

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

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

ҲАМРОЕВ АЛИШЕР ШОДМОНҚУЛОВИЧ

НОРАВШАН ТЎПЛАМЛАР НАЗАРИЯСИ ЭЛЕМЕНТЛАРИГА
АСОСЛАНГАН БАҲОЛАРНИ ҲИСОБЛОВЧИ ТАНИБ ОЛИШ
АЛГОРИТМЛАРИ

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Kitobni quyida ko'rsatilgan muddatdan
kechiktirmay qaytaring

УДК: 004.93

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

(PhD)

аси

тософини (PhD)

рphy (PhD)

аҳоларни

..... 3

итов теория

..... 19

elements of

..... 35

..... 39

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.T.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ

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

ҲАМРОЕВ АЛИШЕР ШОДМОНҚУЛОВИЧ

НОРАВШАН ТЎПЛАМЛАР НАЗАРИЯСИ ЭЛЕМЕНТЛАРИГА
АСОСЛАНГАН БАҲОЛАРНИ ҲИСОБЛОВЧИ ТАНИБ ОЛИШ
АЛГОРИТМЛАРИ

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

ТЕХНИКА ФАҲЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазиран Махкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2017.1.PhD/T47 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари университети хузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион марказида бажарилган.

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

| | |
|---------------------|--|
| Илмий маслаҳатчи: | Камил Мирзаян Мирзаахмедович техника фанлари доктори, профессор, академик |
| Расмий оппонентлар: | Игамбердиев Хусан Закирович техника фанлари доктори, профессор, академик Мухамедиева Дилноз Тулкуновна техника фанлари доктори, профессор |
| Етафчи ташкилот: | Самарқанд давлат университети |

Диссертация химояси Тошкент ахборот технологиялари университети хузуридаги DSc.27.06.2017.T.07.01 Илмий кенгашнинг 2018 йил «27» сентябр соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темура 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 6533 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темура кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2018 йил «12» сентябр да тарқатилди.
(2017 йил «30» декабр даги 1 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.

Н.Равшанов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д.

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда инсон фаолиятининг турли соҳаларида объектлар, жараёнлар ва ҳодисалар ҳақидаги ахборотлар ҳажмининг кескин ортиб бorganи сайин, уларни интеллектуал таҳлил қилиш тизимларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга катта эътибор қаратилмоқда. Интеллектуал тизимларда тимсолларни аниқлаш ҳамда поравшан тўпламлар назарияси асосида ишлаб чиқиладиган усул ва алгоритмлардан технологик қурилмаларда фойдаланиш орқали «Инсонлар орасида робототехник қурилмаларининг учраши одатий ҳолга айланиб, 2017 йилда Халқаро робототехника федерацияси тадқиқотларида келтирилишича 2016 йилда дунёда 1,5 миллион атрофида роботлар меҳнат қилган бўлса, 2017 йилнинг охирига келиб, уларнинг сони 1,9 миллионга оширилади»¹. Шу жиҳатдан, жаҳоннинг етакчи ҳорижий давлатларида, жумладан АҚШ, Япония, Германия, Буюк Британия, Россия, Озарбайжон ҳамда Ўзбекистонда норавшан тўпламлар назариясини амалиётга тадбиқ этилиши борасида олиб бориладиган ишлар муҳим аҳамият касб этмоқда.

Жаҳон амалиётида маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш, тимсолларни аниқлаш каби инсон ақл-идрокига таянадиган йўналишларда норавшан тўпламлар устида ишлайдиган «табiiй» ёндашувли замонавий усулларни ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга йўналтирилган илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан тимсолларни аниқлашнинг қисмий прецедентлик тамойилига асосланган эвристик алгоритмлари ҳамда норавшан тўпламлар назарияси элементлари қўлланиладиган таниб олиш усулларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Ҳозирги кунда республикамизда ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш мақсадида дастурий маҳсулотларни ишлаб чиқиш, уларнинг хавфсизлигини таъминлаш, маълумотларга ишлов бериш ва сақлаш учун маълумотлар марказини (Data Centre) яратиш ҳамда уларни амалиётга тадбиқ этишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан катта ҳажмли ахборотлар (тасвирлар, сигналлар, овозлар ва видео) кўринишидаги маълумотларни сақлаш, рақамли ишлов бериш ҳамда интеллектуал таҳлил қилишга мўлжалланган дастурий маҳсулотлар ишлаб чиқилмоқда. Шу билан бир қаторда, маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш соҳасида ишлаб чиқиладиган дастурий маҳсулотлар самарадорлигини ошириш мақсадида турли типли белгилар, жумладан норавшан тўпламлар орқали тавсифланадиган объектларни қиёслаш модуларини такомиллаштириш ва тимсолларни аниқлашнинг модификацияланган алгоритмларини ишлаб чиқиш талаб этилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «Ахборот-коммуникация технологияларини янада ривожлантириш, дастурий маҳсулот ишлаб чиқарувчиларга янада қулай ташкилий, технологик ва

¹ <https://rb.ru/longread/The-future-is-not-painful/>

иктисодий шароитлар яратиш, ... иктисодиёт, ижтимоий соҳа ва бошқарув тизимида ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»² вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш тизимлари учун норавшан тўпламлар назарияси элементларидан фойдаланиладиган таниб олиш алгоритмларни ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 29 ноябрдаги ПФ-5264-сон «Ўзбекистон Республикаси Инновацион ривожланиш вазирлигини ташкил этиш тўғрисида»ги Фармонлари, 2013 йил 27 июндаги ПҚ-1989-сон «Ўзбекистон Республикаси Миллий ахборот-коммуникация тизимини янада ривожлантириш тўғрисида»ги, 2014 йил 3 апрелдаги ПҚ-2158-сон «Ахборот-коммуникацион технологияларни иктисодиётнинг реал секторига янада жорий қилиш тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада амалга ошириш учун 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.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Тимсолларни аниқлаш соҳасида прецедентлар асосида таниб олишга оид бир қатор илмий изланишлар олиб борилган бўлиб, жумладан, Ф.Розенблатнинг дастлабки таниб олувчи нейрон тўрлар модели (Розенблат перцептрони), россиялик олимлар М.А.Айзерман, Э.М.Браверман, Л.И.Розоноэрларнинг потенциал функциялар усули, В.Н.Вапник, А.Я.Червоненкиснинг тимсолларни аниқлашнинг статистик назарияси, Ю.И.Журавлевнинг баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари, Вл.Д.Мазуровнинг комитетлар усули, Н.Г.Загоруйконинг таксономия ва билимларни таҳлил қилиш алгоритмлари, Г.С.Лбов таниб олиш ва боғлиқликларни излашнинг мантикий усуллари ва ш.к. йўналишлар назарияси ўрганилди. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари С.В.Яблонскийнинг қисмий прецедентлик тамойилига асосланган тест алгоритми гоёсига таяниб, Ю.И.Журавлев томонидан ишлаб чиқилган ва унинг мактаби олимлари томонидан такомиллаштириб келинмоқда. Тимсолларни аниқлашнинг ушбу йўналиш-даги усул ва алгоритмлари устида мамлакатимиз олимларидан М.М.Камиллов, Ш.Х.Фозилов, Ф.Т.Адилова, З.Т.Адилова, Н.А.Игнатъев, А.Х.Нишанов, Э.М.Алиев, Ш.Э.Туляганов ва бошқалар салмоқли ҳисса қўшганлар.

Норавшан тўпламлар назарияси ўтган асрнинг 60-йилларида америкалик олим Л.Заде томонидан асос солинган бўлиб, бу йўналиш инсон фикрлашига яқин моделлаштириш, таснифлаш ва маълумотлар таҳлили каби масалаларни ҳал этишда лингвистик термлар орқали табиий тилда баён этилган

² <http://strategy.regulation.gov.uz/ru/document/2>

ахборотлардан фойдаланади. Норавадан тўпламлар назарияси йўналиши бўйича хорижда Л.Заде, А.Дюбуа, А.Прада, Е.Мамдани, М.Сугено, Т.Такахи, М.Джамшиди, Н.Н.Моисеев, С.А.Орловский, Э.Мушник, О.И.Ларичев, Г.С.Поспелов, Д.А.Поспелов, Р.А.Алиев ва бошқалар. ҳамда Ўзбекистонда интеллектуал гибрид тизимларни, саноатда юмшоқ ҳисоблаш тизимларига асосланган, ноаниқлик шароитида қарорлар қабул қилиш, норавадан тўпламлар назарияси, норавадан мантиқ хулосалари усулларини ишлаб чиқишда Ф.Б.Абуталиев, Т.Ф.Бекмуратов, Д.Т.Мухамедиева, М.А.Рахматуллаев, Н.Р.Юсупбеков, Р.Н.Усманов, О.Ж.Бобомуродов, З.Б.Мингликулов ва бошқаларнинг илмий ишларида ўз аксини топган.

Шунга қарамадан, норавадан тўпламлар назарияси элементларидан фойдаланадиган баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларини ишлаб чиқиш муаммолари етарли даражада ўрганилмаган.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университети хузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион маркази илмий-тадқиқот ишлари режасининг Ф4-ФА-Ф004 «Қисмий прецедентликка асосланган информацион-таниб олиш тизимларининг назарияси ва уларни маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш учун тадбиқ этиш усуллари» (2012-2016), ФА-А17-Ф006 «Объект ҳақидаги ахборотни ноаниқ шароитда маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш учун мослашувчан тимсолларни таниб олиш тизими алгоритмик таъминоти» (2012-2014) ва А-5-004 «Ўсимликларни идентификациялаш ахборот-таниб олувчи тизимининг дастурий-алгоритмик таъминотини ишлаб чиқиш» (2014-2017) мавзусидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади маълумотларни интеллектуал таҳлил қилишда норавадан тўпламлар назарияси элементларидан фойдаланилиб модификацияланган баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазибалари:

баҳоларни ҳисоблашга асосланган таниб олиш моделлари параметрларининг мақбул қийматларини топиш усул ва процедураларини ишлаб чиқиш;

норавадан тўпламлар билан тавсифланадиган белгилар учун тегишлилик функцияларини қуриш ва улар ёрдамида яқинлик функцияси қийматларини топиш алгоритми босқичларини такомиллаштириш;

тимсолларни аниқлаш масалаларини ечишда норавадан тўпламлар назарияси элементлари қўлланиладиган модификацияланган баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларини ишлаб чиқиш;

таянч тўпламлар тизимини шакллантириш учун синфлар орасидаги белгилар муносабатларни аниқлаш ёндашувини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқилган усул ва алгоритмлар асосида таниб олувчи дастурий мажмуа ПРАСК-2ни яратиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш тизимлари учун баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларини такомиллаштириш жараёнлари қаралган.

