1 + \tau d(S_u^E, S)} + \bar{d}(S_u^E, S),$$

$$d(S_u^E, S) = \sum_{u=1}^{k''} \omega_u \delta_{1u}(S_u^E, S),$$

$$\bar{d}(S_u^E, S) = \sum_{\substack{S_v \in \bar{E}_0 \\ S_v \neq S_p}} \sum_{u=1}^{k''} \omega_u \delta_{1u}(S_u^E, S),$$

бу ерда $\delta_{1u}(S_u^E, S)$ – биринчи поғонадаги тафовут функцияси.

10-босқич. K_j синф бўйича S объектининг баҳоси. Мазкур босқичда S объектининг K_j синфга тегишлилик баҳоси K_j синфига тегишли барча репрезентатив объектлар бўйича аниқланган баҳоларнинг йиғиндиси сифатида ҳисобланади:

$$B_j(S) = \sum_{u=1}^{|\mathcal{R}_j|} \gamma_u Y(S_u^E, S),$$

бу ерда $Y(S_u^E, S)$ – S объектининг S_u^E репрезентатив объектга яқинлигини кўрсатувчи баҳо.

Диссертациянинг «Радиал функцияларга асосланиб ишлаб чиқилган таниб олиш операторлари моделларини параметрлаш» номланган иккинчи бобида таклиф этилган таниб олиш операторлари моделларини параметрик тасвирлаш масалалари қаралган.

2.1- ва 2.2-параграфларда таниб олиш операторлари моделларининг берилиш босқичларини батафсил кўриб чиқиш асосида номаълум параметрлар ажратиб олинган бўлиб, уларнинг мажмуаси бу моделларнинг параметрик ифодасини куйидагича аниқлайди:

\mathfrak{M}_1 модели

$$\pi^{\theta_1} = (n', \{\tilde{\omega}\}, \{\tilde{\rho}\}, \{\lambda_i\}, \tau, \{\gamma_u\})$$

параметрлар билан;

\mathfrak{M}_2 модели

$$\pi^{\theta_2} = (n', \{\tilde{\omega}\}, \{\gamma_{ku_i}\}, \kappa', \{\omega\}, \{\bar{p}\}, \tau, \{c_u\}, \{\gamma_p\})$$

параметрлар билан;

\mathfrak{M}_3 модели

$$\pi^{\theta_3} = (m', \{\bar{\sigma}\}, n', \{\tilde{\omega}\}, \{\tilde{\rho}\}, \{\lambda_i\}, \tau, \{\zeta_p\})$$

параметрлар билан;

\mathfrak{M}_4 модели

$$\pi^{\theta_4} = (m', \{\bar{\sigma}\}, n', \{\tilde{\omega}\}, \{\gamma_{ku_i}\}, \kappa', \{\omega\}, \{\bar{p}\}, \tau, \{c_u\}, \{\gamma_p\})$$

параметрлар билан ифодаланади.

2.3-параграфда радиал функцияларга асосланган таниб олиш алгоритмларининг корректлиги ва тургунлигига доир тадқиқот натижалари келтирилган.

{Z} масалаларига нисбатан коррект алгоритмнинг мавжудлиги қуйидаги теорема орқали исботланган.

Фараз қилайлик, {A} алгоритмлар \mathfrak{M}_1 таниб олиш операторлари моделининг алгебраик туташуви доирасида қурилган бўлсин.

1-теорема. Агар {Z} масалалар тўплами

- 1) \bar{S}^q да I_0 га нисбатан изоморф объектлар мавжуд эмас;
- 2) $B(S)$ ($B \in \mathfrak{M}_1$) оператор чегараланган, яъни $0 \leq B(S) < \infty$;
- 3) $\bar{S}^m \cap \bar{S}^q = \emptyset$

шартларни қаноатлантирса, {A} тўпланда {Z} масала учун \mathcal{A}^* коррект алгоритм мавжуд.

Z масаласи учун алгоритмнинг тургунлиги қуйидаги теорема орқали аниқланади.

Фараз қиламиз, A алгоритм \mathfrak{M}_1 модель доирасида қурилган ихтиёрий таниб олиш алгоритми бўлсин, яъни

$$\mathcal{A} = B \cdot C(c_1, c_2), \text{ бу ерда } B \in \mathfrak{M}_1.$$

2-теорема. Агар \mathcal{A}^* алгоритми Z масаласи учун коррект алгоритм бўлса, унда у $\mathcal{U}_e(\bar{S}^q)$ да тургун бўлади.

Юқорида келтириб ўтилган теоремалар \mathfrak{M}_2 , \mathfrak{M}_3 ва \mathfrak{M}_4 моделлар доирасида қурилган таниб олиш алгоритмлари учун ҳам тўғри эканлиги кўрсатилган.

Диссертациянинг учинчи «Экстремал таниб олиш операторларини қуриш усуллариини ишлаб чиқиш» бобида экстремал таниб олиш алгоритмини қуриш масаласи шакллантирилган, ҳамда тақлиф қилинган таниб олиш операторлари параметрларининг қийматларини аниқлаш процедуралари келтирилган.

3.1-параграфда келтириб ўтилган таниб олиш операторлари доирасида экстремал таниб олиш операторини қуриш масаласи c ($c = (\bar{\pi}, c_1, c_2)$) вектор параметрларининг оптимал қийматини топишдан иборат:

$$c^* = \arg \max_c \varphi_A(c),$$

$$\varphi_A(c) = \frac{1}{|\bar{S}^m|} \sum_{S \in \bar{S}^m} \mathfrak{J}(\|\bar{\alpha}(S) - A(c, S)\|_B),$$

$$A(c, S) = B(\bar{\pi}, S) \cdot C(c_1, c_2),$$

$$\mathfrak{J}(x) = \begin{cases} 1, & \text{агар } x = 0 \text{ бўлса;} \\ 0, & \text{акс ҳолда,} \end{cases}$$

бу ерда $\|\cdot\|_B$ – бинар бул векторининг нормаси.

3.2-параграфда \mathfrak{M}_1 модели доирасида экстремал таниб олиш операторини синтез қилиш учун: афзал белгилар мажмуасини; объектлар орасидаги тафовут функцияларини; объект ва синф орасидаги умумлаштирилган тафовут функцияларини; объект ва синф орасидаги яқинлик функцияларини; объект

ва синф орасидаги умумлаштирилган яқинлик функцияларини аниқлаш процедуралари таклиф этилган.

3.3-параграф \mathcal{M}_2 модели доирасида экстремал таниб олиш операторини қуришга бағишланган. Мазкур параграфда икки ўлчамли репрезентатив белгилар фазосида объектлар ўртасидаги тафовут функцияларини, репрезентатив белгилар бирикмасининг кучли боғлиқ қисм тўплами; репрезентатив белгилар бирикмаси мажмуасини, белгиларнинг афзал бирикмалар орқали объектлар орасида яқинлик функциясини, объект ва синф орасидаги яқинлик функциясини қуриш процедуралари келтирилган.

3.4-параграфда \mathcal{M}_3 модели доирасида экстремал таниб олиш операторини қуриш учун: кучли боғланган объектлар қисм тўплamlарини; репрезентатив объектлар мажмуасини; репрезентатив объектларга нисбатан афзал белгиларни; репрезентатив объект ва таниб олинувчи объект орасидаги тафовут функциясини; репрезентатив объект ва таниб олинувчи объект орасидаги яқинлик функциясини ҳисоблаш; репрезентатив объектларнинг муҳимлигини аниқлаш процедуралари келтирилган.

3.5-параграфда \mathcal{M}_4 модели доирасида экстремал таниб олиш операторини қуриш масалалари қаралган ва икки ўлчамли репрезентатив белгилар фазосида репрезентатив объект ва таниб олиш объекти орасидаги тафовут функциясини; ажратилган репрезентатив объектларга нисбатан репрезентатив белгилар бирикмалари мажмуасини; ажратилган репрезентатив объектларга нисбатан белгиларнинг афзал бирикмалари мажмуасини; белгиларнинг афзал бирикмалари мажмуаси бўйича репрезентатив ва таниб олиш объекти орасидаги яқинлик функциясини; объектлар ва синф орасидаги яқинлик функцияларини қуриш процедуралари таклиф этилган.

Диссертациянинг тўртинчи «Репрезентатив белгиларнинг мажмуасини ажратиш процедурасини ишлаб чиқиш ва тадқиқ этиш» бобида репрезентатив белгиларни ажратиш масаласи шакллантирилган ва ечилган, ҳамда экстремал таниб олиш операторларини қуришда энг муҳим бўлган репрезентатив белгилар мажмуасини шакллантириш ва кучли боғланган белгиларнинг қисм тўпламини ажратиш процедуралари таклиф этилган.

4.2-параграфда келтирилган кучли боғланган белгиларни ажратиш процедураси $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ тўпламини n' кучли боғланган белгиларни $\Xi_1, \Xi_2, \dots, \Xi_{n'}$ қисм тўплamlарига бўлишдан иборат бўлиб, у қуйидагича амалга оширилди.

1-қadam. Бошланғич қиймат $k = 1$ берилади.

2-қadam. Яқинлик матрицаси $\left\| \mathcal{D}(\Xi_u^{(k-1)}, \Xi_v^{(k-1)}) \right\|_{(n-k+1) \times (n-k+1)}$ дан максимал элемент аниқланади ва унга мос қисм тўплamlар ягона қисм тўпламга бирлаштирилади.

3-қadam. $(n - k) = n'$ шarti текширилади. Агар шarti бажарилса, унда 5-қadamга ўтилади.

4-қadam. $(n - k)$ даражадаги $\|D(\Xi_u^{(k-1)}, \Xi_v^{(k-1)})\|_{(n-k) \times (n-k)}$ яқинлик

матрицаси шаклантирилади. k нинг қиймати 1 га орттирилади ва 2-қadamга ўтилади.

5-қadam. Тамом.

4.3-параграфда келтирилган репрезентатив белгиларни шаклантириш процедураси қуйидаги қadamлардан иборат.

1-қadam. Бошланғич $q = 1$ қиймат берилади.

2-қadam. $N_q = 1$ ҳолида Ξ_q тўпламга тегишли элемент репрезентатив белгилар тўпламига тегишли деб қабул қилинади.

3-қadam. Агар $N_q > 2$ бўлса, Ξ_q қисм тўпламнинг ҳар бир элементи учун

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

ҳисобланади ва репрезентатив белги

$$\mu_j^* = \max_{i \in [1, N_q]} \mu_i$$

шартга кўра танланади.

4-қadam. Агар $N_q = 2$ бўлса,

$$\mu_i = \sum_{j=1}^{N_0} \eta(x_i, x_j), \quad i = 1, 2, \dots, 2k; \quad j = 1, 2, \dots, N_0$$

ҳисобланади ва репрезентатив белги

$$\mu_j^* = \min_{i \in [1, N_q]} \mu_i$$

шартга кўра танланади.

5-қadam. Агар $q < n'$ бўлса, q нинг қиймати 1 га орттирилади ва 2-қadamга ўтилади.

6-қadam. Тамом.

Диссертациянинг бешинчи «Ишлаб чиқилган алгоритмларнинг модель ва амалий масалаларни ечишдаги тажрибавий тадқиқоти» бобида модель масалани ва бир неча амалий масалаларни ечиш мисолида ишлаб чиқилган таниб олиш алгоритмлари моделларининг самарадорлиги тадқиқотининг натижалари келтирилган. Бунда масалаларни ечиш натижаларининг қиёсий таҳлили қуйидаги уч параметр бўйича амалга оширилган: таниб олиш аниқлиги (% ларда); таниб олиш алгоритмини ўқитишга сарфланган вақт (секундларда); назорат танланмасидаги объектларни таниб олиш учун сарфланган вақт (секундларда). Ушбу параметрлар силжувчан назорат усули асосида ҳар бир кўрилаётган масала учун ўқув ва назорат танланмаларга бўлишлар йўли орқали ҳисобланди. Ҳар бир бўлинган танланма учун таниб олиш аниқлиги ва вақт кўрсаткичларининг ўртача қиймати сифатида аниқланди.

5.1-параграфда бошлангич маълумотларни қайта ишлашнинг олдин ишлаб чиқилган ва ишда таклиф этилган таниб олиш алгоритмларини амалга оширадиган дастурий мажмуанинг умумий тузилиши кўриб чиқилди.

5.2-5.4-параграфларда модель ва амалий масалаларни ечиш натижалари келтирилган. Бу масалаларда қиёсий таҳлил қилиш учун таникли таниб олиш алгоритмлари моделларидан, хусусан, потенциаллар тамойилига асосланган П-моделидан ва баҳоларни ҳисоблашга асосланган Г-моделидан ҳамда ишда таклиф қилинган моделлардан фойдаланилган. Таъкидлаш лозимки, ҳамма тажрибаларда V бошлангич маълумотларни ўқув ва назорат танланмаларига бўлиш сирпанувчан назорат усули асосида амалга оширилган.

