

**РАҚАМЛИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ
DSc. 13/30.12.2021.Т.142.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**РАҚАМЛИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ**

Худайбердиев Мирзаакбар Хаққулмирзаевич

**ТИМСОЛЛАРНИ АНИҚЛАШНИНГ АЛГЕБРАИК НАЗАРИЯСИДА
МОДЕЛЛАРНИ КОРРЕКЦИЯЛАШНИНГ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ
ПРОЦЕДУРАЛАРИ**

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

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

Тошкент – 2022

Докторлик (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации

Contents of the abstract of Doctoral (DSc) dissertation

Худайбердиев Мирзаакбар Хаққулмирзаевич

Тимсолларни аниқлашнинг алгебраик назариясида моделларни

коррекциялашнинг оптималлаштириш процедуралари 3

Худайбердиев Мирзаакбар Хаққулмирзаевич

Оптимизационные процедуры коррекции моделей в алгебраической теории

распознавания образов 25

Hudayberdiev Mirzaakbar Khaqqulmirzaevich

Optimization procedures of correcting models in the algebraic theory of pattern

recognition 47

**РАҚАМЛИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ
DSc. 13/30.12.2021.Т.142.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**РАҚАМЛИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ**

Худайбердиев Мирзаакбар Хаққулмирзаевич

**ТИМСОЛЛАРНИ АНИҚЛАШНИНГ АЛГЕБРАИК НАЗАРИЯСИДА
МОДЕЛЛАРНИ КОРРЕКЦИЯЛАШНИНГ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ
ПРОЦЕДУРАЛАРИ**

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

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

Тошкент – 2022

Техника фанлари доктори (DSc) диссертация мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2018.2.DSc/T187 рақам билан рўйхатга олинган.

Рақамли технологиялар ва Сунъий интеллектни ривожлантириш илмий-тадқиқот институтида бажарилган.

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

Илмий маслаҳатчи: Камиллов Мирзаян Мирзаахмедович
техника фанлари доктори, профессор, академик

Расмий оппонентлар: Игамбердиев Хусан Закирович
техника фанлари доктори, профессор, академик

Мухамедиева Дилноз Тулкуновна
техника фанлари доктори, профессор

Утеулиев Ниятбай Утеулиевич
физика-математика фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот: Тошкент давлат транспорт университети

Диссертация ҳимояси Рақамли технологиялар ва Сунъий интеллектни ривожлантириш илмий-тадқиқот институти ҳузуридаги DSc. 13/30.12.2021.Т.142.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил «13» май соат 14⁰⁰ даги мажлисда бўлиб ўтади. (Манзил: 100125, Тошкент шаҳри, Бўз-2, 17-уй. Тел.:(99871) 263-41-98, факс: (99871) 263-41-98, e-mail: info@aigi.uz).

Диссертация ҳимояси Рақамли технологиялар ва Сунъий интеллектни ривожлантириш илмий-тадқиқот институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (4 - рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100125, Тошкент шаҳри, Бўз-2, 17-уй. Тел.:(99871) 263-41-98).

Диссертация автореферати 2022 йил «14» апрел куни тарқатилди.
(2022 йил «29» сентябр даги 4 рақамли рёстр баённомаси.)



Н.С.Маматов

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, техника фанлари доктори, кт.и.х.



Ф.М.Нуралиев

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, техника фанлари доктори, доцент



Н.Мирзаев

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қоишидаги илмий семинар раиси, техника фанлари доктори, кт.и.х.



КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда сунъий интеллект масалаларини тимсолларни аниқлаш усул ва алгоритмлари ёрдамида ечишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шу билан бирга, ахборот коммуникация технологияларининг замонавий тенденцияларини ҳисобга олган ҳолда тимсолларни аниқлаш усуллари ва алгоритмларини янада ривожлантириш ва такомиллаштириш зарурияти сақланиб қолмоқда. Мазкур тимсолларни аниқлаш алгоритмларини янги ёндашувлар асосида яратиш ҳамда уларни илмий ва амалий соҳаларда кенг қўламда қўллаш, масалан, технологик жараёнларни бошқариш, тиббий ташҳислаш, шахсни биометрик идентификациялаш ва инсон фаолиятининг бошқа соҳаларида қўллаш муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Ҳозирги кунда тимсолларни аниқлашнинг кўплаб усуллари турли ёндашувлар асосида ишлаб чиқилган, жумладан, детерминистик, статистик, мантиқий ва бошқа ёндашувлар. Шунини такидлаш керакки, хорижий мамлакатлар, йирик фирма ва компаниялар томонидан жадал суратларда тимсолларни аниқлашнинг назарий ҳамда амалий жиҳатларини такомиллаштиришга ва амалиётга қўллашга эътибор қаратмоқдалар. Мисол сифатида АҚШ, Буюк Британия, Россия Федерацияси, Германия, Япония, Хитой, Хиндистон, Жанибий Корея, IBM, Google, Samsung, Siemens, Bosch, Sony, Toshiba ва бошқаларни келтириш мумкин.

Жаҳонда тимсолларни аниқлаш усуллари ва воситаларидан кенг қўламда фойдаланишга эҳтиёж ортиб бориши билан бирга ечилиши зарур бўлган турли хил муаммолар ҳам вужудга келмоқда, мисол сифатида куйидагиларни келтириш мумкин, объектлар ҳақидаги дастлабки ахборотларни оптимал тасвирлаш муаммоси (объектларни рақамли кодлашнинг мураккаблиги), объектларнинг дастлабки хусусиятларини ўлчаш мезонларининг ноаниқлиги, ишлатиладиган алгоритмларнинг чуқур эвристикага эга эканлигидир. Бундай муаммоларни ҳал қилиш доирасида тимсолларни аниқлашнинг эвристик алгоритмлари устида алгебраик амалларни бажариш орқали коррект алгоритмни ишлаб чиқиш маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш соҳасидаги долзарб масалалардан биридир.

Республикамызда ахборот-коммуникация технологияларини иқтисодий ва ижтимоий соҳаларига кенг қамровли тадбиқ қилишга, жумладан ахборотларга рақамли ишлов бериш, маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш ва сунъий интеллект алгоритмларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Мазкур йўналишлардаги асосий вазифалар Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 29 октябрдаги ПФ-6097-сонли “Илм-фанни 2030 йилгача ривожлантириш” ва 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» Фармонларида белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда сунъий интеллектнинг алгоритмик таъминоти таркибига кирувчи тимсолларни аниқлаш усулларида фойдаланиб қарор қабул қилишга кўмаклашувчи тизимларни яратиш ва тадбиқ қилиш муҳим

ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2018 йил 19 февралдаги ПФ-5349-сон «Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармонлари, 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3245-сон «Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасида лойиҳа бошқаруви тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 4 сентябрдаги ПҚ-3256 рақамли Қарори «Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Ботаника институти ва Зоология институти фаолиятини ташкиллаштириш чоралари бўйича» фаолиятига тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи¹. Маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш масалаларини тимсолларни аниқлаш алгоритмлари орқали ечишнинг янги усулларини ишлаб чиқиш, такомиллаштиришга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари жаҳоннинг етакчи илмий марказлари, олий таълим муассасалари ва йирик компанияларида олиб борилмоқда. Буларга мисол сифатида қуйидагиларни келтириб ўтиш мумкин: Европа, Америка ва Осиё мамлакатларининг Халқаро сунъий интеллект илмий-тадқиқот марказлари, Россия Сунъий интеллект институти, Москва физика-техника институти, М.В.Ломоносов номидаги Москва давлат университети, Россия фанлар академияси «Информатика ва бошқарув» Федерал тадқиқотлар маркази, Н.Э.Бауман номидаги Москва давлат техника университети, Санкт-петербург информатика ва автоматлаштириш институти, С.Л.Соболев номидаги Математика институти (Россия Федерацияси), Institute of Computational Science of USI (Швейцария), School of Elec. Eng and Computer Science of Queen Mary University of London (Буюк Британия), University of Oxford (Буюк Британия), The Chinese University of Hong Kong (Хитой), University of

¹ Диссертация мавзуси бўйича илмий тадқиқотлар шарҳи <http://mmro.ru/2019/08/26/mmpr-2019-ii1/>, www.msu.ru, <https://cyberleninka.ru/article/c/computer-and-information-sciences>, <https://towardsdatascience.com/10-must-read-machine-learning-articles-march-2020-80da9c380981>, <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/12/20-popular-machine-learning-articles-analytics-vidhya-2019/>, <https://docs.microsoft.com/en-us/analysis-services/data-mining/data-mining-projects?view=asallproducts-allversions>, <https://www.tf-pm.org/resources/casestudy/process-mining-at-samsung-electro-mechanics>, https://www.researchgate.net/publication/275721080_Smart_Phone_Based_Data_Mining_for_Human_Activity_Recognition, <https://ocw.mit.edu/courses/media-arts-and-sciences/mas-622j-pattern-recognition-and-analysis-fall-2006> ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилди.

Toronto, McGill University (Канада), Information Technology from the University of Rennes, Institut Néel, CNRS, Bordeaux Segalen University (Франция), University of Oulu (Финляндия), Jadavpur University (Хиндистон), Universidad Politecnica de Madrid (Испания), University of Arizona, Massachusetts Institute of Technology, IBM, Google, Microsoft компаниялари (АҚШ), Darmstadt University of Applied Sciences, Max Planck Institute for Dynamics and Self-Organization, Center for Bioinformatics (Германия), Nippon Electric Corporation (NEC) ва Hitachi компаниялари, Ritsumeikan asia pacific university, Nara Institute of Science and Technology (NAIST) is a Japanese national university in Nara (Япония), Systems Modeling Laboratory, Bioinformatics Research Center (Жанубий Корея) ва каби давлатларда кенг камровли илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Ушбу тимсолларни аниқлаш усул, алгоритмларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш бўйича жаҳонда ўтказилган тадқиқотлар натижасида бир қатор самарали натижалар олинган: тимсолларни аниқлашнинг мураккаб масалаларини сифатли ечишда бир нечта алгоритмлардан ташкил топган коррект алгоритмик мажмуани ҳосил қилувчи усул ишлаб чиқилган (М.В.Ломоносов номидаги Москва давлат университети, Россия Фанлар академияси Ҳисоблаш маркази, Н.Э.Бауман номидаги Москва Давлат техника университети, Яндекс), маълумотларга дастлабки ишлов бериш усул ва алгоритмлари яратилган (Massachusetts Institute of Technology, IBM, Google, Microsoft компаниялари, АҚШ), белгилар фазосининг ўлчамини қисқартириш усуллари ва алгоритмлари ишлаб чиқилган (Россия Фанлар академияси Ҳисоблаш маркази, Н.Э.Бауман номидаги Москва давлат техника университети, Санкт-петербург информатика ва автоматлаштириш институти, С.Л.Соболев номидаги Математика институти, Nippon Electric Corporation (NEC) ва Hitachi компаниялари, Ritsumeikan asia pacific university, Nara Institute of Science and Technology (NAIST) is a Japanese national university in Nara, Systems Modeling Laboratory, Bioinformatics Research Center).

