

Т АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
07.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ
АССИДАГИ БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ

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

МИРЗАЕВ ОЛИМЖОН НОМАЗОВИЧ

**БЕЛГИЛАР ФАЗОСИ ЎЛЧАМИНИНГ КАТТАЛИГИНИ ҲИСОБГА
ОЛГАН ҲОЛДА ПОТЕНЦИАЛ ФУНКЦИЯЛАР СИНФИ ДОИРАСИДА
ТАНИБ ОЛИШ ОПЕРАТОРЛАРИНИ СИНТЕЗ ҚИЛИШ**

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

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

Техника фанлари бўй
аф

Оглавление авторовеф

Contents of disse

Мирзаев Олимж
Белгилар фазоси
функциялар сиг

Мирзаев Олг
Синтез распе
большой ра

A/2546

A

M 54

Мирзаев, О. Н.

Белгилар фазоси улча-
мининг каттадигини хи-
собга олган ҳолда по-
тенциал функциялар
синфидоирада таъиб
олиш операторларини
синтез қилиш дис. ав-
тореферати.

Т. 2018

Б.ц

ом
21

into
..... 39

..... 43

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

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

МИРЗАЕВ ОЛИМЖОН НОМАЗОВИЧ

БЕЛГИЛАР ФАЗОСИ ЎЛЧАМИНИНГ КАТТАЛИГИНИ ҲИСОБГА
ОЛГАН ҲОЛДА ПОТЕНЦИАЛ ФУНКЦИЯЛАР СИНФИ ДОИРАСИДА
ТАНИБ ОЛИШ ОПЕРАТОРЛАРИНИ СИНТЕЗ ҚИЛИШ

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2018

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.1.PhD/T46 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация 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 раҳбар:

Фозилов Шавкат Хайруллаевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Гулямов Шухрат Манапович
техника фанлари доктори, профессор

Порсаев Ғанижон Мухамедович
техника фанлари номзоди

Етақчи ташкилот:

Мирзо Улугбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети давлат техника университети

Диссертация химояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.07.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2018 йил «9» ИЮН соат 12⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темуր 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 25/4 рақам билан рўйхатга олинган. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темуր кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2018 йил «26» МАЙ кунини тарқатилди.
(2018 йил «28» АПРИ даги 3 рақамли реестр баённомаси.)



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

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

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда маълумотларга ишлов бериш, интеллектуал таҳлил технологиялари ва тимсолларни таниб олиш усулларини ишлаб чиқишга ва уларни такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ушбу йўналишда таниб олиш ва таснифлаш тизимларини ишлаб чиқиш ҳамда уларни техник ва тиббий ташхислашда, биометрик тизимларда, саноат объектларини бошқаришда жорий қилиш муҳим масалалардан биридир. Ҳозирги кунда таниб олиш ва таснифлашнинг турли усуллари жумладан, детерминлашган, эҳтимолий, мантиқий, тузилмавий каби усуллари ишлаб чиқилган ва тадқиқ қилинган. Кўпгина хорижий мамлакатларда, жумладан, АҚШ, Буюк Британия, Белоруссия, Германия, Жанубий Корея, Канада, Россия Федерацияси, Сингапур, Украина, Хитой, Ҳиндистон ва Японияда таниб олиш ва таснифлаш соҳасига катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда тимсолларни таниб олиш тизимларида қўлланиладиган усул ва алгоритмларни ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада жумладан, белгилар фазоси ўлчами катта бўлган ҳолда фойдаланиш учун йўналтирилган таниб олиш алгоритмларини ишлаб чиқиш, белгилар фазоси ўлчами катта бўлганда таниб олиш имконини берувчи, белгилар фазосида боғлиқликлар мавжуд бўлганда таниб олиш алгоритмларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Республикамизда барча иқтисодий ва ижтимоий соҳаларда ахборот-коммуникация технологияларини жорий қилиш чора-тадбирлари амалга оширилиб, жумладан, компьютер тизимларида ахборотларга ишлов бериш ва маълумотларни таҳлил қилиш, таниб олиш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, "... иқтисодиёт, ижтимоий соҳа, бошқарув тизимига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш"¹ вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан, белгилар фазоси ўлчамининг катталигини ҳисобга олган ҳолда, потенциал функциялар синфи доирасида таниб олиш операторларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон "Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида"ги Фармони, 2017 йил 29 августдаги ПК-3245-сон "Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасида лойиха бошқаруви тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида"ги, 2013 йил 27 июндаги ПК-1989-сон "Ўзбекистон Республикаси Миллий ахборот-коммуникация тизимини янада ривожлантириш тўғрисида"ги Қарорлари, Вазирлар Маҳкамасининг 2017 йил 17 октябрдаги

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

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 меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. “Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологиялари ривожлантириш” устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Сўнги йилларда маълумотларга ишлов бериш ва тимсолларни таниб олиш усулларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш ҳамда уларни амалиётга қўллаш масалалари С.В.Абламейко, С.А.Айвазян, М.А.Айзерман, В.В.Александров, В.Б.Бериков, М.М.Бонгард, Э.М.Браверман, В.Н.Вапник, В.И.Васильев, С.Ватанабе, Р.Гансалес, А.Л.Горелик, Н.Д.Горский, У.Гренандер, И.Б.Гуревич, А.Г.Дьяконов., Р.Дуда, Ю.И.Журавлев, Н.Г.Загоруйко, А.Г.Ивахненко, В.А.Ковалевский, Г.С.Лбов, В.Л.Матросов, Н.Нильсон, Т.Павлидис, Э.Патрик, Ф.Розенблатт, Дж.Ту, К.Фу, П.Харт, Б.Хорн, Я.З.Цыпкин ва бошқаларнинг ишларида кўриб чиқилган.

Ўзбекистонда тимсолларни таниб олиш ва маълумотларга синфли ишлов беришнинг назарий асосларини ривожлантиришга М.М.Камилов, Р.Т.Абдукаримов, З.Т.Адилова, Ф.Т.Адилова, Э.М.Алиев, Дж.Х.Гулямов, Н.А.Игнатъев, Р.А.Лутфуллаев, А.Х.Нишанов, Р.Х.Хамдамов, С.С.Содиқов, Н.Т.Рустамов, М.Х.Тешабаева, Ш.Е.Туляганов, Ш.Х.Фозилов ва бошқалар ўзларининг катта хиссаларини қўшдилар.

Ҳозирги кунда таниб олиш назариясидаги улкан ютуқларига қарамай, ўзаро боғланган белгилар фазосида потенциал функциялар усули орқали тимсолларни таниб олиш алгоритмларини ишлаб чиқиш муаммоси етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқотлари Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион маркази илмий тадқиқот режасининг ФА-А17-Ф010-сон “Шахсни биометрик идентификация қилишнинг кўп поғонали тизимининг алгоритмик ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш” (2009-2011); А5-ФА-Ф022-сон “Биометрик ечимларнинг гибрид алгоритмлари ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш ва амалиётда қўллаш” (2012-2014); Ф4-ФА-Ф004-сон “Қисмий прецедентликка асосланган ахборот-таниб олиш тизимларининг назарияси ва уларни маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш учун тадбиқ этиш усуллари”(2012-2016); А5-003-сон “Қўлэзма матнларини таҳлил қилиш тизимининг алгоритмик таъминотини яратиш ва амалда қўллаш” (2015-2017) мавзулардаги

лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади белгилар фазоси ўлчами катта бўлган ҳол учун потенциал функциялар синфида таниб олиш операторларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

потенциал функцияларга асосланган таниб олиш операторларини модификация қилиш;

потенциал манбалари моделини қуришга асосланган таниб олиш операторларини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқилган таниб олиш операторларини оптималлаштириш ва параметрик ифодасини ишлаб чиқиш;

амалий ва модел масалаларни ечиш асосида, ишлаб чиқилган таниб олиш операторларини амалиётда қўллаш юзасидан тавсиялар ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида потенциал функцияларга асосланган таниб олиш алгоритмлар синфи қаралган.

Тадқиқотнинг предмети белгилар фазосини ўлчами катта ва боғлиқлигини инобатга олиниб қурилган таниб олиш операторлари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Ишнинг назарий тадқиқотлари дискрет математика, математик статистика ва эҳтимоллар назарияси, тимсолларни таниб олиш усулларига асосланган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги куйидагилардан иборат:

тимсолларни таснифловчи белгилар ўртасидаги боғлиқликни инобатга олувчи потенциал функциялар асосида такомиллаштирилган таниб олиш операторлари ишлаб чиқилган;

тадқиқ қилинаётган объектларни ифодаловчи белгилар фазосида потенциаллар манбалари моделини қуришга асосланган таниб олиш операторларининг янги синфи ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқилган таниб олиш операторлари доирасида экстремал таниб олиш алгоритмини қуриш масаласи ва параметрик ифодаси шакллантирилган;

экстремал таниб олиш алгоритмини қуришда таниб олиш операторларининг номаълум параметрлари қийматларини аниқлаш кетма-кетлиги ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси куйидагилардан иборат:

белгилар фазосидаги боғлиқликни инобатга олувчи потенциал функциялар асосида таниб олиш операторлари такомиллаштирилган;

ишлаб чиқилган таниб олиш операторлар доирасида таниб олишнинг экстремал алгоритмларини қуришга йўналтирилган ҳисоблаш процедураси ишлаб чиқилган;

катта ўлчамли белгилар фазосида ифодаланган тимсолларни таниб олиш масалаларини ечишга қаратилган “MRO-PF” дастурий мажмуа ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқилган таниб олиш операторларнинг самарадорлиги амалий

ва модел масалаларини ечиш орқали баҳоланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги экстремал алгоритм қуриш масаласини коррект қўйилгани ва таниб олишнинг экстремал алгоритмларини қуриш масаласининг математик асосланган ҳолда ечилганлиги, белгилар фазоси ўлчами катта бўлганда тимсолларни таниб олишнинг модел масаласи доирасида ўтказилган сонли тажрибалар натижалари, ишлаб чиқилган таниб олиш операторларидан фойдаланиш самарадорлиги тўғрисидаги назарий хулосалар тимсолларни таниб олишдаги хатоликларни тажрибавий баҳолаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти тимсолларни таниб олиш назариясини белгилар орасидаги боғлиқлик мавжуд бўлганда таниб олиш алгоритмлар моделини ишлаб чиқиш орқали ривожлантириш билан изоҳланади.