5.2-параграфда ечилган модель масаланинг моҳияти қуйидагидан иборат. Синфлар сони 2 та. Танлов объектларининг ҳажми 600 та (ҳар бир синф учун 300 та объектдан) ташкил топган. Белгилар сони 180 тага тенг, кучли боғланган қисм тўпламларининг сони 6 та:

$$|\mathcal{E}_1| = 35, |\mathcal{E}_2| = 20, |\mathcal{E}_3| = 2, |\mathcal{E}_4| = 3, |\mathcal{E}_5| = 50, |\mathcal{E}_6| = 70.$$

1-жадвалда П-модели, Г-модели ва \mathcal{M}_2 модели алгоритмлари ёрдамида ечилган модель масалани ечишнинг ўртача натижалари келтирилган.

1-жадвал

Тажриба натижалари

Таниб олиш алгоритми	Вақт, с		Таниб олиш аниқлиги, %
	Ўқитиш	Таниб олиш	
П- модель алгоритми	3,0161	0,0769	79,67
Г- модель алгоритми	8,1274	0,0981	81,45
\mathcal{M}_2 -модель алгоритми	12,1128	0,00223	94,07

1-жадвалдан кўриниб турибдики, \mathcal{M}_2 моделининг алгоритми ўзаро боғлиқ белгилар фазосида тавсифланган объектларини таниб олиш аниқлигини оширишга имкон берди. Белгиларнинг афзал бирикмалари фазосини шакллантиришда мураккаб процедураларидан фойдаланиш ўқитиш вақтининг бироз ошишига олиб келди. Айни вақтда бошлангич белгилар тизимини белгиларнинг афзал бирикмаларига алмаштириш ҳисобига таниб олиш вақти аҳамиятли даражада қисқарди.

5.3-параграфда геологик башорат (прогноз) қилиш масаласини ечиш натижалари келтирилган. Ушбу масалани ечиш учун таклиф қилинган \mathcal{M}_1 моделининг биринчи босқичидан фойдаланилди ва олинган натижалар мазкур соҳасидаги мутахассисларнинг тахминларига мос келиши тасдиқланди.

5.4-параграфда шахсни биометрик идентификация қилиш ва аутентификация қилиш масалаларини ечиш натижалари келтирилган. Кулоқ чиганокларининг тасвир бўйича шахсни идентификация қилиш масаласида дастлабки V маълумотлар танланмаси 500 та (250 тадан ўнг ва чап) кулоқ чиганоклари тасвирини ўз ичига олган. Синфлар сони 5 га тенг. Ҳар бир синф битта одамнинг 50 та кулоқ чиганоклари жуфтлиги тасвирини ўз ичига олган.

Кулоқнинг чиганоқлари тасвири 147 та белги билан тасвирланган. Масаласини ечиш натижалари 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

Кулоқ чиганоқлари тасвирларига кўра шахсни аниқлаш масаласини ечиш натижалари

Таниб олиш алгоритми	Вақт, с		Таниб олиш аниқлиги, %
	Ўқитиш	Таниб олиш	
П-модель алгоритми	1,3869	0,0083	83,07
Г-модель алгоритми	2,7641	0,0041	85,19
\mathcal{M}_3 -модель алгоритми	4,1218	0,00037	97,84

Электрон ручка орқали киритилган пароль бўйича фойдаланувчини аутентификация қилиш масаласини ечиш учун кўйидаги маълумотлардан фойдаланилган. Синфлар (фойдаланувчилар) сони $l = 5$, танланма ҳажми $|V| = 500$ та объект. Ҳар бир синфда 100 тадан объект тақдим этилган. Бундан ташқари, кўшимча 200 та объект – бошқа фойдаланувчиларнинг қалбаки кўл ёзмалари тақдим этилган. Шу билан бирга, ўқув танланмаси 200 та объектдан, яъни $|K_j| = 40$, $j = \overline{1,5}$, назорат танланмаси эса 100 объектдан ташкил топган.

3-жадвалда репрезентатив объектларни шакллантиришга (\mathcal{M}_3 модели) асосланган таниб олиш алгоритми ёрдамида кўрилатган масалани ечиш натижалари келтирилган.

3-жадвал

Дастхат динамикаси бўйича фойдаланувчини аутентификация қилиш натижалари

Тажрибалар	Парол матнлари	Таниб олиш аниқлиги, %
1-тажриба	Tash@UIT	98,86
2-тажриба	Ttt@N\$	97,73
3-тажриба	BuxAra	97,08
4-тажриба	NaT@Nlabc	99,14
5-тажриба	Ona	96,27

3-жадвалда келтирилган натижалар таҳлили шунини кўрсатадики, биринчидан, ҳар бир фойдаланувчини аутентификация қилиш аниқлик қийматлари юқори, иккинчидан, тажриба иштирокчиларининг кўл ёзми баҳолаш мураккаблиги бўйича фарқи туфайли ушбу қийматларнинг тарқоқлиги мавжуд.

Тақлиф этилган алгоритмлар ва дастурий мажмуа «Электрон ҳукумат» тизимини ривожлантириш марказида дастхат динамикаси бўйича фойдаланувчини аутентификация қилиш мақсадида фойдаланилди. Кўрсатилган алгоритмлар ва дастурий мажмуани кўллаш фойдаланувчиларни аутентификация қилиш аниқлигини ўртача 10 % оширишга ёрдам берди.

Кириб-чиқишни назорат қилувчи тизимда шахсни юз тасвири бўйича идентификация қилиш масаласи учун V бошланғич маълумотлар 5 та шахсларга (синфга) тегишли 300 та нормаллаштирилган юз тасвиридан иборат бўлди. Ҳар бир синф ўз ичига бир шахснинг турли вақт оралиғида олинган 60 та юз тасвирларини ўз ичига олган. Ушбу масала M_3 алгоритмлар оиласига мансуб бўлган таниб олиш алгоритми асосида ечилган.

Ўқитиш натижасида назорат танланмасидаги юз тасвирларини 2,4% хатолик билан таснифловчи экстремал таниб олиш алгоритми шакллантирилди. Мазкур ҳолда таниб олиш аниқлигининг етарлича юқори бўлганлиги M_3 алгоритмлар оиласига мансуб алгоритм тасвир кўринишида берилган масалаларни ечишга мослаштирилганлиги билан, яъни видео маълумотлардаги яширин қонуниятларни ажратиш (ўзаро боғлиқ ва репрезентатив объектлар тўпламларини, ҳамда репрезентатив ва афзал белгиларни ажратиш) процедураларидан фойдаланиш ҳисобига бажарилганлиги билан тушунтирилди. Ушбу ҳолатни ҳисобга олган ҳолда, ушбу алгоритм асосида яратилган дастурий маҳсулот «UNICON.UZ» ДУКда кириб-чиқишни назорат қилиш тизимига юз тасвири бўйича шахсни идентификация қилиш учун жорий қилинди ва тизим аниқлигини 15 %га ошириш имконини берди.

Видео кузатув тизимида шахсни идентификация қилиш масаласининг V бошланғич маълумотлари 50 та синфга (шахсларга) тегишли 2300 объектлардан (юз тасвирларидан) ташкил топган танланмадан иборат. Синфлардаги объектлар сони турлича бўлиб, уларни таснифлаш учун геометрик белгилардан, яъни юзнинг антропометрик нуқталари орасидаги масофадан фойдаланилди.

Белгилар орасидаги ўзаро боғлиқликни баҳолашга асосланган, таниб олиш алгоритми ёрдамида ушбу масала ечилган ва натижалари 4-жадвалда келтирилган.

4-жадвал

**Шахсни юз тасвирининг геометрик белгиларига кўра
идентификация қилиш натижалари**

Тажриба рақами	Вақт, с		Таниб олиш аниқлиги, %
	Ўргатиш	Таниб олиш	
1	11,590029	0,007323	96,5
2	11,630635	0,007323	97,6
3	11,625843	0,007353	95,2
4	11,678743	0,007382	96,5
5	11,653963	0,007470	96,1
6	11,618204	0,007514	97,8
7	11,636193	0,007353	94,9
8	11,554543	0,007338	96,3
9	11,686629	0,007353	96,5
10	11,603856	0,007455	97,7
<i>Ўртача</i>	<i>11,627864</i>	<i>0,007386</i>	<i>96,4</i>

Белгиларнинг ўзаро боғлиқлигини баҳолашга асосланган таниб олиш алгоритми асосида ишлаб чиқилган дастурий таъминот «Хавфсиз шаҳар» жамоат тартибига кўмаклашиш маркази фаолиятига татбиқ этилди. Ушбу алгоритмларни ташки видео кузатув тизимининг дастурий таъминоти доирасида фойдаланиш натижасида ушбу тизим ёрдамида объектларни таниб олиш вақтини 10 фоизга камайтириш имкони яратилди.

ХУЛОСА

«Катта ўлчамдаги белгилар фазосида таниб олиш операторларини сингез қилиш» мавзуси бўйича олиб борилган тадқиқот натижалари асосида қуйидаги асосий хулосалар тақдим этилди:

1. Тимсолни аниқлаш масаласини ечишнинг мавжуд ёндашувлари таҳлил қилинди. Бунда аниқландики, мавжуд таниб олиш алгоритмларининг аксарият моделлари: катта ўлчамдаги белгилар фазосида берилган объектларни таниб олиш, мураккаблик даражасининг ўлчами кичик ва шу билан бирга кенг доирадаги амалий масалаларни самарали ечиш учун етарлича мураккаблик даражасига эга бўлган таниб олиш алгоритмларининг моделини қуриш, ҳамда ўрганилаётган объектларнинг белгилари ўртасида ўзаро боғлиқ бўлган ҳолида таниб олишни амалий масалаларни ечиш имкониятига эга эмас.

2. Белгилар фазосининг ўлчами катта бўлган ҳолда таниб олиш операторларини сингез қилиш учун икки ёндашув таклиф этилди. Биринчи ёндашув афзал белгиларини шакллантириш билан боғлиқ бўлса, иккинчиси репрезентатив объектларни шаклланишга таянади.

3. Юқорида кўрсатилган ҳар бир ёндашув доирасида радиал функцияларга асосланган икки турдаги таниб олиш операторларининг моделлари ишлаб чиқилди. Биринчи ёндашув доирасида афзал белгиларини ажратиш ва белгиларнинг афзал бирлашмаларини ажратиш асосида қурилган таниб олиш операторларининг моделлари ишлаб чиқилди. Иккинчи ёндашув доирасида репрезентатив объектга нисбатан афзал белгиларини ажратиш ва белгиларнинг афзал бирлашмаларини ажратишга асосланган таниб олиш операторларининг моделлари ишлаб чиқилди.

4. Ишлаб чиқилган таниб олиш операторлари моделларининг кетма-кет берилган босқичларини батафсил кўриб чиқиш асосида ушбу моделларнинг параметрик кўриниши аниқланди ва ишлаб чиқилган ҳар бир модель доирасида экстремал таниб олиш оператори қуриш масаласи шакллантирилди.

5. Ишлаб чиқилган ҳар бир таниб олиш операторлари моделларига мос параметрик фазода экстремал таниб олиш операторларини қуриш масалалари ҳал қилинди. Шу билан бирга кучли боғланган белгиларнинг қисм тўпламларини ажратиш ва репрезентатив белгилар мажмуасини шакллантириш масалалари экстремал таниб олиш операторларини қуришда энг муҳим эканлиги кўрсатиб берилди.

6. Ишлаб чиқилган ҳар бир таниб олиш операторларининг модели доирасида экстремал таниб олиш операторларини куриш учун фойдаланиладиган алгоритмлар ишлаб чиқилди. Хусусий ҳолда, репрезентатив объектларга нисбатан афзал белгиларни аниқлашга асосланган модель учун кучли боғланган объектларнинг қисм тўпламларини аниқлаш, репрезентатив объектларини аниқлаш, ажратилган репрезентатив объектларга нисбатан афзал белгиларини аниқлаш, репрезентатив объект ва қаралаётган объект ўртасидаги фарқларни аниқлаш функцияси, репрезентатив ва қаралаётган объект орасидаги яқинлик функцияларини аниқлаш, ўқув танланмасидаги репрезентатив объектларининг муҳимлигини аниқлаш алгоритмлари ишлаб чиқилди.