Жаҳонда маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш ва тимсолларни аниқлашнинг мавжуд усуллари такомиллаштириш ҳамда янгиларини ишлаб чиқиш бўйича қатор истиқболли йўналишларда илмий изланишлар олиб борилмоқда: йирик ҳажмдаги ахборотлар таҳлили; тимсолларни аниқлаш ва башоратлаш масалаларини ечиш учун коррект алгоритмик композицияни ишлаб чиқиш, объектларни тавсифловчи белгилар фазосини ўлчамини қисқартириш усул ва алгоритмларини яратиш; юмшоқ ҳисоблаш технологиясидан фойдаланилган ҳолда шахсни таниб олувчи биометрик усул ва алгоритмлар мажмуасини ишлаб чиқиш ва х.к.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Илмий адабиётларни атрофлича таҳлили шуни кўрсатадики, тимсолларни аниқлаш муаммоси замонавий илм-фан мутахассисларининг диққат марказида турибди. Бир қатор илмий-тадқиқот ишларини кузатиш шуни кўрсатадики, фан ва техниканинг турли масалаларини ечиш учун тимсолларни аниқлаш усуллари ҳамда алгоритмларини тадбиқий соҳаларини узлуксиз кенгайтиб бориши

ҳисобланади. Тимсолларни аниқлашнинг усуллари, алгоритмларини яратишга ва ривожлантиришга ўзни катта ҳиссасини қўшган машҳур олимлар А.Г.Аркадьев, М.А.Айзерман, Р.Дуда., П. Харт, В.В.Александров, Е.М.Браверман, П.Д.Мандель, Ю.И.Журавлев, В.Н.Вапник, В.И.Василев, П.М.Чеголин, Л.А.Растринг, Н.Г.Загоруйко, А.Фор, А.Фомин, М.И.Шлезингер, А.Г.Ивахненко, А.Л.Горелик, В.Л.Матросов, К.В.Рудаков, К.В.Воронцов ва бошқалар. Ю.И.Журавлев ва унинг илмий мактаби тимсолларни аниқлашнинг янги назариясини яратди ва янги йўналишини ривожланишини таъминлаб берди. Н.Г.Загоруйко ўзининг тадқиқотларида таксономия масалаларини ечишда объектлар ўртасида вужудга келувчи эмпирик қонуниятларни аниқлаш алгоритмларини ишлаб чиққан.

Ўзбекистонда тимсолларни аниқлаш бўйича илмий мактабни шакллантиришга ўзини муносиб ҳиссасини қўшган олимлар М.М.Камилов, Т.Ф.Бекмурадов, Ш.Х. Фозилов, Э.М.Алиев, С.С.Садиқов, Ф.Т.Адилова, З.Т.Адилова, А.Х.Нишанов, Д.Т.Мухамедиева, Н.А.Игнатъев, Ш.Э.Тўлаганов, Н. Мирзаев, О.Ж. Бобомуродов, Н.С. Маматов ва бошқалар. Мазкур йўналишни ривожлантиришда Ўзбекистонлик олимлар ҳам бир қатор муҳим натижалар олишга эришдилар. Жумладан, маълумотлардан мантиқий қонуниятларни излаш, объектларни таснифлашда иштирок қилувчи муҳим белгиларни аниқловчи баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари, баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларини конструктив босқичларини шакллантиришнинг оптималлаштириш процедураларини куриш, нейро-ноқаътий усуллар бўйича самарали алгоритмик тузилмани ишлаб чиқиш ҳамда шу билан бирга маълумотларга дастлабки ишлов бериш алгоритмлари ва х.к.

Айни вақтда олимларимиз тимсолларни аниқлаш соҳасидаги илмий изланишларда асосий эътиборни баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларининг алгебраик назариясидаги энг муҳим истиқболли муаммоларини ҳал қилишга қаратишган, яъни объектларни таниб олишда самарали умумлашган алгоритмик таъминотни шакллантириш. Бунда берилган танланмада асосий тимсолларни аниқлаш шартини таъминлаган ҳолда таниб олиш жараёнида иштирок қилувчи бир қатор эвристик алгоритмлардан ташкил топган алгоритмик композицияни (туташувни) ишлаб чиқиш: умумлашган алгоритмнинг сифат даражаси фойдаланилган эвристик алгоритмларнинг ҳар бирининг сифат даражасидан юқори бўлиши керак.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион маркази илмий тадқиқот ишлари режасининг Ф4-ФА-Ф004 «Қисмий прецедентликка асосланган инфор­мацион-таниб олиш тизимларининг назарияси ва уларни маълумотларнинг интеллектуал таҳлили учун тадбиқ қилиш усуллари» (2012-2016), А-5-004 «Ўсимликларни идентификациялаш ахборот-таниб олувчи тизимининг дастурий-алгоритмик таъминотини ишлаб чиқиш» (2015-2017), БВ-Атех-2018-(22+29) «Турли шкалада фойдаланган биообъектларни идентификациялаш масаласида алгебраик коррекция билан қисмий

прецедентликнинг адаптив таниб олиш моделлари ва алгоритмлари» (2018-2020) мавзулардаги илмий лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади тимсолларни аниқлаш масаласини ечишда алгебраик ёндашув назарияси доирасида эвристик моделларни коррекциялаш жараёнини оптималлаштириш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

тимсолларни аниқлашни эвристик алгоритмларини прецедентга асосланган моделларининг ўзига хос жиҳатларини тизимли таҳлил қилиш;

таниб олиш оператори ва ахборот моделларини ўзаро бир-бирини компенсация қилувчи қавариқ қобиғини вужудга келтириш масаласини тадқиқ қилиш;

белгиларни таянч қисм тўпламларининг таксономияга ўзаро боғлиқлик муносабатини аниқлаш ва даражасини баҳоловчи мезонни конструкциясини ишлаб чиқиш;

максимал мос келувчи қисмтўпламларни алгебраик амаллар ёрдамида аниқловчи самарали процедураларни ишлаб чиқиш;

тимсолларни аниқлаш масаласини ечишда таниб олиш операторлари ва сифат функционалларининг чизиқли туташувини идентификация қилувчи усулни ишлаб чиқиш;

Амалий масалаларни ечишда таклиф қилинаётган усул ва алгоритмларнинг иш қобилиятини баҳолаш.

Тадқиқотнинг объекти алгебраик ёндашув доирасида баҳоларни ҳисоблаш алгоритми моделларининг корректлигини таъминловчи оптимизацион процедураларни тадқиқ қилиш.

Тадқиқотнинг предмети ахборотларни интеллектуал таҳлил қилиш усуллари, тимсолларни аниқлашнинг моделлари ва алгоритмлари ҳамда алгебраик ёндашув назарияси асосида оптимизацион процедураларни куриш. Ушбу тадқиқот предмети аниқ бир корректловчи процедураларнинг оиласи доирасида курилади, хусусан, чизиқли, полиномиал, таниб олиш операторини монотон ва идемпотент туташувлар.

Тадқиқотнинг усуллари алгебраик ёндашув доирасида тимсолларни аниқлаш масаласини ечишда мантикий функциялар назарияси, чизиқли тенгсизликлар системаси назарияси, комбинаторик таҳлил, графлар назарияси, чизиқли алгебра, математик дастурлаш ва метрик фазолар назарияларининг тамойил ва усуллари қўлланилди.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги:

баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари модели базасида эквивалентлик муносабатлари, ўзаро бир қийматлик мослик асосида таниб олиш операторлари ва баҳолар матрицаларининг изоморфлик муносабатлари мавжудлиги исботланган;

баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари модели базасидаги таниб олиш операторларида учрайдиган толерантликни (таниб олишдаги хатоликларни) тузатиш воситасини қавариқ қобиғни топологик конус шаклида ҳосил

қилувчи процедуралар ишлаб чиқиш билан алгебраик ёндашувнинг стандарт модели такомиллаштирилган;

баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари тамойили асосида таксономия масаласини ечишда муҳим белгиларни таянч қисм тўпламини идентификация қилувчи идемпотент туташувларни чекли мажмуасини аниқловчи усул ишлаб чиқилган;

таксонларга белгиларнинг муҳим қисмтўпламларини ўзаро изоморф боғлиқлик даражасини баҳоловчи мезон ишлаб чиқилган. Бу илмий янгилик биообъектларни шажаравий таксономиясини амалга оширишга имкон берди;

таниб олиш операторларини корректликка текширувчи оптимизацион процедуралар монотон ва идемпотент туташувлар асосида ишлаб чиқилган;

баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари тамойиллари асосида таксономия масаласини ечишда танланмадан эталонларни саралаб олишни таянч прецедентлар усули ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

алгебраик ёндашувга асосланган танланма билан таксонни ўзаро корректлигини идемпотент туташувларни таъминловчи оптимизацион процедуралар ишлаб чиқилди;

баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари оиласининг ҳар бир модели натижаларини таҳлил қилувчи мезон таклиф қилинган ва уларни орасидаги толерантлик мавжуд бўлган таниб олиш операторларини идентификация қилувчи ва корректловчи механизм ишлаб чиқилган;

таниб олиш операторларини локал экстремумлардаги идемпотент туташувини аниқловчи оптимизацион процедуралар ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги баҳоларни ҳисоблаш алгоритми моделларида корректловчи оптимизацион процедураларни идемпотент туташувлар орқали амалга оширувчи усул ишлаб чиқилган. Таклиф қилинган усул амалий масалаларда синовдан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларини илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти баҳоларни ҳисоблаш алгоритмининг оиласига мансуб эвристик алгоритмлари базасида коррект алгоритмлар мажмуасини қурувчи оптимизацион процедураларни ишлаб чиқишдан иборат. Ишлаб чиқилган янги ёндашув асосида таниб олиш операторларини идемпотент туташувларини идентификация қилиш орқали тимсолларни аниқлаш назариясини ривожлантирилганлиги билан изоҳланган.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти, ишлаб чиқилган алгоритм ва дастурий таъминот тимсолларни аниқлашнинг қийин шаклландувчи масалаларини ечиш имкониятини таъминлаш ҳисобига «Баҳоларни ҳисоблаш алгоритми» базаси тадбиқ қилиш соҳаларини кенгайтириш билан асосланган.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Таниб олиш операторларини идемпотент туташувларини идентификация қилувчи оптимизацион процедураларни ишлаб чиқишда олинган илмий натижалар асосида:

турли шкаладаги морфологик белгиларга эга бўлган тўғри қанотли хашаротларни идентификация қилувчи Orthoptera Recognition дастурий мажмуаси алгебраик тузатиш билан ишловчи қисмий прецедент алгоритми асосида яратилган ва Зоология институти фаолиятига жорий қилинган (Фанлар академиясининг 2021 йил 9 февралдаги 4/1255-418-сонли маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида Ўзбекистондаги тўғриқанотли хашаротлар оиласи биообъектларини идентификация қилиш орқали соҳа мутахасислари иш унумдорлигини ўртача 25% га оширган, бошқа сарф-харажатлар эса ўртача 15 % камайтириш имкониятини берган;

йирик ҳажмдаги ахборотларда таксономияни тезкор амалга ошириш учун назорат танланмадан рақобат бардош таянч прецедентларни саралаб олувчи усул асосида ишлаб чиқилган Orthoptera Recognition дастурий мажмуаси Наманган вилояти Тўрақўрғон тумани Қишлоқ хўжалиги бўлими фаолиятига жорий қилинган (Қишлоқ хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 7 июндаги 02/025-2405-сонли маълумотномаси). Бу дастурий мажмуа ёрдамида қишлоқ хўжалиги экинларини химоя қилиш чора-тадбирларини ишлаб чиқишда ва қарор қабул қилишга кўмаклашувчи воситалардан бири бўлиб хизмат қилади. Илмий тадқиқот натижалари қишлоқ хўжалиги экинларига зарар келтирувчи зараркунанда чигирткаларни турларини тарқалишини мониторинг қилиш самарадорлиги ўртача 15 % оширишга имкон берган;