Тадқиқотнинг предмети баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари, норавшан тўпламлар назарияси элементлари, таниб олиш алгоритмлари моделлари ва тегишлилик функцияларини параметрлаштириш усул ва алгоритмлари ҳамда тажрибавий тадқиқотлар ўтказиш учун дастурий мажмуалардан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш, тимсолларни аниқлаш, норавшан тўпламлар назарияси, математик статистика ва моделлаштириш ҳамда объектга йўналтирилган дастурлаш усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

баҳоларни ҳисоблашга асосланган таниб олиш алгоритми моделларида бўсағавий параметрлар ва овоз бериш узунлигининг мақбул қийматларини аниқлаш усул ва процедуралари ишлаб чиқилган;

генетик алгоритм ёрдамида бўсағавий параметрлар ҳамда тегишлилик функциялари параметрларининг мақбул қийматларини аниқлаш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

норавшан тўпламлар назарияси элементлари асосида саккиз босқичли баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларининг модификацияланган модели ишлаб чиқилган;

қисмий прецедентлик тамойили асосида таянч тўпламлар тизимини шакллантириш учун синфлар орасидаги белгили муносабатларни аниқлаш ёндашуви ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

модификацияланган баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари асосланган «Тимсолларни аниқлаш», ПРАСК-2/2М, «Tulipa Recognition» дастурий мажмуалари яратилган;

таниб олувчи дастурий мажмуаларнинг турли типли белгилар орқали тавсифланадиган объектларни қиёслаш учун яқинлик функцияси, тегишлилик функциялари ва элементар мантиқий классификаторларга асосланган модуллари такомиллаштирилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги услубий жиҳатдан масаланинг математик қўйилиши ва уни ечиш учун қўлланилган таниб олиш усул ва алгоритмларининг қатъийлиги, ечилган масалаларнинг назарий ва амалий натижаларининг мувофиқлиги, тест функцияси натижалари ҳамда реал амалий соҳаларга тадқиқ натижаларини солиштириш мослиги орқали изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларида норавшан тўпламлар назарияси элементларидан фойдаланиш ёндашувларини ишлаб чиқилиши баробарида маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш тизимларини такомиллаштириш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти модификацияланган қисмий прецедентлик алгоритмлари асосида ишлаб чиқилган таниб олувчи дастурий мажмуа тимсолларни аниқлаш масалаларини янада самарали ҳал этиш мумкинлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Норавайн тўпламли ўқув ва назорат танланмаларда таниб олиш масалаларини ечиш учун ишлаб чиқилган усул ва алгоритмлар ҳамда таниб олувчи дастурий мажмуалар асосида:

турли типли белгили объектларни қиёслаш процедуралари ва модификацияланган таниб олиш алгоритмларига асосланган ПРАСК-2 таниб олувчи дастурий мажмуаси Жиззах кишлоқ ва сув хўжалиги бошқармасида жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 22 декабрдаги 33-8/8689-сон маълумотномаси). Натижада экинлар ва экинзорларнинг мувофиқлиги ҳамда ҳосилдорликни башоратлашни автоматлаштириш орқали кутилаётган ҳосилдорликни йилига 2-3%га ошириш имконини берган;

ПРАСК-2М таниб олувчи дастурий мажмуаси Самарқанд вилоят «Компьютерлаштириш маркази» давлат унитар корхонасида ахборотларни қайта ишлаш ва башоратлаш тизимида хизмат кўрсатиш объектлари фаолиятини баҳолаш, таснифлаш ва башоратлаш масалаларини ҳал этишга жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 22 декабрдаги 33-8/8689-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида ахборотларни қайта ишлаш ва башоратлаш тизимида хизмат кўрсатиш объектлари фаолияти мониторингини 20-30%га тезкор ўтказиш орқали умумий иш фаолиятининг коэффициентини йилига 4-6%га ўсиш имконини берган;

норавайн тўпламлар назарияси элементлари қўлланилган модификацияланган баҳоларни ҳисоблашнинг алгоритмлари, ПРАСК-2М мажмуаси Самарқанд вилоят «Компьютерлаштириш маркази» давлат унитар корхонасига жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 22 декабрдаги 33-8/8689-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида белгилар фазосини шакллантириш, ўқув танланмаларни ташкил этиш ва назорат объектларини таснифлашни самарали амалга ошириш орқали бир ойда умумий вақт сарфини 15-20%га тежаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан 9 та халқаро ва 21 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳомадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқот мавзуси бўйича жами 51 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 10 та мақолалар, 3 таси ҳорижий ва 7 таси республика журналларида нашр қилинган ҳамда 8 та ЭҲМ дастурлари ва маълумотлар базаларини қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 118 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг “Объектлар ҳақидаги ахборотларнинг ноаниқлиги шароитида маълумотларни интеллектуал таҳлиллаш ёндашувлари” деб номланган биринчи бобида объектлар ҳақидаги ахборотларнинг миқдорий ва сифатий кўринишлари ҳамда маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш ва тимсолларни аниқлашнинг усулларининг замонавий ҳолатлари аналитик таҳлили келтирилган.

Биринчи параграфда реал соҳа объектларини белгили тавсифлаш муаммолари, объектлар ҳақидаги ахборотларнинг турли типлилик ва норавшанлик шароитидаги муаммолар муҳокама этилган.

Иккинчи параграфда маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш ва тимсолларни аниқлашнинг замонавий усул ва алгоритмлари таҳлил қилинган. Тимсолларни аниқлашда прецедентлик ва қисмий прецедентлик тамойиллари ва уларга асосланган усул ва алгоритмлар таҳлиliga алоҳида эътибор қаратилган.

Учинчи параграфда баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари (БҲА)нинг ҳар бир босқичидаги параметрлар таҳлили ҳамда ушбу алгоритмларни ўқитиш масалалари келтирилган.

Икки S ва S_q объектларнинг i -белгиси бўйича $x_i \in X_i$ ва $x_{iq} \in X_i$, $i = \overline{1, n}$, $q = \overline{1, m}$, элементларини қиёслаш учун $\rho_i(x_i, x_{iq})$ элементар мантиқий классификатор киритилади. БҲАнинг иккинчи босқичида S ва S_q объектларнинг $\tilde{\omega}$ -қисми (белгиларнинг k та танланмаси) бўйича яқинлик функцияси куйидаги кўринишда ифодаланади:

$$r(\tilde{\omega}S, \tilde{\omega}S_q) = \begin{cases} 1, & \text{агар } \sum_{i=1}^k \rho_i(x_i, x_{iq}) \leq \varepsilon \\ 0, & \text{бошқа ҳолатларда.} \end{cases} \quad (1)$$

Бу ерда $\tilde{\omega}S$, $\tilde{\omega}S_q - S$ ва S_q объектларининг $\tilde{\omega}$ -қисми, $1 < k < n$.

Тўртинчи параграфда тимсолларни аниқлаш масалаларини ечиш босқичларида норавшан тўпламлар назариясининг ўрни ва аҳамияти ҳақида қисқача тавсифлар келтирилган. Унда объектлар белгиларининг норавшан тўпламлар орқали ифодаланиши, уларни қиёслаш учун тегишлилик функцияларининг турлари келтирилган. Ўқув танланма объектларининг i -норавшан белгиси B , C , ... норавшан тўпламлари тегишлилик функциялари куйидаги кўринишда ифодаланади:

$$B = \left\{ \frac{\mu_B(x_i)}{x_i} \right\}, C = \left\{ \frac{\mu_C(x_i)}{x_i} \right\}, \dots, \mu_*(x_i) \in [0, 1]. \quad (2)$$

Бу ерда, $\mu_B(x_i)$, $\mu_C(x_i)$, ... — x_i элементнинг берилган норавшан тўпламга тегишлилигини аниқловчи тегишлилик функциялари.

БХАда таниб олиш масаласини ҳал қилиш учун $\{A\}$ алгоритмлар тўплами ва $\varphi_A(Z)$ сифат функционали куйидаги ифодаланлади:

$$A(S) = (\alpha_1^A(S), \alpha_2^A(S), \dots, \alpha_l^A(S)), \alpha_i^A(S) \in \{0, 1, \Delta\}, i = 1, 2, \dots, l. \quad (3)$$

Тимсолларни аниқлашнинг стандарт функционал сифати

$$\varphi(A) = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |\alpha_{ij} - \alpha_{ij}^A|.$$

Бешинчи параграфда дастлабки параграфларда келтирилган тахлилий натижалар асосида масаланинг қўйилиши шакллантирилди. Унда $\{A\}$ алгоритмлар тўплamidан шундай A^* алгоритмни топиш талаб этиладики, унинг сифат функционали энг юқори қийматга эга бўлсин:

$$\varphi(A^*) = \sup_{A \in \{A\}} \varphi(A)$$

Буни амалга ошириш учун турли типли белгиларни қиёслаш учун $\rho_i(x_i, x_{iq})$ элементар мантикий классификаторларни шакллантириш, норавшан тўпламлар учун тегишлилик функцияларини қуриш, модификацион БХАни ишлаб чиқиш ва унинг моделларини қиёслаш каби вазибалар шакллантирилган.

Диссертациянинг “Қисмий прецедентлик тамойилига асосланган таниб олиш алгоритмларида параметрлаштириш” номли иккинчи бобида қисмий прецедентликка асосланган таниб олиш алгоритмлари параметрлари ва уларнинг мақбул қийматларини аниқлаш усул ва алгоритмлари келтирилган.

Бобнинг биринчи параграфда $\{A_q(k, w_{\bar{\omega}}, \varepsilon, \varepsilon_i, p_i, \gamma(S_j), r, v_w, \delta_1, \delta_2)\}$ алгоритмлар, уларнинг боғлиқлиги, таниб олишдаги ўрни ҳамда умумий схемаси келтирилган. Бундан ташқари, БХА параметрларидан босқичма-босқич фойдаланиш ҳамда уларни қийматларини аниқлаш алгоритмлари таклиф этилган. БХА параметрларнинг мақбул қийматларини аниқлаш жараёнида “кам параметрли”, “ўрта параметрли” ва “қўп параметрли” моделлар аниқланган.

Иккинчи параграфда объектлар турли типли белгилари қийматларини қиёслаш учун ρ_i элементар мантикий классификаторлар (ЭМК) келтирилади:

а) агар объект белгиси икки қийматни (яъни бинар) қабул қилса, у ҳолда:

$$\rho_i(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{агар } x_{ij} = x_{iq} \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{акс ҳолда;} \end{cases} \quad (4)$$

б) агар белги микдорий бўлиб, дискрет ва узлуксиз қийматлардан иборат бўлса, унда қиёслаш функцияси куйидаги бўлади:

$$\rho_i(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{агар } |x_{ij} - x_{iq}| \leq \varepsilon_i \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{акс ҳолда.} \end{cases} \quad (5)$$

Бу ерда ε_i — i -микдорий белги учун ўрнатилган бўсага қиймати;

с) агар белги тартибланган тўплamidан иборат бўлса, унда $\tilde{X}_i \in X_i$ қисм тўплам элементлари куйидагича қиёсланади:

$$\rho_i(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{агар } x_{ij} \in \bar{X}_i, x_{iq} \in \bar{X}_i \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{акс ҳолда;} \end{cases} \quad (6)$$

d) агар белги норавшан қийматлар, яъни B_1, B_2, \dots, B_t норавшан тўпламлар орқали ифодалан бўлса, унда ρ_i қиёслаш функцияси $\mu_{B_u}(x_{ij}), u = \bar{1}, t$ тегишлилик функциянинг натижасига асосан аниқланади:

$$\rho_i(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{агар } \mu_{B_u}^*(x_{ij}) = \mu_{B_u}^*(x_{iq}) \text{ бўлса,} \\ 0, & \text{акс ҳолда.} \end{cases} \quad (7)$$

Бу ерда $\mu_{B_u}^*(x_{ij}) = \max_{u=1,t} \mu_{B_u}(x_{ij}), \mu_{B_u}^*(x_{iq}) = \max_{u=1,t} \mu_{B_u}(x_{iq})$. Икки норавшан белгилар қийматларининг ўзаро яқинлиги уларнинг энг катта қиймат олувчи терм-тўпламларининг тенглиги билан характерланади.

Учинчи параграфда берк тестларни аниқлаш усули таҳлил қилиниб, Ω_A таянч тўпламлар тизимини аниқлаш алгоритми ишлаб чиқилган. Унда таянч тўпламлар тизимини тўлиқ перебор ва белгиларнинг информативлик даражаларига нисбатан аниқлаш босқичлари келтирилади. БХАнинг А алгоритми бўйича аниқланган барча Ω_A таянч тўпламлар тизимидан шундай Ω_A^k аниқланадики, $\varphi(\Omega_A^k) \rightarrow \max$ бўлади. Бу ерда k – овоз бериш узунлиги.

Тўртинчи параграфда (5) кўринишдаги формула бўйича миқдорий белгиларни қиёслаш учун фойдаланилагдиган ε_i -бўсағавий қийматларни ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган. Диссертацияда ε_i -бўсағалар қийматларини ҳисобловчи $\min \max$, математик кутилма, оралик, БХА, эволюцион алгоритмларга асосланган усуллар келтирилган. Шунингдек, диссертация ишида берилган танланмада ушбу усулларнинг энг мақбулини танлаш алгоритми батафсил баён этилган.

Бешинчи параграфда ε_i -бўсағалар қийматларини аниқлаш учун генетик алгоритмдан (ГА) фойдаланиш алгоритми келтирилган. Бу алгоритмда ε_i -бўсағаларнинг ГА операторлари воситасида генерацияланган тасодикий қийматлари мақсад функцияси БХА ёрдамида текширилади ва сошлаб борилади. Бу ерда t тасодикий миқдорлар бўйича аниқланган φ_t сифат функционалларидан энг мақбул φ^* ни аниқлаш талаб этилади:

$$\varphi^* = \max \left(\varphi_t \left(\Gamma_u(S_j), GA_t(x_i(S_j), \varepsilon_i) \right) \right). \quad (8)$$

Бу ерда $\Gamma_u(S_j)$ – БХАда S_j объектни K_u синфга берган овози, $GA_t(x_i(S_j), \varepsilon_i)$ – эса i -белги учун ε_i қийматларини ГА воситасида аниқлаш функцияси.