7. Яратилган таниб олиш операторларини ишлаш имкониятини баҳолаш, уларни маълум таниб олиш алгоритмлари, хусусан потенциаллар тамойилига (II-моделлар) ва баҳоларни ҳисоблашга (Г-моделлар) асосланган таниб олиш алгоритмлари билан таққослаш, ҳамда олинган натижаларни қиёсий баҳолаш учун тажрибавий тадқиқотлар ўтказилди. Ўтказилган тажрибавий тадқиқотларнинг натижалари асосида ишлаб чиқилган таниб олиш операторлари маълум алгоритмларга нисбатан таниб олиш аниқлигининг юқори эканлиги ва таниб олиш учун сарфлайдиган вақтининг камлиги, шу билан бирга ўрганиш учун вақтни кўп сарфлаши аниқланди.

8. Таклиф этилган алгоритмлар дастурий мажмуа кўринишида турли предмет соҳаларидаги амалий масалаларни ечиш, жумладан, шахсни биометрик идентификациялаш муаммоларини ҳал этишга жорий этилди. Мазкур масалаларнинг счимлари таркиби предмет соҳалар мутахассисларининг мулоҳазаларига тўғри келди.

**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**

МИРЗАЕВ НОМАЗ

**МЕТОДЫ СИНТЕЗА РАСПОЗНАЮЩИХ ОПЕРАТОРОВ В
ПРИЗНАКОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ**

05.01.03 – Теоретические основы информатики

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ (DSc)
ДИССЕРТАЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2020

Тема докторской диссертации по техническим наукам (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2019.3.DSc/T299.

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 консультант:

Фазылов Шавкат Хайруллаевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Гулямов Шухрат Мамапович
доктор технических наук, профессор

Рустамов Насим Тулагенович
доктор технических наук, профессор

Примова Холида Апорбоевна
доктор технических наук

Ведущая организация:

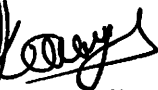
Национальный университет Узбекистана

Защита диссертации состоится «14» февраля 2020 г. в 14⁰⁰ 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 № 150). (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «31» января 2020 года.
(протокол рассылки № 1 от «26» декабря 2019 г.).




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

Ф.М.Нуралiev
Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н., доцент


М.А.Исмаилов
Председатель научного семинара при научном совете
по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется разработке и развитию методов обработки информации, распознавания образов и интеллектуального анализа данных. В этом направлении разработка систем распознавания и классификации, а также их применение в управлении производственными и технологическими процессами, технической и медицинской диагностике, биометрической идентификации личности и в других сферах человеческой деятельности являются важными задачами применения информационно-коммуникационных технологий. На сегодняшний день разработаны и исследованы различные методы распознавания и классификации, в частности, детерминированные, вероятностные и логические методы. В зарубежных странах, в том числе в США, Великобритании, Германии, Южной Корее, Канаде, Российской Федерации, Сингапуре, Украине, Китае, Индии, Японии и других, большое внимание уделяется проблемам распознавания и классификации.

В мире ведутся широкомасштабные научные исследования, направленные на разработку методов и алгоритмов, используемых в интеллектуальных информационных системах, предназначенных для распознавания и прогнозирования состояний объектов различной природы. Несмотря на это, вопросы создания методов и алгоритмов, ориентированных на решение задач распознавания объектов, характеризующихся большим числом признаков, исследованы недостаточно полно, что приводит к необходимости разработки методов и алгоритмов распознавания, обеспечивающих повышение эффективности систем и технологий анализа больших массивов данных.

В нашей республике особое внимание уделяется внедрению информационно-коммуникационных технологий во все отрасли экономики и социальной сферы, в том числе, проведению научных исследований по разработке методов и алгоритмов компьютерной обработки и анализа информации, а также распознавания образов. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 гг. отмечены задачи, в том числе по «... внедрению информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, системы управления»¹. Для реализации подобных задач важными являются создание систем поддержки принятия решений с использованием методов распознавания образов и совершенствование этих методов с целью обеспечения возможности принятия решений при большом объеме данных.

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

¹Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

дальнейшему развитию Республики Узбекистан» и №УП-5349 от 19 февраля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций», постановлением Президента Республики Узбекистан от 29 августа 2017 года №ПП-3245 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно-коммуникационных технологий» и постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан №838 от 17 октября 2017 года «О мерах по организации деятельности Центра информационной безопасности и содействия в обеспечении общественного порядка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций 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».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации². Научные исследования по разработке методов и систем распознавания образов, в частности, моделей алгоритмов распознавания, проводятся в ряде ведущих научных центров и высших учебных заведений мира, в том числе Carnegie Mellon University, University of California (США), Darmstadt University of Applied Sciences (Германия), Tokyo Institute of Technology (Япония), Institute of Intelligent Machines (Китай), Федеральном исследовательском центре «Информатика и управление», Институте проблем управления им. В.А.Трапезникова, Центральном экономико-математическом институте, Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации, Институте математики им. С.Л.Соболева, Московском Государственном университете им. М.В.Ломоносова, Московском физико-техническом институте (Российская Федерация), Институте кибернетики им. В.М.Глушкова (Украина), Объединённом институте проблем информатики (Республика Беларусь), Институте систем управления (Республика Азербайджан), Институте информационных и вычислительных технологий (Республика Казахстан).

В результате исследований, проведенных в мире по разработке и развитию методов и алгоритмов распознавания образов, а также по совершенствованию систем классификации объектов, получен ряд результатов, состоящих из следующих: созданы методы и алгоритмы

²Обзор научных исследований по теме диссертации составлен на основании <http://tekhnosfera.com/sistema-pervichnoy-obrabotki-dannyh-distantsionnogo-zondirovaniya-zemli>, <http://www.mmro.ru/files/2007-mmro-13.pdf>, <https://arxiv.org/abs/1903.11551>, <https://www.futa.edu.ng/>, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10916-018-1107-2>, <https://arxiv.org/pdf/1806.01844.pdf>, <https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2070736.2070745>, <http://www.istc-cc.cmu.edu/publications/papers/2011/ICDE2011.pdf>, <https://cloud.google.com/speech-to-text/>, <https://cyberleninka.ru/article/n/o-fizicheskoj-strukture-zvukov-z-z-zh-zh>, <https://www.kairos.com/industries>, <https://azure.microsoft.com/en-us/services/cognitive-services/face/>, <https://www5.cs.fau.de/fileadmin/Persons/MayerMarkus/mayerARVO2008.pdf> и других источников.

предварительной обработки данных (Stanford University, Massachusetts Institute of Technology, International Institute of Forecasters, США; Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление», Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова, Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации, Центральный экономико-математический институт, Институт математики им. С.Л.Соболева, Московский физико-технический институт, Российская Федерация; Transport and telecommunication institute, Латвия); разработаны математические методы распознавания образов, в том числе алгебраические методы (Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление», Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова, Московский Государственный университет им. М.В.Ломоносова, Московский физико-технический институт, Российская Федерация; Massachusetts Institute of Technology, San Jose State University, США; Институт кибернетики им. В.М.Глушкова, Украина; Объединенный институт проблем информатики, Республика Беларусь); разработаны методы и алгоритмы обработки и анализа больших данных (Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление», Центральный экономико-математический институт, Институт математики им. С.Л.Соболева, Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Российская Федерация; University of the Fraser Valley, Канада; University of Malaya, Малайзия; Indian Statistical Institute, Индия; Институт кибернетики им. В.М.Глушкова, Украина).

В мире исследования по дальнейшему развитию существующих и созданию новых методов распознавания образов и классификации объектов ведутся по ряду перспективных направлений, в частности: разработка нейросетевых методов, обеспечивающих интеллектуализацию систем распознавания; разработка алгоритмов распознавания объектов в признаковом пространстве большой размерности; разработка методов и алгоритмов распознавания объектов на изображении, речи и личности с использованием технологий «мягких» вычислений.

Степень изученности проблемы. Несмотря на то, что в течение многих лет проблема распознавания образов находится в центре внимания ученых всего мира, в последние годы наблюдается постоянный рост числа научных публикаций по данной тематике. Причиной данной ситуации является непрерывное расширение области применения методов и алгоритмов распознавания для решения различных задач науки и техники. Анализ литературных источников показывает, что развитие теории распознавания образов делится на два этапа. На первом этапе разрабатывались алгоритмы, ориентированные на решение конкретных прикладных задач, и при этом их ценность определялась, прежде всего, достигнутыми экспериментальными результатами. Второй же этап развития характеризуется переходом от отдельных алгоритмов распознавания к построению моделей (семейств) алгоритмов, представляющих в методологическом плане единое описание этих алгоритмов. К настоящему времени создан ряд моделей алгоритмов

распознавания, в частности, статистические модели, модели, основанные на методе потенциальных функций, модели, основанные на вычислении оценок и др. В развитие и усовершенствование методов распознавания образов большой вклад внесли такие зарубежные ученые, как С.В.Абламейко, М.А.Айзерман, В.В.Александров, Н.Д.Горский, Э.М.Браверман, В.Н.Вапник, В.И.Васильев, Э.Э.Гасанов, Ю.И.Журавлев, Н.Г.Загоруйко, Г.С.Лбов, В.Б.Кудрявцев, Л.А.Растрин, К.В.Рудаков, В.В.Рязанов, Д.И.Самаль, С.А.Субботин, В.В.Старовойтов, М.И.Шлезингер, R.Gonzales, R.Duda и др.

В становление научной школы по распознаванию образов в нашей стране большой вклад внесли М.М.Камилов, З.Т.Адылова, Ф.Т.Адылова, Э.М.Алиев, Р.А.Лутфуллаев, М.Х.Тешабаева, Ш.Е.Туляганов и др. Дальнейшему развитию теории распознавания образов и обработки данных, представленных в виде изображений и речевых сигналов, у нас в республике посвящены научные работы Н.А.Игнатьева, С.С.Садыкова, Н.Т.Рустамова, Ш.Х.Фазылова, Р.Х.Хамдамова и др.

Анализ работ по распознаванию образов и результатов практического применения методов и алгоритмов при решении различных прикладных задач показывает, что ряд теоретических и прикладных проблем в области распознавания образов требует более глубокого и полного исследования. К их числу относится проблема разработки алгоритмов, обеспечивающих решение в режиме реального времени задач классификации объектов, описанных большим количеством признаков.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов, включенных в план научно-исследовательских работ Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, по следующим темам: ФА-Ф1-Ф015+Ф056 «Теоретические основы интеллектуальных систем обработки информации в условиях неопределенности и распознавания образов» (2007-2011); Ф4-ФА-Ф004 «Теория информационно-распознающих систем частичной прецедентности и методы их применения для интеллектуального анализа данных» (2012-2016); БВ-М-Ф4-003 «Методы синтеза распознающих операторов, основанных на оценке взаимосвязанности признаков» (2017-2019).

Целью исследования является разработка моделей распознающих операторов, основанных на радиальных функциях и обеспечивающих решение задач распознавания образов в условиях большой размерности признакового пространства.

Задачи исследования:

провести анализ современного состояния теории распознавания образов с целью определения степени изученности проблемы диссертационного исследования;

разработать модели распознающих операторов, основанных на выделении предпочтительных признаков и предпочтительных сочетаний признаков;

разработать модели распознающих операторов, основанных на выделении предпочтительных признаков и предпочтительных сочетаний признаков относительно репрезентативных объектов;

осуществить параметризацию разработанных моделей распознающих операторов;

исследовать корректность и устойчивость предложенных моделей распознающих операторов;

разработать методы построения экстремальных распознающих операторов;

оценить работоспособность предложенных распознающих операторов при решении модельной и прикладных задач.

Объектом исследования являются процессы обработки и анализа данных различной природы, представленных в виде таблиц «объект-свойство».

Предметом исследования являются модели алгоритмов, ориентированные на решении задачи распознавания объектов, представленных в признаковом пространстве большой размерности.

Методы исследований. Теоретические исследования в работе базировались на методах дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, вычислительной математики, теории распознавания образов и компьютерного моделирования процессов распознавания объектов обучающей и контрольной выборки.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны модели распознающих операторов, основанных на выделении предпочтительных признаков или предпочтительных сочетаний признаков;

разработаны модели распознающих операторов, основанных на выделении предпочтительных признаков или предпочтительных сочетаний признаков относительно репрезентативных объектов;

разработаны параметрические представления моделей распознающих операторов, основанных на выделении предпочтительных признаков и репрезентативных объектов (ППРО);

доказано существование корректного и устойчивого распознающего алгоритма в рамках алгебраического замыкания моделей распознающих операторов, основанных на выделении ППРО;

сформулирована задача построения экстремальных распознающих операторов в параметрических пространствах, определяемых в рамках каждой модели, основанной на выделении ППРО, и разработаны методы ее решения.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны процедуры выделения подмножеств сильносвязанных признаков, обеспечивающие снижение размерности исходного признакового

пространства с сохранением полезной для распознавания информации содержащейся в этом пространстве;

предложены процедуры определения наборов репрезентативных и предпочтительных признаков, а также предпочтительных сочетаний признаков, обеспечивающие повышение точности результатов распознавания;

разработаны алгоритмы, позволяющие решать задачи распознавания с высокой точностью и в режиме реального времени;

разработаны вычислительные алгоритмы и программные средства, предназначенные для создания прикладных систем распознавания, в том числе биометрических систем идентификации личности, обеспечивающих контроль и управление доступом на закрытые территории и помещения, а также авторизацию пользователей в информационных системах и компьютерных сетях.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обусловлена корректностью постановки и математически строгим решением задачи построения экстремальных распознающих операторов в параметрических пространствах, определяемых соответствующими моделями этих операторов, положительными результатами проведенных сравнительных экспериментальных исследований на модельной и прикладных задачах, а также согласованностью теоретических выводов об эффективности разработанных распознающих операторов с экспериментальными оценками ошибки распознавания.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в дальнейшем развитии теории распознавания образов в части разработки новых моделей алгоритмов распознавания в пространстве предпочтительных признаков, основанных на радиальных функциях.