Ўзбекистон флорасидаги «Tulipa L.» туркуми намуналарини таснифлаш учун назорат танланмаларни турли типли аниқлагич калитлар ёрдамида локал мосликни баҳоловчи мезонига асосланган алгоритмлари орқали ишлаб чиқилган Tulipa Recognition дастурий мажмуа Угом-Чотқол давлат миллий табиат боғи фаолиятига жорий қилинган (Ўрмон хўжалиги давлат кўмитасининг 2021 йил 20 апрелдаги 05/21-1782-сонли маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижалари ўсимликларни биохилма-хиллигини ўрганишда, сақлаб қолишда, «Tulipa L.» туркуми намуналарини маълумотлар базасини доимий равишда тўлдириб боришда ва мониторингини олиб бориш нуқтаи-назаридан иш самарадорлиги ўртача 20 фоизга оширишга имкон берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертациянинг асосий назарий ва амаллий натижалари 10 халқаро ва 19 республика илмий-техник конференцияларда маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларнинг эълон қилинганлиги. Тадқиқот мавзуси бўйича жами 45 та илмий иш чоп қилинган бўлиб, жумладан 1 та монография, Ўзбекистон республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 16 та мақола, 12 таси республика журналларида ва 4 таси хорижий журналларда нашр қилинган. 6 та ЭҲМ учун яратилган дастурий мажмуаларга қайд қилиш гувоҳномалари Ўзбекистон республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк Агентлигидан олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация тузилиши кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловадан иборат. Диссертациянинг ҳажми 161 саҳифадан ташкил топган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг «**Тимсолларни аниқлаш масаласини ечишда алгебраик ёндашувнинг тизимли таҳлили**» деб номланган биринчи бобида тимсолларни аниқлаш масаласини ривожланиш босқичлари ва муаммоли вазиятлари таҳлил қилинган. 1.1-параграфда тимсолларни аниқлаш назариясининг ривожланиш тарихини таҳлили ва мавжуд тадқиқот ёндашувларини ўрта ривожланиш босқичлари келтирилган: эвристик алгоритмлар, параметрик алгоритмлар ва $\{A\}$ эвристик алгоритмлар тўплами устида алгебраик назария доирасида тўғрилашлар ўтказиб коррект алгоритмни топишни таклиф қилинади. Алгебраик ёндашув асосида шакллантирилган алгоритмлар синфлаштиришда назорат объектларида хатоликка йўл қўймайди. Бунда таниб олиш операторлари устида турли алгебраик операциялар ўтказилади: қўшиш ва ўзгармас сонга кўпайтириш. Фиксирланган ҳалқилувчи қоида асосида тимсолларни аниқлаш алгоритмлари операторлари индуктив равишда ўз ишини бажаради. Ушбу ғоя усул ва алгоритмларни бирлаштиришни тимсолларни аниқлашнинг алгебраик назария асосида амалга оширишни олға суради. Бунда тимсолларни аниқлаш алгоритмларини турли хил ифодалашдан ягона стандартда ифодалашга ўтишни таклиф қилинади. Шу билан бирга ҳар бир алгоритмни моделлари таниб олиш оператори ва ҳал қилувчи қоидаларнинг $A = C \cdot B$ суперпозициялари кўринишида ифодаланган. Таниб олиш оператори назорат объектларининг таксонга тушувчи баҳолари матрицасини куриб беради. Ҳал қилувчи қоида баҳолар матрицаси асосида назорат объектларини таксонларга тақсимлайди. «Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари» (БҲА) жуда кўп эвристик усулларни ўзида акс этирган бўлиб, тимсолларни аниқлаш алгоритмларини ифодаловчи ўзига хос универсал алгоритмик тилга ҳам эгадир. Ю.И.Журавлёвнинг ишларида БҲА ва SVM модели билан биргаликда қурилган полином эвристик алгоритмлар орқали коррект алгоритмни куришни назарий жиҳатдан исботлаб берган. Бундан кўринадики, алгебраик ёндашувнинг асосий ютуғи тимсолларни аниқлаш назариясида эвристик алгоритмлар базасида коррект алгоритмларни куриш мумкинлигини исботлаб берди. Ўз навбатида эвристик алгоритмларда учрайдиган камчиликларни бартараф қилиш орқали коррект алгоритмларни қурилади. Мазкур ғоя жуда кўплаб конструкцияларда унумли фойдаланилган: комитетлар, бустинг, экспертларни умумлашган фикрлари, ансамбли бўйича ўртачалаштириш, модул бўйича ўқитиш, компетентлик

соҳаси, нозизиқли монотон корректловчи операциялар. Алгебраик ёндашувнинг яна бир афзалигини исботи шундан иборатки, классик математика усуллари орқали маълумотларни интеллектуал таҳлил қилишни яхши шаклланманган соҳасида алгебраик ёндашув асосида ечилишидир.

1.2-параграфда ишнинг назарий қисмини баён этишда фойдаланиладиган асосий тушунчалар ва белгилашлар, тимсолларни аниқлаш назариясининг ривожланиш босқичлари баёни ҳамда Ю.И.Журавлёвнинг илмий мактаби томонидан киритилган терминологияга мувофиқ маълумотлар келтирилган.

1.3-параграфда прецедент тамойили асосида ишловчи алгоритмлар орқали тимсолларни аниқлаш масаласини ечишни алгебрик конструкциянинг стандарт ифодаси келтирилган.

Диссертациянинг «Баҳоларни ҳисоблаш моделига мансуб алгоритмлар синтези» иккинчи бобида айнан БҲА га оид эвристик алгоритмларини аналитик шаклланиши, эквивалентлик хоссалари ва изоморфлик муносабатлари синтез қилинган.

2.1-параграфда БҲА оиласига мансуб параметрик алгоритмларга қўйилган тимсолларни аниқлаш масаласини ечишга нисбатан мақбул моделнинг $A_1(k), A_2(k, \delta_1), \dots, A_\pi(k, \varepsilon_i, \varepsilon, \gamma_i, p_i, \delta_1, \delta_2)$ танлаш ва параметрларини созлаш масаласи баён қилинган.

1-лемма. \mathfrak{M}^u унверсал тўпламда $\{A_i\}_{i=1}^\pi$ алгоритмлар $A_1 \subseteq \dots \subseteq A_\pi$ кетма-кет жойлашган бўлсин, у ҳолда барча $\{A_i\}_{i=1}^\pi$ алгоритмлар таркибида ётувчи ягона k параметр мавжуд,

$$\forall k [k \in A_1 \rightarrow k \in A_2], A_1 \cap A_2 \subseteq A_2.$$

1-теорема. Агар $\{A_i\}_{i=1}^\pi$ алгоритмлар тўпламига қўйилган тимсолларни аниқлаш масалани A_1 алгоритмлар модели ечиса, у ҳолда $\{\delta_1, \delta_2, \varepsilon_i, \varepsilon, \gamma_i\} = \emptyset$, бўлиши етарли, акс ҳолда $\{A_i\}_{i=1}^\pi$ доирасида A_1 ўз қувватини орттириши зарур.

2.2-параграфда бош тўпламдаги объектларни ўзаро эквивалентлик муносабатига нисбатан синф ёки таксонларга ажратиш масаласи тадқиқ қилинган.

2-теорема. Агар \mathfrak{M}^u тўпламда $\tilde{\rho}$ эквивалентлик муносабати берилган бўлса, у ҳолда \mathfrak{M}^u тўпламда ўзаро кесишмайдиган K_1, K_2, \dots, K_ℓ эквивалент синфларнинг қисмтўпламлар мажмуаси вужудга келади.

2.3-параграфда $\{B_\pi\}$ таниб олиш оператори ва $\{\Gamma_{ij}\}_{q \times \ell}$ матрицасининг ўзаро изоморфлиги исботланган.

3-теорема. Таниб олиш операторлар $\mathfrak{M}\{B_A\}$ фазоси ва мос баҳолар $\{\Gamma_{ij}\}_{q \times \ell}$ матрицалари фазоси ўзаро изоморф.

Диссертациянинг «Тимсолларни аниқлашнинг эвристик алгоритмлари устида алгебраик конструкцияни шакллантириш» деб номланган учинчи бобда алгебраик конструкциясининг стандарт шаклининг оптимал варианты келтирилган. 3.1-параграфларда «Баҳоларни ҳисоблаш алгоритми» модели устида корректловчи процедуларни куришни янги

ёндашуви ишлаб чиқилган. Тимсолларни аниқлаш масаласида алгоритмларни корректлигини таҳлил қилишни алгебраик ёндашуви Журавлев Ю.И. ишлаб чиққан схемага асосланган ва тимсолларни аниқлаш масаласини қуйидаги беш параметрли модел орқали ифодалаган:

$$\langle \mathfrak{S}_i, \mathfrak{S}_f, \mathfrak{M}^u, S_{q=1}^m, \{\Gamma_q\}_{q=1}^\ell \rangle, \quad (1)$$

бу ерда \mathfrak{S}_i бошланғич ахборотлар тўплами, \mathfrak{S}_f финал ахборотлар тўплами, $\{S_q\}_{q=1}^m$ объектлар тўплами, $\{\Gamma_q\}_{q=1}^\ell$ объектларни баҳолари тўплами, \mathfrak{M}^u аввалдан берилган $\mathfrak{S}_i \rightarrow \mathfrak{S}_f$ акслантиришлар тўпамидир. \mathfrak{S}_i ва \mathfrak{S}_f тўпламига қўшимча \mathfrak{S}_e баҳолар матричасини ҳам киритилган.

$\{S_q, \Gamma_q\}_{q=1}^\ell$ жуфтликлар кетма-кетлигига ўқув танланма деб юритилади.

Юқорида келтирилганлардан келиб чиқиб, ушбу ишда таниб олиш операторлари устида корректловчи амалларни бажариш ва мақбул ахборот моделни танлашни навбат билан ўзаро бир-бирини компенсация қилиб боровчи ёндашув ривожлантириш орқали $\Phi(A) \rightarrow \min$ таъминловчи масала ечилади.

Шунингдек, тимсолларни аниқлаш масала коррект ҳол учун $\mathfrak{S}_f = \{0,1\}$ кўриб чиқилади.

Бу масалани ечиш учун қуйидаги процедуралар амалга оширилади:

- Таниб олиш операторларни созлаш;
- Сифат функционални минимумга эриштирувчи корректловчи процедураларни созлаш.

Ушбу процедурани λ параметр қийматларини комбинациялашган стратегиясини ҳосил қилиш орқали амалга оширилади. Бунда икки вариантни ўзаро келишув асосида соланади ($\lambda \in \{0,1\}$):

$$\Phi_\lambda(B_\pi) = \lambda\alpha_1 + (1 - \lambda)\alpha_2,$$

- Ўқув танланмадаги камчиликларни бартараф қилиш орқали созлаш α_1 ;
- Таниб олиш операторлардаги толерантликни минималлаштириш ёрдамида созлаш α_2 .