Диссертациянинг “Норавшан тўпламлар назарияси асосида баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларини ишлаб чиқиш” номли учинчи бобида БХАда норавшан тўпламлар назарияси элементларини қўллаш асосида унинг саккиз босқичли модификацияси ҳамда синфлар орасидаги белгили муносабатларни аниқлаш ёндашуви ишлаб чиқилган.

Биринчи параграфда норавшан тўпламлар, лингвистик термлар, тегишлилик функциялари кўринишлари келтирилган. Тегишлилик функцияларини куришда фаззификация ва дефаззификация баъзи усуллари тадбиқ этилган.

Иккинчи параграфда норавшан тўплamlар назарияси элементлари қўлланилган БХАнинг саккиз босқичли модификацион версияси ишлаб чиқилган:

1. *Норавшан тўплamlар учун тегишлилик функцияларини қуриш.* Дастлабки босқичда иланган норавшан белгининг норавшан тўплamlари устида фаззификация ва дефаззификация амаллари бажарилади:

Фаззификациялаш жараёнида ҳар бир норавшан тўплам учун тегишлилик функцияси қурилади, масалан, қуйидаги кўринишдаги кўнғироксимон тегишлилик функциясини танлаш мумкин:

$$\mu_B(a_j; b, c) = \sum_{j=1}^k \frac{1}{1 + \left(\frac{a_j - c}{b}\right)^2}. \quad (9)$$

Бу ерда b ва c параметрлар.

Дефаззификациялаш жараёнида ҳар бир норавшан X_i белги учун μ_B^i тегишлилик функциялари ёрдамида норавшан сонни ягона сонга ўтказилади. Дефаззификация усулларида бири сифатида оғирлик маркази усули келтирилган:

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^N \mu_B(a_j) \cdot a_j}{\sum_{j=1}^N \mu_B(a_j)} \quad (10)$$

2. *Норавшан белгиларни қиёслашда норавшан бўсағавий параметрларни аниқлаш.* Бу босқичда тегишлилик функцияларида бериладиган параметрларнинг мақбул қийматлари аниқланади. Диссертация ишида (9) да келтирилган b ва c параметрларнинг мақбул қийматлари генетик алгоритм (8) ёрдамида топиш алгоритми келтирилган.

3. *Таянч тўплamlар тизими.* Бу босқичда $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ белгилар тўпламидан мавжуд бўлган барча $M_{\bar{\omega}}$ қисм тўплamlарни аниқланади. Барча Ω қисм тўплamlардан A алгоритм орқали аниқланган $\Omega_A \subseteq \Omega$ таянч тўплamlар тизимни аниқлаш талаб этилади. Ҳар бир Ω_A таянч қисм тўпламда қандайдир k ($k = 1, 2, \dots, n - 1$) та белги иштирок этади. Улар 0 ёки 1 қиймат қабул қилувчи $\bar{\omega} = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ вектор орқали шакллантирилади. Агар $\omega_i = 1$ бўлса, i -белгининг танланган, акс ҳолда танланмаганлигини билдиради.

4. *Яқинлик функцияси.* S ва S_q қаторларнинг $\bar{\omega}$ -қисми ($\Omega_A \Leftrightarrow \bar{\omega}$) учун $r(\bar{\omega}S, \bar{\omega}S_q)$ яқинлик функциясининг қиймати аниқланади. Яқинлик функциясининг қиймати (4)-(7)да ифодаланган элементар мантикий классификаторлар ёрдамида аниқланади.

5. *Фиксирланган таянч тўплам қаторлари бўйича баҳоларни ҳисоблаш.* Бу босқичда фиксирланган таянч тўпламнинг $\bar{\omega}S, \bar{\omega}S_q$ ($q = 1, 2, \dots, m$) қаторлар бўйича $\Gamma_{\bar{\omega}}$ баҳолари ҳисобланади:

$$\Gamma_{\bar{\omega}}(S, S_q) = \gamma_1(S_q) \gamma_2(S_q) r(\bar{\omega}S, \bar{\omega}S_q)$$

$\gamma_1(S_q), \gamma_2(S_q)$ — S_q объект учун ташки параметрлар. Параметрлар қийматлари маълум бўлмаса, унда $\Gamma_{\bar{\omega}}(S, S_q) = r(\bar{\omega}S, \bar{\omega}S_q)$ бўлади.

б. Фиксирланган таянч тўплам бўйича синф учун баҳоларини ҳисоблаш. $\tilde{\omega}$ -қисми бўйича K_u синфга берилган баҳони ҳисоблаш учун қуйидаги формуладан фойдаланилади:

$$\Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S) = \psi(\tilde{\omega}\Gamma(S, S_{j_1}^u), \tilde{\omega}\Gamma(S, S_{j_2}^u), \dots, \tilde{\omega}\Gamma(S_j, S_{j_t}^u))$$

$S_{j_t}^u \in K_u, i = \overline{1, t}, t - K_u (u = \overline{1, l})$ синфдаги объектлар сони.

Масалан, K_1 синф объектлари учун баҳоларни ҳисоблаш қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\Gamma_{\tilde{\omega}}^1(S) = \sum_{q=1}^{m_1} \tilde{\omega}\Gamma(S, S_q).$$

7. Таянч тўпламлар тизимлари бўйича K_u синфнинг баҳоси. Барча таянч тўпламлар тизими бўйича S объектнинг K_u синфга берган овозларининг жамланмаси қуйидагича ҳисобланади:

а) $\Gamma_u(S) = \sum_{\tilde{\omega} \in \Omega_A} \Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S);$

б) баҳолар нормаллаштирилганда $\Gamma_u(S) = \frac{1}{N} \sum_{\tilde{\omega} \in \Omega_A} \Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S);$

в) $\tilde{\omega}$ муҳимлик даражаси аниқланганда $\Gamma_u(S) = \phi(\tilde{\omega}) \sum_{\tilde{\omega} \in \Omega_A} \Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S).$

8. Алгоритм учун ҳал қилувчи ҳолида. Таянч тўпламлар тизимлари бўйича ҳисобланган $\Gamma_u(S) (u = 1, 2, \dots, l)$ овозлар орқали S объектни қайси синфга тегишлилиги $F(\Gamma_1(S), \Gamma_2(S), \dots, \Gamma_l(S)) = u, 1 \leq u \leq l$ функция орқали қуйидагича аниқланади:

а) $F(\Gamma_1(S), \Gamma_2(S), \dots, \Gamma_l(S)) = \begin{cases} u, \text{ агар } \Gamma_u(S) - \Gamma_j(S) \geq \delta_1 \\ 0, \text{ қолган барча ҳолатларда} \end{cases}$

б) $F(\Gamma_1(S), \Gamma_2(S), \dots, \Gamma_l(S)) = \begin{cases} u, \text{ агар, } \begin{cases} 1^0 \Gamma_u(S) - \Gamma_j(S) \geq \delta_1 \\ 2^0 \frac{\Gamma_u(S)}{\sum_{j=1}^l \Gamma_j(S)} \geq \delta_2 \end{cases} \\ 0, 1^0 \text{ ёки } 2^0 \text{ шартлардан бири бажарилмаса.} \end{cases}$

Бу ерда δ_1 , ва δ_2 катталиқлар объектларни синфларга тегишлиликни чегараловчи бўсағавий ўзгармас қийматлардир.

Учинчи параграфда тегишлилик функцияларини куришда уларнинг параметрларини солаш учун генетик алгоритмдан фойдаланилган. Унда генетик алгоритмнинг барча босқичлари, чатиштириш, мутация, популяцияни генерациялаш операторлари ҳамда максид функцияси ҳақида батафсил ёритилган. Мувофиқлик функцияси сифатида БХА олинган.

Тўртинчи параграфда БХА ёрдамида синфлар орасидаги белгили муносабатларни аниқлаш процедураси ишлаб чиқилган. K_u ва K_c ($u, c = 1, 2, \dots, l, u \neq c, l > 2$) синфларни ажратишга етарли бўладиган, энг кам сонли белгиларнинг қисм тўпланими тақдим этадиган ушбу синф жуфтликлари орасидаги $R(K_u, K_c)$ муносабатлар аниқланади. Бундан K_u ва K_c синф объектларини қиёслаш учун информатив бўлган белгиларни аниқлаш масаласини ҳал этиш талаб этилади. $R(K_u, K_c)$ муносабат учун $w_t =$

$(g_1, g_2, \dots, g_{n_t})$ вектор аниқланади ва у оркали R_{uc} муносабат учун информатив, резерв ва информатив бўлмаган белгиларнинг мавжуд ёки мавжуд эмаслиги аниқланади. Агар $1 \geq g_i > h_1$ бўлса, i белги информатив, агар $h_1 \geq g_i > h_2$ бўлса, белги резерв, $h_2 \geq g_i \geq 0$ бўлганда эса, i – белги информатив эмас ҳисобланади. Бу ерда $h_1 > h_2$ чегаравий қийматлар.

Агар синфлар орасидаги $R(K_u, K_c) = R_{uc}$, $u = 1, 2, \dots, l_t - 1$, $c = \overline{u + 1, l}$ белгили муносабатларда $K_u \cap K_c = \emptyset$, $K_u, K_c \neq \emptyset$, $n \geq 1$, $l \geq 2$ шартлар каноатлантирилса қуйидаги тасдиқлар ўринли бўлади.

Тасдиқ 1. K_u ва K_c синфлар орасидаги белгили муносабатларнинг v ($v \in N$) сони 1 дан C_l^2 гача ораликда ўзгаради.

Тасдиқ 2. $\forall R(K_u, K_c) \neq \emptyset$.

Тасдиқ 3. Агар $\forall X_i \in \{X\}$ белги R_{uc} ($u = 1, 2, \dots, l_t - 1$, $c = \overline{u + 1, l}$) муносабатларда камида бир марта иштирок этса, у ҳолда $R_{1,2} \cup R_{1,3} \cup \dots \cup R_{l-1,l} = n$ бўлади.

Агар синф жуфтликлари объектларини бир ёки бир нечта информатив ёки резерв белгилар оркали таснифлаш мумкин мумкин бўлса, унда қуйидаги теорема ўринли бўлади.

Теорема 1. Агар $S_j \in K_u, K_c \neq \emptyset$ бўлса, у ҳолда $S_j \notin K_c \Leftrightarrow R(K_u, K_c) \neq \emptyset$ бўлади.

Теорема ва тасдиқларнинг исботи диссертацияда баён этилган.

Ишда “информатив”, “резерв” ва “ноинформатив” тушунчалари терм-тўпламлар сифатида қаралган ва уларга мос тегишлилик функциялари қурилади.

Ишлаб чиқилган ушбу ёндашув асосида ўсимликларнинг “*Tulipa L.*” туркуми намуналарини морфологик белгилари бўйича таснифлаш масаласи ҳал этилди. Масалан, K_1 ва K_2 синфлари мисолида қуйидаги натижалар олинди:

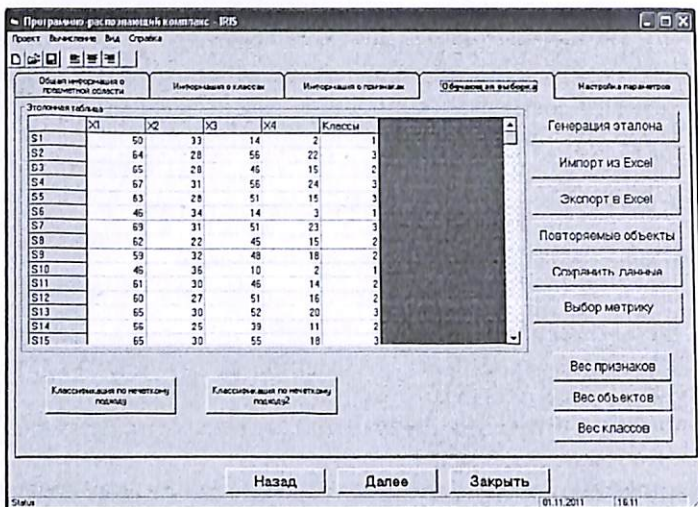
$R_{12} = \{X_7, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}\}$ - информатив белгили муносабат;

$R_{12} = \{X_1, X_3, X_4, X_7, X_8, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}\}$ - информатив ва резерв белгили муносабат.