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган таниб олиш операторлари ва дастурий таъминот белгилар фазоси ўлчами катта бўлган ҳолда амалий масалаларни ечишда юқори самарага эришиш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Белгилар фазоси ўлчамининг катталигини ҳисобга олган ҳолда, потенциал функциялар синфи доирасида таниб олиш операторлари ва дастурий мажмуалар ишлаб чиқариш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

потенциаллар тамойили асосида такомиллаштирилган таниб олиш операторлари ва яратилган дастурий мажмуаси UNICON.UZ илмий-техник ва маркетинг тадқиқотлар маркази давлат унитар корхонасига клавиатура орқали матн киритаётган фойдаланувчини аутентификация қилиш масаласини ечиш мақсадида жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 14 мартдаги 33-8/1743-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида клавиатура орқали матн киритаётган фойдаланувчини идентификация қилиш аниқлигини ўртача 9 фоизга ошириш имконини берган;

потенциаллар манбалари моделини қуришга асосланган таниб олиш операторлари ва ишлаб чиқилган дастурий восита Электрон ҳукумат тизимини ривожлантириш марказига клавиатура орқали матн киритаётган фойдаланувчини аутентификация қилиш масаласини ечиш мақсадида жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 14 мартдаги 33-8/1743-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида ахборот тизимига рухсатсиз киришни чеклашда йўл қўйиладиган хатоликни 50 фоизга камайиш имконини берган;

потенциаллар тамойили асосида такомиллаштирилган таниб олиш операторлари ва яратилган дастурий мажмуаси “Ўзбектелеком” акционерлик компанияси “ЎзМобайл” филиалига ишлаб чиқариш биноларига кириб-чиқишни бошқариш тизимини такомиллаштириш масаласини ечиш мақсадида жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 14 мартдаги

33-8/1743-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида овоз бўйича шахсни идентификация қилиш аниқлигини 15 фоизга ошириш имконини берган;

потенциаллар манбалари моделини куришга асосланган таниб олиш операторлари ва ишлаб чиқилган дастурий восита Ўзбекистон Республикаси Ички ишлар вазирилик вазириликнинг Эксперт криминалистика марказига шахсни овоз бўйича идентификация қилиш масаласини ечиш мақсадида жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазириликнинг 2018 йил 14 мартдаги 33-8/1743-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида овоз бўйича шахсни идентификация қилиш аниқлигини 10 фоизга ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан, 12 та халқаро ва 6 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Тадқиқот мавзуси бўйича жами 35 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 10 та мақола, жумладан, 1 таси хорижий, 9 таси республика журналларида нашр этилган ҳамда 3 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловадан иборат. Диссертациянинг ҳажми 119 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлиги асослаб берилган, Ўзбекистон Республикасида фан ва технологиялар ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган. Ишнинг мақсад ва вазибалари шакллантирилган, тадқиқот объекти ва предмети кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга татбиқ этилиши рўйхати, ишнинг синон натижалари, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилмаси тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг “Тимсолларни таниб олиш муаммоларининг замонавий ҳолати” деб номланган биринчи бобида тимсолларни таниб олиш алгоритмларининг асосий моделлари кўриб чиқилган, шунингдек, таниб олиш объектлари тақдим этилган белгилар фазоси ўлчами ўзаро боғлиқлигини ҳисобга олувчи таниб олиш алгоритмларини янги моделларини ишлаб чиқиш учун асослар келтирилган. Асосий тушунча ва таърифлар киритилган, диссертация тадқиқотининг асосий масаласи шакллантирилган.

1.1 параграфда Ю.И. Журавлев томонидан таклиф этилган тимсолларни таниб олиш алгоритмларининг моделлари таснифи келтирилган.

1.2 параграфда потенциал функциялар усулига асосланган таниб олиш алгоритмлари бўйича адабиётлар шарҳи келтирилган. Ушбу моделларнинг таҳлили ҳозирги кунда таниб олиш алгоритмларини қуришнинг қўплаб турли усуллари назарий жиҳатдан ишлаб чиқилганлигини кўрсатади. Бироқ мавжуд адабий манбалар таҳлили шуни кўрсатмоқдаки, таниб олиш алгоритмларининг ишлаб чиқилган моделлари объектлар асосан эркил белгилар фазосида (ёки белгилар орасидаги боғлиқлик жуда суст) тавсифланган масалаларни ечишга йўналтирилган.

Амалиётда таниб олишнинг катта ўлчамли белгилар фазосида берилган амалий масалалари қўплаб учрайди. Бундай масалаларни ечишда белгилар эркилиги ҳақидаги фараз қўпинча бажарилмайди. Бундан келиб чиқадики, катта ўлчамли белгилар фазоси ва белгиларнинг ўзаро боғлиқлиги мавжуд бўлган амалий масалаларни ечишда фойдаланиладиган таниб олиш алгоритмларини яратиш муаммоси етарлича тадқиқ этилмаган.

1.3 параграфда Ю.И. Журавлев ва унинг шогирдлари ишларидан келиб чиқиб, ишда фойдаланиладиган зарур тушунча ва таърифлар келтирилган, шунингдек, тадқиқотнинг вазифалари шакллантирилган.

Тимсолларни аниқлашнинг асосий масаласи (Z масала) шундан иборатки, I_0 ахборот ва мумкин бўлган S объектнинг $I(S)$ тавсифи бўйича $P_j(S) - "S \in K_j"$ элементар предикатларнинг қийматини ҳисоблаш талаб этилади.

Таниб олиш алгоритми \mathcal{A} сифат функционалини қуйидаги кўринишда берамиз:

$$\mathfrak{R}(\mathcal{A}) = \frac{1}{q} \sum_{u=1}^q H(\|\tilde{\alpha}(S_u) - \mathcal{A}(\pi, S_u)\|_B), \quad (1)$$

$$H(x) = \begin{cases} 0, & x = 0 \text{ бўлганда;} \\ 1, & x \neq 0 \text{ бўлганда,} \end{cases}$$

$$\mathcal{A} = B \circ C,$$

$$B(\|b_{ij}\|_{m \times l}) = \|b_{ij}\|_{m \times l},$$

$$C(\|b_{ij}\|_{m \times l}, c_1, c_2) = \|\beta_{ij}\|_{m \times l},$$

бу ерда $\|\cdot\|_B$ – булев векторининг нормаси, q – назорат танланмасининг объектлари сони.

$\{\mathcal{A}\}$ тўплами учун (1) сифат функционали берилган. Аниқланган асосий масала (\tilde{Z} масала) шундан иборатки, $\{\mathcal{A}\}$ алгоритмлар орасидан шундай \mathcal{A}^* алгоритмини топиш керакки, бунда:

$$\mathfrak{R}(\mathcal{A}^*) = \inf_{\mathcal{A} \in \{\mathcal{A}\}} \mathfrak{R}(\mathcal{A}). \quad (2)$$

(2) масалани ечиш учун икки ёндашув кўриб чиқилган: мавжуд таниб олиш операторларининг модификацияси ва таниб олиш объектлари тавсифларининг ўзаро боғлиқлигини ҳисобга олган ҳолда янги таниб олиш операторларини ишлаб чиқиш.

Биринчи ёндашувга мувофиқ эркисиз белгиларни ажратиш ва ўзаро боғланган белгиларни чиқариш асосида таниб олиш операторларининг такомиллаштириш амалга оширилди, иккинчида эса белгиларнинг ўзаро боғлиқлиги баҳоси ва навбатдаги боғланишлар модели сифатида объектнинг тавсифи белгиларини қўллашга асосланган таниб олиш операторларининг модели ишлаб чиқилган. Иккала ҳолда ҳам таниб олиш алгоритмларининг дастлабки модели сифатида потенциал функцияларга асосланган таниб олиш операторлари кўриб чиқилган.

Диссертациянинг “Потенциал функцияларга асосланган таниб олиш операторлари моделларини ишлаб чиқиш” деб номланган иккинчи бобида потенциал функцияларга асосланган таниб олиш операторларини ишлаб чиқиш муаммолари кўриб чиқилган. Таниб олиш операторларининг берилишининг асосий босқичлари тавсифланган, таниб олишнинг ишлаб чиқилган моделлари параметрик ифодалаш муаммолари кўриб чиқилган.

2.1 параграфда такомиллаштирилган таниб олиш операторларини куриш босқичлари келтирилган.

1. Кучли боғланган белгиларнинг қисм тўпланини ажратиш. Ушбу босқичда таркиби n' параметрга боғлиқ бўлган белгиларнинг “эркли” қисм тўпламлари тизими аниқланади. Ушбу параметрга турли бутун қийматларни бериб, турли алгоритмларни ҳосил қиламиз.

2. Репрезентатив белгилар мажмуасини шакллантириш. Мазкур босқични бажариш натижасида ўлчами дастлабкисига қараганда анча кам бўлган қисқартirilган белгилар фазосини ҳосил қиламиз. Шакллантирилган белилар фазосини X' ($X' = (x_1, \dots, x_n)$) орқали белгилаймиз.

3. Мақбул белгиларни ажратиш. X' дан мақбул белгини танлаш \tilde{S}^m тўплагма тегишли объектларни икки \tilde{K}_j ва $S\tilde{K}_j$ қисм тўпламларга ажратувчи қаралаётган белгининг устунлик баҳоси асосида амалга оширилади.

4. S_u ва S_v объектлар орасидаги $d(S_u, S_v)$ тафовут функциясини аниқлаш. Ушбу босқичда янги мақбул \tilde{X}_j белгилар фазосида S_u ва S_v объектлар орасидаги фарқни характерловчи тафовут функцияси берилади. Ушбу объектлар орасидаги фарқ куйидагича аниқланади:

$$d(S_u, S_v) = \sum_{i=1}^{n'} \lambda_i (s_{ui} - s_{vi})^2,$$

бунда $\lambda_i - \chi_i$ белгига мос оғирлик коэффициентлари.

5. S_u ва S_v объектлар орасидаги $\Pi(S_u, S_v)$ яқинлик функциясини бериш. Мазкур босқичда S_u ва S_v объектлар орасидаги яқинлик функцияси потенциал функциялар ёрдамида аниқланади. Потенциал функция сифатида S_u объектдан S_v объектни чиқариб ташлаганда камаювчи мусбат $\Pi(S_u, S_v)$ функцияни киритамиз. $\Pi(S_u, S_v)$ функция S_u фиксирланганда S_v нуктада жойлашган заряднинг потенциали вазифасини бажаради.

6. S объект учун K_j синф бўйича тегишлилик баҳосини ҳисоблаш. Синф учун йиғинди потенциал сифатида куйидаги функцияни оламиз:

$$\Pi_j(S) = \sum_{S \in K_j} \gamma_u \Pi(S_u, S), \quad \tilde{K}_j = \tilde{S}^m \cap K_j,$$

бу ерда γ_u – таниб олиш оператори параметри.