3.2-параграфда жараёндаги коррекция операциялари таниб олиш оператори $B \in \mathfrak{M}^0$ ва функционаллар устида амалга оширилади. Юқорида келтирилганидек, $B(\pi_1, \dots, \pi_\zeta)$ таниб оператори ζ та параметрга эга. Айтайлик, $\{1, \dots, j\}$ индекслар тўпламини Φ орқали белгилаймиз ва j кетма-кетликдан $\{a_\varrho\}_{\varrho=1}^j$ векторлар мажмуасидан ташкил топган ҳамда қуйидагича ифодаланган:

$$\begin{cases} [B(S_j, S)]_{\pi=1, \zeta} = a_j, & j \in N, \\ a_j > a_k, B(a_j) \geq B(a_k), \\ B(B(a_j)) = B(a_j). \end{cases} \quad (2)$$

Агар $a_j > a_k, B_\pi(a_j) \leq B_\pi(a_k)$ бўлса, у ҳолда таниб олиш оператори $\tau(B_\pi)$ толерант дейилади ва $\tau(B)$ орқали белгилансин.

Тимсолларни аниқлаш сифатини баҳоловчи φ мезонни экстремумга эриштирувчи ҳамда таниб олиш операторларидаги $\tau(B)$ толерантликни минимумга эришганини назорат қилувчи функционалларни қуйидагича,

$$\varphi = \sum_{\pi \in \zeta} \sum_{q=1}^{\ell} \sum_{s \in K_q} B_{\pi}(S, K_q) \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$B_{\pi}^* = \arg \min_{B_{\pi} \in \mathbb{M}^0} F(\tau(B_{\pi})). \quad (4)$$

Юқоридагилардан келиб чиқиб $F(B_1, \dots, B_{\pi}, \dots, B_{\zeta})$ таниб олиш операторларининг корректлик шarti қуйидагича қабул қилсин,

$$\begin{cases} F(a_j) = \beta_j, \forall j \in \Phi, \\ \tau(B_{\pi}) = \emptyset, \\ \varphi \geq \delta, \end{cases} \quad (5)$$

бу ерда $\delta = \max_{\pi=1, \zeta}(\varphi(B_{\pi}))$ олиш мумкин ёки экспертлар томонидан берилиши ҳам мумкин.

Ўз навбатида таниб олиш оператори жараёнга нисбатан ўз параметрларини коррекциялашни алегбраик ёндашув орқали амалга оширилади. Бунда БХА оиласига оид таниб олиш операторлари орасида қисман тартибланган операторлар тўплами $\langle B_{\pi}, \leq \rangle$ аниқланади, таниб олиш операторлари хосил қилган баҳоларни матрицасига нисбатан тартиб киритилиб ва қуйида келтирилган хоссалар кўриб чиқилади,

$$\begin{aligned} a^0 \omega &\leq B_{\pi}(\omega), \quad \omega \in \Omega, \\ b^0 \omega_1 \leq \omega_2 &\implies B_{\pi}(\omega_1) \leq B_{\pi}(\omega_2), \\ v^0 B_{\pi}(B_{\pi}(\omega)) &= B_{\pi}(\omega). \end{aligned}$$

Банда B_{π} таниб олиш операторнинг аниқлик даражаси ўсиб боровчи барча ўзини ўзига акслантиришлар тўпланини $\mathfrak{F}(B_{\pi})$ орқали белгиланади.

1-таъриф. $\mathfrak{F}(B_{\pi})$ тўпландан олинган B_{π} оператор келтирилган экстенсивлик ва монотонлик хоссаларини ва $\tau(B_{\pi}) \rightarrow \min$ шартини қаноатлантирса, B_{π} таниб олиш оператори идемпотент туташувни амалга оширилган дейилади.

2-лема. Агар ўқув танланмада $\{S_q, \Gamma_q\}_{q=1}^{\ell}$ объектлар монотон кетма-кетликка эга бўлиб, $\tau(B_{\pi})$ толерантлик минимумлик шартини қаноатлантирса ва якуний натижа ўзгармас қийматга эришса, у ҳолда F функционал идемпотент акслантиришдир.

4-теорема. Агар таниб олиш операторлари учун ҳам ва ахборот моделлари учун ҳам идемпотент туташувида корректлик шarti бажарилса, у ҳолда чизиқли туташув амалга ошган бўлади,

$$L(A) = C \left(\varphi(B_{\zeta}), \varphi(\mathfrak{F}_i), \|\Gamma_{ij}\|_{m \times q} \right) \rightarrow \text{extr}. \quad (6)$$

3.3-параграфда $\Omega = \{\tilde{\omega}_i\}_{i=1}^{\xi}$ таянч қисм тўпламларни чизиқли фазода элементлари орасида тартиб мусбат конус шаклида ажратилиши қаралган. Бунда $F(B_{\pi}(\Omega)) \in \mathfrak{F}$ даги барча функционал туташувлар қавариқ тўпламни четки нуқталарида аниқланади.

Асосий масалаларидан бири (K, Ω) жуфтлик орасидаги мақбул ўзаро боғлиқликни аниқлаш орқали таксономияни тўғри амалга оширишдан иборат. Бунинг (K, Ω) жуфтлик орасидаги ўзаро боғлиқликни баҳовловчи мезонини натижаларини монотон коррекциялаш орқали $F(B_\pi(\Omega)) \in \mathfrak{F}$ тимсолларни аниқлаш сифатини яхшиловчи функционал туташувни тадқиқ қилинади.

БҲА тамойилидан келиб чиқиб, Ω таянч қисм тўпламлар $T_{nm\ell}$ жадвалдаги барча тупик тестлар мажмуаси бўлсин $(\cup_{i \in \xi} \tilde{\omega}_i \subseteq \mathfrak{Z} \subseteq \Omega)$.

5-теорема. $F(B_\pi(\Omega, \leq_K))$ даги ҳар қандай туташувлар тупик тестлардадир.

Ушбу параграфда кўриб чиқилган ёндашувдан фойдаланиб, φ сифат мезонинг қийматига кўра мақбул таксономия танланади. Бу жараён сифат мезонининг қиймати бўйича энг яхши бўлган таксономия ўқув танланма сифатида қабул қилинади, куйида келтирилган ифодадан кўриб турганидек, K ва K' тансономиядан K' эталон сифатида танланади,

$$\varphi(K, \mathfrak{Z}) < \varphi(K', \mathfrak{Z}'), \Gamma < \Gamma', (\Gamma \in K, \Gamma' \in K'). \quad (7)$$

Ҳар бир $K' \in \xi(K)$ элементи учун мос бўлган \mathfrak{Z}' тестлар тизимини аниқланиб, уларнинг барчасини $\xi_t(K)$ орқали белгилансин. $\xi_t(K)$ ларни ичидан шундай (K, \mathfrak{Z}') жуфтликни аниқланадики, (K, \mathfrak{Z}') жуфтликни локал мослик деб номлансин,

$$\varphi(K, \mathfrak{Z}') = \max_{\mathfrak{Z}' \in \xi_t(K)} \varphi(K, \mathfrak{Z}'). \quad (8)$$

Диссертациянинг «**Таксономия масаласини ечишда таянч прецедентлар алгоритми**» деб номланган тўртинчи бобда таксономия масалаларини ечишга хизмат қиладиган оптимизацион процедуралар ишлаб чиқилган. 4.1-параграфда таксономия масаласида корректловчи амалларни бажарувчи процедураларни прецедентлар мажмуасини оптималлаштиш орқали амалга оширувчи алгоритмни ишлаб чиқишга бағишланган. Бунда вужудга келаётган таксономия сифати мезони $\varphi(K)$ юқорида келтирилган каби ўхшаш курилади. Бу юқорида тавсифланган алгоритмларда ўрин тутганидек, қидирилаётган мақбул таксономия K^t ни идентификация қилиш масалси белгиларни \mathfrak{Z}^t таянч қисм тизимини монотон кетма-кетлиги шакллантириш ёрдамида ҳал қилинади. Куйидаги шарт асосида,

$$\Omega = \{\mathfrak{Z}^i\}_{i=1}^{\zeta} \quad (9)$$

$$K = \{K\}_{\sigma=1}^t, t = \max, \quad (10)$$

$$\tau(B(K^t, \mathfrak{Z}^t)) < \delta, \quad (11)$$

$$(K^1, \mathfrak{Z}^1) \preceq \dots \preceq (K^t, \mathfrak{Z}^t). \quad (12)$$

Берилган сифат мезони билан қидирилаётган мос $(K^\zeta, \mathfrak{Z}^\zeta)$ жуфтликларни идентификацияси натижаларини баҳолаш орқали процедуралар текширади. Таксон таркибига кирувчи объектлар орасидан муҳим объект сифатида юқори баҳога эга S_\cup^q олинади, буни мос таксон маркази деб аталади:

$$\Gamma(S_\cup^q) = \arg \max_{S \in K_q} \{\Gamma_q(S)\}. \quad (13)$$

Барча ℓ таксонлар учун K_ℓ дан уларнинг марказлари қурилган бўлсин, $S_\square = \{S_\square^1, \dots, S_\square^\ell\}$. Мазкур қайта қуриш K^t таксономия $S_\square^t = \{S_\square^{1t}, \dots, S_\square^{\ell t}\}$ марказлари тизимини аниқлашдан иборат. K^t таксономия учун $\{S_\square^t\}_{t=1}^\ell$ эталон объектларни қисм тўпламларини янги мажмуаси аниқланади: $\mathfrak{X}^t = \{\mathfrak{X}_{qp}^t; q, p = \overline{1, \ell}; q \neq p\}$,

$$\begin{cases} \tau(B_\pi(S, S_\square)) \rightarrow \arg \min_{\omega \in \mathfrak{X}_{qp}} \Gamma_q(S), \\ \text{барча } (i, j) \text{ учун } S_j \leq S_k \text{ ўринли бўлса } f_j \leq f_k. \end{cases} \quad (14)$$

4.2-параграфда таксономия масаласини ечишда таянч прецедентлар таркибини шакллантирувчи алгоритмлар мажмуасини конструктив тузилмасини аниқлаш масаласи баён қилинган. Бу алгоритмларни шакллантиришни математик дастурлаш воситалари асосида, яъни қавариқ қобиқни ҳосил қилиш ёрдамида амалга оширилган.

4.3-параграфда таксономия масаласини ечишда локал қавариқликни баҳоловчи алгоритм орқали таксономияни амалга ошириш тадқиқ қилинган. Бунда юқори қавариқлик баҳоси билан таксонларни S_\square^t марказлардан бирига минимал масофага тенг бўлган Λ катталиқ аниқланади. Ушбу локал қавариқлик асосида объектлар мажмуасини турли қувватга эга таксонларга тақсимлайди. \mathfrak{M}^u унверсал тўпламни $K(S_\square^t, \Gamma)$ танланмалар асосида таксонларга ажратиш ва эквивалент объектларни таксонлага жойлашишини топологик майдон сифатида қаралади. Таксономия масаласини ечишда ўлчанадиган графдан фойдаланилган. Бунда граф учлари таксономиядаги объектларни ва унинг қирралари объектларни ўзаро масофа жиҳатидан яқинлик баҳосини ифодалайди. Топологик майдондаги объектларни ўлчанадиган ва вазнга эга графлар бўлиб, $G_T = (K, \Gamma)$ кўринишида ифодалансин, граф учлари объектлар тўплами $\{S_i\}, i = \overline{1, m}$ ва қирралар тўплами $\Gamma = \{\rho_{ij}\}, i, j = \overline{1, n}$, яъни қирра ρ_{ij} вазнга эга бўлиб, S_i ва S_j граф учларини орасидаги масофани аниқлайди. G_T графнинг ℓ та учлари қисм тўпламларга саралаш таниб олишнинг сифат мезонни қаноатлантирганда компакт $\{K'_\ell, \mathfrak{X}'\}_w$ таксономия вужудга келган бўлади ва буни тимсолларни аниқлашни Z масаласи деб юритилади. K_ℓ таксондаги S_i ва S_j объектлар орасидаги ρ_{ij} масофалар йиғиндисини Λ_ℓ катталиқ орқали белгиланади, яъни $\Lambda_\ell = \sum_{S_i, S_j \in K_\ell} \rho_{ij}$.