Практическая значимость определяется тем, что разработанные модели распознающих операторов позволяют расширить область применения алгоритмов распознавания образов за счет обеспечения возможности решения прикладных задач в условиях большой размерности признакового пространства.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке распознающих операторов с учетом большой размерности признакового пространства:

распознающие алгоритмы, основанные на оценке взаимозависимости признаков, и разработанное на их основе программное обеспечение внедрены в деятельность ГУП «UNICON.UZ» – Центра научно-технических и маркетинговых исследований (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 18 октября 2019 года №33-8/7393). Использование результатов научного исследования позволило повысить точность системы контроля входа на основе идентификации личности по изображению лица на 15%;

распознающие алгоритмы, основанные на выделении предпочтительных сочетаний моделей взаимосвязанности признаков, и разработанное на их основе программное обеспечение внедрены в деятельность Центра оказания содействия общественному порядку «Безопасный город» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 18 октября 2019 года №33-8/7393). Использование результатов научного исследования позволило сократить время распознавания объектов системами внешнего видеонаблюдения на 10%;

распознающие алгоритмы, основанные на радиальных функциях и оценке взаимосвязанности признаков, а также разработанный на основе этих алгоритмов программный комплекс внедрены в деятельность Государственного учреждения Центр развития системы «Электронное правительство» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 18 октября 2019 года №33-8/7393). Использование результатов научного исследования позволило увеличить точность аутентификации пользователя посредством ввода скрытых слов на 10%.

Апробация результатов исследования. Основные теоретические и практические результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 13 международных, 11 зарубежных и 2 республиканских конференциях.

Опубликованность результатов исследования. Основные результаты исследования опубликованы в 84 научных работах, из которых 30 опубликованы в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 5 в зарубежных и 25 в республиканских журналах, а также получены 7 свидетельств об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 200 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан, сформулированы цели и задачи, указаны объект и предмет исследования, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены перечень внедрений результатов исследования в практику, сведения об опубликованных работах и структура диссертации.

В первой главе диссертации «Разработка моделей распознающих операторов, основанных на радиальных функциях» на основе анализа

литературных источников по распознаванию образов показано, что существующие различные модели (семейства) распознающих алгоритмов, в основном, ориентированы на решение задач распознавания в условиях малой размерности признакового пространства и наличия предположения о взаимонезависимости (или слабозависимости) признаков. Данное обстоятельство ограничивает практическое применение этих алгоритмов, поэтому для устранения этой проблемы в работе обосновывается необходимость разработки моделей алгоритмов распознавания для решения задач при больших размерностях признакового пространства описания объектов и наличии существенной коррелированности признаков.

В параграфе 1.1 согласно терминологии, введенной в трудах Ю.И. Журавлева и его учеников, приведены основные понятия и обозначения, которые использованы для изложения теоретической части работы.

Пусть дано некоторое множество \mathfrak{Z} допустимых объектов:

$$\mathfrak{Z} = \bigcup_{j=1}^l K_j, \quad K_i \cap K_j \neq \emptyset, \quad i \neq j, \quad i, j \in \{1, \dots, l\}.$$

Выделим некоторую выборку допустимых объектов: $S_1, \dots, S_u, \dots, S_m$ ($\forall S_u \in \mathfrak{Z}, u = \overline{1, m}$). Введем следующие обозначения:

$$\tilde{S}^m = \{S_1, \dots, S_u, \dots, S_m\}, \quad \tilde{K}_j = \tilde{S}^m \cap K_j, \quad C\tilde{K}_j = \tilde{K}_j \setminus \tilde{S}^m.$$

Начальная информация \mathcal{I}_0 вводится в виде

$$\mathcal{I}_0 = \{S_1, \dots, S_u, \dots, S_m; \tilde{\alpha}(S_1), \dots, \tilde{\alpha}(S_u), \dots, \tilde{\alpha}(S_m)\},$$

$$\tilde{\alpha}(S_u) = (\alpha_{u1}, \dots, \alpha_{uj}, \dots, \alpha_{ul}),$$

где α_{uj} – значение предиката $P_j(S_u)$ ($P_j(S_u) = "S_u \in \tilde{K}_j"$), который имеет вид

$$P_j(S_u) = \begin{cases} 1, & \text{если } S_u \in \tilde{K}_j; \\ 0, & \text{если } S_u \notin \tilde{K}_j. \end{cases}$$

Любой распознающий алгоритм A можно представить как последовательное выполнение операторов B и C , т.е. в виде

$$A = B \cdot C,$$

где B – распознающий оператор, C – решающее правило.

Расознающий оператор B позволяет получить оценки принадлежности (меры близости) объектов к заданным классам, а оператор C формирует решение о принадлежности объектов к одному из заданных классов.

Основная задача распознавания образов (задача Z) состоит в том, что требуется по информации I_0 и описанию $I(S)$ допустимого объекта S вычислить значения элементарных предикатов $P_j(S) - "S \in K_j"$.

Другими словами, требуется построить такой алгоритм A , что

$$A(I_0, I(S)) = (\alpha_1^A(S), \alpha_2^A(S), \dots, \alpha_l^A(S)),$$

где $\alpha_j^A(S) \in \{0, 1, \Delta\}$, $j = \overline{1, l}$.

Определение 1. Расознающий алгоритм A является корректным для задачи Z , если выполняются следующие условия:

$$1) A(I_0, \tilde{S}^q) = \|\beta_{ij}\|_{q \times l}, \beta_{ij} \in \{0, 1\};$$

$$2) \delta_{\max} = 0, \text{ где } \delta_{\max} = \max \{|\alpha_{ij} - \beta_{ij}| : i \in \{1, \dots, q\}; j \in \{1, \dots, l\}\}.$$

Иными словами, только корректный алгоритм обеспечивает безошибочное распознавание объектов заданной выборки.

Определение 2. Распознающий алгоритм A называется устойчивым в $\sigma_s(S_i)$ (некоторая окрестность $S_i \in \{S\}$), если из условий

$$\forall S_i \in \{S\}, A(I_0, S_i) = \tilde{\beta}_i, \forall D_i \in \sigma_s(S_i), A(I_0, D_i) = \tilde{\beta}_i,$$

вытекает, что $\rho_R(\tilde{\beta}_i, \tilde{\beta}_i) = 0$.

Иными словами, алгоритм A называется устойчивым, если он при незначительных изменениях объекта распознавания выдаст один и тот же результат — относит объект к одному и тому же классу.

Определение 3. Моделью алгоритмов распознавания называется семейство алгоритмов, которое можно представить единым формализованным описанием.

С учетом введенных понятий и определений формализована решаемая в работе задача, суть которой сводится к следующему.

Пусть набор объектов $\tilde{S}^m = \{S_1, \dots, S_u, \dots, S_m\}$ задан в пространстве признаков X большой размерности: $X = (x_1, \dots, x_l, \dots, x_n)$. Требуется построить такой распознающий оператор B , основанный на радиальных функциях, который с применением решающего правила C позволяет вычислить значения β_{uj} ($\beta_{uj} = P_j(S_u), \beta_{uj} \in \{0, 1, \Delta\}$) по начальной информации J_0 :

$$B(\tilde{S}^m) = \|b_{uj}\|_{m \times l},$$

$$C(\|b_{uj}\|_{m \times l}) = \|\beta_{uj}\|_{m \times l}.$$

Здесь $\beta_{uj} = 1$ означает, что объект S_u входит в класс \bar{K}_j ; если $\beta_{uj} = 0$ — объект S_u не входит в класс \bar{K}_j ; если $\beta_{uj} = \Delta$, то считается, что оператор B не смог определить значение характеристической функции.

Кроме того, в данной главе предложены два подхода к синтезу моделей распознающих операторов в условиях большой размерности признакового пространства. Первый из них основан на формировании предпочтительных признаков, а второй — на формировании репрезентативных объектов.

В рамках первого подхода предложены модель распознающих операторов, построенных в пространстве предпочтительных признаков (модель \mathfrak{M}_1), а также модель, построенная в пространстве предпочтительных сочетаний признаков (модель \mathfrak{M}_2).

В рамках второго подхода предложены модель распознающих операторов, основанных на выделении предпочтительных признаков относительно репрезентативных объектов (модель \mathfrak{M}_3), а также модель, основанная на выделении предпочтительных сочетаний признаков относительно репрезентативных объектов (модель \mathfrak{M}_4).

В параграфе 1.2 приведены описания моделей распознающих операторов \mathfrak{M}_1 и \mathfrak{M}_2 , а в параграфе 1.3 – описания моделей распознающих операторов \mathfrak{M}_3 и \mathfrak{M}_4 . Описания моделей распознающих операторов представлены в виде этапов их задания.

Модель \mathfrak{M}_1 задается в виде следующих этапов.

Этап 1. Выделение подмножеств сильносвязанных признаков. На этом этапе определяются n' ($n' < n$) «независимых» подмножеств сильносвязанных признаков.

Этап 2. Формирование набора репрезентативных признаков. На этом этапе определяются n' репрезентативных признаков, являющихся представителями соответствующих «независимых» подмножеств.

Этап 3. Выделение предпочтительных признаков. Выбор предпочтительного признака из набора репрезентативных признаков X' осуществляется на основе оценки доминантности рассматриваемого признака, разделяющей принадлежащие множеству S^m объекты на два подмножества \tilde{K}_j и $S\tilde{K}_j$.

Этап 4. Определение функции различия $d(S_u, S)$ между объектами S_u и S . На данном этапе задается функция, характеризующая различие между объектами S_u и S в пространстве предпочтительных признаков X'' . Различие между этими объектами определяется следующим образом:

$$d(S_u, S) = \sum_{q=1}^{n''} \lambda_q \varrho_q(a_{uiq}, a_{iq}),$$

где λ_q – неизвестный коэффициент, характеризующий важность q -го признака; $\varrho_q(a_{uiq}, a_{iq})$ – полуметрика.

Этап 5. Определение обобщенной функции различия между объектом S и классом K_j . Эта функция определяется следующим образом:

$$D(K_j, S) = \sum_{S_u \in K_j} \gamma_u d(S_u, S),$$

где γ_u – параметр, характеризующий важность объекта S_u в обучающей выборке.

Этап 6. Задание функции близости $R(K_j, S)$ между объектом S и классом K_j . Эта функция задается с помощью радиальных функций и имеет следующий вид

$$R(K_j, S) = \frac{1}{1 + \tau D(K_j, S)},$$

где τ – параметр радиальной функции.

7. Задание обобщенной функции близости $B(K_j, S)$ между объектом S и классом K_j . Эта функция определяется согласно выражению

$$B(K_j, S) = \delta'_j R(K_j, S) - \sum_{\substack{u=1 \\ u \neq j}}^1 \delta'_u R(K_u, S),$$

где δ'_j – нормализующие параметры.

Модель \mathfrak{M}_2 задается в виде следующих этапов.

Этап 1. Выделение подмножеств сильносвязанных признаков. Данный этап выполняется аналогично этапу 1 модели \mathfrak{M}_1 .

Этап 2. Формирование набора репрезентативных признаков. Данный этап задается аналогично этапу 2 модели \mathfrak{M}_1 .

Этап 3. Определение функции различия $d_v(S_u, S)$ между объектами S_u и S в двумерном подпространстве репрезентативных признаков. Эта функция определяется в двумерном подпространстве репрезентативных признаков \mathfrak{D} ($\mathfrak{D} = (\mathfrak{D}_1, \dots, \mathfrak{D}_v, \dots, \mathfrak{D}_n)$, $\mathfrak{D}_v = (x_{v_1}, x_{v_2})$, $x_{v_1}, x_{v_2} \in X'$) как

$$\delta_{1v}(S_u, S) = \sum_{i=1}^2 \gamma_{1v_i} (a_{uv_i} - a_{v_i})^2.$$

где γ_{1v_i} – параметр, характеризующий важность признака x_{v_i} ; a_{uv_i} – значение признака x_{v_i} объекта S_u , а a_{v_i} – значение этого же признака объекта S .