Диссертациянинг “ПРАСК-2М таниб олувчи дастурий мажмуасининг ишлаб чиқилиши ва тажрибавий тадқиқотлар ўтказиш” деб номланган тўртинчи боби модификацияланган БХА асосида таниб олувчи дастурий мажмуаларни яратиш, уларни синовдан ўтказиш ҳамда амалий масалаларга жорий қилишга бағишланган.

Биринчи параграфида ПРАСК-2 ва ПРАСК-2М мажмуалари, уларнинг функционал схемаси, блоклари, модуллари, график интерфейси ва маълумотлар базалари ҳақида маълумотлар келтирилган.

1-расмда ПРАСК-2 мажмуасининг танланмалар ҳақидаги ахборотларни акс эттирувчи ойнаси келтирилган:



1-расм. ПРАСК-2да танланмалар ҳақидаги ахборотни акс эттириш

Иккинчи параграфда ПРАСК-2 ва ПРАСК-2М мажмуаларида модели масалалар устида олиб борилган тажрибавий тадқиқотлар натижалари келтирилган. Модел масалаларда ўтказилган синов натижалари қуйидагича: Iris масаласида – 98 % (150 та объектдан 147 та объект); Wine масаласида – 95,5% (178 та объектдан 170 та объект); “Glass” масаласида – 85,04% (214 та объектдан 182 та объект).

Учинчи параграфда таълим соҳасида тимсолларни аниқлаш усуллари қўлланилишига оид амалий масала ҳал этилган. Билим олувчиларни ўзлаштириш кўрсаткичлари ва компетентлик даражасини ривожлантириш мақсадида, уларни махсус фан соҳалари бўйича таснифлаш ва мақсадли йўналтириш масаласи БҲА ёрдамида ҳал этилган.

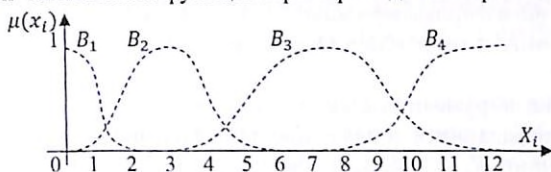
Тўртинчи параграфда ПРАСК-2Мда ўсимликларнинг бир туркуми “*Tulipa L.*” (лола) гербарийлар намуналарини идентификациялаш ва таснифлаш масалаларини ҳал этиш босқичлари келтирилган. Яратилган “DBTulipa” маълумотлар базасидан дастлабки 80 × 16 ўлчамли ўқув танланма жадвали шакллантирилди. Бу жадвал 16 та белги орқали тавсифланган 80 та объектдан иборат бўлиб, 4 та синфга ажратилган. Объектларни ўқув танланмага киритиш формуласи қуйида кўринишда ифодаланган:

$$Corr_i(S_i) = \begin{cases} 1, \text{ агар } \frac{1}{g(K_u)} \Gamma_u(S_j) > \frac{l-1}{m-g(K_u)} \sum_{S_j \in K_u} \Gamma_u(S_j) + \tau, \\ 0, \text{ акс ҳолда.} \end{cases}$$

Бу ерда τ – ўзгармас микдор.

Танланмада келтирилган 16 та белгидан 5 таси норавшан белги ҳисобланиб, ишда уларда фойдаланилган сўзлар ва жумлалар норавшан тўпламлар сифатида тадқиқ этилган. Намуна сифатида “Барг четининг

тўлкинланиши” норавшан белгиси келтирилади. Мутахассислар ёрдамида B_1 – “тўлкинланмаган”, B_2 – “кам тўлкинланган”, B_3 – “тўлкинланган” ва B_4 – “кўп тўлкинланган” терм-тўпламлар аниқланди ва уларнинг муҳокама соҳаси 0 дан 12 гача шартли бирлик бўйича шкалалаштирилди. Ушбу норавшан тўпламларнинг тегишлилик функциялари 2-расмда келтирилган:



2-расм. Терм-тўпламларнинг тегишлилик функциялари

Бешинчи параграфда ПРАСК-2М мажмуасида шахсни кулоқ чаноғи маълумотлари асосида шакллантирилган бир нечта ўқув танланмаларнинг сифатини аниқлаш масаласи ҳал этилди. “SHQTT” маълумотлар базасига “Ellips”, “Aylana” ва “To’g’ri to’rtburchak” алгоритмлари ёрдамида ажратилган $n = 48$, $n = 72$, $n = 84$, $n = 96$ ва $n = 120$ белгилари 15 та ўқув танланмалар маълумотлари сакланади. Улардан сифатли ва кам харажатли ўқув танланмани топиш талаб этилади. Тажрибавий тадқиқот натижасига кўра ўқитиш сифати 96,95% ва энг кам вақт сарфланган, “Ellips” алгоритми орқали аниқланган $n = 72$ белгилари ўқув танланма ажратиб олинди.

ХУЛОСА

“Норавшан тўпламлар назарияси элементларига асосланган баҳоларни ҳисобловчи таниб олиш алгоритмлари” мавзусидаги диссертация бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Норавшан тўпламлар назарияси элементларидан фойдаланиладиган маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш ва тимсолларни аниқлаш усул ва алгоритмларининг такомиллаштирилиши турли типли белгилар орқали тавсифланадиган объектларни қиёслаш сифатини оширишга имкон беради.

2. БҲА параметрлари, жумладан, таянч тўпламлар тизимида овоз бериш узунлиги, бўсағавий қийматлар, муҳимлик даражалари кабиларнинг мақбул қийматларини аниқлаш усул ва алгоритмлари ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган усул ва алгоритмлар воситасида олинган БҲА параметрларининг мақбул қийматлари унинг самарали тимсолларни аниқлаш алгоритмининг аниқлашга хизмат қилади.

3. Бўсағавий параметрларнинг мақбул қийматларини аниқлашда генетик алгоритм усулидан фойдаланиладиган алгоритм ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган алгоритм параметрлар мақбул қийматларининг кўп вариантли сичимларини топиш орқали объектларнинг аниқлашда кетадиган вақт сарфини 15-20%га тежаш имконини беради.

4. Белгиларининг қийматлари миқдорий ва сифатий кўринишда тавсифланадиган объектларни қиёслаш учун элементар мантиқий классификаторлар ишлаб чиқилди ва такомиллаштирилди. Норавадан белгиларни қиёсловчи элементар мантиқий классификатор учун тегишлилик функцияларини куриш ва уларнинг параметрларини генетик алгоритм ёрдамида созлаш алгоритмлари ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган алгоритмлар норавадан белгининг терм-тўпламларини қиёслаш сифатини оширишга имкон беради.

5. БҲАнинг норавадан тўпламлар назариясидан фойдаланиладиган саккиз босқичли модификацияси ишлаб чиқилди. БҲАнинг ушбу модификацияси S_j объектларнинг K_u синфларга берадиган $\Gamma_u(S_j)$ баҳоларини ҳисоблаш аниқлиги ва ишончлилигини 1,3 марта оширишга хизмат қилади.

6. Ишлаб чиқилган усул ва алгоритмлар асосида таниб олувчи дастурий мажмуалар (ПРАСК-2, ПРАСК-2М, "Tulipa Recognition" ва ҳ.к.) яратилди ва синовдан ўтказилди. Яратилган дастурлар турли амалий соҳаларда маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш, тимсолларни аниқлаш масалаларини ечишга хизмат қилади.

7. Яратилган таниб олувчи дастурий мажмуалар Жиззах вилояти кишлоқ ва сув хўжалиги бошқармасида экинлар ва экинзорларнинг мувофиқлигини аниқлаш ва ҳосилдорликни башоратлаш масалаларини ҳал этишга, Самарқанд вилоят "Компьютерлаштириш маркази" давлат унитар корхонасида ахборотларни қайта ишлаш ва башоратлаш тизимларида хизмат кўрсатиш объектлари фаолиятини баҳолаш, таснифлаш ва башоратлаш масалаларини ҳал этишга, ЎзРФА Ботаника институтида "Tulipa L." туркуми гербарий намуналари идентификация қилиш ва таснифлаш масалаларини ҳал этишга жорий қилинган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ 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**

ХАМРОЕВ АЛИШЕР ШОДМОНКУЛОВИЧ

**РАСПОЗНАЮЩИЕ АЛГОРИТМЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ОЦЕНОК НА
БАЗЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ**

05.01.03 – Теоретические основы информатики

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

Ташкент – 2018

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2017.1.PhD/Г47.

Диссертация выполнена в Научно-инновационном центре информационных-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.ziyounet.uz).


- Научный руководитель:** Камитов Мирзаян Мирзаахмедович
доктор технических наук, профессор, академик
- Официальные оппоненты:** Игамбердиев Хусан Закирович
доктор технических наук, профессор, академик
Мухамедиева Дилноз Тулкуновна
доктор технических наук, профессор
- Ведущая организация:** Самаркандский государственный университет


Защита диссертации состоится 27 января 2018 г. в 10⁰⁰ часов на заседании научного совета DSc.27.06.2017.Г.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 № 1533). (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан 12 января 2018 года.
(протокол рассылки № 1 от «30» декабрь 2017 г.).




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


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


Н.Равшанов
Председатель научного семинара
при Научном совете по присуждению
учёных степеней, д.т.н.

Введение (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в связи с резким ростом объема данных об объектах, процессах и явлениях различных областей человеческой деятельности особое внимание уделяется разработке и усовершенствованию методов интеллектуального анализа этих данных. Разработанные методы и алгоритмы, основанные на теории нечетких множеств, в интеллектуальных системах и распознающих программных комплексах используются в технологических средствах «Роботы среди людей – уже привычная ситуация. Проведённое в 2017 году Международной федерацией роботехники исследование показало, что в 2016 году во всем мире трудились около 1,5 миллиона роботов, а к концу 2017 года их количество увеличится до 1,9 миллионов»¹. В этом отношении, важное значение имеют проводимые в развитых зарубежных странах мира, в частности, в США, Японии, Германии, Великобритании, России, Азербайджане, а также в Узбекистане, исследования в области внедрения теории нечетких множеств на практику.

В мировой практике в таких базирующихся на человеческий разум направлениях, как интеллектуальный анализ данных и распознавание образов, проводятся целевые научные исследования по разработке и совершенствованию современных методов с «естественным» подходом, основанным на теории нечетких множеств. В этой связи, особое внимание уделяется научным исследованиям в области разработки и усовершенствования эвристических алгоритмов, основанных на принципе частичной прецедентности распознавания образов, а также методов распознавания образов с использованием элементов теории нечетких множеств.