Санаб ўтилган босқичлар потенциаллар тамойилига асосланган такомиллаштирилган таниб олиш операторларини тўлагича аниқлайди.

2.2 параграфда потенциал манбалари моделларини қуришга асосланган таниб олиш операторлари янги синфининг босқичлари келтирилган.

Потенциал манбалари моделларини қуришга асосланган таниб олиш операторларини қуриш ўз ичига еттита босқични олади. Таниб олиш операторларини беришнинг биринчи ва иккинчи босқичлари такомиллаштирилган таниб олиш операторларини беришнинг биринчи ва иккинчи босқичларига мос келади. Шунинг учун учинчидан бошлаб кейинги бешта босқич кўриб чиқилади.

3. $K_j (j = \overline{1, l})$ синф учун ҳар бир қисм тўпламда боғлиқлик моделларини аниқлаш. $x_i - \Omega_q$ қисм тўпламга тегишли бўлган ихтиёрий белги бўлсин.

$$x_i = F(\bar{c}, x_q), \quad x_i \in \Omega_q \setminus x_q, \quad i = \overline{1, |\Omega_q|}, \quad q \neq i,$$

бунда \bar{c} – номаълум параметрлар вектори, F – бирор бир берилган $\{F\}$ синфдаги функция.

Номаълум параметрлар вектори \bar{c} нинг ҳисобланган қийматлари $K_j (j = \overline{1, l})$ синф учун Ω_q белгилар қисм тўпламда боғлиқлик моделини аниқлайди. $F(\bar{c}, x)$ нинг параметрик кўринишини берилиши ва \bar{c} ни аниқлаш усулига қараб $\Omega_q (q = \overline{1, n'})$ белгилар қисм тўпламда боғлиқликнинг турли моделларини ҳосил қиламиз.

4. Боғлиқликнинг мақбул моделларини ажраттиш. Ω_q да боғланишнинг мақбул моделини қидириш I_0 тўпламга тааллуқли объектлар учун қаралаётган моделларнинг ўстунлик баҳоси асосида амалга оширилади:

$$T_i = \frac{\Theta_{ij}}{\mathfrak{M}_{ij}},$$

$$\Theta_{ij} = L_2 \sum_{s \in \bar{K}_j} (x_i - F_j(\bar{c}, x_q))^2,$$

$$\mathfrak{M}_{ij} = L_1 \sum_{s \in C\bar{K}_j} (x_i - F_j(\bar{c}, x_q))^2,$$

$$L_1 = |\bar{K}_j|, L_2 = |C\bar{K}_j|.$$

5. Ω_q га қирувчи белгилар бўйича K_j ва S объектлар орасидаги $d_q(K_j, S)$ тафовут функцияни аниқлаш. K_j синф объектлари ва S объект орасидаги $d_q(K_j, S)$ тафовут функцияни қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$d_q(K_j, S) = \sum_{q=1}^{n'} \eta_q |a_i - F_j(\bar{c}, \chi_q)|,$$

бунда $F_j(\bar{c}, \chi_q)$ – боғланишнинг мақбул модели; a_i – S объектнинг i -белгиси қиймати; χ_q – таянч белги. χ_i белги кучли боғланган Ω_q белгиларнинг қисм тўпламига тегишли деб ҳисобланади.

6. K_j синф объектлари ва S объект орасидаги $U_j(S)$ яқинлик функциясини бериш. Ушбу босқичда S объектни K_j синфга яқинлиги аниқланади.

$$U(S, S_v) = 1/(1 + \lambda d(S, S_v)),$$

бу ерда λ – таниб олиш оператори параметри.

7. K_j синфга тегишлилик баҳосини ҳисоблаш. Мазкур босқичда S объектнинг K_j синфга тегишлилик баҳосини ҳисоблаш яқинлик баҳосининг функцияси сифатида аниқланади:

$$\mu_j(S) = \gamma_j \Pi(K_j, S) - \sum_{\substack{u=1 \\ u \neq j}}^l \gamma_u \Pi(K_j, S),$$

бунда γ_u – таниб олиш операторининг параметри.

Таниб олиш операторларининг таклиф этилган модели босқичлари π параметрлар мажмуасини ажратиш имконини беради. Агар ушбу параметрларга маълум сонли қийматларни ўзлаштирилса, у ҳолда таниб олишнинг мос алгоритмини оламиз. Сонли параметрлар тўплами ва таниб олиш алгоритми орасидаги боғлиқлик қаралаётган таниб олиш операторининг параметрик ифодасига олиб келади.

Таниб олиш операторлари моделларининг параметрик ифодаси ҳар бир операторга дастлабки ахборот таҳлили асосида олинган параметрларнинг аниқ сонли қийматларига мос қўйиш имконини беради.

2.3 параграфда ишлаб чиқилган таниб олиш операторларининг параметрик ифодалаш масалалари батафсил кўриб чиқилган. Натижада π^θ параметрлар фазосида акслантиришни ҳосил қиламиз:

потенциаллар тамойилига асосланган таниб олиш операторларининг такомиллаштирилган модели:

$$\pi^\theta = (n', \{\bar{\omega}\}, \{\bar{p}\}, \{\lambda_i\}, \xi, \{\gamma_u\}),$$

бу ерда θ – бериладиган параметрлар сони;

потенциаллар манбалари моделини қуришга асосланган таниб олиш операторларининг модели:

$$\pi^\theta = (n', \{\bar{\omega}\}, \{\bar{c}\}, \{\bar{p}_q\}, \{\eta_q\}, \xi, \{\gamma_u\}),$$

бу ерда θ – бериладиган параметрлар сони.

Диссертациянинг “Экстремал алгоритмларни қуриш усулларини ишлаб чиқиш” деб номланган учинчи бобида экстремал таниб олиш алгоритмларини қуриш масалалари кўрилган, ишлаб чиқилган таниб олиш операторлари параметрлар тўпламини топиш жараёнлари келтирилган.

3.1 параграфда ишлаб чиқилган таниб олиш операторлар доирасида экстремал таниб олиш операторини қуриш масаласининг формал кўриниши келтирилган.

Таниб олиш операторлар тўплами берилган. Ушбу тўпландаги ихтиёрый B оператор π параметрлар тўпламини берилиши билан тўлиқ ифодаланади. Кўриб чиқилаётган тўпландаги барча таниб олиш операторларини $B(\pi, S)$ орқали белгилаб оламиз. Унда экстремал таниб олиш алгоритмларини қуриш масалалари $B(\pi, S)$ таниб олиш алгоритмлар орасидан $B(\pi^*, S)$ (2) шартни бажарувчи оптимал операторни топиш масаласи сифатида ифодалаш мумкин. Бунда π таниб олиш операторининг созловчи параметрлар вектори.

(2) масалани ечишнинг асосий ғояси, ҳар бир қадамда топилган параметрлар векторининг “оптимал” қийматларини кетма-кет аниқлашдан иборат. Ҳар бир итерациядан сўнг (1) сифат функционали қиймати

ҳисобланади. Агар қиймати берилган чегаравий сондан кичик ёки итерация қиймати берилган қийматдан катта бўлса, унда излаш жараёни тўхтатилади.

Кейинги параграфларда ишлаб чиқилган таниб олиш операторларининг параметрлар тўпламини ҳар бир элементи қийматини аниқлаш жараёнлари кўриб чиқилган.

3.2 параграфда кучли боғлиқ бўлган белгилар тўплamlарини ажратиб олиш жараёни келтирилган. Унинг асосий ғояси қуйидагидан иборат. Агар кўрилатган белгилар тўплами бир-бирига етарлича ўхшаш бўлса, улар бирлаштирилади. Акс ҳолда, улар фарқли ҳисобланиб, ҳар хил тўплamlарга ажратилади.

3.3 параграфда репрезентатив белгилар тўпламини шакллантириш жараёни берилган. Репрезентатив белгиларни танлашнинг асосий ғояси, бу шакллантирилатган белгилар тўпламида улар ўртасидаги фарқ (ўхшамаслик). Репрезентатив белгилар тўпламини шакллантириш жараёнида, ҳар бир танлаб олинган реперезентатив белги ўзининг кучли боғлиқ бўлган белгилар тўпламининг типик вакили бўлиши талаб қилинади. Кучли боғлиқ бўлган белгилар тўплamlдан репрезентатив белгини аниқлаб олиш усули уларнинг қувватига боғлиқ. Кучли боғлиқ бўлган белгилар тўпламини шакллантиришда бир, икки ва ундан кўп элементли тўплamlлар ҳосил бўлади. Ушбу жараённи амалга оширганда белгилар фазоси берилганга нисбатан анча кичиклаштирилади.

3.4. параграфда ҳар бир синф учун кучли боғлиқ бўлган белгилар тўплamlларида боғлиқликлар модели кўриб чиқилган. Шу билан бирга боғлиқлик чизиқли кўринишда берилади:

$$x_i = c_1 x_{i_q} + c_0, x_i \in \Omega_q \setminus x_{i_q},$$

бу ерда c_1, c_0 – боғлиқликлар моделининг номаълум параметрлари. Бу номаълум параметрларни қийматларини аниқлаш учун Холецкий алгоритмидан фойдаланилади.

3.5 параграфда объект ва синф ўртасидаги фарқни характерловчи функциянинг параметрларини аниқлаш алгоритмлари таклиф қилинган. Ҳар бир танлаб олинган белги учун фарқлилик функцияси параметри $x_i (i = \overline{1, n''})$:

$$\lambda_i = (\Xi_i - P_i) / \sum_{i=1}^{n''} (\Xi_i - P_i),$$

$$\Xi_i = \sum_{j=1}^l \left(\frac{1}{m_j(m - m_j)} \sum_{\substack{s_u \in R_j \\ s_p \in R_j}} r_{uv}(x_i) \right),$$

$$P_i = \sum_{j=1}^l \left(\frac{2}{m_j(m_j + 1)} \sum_{S_u, S_v \in R_j} r_{uv}(x_i) \right).$$

Потенциал функциянинг силлиқловчи параметрининг қийматини аниқлаш учун дихотомия усулидан фойдаланилади.

Диссертациянинг “Ишлаб чиқилган алгоритмларни экспериментал тадқиқи ва дастурий амалга оширилиши” деб номланган тўртинчи бобида “MRO-PF” дастурий мажмуанинг таснифи берилган ва ишлаб чиқилган таниб олиш операторларининг самарадорлиги модел масалани, клавиатура орқали матн киритаётган фойдаланувчини аутентификация қилиш, шахсни овози бўйича идентификация қилиш ҳамда маданий ўсимликларнинг барг тасвирлари бўйича фитосанитар ҳолатини диагностика қилиш масалаларида текшириб кўрилган.