Этап 4. Формирование подмножеств сильносвязанных сочетаний репрезентативных признаков. На этом этапе определяются k' «независимых» подмножеств сильносвязанных сочетаний признаков. Формирование таких подмножеств проводится на основе оценки близости подмножеств сильносвязанных сочетаний признаков.

Этап 5. Выделение набора репрезентативных сочетаний признаков. На этом этапе определяется набор репрезентативных сочетаний признаков на основе выбора наиболее типичных представителей из каждого подмножества сильносвязанных сочетаний признаков.

Этап 6. Выделение набора предпочтительных сочетаний признаков. На данном этапе осуществляется выбор предпочтительных сочетаний признаков на основе оценки доминантности рассматриваемых сочетаний признаков по объектам множества \bar{S}^m .

Этап 7. Оценка близости объектов S_u и S по совокупности предпочтительных сочетаний признаков. На данном этапе определяется функция близости между объектами S_u и S с помощью радиальных функций. В качестве радиальной функции $R(S_u, S)$ используется положительная функция, убывающая одинаково по радиальным направлениям при удалении объекта S от объекта S_u :

$$R(S_u, S) = \frac{1}{1 + \tau d(S_u, S)}, \quad d(S_u, S) = \sum_{u=1}^{k''} \omega_u \delta_{1u}(S_u, S),$$

где $d(S_u, S)$ – суммарная мера различия между объектами S_u и S , вычисленная для k'' сочетаний репрезентативных признаков.

Этап 8. Оценка для объекта S по классу K_j. Эта оценка вычисляется по всем уровням совокушности предпочтительных функций близости:

$$B_j(S) = \sum_{S_u \in R_j} \gamma_u R(S_u, S),$$

где γ_u — параметр, характеризующий важность объекта S_u в обучающей выборке.

Модель \mathfrak{M}_3 задается в виде следующих этапов.

Этап 1. Выделение подмножеств сильносвязанных объектов. На данном этапе определяются m' подмножеств сильносвязанных объектов $V_{\mathfrak{B}}$ на основе попарного сравнения этих объектов на предмет оценки их близости. В результате реализации этого этапа выделяются подмножества, отвечающие следующим условиям:

$$V_{\mathfrak{B}} = \{V_1, \dots, V_q, \dots, V_{m'}\}; \quad V_{\mathfrak{B}} \subset V;$$

$$\bigcap_{q=1}^{m'} V_q = \emptyset; \quad \bigcup_{q=1}^{m'} V_q = V_{\mathfrak{B}}.$$

Этап 2. Выделение репрезентативных объектов. На данном этапе определяется набор репрезентативных объектов S_q^E , которые являются типичными представителями каждого подмножества сильносвязанных объектов V_q . Компоненты репрезентативного объекта S_q^E можно вычислить как средние значения по всем элементам подмножества V_q :

$$b_{qi} = \frac{1}{|V_q|} \sum_{S_u \in V_q} a_{ui}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Этап 3. Выделение подмножеств сильносвязанных признаков. Данный этап задается аналогично этапу 1 модели \mathfrak{M}_1 , отличаясь лишь тем, что этот этап реализуется относительно сильносвязанных объектов.

Этап 4. Формирование набора репрезентативных признаков. Данный этап задается аналогично этапу 2 модели \mathfrak{M}_1 , отличаясь лишь тем, что этот этап реализуется относительно сильносвязанных объектов.

Этап 5. Выделение предпочтительных признаков. Данный этап задается аналогично этапу 3 модели \mathfrak{M}_1 , отличаясь лишь тем, что этот этап реализуется относительно репрезентативных объектов.

Этап 6. Определение функции различия $d(S_u^E, S)$ между репрезентативным объектом S_u^E и объектом S. На данном этапе определяется функция различия между репрезентативным объектом S_u^E и объектом S в пространстве предпочтительных признаков X'' . Различие между этими объектами определяется следующим образом:

$$d(S_u^E, S) = \sum_{q=1}^{n''} \lambda_q \rho(b_{uiq}, a_{iq}),$$

где $\rho(b_{u_i q}, a_{i q})$ – оценка различия между репрезентативным объектом S_u^E и объектом S , вычисленная по признаку $x_{i q}$.

Этап 7. Задание функции близости $Y(S_u^E, S)$ между объектами S_u^E и S . На данном этапе на основе радиальных функций определяется функция близости между объектами, например, в следующем виде:

$$Y(S_u^E, S) = 1 / (1 + \tau d(S_u^E, S)).$$

Этап 8. Оценка для объекта S по классу K_j . На данном этапе определяется оценка принадлежности объекта S к классу K_j ($j = \overline{1, l}$), вычисляемая как суммарная оценка по всем репрезентативным объектам, принадлежащим j -ому классу ($S_{k_{j-1}+1}^E, \dots, S_{k_j}^E \in \bar{K}_j$):

$$B(K_j, S) = \sum_{u=k_{j-1}+1}^{k_j} u_u Y(S_u^E, S).$$

Модель \mathfrak{M}_4 задается в виде следующих этапов.

Этап 1. Выделение подмножеств сильносвязанных объектов. Данный этап выполняется аналогично этапу 1 модели \mathfrak{M}_3 .

Этап 2. Выделение репрезентативных объектов. Данный этап задается аналогично этапу 2 модели \mathfrak{M}_3 .

Этап 3. Выделение подмножеств сильносвязанных признаков. Данный этап выполняется аналогично этапу 3 модели \mathfrak{M}_3 .

Этап 4. Формирование набора репрезентативных признаков. Данный этап аналогичен этапу 4 модели \mathfrak{M}_3 .

Этап 5. Определение функции различия $d_v(S_u^E, S)$ между репрезентативным объектом S_u^E и объектом S . На данном этапе задается функция, характеризующая различие между объектами S_u^E и S в двумерном подпространстве репрезентативных признаков \mathcal{D} ($\mathcal{D} = (\mathcal{D}_1, \dots, \mathcal{D}_u, \dots, \mathcal{D}_n)$, $\mathcal{D}_u = (x_{u_1}, x_{u_2}), x_{u_1}, x_{u_2} \in X'$):

$$\delta_{1v}(S_u^E, S) = \sum_{i=1}^2 \gamma_{1v_i} (b_{uv_i} - a_{v_i})^2.$$

Этап 6. Формирование подмножеств сильносвязанных сочетаний репрезентативных признаков. Данный этап задается аналогично этапу 4 модели \mathfrak{M}_2 .

Этап 7. Выделение набора репрезентативных сочетаний признаков. Данный этап выполняется аналогично этапу 5 модели \mathfrak{M}_2 .

Этап 8. Выделение предпочтительных сочетаний признаков. На данном этапе определяются предпочтительные сочетания признаков на каждом уровне относительно выделенных репрезентативных объектов. Поиск предпочтительной функции близости в \mathcal{D}_u ($\mathcal{D}_u \in \mathcal{D}$, $u = \overline{1, n}$) осуществляется на основе оценки доминантности рассматриваемых функций близости для объектов, которые относятся к множеству \bar{S}^m :

$$\mathcal{T}_u = \mathcal{C}_u / \mathcal{W}_u,$$

$$\mathcal{C}_u = \sum_{j=1}^{m'} \left(\left(\sum_{S_u^E \in E_j} \sum_{S \in CK_j} \delta_{1v}(S_u^E, S) \right) / N_{2j} \right),$$

$$\mathcal{W}_u = \sum_{j=1}^{m'} \left(\left(\sum_{S_u^E \in E_j} \sum_{S \in \bar{K}_j} \delta_{1v}(S_u^E, S) \right) / N_{1j} \right),$$

где $m_{1j} = |\bar{K}_j|$, $m_{2j} = |CK_j|$, $\kappa' = |E_j|$, $N_1 = m_{1j} \times \kappa'$, $N_2 = m_{2j} \times \kappa'$.

Этап 9. Задание функции близости между объектами S_u^E и S . На данном этапе определяется функция близости, характеризующая близость объекта S к репрезентативному объекту S_u^E . В качестве такой функции можно использовать радиальную функцию, например, следующего вида:

$$\Upsilon(S_u^E, S) = \frac{1}{1 + \tau d(S_u^E, S)} + \bar{d}(S_u^E, S),$$

$$d(S_u^E, S) = \sum_{u=1}^{\kappa''} \omega_u \delta_{1u}(S_u^E, S),$$

$$\bar{d}(S_u^E, S) = \sum_{\substack{S_v \in E_0 \\ S_v \neq S_p}} \sum_{u=1}^{\kappa''} \omega_u \delta_{1u}(S_u^E, S),$$

где $\delta_{1u}(S_u^E, S)$ – функция различия первого уровня.

Этап 10. Оценка для объекта S по классу K_j . На данном этапе вычисляется оценка принадлежности объекта S к классу K_j , которая определяется как суммарная оценка по всем репрезентативным объектам, принадлежащим классу K_j :

$$B_j(S) = \sum_{u=1}^{|\mathcal{R}_j|} \gamma_u \Upsilon(S_u^E, S),$$

где $\Upsilon(S_u^E, S)$ – оценка близости объекта S к репрезентативному объекту S_u^E .

Во второй главе «Параметризация разработанных моделей распознающих операторов, основанных на радиальных функциях» диссертации рассмотрены вопросы параметрического представления предложенных моделей распознающих операторов.

В параграфах 2.1 и 2.2 на основе подробного рассмотрения этапов задания моделей распознающих операторов выделены неизвестные параметры, совокупность которых определяют следующие параметрические представления этих моделей:

модель \mathcal{M}_1 представляется параметрами

$$\pi^{\theta_1} = (n', \{\bar{\omega}\}, \{\bar{\rho}\}, \{\lambda_i\}, \tau, \{\gamma_u\});$$

модель \mathcal{M}_2 – параметрами

$$\pi^{\theta_2} = (n', \{\bar{\omega}\}, \{\gamma_{ku_i}\}, \kappa', \{\bar{\omega}\}, \{\bar{\rho}\}, \tau, \{c_u\}, \{\gamma_p\});$$

модель \mathfrak{M}_3 – параметрами

$$\pi^{\theta_3} = (m', \{\bar{\sigma}\}, n', \{\bar{\omega}\}, \{\bar{\rho}\}, \{\lambda_i\}, \tau, \{\zeta_p\});$$

модель \mathfrak{M}_4 – параметрами

$$\pi^{\theta_4} = (m', \{\bar{\sigma}\}, n', \{\bar{\omega}\}, \{\gamma_{iu}\}, \kappa', \{\bar{\omega}\}, \{\bar{\rho}\}, \tau, \{c_u\}, \{\gamma_p\}).$$

В параграфе 2.3 приведены результаты исследования корректности и устойчивости алгоритмов распознавания, основанных на радиальных функциях.

Существование корректного алгоритма относительно задач $\{Z\}$ доказано следующей теоремой.

Пусть $\{\mathcal{A}\}$ – совокупность алгоритмов распознавания, построенных в рамках алгебраического замыкания модели распознающих операторов \mathfrak{M}_1 .

Теорема 1. Если множество задач $\{Z\}$ удовлетворяет условиям:

- 1) в \bar{S}^q отсутствуют объекты, изоморфные относительно I_0 ;
- 2) оператор $B(S)$ ($B \in \mathfrak{M}_1$) ограничен, т.е. $0 \leq B(S) < \infty$;
- 3) $\bar{S}^m \cap \bar{S}^q = \emptyset$,

то в $\{\mathcal{A}\}$ существует алгоритм \mathcal{A}^* , являющийся корректным относительно задач $\{Z\}$.

Устойчивость алгоритма для задачи Z определяется следующей теоремой.

Пусть \mathcal{A} – произвольный алгоритм распознавания, построенный в рамках модели \mathfrak{M}_1 , т.е.

$$\mathcal{A} = B \cdot C(c_1, c_2), \text{ где } B \in \mathfrak{M}_1.$$

Теорема 2. Если \mathcal{A}^* – корректный алгоритм для задачи $Z = (I_0, \bar{S}^q)$, то он устойчив на $\mathcal{U}_\varepsilon(\bar{S}^q)$.

Показано, что перечисленные теоремы состоятельны для алгоритмов распознавания, построенных в рамках моделей \mathfrak{M}_2 , \mathfrak{M}_3 и \mathfrak{M}_4 .

В третьей главе диссертации «Разработка методов построения экстремальных распознающих операторов» сформулирована задача построения экстремального распознающего алгоритма, а также приведены процедуры определения значений параметров предложенных распознающих операторов.