На сегодняшний день в нашей республике для развития информационно-коммуникационных технологий особое внимание уделяется разработке программного обеспечения, обработке и хранению данных, обеспечению их безопасности, а также созданию и практическому внедрению центров сбора данных (Data Centre). В этой сфере, в частности для хранения, цифровой обработки и интеллектуального анализа больших объемов данных (изображения, сигналы, звук и видео) разрабатываются программные продукты. Вместе с тем, требуется разработать модифицированные алгоритмы распознавания образов и усовершенствовать модули сравнения объектов, описываемых разнотипными признаками, в частности, нечеткими множествами, с целью повышения эффективности программных продуктов, разрабатываемых в области интеллектуального анализа данных. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи, в частности «Дальнейшее развитие информационно-коммуникационных технологий, создание благоприятных организационных, технологических и экономических условий для разработчиков программных продуктов, ... внедрение информационно-коммуникационных технологий в

¹ <https://rb.ru/longread/The-future-is-not-painful/>

экономику, социальную сферу, системы управления»². Выполнение данных задач, в частности разработка распознающих с использованием элементов теории нечетких множеств для систем интеллектуального анализа данных, является одним из важнейших вопросов в настоящее время.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных указами Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-5264 от 29 ноября 2017 года «Об образовании Министерства инновационного развития Республики Узбекистан», постановлениями Президента Республики Узбекистан №ПП-1989 от 27 июня 2013 года «О мерах по дальнейшему развитию Национальной информационно-коммуникационной системы Республики Узбекистан», №ПП-2158 от 3 апреля 2014 года «О мерах по дальнейшему внедрению информационно-коммуникационных технологий в реальном секторе экономики» и 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 IV. «Информатизация и развитие информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Вопросам разработки алгоритмов и методов распознавания образов по прецедентам посвящен ряд научных исследований, в частности, разработаны модель распознавания Ф.Розенבלата на основе нейронных сетей (перцептрон Розенבלата), метод потенциальных функций российских ученых М.А.Айзермана, Э.М.Бравермана и Л.И.Розоноэра, статистическая теория распознавания В.Н.Вапника и А.Я.Червоненкиса, алгоритмы вычисления оценок Ю.И.Журавлева, метод комитетов В.Д.Мазурова, алгоритмы таксономии и анализа знаний Н.Г.Загоруйко, логические методы распознавания и поиска зависимостей Г.С.Лбова. Базируясь на идее тестового алгоритма С.В.Яблонского, алгоритмы вычисления оценок основаны на принципе частичной прецедентности и разработаны Ю.И.Журавлевым и совершенствуются учеными его школы. Значительный вклад в развитие этого направления теории распознавания образов внесли наши ученые: М.М.Камилов, Ш.Х.Фазылов, Ф.Т.Адылова, З.Т.Адылова, Н.А.Игнатъев, А.Х.Нишанов, Э.М.Алиев, Ш.Э.Туляганов и другие.

Американским ученым Л.Заде в 60-ые годы прошлого века на базе моделирования задач нечеткой логики была разработана теория нечетких множеств. Данное направление использует естественный язык описания данных через лингвистические термы при решении близких к человеческому мышлению задач таких, как моделирование, классификация и анализ данных. Развитию теории нечетких множеств посвящен ряд работ таких зарубежных

² <http://strategy.regulation.gov.uz/ru/document/2>

ученых, как: Л.Заде, А.Дюбуа, А.Прада, Е.Мамдани, М.Сугено, Т.Такахи, М.Джамшиди, Н.Н.Моисеева, С.А.Орловского, Э.Мушника, О.И.Ларичева, Г.С.Поспелова, Д.А.Поспелова, Р.А.Алиева и других. В Узбекистане вопросам разработки интеллектуальных гибридных систем, методов принятия решений в условиях неопределенности основанных на системах мягких вычислений в промышленных системах, теории нечетких множеств, выводов нечеткой логики посвящены работы Ф.Б.Абуталиева, Т.Ф.Бекмуратова, Д.Т.Мухамедиевой, М.А.Рахматуллаева, Н.Р.Юсупбекова, Р.Н.Усманова, О.Ж.Бобомуродова, З.Б.Мингликулова и других авторов.

Несмотря на это, вопросы разработки алгоритмов вычисления оценок с использованием элементов теории нечетких множеств изучены недостаточно.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов плана научно-исследовательских работ Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий при Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий: Ф4-ФА-Ф004 «Теория информационно-распознающих систем частичной прецедентности и методы их применения для интеллектуального анализа данных» (2012-2016), А5-ФА-Ф019 «Программно-алгоритмический инструментальный интеллектуального анализа данных для систем поддержки принятия решений» (2012-2014) и А-5-004 «Разработка программно-алгоритмического обеспечения информационно-распознающей системы идентификации растений» (2014-2017).

Целью исследования является разработка модифицированных алгоритмов вычисления оценок с использованием элементов теории нечетких множеств в интеллектуальном анализе данных.

Задачи исследования:

разработка методов и процедур нахождения оптимальных значений параметров моделей алгоритмов распознавания основанных на вычисления оценок;

построение функций принадлежности для признаков, выраженных в виде нечетких множеств, и усовершенствование этапов алгоритма нахождения значений функции близости алгоритмов вычисления оценок на основе этих функций принадлежности;

разработка модифицированных алгоритмов вычисления оценок с использованием элементов теории нечетких множеств при решении задач распознавания;

разработка подхода определения признаковых отношений между классами для формирования системы опорного множества;

создание программно-распознающего комплекса ПРАСК-2 на основе разработанных методов и алгоритмов.

Объектом исследования являются процессы усовершенствования алгоритмов вычисления оценок для систем интеллектуального анализа данных.

Предмет исследования составляют базовые алгоритмы вычисления оценок, элементы теории нечетких множеств, методы и алгоритмы параметризации моделей алгоритмов распознавания и функций принадлежности, а также программные комплексы для проведения экспериментальных исследований.

Методы исследования. В процессы исследования использованы методы интеллектуального анализа данных, распознавания образов, теории нечетких множеств, математической статистики и моделирования, а также объектно-ориентированного программирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработаны методы и процедуры нахождения оптимальных значений пороговых параметров и длины голосующих наборов моделей алгоритмов распознавания образов, основанных на вычислении оценок;

разработаны алгоритмы нахождения оптимальных значений параметров функций принадлежности и пороговых параметров с помощью генетического алгоритма;

разработана восьмиступенчатая модифицированная модель алгоритмов вычисления оценок на базе элементов теории нечетких множеств;

разработан подход определения признаков отношений между классами для формирования системы опорного множества на основе принципа частичной прецедентности.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

созданы программные комплексы ПРАСК-2/2М, «Распознавание образов», «Tulipa Recognition», основанные на модифицированных алгоритмах вычисления оценок.

усовершенствованы модули программно-распознающих комплексов, основанные на функциях близости, функциях принадлежности и элементарных логических классификаторах для сравнения объектов, описанных разнотипными признаками.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования обосновывается адекватной постановкой задачи, использованием методов и алгоритмов распознавания, обеспечивающих необходимую точность решения и их сходимостью, результатами проведенных тестовых испытаний, теоритических и практических исследований.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что разработанные подходы с использованием элементов теории нечетких множеств в алгоритмах вычисления оценок вносят свой вклад в усовершенствование систем интеллектуального анализа данных.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что программно-распознающий комплекс, разработанный на основе модифицированных алгоритмов частичной прецедентности, показывает возможность эффективного решения задач распознавания образов.

Внедрение результатов исследования. Результаты диссертационного исследования в виде алгоритмов, основанных на использовании элементов теории нечетких множеств, и разработанного на их основе программно-распознающего комплекса внедрены:

программно-распознающий комплекс ПРАСК-2, основанный на модифицированных распознающих алгоритмах и процедурах сравнения объектов, выраженных разнотипными признаками, внедрен в Управлении сельского и водного хозяйства Джизакской области (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 22 декабря 2017 года № 33-8/8689). В результате автоматизации процессов определения соответствия культуры и посева, прогнозирования урожайности получена возможность повышения ожидаемой урожайности на 2-3% в год;

программно-распознающий комплекс ПРАСК-2М внедрен в систему обработки данных и прогнозирования Государственного унитарного предприятия «Центр компьютеризации» Самаркандской области для решения задач оценки, классификации и прогнозирования деятельности объектов сервисного обслуживания (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 22 декабря 2017 года № 33-8/8689). Результаты научных исследований дали возможность повысить коэффициент общей деловой активности объектов в системе обработки данных и прогнозирования на 20-30 %;

модифицированные алгоритмы вычисления оценок с использованием элементов теории нечетких множеств, комплекса ПРАСК-2М внедрены в Государственное унитарное предприятие «Центр компьютеризации» Самаркандской области (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 22 декабря 2017 года № 33-8/8689). В результате получена возможность сокращения общего времени на 15-20% в месяц за счет эффективного формирования признакового пространства, организации обучающих выборок и классификации контрольных объектов.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 9 международных и 21 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 51 научная работа, из них 10 в журнальных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 3 в иностранных и 7 в республиканских журналах. Также получено 8 свидетельств об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 118 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Сформулированы цель 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. Приведен перечень внедрений в практику результатов исследования, сведения об опубликованных работах и структура диссертации.

В первой главе диссертации «Подходы интеллектуального анализа данных в условиях неопределенности информации об объектах» приведен аналитический обзор количественных и качественных данных об объектах, а также современное состояние методов решения задач интеллектуального анализа данных.

В первом параграфе рассмотрены вопросы признакового описания объектов, в условиях разнотипности признаков и их нечеткости.

Во втором параграфе проведен анализ современных методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных и распознавания образов. Особое внимание уделено принципам полной и частичной прецедентности, а также методам и алгоритмам, основанным на этих принципах.

В третьем параграфе проведен анализ параметров каждого этапа задания базовых алгоритмов вычисления оценок (АВО), рассмотрены вопросы обучения указанных алгоритмов распознавания.

Для сравнения объектов S и S_q по i -му признаку $x_i \in X_i$ и $x_{iq} \in X_i$ ($i = \overline{1, n}$, $q = \overline{1, m}$) вводится элементарный логический классификатор $\rho_i(x_i, x_{iq})$. На втором этапе АВО функция близости объектов S и S_q по $\tilde{\omega}$ -части (k -й набор признаков) выражается в следующем виде:

$$r(\tilde{\omega}S, \tilde{\omega}S_q) = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{i=1}^k \rho_i(x_i, x_{iq}) \leq \varepsilon \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases} \quad (1)$$

Здесь, $\tilde{\omega}S$ и $\tilde{\omega}S_q$ – $\tilde{\omega}$ -части объектов S и S_q , $1 < k < n$.

В четвертом параграфе приведены краткие сведения о роли и месте теории нечетких множеств на этапах решения задач распознавания образов. В нем рассмотрены признаки объектов, описанные нечеткими множествами, а также виды функций принадлежности для сравнения этих признаков. Функции принадлежности нечетких множеств B, C, \dots i -го нечеткого признака объектов обучающей выборки выражаются следующим образом:

$$B = \left\{ \frac{\mu_B(x_i)}{x_i} \right\}, C = \left\{ \frac{\mu_C(x_i)}{x_i} \right\}, \dots, \mu_i(x_i) \in [0, 1]. \quad (2)$$

Здесь, $\mu_B(x_i), \mu_C(x_i), \dots$ – функции принадлежности, определяющие степень принадлежности признака x_i к заданному нечеткому множеству.

Множество алгоритмов $\{A\}$ для решения основной задачи распознавания образов и функционал качества $\varphi_A(Z)$ выражены следующим образом:

$$A(S) = (\alpha_1^A(S), \alpha_2^A(S), \dots, \alpha_l^A(S)), \alpha_u^A(S) \in \{0, 1, \Delta\}, i = 1, 2, \dots, l; \quad (3)$$

$$\varphi(A) = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |\alpha_{ij} - \alpha_{ij}^A|.$$

В пятом параграфе сформулирована постановка задачи в следующем виде. Из множества алгоритмов распознавания $\{A\}$ необходимо найти такой алгоритм A^* , значение функционала качества которого наибольшее:

$$\varphi(A^*) = \sup_{A \in \{A\}} \varphi(A).$$

Для решения поставленной задачи необходимо построить элементарные логические классификаторы $\rho_i(x_i, x_{iq})$ для сравнения разнотипных признаков, функции принадлежности для нечетких признаков, и на их основе модифицировать АВО.

Во второй главе диссертации «**Параметризация алгоритмов распознавания, основанных на принципе частичной прецедентности**» приведены параметры алгоритмов распознавания, основанных на принципе частичной прецедентности, а также методы и алгоритмы определения оптимальных значений этих параметров.

В первом параграфе данной главы приведены алгоритмы $\{A_q(k, w_{\bar{w}}, \varepsilon, \varepsilon_i, p_i, \gamma(S_j), r, v_u, \delta_1, \delta_2)\}$, связь между параметрами этих алгоритмов, их роль в распознавании, а также обобщенная схема. Кроме того, предложены алгоритмы поэтапного использования параметров АВО и нахождения их значений. В процессе нахождения оптимальных значений параметров АВО определены «малопараметрические», «среднепараметрические» и «многопараметрические» модели.