4.1 параграфда ишлаб чиқилган “MRO-PF” дастурий мажмуасининг тузилмаси ва вазифалари, модел масала ва амалий масалаларнинг ечиш натижалари ҳамда солиштирма таҳлилий натижалар келтирилган.

Тадқиқот қилинадиган таниб олиш операторлари сифатида, потенциал функциялар типидagi қуйдаги таниб олиш моделлари танланган: классик (A_1), такомиллаштирилган таниб олиш алгоритми (A_2), ва потенциал манбалари моделини қуришга асосланган таниб олиш алгоритми (A_3). Таъкидлаб ўтилган таниб олиш алгоритмларининг амалий масалаларни ечишдаги солиштирма таҳлили қуйдаги тамойиллар асосида амалга оширилди:

- текширув танловидagi объектларни тўғри таниб олиш;
- ўқитишга сарфланадиган вақт;
- текширув танловидagi объектларни таниб олиш учун сарфланадиган вақт.

Ушбу тамойиллар қийматини ҳисоблаб чиқиш учун ҳар бир масала учун танловни ўқитиш ва текшириш танловларига бўлиб чиқилади. Бўлиш стандарт текширувлар кесишуви усулида амалга оширилади: 10 тасодифий танлов тахминан бир хил узунликга эга бўлган ва ҳар бир синфни бир хил қамраб олган 10 блокларга ажратилади, ҳар бир блок кетма-кет текшириш, қолганлари ўқитиш танлови деб олинади. Таниб олиш аниқлиги ва вақт кўрсаткичлари ўртача кўринишда олинади. Экспериментлар оператив хотираси 4 Gb тенг бўлган Intel Core i3 2,5 GHz компьютерида амалга оширилган.

Экспериментлар натижалари жадвалларда келтирилган. Бу жадвалда 1,2,3,4 мос равишда қуйдагилар:

– модел масала (синфлар сони $l = 2$; объектлар сони $m = 400$; белгилар сони $n = 200$);

– клавиатура орқали матнни киритиш ҳаракати бўйича фойдаланувчини аутентификация қилиш масаласи ($l = 5$; $m = 250$; $n = 90$);

– фойдаланувчини овози бўйича шахсни идентификация қилиш масаласи ($l = 10$; $m = 500$; $n = 116$);

– маданий ўсимликларнинг барг тасвирлари бўйича фитосанитар ҳолатини ташхис қилиш масаласи ($l = 2$; $m = 200$; $n = 120$).

Ўтказилган экспериментал тадқиқотлар натижалари қуйидагиларни кўрсатмоқда:

1. Таклиф қилинган таниб олиш операторлар модели белгилар фазоси ўлчами катта бўлганда таниб олиш аниқлигини оширди. Лекин бунда ушбу алгоритмларни ўқитишга сафланадиган вақт кўпайди.

1-жадвал

**A₁ алгоритмидан фойдаланган ҳолда олинган ҳисоблаш
экспериментлари натижалари**

Масала №	Потенциал функцияларга асосланган классик таниб олиш алгоритми		
	Вақт (сек.)		Таниб олиш аниқлиги(%)
	Ўқитиш	Таниб олиш	
1	1,68347851	0,13060913	80,75
2	1,04776129	0,08250652	73,49
3	2,70392575	0,21052087	82,68
4	0,85635329	0,06468329	79,38

2-жадвал

**A₂ алгоритмидан фойдаланган ҳолда олинган ҳисоблаш
экспериментлари натижалари**

Масала №	Потенциал функцияларга асосланган такомиллаштирилган таниб олиш алгоритми		
	Вақт (сек.)		Таниб олиш аниқлиги (%)
	Ўқитиш	Таниб олиш	
1	4,49672578	0,00349737	94,41
2	6,32509603	0,00488517	81,03
3	32,80234118	0,02568897	94,32
4	2,61951308	0,00196486	90,23

**A₃ алгоритмидан фойдаланган ҳолда олинган ҳисоблаш
экспериментлари натижалари**

Масала №	Потенциал манбалари моделларини қуришга асосланган таниб олиш алгоритми		
	Вақт (сек.)		Таниб олиш аниқлиги (%)
	Ўқитиш	Таниб олиш	
1	5,04212891	0,0001671	97,08
2	7,11976442	0,00023763	86,95
3	36,94990908	0,00122677	95,29
4	2,91049545	0,00008825	92,66

2. Потенциаллар манбаи моделини қуришга асосланган таниб олиш операторларини ўқитиш учун сарфланадиган вақт кўриб чиқилган бошқа таниб олиш операторларига нисбатан қисман кўп бўлишига қарамасдан, ушбу моделлар қуйидаги ижобий томонларга эга:

- ўқитиш объектлари тўпламига оид ахборот хотирада сақлаш учун нисбатан анча кам жой керак бўлади;
- номаълум объектларни таниб олиш жараёнида операциялар сони нисбатан кам бўлганлиги сабабли, таклиф қилинган таниб олиш операторларини реал вақтда фойдаланиш учун мўлжалланган дастурларни ишлаб чиқишда фойдаланиш мумкин.

Иловада диссертация ишининг натижалари амалиётга жорий қилинганлигини исботловчи ҳужжатлар ҳамда ЭХМ учун ишлаб чиқилган дастур расмий равишда рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги томонидан берилган гувоҳномалар нусхалари келтирилган.

ХУЛОСА

“Белгилар фазоси ўлчамининг катталигини ҳисобга олган ҳолда потенциал функциялар синфи доирасида таниб олиш операторларини синтез қилиш усуллари” мавзусидаги диссертация иши бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Мавжуд таниб олиш алгоритмлари моделларининг таҳлили шуни кўрсатдики, улар асосан белгилар фазоси боғлиқ бўлмаган ҳол учун амалий масалаларни ечишга қаратилган. Фан, техника ва ишлаб чиқаришнинг кўпгина масалаларида объектлар ўзаро боғлиқ белгилар фазосида ифодаланади. Таниб олиш алгоритмларининг кўпгина турлари ишлаб чиқилган бўлишига қарамасдан, улар ушбу масалаларни ечишда аниқлик ва ҳисоблаш мушкуллиги нуқтаи назаридан етарлича самара бермайди.

2. Белгилар фазоси катта бўлган ҳолда тимсолларни таниб олиш

масаласини ечиш мақсадида икки ёндашув кўриб чиқилди, жумладан: мавжуд таниб олиш операторларини такомиллаштириш; потенциал функцияларга асосланган янги таниб олиш операторларини ишлаб чиқиш. Биринчи йўналишда репрезентатив ва мақбул белгиларни танлаб олиш йўли билан такомиллаштирилди. Иккинчи йўналишда потенциал манбалари моделларини куриш асосида янги таниб олиш операторлари ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган таниб олиш операторлари белгилар фазосида боғлиқликларни ҳисобга олиш имконини беради.

3. Ишлаб чиқилган таниб олиш операторлари моделларининг тузулмавий таҳлили асосида улар параметрик ифодаланган ва экстремал алгоритмларни куриш масаласи шакллантирилган. Ушбу масалани ечиш номаълум параметрларни қийматларини аниқлашга келтириш мумкинлиги кўрсатилган. Ушбу қийматларни аниқлаш жараёнлари таклиф қилинган, улар ёрдамида экстремал алгоритмларни яратиш имконини беради.

4. Ишлаб чиқилган таниб олиш операторлари асосида ўзаро боғлиқ белгилар фазосида берилган объектларни таснифлаш ва прогноз қилишга мўлжалланган, “MRO-PF” дастурий мажмуаси ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган дастурий мажмуанинг ишлаши модел масала ва республика иқтисодиёти учун муҳим аҳамиятга эга бўлган амалий масалаларни ечиш билан кўрсатилди. Бунда таниб олиш аниқлигини ўртача 10-15 фоизга ошириш имконини беради.

5. Ўтказилган экспериментал тадқиқотлар натижасида ишлаб чиқилган таниб олиш операторлари ва дастурий мажмуасини амалиётда қўллаш услублари ишлаб чиқилди, улар қуйидагиларга асосланади:

- таниб олиш объектлари берилган белгилар фазоси катталашган сари, белгилар ўртасида боғлиқликлар мавжуд бўлиши эҳтимоли ортади. Бу эса, ўз навбатида ишлаб чиқилган таниб олиш операторларидан фойдаланганда самара ортишига хизмат қилади;

- белгилар фазосининг ўлчами катта ҳолда берилган объектларни таниб олишга сарфланадиган вақтни қисқартириш мақсадида ишлаб чиқилган таниб олиш операторларидан фойдаланиш тавсия қилинади, мисол учун, реал вақтда ишлайдиган таниб олиш тизимлари яратиш имконини беради.

6. Олинган натижалар, келтирилган хулосалар ва тавсияларнинг ишончлилиги, дастлабки жўнатмаларнинг тўлиқлиги ва тўғрилиги, тимсолларни таниб олиш назарияси ва маълумотларни интеллектуал таҳлил усулларини тўғри қўллашга асосланади ҳамда қуйидагилар билан текширилди ва тасдиқланди:

- белгилар фазосининг ўлчами катта бўлган ҳолда таниб олиш модел масаларида ўтказилган ҳисоблаш экспериментлари натижалари билан;

- ишлаб чиқилган таниб олиш операторларидан фойдаланиш самаравийлиги тўғрисидаги назарий хулосалар тимсолларни таниб олишдаги хатоликларни тажрибавий баҳолаш ва тимсолларни аниқлаш соҳасидаги замонавий тадқиқотлар натижалари ҳамда солиштирма таҳлили билан;

- экспериментал тадқиқотлар натижалари ва тўртинчи бобда келтирилган амалий масалларни ечиш билан.

7. Ишлаб чиқилган таниб олиш операторлари тиббий ва техник диагностика, геологик прогноз қилиш, беометрик идентификация қилиш ва белгилар фазосининг ўлчами катта бўлган ҳолда объектларни таснифлаш масаласини ечиш зарур бўлган бошқа соҳаларда қўллаш имконини беради.

8. Кейинги тадқиқотларни таклиф қилинган таниб олиш операторлари доирасида экстремал таниб олиш операторларини қуришда ҳисоблаш амалларини камайтиришга йўналтириш лозим. Шу ўринда таъкидлаб ўтиш жоизки, бир қатор амалий масалаларни ечишда, экстремал операторларни қуришда биринчи навбатдаги масалалар юзага келди, бу:

- “мустақил” белгилар тўпламини сонини аниқлаш жараёни;
- афзал белгилар тўпламини аниқлаш жараёни;
- тафовут функциясининг параметрини аниқлаш жараёни.