Задача построения экстремального алгоритма распознавания в рамках рассматриваемой модели, сформулированная в параграфе 3.1, заключается в нахождении оптимального значения вектора параметров c ($c = (\bar{\pi}, c_1, c_2)$):

$$c^* = \arg \max_c \varphi_A(c),$$

$$\varphi_A(c) = \frac{1}{|\bar{S}^m|} \sum_{S \in \bar{S}^m} \mathfrak{I}(\|\bar{\alpha}(S) - A(c, S)\|_B),$$

$$A(c, S) = B(\bar{\pi}, S) \cdot C(c_1, c_2),$$

$$\mathfrak{I}(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x = 0; \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где $\|\cdot\|_B$ – норма бинарного булевого вектора.

В параграфе 3.2 для синтеза экстремального распознающего оператора в рамках модели \mathcal{M}_1 предложены процедуры определения: набора предпочтительных признаков; функции различия между объектами; обобщенной функции различия между объектом и классом; функция близости между объектом и классом; обобщенной функции близости между объектом и классом.

Параграф 3.3 посвящен построению экстремального распознающего оператора в рамках модели \mathcal{M}_2 . В этом параграфе предложены процедуры определения: функции различия между объектами в двумерном подпространстве репрезентативных признаков; подмножеств сильносвязанных сочетаний репрезентативных признаков; набора репрезентативных сочетаний признаков; набора предпочтительных сочетаний признаков; функции близости между объектами по совокупности предпочтительных сочетаний признаков; функции близости между объектами объектом и классом.

Для построения экстремального распознающего оператора в рамках модели \mathcal{M}_3 в параграфе 3.4 предложены процедуры определения: подмножеств сильносвязанных объектов; набора репрезентативных объектов; предпочтительных признаков относительно выделенных репрезентативных объектов; функции различия между репрезентативным объектом и объектом распознавания; функции близости между репрезентативным и объектом распознавания; важности репрезентативных объектов.

Вопросы синтеза экстремального распознающего оператора в рамках модели \mathcal{M}_4 рассмотрены в параграфе 3.5, где предложены процедуры определения: функции различия между репрезентативным и объектом распознавания в двумерном подпространстве репрезентативных признаков; набора репрезентативных сочетаний признаков относительно выделенных репрезентативных объектов; набора предпочтительных сочетаний признаков относительно выделенных репрезентативных объектов; функции близости между репрезентативным и объектом распознавания по совокупности предпочтительных сочетаний признаков; функции близости между объектами объектом и классом.

В четвертой главе диссертации «Разработка и исследование процедур выделения набора репрезентативных признаков» сформулирована и решена задача выделения репрезентативных признаков, а также предложены процедуры выделения подмножеств сильносвязанных признаков и формирования набора репрезентативных признаков, являющиеся наиболее важными при построении экстремальных распознающих операторов.

Процедура выделения подмножеств сильносвязанных признаков, приведенная в параграфе 4.2, осуществляет разбиение множества $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ на n' подмножеств сильносвязанных признаков $E_1, E_2, \dots, E_{n'}$ и реализуется следующим образом.

Шаг 1. Задается начальное значение $k = 1$.

Шаг 2. Определяется максимальный элемент из матрицы близости $\left\| \mathcal{D}(\Xi_u^{(k-1)}, \Xi_v^{(k-1)}) \right\|_{(n-k+1) \times (n-k+1)}$ и соответствующие подмножества объединяются в одно подмножество.

Шаг 3. Проверяется условие $(n - k) = n'$. Если условие выполняется, то осуществляется переход к шагу 5.

Шаг 4. Формируется матрица близости $\left\| \mathcal{D}(\Xi_u^{(k-1)}, \Xi_v^{(k-1)}) \right\|_{(n-k) \times (n-k)}$ $(n - k)$ -го порядка. $k = k + 1$ и осуществляется переход к шагу 2.

Шаг 5. Конец.

Процедура формирования набора репрезентативных признаков, приведенная в параграфе 4.3, состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Задается начальное значение $q = 1$.

Шаг 2. Если $N_q = 1$, то элемент, принадлежащий подмножеству Ξ_q , относится к числу репрезентативных признаков.

Шаг 3. Если $N_q > 2$, то для каждого элемента Ξ_q вычисляется

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

и выбирается репрезентативный признак по условию

$$\mu_j^* = \max_{i \in [1, N_q]} \mu_i.$$

Шаг 4. Если $N_q = 2$, то вычисляются

$$\mu_i = \sum_{j=1}^{N_0} \eta(x_i, x_j), \quad i = 1, 2, \dots, 2k; \quad j = 1, 2, \dots, N_0$$

и выбирается репрезентативный признак по условию

$$\mu_j^* = \max_{i \in [1, N_q]} \mu_i.$$

Шаг 5. Если $q < n'$, то $q = q + 1$ и осуществляется переход к шагу 2.

Шаг 6. Конец.

В пятой главе диссертации «Экспериментальные исследования разработанных алгоритмов при решении модельной и прикладных задач» приведены результаты исследования эффективности разработанных моделей алгоритмов распознавания на примере решения модельной задачи, а также ряда практических задач. При этом, сравнительный анализ результатов решения задач осуществлялся по следующим трем параметрам: точность распознавания (в %); время, израсходованное алгоритмом на обучение (в секундах); время, израсходованное алгоритмом на распознавание объектов из контрольной выборки (в секундах). Вычисление этих параметров для каждой рассматриваемой задачи осуществлялось путём разбиения выборки на обучающую и контрольную на основе метода блочной перекрестной проверки. Точность распознавания и временные показатели для каждого разбиения определялись как средние.

В параграфе 5.1 рассмотрена общая структура комплекса программ, реализующих как предложенные, так и известные алгоритмы распознавания и предварительной обработки исходных данных.

В параграфах 5.2-5.4 приведены результаты решения модельной и прикладных задач. В этих задачах для проведения сравнительного анализа были выбраны как известные модели распознающих алгоритмов, а именно П-модель, основанная на принципе потенциалов и Г-модель, основанная на вычислении оценок, так и предложенные модели. Следует отметить, что разбиение исходной выборки V на обучающую и контрольную выборки на всех экспериментах осуществлялось на основе метода скользящего контроля.

Суть модельной задачи, решенной в параграфе 5.2, состояла в следующем. Количество классов равно 2. Объем выборки V составлял 600 реализаций (по 300 реализаций для каждого класса). Количество признаков равно 180, сгруппированных в 6 подмножествах сильносвязанных признаков:

$$|\mathcal{E}_1| = 35, |\mathcal{E}_2| = 20, |\mathcal{E}_3| = 2, |\mathcal{E}_4| = 3, |\mathcal{E}_5| = 50, |\mathcal{E}_6| = 70.$$

Усредненные результаты решения модельной задачи с использованием алгоритмов П-модели, Г-модели и модели \mathcal{M}_2 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты экспериментов

Алгоритм распознавания	Время, с		Точность распознавания, %
	Обучение	Распознавание	
Алгоритм П-модели	3,0161	0,0769	79,67
Алгоритм Г-модели	8,1274	0,0981	81,45
Алгоритм модели \mathcal{M}_2	12,1128	0,00223	94,07

Из табл. 1 видно, что алгоритм модели \mathcal{M}_2 позволил повысить точность распознавания объектов, описанных в коррелированном пространстве признаков. При этом имеет место некоторое увеличение времени обучения этого алгоритма за счет использования сложных процедур формирования пространства предпочтительных сочетаний признаков. В то же время значительно сокращается время собственно распознавания за счет замены исходной системы признаков на предпочтительные сочетания этих признаков.

В параграфе 5.3 приведены результаты решения задачи геологического прогнозирования. Для решения данной задачи использован первый этап предложенной модели \mathcal{M}_1 и полученные результаты подтвердили их значительное совпадение с предположениями специалистов предметной области.

В параграфе 5.4 приведены результаты решения ряда задач биометрической идентификации и аутентификации личности. В задаче идентификации личности по изображениям ушных раковин исходная выборка V включала 500 изображений ушных раковин (по 250 изображений левых и

правых ушных раковин). Число классов равно 5. Каждый класс включал по 50 пар изображений ушных раковин одного человека. Изображения ушной раковины описывались 147 признаками. Результаты решения данной задачи приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты решения задачи идентификации личности по изображениям ушных раковин

Алгоритм распознавания	Время, с		Точность распознавания, %
	Обучение	Распознавание	
Алгоритм П-модели	1,3869	0,0083	83,07
Алгоритм Г-модели	2,7641	0,0041	85,19
Алгоритм модели \mathfrak{M}_3	4,1218	0,00037	97,84

Для решения задачи аутентификации пользователя по паролю, введенной с помощью электронной ручки, использовалась следующая исходная информация. Число классов (пользователей) $l = 5$, объем выборки $|V| = 500$ объектов. В каждом классе было представлено по 100 объектов. Кроме того, дополнительно рассматривались 200 объектов, представлявших сфальсифицированные почерки других пользователей. При этом, обучающая выборка включала 200 объектов, т.е. $|\bar{K}_j| = 40, j = \overline{1,5}$, а контрольная выборка – 100 объектов.

В табл. 3 приведены результаты решения рассматриваемой задачи с использованием алгоритма распознавания, основанного на формировании репрезентативных объектов (модель \mathfrak{M}_3).

Таблица 3

Результаты аутентификации пользователя по динамике почерка

Эксперименты	Тексты паролей	Точность распознавания, %
Эксперимент 1	Tash@UIT	98,86
Эксперимент 2	Ttt@NS	97,73
Эксперимент 3	BuxAra	97,08
Эксперимент 4	NaT@Nlabc	99,14
Эксперимент 5	Ona	96,27

Анализ результатов, приведенных в табл. 3, показывает, во-первых, достаточно высокие значения точности аутентификации каждого пользователя и, во-вторых, наличие некоторого разброса этих значений, обусловленного различием по сложности почерков участников эксперимента.

Предложенные алгоритмы и соответствующий программный комплекс были использованы в целях решения задачи аутентификации пользователя по

динамике почерка в Центре развития системы «Электронное правительство». Использование указанных алгоритмов и программного комплекса позволило повысить точность аутентификации пользователей в среднем на 10 %.

Исходными данными для задачи идентификации личности по изображению лица в системе контроля и управления доступом являлась выборка V , включающая 300 нормализованных изображений лиц 5 человек (классов). Каждый класс включал 60 изображений лиц одного человека, отличающихся по времени фотографирования. Данная задача решалась с использованием алгоритма распознавания, относящегося к семейству алгоритмов \mathcal{M}_3 .

Таблица 4

**Результаты идентификации личности на основе
геометрических признаков изображения лица**

Помер эксперимента	Время, с		Точность распознавания, %
	Обучение	Распознавание	
1	11,590029	0,007323	96,5
2	11,630635	0,007323	97,6
3	11,625843	0,007353	95,2
4	11,678743	0,007382	96,5
5	11,653963	0,007470	96,1
6	11,618204	0,007514	97,8
7	11,636193	0,007353	94,9
8	11,554543	0,007338	96,3
9	11,686629	0,007353	96,5
10	11,603856	0,007455	97,7
<i>Среднее</i>	<i>11,627864</i>	<i>0,007386</i>	<i>96,4</i>

В результате обучения был сформирован экстремальный алгоритм распознавания, который позволил классифицировать изображения лиц контрольной выборки с ошибкой, равной 2,4%. В данном случае достаточно высокая точность распознавания объясняется тем, что алгоритмы, относящиеся к семейству алгоритмов \mathcal{M}_3 , более приспособлены к решению задач распознавания объектов, заданных в виде изображений, за счет использования процедур выделения скрытых закономерностей в видеоданных (выделение подмножеств сильносвязанных и репрезентативных объектов, а также репрезентативных и предпочтительных признаков). С учетом этого обстоятельства программное средство, реализующее данный алгоритм, было использовано в системе контроля доступа ГУП «UNICON.UZ» для идентификации личности по изображению лица и позволило повысить точность работы этой системы на 15%.

В задаче идентификации личности в системах видеонаблюдения исходная выборка V состояла из 2300 объектов (изображений лиц), относящихся к 50

классам (людям). Каждый класс включал различное число объектов, для описания которых использованы геометрические признаки, представляющие расстояния между антропометрическими точками лица.

Результаты решения этой задачи с использованием распознающего алгоритма, основанного на оценке взаимосвязанности признаков, приведены в табл. 4.