Во втором параграфе для сравнения значений разнотипных признаков объектов приводятся следующие элементарные логические классификаторы (ЭЛК) ρ_i :

а) если признак объекта может принять два значения (т.е. бинарный), то:

$$\rho_i(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{если } x_{ij} = x_{iq}, \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases} \quad (4)$$

б) если признак количественный, принимает дискретные и непрерывные значения, то ЭЛК имеет следующий вид:

$$\rho_i(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{если } |x_{ij} - x_{iq}| \leq \varepsilon_i, \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (5)$$

Здесь ε_i – пороговое значение, установленное для i -го количественного признака;

с) если признак принимает значения из упорядоченного множества, то элементы подмножества $\tilde{X}_i \in X_i$ сравниваются следующим образом:

$$\rho_i(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{если } x_{ij} \in \bar{X}_i, x_{iq} \in \bar{X}_i \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases} \quad (6)$$

д) если признак выражается нечеткими значениями, т.е. нечеткими множествами B_1, B_2, \dots, B_t , то функция сравнения ρ_i определяется на основе результата функции принадлежности $\mu_{B_u}(x_{ij}), u = \bar{1}, t$:

$$\rho_i(x_{ij}, x_{iq}) = \begin{cases} 1, & \text{если } \mu_{B_u}^*(x_{ij}) = \mu_{B_u}^*(x_{iq}), \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (7)$$

Здесь $\mu_{B_u}^*(x_{ij}) = \max_{u=\bar{1}, t} \mu_{B_u}(x_{ij})$, $\mu_{B_u}^*(x_{iq}) = \max_{u=\bar{1}, t} \mu_{B_u}(x_{iq})$. Близость значений двух нечетких признаков характеризуется равенством функций принадлежности с наибольшими значениями.

В третьем параграфе на основе анализа метода построения тупиковых тестов разработан алгоритм выбора системы опорных множеств. Приведены этапы выбора системы опорных множеств на основе полного перебора и степени информативности признаков. Из всевозможных систем опорных множеств Ω_A алгоритма A выбирается такой Ω_A^k , что $\varphi(\Omega_A^k) \rightarrow \max$, где k -длина голосующих наборов.

В четвертом параграфе разработаны методы вычисления значений ε_i -порогов, используемых при сравнении количественных признаков по формуле (5). В диссертации приведены методы вычисления ε_i -пороговых значений на основе: $\min\max$, математического ожидания, промежутков, АВО, эволюционных алгоритмов. Также в диссертационной работе подробно рассмотрен алгоритм выбора наилучшего из этих методов для заданной выборки.

В пятом параграфе приведена процедура использования генетического алгоритма (ГА) для нахождения оптимальных значений ε_i -порогов. В ней случайные значения ε_i -порогов, генерированные посредством операторов генетического алгоритма, проверяются и настраиваются с помощью целевой функции АВО. Здесь требуется определить наибольшее значение функционала качества φ^* из φ_t , определенных по t случайным величинам:

$$\varphi^* = \max \left(\varphi_t \left(\Gamma_u(S_j), GA_t(x_i(S_j), \varepsilon_i) \right) \right). \quad (8)$$

Здесь $\Gamma_u(S_j)$ – голос объекта S_j к классу K_u , а $GA_t(x_i(S_j), \varepsilon_i)$ – функция определения значения порога ε_i для i -го признака посредством ГА.

В третьей главе диссертации «Разработка алгоритмов вычисления оценок на основе теории нечетких множеств» разработана восьмизатпажная модификация класса АВО на основе использования элементов теории нечетких множеств, а также предложен подход для определения признаковых отношений между классами.

В первом параграфе приведены виды нечетких множеств, лингвистических термов, функций принадлежности. При построении функций

принадлежности использованы некоторые известные методы фаззификации и дефаззификации.

Во втором параграфе разработана восьмизапная модификация АВО на основе использования элементов теории нечетких множеств.

1. *Построение функций принадлежности для нечетких множеств.* На начальном этапе выполняются операции фаззификации и дефаззификации над нечеткими множествами выбранного нечеткого признака.

На этапе *фаззификации* строятся функции принадлежности для каждого нечеткого множества, например, можно применить колоколообразную функцию принадлежности следующего вида:

$$\mu_B(a_j; b, c) = \sum_{j=1}^k \frac{1}{1 + \left(\frac{a_j - c}{b}\right)^2}, \quad (9)$$

где b и c – параметры.

На этапе *дефаззификации* каждое нечеткое множество признака X_i с помощью функции принадлежности μ_B^i преобразуется в число. В качестве одного из методов дефаззификации приведен метод центра тяжести:

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^N \mu_B(a_j) \cdot a_j}{\sum_{j=1}^N \mu_B(a_j)}. \quad (10)$$

2. *Определение нечетких пороговых параметров при сравнении нечетких признаков.* На данном этапе определяются оптимальные значения параметров, задаваемых в функции принадлежности (9). В диссертационной работе приведен алгоритм нахождения оптимальных значений параметров b и c с помощью генетического алгоритма (8).

3. *Система опорных множеств.* На данном этапе определяются всевозможные подмножества $M_{\tilde{\omega}}$ множества $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$. Из всевозможных подмножеств Ω_A множества Ω ($\Omega_A \subseteq \Omega$) необходимо с помощью алгоритма A найти систему опорных множеств. Каждое подмножество Ω_A состоит из k признаков ($k = 1, 2, \dots, n$) и характеризуется булевым вектором $\tilde{\omega} = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$. Если $\omega_i = 1$, то i -ый признак входит в подмножество, в противном случае – не входит.

4. *Функция близости.* Для $\tilde{\omega}$ -части ($\Omega_A \Leftrightarrow \tilde{\omega}$) строк S и S_q определяется значение функции близости $r(\tilde{\omega}S, \tilde{\omega}S_q)$ с помощью элементарных логических классификаторов, выраженных формулами (4)-(7).

5. *Вычисление оценки по строкам фиксированного опорного множества.* На данном этапе вычисляется оценка $\Gamma_{\tilde{\omega}}$ по строкам $\tilde{\omega}S, \tilde{\omega}S_q$ ($q = 1, 2, \dots, t$) фиксированного опорного множества:

$$\Gamma_{\tilde{\omega}}(S, S_q) = \gamma_1(S_q) \gamma_2(S_q) r(\tilde{\omega}S, \tilde{\omega}S_q),$$

где $\gamma_1(S_q), \gamma_2(S_q)$ – внешние параметры объекта S_q . Если значения параметров неизвестны, то $\Gamma_{\tilde{\omega}}(S, S_q) = r(\tilde{\omega}S, \tilde{\omega}S_q)$.

6. *Вычисление оценки для класса по фиксированному опорному множеству.* Для вычисления оценки для класса K_u по $\tilde{\omega}$ -части используется следующая формула:

$$\Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S) = \psi(\tilde{\omega}\Gamma(S, S_{j_1}^u), \tilde{\omega}\Gamma(S, S_{j_2}^u), \dots, \tilde{\omega}\Gamma(S, S_{j_t}^u))$$

где $S_{j_i}^u \in K_u, i = \overline{1, t}, t$ – количество объектов в классе $K_u (u = \overline{1, l})$.

Например, формула вычисления оценки для объектов класса K_1 имеет следующий вид:

$$\Gamma_{\tilde{\omega}}^1(S) = \sum_{q=1}^{m_1} \tilde{\omega}\Gamma(S, S_q).$$

7. *Оценка для класса K_u по системе опорных множеств.* Оценка объекта S для класса K_u суммируется по всем опорным подмножествам, и определяется следующим образом:

а) $\Gamma_u(S) = \sum_{\tilde{\omega} \in \Omega_A} \Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S)$;

б) если оценка нормирована, то $\Gamma_u(S) = \frac{1}{N} \sum_{\tilde{\omega} \in \Omega_A} \Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S)$;

в) если определена степень важности $\tilde{\omega}$, то $\Gamma_u(S) = \phi(\tilde{\omega}) \sum_{\tilde{\omega} \in \Omega_A} \Gamma_{\tilde{\omega}}^u(S)$.

8. *Решающее правило для алгоритма А.* Решающее правило для отнесения объекта S к одному из классов $K_u (1 \leq u \leq l)$ с помощью вычисленного числа голосов $\Gamma_u(S)$, поданных за класс K_u , может иметь вид:

а) $F(\Gamma_1(S), \Gamma_2(S), \dots, \Gamma_l(S)) = \begin{cases} u, & \text{если } \Gamma_u(S) - \Gamma_j(S) \geq \delta_1, \\ 0, & \text{в остальных случаях;} \end{cases}$

б) $F(\Gamma_1(S), \Gamma_2(S), \dots, \Gamma_l(S)) = \begin{cases} u, & \text{если } \begin{cases} 1^0 \Gamma_u(S) - \Gamma_j(S) \geq \delta_1 \\ 2^0 \frac{\Gamma_u(S)}{\sum_{j=1}^l \Gamma_j(S)} \geq \delta_2 \end{cases} \\ 0, & \text{если хотя бы одно из условий } 1^0, 2^0 \text{ не выполнено.} \end{cases}$

Здесь величины δ_1 и δ_2 – пороговые константы.

В третьем параграфе использован генетический алгоритм для настройки параметров функций принадлежности. Подробно рассмотрены все этапы применения генетического алгоритма, операторы (скрещивание, мутация, генерация популяций) и целевая функция этого алгоритма.

В четвертом параграфе разработана процедура определения признакового отношения между классами с помощью АВО. Определяется $R(K_u, K_c)$ – отношение между парами классов K_u и $K_c (u, c = 1, 2, \dots, l, u \neq c, l > 2)$, представляющее собой подмножество признаков наименьшей мощности, достаточной для разделения рассматриваемых классов. При этом решается

задача определения информативных признаков для сравнения объектов классов K_u и K_c . С этой целью для отношения $R(K_u, K_c)$ формируется вектор $w_t = (g_1, g_2, \dots, g_{n_t})$, выражающий наличие/отсутствие информативных, резервных и неинформативных признаков для указанного отношения. При этом, если $1 \geq g_i > h_1$ то i -й признак информативный, если же $h_1 \geq g_i > h_2$, то признак резервный, если $h_2 \geq g_i \geq 0$, то признак неинформативный. Здесь h_1, h_2 ($h_1 > h_2$) – пороговые значения.

Если признаковое отношение $R(K_u, K_c) = R_{uc}$, $u = 1, 2, \dots, l_t - 1$, $c = \overline{u + 1, l}$ определяется между классами K_u и K_c , удовлетворяющим условиям $K_u \cap K_c = \emptyset$, $K_u, K_c \neq \emptyset$, $n \geq 1$, $l > 2$, то имеют место следующие утверждения.

Утверждение 1. Число v ($v \in N$) признаковых отношений между классами K_u и K_c изменяется в пределах от 1 до C_l^2 .

Утверждение 2. $\forall R(K_u, K_c) \neq \emptyset$.

Утверждение 3. Если $\forall X_i \in \{X\}$ участвует как минимум один раз в составе отношений R_{uc} ($u = 1, 2, \dots, l_t - 1$, $c = \overline{u + 1, l}$), то $R_{1,2} \cup R_{1,3} \cup \dots \cup R_{l-1,l} = n$.

Если объекты пары классов классифицируются с помощью информативных и резервных признаков, то справедлива следующая теорема.

Теорема 1. Пусть $S_j \in K_u$ и $K_c \neq \emptyset$. Тогда для того, чтобы $S_j \notin K_c \Leftrightarrow R(K_u, K_c) \neq \emptyset$.

Доказательства теоремы и утверждений приведены в диссертации.

В диссертационной работе понятия «информативный», «резервный» и «неинформативный» рассмотрены как терм-множества и построены соответствующие им функции принадлежности.

На основе разработанного подхода решена задача классификации растений рода «*Tulipa L.*» по морфологическим признакам. Например, для классов K_1 и K_2 получены следующие результаты:

$R_{12} = \{X_7, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}\}$ – информативное признаковое отношение;

$R_{12} = \{X_1, X_3, X_4, X_7, X_8, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}\}$ – информативные и резервные признаковые отношения.

Четвертая глава диссертации «Разработка программно-распознающего комплекса ПРАСК-2М и проведение экспериментальных исследований» посвящена созданию программно-распознающих комплексов на основе модификации АВО, тестированию, а также практическому применению.

В первом параграфе приведены функциональные схемы, блоки, модули, графические интерфейсы и базы данных программных комплексов ПРАСК-2 и ПРАСК-2М.

На рис. 1 приведен вид основного окна комплекса ПРАСК-2.