Бунда топологик соҳага K_ℓ тўпламни маказий объектларини жойлашиши ва уларни ўзаро муносабатларини ўрнатиш ҳамда таҳлил қилишга имкон беради. Бу ҳол K_ℓ компакт тўпламдаги объектларни қисмтўпланидан марказгача бўлган масофани умумий йиғиндисини сифатида фойдаланилади. K_ℓ таксон S_\square^ℓ маркази ва белгиларни (\mathfrak{X}_{qp}^t) таянч қисм тўплами билан берилган муҳим объект сифатида қаралади. У ҳолда K_ℓ тўпламни S_\square^ℓ марказга нисбатан компактлик баҳоси Γ_ℓ орқали ифодаланади, $\Gamma_\ell = \sum_{S_i \in K_\ell} \rho_{i\ell}$, бу ерда $\rho_{i\ell}$ -назорат S_i объектдан S_\square^ℓ марказий объектгача бўлган масофади. $\{K_\ell\}_w$ тақсимот учун киритиладиган Λ_w ва Λ_w^* баҳолар

$\Gamma_w = \sum_{\ell} \Gamma_{\ell}$ баҳолар каби киритилади ва $\{K_{\ell}^*\}_w$ тўпلامда таксономияни амалга оширувчи Z масала учун $\Gamma_w^* = \min_{w \in W} \Gamma_w$ бўлиши етарли.

Диссетацяннинг «Ахборот-таниб олиш дастурий мажмуаси архитектураси, ишлаш тамойиллари ва тажрибавий тадқиқот натижалари таҳлили» деб аталган бешинчи бобида юқорида таклиф қилинаётган усул ва алгоритмларни амалиётга тадбиқ қилиниш жараёнида бир нечта дастурий мажмуа ва маълумотлар базалари ишлаб чиқилган. Ушбу дастурий мажмуалар ва маълумотлар базалари тимсолларни аниқлаш масаласида алгоритмларни коректлашни алгебраик ёндашув асосида шакллантирилган процедуралари умумий архитектура баёнини 5.1-параграфда келтирилади.

Шу билан бирга дастурий мажмуаларнинг асосий блоги ҳисобланган алгебраик ёндашув асосида таниб олиш операторларни коректловчи процедураларни умумий тузилмаси шакллантирилган.

Юқорида айтилганидек тимсолларни аниқлаш масаласида алгебраик ёндашув асосида алгоритмлар коректлаш жараёнида таниб олиш операторларидаги толерантликни ва ўқув танланмадаги камчиликларни бартараф қилишда $\Phi_{\lambda}(B_{\pi})$ қавариқ комбинацион корекциялаш орқали амалга оширилади.

Таклиф қилинаётган усул ва алгоритмлар амалиётга тадбиқ қилиш жараёнида иккита дастурий мажмуа ишлаб чиқилган: Tulipa Recognition ва Orthoptera recognition.

5.2-параграфда эса Tulipa Recognition дастурий мажмуасининг умумий схемаси ва функционал блокларининг вазифалари ёритилган ва натижалар таҳлили келтирилган. Таниб олишни сифатини $\varphi_A(\tau(B(\xi)))$ функционали орқали кузатиб борилади,

$$\varphi_A(\tau(B(\xi))) = \begin{cases} \tau(B(\xi)) < g, & 0, \\ \tau(B(\xi)) > g, & 1, \end{cases} \quad (15)$$

бу ерда ξ -ногўғри таниб олинган объектлар сони. $\varphi_A(\tau(B(\xi)))$ орқали олинган қийматларни таҳлил қилиш экспертлар томонидан берилган g таниб олишнинг толерантлик бўсағавий кўрсаткичини қаноатлантириши керак бўлади. Жадвалдаги устунлардан бир ёки бир нечтасини ўчиришни ҳар бир итерациясидан сўнг $\varphi_A(\tau(B(\xi)))$ функционал қиймати таҳлил қилинади. Бу жараён $\varphi_A(\tau(B(\xi))) < g$ тенгсизликни қаноатлантирмай қолгунга қадар давом этади ва шундан сўнг белгиларни таянч қисми аниқ бўлади ва куйидаги шартларни қаноатлантириши зарур:

$$Z = \begin{cases} \varphi_A(\tau(B(\xi))) \rightarrow \min, & \varphi_A(\tau(B(\xi))) < g, \\ \psi_A \rightarrow \max, & \end{cases} \quad (16)$$

бу ерда Z -тимсолларни аниқлаш масаласи, ψ_A - таксономия сифати.

$\tau(B(\xi)) \rightarrow \min$ таксономияни амалга ошириш процедурасининг юқори самарадорликка эришишини таъминлайди. Бундан кўринадики, g бўсагадан юқори баҳога эга $\{S_{ii}^t\} \geq g$ бўлган объектлар эталон учун ажратиб олинди.

5.3-параграфда “Orthoptera Recognition” дастурий мажмуаси, унинг таркибига кирувчи “OrthopteraInfo” ҳамда “Orthoptera Collections” маълумотлар базаси ҳақида аналитик ва конструктив ифодалар келтирилган. Мазкур маълумотлар базалари учун қуйидаги ғоя таклиф қилинмоқда: ҳар бир кортеж декарт кўпайтима орқали ифодаланиб, уларни даражасига мос ҳолда n та индекс орқали белгиланган ва маълумотлар базасида кортеж мазкур рақам билан сақланади. Булар учун қуйидаги акслантириш берилган:

$$F: A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n \rightarrow N_n, \quad (17)$$

бу ерда $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$ – тўпلامни декарт кўпайтимаси; $N_n \in (\overline{0, n})$.

Агар F биектив бўлса, у ҳолда тескари F^{-1} акслантиришни вужудга келади ва алгоритм (17) декарт ифодаси орқали кортежни идентификацияни амалга оширади, F^{-1} акслантириш эса кортеж қийматларини генерация қилади:

$$\begin{cases} num = Input(D, a), & (a) \\ a = Output(D, num), & (b) \end{cases} \quad (18)$$

бу ерда $a \in A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$, $num \in N_n$, D – тўпلامни декарт кўпайтимасини ифодаси $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$.

Муносабат $R \subset A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n, num \in N_n$ кўринишда бўлиб, қисм тўплам бутун сонлар орқали $num \subset N_n$ ифодаланади. (18) масалани ечишни оптималлаштиришда юқоридагидек каварикликдан фойдаланилади, $\lambda \in \{0,1\}$:

$$\Phi_\lambda(A_i) = (1 - \lambda)\varphi(A_i) + \lambda\varphi(F(A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n)).$$

Orthoptera намуналарини ўқитишда 6 та таксоннинг 94 та намуналари ўқув танланма сифатида олинган бўлиб, $n = 20$ та белгидан k -фиксирланган овоз берувчилар ўлчами бўйича алгоритмни ўқитиш амалга оширилган ҳамда 1 ва 2-жадвалларда келтирилган.

Мазкур қиёсий таҳлил, ҳар бир k учун 10 мартадан амалга оширилган бўлиб, тажриба БХА дан фойдаланилган ҳолда ўтказилган. Олиб борилган тажрибалар натижасида объектни характерловчи белгиларни таниб олиш жараёнидаги фаолигига нисбатан бир нечта даражаларга ажратилди (фаоллиги юқори, фаоллиги ўртача, нейтрал, халақитли, мавхум ва ноаниқ белгилар). Шулардан юқори фаоликка эга бўлган белгилар муҳим ёки белгиларни $\omega \in \mathfrak{Z} \subset \Omega$ таянч қисм тўплами сифатида саралаб олинди.

Orthoptera намуналарини ўқитиш натижаси

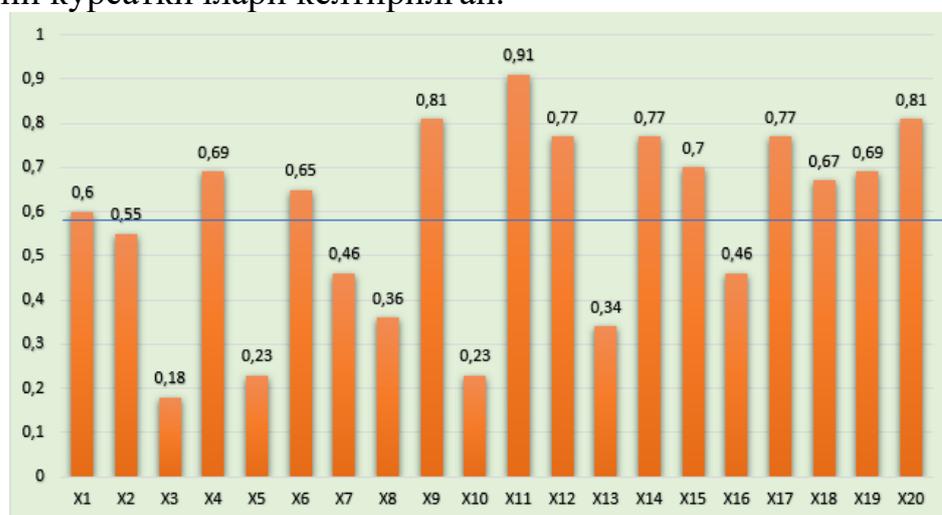
<i>k</i>	Ўқитиш натижаси (%)	Вақт (секунд)	<i>k</i>	Ўқитиш натижаси (%)	Вақт (секунд)
1	74,13	0,193	11	79,14	94,568
2	74,14	0,662	12	89,14	78,175
3	77,46	0,626	13	89,97	47,349
4	82,44	2,356	14	87,47	32,392
5	86,63	7,485	15	88,29	10,367
6	100	18,858	16	80,79	3,501
7	100	39,391	17	88,29	0,915
8	100	65,355	18	94,15	0,175
9	83,29	90,087	19	86,63	0,027
10	89,13	101,757	20	89,12	0,023

2-жадвал

Тўғриқанотлиларни идентификацияловчи белгиларнинг
информацион вазни (БИВ)

Белгилар	БИВ	Белгилар	БИВ	Белгилар	БИВ
X ₁	0,6	X ₈	0,36	X ₁₅	0,7
X ₂	0,55	X ₉	0,81	X ₁₆	0,46
X ₃	0,18	X ₁₀	0,23	X ₁₇	0,77
X ₄	0,69	X ₁₁	0,91	X ₁₈	0,67
X ₅	0,23	X ₁₂	0,77	X ₁₉	0,69
X ₆	0,65	X ₁₃	0,34	X ₂₀	0,81
X ₇	0,46	X ₁₄	0,77	Ўртача	0,58

Қуйидаги 1-расмдаги графикда таниб олиш аниқлигига нисбатан белгиларни кўрсаткичлари келтирилган.