Разработанное на основе распознающего алгоритма, основанного на оценке взаимосвязанности признаков, программное обеспечение внедрено в деятельность Центра оказания содействия общественному порядку «Безопасный город». В результате использования этих алгоритмов в рамках программного обеспечения систем внешнего видеонаблюдения удалось сократить время распознавания объектов этими системами на 10%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов проведенного исследования на тему «Методы синтеза распознающих операторов в признаковом пространстве большой размерности» представлены следующие основные выводы:

1. Проведен анализ существующих подходов к решению задачи распознавания образов. При этом выявлено, что для многих существующих моделей алгоритмов распознавания отсутствует возможность распознавания объектов при больших размерностях признакового пространства, построения модели алгоритмов распознавания, имеющей малую меру сложности и являющейся достаточно ёмкой для эффективного решения широкого круга практических задач, а также решения практических задач распознавания при наличии взаимосвязанных признаков исследуемых объектов.

2. Предложены два подхода к синтезу распознающих операторов в условиях большой размерности признакового пространства. Первый подход связан с формированием предпочтительных признаков, второй – заключается в формировании репрезентативных объектов.

3. В рамках каждого из указанных выше подходов предложены по два типа моделей распознающих операторов, основанных на радиальных функциях. В рамках первого подхода предложены модель, построенная в пространстве предпочтительных признаков, и модель, построенная в пространстве предпочтительных сочетаний признаков. Второй подход представлен моделью, основанной на выделении предпочтительных признаков относительно репрезентативных объектов, и моделью, основанной на выделении предпочтительных сочетаний признаков относительно репрезентативных объектов.

4. Получено структурное описание разработанных моделей распознающих операторов в виде этапов задания этих моделей, осуществлена их параметризация, позволяющая сформулировать задачу построения экстремального распознающего оператора в рамках каждой из рассматриваемых моделей.

5. Решены вопросы построения экстремальных распознающих операторов в параметрических пространствах, определяемых соответствующими моделями этих операторов. При этом, показано, что вопросы выделения подмножеств сильносвязанных признаков и формирования набора репрезентативных признаков, являются наиболее важными при построении экстремальных распознающих операторов.

6. Для каждой из предложенных моделей разработаны алгоритмы, используемые для построения экстремальных распознающих операторов в рамках этих моделей. В частности, для модели, основанной на выделении предпочтительных признаков относительно репрезентативных объектов, предложены алгоритмы определения подмножеств сильносвязанных объектов, определения репрезентативных объектов, определения предпочтительных признаков относительно выделенных репрезентативных объектов, определения функции различия между репрезентативным и рассматриваемым объектом, определения функции близости между репрезентативным и рассматриваемым объектом, определения важности репрезентативных объектов обучающей выборки.

7. Проведены экспериментальные исследования предложенных распознающих операторов на предмет оценки их работоспособности и получения сравнительных оценок с использованием известных распознающих алгоритмов, основанных на принципе потенциалов (П-модели) и на вычислении оценок (Г-модели). На основе результатов экспериментов выявлено, что предложенные распознающие операторы обеспечивают более высокую точность результатов распознавания по сравнению с известными алгоритмами при большем времени, затраченного на обучение, и меньшем времени, затраченного на собственно распознавание.

8. Предложенные алгоритмы реализованы в виде программного комплекса, использованного для решения ряда практических задач распознавания образов из различных предметных областей, а именно биометрической идентификации личности. Содержательная состоятельность результатов решения этих задач совпала с предположениями специалистов указанных предметных областей.

**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**

MIRZAEV NOMAZ

**METHODS FOR THE SYNTHESIS OF RECOGNIZING OPERATORS IN
A LARGE DIMENSIONAL FEATURE SPACE**

05.01.03 – Theoretical basis of computer science

**ABSTRACT OF THE DOCTORAL (DSc)
DISSERTATION OF TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2020

The theme of doctoral (DSc) dissertation of technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2019.3.DSc/T299.

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: Gulyamov Shuhrat Mannapovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Rustamov Nasim Tulegenovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Primova Holidia Anorboevna
Doctor of Technical Sciences

Leading organization: National University of Uzbekistan

The defense will take place "14" February 2020 at 14⁰⁰ 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. 40). (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation sent out on "31" January 2020 y.
(mailing report No. 1 on "24" December 2019 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 the dissertation of doctor of science (DSc))

The aim of the research work is to develop and study models of recognizing operators based on radial functions and providing a solution to pattern recognition problems in conditions of a large dimension of the feature space.

The object of the research work is the signs (properties, parameters, characteristics) of objects (processes, phenomena, events), the values of which are presented in the form of tables "object-property".

The scientific novelty of the research work is as follows:

the models of recognition operators based on the extraction of preferred features or preferred combinations of features have been developed;

the models of recognition operators based on the extraction of preferred features or preferred combinations of features relative to representative objects have been developed;

the parametric representations of models of recognition operators based on the extraction of preferred features and representative objects (PFRO) have been developed;

the existence of a correct and stable recognition algorithm is proved within the framework of the algebraic closure of models of recognition operators based on the extraction of PFRO;

the problem of constructing extremal recognition operators in parametric spaces defined in the framework of each model based on the extraction of PFRO has been formulated and methods for solving it have been developed.

Implementation of the research results. Based on the obtained scientific results on the development of recognizing operators, taking into account the large dimension of the attribute space:

recognition algorithms based on an assessment of the interdependence of signs, and the software developed on their basis were introduced into the activities of the State Unitary Enterprise "UNICON.UZ" - Center for Scientific, Technical and Marketing Research (certificate of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan of October 18, 2019 No. 33-8/7393). As a result of using the developed software, it is possible to improve the accuracy of the access control system based on the identification of a person by facial image by 15%;

recognition algorithms based on identifying preferred combinations of patterns of interconnectedness of signs, and the software developed on their basis, have been introduced into the activities of the Center for Assisting the Public Order "Safe City" (certificate of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan dated October 18, 2019 No. 33-8/7393). As a result of using these algorithms within the framework of software for external video surveillance systems, it was possible to reduce the time of recognition of objects by these systems by 10%;

recognition algorithms based on radial functions and assessing the interconnectedness of signs, as well as a software package developed on the basis of these algorithms, were introduced into the activities of the State Institution Development Center for the Electronic Government System (certificate of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan dated October 18, 2019 No. 33-8/7393). As a result of using the developed software package to authenticate a computer user by entering a keyword with an electronic pen, it increased authentication accuracy by 10%.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of introduction, five chapters, conclusion, list of used literature and applications. The volume of the dissertation is 200 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (Часть I; Part I)

1. Fazilov Sh.Kh., Mirzaev N.M., Mirzaeva G.R. Modified Recognition Algorithms Based on the Construction of Models of Elementary Transformations // Procedia Computer Science. Amsterdam, 2019. Vol. 150. P. 671-678 (№ 3, Scopus, IF=1.48).

2. Fazilov Sh.Kh., Mirzaev N.M., Radjabov S.S., Mirzaeva G.R. Determination of representative features when building an extreme recognition algorithm // Journal of Physics: Conference Series. London, 2019. Vol. 1260. P. 1-8 (№ 3, Scopus, IF=0.51).

3. Mirzaev N.M., Khaydarova M.Yu., Mirzaeva G.R., Ibragimova S.N. Models of recognition operators defined in the space of large dimension attributes // Journal of Physics: Conference Series. London, 2019. Vol. 1260. P. 1-8 (№ 3, Scopus, IF=0.51).

4. Fazilov Sh.Kh., Lutfullaev R.A., Mirzaev N.M., Mukhamadiev A.Sh. Statistical approach to building a model of recognition operators under conditions of high dimensionality of a feature space // Journal of Physics: Conference Series. London, 2019. Vol. 1333. P. 1-7 (№ 3, Scopus, IF=0.51).

5. Fazilov Sh.Kh., Mirzaev N.M., Mirzaev G.R., Tashmetov Sh.E. Construction of Recognition Algorithms Based on the Two-Dimensional Functions // Communications in Computer and Information Science. Singapore, 2019. Vol. 1035. P. 474-483. (№ 3, Scopus, IF=0.46).

6. Мирзаев Н.М. Модифицированные распознающие операторы, основанные на радиальных функциях // Проблемы вычислительной и прикладной математики. Ташкент, 2018. № 1. С. 100-106 (05.00.00; №23).

7. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Мирзасва С.Н. Модели распознающих операторов, основанных на радиальных функциях // Проблемы вычислительной и прикладной математики. Ташкент, 2018. № 5. С. 84-94 (05.00.00; №23).

8. Мирзаев Н.М. Модель распознающих операторов, основанных на радиальных функциях специального вида // Проблемы вычислительной и прикладной математики. Ташкент, 2018. №6. С.79-92 (05.00.00; №23).

9. Мирзаев Н.М. Модель выделения признаков изображения объекта // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 2016. №6. С. 38-43 (05.00.00; №5).

10. Камилов М.М., Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С. Построение алгоритмов распознавания образов в пространстве признаков большой размерности. Часть 1. Модели распознающих операторов // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент, 2012. №3. С. 52-59 (05.00.00; №12).

11. Камилов М.М., Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С. Построение алгоритмов распознавания образов в пространстве признаков большой размерности. Часть 2. Параметризация моделей распознающих операторов // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент, 2012. №4. С. 45-51 (05.00.00; №12).

12. Камилов М.М., Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С. Построение алгоритмов распознавания образов в пространстве признаков большой размерности. Часть 3. Определение параметров моделей распознающих операторов // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент, 2012. №5. С. 51-61 (05.00.00; №12).

13. Камилов М.М., Мирзаев Н.М. Алгоритмы распознавания объектов, заданных в пространстве признаков большой размерности // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент, 2011. №3. С. 57-66 (05.00.00; №12).

14. Камилов М.М., Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М. Построение алгоритмов вычисления оценок с учётом высокой размерности признакового пространства // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент, 2010. №2. С.67-73 (05.00.00; №12).

15. Камилов М.М., Мирзаев Н.М. Об одной модели алгоритмов распознавания гибридного типа // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. Ташкент 2010. № 3. С. 18-21 (05.00.00; №9).

16. Камилов М.М., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С. Современное состояние вопросов построения моделей алгоритмов распознавания // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент, 2009. №2. С.67-72 (05.00.00; №12).

17. Мирзаев Н.М. Об одной модификации алгоритмов вычисления оценок // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент, 2009. №3. С.77-82 (05.00.00; №12).

18. Мирзаев Н.М. Об одной модели алгоритмов распознавания объектов, заданных в пространстве признаков большой размерности // Вестник ТУИТ. Ташкент, 2009. С.22-25 (05.00.00; №10).

19. Мирзаев Н.М. Модифицированные алгоритмы распознавания, основанные на оценке взаимосвязанности признаков // Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2009. № 3-4. –С.11-14. (05.00.00; №16).

20. Мирзаев Н.М. Метрические алгоритмы распознавания, основанные на оценке взаимосвязанности объектов // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент, 2008. № 4. С. 79-81 (05.00.00; №12).

21. Мирзаев Н. М. Обобщение класса алгоритмов распознавания с использованием оценки взаимосвязанности признаков // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент, 2008. №3. С. 69-73 (05.00.00; №12).

22. Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Жумаев Т.С. О параметризации моделей алгоритмов распознавания, основанных на оценке взаимосвязанности признаков // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики».

Ташкент, 2008. №2-3. С.23-27 (05.00.00; №5).

23. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Мирзаев О.Н. Синтез гибридных алгоритмов распознавания на основе принципа локального предпочтения // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 2008. №5. С.3-6 (05.00.00; №5).

24. Мирзаев Н.М. Алгоритмы распознавания типа средних расстояний, основанные на взаимосвязанности объектов // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 2007. №3. С.17-22 (05.00.00; №5).

25. Камилов М.М., Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М. Построение алгоритмов распознавания на основе анализа взаимосвязанности признаков // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент, 2007. №5. С.54-60 (05.00.00; №12).

26. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н., Жуманазаров С.С. Построение корректного алгоритма распознавания, основанного на анализе взаимосвязанности признаков // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 2000. №5. С. 8-11 (05.00.00; №5).

27. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М. Исследование алгоритмов распознавания, основанных на взаимосвязанности признаков // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. Ташкент, 1997. №5. С. 17-19 (05.00.00; №9).

28. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н., Жуманазаров С.С. О корректности алгоритмов распознавания, основанных на взаимосвязанности между признаками // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 1997. №1. С. 19-24 (05.00.00; №5).

29. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н., Жуманазаров С.С. Об устойчивости алгоритмов распознавания, основанных на взаимосвязанности признаков // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 1997. № 4. С. 6-8 (05.00.00; №5).

30. Мирзаев Н.М. Модели алгоритмов распознавания, основанных на взаимосвязанности между признаками // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. Ташкент, 1993. № 6. С.15-17 (05.00.00; №9).

II бўлим (Часть II; Part II)

31. Фазылов Ш.Х., Хамдамов Р.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С. Параметризация распознающих операторов, построенных в пространстве предпочтительных сочетаний признаков // Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении: Доклады Респ. научно-техн. конф. Ташкент, 2019. С. 100-106.