Шу сабабдан, таниб олиш операторларининг ушбу параметрларни аниқлаштириш жараёнларини ишлаб чиқиш йўналишида тадқиқотларни давом эттириш лозим.

**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 ОЛИМЖОН НОМАЗОВИЧ

**СИНТЕЗ РАСПОЗНАЮЩИХ ОПЕРАТОРОВ В КЛАССЕ
ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ С УЧЕТОМ БОЛЬШОЙ
РАЗМЕРНОСТИ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА**

05.01.03 – Теоретические основы информатики

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

Ташкент–2018

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2017.1.PhD/T46.

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.ziyo.net).

Научный руководитель:

Фазылов Шавкат Хайруллаевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Гулямов Шухрат Манопович
доктор технических наук, профессор

Порсаев Ганиджан Мухамедович
кандидат технических наук

Ведущая организация:

Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

Защита диссертации состоится «9» июня 2018 г. в 12⁰⁰ 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 № 2544). (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «26» мая 2018 года.
(протокол рассылки № 5 от «28» апреля 2018 г.).



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

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

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

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 технической и медицинской диагностике, биометрических системах, системах управления производственными процессами является одной из важных задач. На сегодняшний день разработаны и исследованы различные методы распознавания и классификации, в частности, детерминированные, вероятностные, логические и структурные методы. Во многих странах мира, в том числе в США, Белоруссии, Великобритании, Германии, Южной Кореи, Канаде, Российской Федерации, Сингапуре, Украине, Китае, Индии, Японии, уделяется большое внимание проблемам распознавания и классификации.

В мире одним из приоритетных направлений развития компьютерных технологий является разработка и исследование новых методов и алгоритмов, используемых в системах распознавания образов, в том числе, алгоритмов распознавания, ориентированных для использования в случаях большой размерности признакового пространства. В этой связи разработка алгоритмов распознавания образов в пространстве взаимосвязанных признаков, обеспечивающих возможность распознавания в признаковом пространстве большой размерности, входит в число важных задач.

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: «...дальнейшее развитие дорожно-транспортной инфраструктуры, внедрение информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, системы управления»¹. Осуществление указанных задач, в том числе, разработка распознающих операторов в классе потенциальных функций с учетом большой размерности признакового пространства считается одной из важных задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», постановлениями Президента Республики Узбекистан №ПП-3245 от 29 августа 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в

¹Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О мерах по дальнейшей реализации Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах»

сфере информационно-коммуникационных технологий», №ПП-1989 от 27 июня 2013 года «О мерах по дальнейшему развитию Национальной информационно-коммуникационной системы Республики Узбекистан», 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».

Степень изученности проблемы. Вопросы разработки и усовершенствования методов обработки данных и распознавания образов, а также их практического применения рассмотрены в работах С.В.Абламейко, С.А.Айвазяна, М.А.Айзермана, В.В.Александрова, В.Б.Берикова, М.М.Бонгарда, Э.М.Бравермана, В.Н.Вапника, В.И.Васильева, С.Ватанабе, Р.Гонсалеса, А.Л.Горелика, Н.Д.Горского, У.Гренандера, И.Б.Гуревича, А.Г.Дьяконова, Р.Дуды, Ю.И.Журавлева, Н.Г.Загоруйко, А.Г.Ивахненко, В.А.Ковалевского, Г.С.Лбова, В.Л.Матросова, Н.Нильсона, Т.Павлидиса, Э.Патрика, Ф.Розенблатта, Дж.Ту, К.Фу, П.Харта, Б.Хорна, Я.З.Цыпкина и др.

В Узбекистане большой вклад в развитие теоретических основ распознавания образов и классификационной обработки данных внесли М.М.Камилов, Р.Т.Абдукаримов, З.Т.Адилова, Ф.Т.Адилова, Э.М.Алиев, Дж.Х.Гулямов, Н.А.Игнатъев, Р.А.Лутфуллаев, А.Х.Нишанов, С.С.Садыков, Н.Т.Рустамов, М.Х.Тешабаева, Ш.Е.Туляганов, Ш.Х.Фазылов, Р.Х.Хамдамов и др.

В настоящее время, несмотря на достигнутые успехи в развитии теории и практики распознавания образов, проблема разработки алгоритмов распознавания образов в пространстве взаимосвязанных признаков с применением метода потенциальных функций изучена недостаточно глубоко.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научных проектов плана научно-исследовательских работ Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий по следующим темам: № ФА-А17-Ф010 «Разработка алгоритмического и программного обеспечения многоуровневой системы биометрической идентификации личности» (2009-2011); № А5-ФА-Ф022

«Разработка и практическое применение гибридных алгоритмов и программного обеспечения биометрических решений» (2012-2014); № Ф4-ФА-Ф004 «Теория информационно-распознающих систем частичной прецедентности и методы их применения для интеллектуального анализа данных» (2012-2016); № А5-003 «Разработка и практическое применение алгоритмического и программного обеспечения системы анализа рукописных текстов» (2015-2017).

Целью исследования является разработка распознающих операторов в классе потенциальных функций в условиях большой размерности признакового пространства.

Задачи исследования:

модификация распознающих операторов, основанных на потенциальных функциях;

разработка распознающих операторов, основанных на построении моделей источников потенциала;

параметрическое представление и оптимизация разработанных распознающих операторов;

выработка рекомендаций по практическому применению разработанных распознающих операторов на основе решения модельной и практических задач.

Объектом исследования является класс алгоритмов распознавания образов, основанных на потенциальных функциях.

Предмет исследования составляют распознающие операторы, основанные на потенциальных функциях и построенные с учетом большой размерности признакового пространства и взаимозависимости признаков.

Методы исследований. В процессе исследования использованы методы дискретной математики, теории вероятностей и математической статистики, а также распознавания образов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны модифицированные распознающие операторы, основанные на потенциальных функциях и учитывающие коррелированность признаков, формирующих пространство описания объектов;

разработан новый класс распознающих операторов, основанных на построении моделей источников потенциала, описывающих исследуемые объекты;

осуществлено параметрическое представление разработанных распознающих операторов и сформулирована задача построения экстремального алгоритма распознавания;

разработаны процедуры определения значений параметров предлагаемых распознающих операторов при построении экстремального алгоритма распознавания.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:
усовершенствованы распознающие операторы, основанные на потенциальных функциях и учитывающие взаимосвязанность признаков;
разработаны вычислительные процедуры, ориентированные на построение экстремального алгоритма распознавания в рамках разработанных распознающих операторов;

разработан программный комплекс «MRO-PF», предназначенный для решения задачи распознавания образов, описанных в признаковом пространстве большой размерности;

осуществлена оценка работоспособности разработанных распознающих операторов на примере решения модельной и ряда практических задач.

Достоверность результатов исследования обусловлена корректной постановкой и математически обоснованным решением задачи построения экстремального алгоритма распознавания, результатами проведенных численных экспериментов на модельной задаче в условиях большой размерности пространства признаков, согласованностью теоретических выводов об эффективности разработанных распознающих операторов с экспериментальными оценками вероятности ошибки распознавания.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в дальнейшем развитии теории распознавания образов в части разработки моделей алгоритмов распознавания в условиях взаимосвязанности признаков, формирующих пространство описания объектов большой размерности.

Практическая значимость определяется тем, что разработанные распознающие операторы и программное обеспечение позволяют повысить эффективность решения прикладных задач, в которых рассматриваемые объекты заданы в признаковом пространстве большой размерности.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов по разработке распознающих операторов в классе потенциальных функций с учетом большой размерности признакового пространства и программного комплекса:

модифицированные распознающие операторы, основанные на потенциальных функциях, и разработанное программное обеспечение внедрены в Центр научно-технических и маркетинговых исследований государственное унитарное предприятие «UNICON.UZ» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 14 марта 2018 года №33-8/1743) для решения задачи аутентификации пользователя по клавиатурному почерку. В результате использования разработанного программного средства обеспечена возможность повышения точность идентификации пользователя на 9%;

распознающие операторы, основанные на построении моделей источников потенциала, и программное обеспечение внедрены в Центр развития системы «Электронное правительство» (справка Министерства по

развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 14 марта 2018 года №33-8/1743) для решения задачи аутентификации пользователя по клавиатурному почерку. В результате использования разработанного программного средства обеспечена возможность снижения ошибок не декларированного доступа пользователей в информационную систему на 50%;

модифицированные распознающие операторы, основанные на потенциальных функциях, и разработанное программное обеспечение внедрены в филиал «УзМобайл» Акционерной компании «Узбектелеком» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 14 марта 2018 года №33-8/1743) для решения задачи усовершенствования организации управления контролем доступа в производственные помещения предприятия. В результате использования разработанного программного средства обеспечена возможность улучшения точности идентификации личности по голосу на 15%;

распознающие операторы, основанные на построении моделей источников потенциала, и программное обеспечение внедрены в Экспертно-криминалистический центр МВД РУз для решения задачи идентификации личности по голосу. (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 14 марта 2018 года №33-8/1743) В результате научного исследования достигнуто повышение точности идентификации личности по голосу на 10%.

Апробация результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 12 республиканских и 6 международных конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 35 научных работ. Из них 10 в журнальных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 1 в иностранных и 9 в республиканских журналах. Также получены 3 свидетельства о регистрации программных продуктов для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация содержит 119 страниц и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «Современное состояние проблем распознавания образов» рассмотрены основные модели алгоритмов распознавания образов, указаны предпосылки к разработке новых моделей алгоритмов распознавания, учитывающих коррелированность признаков пространства, в котором представлены объекты распознавания. Введены необходимые понятия и определения, а также сформулирована основная задача диссертационного исследования.

В параграфе 1.1 приведена классификация моделей алгоритмов распознавания образов, предложенная Ю.И. Журавлевым.

В параграфе 1.2 приведен обзор литературы по алгоритмам распознавания образов, основанным на методе потенциальных функций. Обзор этих моделей показывает, что в настоящее время теоретически разработан целый ряд различных методов построения алгоритмов распознавания. Однако анализ существующих литературных источников показывает, что разработанные модели алгоритмов распознавания в основном ориентированы на решение задач, где объекты описаны в пространстве независимых признаков (или зависимость между признаками достаточно слабая).

На практике часто встречаются прикладные задачи распознавания образов, заданных в пространстве признаков большой размерности. При решении подобных задач предположение о независимости признаков достаточно часто не выполняется. Данное обстоятельство подтверждает, что вопросы по созданию распознающих алгоритмов, которые могут быть применены для решения прикладных задач распознавания при больших размерностях признакового пространства и наличии взаимосвязанности признаков исследованы недостаточно полно.