1-расм. Белгиларнинг информацион вазни ва уларни танлаш чегараси

Мазкур графикда белгиларни муҳимлик кўрсаткичига нисбатан 0,6 бўсага қўйилган. Бунда 12 та таянч белгилар $x_1, x_4, x_6, x_9, x_{11}, x_{12}, x_{14}, x_{15}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}$ мажмуаси ажратиб олинди, унинг таркибида 5 та миқдорий белги, 7 та сифатий белги мавжуд.

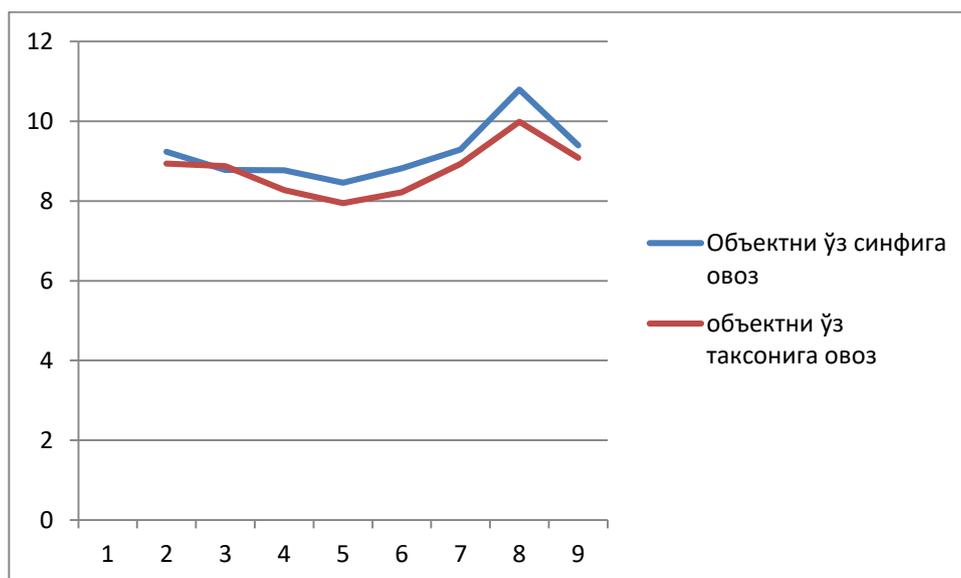
Айнан шу белгиларни таянч қисм тўплами асосида амалга оширилган таниб олиш жараёнида эталон объектларни $S_{\text{ц}} = \{S_{\text{ц}}^1, \dots, S_{\text{ц}}^{\ell}\}$ танлашга хизмат қилади ва қуйидаги 3-жадвал вужудга келди.

3-жадвал

Танланмадаги объектлардан эталон учун саралаш натижалари

Таксон рақами	Эталон учун сараланган объектлар сони	Объектларни ўз синфига берган овози	Объектларни ўз таксонига берган овози
1	12	9,238333	8,93821
2	11	8,781818	8,87517
3	10	8,773	8,2736
4	10	8,462	7,9462
5	11	8,818182	8,21512
6	11	9,290909	8,93007
7	12	10,79917	9,9892
8	17	9,394118	9,08417

3-жадвалда икки хил ёндашувдаги синфлаштириш ва таксономия алгоритмлари натижалари келтирилган. Бундан шуни кузатиш мумкинки, таклиф қилинаётган БХАнинг таксономия масаласига тадбиқи мувофақиятли натижа берганлиги ҳамда юқорида ишлаб чиқилган алгоритмларлар самарали эканлигини исботидир.



2-расм. Танланмадаги объектларни эталон учун саралашда синфлаштиришда ва таксономиядаги натижалари

Юқорида келтирилган 2-расмда 3-жадвалдаги объектларни ўз синфига ва ўз таксонларига берган овозларини график кўринишда ифодаланган. Бу 2-расмдаги графидан кўринадики, таклиф қилинаётган корректловчи процедуралар синфлаштириш масаласини ечишда ҳам, таксономия масаласини ечишда ҳам таниб олиш аниқлиги жуда кичик фарқ қилаётганини кўрсатади.

Таксонларни шакллантиришда аниқланган ω -таянч прецедентларни сони $\varphi_A(\tau(B(\xi)))$ функционални бўсағавий қийматига боғлиқ. Аксарият ҳолларда объектни таксонга саралаш ω -таянч прецедентларни юқори ўхшашлиги билан амалга ошади. Бунда таксономия коррект амалга ошиши учун мақбул бўсаға қиймати идентификацияси муҳим ҳисобланади. ω -таянч прецедентларни сони белгилар фазосида таксонларни жойлашиш характерига боғлиқ. Агар таксонлар ўзаро яхши фарқда бўлса, у ҳолда ω -таянч прецедентларни сони кам бўлади. 2-расмда келтирилган натижа 3 таянч белгиларни энг мақбул қисм тўпламида танлангани учун таксонларни ўзаро фарқи яхши тақсимланган ва таниб олиш сифати ҳам анъанавий БҲА синфлаштириши билан қиёсланган БҲА таксономия ўз аксини топган. Бундан кўринадики, БҲА дан фойдаланиб, алгебраик ёндашув асосида амалга оширилаётган таксономия синфлаштиришдан унчалик катта фарқ қилмайди. Таниб олиш операторини толерантлигини минимумга $\tau(B(\xi)) \rightarrow \min$ интилиши учун шакллантирилаётган ўқув танланма ўзида тимсолларни аниқлаш қонуниятини ифодаловчи ахборотга тўлиқ эга бўлиши керак. Шунда таниб олиш жараёнида назорат объектларни ўз таксонига тўғри саралаш билан бирга қабул қилинган ҳал қилувчи қоида сифатига ишончли баҳони беради.

ХУЛОСА

«Тимсолларни аниқлашнинг алгебраик назариясида моделларни коррекциялашнинг оптималлаштириш процедуралари» мавзусидаги диссертация иши бўйича олиб борилган тадқиқот натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилган:

1. Алгебраик ёндашувнинг чекли даражадаги туташувини тадқиқ қилиш ва ифодалаш учун системаларни эквивалентлик назарияси *таклиф қилинган*. Шу билан бирга баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари моделлари базасида ўзаро бир қийматлик мослик асосида таниб олиш операторлари билан баҳолар матрицаларининг ўзаро изоморфлик муносабатлари мавжудлиги исботланган;
2. Тимсолларни аниқлаш масаласини ечишда алгебраик туташувни чекланган даражадаги корректликнинг назорат қилувчи тузилмасини ўсмайдиган изотон функционаллар хусусиятларини тадқиқ қилинган. Бу эса таниб олиш операторларини қўйилган масалани оптимал ечимни аниқлаш имконини беради;

3. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари моделлари базасидаги таниб олиш операторларида учрайдиган толерантликлардан озод қилиш учун алгебраик ёндашувнинг стандарт конструкциясини такомиллаштирувчи қавариқ қобиқни топологик конус шаклида ҳосил қилувчи процедуралар ишлаб чиқилган. Бу процедуралар таниб олиш аниқлигини оширишга ва ечимга тез эришишга ёрдам беради;
4. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари моделларидаги таниб олиш операторлари корректлигини таъминловчи *идемпотент туташувлар мажмуасини аниқловчи усул* ишлаб чиқилди;
5. Белгиларни таянч қисмтўпламлари билан таксонларни ўзаро *боғлиқлигини баҳоловчи мезон* ишлаб чиқилган. Бу мезон таниб олиш операторлари ва сифат функционалларининг ўзаро компенсацион туташувларини таъминлашга хизмат қилади.
6. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларини алгебраик коррекцияловчи процедуралар орқали такомиллаштиришга кўмаклашувчи янги алгоритмик композиция ишлаб чиқилди;
7. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмлари моделлари доирасида таксономия масаласини ечиш учун мақбул эталон объектларни саралаш орқали таянч прецедентларни идентификация қилувчи процедураси ишлаб чиқилган. Бундай сараланган таянч прецедентлар ёрдамида ресурс тежамкорлигини таъминловчи ҳал қилувчи қонидани қуришда ва йирик ҳажмдаги ахборотларни тезкор таҳлил қилишда ҳисоблаш нуқтаи назаридан қулайликлар олиб келади.
8. Таклиф қилинган алгоритмлар ёрдамида дастурий мажмуа ишлаб чиқилиб, турли соҳалардаги амалий масалаларни ечиш учун жорий қилинди, шу жумладан, биологик объектларни таниб олишга тадбиқ қилинди. Ушбу амалий масалаларни ечимлари предмет соҳа мутахассисларининг фикр-мулоҳазалари билан ўзаро мос келди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2021.Т.142.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ
ИНСТИТУТЕ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ
ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Худайбердиев Мирзаакбар Хаққулмирзаевич

**ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ПРОЦЕДУРЫ КОРРЕКЦИИ МОДЕЛЕЙ В
АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ**

05.01.03 –Теоретические основы информатики

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА (DSc)
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

Ташкент – 2022

Тема докторской диссертации по техническим наукам (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2018.2.DSc/T187.

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском институте развития цифровых технологий и искусственного интеллекта.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета (www.airi.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный консультант:

Камилов Мирзаян Мирзаахмедович
доктор технических наук, профессор, академик

Официальные оппоненты:

Игамбердиев Хусан Закирович
доктор технических наук, профессор, академик

Мухамедиева Дилноз Тулкуновна
доктор технических наук, профессор

Утеулиев Ниетбай Утеулиевич
доктор физико-математических наук, профессор

Ведущая организация:

Ташкентский государственный транспортный университет

Защита диссертации состоится «13» мая 2022 г. в 14⁰⁰ часов на заседании научного совета DSc. 13/30.12.2021.T.142.01 при Научно-исследовательском институте развития цифровых технологий и искусственного интеллекта. (Адрес: 100125, г. Ташкент, Буз-2, 17А. Тел.: (99871)2634198; факс: (99871)2634198; e-mail: info@airi.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Научно-исследовательского института развития цифровых технологий и искусственного интеллекта (регистрационный номер № 4). (Адрес: 100125, г. Ташкент, Буз-2, 17А. Тел.: (99871) 2634198).

Автореферат диссертации разослан «14» апреля 2022 года.
(протокол рассылки № 4 от «29» марта 2022 г.)

Н.С.Маматов
Председатель научного совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н., с.т.н.

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

Н.Мирзаев
Председатель научного семинара при научном совете по
присуждению учёных степеней, д.т.н., с.т.н.



ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется решению проблем искусственного интеллекта с помощью методов и алгоритмов распознавания образов. В то же время сохраняется необходимость дальнейших разработок и совершенствования методов и алгоритмов распознавания с учетом современных тенденций информационно-коммуникационных технологий. Создание таких алгоритмов распознавания образов на основе новых подходов и их широкое применение в научных и практических областях, например, в управлении технологическими процессами, медицинской диагностике, биометрической идентификации личности и других областях человеческой деятельности, являются одним из важнейших вопросов. В настоящее время на основе различных подходов разработано множество методов распознавания образов, использующие подходы: детерминированные, статистические, логические и т.д. Следует отметить, что зарубежные страны, крупные фирмы и компании сосредоточены на теоретическом и практическом совершенствовании и применении методов распознавания образов. В качестве примера можно отметить США, Великобританию, Российскую Федерацию, Германию, Японию, Китай и т.д., из компаний IBM, Google, Sumsung, Siemens, Bosch, Sony, Toshiba и другие.