32. Fazilov S., Mirzaev N., Mirzaev O., Mirzaeva G., Ibragimova S., Rustamov B. Feature extraction model in systems of face images for person identification // Proceedings of the 9th International Conference Advanced computer information technologies (ACIT 2019, Ceske Budejovice, Czech Republic, June 5-7, 2019). DOI: 10.1109/ACITT.2019.8780089

33. Fazilov S., Mirzaev O., Saliev E., Khaydarova M., Ibragimova S., Mirzaev N. Model of recognition algorithms for objects specified as images // Proceedings of the 9th International Conference Advanced computer information technologies (ACIT 2019, Ceske Budejovice, Czech Republic, June 5-7, 2019). DOI: 10.1109/ACITT.2019.8779943

34. Mirzaev N, Saliev E. Recognition Algorithms Based on Radial Functions // Proceedings of the 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (August 18-25, 2018, Vladivostok, Russky Island, Russia). Vladivostok: FEFU, 2018. P. 1-6.

35. Fazilov Sh.Kh., Mirzaev N.M., Radjabov S.S., Mirzaev O.N. Determining of Parameters in the Construction of Recognition Operators in Conditions of Features Correlations // Proceedings of the School-Seminar on Optimization Problems and their Applications (OPTA-SCL 2018) Omsk, Russia, July 8-14, 2018. Edited by: Sergey Belim, Alexander Kononov, Yulia Kovalenko. Published on CEUR-WS: 18-May-2018. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2098/paper10.pdf>.

36. Tukhtasinov M.T., Mirzaev N., Narzullov O.M. Face recognition on the base of local directional patterns // 2016 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines Published: 2016. P. 1-5.

37. Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Жумасев Т.С. Выделение характерных признаков изображений лица в задачах распознавания личности // Пейрокомпьютеры и их применение: Тезисы докладов XIV Всероссийской научной конференции. Москва, 2016. С.105-106.

URL: http://www.it.mgppu.ru/upload/medialibrary/c46/NKP_thes2016_.pdf

38. Мирзаев И.М. Модель формирования признаков объектов, представленных в виде изображений // Динамика систем, механизмов и машин. Омск, 2016. № 3. С. 148-152.

39. Фазылов Ш.Х., Мирзаев И.М., Мирзаев О.И. Построение расширяющих операторов в условиях взаимосвязанности признаков // Радиоэлектроника, информатика, управление. Запорожье, 2016. № 1. С. 58-63.

40. Мирзаев И.М., Тухтасинов М.Т., Жумасев Т.С., Каримов И.К. Формирование набора характерных признаков изображений лица при идентификации личности // Наука, образование, инновации: пути развития. Материалы Шестой всероссийской научно-практической конференции. Петропавловск-Камчатский, 2015. С. 84-88.

41. Мирзаев Н.М., Жумасев Т.С. Шахси таниб олиш масаласида кулок чапоги тасвирини белгиларини ажратиш алгоритми // Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении: Доклады Республиканской научно-технической конференции. Ташкент, 2015. С. 338-342.

42. Жумасев Т.С., Мирзаев И.М., Махкамов А.А. Алгоритмы сегментации цветных изображений, основанные на выделении сильносвязанных элементов // Исследования технических наук. Москва, 2015. № 4(18). С. 22-26.

43. Фазылов Ш.Х., Мирзаев И.М., Мирзаев О.И., Каримов И.К. Алгоритмы диагностики заболеваний растений по изображению их листьев

- // Вестник КамчатГТУ. Петропавловск-Камчатский, 2014. № 2 (28). С. 32-40.
44. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Каримов И.К., Даминов О.А. Выделение признаков в задаче распознавания рукописных текстов // Вестник КамчатГТУ. Петропавловск-Камчатский, 2013. №4 (26). С. 38-42.
45. Kamilov M., Fazilov S., Mirzaev N., Radjabov S. Estimates calculations algorithms in condition of huge dimensions of features' space // Proceedings 4th International Conference "Problems of Cybernetics and Informatics" (PCI 2012). Baku, 2012. Vol. I.P. 184-187.
46. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С. Построение модели алгоритмов вычисления оценок с учётом большой размерности признакового пространства // Вестник СГТУ. Саратов, 2012. №1 (64). Вып.2. С. 274-279
47. Мирзаев Н.М. Модель выделения признаков в задаче диагностики фитосостояния растений по изображениям листьев // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. Рязань, 2012. №3. С.17-21.
48. Яхьяев Х.К., Мирзаев Н.М., Даминов О.А., Мирзаев О.И. Алгоритмы диагностики фитосанитарного состояния культурных растений // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: Материалы 5-й Международной научно-практической конференции. Новосибирск, 2012. С. 242-248.
49. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Каримов И.К. Модель распознающих операторов, основанных на принципе ближайшего соседа, в условиях взаимосвязанности признаков // Информатика и системы управления. Благовещенск, 2012. № 4 (34). С. 34-42
50. Mirzaev N.M. About one model of image recognition // Computer Technology and Applications: Proceedings of The First Russia and Pacific Conference. Vladivostok, 2010. P. 394-398.
51. Kamilov M., Fazilov Sh., Mirzaev N., Radjabov S. Algorithm of calculation of estimates in condition of features' correlations//Problems of Cybernetics and Informatics (PCI'2010): Proceedings The Third International Conference, September 6-8, Baku, 2010, P. 278-281.
52. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Каримов И.К. Построение алгоритмов распознавания типа ближайшего соседа, основанных на оценке взаимосвязанности признаков // Вестник КамчатГТУ, Петропавловск-Камчатский, 2010. №2 (13). С. 5-10.
53. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Мирзаев О.И. Модифицированные алгоритмы распознавания, основанные на вычислении оценок // Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта (ISDMCI'2010) : Материалы международной научной конференции. Херсон, 2010, Том 1. С.404-409.
54. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Жумасев 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. Серия:

Цифровая обработка сигналов и ее применение. Выпуск: XII-2. Москва, 2010. С. 62-65.

55. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Бозоров, А.А., Жумаев Т.С. Шахсни таниб олишда кулоқ тасвири белгиларини ажратиш алгоритми // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 2010. -№5. С. 3-6.

56. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Мурадов Ф.А. Построение линейных разделяющих функций в условиях взаимосвязанности признаков // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 2009. №1. С.7-11.

57. Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Абдуллаева Н.И. Об одной модели алгоритмов распознавания, основанных на корреляционном методе // Вестник ТУИТ. Ташкент, 2009. С. 40-42.

58. Камилов М.М., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С. Об одной модификации модели алгоритмов распознавания, основанных на вычислении оценок // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. Ташкент, 2009. № 2. С. 18-20.

59. Камилов М.М., Мирзаев Н.М., Мирзаев О.Н. Модифицированные алгоритмы распознавания, основанных на принципе потенциалов // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. Ташкент 2009. № 6. С. 23-26.

60. Мирзаев Н.М. Алгоритмы распознавания образов, заданных в пространстве признаков большой размерности // Математические методы в технике и технологиях (ММТТ-23). Сборник трудов Международной научной конференции. Саратов, 2010. Том 6. С. 8-11.

61. Мирзаев Н.М. Об одной модели гибридных алгоритмов распознавания // Информатика: проблемы, методология, технологии: Материалы девятой международной научно-методической конференции. Воронеж, 2009. Том 2. С.46-49.

62. 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. С.408-410.

63. Мирзаев Н.М., Яхьяев Х.К. Выделение признаков изображений листьев пшеницы в задаче диагностики // Информационные технологии, системы и приборы в АПК материалы 4-ой Международной научно-практической конференции. 2009. С. 276-278.

64. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Мирзаев О.Н. Об одной модели модифицированных алгоритмов распознавания типа потенциальных функций // Математические методы распознавания образов (ММРО-14): Сборник трудов Всероссийской конференции. Москва, 2009. С.200-203.

65. Мирзаев Н.М. Модели алгоритмов распознавания, основанных на оценке взаимосвязанности признаков // Управление и информационные технологии (УИТ-2008): Докл. 5-й науч. конф. 14-16 октября. Санкт-Петербург, 2008. Том 2.С.5-10

66. Fazilov Sh. Kh., Mirzaev N. M., Radjabov S. S. Algorithm for person

identification by facial images // In Proceedings of International Conference on Electronics, Information and Communication (ICEIC2008, June 24-27), Tashkent, 2008. P. 225-228.

67. Fazilov Sh.Kh., Mirzaev N.M., Mirzaev O.N. Method of potential functions for building of recognition algorithms based on estimation of features' correlations // In Proceedings of World Conference "Intelligent Systems for Industrial Automation" (WCIS-2008, November 25-27). Tashkent, 2008. P. 160-164.

68. Kamilov M.M., Mirzaev N.M., Radjabov S.S. Searching method for the elements of supporting set in constructing the models of recognition algorithms based on features' correlations' estimate // In Proceedings of World Conference "Intelligent Systems for Industrial Automation" (WCIS-2008, November 25-27). Tashkent, 2008. P. 82-85.

69. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Ражабов С.С. Выделение геометрических признаков лица человека на изображении при идентификации личности // Естественные и технические науки. 2008. № 2 (34). С. 321-327.

70. Камиллов М.М., Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М. Алгоритмы распознавания объектов, основанные на оценке взаимосвязанности признаков // Математические методы распознавания образов: Доклады 13-й Всероссийской конференции (ММРО-13). Москва, 2007. С.140-143.

71. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Тухтасинов М.Т. Об одном алгоритме определения местонахождения лица и координат зрачков на изображении // Математические методы распознавания образов: Доклады 13-й Всероссийской конференции (ММРО-13). Москва, 2007. С. 409-411

72. Гулямов Д. Х., Мирзаев Н. Модели поиска информации на основе алгоритмов распознавания // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. Ташкент, 2007. № 3. С.27-29.

73. Камиллов М.М., Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Ражабов С.С. Алгоритмы распознавания личности, основанные на оценке взаимосвязанности геометрических признаков фотопортрета // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики», Ташкент 2007. №5-6. С.3-11

74. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Акрамов А. А., Тухтасинов М.Т. Юзинг геометрик белгилари асосида шахсни идентификация қилиш алгоритмлари // «Информатики ва энергетика муаммолари», Ўзб.журнали. Ташкент 2005. №3. С. 18-25 (05.00.00; №5).

75. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н. Об одной модели алгоритмов распознавания, основанных на оценке взаимосвязанности признаков // Доклады 9-й Всероссийской конференции "Математические методы распознавания образов" (ММРО-9). Москва, 1999. С.115-116

76. Мирзаев Н.М. Алгоритмы распознавания и их применение при автоматизации проектирования автомобильных дорог // ЎЗР Олий ўқув Юртлари АХБОРОТИ. Техника фанлари. Тошкент, 1999. № 1. 41-43 б.

77. Мирзаев Н.М., Гулямов Д.Х. Об одной модели алгоритмов распознавания, ориентированной на решение поисковых задач // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. Ташкент, 1999. № 9. С. 33-36.

78. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Хусанов Н.О., Раджабов С.С., Мирзаев О.И. Шахсни кулоқ сурпасининг тасвири бўйича идентификация қилиш амалий дастурлар пакети // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 01599. 8.10.2008 г.

79. Фозилов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Мирзаев О.М., Жумасев Т.С. Тасвирдаги объектларни таниб олиш дастурлар мажмуаси // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 01609. 16.10.2008 г.

80. Фозилов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Махкамов А.А., Жумасев Т.С. Инсон шахсини идентификациялашда кулоқ чаноғи тасвирларига дастлабки ишлов бериш учун дастурий мажмуа // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 01995. 30.06.2010 г.

81. Фозилов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Махкамов А.А., Жумасев Т.С. Статистик таҳлил асосида кулоқ чаноғи белгиларини ажратиш олиш дастурий мажмуаси // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 01996. 30.06.2010 г.

82. Фозилов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Бозоров, А.А., Жумасев Т.С. Бош компонентлар усули асосида кулоқ чаноғи белгиларини ажратиш ва шахсни таниб олиш дастурий мажмуаси // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 02069. 04.10.2011 й.

83. Фозилов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Махкамов А.А., Қўзиев А.Я. Шахсни кулоқ чаноғи тасвирининг геометрик белгилари асосида таниб олиш дастурлар мажмуаси // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 02345. 04.10.2011 г.

84. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Мирзаев О.И. «Operator authentication»: программное средство // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 04962. 28.11.2017 г.

**Автореферат «Ҳисоблаш ва амалий математика муаммолари» журнали
таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги
матнларини мослиги текширилди**

**Бичими 60x84¹/₁₆. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табоғи 4. Адади 100 нусха. Буюртма № 19.**

**Гувоҳнома реестр №10-3719.
“Тошкент кимё-технология институти” босмаҳонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.**