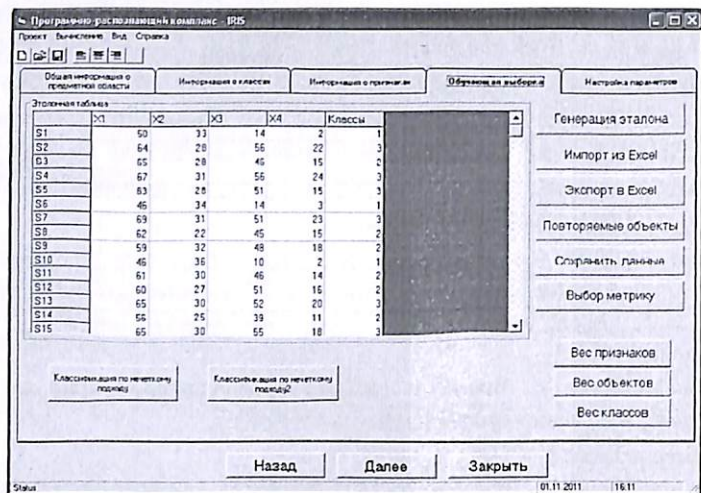


Рис. 1. Вкладка отображения обучающей выборки ПРАСК-2

Во втором параграфе приведены результаты апробации комплексов ПРАСК-2 и ПРАСК-2М на модельных и прикладных задачах. Получены следующие результаты решения модельных задач: Iris – 98% (147 из 150 объектов); Wine – 95,5% (170 из 178 объектов); Glass – 85,04% (182 из 214 объектов).

В третьем параграфе рассмотрена задача практического применения методов распознавания образов в области образования. С целью повышения показателей успеваемости и степени компетентности обучаемых решена задача классификации этих обучаемых по специальным предметным областям, и на основе полученных результатов выработаны рекомендации для целевого направления обучаемых.

В четвертом параграфе приведены этапы решения идентификации и классификации гербарных образцов одного из родов растений "Tulipa L." (тюльпан) с помощью ПРАСК-2М. Из созданной базы данных «DBTulipa» сформирована обучающая таблица. Данная таблица состоит из 80 объектов, разделенных на 4 класса. Каждый объект описан 16 признаками. Формула внесения объектов в обучающую выборку выражена следующим образом:

$$Corr_i(S_i) = \begin{cases} 1, \text{ если } \frac{1}{g(K_u)} \Gamma_u(S_j) > \frac{l-1}{m-g(K_u)} \sum_{S_j \in K_u} \Gamma_u(S_j) + \tau, \\ 0, \text{ в противном случае,} \end{cases}$$

где τ – константа.

Из 16 признаков объектов, приведенных в выборке, 5 считаются нечеткими. В диссертационной работе такие нечеткие признаки, значения которых выражаются словом или словосочетанием, исследованы как нечеткие множества. Рассмотрим, например, нечеткий признак «Волнистость края

листа». Специалистами определены терм-множества B_1 – “не волнистый”, B_2 – “слабоволнистый”, B_3 – “волнистый” и B_4 – “курчавый”, и их область рассуждения в виде $X = \{x \in N \mid 0 \leq x \leq 12\}$. На рис. 2 приведены функции принадлежности этих нечетких множеств.

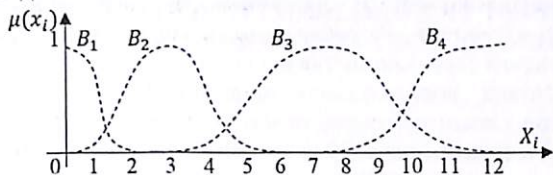


Рис. 2. Функции принадлежности терм-множеств

В пятом параграфе с помощью ПРАСК-2М решена задача определения качества обучающих выборок, сформированных на основе данных об ушных раковинах людей. База данных “SHQTT” состоит из 15 обучающих выборок. Объекты каждой выборки сформированы одним из трех алгоритмов выделения признаков ушной раковины (“Ellips”, “Aylana”, “To’g’ri to’rtburchak”) и число признаков описания этих объектов для каждой выборки составляет 48, 72, 84, 96, 120. С помощью разработанных алгоритмов выделена самая эффективная обучающая выборка (в смысле затраты времени и качества обучения) – выборка, полученная с помощью алгоритма “Ellips” с числом признаков $n = 72$. При этом, качество обучения составило 96,95 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного диссертационного исследования по теме “Распознающие алгоритмы вычисления оценок на базе элементов теории нечетких множеств” сводятся к следующим основным выводам:

1. Усовершенствование методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных и распознавания образов с использованием элементов теории нечетких множеств позволяет повысить качество сравнения объектов, описанных разнотипными признаками.

2. Разработаны методы и алгоритмы нахождения оптимальных значений параметров АВО, в частности, длины голосующих наборов в системе опорных множеств, пороговых значений, меры важности признаков и объектов и т.д. Полученные оптимальные значения параметров АВО позволяют на их основе построить эффективный алгоритм распознавания.

3. Разработан алгоритм нахождения оптимальных значений пороговых параметров с использованием генетического алгоритма. Разработанный алгоритм позволяет сэкономить время классификации объектов на 15-20% за счет нахождения многовариантных решений оптимальных значений параметров.

4. Разработаны и усовершенствованы элементарные логические классификаторы для сравнения объектов, описанных количественными и качественными признаками. Для элементарных логических классификаторов, сравнивающих нечеткие признаки, разработаны алгоритмы построения функции принадлежности и настройки их параметров с помощью генетического алгоритма. Разработанные алгоритмы позволяют повысить точность сравнения терм-множества нечеткого признака.

5. Разработана восьмиступенчатая модифицированная модель АВО с использованием элементов теории нечетких множеств. Данная модификация АВО служит для повышения в 1,3 раза точности и достоверности вычисления $\Gamma_u(S_j)$ голосов, поданных объектами S_j за класс K_u .

6. На основе разработанных методов и алгоритмов созданы и апробированы программные комплексы (ПРАСК-2, ПРАСК-2М, «Tulipa Recognition» и т.д.). Созданные программы служат для решения задач интеллектуального анализа данных и распознавания образов в различных прикладных областях человеческой деятельности.

7. Созданные программно-распознающие комплексы внедрены в Управлении сельского и водного хозяйства Джизакской области для решения задач определения соответствия культуры и посева и прогнозирования урожайности, в системе обработки данных и прогнозирования Государственного унитарного предприятия «Центр компьютеризации» Самаркандской области для решения задач оценки, классификации и прогнозирования деятельности объектов сервисного обслуживания, а также в Институте ботаники АН РУз для решения задач идентификации и классификации гербарных образцов рода «*Tulipa L.*».

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

**SCIENTIFIC AND INNOVATION CENTRE OF INFORMATION
AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AT TASHKENT
UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

KHAMROEV ALISHER SHODMONKULOVICH

**THE RECOGNITION ALGORITHMS FOR CALCULATING ESTIMATES
BASED ON THE ELEMENTS OF FUZZY SETS THEORY**

05.01.03 – Theoretical foundations of computer science

**DISSERTATION ABSTRACT OF 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/T47.

The dissertation has been prepared at the Scientific and Innovation Centre of Information and Communication Technologies at 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.ziynet.uz.

Scientific adviser: Kamilov Mirzayan Mirzaakhmedovich
doctor of technical sciences, professor, academician

Official opponents: Igamberdiev Husan Zakirovich
doctor of technical sciences, professor, academician
Mukhamedieva Dilnoz Tulkunovna
doctor of technical sciences, professor

Leading organization: Samarkand State University

The defense will take place "27" January 2018 at 10⁰⁰ the meeting of Scientific council No. DSe.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 can be reviewed at the Information Resource Centre of Tashkent University of Information Technologies (is registered under No. 2533. (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation sent out on "12" January 2018 y.
(mailing report No. 1 on "30" December 2017 y.).



Vovush
R.Kh.Khambamov
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

B-
N.Ravshanov
Chairman of the academic seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work. The aim of the research is to develop the modification algorithms for calculating estimates by using the elements of fuzzy sets theory in Data Mining.

The object of the research work is the processes for improving the algorithms for calculating estimates for data mining systems.

The scientific novelty of the research work is as follows:

the methods and algorithms for determining optimal values of threshold parameters and the length of voting sets of models of the algorithms for calculating estimates have been developed;

the algorithms for determining the optimal values of the membership functions parameters and threshold parameters using the genetic algorithm has been developed;

the eight-step modified model of the algorithms for calculating estimates based on the elements of the fuzzy sets theory has been developed;

the approach for determining the relationship between classes for modifying partial precedence algorithms has been developed.

Implementation of the research results.

The results of the dissertation research in the form of algorithms and a software-recognition complex based on the use of elements of the theory of fuzzy sets have been implemented by the following:

the software-recognition complex PRASK-2, based on modified recognition algorithms and comparison procedures for objects expressed by different types of features, has been implemented in the Department of Agriculture and Water Resources of the Jizzakh region (certificate No. 33-8/8689 of the Ministry for Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan dated December 22, 2017). As a result of automation of processes of determining the conformity of crop and sowing and forecasting yields have been solved, and the possibility of increasing the expected yield by 2-3% per year has been determined;

the software-recognition complex PRASK-2M has been implemented in the data processing and forecasting system of the State Unitary Enterprise "Computerization Centre" of the Samarkand region to solve the problems of assessing, classifying and forecasting the operation of service facilities (certificate No. 33-8/8689 of the Ministry for Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan dated December 22, 2017). The results of scientific research of this complex into a data processing and forecasting system have made it possible to increase the overall business activity by 4-6% per annum by accelerating the monitoring of the operation of service facilities by 20-30%;

the modified algorithms for calculating estimates using the elements of the fuzzy sets theory and the complex PRASK-2M have been introduced at the State Unitary Enterprise "Computerization Centre" of the Samarkand region (certificate No. 33-8/8689 of the Ministry for Development of Information Technologies and

Communications of the Republic of Uzbekistan dated December 22, 2017). As a result, this have made it possible to reduce the total time by 15-20% per month due to the effective formation of feature space, organization of training samples and classification of control objects.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, references and appendices. The volume of the dissertation is 118 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларининг сифат функцияси ёрдамида параметрларни аниқловчи умумлашган алгоритмларни куриш // Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув. Халқаро илмий-техникавий журнал. - Тошкент, 2011, № 2(38). - С.62-69. (05.00.00; № 12).
2. Хамроев А.Ш. Алгоритм выбора оптимального метода вычисления значений ϵ -порогов в алгоритмах вычисления оценок // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2012. – № 3. – С. 78-82. (05.00.00; № 12).
3. Махкамов А.А., Хамроев А.Ш. Шахсни кулоқ чаноғи тасвири асосида таниб олишда баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларининг қўлланилиши // «Проблемы информатики и энергетики». – Ташкент, 2013. – №3. – С. 52-58. (05.00.00; № 5).
4. Камилов М.М., Хамроев А.Ш. Архитектура и основные структурно-функциональные блоки программно-распознающего комплекса частичной прецедентности // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2014, № 4. - С. 49-58. (05.00.00; № 12).
5. Хамроев А.Ш., Маҳкамов А.А. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари ёрдамида кулоқ чаноғи тасвирининг идентификацион белгиларини аниқловчи усуллар самарадорлигини баҳолаш // Информатика ва энергетика муаммолари. – Тошкент, 2015. – №1-2. 55-61 бб. (05.00.00; № 5).
6. Хамроев А.Ш. Объектлар ҳақидаги ахборотларнинг ноаниқлиги шаронтида элементар мантикий классификаторларни куриш масаласи // Ҳисоблаш ва амалий математика муаммолари журнали. –Т.: 2016, №3.– 97-101 б. (05.00.00; № 23).
7. Камилов М.М., Хамроев А.Ш., Мингликулов З.Б. О вопросе распределения значений функции близости между объектами в классе алгоритмов вычисления оценок. // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2015. – № 5. – С. 55-58. (05.00.00; № 12).
8. Khamroev Alisher. The solution of problem of parameterization of the proximity function in ACE using genetic algorithm // IJRET:International Journal of Research in Engineering and Technology, India, Bangalor. Volume: 04, Issue: 12, December-2015, 100-104 pp. (№ 5), Global Impact Factor, IF= 0,654.
9. Хамроев А.Ш. Параметризация функции близости в АВО с помощью генетического алгоритма в условиях неопределенности исходной информации об объектах // Наука и мир: Международный научный журнал. Россия, Волгоград. № 1 (29), 2016, Том 1. – С. 79-84. (№ 5), Global Impact Factor, IF= 0,325.
10. Khamroev Alisher. An algorithm for constructing feature relations between the classes in the training set // Procedia Computer Science, Volume 103, 2017, Pages 244-247, (№ 2), Journal Impact Factor, IF= 1,08.