В параграфе 1.3, следуя работам Ю.И. Журавлева и его учеников, введены необходимые понятия и определения, используемые в работе, а также сформулирована задача исследования.

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 $P_j(S) - "S \in K_j"$.

Функционал качества алгоритма распознавания \mathcal{A} зададим в виде

$$\mathfrak{R}(\mathcal{A}) = \frac{1}{q} \sum_{u=1}^q H(\|\bar{\alpha}(S_u) - \mathcal{A}(\pi, S_u)\|_B), \quad (1)$$

$$H(x) = \begin{cases} 0, & \text{при } x = 0; \\ 1, & \text{при } x \neq 0, \end{cases}$$

$$\mathcal{A} = B^{\circ}C,$$

$$B(\|b_{ij}\|_{m \times l}) = \|b_{ij}\|_{m \times l},$$

$$C(\|b_{ij}\|_{m \times l}, c_1, c_2) = \|b_{ij}\|_{m \times l},$$

где $\|\cdot\|_B$ - норма булевого вектора, q - число объектов контрольной выборки.

На множестве $\{\mathcal{A}\}$ задан функционал качества (1). Уточненная основная задача (задача \tilde{Z}) состоит в том, что среди алгоритмов $\{\mathcal{A}\}$ необходимо найти такой алгоритм \mathcal{A}^* , что:

$$\mathfrak{R}(\mathcal{A}^*) = \inf_{\mathcal{A} \in \{\mathcal{A}\}} \mathfrak{R}(\mathcal{A}). \quad (2)$$

Для решения задачи (2) рассмотрены два подхода: модификация существующих и разработка новых распознающих операторов с учетом взаимосвязанности признаков.

В соответствии с первым подходом осуществлена модификация распознающих операторов на основе исключения взаимосвязанных признаков и выделения независимых признаков, а вторым – разработаны распознающие операторы, основанные на оценке взаимосвязанности признаков. В обоих случаях в качестве исходной модели рассмотрены алгоритмы распознавания, основанные на потенциальных функциях.

Во второй главе диссертации «Разработка распознающих операторов, основанных на потенциальных функциях» описаны основные этапы задания этих распознающих операторов и рассмотрены вопросы их параметрического представления.

В параграфе 2.1 приведены этапы построения модифицированных распознающих операторов, которые можно представить следующим образом.

1. Выделение подмножеств сильносвязанных признаков. На данном этапе определяется система «независимых» подмножеств признаков, состав которой будет зависеть от параметра n' . Задавая различные целочисленные значения этому параметру, получим различные распознающие операторы.

2. Формирование набора репрезентативных признаков. В результате выполнения данного этапа получаем сокращенное пространство признаков, размерность которого намного меньше исходного. Далее сформированное пространство признаков обозначим через X' ($X' = (x'_1, \dots, x'_{n'})$).

3. Выделение предпочтительных признаков. Выбор предпочтительного признака из X' осуществляется на основе оценки доминантности рассматриваемого признака, которая разделяет объекты, принадлежащие множеству S^m , на два подмножества \bar{K}_j и $C\bar{K}_j$.

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

$$d(S_u, S_v) = \sum_{i=1}^{n'} \lambda_i (s_{ui} - s_{vi})^2,$$

где λ_i – весовой коэффициент, который соответствует признаку x_i'' .

5. *Задание функции близости* $\Pi(S_u, S_v)$ между объектами S_u и S_v . На данном этапе определяется функция близости между объектами S_u и S_v с помощью потенциальных функций. В качестве потенциальной функции введем положительную функцию $\Pi(S_u, S_v)$, убывающую при удалении объекта S_v от объекта S_u . Функция $\Pi(S_u, S_v)$ играет роль потенциала заряда, расположенного в точке S_v при фиксированном S_u .

6. *Вычисление оценки принадлежности для объекта S по классу K_j* . Суммарным потенциалом для класса будем считать функцию

$$P_j(S) = \sum_{S \in \bar{K}_j} \gamma_u \Pi(S_u, S), \quad \bar{K}_j = \bar{S}^m \cap K_j,$$

где γ_u – параметр распознающего оператора.

Перечисленные этапы полностью определяют модифицированные распознающие операторы, основанные на принципе потенциалов.

В параграфе 2.2 приведены этапы задания нового класса распознающих операторов, основанных на моделях источников потенциала.

Построение распознающих операторов, основанных на моделях источников потенциала, включает семь основных этапов. Первый и второй этапы задания распознающих операторов данного типа соответствуют первому и второму этапам задания модифицированных распознающих операторов. Поэтому далее рассматриваются следующие пять этапов, начиная с третьего.

3. *Определение моделей зависимости в каждом подмножестве признаков для класса K_j ($j = \overline{1, l}$)*. Пусть x_i – произвольный признак, принадлежащий подмножеству Ω_q .

$$x_i = F(\bar{c}, x_q), \quad x_i \in \Omega_q \setminus x_q, \quad i = \overline{1, |\Omega_q|}, \quad q \neq i,$$

где \bar{c} – вектор неизвестных параметров; F – функция из некоторого заданного класса $\{F\}$.

Вычисленные значения вектора неизвестных параметров \bar{c} определяют модель зависимости в подмножестве признаков Ω_q для класса K_j ($j = \overline{1, l}$). В зависимости от задания параметрического вида $F(\bar{c}, x)$ и метода определения \bar{c} получаем разнообразные модели зависимости в подмножестве признаков Ω_q ($q = \overline{1, n'}$).

4. **Выделение предпочтительных моделей зависимости.** Поиск предпочтительной модели зависимости в Ω_q осуществляется на основе оценки доминантности рассматриваемых моделей для объектов, которые относятся к множеству I_0 :

$$T_i = \frac{\mathfrak{S}_{ij}}{\mathfrak{M}_{ij}},$$

$$\mathfrak{S}_{ij} = L_2 \sum_{S \in \bar{K}_j} (x_i - F_j(\bar{c}, x_q))^2,$$

$$\mathfrak{M}_{ij} = L_1 \sum_{S \in \bar{K}_j} (x_i - F_j(\bar{c}, x_q))^2,$$

$$L_1 = |\bar{K}_j|, L_2 = |C\bar{K}_j|.$$

5. **Определение функции различия $d_q(K_j, S)$ между K_j и объектом S по признакам, входящих в Ω_q .** Функцию различия $d_q(K_j, S)$ между объектами класса K_j и объектом S можно определить следующим образом:

$$d_q(K_j, S) = \sum_{q=1}^{n'} \eta_q |a_i - F_j(\bar{c}, x_q)|,$$

где $F_j(\bar{c}, x_q)$ – предпочтительная модель зависимости; a_i – значение i -го признака объекта S ; x_q – базовый признак. Считается, что признак x_i принадлежит подмножеству сильносвязанных признаков $\Omega_q \setminus x_q$.

6. **Задание функции близости $U_j(S)$ между объектом S и объектами класса K_j .** На данном этапе определяется близость объекта S к классу K_j .

$$U(S, S_v) = 1 / (1 + \lambda d(S, S_v)),$$

где λ – параметр распознающего оператора.

7. **Вычисление оценки принадлежности к классу K_j .** Принадлежность объекта S к классу K_j определяется как функция от оценки близости:

$$\mu_j(S) = \gamma_j \Pi(K_j, S) - \sum_{\substack{u=1 \\ u \neq j}}^l \gamma_u \Pi(K_u, S),$$

где γ_u – параметр распознающего оператора.

Задание этапов предложенных распознающих операторов позволяет выделить набор параметров π . Если задать этим параметрам определенные числовые значения, то получим соответствующий алгоритм распознавания. Наличие связи между множеством числовых параметров и алгоритмами распознавания приводит к параметрическому представлению рассматриваемых распознающих операторов.

Параметрическое представление распознающих операторов дает возможность сопоставить конкретные численные значения параметров к каждому оператору распознавания.

В параграфе 2.3 подробно рассмотрены вопросы параметрического представления разработанных распознающих операторов. В результате, получаем отображение множества распознающих операторов в пространство параметров π^θ :

модифицированные распознающие операторы, основанные на принципе потенциалов:

$$\pi^\theta = (n', \{\tilde{\omega}\}, \{\tilde{p}\}, \{\lambda_i\}, \xi, \{\gamma_u\}),$$

распознающие операторы, основанные на построении моделей источников потенциала:

$$\pi^\theta = (n', \{\tilde{\omega}\}, \{\tilde{c}\}, \{\tilde{p}_q\}, \{\eta_q\}, \xi, \{\gamma_u\}),$$

где θ – число задаваемых параметров.

В третьей главе диссертации «Разработка методов построения экстремальных распознающих операторов» рассмотрена задача построения экстремального распознающего алгоритма, приведены процедуры определения значений параметров разработанных распознающих операторов.

В параграфе 3.1 описана формальная постановка задачи построения экстремального распознающего оператора в рамках разработанных распознающих операторов.

Дано множество распознающих операторов. Любой оператор B из этого множества полностью определяется заданием набора параметров π . Совокупность всех распознающих операторов из рассматриваемого множества обозначим через $\mathcal{B}(\pi, S)$. Тогда задачу построения экстремального распознающего оператора можно сформулировать как задачу поиска оптимального оператора $B(\pi^*, S)$ среди распознающих алгоритмов $\mathcal{B}(\pi, S)$, обеспечивающего выполнение условия (2). Здесь π – вектор настраиваемых параметров распознающего оператора.

Основная идея решения задачи (2) заключается в последовательном нахождении оптимальных значений вектора настраиваемых параметров на каждом этапе. После каждой итерации вычисляется значение функционала

качества (1). Если оно меньше заданного порога или число итераций больше заданного, то процедура поиска останавливается.

В следующих параграфах рассмотрены процедуры определения значений каждого элемента из набора параметров разработанных распознающих операторов.

В параграфе 3.2 описана процедура выделения подмножеств сильносвязанных признаков. Суть этой процедуры заключается в следующем. Рассматриваемая совокупность признаков объединяется в одно подмножество, если они достаточно схожи друг с другом. В противном случае, они считаются различными и их относят к разным подмножествам.

В параграфе 3.3 приведена процедура формирования набора репрезентативных признаков. С помощью данной процедуры выбирается набор репрезентативных признаков, на основе оценки их различия (несходства). В процессе формирования набора репрезентативных признаков требуется, чтобы каждый выделенный признак был типичным представителем своего подмножества сильносвязанных признаков. Способ выбора репрезентативных признаков из подмножеств сильносвязанных признаков зависит от их мощности. При выделении набора сильносвязанных признаков возникают подмножества с одним, двумя и более элементами. В результате выполнения данной процедуры получаем сокращенное пространство признаков, размерность которого намного меньше исходного.