В мире широкое использование методов и средств распознавания образов требует в то же время решения возникающих различных проблем, таких, как например, проблема оптимального представления исходной информации об объектах (сложность цифровой кодировки объектов), неопределённость критериев измерения исходных характеристик объектов, глубина эвристичности используемых алгоритмов. В рамках решения подобных задач разработка корректного алгоритма путем выполнения алгебраических действий над эвристическими алгоритмами распознавания образов является одним из актуальных вопросов в области интеллектуального анализа данных.

В нашей республике особое внимание уделяется широкому внедрению информационно-коммуникационных технологий в социально-экономической сфере, включая цифровую обработку информации и разработку методов и алгоритмов интеллектуального анализа данных и искусственного интеллекта. Основные задачи в этих направлениях определены в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-6097 от 29 октября 2020 года «Об утверждении концепции развития науки до 2030 года» и №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан». При реализации этих задач исключительно важно разработка и внедрение систем поддержки принятия решений, использующих методы и алгоритмы распознавания образов, представляющих собой алгоритмическое обеспечение искусственного интеллекта.

Данное диссертационное исследование связано в определенной степени с выполнением задач приведённых выше Указов, а также Постановлениях

Президента Республики Узбекистан № УП-6097 от 29 октября 2020 года «Об утверждении развития науки до 2030 года», № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», № УП-3256 от 4 сентября 2017 года «О мерах организации деятельности института Ботаники и института Зоологии АН РУз», УП-5349 от 19 февраля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций» и Постановлениях Президента Республики Узбекистан от 29 сентября 2017 г. № ПП-3245 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в области информационно-коммуникационных технологий».

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

Обзор зарубежных исследований по теме диссертации¹.

Исследовательская работа, направленная на разработку и совершенствование новых методов решения задач интеллектуального анализа данных с помощью алгоритмов распознавания образов, проводится в ведущих научных центрах, высших учебных заведениях и крупных компаниях мира. В качестве примера можно отметить следующие: международные исследовательские центры искусственного интеллекта Европы, Америки и Азии, Российский институт искусственного интеллекта, Московский физико-технический институт, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской Академии Наук, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации, Институт математики им. С.Л. Соболева (Российская Федерация), Institute of Computational Science of USI (Швейцария), School of Elec. Eng and Computer Science of Queen Mary University of London (Великобритания), University of Oxford (Великобритания), The Chinese University of Hong Kong (Китай), University of Toronto, McGill University (Канада), Information Technology from the University of Rennes, Institut Néel, CNRS, Bordeaux Segalen University (Франция), University of Oulu (Финляндия), Jadavpur University (Индия), Universidad Politecnica de Madrid (Испания), University of Arizona,

¹Обзор научных исследований по теме диссертации составлен на основании <http://mmro.ru/2019/08/26/mmpr-2019-il1/>, www.msu.ru, <https://cyberleninka.ru/article/c/computer-and-information-sciences>, <https://towardsdatascience.com/10-must-read-machine-learning-articles-march-2020-80da9c380981>, <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/12/20-popular-machine-learning-articles-analytics-vidhya-2019/>, <https://docs.microsoft.com/en-us/analysis-services/data-mining/data-mining-projects?view=asallproducts-allversions>, <https://www.tf-pm.org/resources/casestudy/process-mining-at-samsung-electro-mechanics>, https://www.researchgate.net/publication/275721080_Smart_Phone_Based_Data_Mining_for_Human_Activity_Recognition, <https://ocw.mit.edu/courses/media-arts-and-sciences/mas-622j-pattern-recognition-and-analysis-fall-2006> и других источников.

Massachusetts Institute of Technology, компаний IBM, Google, Microsoft (США), Darmstadt University of Applied Sciences, Max Planck Institute for Dynamics and Self-Organization, Center for Bioinformatics (Германия), компании Nippon Electric Corporation (NEC) и Hitachi, Ritsumeikan asia pacific university, Nara Institute of Science and Technology (NAIST) is a Japanese national university in Nara (Япония), Systems Modeling Laboratory, Bioinformatics Research Center (Южная Корея) и др.

Результаты международных исследований по усовершенствованию методов и алгоритмов распознавания образов дали возможность получения ряда эффективных результатов: в качественном решении сложных задач распознавания образов был разработан метод генерации корректирующего алгоритмического комплекса, состоящего из нескольких алгоритмов (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Вычислительный центр Российской академии наук, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Яндекс), созданы методы и алгоритмы предварительной обработки данных (Massachusetts Institute of Technology, компании IBM, Google, Microsoft, США), разработаны методы и алгоритмы для уменьшения размерности пространства признаков (Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление», Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана, Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации, Институт математики им. С.Л. Соболева, компании Nippon Electric Corporation (NEC) и Hitachi, Ritsumeikan asia pacific university, Nara Institute of Science and Technology (NAIST) is a Japanese national university in Nara, Systems Modeling Laboratory, Bioinformatics Research Center).

В мире ведутся научные исследования по ряду перспективных направлений по совершенствованию существующих методов интеллектуального анализа данных и распознавания образов, а также разработке новых: анализ больших данных; разработка корректирующего алгоритмического комплекса для решения задачи распознавания образов и прогнозирования, создание методов и алгоритмов уменьшения размерности пространства признаков; разработка биометрических алгоритмов идентификации личности с использованием методов мягких вычислений и др.

Степень изученности проблемы. Анализ научной литературы показывает, что проблема распознавания образов находится и остаётся в центре внимания для учёных в современной науке. В ряде исследовательских работ можно проследить непрерывное расширение области применения методов и алгоритмов распознавания для решения разнообразных задач науки и техники. Огромный вклад в развитие науки и практики распознавания образов внесла большая плеяда выдающихся ученых, таких, как А.Г.Аркадьев, М.А.Айзерман, Р.Дуда, П.Харт, В.В.Александров, Е.М.Браверман, П.Д.Мандель, Ю.И.Журавлев, В.Н.Вапник, В.И.Васильев, П.М.Чеголин, Л.А.Растрингин, Н.Г.Загоруйко, А.Фор, Я.А.Фомин,

М.И.Шлезингер, А.Г.Ивахненко, А.Л. Горелик, В.Л.Матросов, К.В.Рудаков, К.В.Воронцов и другие. Ю.И.Журавлев и его научная школа создала основу теории и обеспечила развитие нового направления в распознавании образов, связанного с построением обобщенных оптимальных алгоритмов алгебраическую теорию алгоритмов распознавания образов. Н.Г.Загоруйко в своих исследованиях разработал алгоритмы распознавания для выявления эмпирической закономерности между объектами при решении задач таксономии.

В становлении научной школы по распознаванию образов в Узбекистане большой вклад внесли М.М.Камилов, Т.Ф.Бекмуратов, Ш.Х.Фазилов, Э.М.Алиев, С.С.Садиков, Ф.Т.Адилова, З.Т.Адилова, А.Х.Нишанов, Д.Т.Мухамедиева, Н.А.Игнатъев, Ш.Э.Тулаганов, Н.Мирзаев, О.Ж. Бобомуродов, Н.С. Маматов и др. Узбекистанским учёным удалось получить ряд важнейших результатов по методам и алгоритмам поиска логических закономерностей в данных, по определению меры важности (информационного веса) признака участвующего в описании объектов при их классификации алгоритмами вычисления оценок (АВО), по построениям оптимизационных процедур в формировании этапов в конструкциях АВО, по построению эффективных алгоритмических схем в нейро-нечётких методах распознавания образов, включая алгоритмы предварительной обработки последних и т.д.

В настоящее время основное внимание наших учёных в области распознавания образов обращено на формирование эффективного алгоритмического обеспечения для решения важнейшей перспективной задачи алгебраической теории АВО-разработка обобщённого алгоритма распознавания объектов в заданной выборке путём формирования алгоритмической композиции (замыкания) участвующего в распознавательном процессе ряда эвристических алгоритмов при обеспечении основного условия: уровень качества обобщённого алгоритма должен быть выше уровня качества каждого из ряда используемых эвристических алгоритмов.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научных проектов плана научно-исследовательских работ Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий по следующим темам: Ф4-ФА-Ф004 «Теория информационно-распознающих систем частичной прецедентности и методы их применения для интеллектуального анализа данных» (2012-2016), А-5-004 «Разработка программно-алгоритмического обеспечения информационно-распознающей системы идентификации растений» (2015-2017), БВ-Атекс-2018-(22+29) «Адаптивные распознающие модели и алгоритмы частичной прецедентности с алгебраической коррекцией для задач идентификации биообъектов при разнотипных шкалах их описания» (2018-2020).

Целью исследования является разработка методов и алгоритмов оптимизации процесса коррекции эвристических моделей в рамках теории алгебраического подхода при решении задачи распознавания образов.

Задачи исследования:

провести системный анализ особенностей моделей эвристических алгоритмов распознавания образов, основанных на прецедентах;

исследовать задачу формирования выпуклой оболочки, обеспечивающей компенсацию распознающих операторов и информационных моделей;

определить отношение взаимосвязи между опорными подмножествами признаков и таксономией, разработать конструкцию критерия, оценивающего степень этой взаимосвязи;

разработать эффективные процедуры, определяющие максимальные совместимые подмножества признаков с использованием алгебраических операций;

разработать метод идентификации линейного замыкания распознающих операторов и функционалов качества при решении задачи распознавания образов;

оценить работоспособность предложенных методов и алгоритмов при решении прикладных задач.

Объектом исследования являются процедуры оптимизации обеспечивающие в рамках алгебраического подхода изучение корректности моделей алгоритмов вычисления оценок.

Предметом исследования является построение оптимизационных процедур на основе использования методов интеллектуального анализа данных, моделей и алгоритмов распознавания образов и теории алгебраического подхода. Предмет данного исследования строится в рамках определенного семейства корректирующих процедур, а именно линейных, полиномиальных, монотонных и идемпотентных замыканий распознающих операторов.

Методы исследования: к решению задачи распознавания образов в рамках алгебраического подхода применены принципы и использованы методы теории логических функций, теории систем линейных неравенств, комбинаторного анализа, теории графов, линейной алгебры, математического программирования, теории метрических пространств и др.

Научная новизна исследования:

доказано, что в базе моделей алгоритмов вычисления оценок существуют отношения эквивалентности и изоморфные отношения распознающих операторов и матриц оценок на основе взаимно однозначного соответствия;

усовершенствована стандартная модель алгебраического подхода с разработкой процедуры коррекции толерантности (ошибок распознавания, встречающихся в распознающих операторах) на базе модели алгоритмов вычисления оценок, которая генерирует выпуклую оболочку в форме топологического конуса;

разработан метод идентификации конечного множества идемпотентных замыканий, определяющих опорные подмножества признаков при решении задачи таксономии на основе принципа вычисления оценок;

разработан критерий, оценивающий меру важности подмножества признаков к таксонам по степени привязанности взаимного изоморфа, что позволило провести генеалогическую систематику биообъектов;

разработаны оптимизационные процедуры для коррекции распознающих операторов на основе монотонных и идемпотентных замыканий;

разработан метод опорных прецедентов для формирования эталонов из выборки при решении задачи таксономии на основе принципов прецедентности.

Практические результаты исследования:

разработаны оптимизационные процедуры, обеспечивающие корректность таксономии на основе идемпотентных замыканий;

предложен критерий для анализа результатов каждой модели семейства алгоритмов вычисления оценок, а также разработан механизм идентификации и коррекции толерантности распознающих операторов;

разработаны оптимизационные процедуры для выявления идемпотентных замыканий в локальных экстремумах распознающих операторов.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования оценивается разработкой метода, который выполняет процедуры корректирующей оптимизации через идемпотентные замыкания в моделях алгоритмов вычисления оценок. Предлагаемый метод был апробирован в прикладных задачах.