11. Hundayberdiev M.Kh., Akhatov A.R., Hamroev A.Sh. On a Model of Forming the Optimal Parameters of the Recognition Algorithms // International journal of Maritime Information and Communication Sciences. – Korea, Seoul, 2011. – Vol.9, No.5. – Pp. 607-609.
12. Камиллов М.М., Хамроев А.Ш. О методах определения значений пороговых элементов количественных признаков объектов в базе данных DBTulipa // – Омск: Динамика систем, механизмов и машин, № 1, 2016. Том 4. – С. 21-25.
13. Хамроев А.Ш. Билим олувчиларни таснифлаш масаласида баҳоларни хисоблаш алгоритмларидан фойдаланиш // Илмий тадқиқотлар ахборотномаси. – Самарқанд, 2012. – № 6(76). – 86-90 б.
14. Камиллов М.М., Мирзаев Н.М., Хамроев А.Ш. Об одной модели алгоритмов вычисления оценок // Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Россия, Йошкар-Ола, 2010. – С. 195-199.
15. Kamilov M.M., Hundayberdiev M.X., Khamroev A.Sh. Methods of Computing Epsilon Thresholds in the Estimates' Calculation's Algorithms. International Conference "Problems of Cybernetics and Informatics" (PCI'2012), Volume III. September 12-14, 2012. – Baku, Azerbaijan. – Pp. 133-135.
16. Мингликулов З.Б., Хамроев А.Ш. Применение многокритериальных моделей оптимизации для решения задач нечеткой параметрической идентификации // Труды VI Международной научно-практической конференции "Инженерные системы - 2013". – Москва, 24-26 апреля 2013. – М.: РУДН, 2013. – С.160-165.
17. Хамроев А.Ш., Худайбердиев М.Х. Процедура решения задач кластеризации с помощью алгоритмов вычисления оценок // Труды VI Международной научно-практической конференции "Инженерные системы - 2013". – Москва, 24-26 апреля 2013. – М.: РУДН, 2013. – С.156-160.
18. Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. О взаимосвязи параметров в моделях алгоритмов вычисления оценок // Интеллектуальные системы (INTELS'-2014): Десятый международный симпозиум. 30 июня - 4 июля – Москва, 2014. – С. 49-52.
19. Khamroev Alisher. An algorithm for constructing feature relations between the classes in the training set // Интеллектуальные системы (INTELS'-2016): Десятый международный симпозиум. 5-7 октября – Москва, 2016. – С. 34-35.
20. Хусаинов Н.О., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Об одном подходе выбора голосующих наборов в алгоритме вычисления оценок // Республика анъанавий конференциянинг илмий ишлари: «Ёш математикларнинг янги теоремалари». 6-7 ноябр 2009. – Наманган, 2009. – 182-185 б.
21. Камиллов М.М., Хамроев А.Ш., Мингликулов З.Б. Баҳоларни хисоблаш алгоритмлари ёрдамида кластеризация масаласини ечиш процедураси // Ахборот технологиялари ва телекоммуникация муаммолари: Республика илмий-техник конференцияси маърузалар тўплами. – Тошкент, 2013, 1-қисм. – 53-55 б.

22. Ҳамроев А.Ш., Маҳкамов А.А. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари воситасида белгилари турли ўлчамли ўқув танламалар сифатини баҳолаш // Ахборот технологиялари ва телекоммуникация тизимларини самарали ривожлантириш истиқболлари: Республика илмий-техник конференцияси маърузалар тўплами. – Тошкент, 2014, 1-қисм. – 256-258 б.

23. Камиллов М.М., Ҳамроев А.Ш. ПРАСК-2 дастурий таниб олувчи мажмуаси ҳақида // Ахборот технологиялари ва телекоммуникация тизимларини самарали ривожлантириш истиқболлари: Республика илмий-техник конференцияси маърузалар тўплами. – Тошкент, 2014, 1-қисм. – 270-272 б.

24. Камиллов М.М., Ҳамроев А.Ш. ПРАСК-2 мажмуасида белгилари турли ўлчамли ўқув танламалар сифатини баҳолаш масаласи // Республиканская научно-техническая конференция: «Проблемы внедрения инновационных идей, технологий и проектов в производства». Джизакский Политехнический институт, 16-17 мая, 2014. – С. 415-417.

25. Камиллов М.М., Ҳамроев А.Ш. Таълимда таснифлаш масаласини ечишда баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларидан фойдаланиш // Республиканская научно-техническая конференция: «Проблемы внедрения инновационных идей, технологий и проектов в производства». Джизакский Политехнический институт, 16-17 мая, 2014. – С. 415-417.

26. Камиллов М.М., Бабомурадов О.Ж., Ҳамроев А.Ш. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларида таксимот функцияларини қўллаш // Иқтисодиёт тармоқлари ривожланишини таъминловчи фан, таълим ҳамда модернизациялашган энергия ва ресурс тежамкор технологиялар, техника воситалари: муаммолар, счимлар, истиқболлар. Республика илмий-техник анжумани. – Жиззах, 2015. – С. 190-193.

27. Камиллов М.М., Ҳамроев А.Ш., Мингликулов З.Б. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларида е-бўсағавий параметрлар қийматларини генетик алгоритм асосида оптималлаштириш // Современные состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении: доклады республиканской научно-технической конференции. – Ташкент, 7-8 сентября, 2015. – С. 331-336.

28. Худайбердиев М.Х., Ҳамроев А.Ш., Мингликулов З.Б. Ўсимлик турларининг белгилар фазосини шакллантирилиши // Современные состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении: доклады республиканской научно-технической конференции. – Ташкент, 7-8 сентября, 2015. – С. 375-379.

29. Маҳкамов А.А., Ҳамроев А.Ш. Кулоқ чаноғи тасвирлари асосида ташкил этилган ўқув танланмаларнинг сифатини ошириш // Ахборот ва телекоммуникация технологиялари муаммолари: Республика илмий-техник анжумани маърузалар тўплами. – Тошкент, 2015, 2-қисм. – 17-20 б.

30. Ҳамроев А.Ш. Программно-распознающий комплекс ПРАСК-2М, основанный на алгоритмах частичной прецедентности // Алгебра, амалий математика ва ахборот технологиялари масалалари: Республика илмий

конференцияси материаллари. 20-21 декабрь, 2016 йил. – Наманган, 2016. – 69-71 б.

31. Ҳамроев А.Ш. Синфлар орасидаги муносабатларни аниқлашнинг эвристик ёндашуви // Республика илмий-техник анжумани: “Ахборот ва телекоммуникация технологиялари муаммолари”. – Тошкент, 2016 йил 10-11 март. – 187-190 б.

32. Худайбердиев М.Х., Ҳамроев А.Х., Мамиева Д.З. Объектлар ҳақидаги ўқув ва назорат танланмаларини шакллантиришда баҳоларни ҳисоблаш алгоритми // Республика илмий-техник анжумани: “Ахборот ва телекоммуникация технологиялари муаммолари”. – Тошкент, 2016 йил 10-11 март. – 185-187 б.

33. Ҳамроев А.Ш. Турли типли белгилар орқали ифодаланган объектларни тавсифлаш фазосини шакллантириш масаласи // Республика илмий-амалий анжумани: “Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясини ахбороткоммуникация технологиялари асосида ривожлантириш истиқболлари”. – Қарши, 2016 йил 28-29 март. – 167-170 б.

34. Мингликулов З.Б., Ҳамроев А.Ш. Тимсолларни аниқлаш масалаларини ечишда норавшан тўпламлар назариясининг қўлланилиши // Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении. Республика илмий-техник анжумани. – Жиззах, 2016. – 434-438 б.

35. Камиллов М.М., Ҳамроев А.Ш. Қисмий прецедентликка асосида белгилар қисм тўпланини шакллантириш алгоритминини ишлаб чиқиш // Таълим ва илмий тадқиқотлар самарадорлигини оширишда замонавий ахборот-коммуникация технологияларининг ўрни. – Қарши, 5-6 май, 2017 йил. – 187-189 б.

36. Хидирова Ч.М., Ҳамроев А.Ш. Адаптив-тест назорат тизимини ишлаб чиқишда баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларидан фойдаланиш // Таълим ва илмий тадқиқотлар самарадорлигини оширишда замонавий ахборот-коммуникация технологияларининг ўрни. – Қарши, 5-6 май, 2017 йил. – 183-185 б.

37. Ҳамроев А.Ш., Раззоқов И.Д. Билим олувчиларни махсус соҳалар бўйича кластерларга ажратиш масаласи // Олий таълим муассасаларида фанларни ўқитишда замонавий педагогик ва ахборот технологияларидан фойдаланишнинг долзарб муаммолари: Республика илмий-амалий анжумани. – Қарши, 2017 йил 14-15 апрель. – 103-105 б.

38. Мингликулов З.Б., Ҳамроев А.Ш. Норавшан тўпламлар назарияси элементлари қўлланилган баҳоларни ҳисоблашга асосланган алгоритмлари тавсифи // Иқтисодиётнинг реал тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-коммуникация технологияларининг аҳамияти: Республика илмий-техник анжумани. – Тошкент, 2017 йил 6-7 апрел, т.2. – 173-175 б.

39. Камиллов М.М., Ҳамроев А.Ш. Таниб олувчи дастурий мажмуада объектга йўналтирилган дастурлаш тамойилларидан фойдаланиш // Иқтисодиётнинг реал тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-

коммуникация технологияларининг ахамияти: Республика илмий-техник анжумани. – Тошкент, 2017 йил 6-7 апрел, т.2. – 33-36 б.

40. Kamilov M.M., Hudayberdiev M.Kh., Khamroev A.Sh. Module for various choice of metric attribute spaces // Proceedings of the Sixth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. November 25-27 2010. – Tashkent, 2010. – Pp. 213-215.

41. Hudayberdiev M.Kh., Hamroev A.Sh. On the Procedures of Forming the Optimal Parameters of the Recognition Systems // International Conference of KIMICS 2011. June 28-29, 2011. – Tashkent, Uzbekistan. – Pp. 337-339.

42. Kamilov M.M., Minglikulov Z.B., Khamroev A.Sh. Application of genetic algorithm for determining epsilon thresholds in the algorithms for calculating estimates // Eighth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation (WCIS-2014). – Tashkent, 2014. – Pp. 27-30.

43. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Tulipa Recognition дастурий воситасининг ишлаб чиқилиши. Бошқарувда ахборот технологияларини қўллашнинг замонавий ҳолати ва ютуқлари: Республика илмий-техник анжумани. – Тошкент, 2017 йил 5-6 сентябр. – 275-279 б.

44. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Виртуал ўқитиш (Virtual Teaching) DGU 01648, 04.12.2008

45. Хамроев А.Ш. Тимсолларни аниқлаш. DGU 02078, 29.10.2010.

46. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Қисман прецедентлик алгоритмларига асосланган дастурий-таниб олувчи мажмуа. DGU 02572, 24.08.2012.

47. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Кластеризация в классе алгоритмах частичной прецедентности. DGU 02897, 06.11.2014.

48. Батошов А.Р., Хамроев А.Ш. База данных "Флора останцов Юго-Восточного Кызылкума". DGU 00330, 24.03.2016.

49. Камилов М.М., Хамроев А.Ш., Мингликулов З.Б. Қисман прецедентлик алгоритмлари параметрларининг оптимал қийматларини аниқлаш дастурий восита. DGU 03512, 31.12.2015.

50. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш., Мингликулов З.Б. Программно-распознающий комплекс с модификацией на элементах нечётких множеств (ПРАСК-2М). DGU 03993, 29.09.2016.

51. Тургинов О.Т., Хамроев А.Ш. "Бойсун ботаник-географик райони флораси" маълумотлар базаси. DGU 00344, 21.03.2017.

Автореферат "Ҳисоблаш ва амалий математика муаммолари" илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитура рақамли босма усулда босилди. Шартли босма табоғи: 2,75. Адади 100. Буюртма № 2.

«ЎЗР Фанлар академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилди.
100170, Тошкент, Зиелилар кўчаси, 13-уй.