В параграфе 3.4 рассматриваются модели зависимостей в каждом подмножестве признаков для класса. При этом модели зависимости задаются в линейном виде

$$x_l = c_1 x_{lq} + c_0, x_l \in \Omega_q \setminus x_{lq},$$

где c_1, c_0 – неизвестные параметры модели зависимости. Для определения численных значений этих неизвестных параметров использован алгоритм Холецкого.

В параграфе 3.5 предложены алгоритмы определения значений параметров функций различия и близости между классом и объектом. Значения параметров функции различия для каждого предпочтительного признака $x_l (l = \bar{1}, n'')$ вычисляются по формуле

$$\lambda_l = (\Xi_l - P_l) / \sum_{l=1}^{n''} (\Xi_l - P_l),$$

$$\Xi_l = \sum_{j=1}^l \left(\frac{1}{m_j(m - m_j)} \sum_{\substack{S_u \in R_j \\ S_p \in R_j}} r_{uv}(x_l) \right),$$

$$P_l = \sum_{j=1}^l \left(\frac{2}{m_j(m_j + 1)} \sum_{S_u S_v \in R_j} r_{uv}(x_l) \right).$$

Для определения численных значений параметра сглаживания используется метод дихотомии.

В четвертой главе диссертации «Программная реализация и экспериментальные исследования разработанных алгоритмов» даётся описание программного комплекса «MRO-PF» и исследована эффективность разработанных моделей алгоритмов распознавания при решении модельной задачи, задач аутентификации пользователя по клавиатурному почерку, идентификации личности по голосу и диагностики фитосанитарного состояния культурных растений по изображениям листьев.

В параграфе 4.1 описаны назначение и структура разработанного комплекса «MRO-PF». В параграфах 4.2-4.5 приведены результаты решения модельного и прикладных задач, а также проведен сравнительный анализ результатов их решения.

Для проверки и сравнительного анализа были выбраны следующие модели алгоритмов распознавания, основанные на принципе потенциалов: классическая (A_1), модифицированная (A_2) и алгоритмы распознавания, основанные на построении моделей источников потенциала (A_3). Сравнительный анализ перечисленных моделей алгоритмов распознавания при решении рассмотренной задачи проведён по следующим критериям:

- точность распознавания объектов контрольной выборки;
- время, затраченное на обучение;
- время, затраченное на распознавание объектов из контрольной выборки.

Для вычисления этих критериев для каждой задачи произведено разбиение выборки на обучающую и контрольную выборки. Разбиение строится по стандартной методике перекрестной проверки: генерируется 10 случайных разбиений выборки на 10 блоков примерно равной длины и равными долями классов, и каждый блок поочерёдно становится контрольной выборкой, остальные – обучающей. Точность распознавания и временные показатели определялись как средние. Эксперименты проводились на компьютере Intel Core i3 2,5 GHz с объемом оперативной памяти 4Gb.

Результаты экспериментов представлены в таблицах 1-3, где задачами 1, 2, 3, 4 являются соответственно:

- модельная задача (число классов $l = 2$; число объектов $m = 400$; число признаков $n = 100$);
- задача аутентификации пользователя по клавиатурному почерку ($l = 5$; $m = 250$; $n = 90$);
- задача идентификации личности по голосу ($l = 10$; $m = 500$; $n = 116$);

– задача диагностики фитосанитарного состояния культурных растений по изображениям листьев ($l=2$; $m=200$; $n=120$).

Таблица 1
Результаты вычислительного эксперимента с применением A_1

№ задачи	Классические алгоритмы распознавания, основанные на принципе потенциалов		
	Время (в сек.)		Точность распознавания(в %)
	Обучение	Распознавание	
1	1,68347851	0,13060913	80,75
2	1,04776129	0,08250652	73,49
3	2,70392575	0,21052087	82,68
4	0,85635329	0,06468329	79,38

Таблица 2
Результаты вычислительного эксперимента с применением A_2

№ задачи	Модифицированные алгоритмы распознавания, основанные на принципе потенциалов		
	Время (в сек.)		Точность распознавания(в %)
	Обучение	Распознавание	
1	4,49672578	0,00349737	94,41
2	6,32509603	0,00488517	81,03
3	32,80234118	0,02568897	94,32
4	2,61951308	0,00196486	90,23

Таблица 3
Результаты вычислительного эксперимента с применением A_3

№ задачи	Алгоритмы распознавания, основанные на построении моделей источников потенциала		
	Время (в сек.)		Точность распознавания(в %)
	Обучение	Распознавание	
1	5,04212891	0,0001671	97,08
2	7,11976442	0,00023763	86,95
3	36,94990908	0,00122677	95,29
4	2,91049545	0,00008825	92,66

Результаты сравнительного анализа показывают, что:

1. Предложенные распознающие операторы позволили повысить точность распознавания объектов, описанных в коррелированном пространстве признаков. При этом имеет место некоторое увеличение времени обучения этих операторов.

2. Несмотря на то, что время обучения предложенных распознающих операторов, основанных на построении моделей источников потенциала, несколько больше, чем у других рассмотренных распознающих операторов, эти операторы имеют следующие преимущества:

- нет необходимости хранения объектов обучающей выборки в памяти;
- высокое быстродействие при распознавании объектов, что позволяет использовать данные распознающие операторы при разработке систем распознавания, работающих в режиме реального времени.

В приложении приведены документы, подтверждающие практическое использование результатов диссертационной работы, а также копии свидетельств об официальной регистрации программы для ЭВМ, выданных Агентством по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного диссертационного исследования на тему «Синтез распознающих операторов в классе потенциальных функций с учетом большой размерности признакового пространства» сводятся к следующим основным выводам:

1. Анализ существующих моделей алгоритмов распознавания показал, что в основном они ориентированы на решение прикладных задач распознавания объектов с независимыми признаками. В большинстве прикладных задач распознавания, встречающихся в науке, технике и производстве, рассматриваемые образы характеризуются взаимосвязанными признаками. Хотя разработаны различные алгоритмы решения задач распознавания для таких образов, они оказались малоэффективными с точки зрения точности и сложности вычисления.

2. Для решения задачи распознавания в условиях взаимосвязанности признаков рассмотрены два подхода: модификация существующих распознающих операторов; разработка новых распознающих операторов типа потенциальных функций. В соответствии с первым подходом осуществлена модификация распознающих операторов на основе исключения взаимосвязанных признаков, а также выделения репрезентативных и предпочтительных признаков. В рамках второго подхода предложены новые распознающие операторы, базирующиеся на оценке взаимосвязанности признаков. Суть этих операторов заключается в

построении и использовании моделей зависимостей в качестве описания объектов, принадлежащих определенному классу.

3. На основе анализа структур предложенных распознающих операторов осуществлено их параметрическое представление и сформулирована задача построения экстремального распознающего оператора. Показано, что решение данной задачи можно свести к задаче нахождения оптимальных значений набора параметров. Предложены процедуры определения этих значений.

4. На базе предложенных алгоритмов распознавания разработан программный комплекс «MRO-PF», предназначенный для решения задачи прогнозирования и классификации объектов, заданных в пространстве взаимосвязанных признаков. Показана работоспособность данного программного комплекса на примере решения модельной задачи, а также ряда прикладных задач, имеющих важное значение в экономике нашей республики. При этом точность распознавания увеличивается в среднем на 10-15%.

5. По результатам проведенных экспериментальных исследований выработаны рекомендации по практическому применению разработанных распознающих алгоритмов и программного комплекса, суть которых сводится к следующему:

- при увеличении размерности признакового пространства, в котором задают объекты распознавания, увеличивается и вероятность того, что между признаками существует взаимосвязанность. Это, в свою очередь, влечет за собой повышение эффективности использования разработанных распознающих операторов;

- при необходимости сокращения времени распознавания объектов, заданных в признаковом пространстве большой размерности, рекомендуется применение разработанных распознающих операторов, например, в системах распознавания, работающих в режиме реального времени.

6. Достоверность полученных результатов, приведенных выводов и рекомендаций обусловлена полнотой и корректностью исходных посылок, корректным применением методов интеллектуального анализа данных и теории распознавания образов, а также проверена и подтверждена:

- результатами проведенных численных экспериментов на модельных задачах распознавания образов в условиях большой размерности пространства признаков;

- результатами сравнительного анализа с результатами современных исследований в области распознавания образов и согласованностью теоретических выводов об эффективности разработанных алгоритмов с экспериментальными оценками вероятности ошибки;

- результатами экспериментальных исследований и решений практических задач, приведенными, в частности, в четвертой главе настоящей работы.

7. Разработанные распознающие операторы могут быть использованы в медицинской и технической диагностике, геологическом прогнозировании, биометрической идентификации и других областях, где предусмотрено решение задач классификации объектов, заданных в пространстве признаков большой размерности.

8. Дальнейшие исследования должны быть направлены на сокращение объема вычислительных операций при построении экстремального распознающего оператора в рамках предложенных распознающих операторов. При этом следует отметить, что в результате решения ряда практических задач выявлены первостепенные задачи, возникающие при построении экстремального распознающего оператора:

- процедура определения числа подмножеств «независимых» признаков;
- процедура определения набора предпочтительных признаков;
- процедура определения параметров функции различия.

Поэтому необходимо продолжить исследования в направлении разработки процедур, уточняющих эти параметры распознающих операторов.

**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 OLIMJON NOMAZOVICH

**SYNTHESIS OF RECOGNIZED OPERATORS IN THE CLASS OF
POTENTIAL FUNCTIONS WITH THE ACCOUNT OF LARGE
DIMENSIONS OF THE SIGNIFICANT SPACE**

05.01.03 – Theoretical basis of computer science

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

Tashkent-2018

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.1.PhD/T46.

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

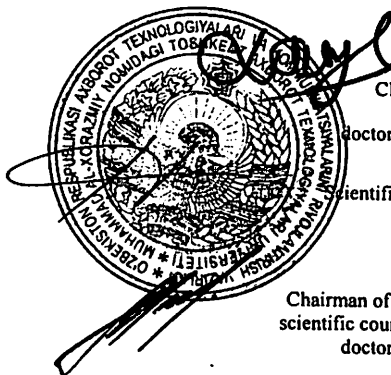
Porsayev Ganidjan Muxamedovich
Candidate of technical sciences

Leading organization: The National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

The defense will take place " 9 " June 2018 at 12⁰⁰ 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. 2544) (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation sent out on "26" May 2018 y.
(mailing report No. 6 on "28" April 2018 y.).



R.Kh.Khamdamov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

F.M.Nuraliev
Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences

M.A.Ismailov
Chairman of the academic seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of research work is the development, research and practical application of recognizing operators in the class of potential functions in conditions of the large dimensionality of the feature space.

The object of the research work is the class of pattern recognition algorithms based on potential functions.

The scientific novelty of the research work is as follows:

there were developed modified recognition operators based on potential functions and taking into account the correlation of features forming the object description space;

there was developed the new class of recognizing operators based on the construction of a model of potential sources describing the objects under investigation;

a parametric representation of the developed recognition operators is carried out and the problem of constructing an extreme recognition algorithm is formulated;

procedures for determining the values of the parameters of the proposed recognizing operators for the construction of an extreme recognition algorithm are developed.

Implementation of the research results. The results of the thesis work, implemented as a set of programs, are implemented in:

The State Unitary Enterprise "UNICON.UZ" Center for Scientific, Technical and Marketing Research (reference letter № 33-8/1743 of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan, dated 14th March, 2018) for solving the task of user authentication using the keyboard handwriting. As a result of using the developed software, the accuracy of user identification is increased by 9% with respect to the traditional recognition algorithm based on the principle of potentials.

The Center for the Development of the Electronic Government System (reference letter № 33-8/1743 of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan, dated 14th March, 2018) to solve the task of user authentication using the keyboard handwriting. As a result of using the developed software, it is possible to reduce mistakes of 50 percent of the users' access to the information system.

"UzMobile" branch of "Uztelecom" Joint Stock Company (reference letter № 33-8/1743 of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan, dated 14th March, 2018) for solving the task of improving the organization of access control management in production facilities of the enterprise. As a result of using the developed software, it is possible to improve the accuracy of voice identification by 15% in comparison with the traditional recognition algorithm, based on the principle of potentials.

recognizing operators based on the construction of models of potential sources and software implemented in the Forensic Center of the Ministry of

Internal Affairs of the Republic of Uzbekistan to solve the task of identifying a person by voice (reference letter № 33-8/1743 of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan, dated 14th March, 2018). As a result of scientific research, the accuracy of voice identification by voice has been increased by 10% with respect to the traditional recognition algorithm based on the principle of potentials.

Structure and volume of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, the list of used literature and appendix. The volume of the dissertation 119 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙЎХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

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

2. Мирзаев О.Н. Выделение репрезентативных признаков при построении алгоритмов распознавания //Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2008. – № 6. – С.23-27 (05.00.00; №5).

3. Фазылов Ш.Х., Мирзаев О.Н., Махкамов А.А. Вопросы предварительной обработки и описания речевого сигнала в задачах идентификации личности //Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2008. – № 2. – С. 10-15 (05.00.00; №5).

4. Мирзаев О.Н. Метод потенциальных функций при решении задачи распознавания образов в условиях взаимосвязанности признаков //Вестник ТУИТ. – Ташкент, 2008. – № 4. – С.21-23 (05.00.00; №10).

5. Мирзаев О.Н. Распознающие операторы, основанные на построении модели источников потенциала //Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2012. – №6. – С. 80-87 (05.00.00; №5).

6. Камилов М.М., Фазылов Ш.Х., Мирзаев О.Н. Модель модифицированных распознающих операторов, основанных на принципе потенциалов //Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2013. – № 2. – С. 50-56 (05.00.00; №12).

7. Камилов М.М., Фазылов Ш.Х., Мирзаев О.Н. Параметризация модифицированных распознающих операторов, основанных на принципе потенциалов //Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2013. – № 4. – С. 53-57 (05.00.00; №12).

8. Камилов М.М., Фазылов Ш.Х., Мирзаев О.Н. Определение параметров моделей модифицированных распознающих операторов, основанных на принципе потенциалов //Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2013. – № 6. – С. 38-45 (05.00.00; №12).

9. Мирзаев О.Н. Выделение подмножеств сильносвязанных признаков при построении экстремальных алгоритмов распознавания //Вестник ТУИТ. – Ташкент, 2015. – №3. – С. 145-151 (05.00.00; №10).

10. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Мирзаев О.Н. Построение распознающих операторов в условиях взаимосвязанности признаков //Радиоэлектроника, информатика, управление. – Запорожье, 2016. – № 1. – С.58-63. (№2) Journal Impact Factor, IF=2,91.

11. Рустамов Н.Т., Даминов О.А., Аширханов А.К, Мирзаев О.Н. Выделение признаков в задаче распознавания личности по изображениям отпечатков пальцев //Вестник Иркутского государственного технического университета. – Иркутск, 2012. – № 12. – С. 30-34.

12. Каримов И.К., Раджабов С.С., Мирзаев О.Н., Даминов О.А. Распознающие операторы, основанные на принципе потенциалов, в условиях большой размерности признакового пространства//Вестник камчатского государственного технического университета. – Петропавловск-Камчатский, 2012. – №22. – С.8-14.

13. Фазылов Ш.Х., Раджабов С.С., Мирзаев О.Н. Современное состояние проблем распознавания образов //Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2015. – №2. – С.99-112.

14. Фазылов Ш.Х., Раджабов С.С., Мирзаев О.Н. Анализ состояния вопросов построения моделей, основанных на принципе потенциалов //Проблемы вычислительной и прикладной математики, Ташкент, 2016. – №3. – С.88-97

15. Фазылов Ш.Х., Жуманазаров С.С., Мирзаев О.Н., Турымбетов Т.А. Некоторые вопросы создания системы речевого распознавания//Казахстан за 10 лет: проблемы экономики, образования и науки: Международная научно-теоретическая конференция. – Туркистан, 2001. – С.249-250.

16. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Махкамов А.А., Мирзаев О.Н. Выделение признаков речевого сигнала в задачах идентификации личности //Региональная информатика (РИ-2008): Тез. докл. Междунар. конф. – СПб, 2008. – С.148-149.

17. Камиллов М.М., Фазылов Ш.Х., Раджабов С.С., Мирзаев О.Н. Гибридные алгоритмы распознавания, основанные на принципе потенциалов //Региональная информатика (РИ-2008): Тез. докл. Междунар. конф. – СПб, 2008. – С.35-36.

18. Мирзаев О.Н. Построение алгоритмов распознавания, основанных на методе потенциальных функций, в условиях взаимосвязанности признаков //Региональная информатика (РИ-2008): Тез. докл. Междунар. конф. – СПб, 2008. – С.148.

19. Фазылов Ш.Х., Раджабов С.С., Мирзаев О.Н., Жумаев Т.С. Выделение геометрических признаков изображений ушных раковин при идентификации личности //Региональная информатика (РИ-2008): Тез. докл. Междунар. конф. – СПб, 2008. – С.148.

20. Мирзаев О.Н. Метод потенциальных функций при построении гибридных алгоритмов распознавания //Управление большими системами: Сб. труд. V школы-семинара молодых ученых. – Липецк, 2008. – Т. 1. – С.58-63.

21. 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 WCIS-2008, November 25-27, 2008. – Tashkent. – pp. 160-164.

22. Мирзаев О.Н. Распознающие операторы, основанные на базисных потенциальных функциях // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Теоретико-прикладные аспекты социально-

экономического и политического развития стран Центральной Азии И СНГ». Т.2. –Алматы КазАТиСО, 2013. –С. 454-464.

23. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Мирзаев О.Н. Об одной модели модифицированных алгоритмов распознавания типа потенциальных функций //Математические методы распознавания образов (ММРО–14): Сб. тр. Всеросс. конф. – Москва, 2009. – С.200 – 203.

24. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Мирзаев О.Н. Модифицированные алгоритмы распознавания, основанные на вычислении оценок //Интеллектуальные системы принятия решений проблемы вычислительного интеллекта (ISDMCI'2010) : Материалы международной научной конференции. – Херсон, ХНТУ, 2010. – Том 1. – С.404-409.

25. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Жумаев Т.С., Мирзаев О.Н. Алгоритмы идентификации личности человека, основанные на методе потенциальных функций //Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта (ISDMCI'2010): Материалы международной научной конференции. – Херсон, 2010. –Т. 1. – С.400-404.

26. Фазылов Ш.Х., Рахронов А.Т., Мирзаев О.Н. Определение параметра сглаживания потенциальной функции при построении алгоритмов распознавания //Информатика: проблемы, методология, технологии: Материалы XII междунар. научно-методической конференции. – Воронеж, 2012. – С. 414-415.

27. Раджабов С.С., Мирзаев О.Н., Даминов О.А., Мирзаева С.Н. Модифицированные алгоритмы распознавания, основанные на принципе потенциалов// Искусственный интеллект и его приложения: материалы межвузовского научно-исследовательского семинара с международным участием – Магнитогорск, 2012. –С. 7-17.

28. Мирзаев О.Н., Жумаев Т.С. Построение алгоритмов распознавания личности по изображению ушных раковин// Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении. – Ташкент, 2015. –С. 342-343.

29. Фазылов Ш.Х., Раджабов С.С., Мирзаев О.Н. Модель модифицированных распознающих алгоритмов, основанных на принципе потенциалов // Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении. – Ташкент, 2016. –С. 491-495.

30. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Тухтасинов М.Т., Мирзаев О.Н. Выделение признаков при распознавании личности по изображению лица// Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении. – Ташкент, 2017. –С. 341-347.

31. Раджабов С.С., Мирзаев О.Н., Мирзаева С.Н. Модифицированные распознающие операторы, основанные на принципе потенциалов// Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении. – Ташкент, 2017. –С. 377-283.

32. Мирзаев О.Н., Мухаммадиев Р.М. Построение модели распознавания с учётом большой размерности признакового пространства//Значение информационно-коммуникационных технологий в инновационном развитии реальных отраслей экономики: Республиканская научно-техническая конференция. – Ташкент, 2017. – С. 283.

33. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Хусанов Н.О., Раджабов С.С., Мирзаев О.Н. Шахсни кулоқ сурпасининг тасвири буйича идентификация қилиш //Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 01599. 8.10.2008 г.

34. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С., Мирзаев О.Н., Жумаев Т.С. Тасвирлардаги объектларни таниб олиш //Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство № DGU 01609. 16.10.2008 г.

35. Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Мирзаев О.Н. «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 84x60 1/16 “Times New Roman” гарнитураси рақами босма усулда босилди.
Шартли босма табоғи 2,75. Адади 100. Буюртма № 16.**

**“ЎзР Фанлар академияси Асосий кутубхонаси” босмахонасида чоп этилди.
100170, Тошкент, Зиёлилар кўчаси, 13-уй**