Научно-практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке оптимизационных процедур, которые строят комплекс корректирующих алгоритмов на основе эвристических алгоритмов, относящихся к семейству алгоритмов вычисления оценок. Основываясь на разработанном новом подходе, была усовершенствована теория распознавания путем идентификации идемпотентных замыканий распознающих операторов.

Практическая значимость результатов исследования основана на том факте, что разработанные алгоритмы и программное обеспечение основаны на расширении областей применения базы алгоритмов за счет представления возможности решать сложно формируемые задачи распознавания образов.

Внедрение результатов исследования на основе полученных научных результатов по разработке оптимизационных процедур идентификации идемпотентных замыканий распознающих операторов:

Программный комплекс Orthoptera Recognition, разработанный на основе алгоритмов частичной прецедентности с алгебраической коррекцией для идентификации прямокрылых насекомых при разнотипных шкалах морфологических признаков, применен в Институте зоологии (Справка Академии наук № 4/1255-418 от 9 февраля 2021 г.). В результате научных

исследований идентификации биообъектов семейства прямокрылых насекомых в Узбекистане повысилась продуктивность работы специалистов в среднем на 25%, что позволило снизить прочие затраты в среднем на 15%;

программный комплекс Orthoptera Recognition разработан на основе метода отбора конкурентно-способных опорных прецедентов контрольной выборки для выполнения быстрой таксономии больших объемов данных и внедрён в деятельность Управления сельского хозяйства Туракурганского района Наманганской области. (Справка Минсельхоза № 02/025-2405 от 7 июня 2021 г.). Этот программный комплекс является одним из инструментов для разработки мероприятий по защите сельскохозяйственных культур и поддержки принятия решений. Результаты научных исследований позволили в среднем на 15 % повысить эффективность мониторинга распространения саранчовых видов вредителей, поражающих сельскохозяйственные культуры;

программный комплекс Tulipa Recognition, разработанный с использованием алгоритмов, основанных на локальных критериях оценки соответствия с использованием различных типов идентификационных ключей для классификации рода «Tulipa L.» во флоре Узбекистана, внедрён в Угам-Чаткальском государственном национальном парке (Справка Государственного комитета по лесному хозяйству 2021 г. 20 апреля №05/21-1782). Результаты научных исследований по изучению и сохранению биоразнообразия растений, постоянного пополнения базы данных образцов рода «Tulipa L.» и мониторинга позволили повысить эффективность работы в среднем на 20 %.

Апробация результатов исследования. Теоретические и прикладные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 10 международных и 19 республиканских научно-технических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме исследования опубликованы 45 научных работ, из них 1 монография, 16 научных статей, в том числе 12 в республиканских, 4 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторской диссертации. Получены 6 свидетельств на программные комплексы Агентства по интеллектуальной собственности при Министерстве Юстиции Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, приложений и содержит 161 страницы текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации «Системный анализ алгебраического подхода к решению задачи распознавания образов» проанализированы этапы развития и проблемные ситуации задачи распознавания образов. В параграфе 1.1 представлен анализ истории развития теории распознавания образов и трех этапов развития существующих исследовательских подходов: поиск алгоритма коррекции в множествах эвристических алгоритмов, построение и исследование в множестве параметрических алгоритмов и, наконец, использование возможностей алгебраической теории распознавания образов для построения алгоритмов коррекции в множестве эвристических алгоритмов в целях формирования обобщённого корректного алгоритма. На операторах распознавания выполняются алгебраические операции: сложение и умножение на скаляр. На основе фиксированного решающего правила операторы алгоритма распознавания образов выполняют свою работу индуктивно. Эта идея способствует реализации комбинации методов и алгоритмов на основе алгебраической теории распознавания образов. Предлагается перейти от различного представления алгоритмов к их представлению в едином стандарте. При этом, модели каждого алгоритма выражаются в виде $A = C \cdot B$ суперпозиции оператора распознавания и решающего правила. Оператор распознавания строит матрицу таксономических оценок объектов управления. Решающее правило распределяет объекты управления по таксонам на основе матрицы оценок. В работах Ю.И. Журавлева доказана возможность построения корректного алгоритма коррекции с использованием полиномиального представления выбранного набора эвристических алгоритмов, построенных совместно с моделями ABO и SVM. При этом уровень полинома будет не выше, чем количество вовлечённых в рассмотрение эвристических алгоритмов. При этом корректные алгоритмы создаются путём преодоления недостатков, встречающиеся в эвристических алгоритмах. Эта идея продуктивно использовалась затем во многих конструкциях распознавательных схем: комитетных и переборных системах распознавания, системах, учитывающих мнения экспертов, в подходах, использующих усреднение по ансамблю и др. Заметим, что преимуществом алгебраического подхода является то, что он решает задачу интеллектуального анализа данных с помощью стандартных схем и методов математического программирования.

В параграфе 1.2 приведены основные понятия и определения, использованные в изложении теоретической части работы, описание этапов развития теории распознавания образов, а также информация представлена в соответствии с терминологией, введенной научной школой Ю.И. Журавлева.

В параграфе 1.3 представлено стандартное выражение алгебраической конструкции для решения задачи распознавания образов с помощью алгоритмов, основанных на принципе прецедента.

Во второй главе диссертации «Синтез алгоритмов модели вычисления оценок» рассматриваются вопросы аналитического формирования свойства эквивалентности и изоморфные отношения в семействе эвристических АВО.

В параграфе 2.1 описан вопрос выбора параметров в семействе параметрических алгоритмов АВО модели,

$$A_1(k), A_2(k, \delta_1), \dots, A_\pi(k, \varepsilon_i, \varepsilon, \gamma_i, \rho_i, \delta_1, \delta_2).$$

Лемма 1. Пусть $\{A_i\}_{i=1}^\pi$ в \mathfrak{M}^u последовательность алгоритмов т.е. $A_1 \subseteq A_2 \subseteq \dots \subseteq A_i$, тогда существует единственный k параметр, являющийся общим для всех $\{A_i\}_{i=1}^\pi$ алгоритмов,

$$\forall k [k \in A_1 \rightarrow k \in A_2], A_1 \cap A_2 \subseteq A_2.$$

Теорема 1. Если A_1 способен решить задачу распознавания образов, поставленной перед набором алгоритмов $\{A_i\}_{i=1}^\pi$ тогда достаточно, чтобы параметры $\{\delta_1, \delta_2, \varepsilon_i, \varepsilon, \gamma_i\} = \emptyset$, в противном случае необходимо увеличить мощность A_1 во множестве $\{A_i\}_{i=1}^\pi$.

В параграфе 2.2 рассматривается задача разделения объектов в общем наборе на классы или таксоны в соответствии с отношениями взаимной эквивалентности.

Теорема 2. Если $\tilde{\rho}$ отношение эквивалентности задано в множестве \mathfrak{M}^u , тогда в множестве \mathfrak{M}^u существует множество непересекающихся подмножеств эквивалентных классов K_1, K_2, \dots, K_ℓ .

В параграфе 2.3 доказывается взаимный изоморфизм распознающего оператора $\{B_\pi\}$ и матрицы оценок $\{\Gamma_{ij}\}_{q \times \ell}$.

Теорема 3. Пространство $\mathfrak{M}\{B_A\}$ распознающих операторов и пространство соответствующих им матриц оценок $\{\Gamma_{ij}\}_{q \times \ell}$ взаимно изоморфны.

Третья глава диссертации «Формирование алгебраической конструкции на эвристических алгоритмах распознавания образов» посвящена описанию и анализу оптимального варианта стандартной формы алгебраической конструкции. В параграфе 3.1 разработан новый подход к построению корректирующих процедур на модели АВО. Алгебраический подход к обеспечению корректности алгоритмов в задаче распознавания образов на основе разработанной им схемы Ю.И. Журавлев представил через следующую пятипараметрическую модель:

$$\langle \mathfrak{S}_i, \mathfrak{S}_f, \mathfrak{M}^u, \{S_q\}_{q=1}^m, \{\Gamma_q\}_{q=1}^\ell \rangle, \quad (1)$$

где \mathfrak{Z}_i - исходный набор данных, \mathfrak{Z}_f - конечный набор данных, $\{S_q\}_{q=1}^m$ - набор объектов, $\{\Gamma_q\}_{q=1}^\ell$ - набор оценок объектов, \mathfrak{M}^u - ранее заданный $\mathfrak{Z}_i \rightarrow \mathfrak{Z}_f$ набор отражений. В дополнение к наборам \mathfrak{Z}_i и \mathfrak{Z}_f также включена матрица оценок \mathfrak{Z}_e .

Последовательность пар $\{S_q, \Gamma_q\}_{q=1}^\ell$ называется обучающей выборкой.

Далее, исходя из приведённого выше, в работе рассматривается решение задачи, связанной с формированием подхода к построению схем взаимокомпенсирующихся замыканий информационных моделей, обеспечивающих минимизацию функционала качество ($\Phi_\lambda(B_\pi) \rightarrow \min$).

Для решения этой проблемы выполняются следующие процедуры:

- настройка распознающих операторов;
- корректировка корректирующих процедур для минимизации функционала качества.

Эта процедура выполняется путём рассмотрения двух случаев, связанных с двумя значениями λ ($\lambda = 0, \lambda = 1$):

$$\Phi_\lambda(B_\pi) = \lambda\alpha_1 + (1 - \lambda)\alpha_2,$$

- регулировка путем устранения дефекта обучающей выборки α_1 ;
- регулировка с минимизацией толерантности в распознающих операторах α_2 .

В параграфе 3.2 корректирующие операции в процессе выполняются над распознающими операторами $B \in \mathfrak{M}^0$ и функционалами. Как упоминалось выше, распознающие операторы $B(\pi_1, \dots, \pi_\zeta)$ имеют ζ параметров. Предположим, мы обозначили набор индексов $\{1, \dots, m\}$, а m состоит из набора векторов $\{a_\rho\}_{\rho=1}^m$ в последовательности m и выражается следующим образом:

$$\begin{cases} [B(S_m, S)]_{\pi=\overline{1, \zeta}} = a_m, & m \in N, \\ a_m > a_k, & B(a_m) \geq B(a_k), \\ B(B(a_m)) = B(a_m). \end{cases} \quad (2)$$

Если $a_m > a_k$, $B_\pi(a_m) \leq B_\pi(a_k)$, то $\tau(B_\pi)$ называется толерантным.

Функции, оценивающие качество распознавания до экстремума критерия φ и контролирующее достижение минимальной толерантности $\tau(B)$ в распознающих операторах, следующие:

$$\varphi = \sum_{\pi \in \zeta} \sum_{q=1}^{\ell} \sum_{s \in K_q} B_\pi(S, K_q) \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$B_\pi^* = \arg F(\tau(B_\pi)). \quad (4)$$

Исходя из изложенного, пусть условие корректности распознающих операторов $F(B_1, \dots, B_\pi, \dots, B_\zeta)$ будет

$$\begin{cases} F(a_m) = \beta_m, \forall m \in N, \\ \tau(B_\pi) = \emptyset, \\ \varphi \geq \delta, \end{cases} \quad (5)$$

где $\delta = \max_{\pi=1, \zeta}(\varphi(B_\pi))$ может быть получено или также может быть предоставлено экспертами.

В свою очередь, распознающие операторы регулируют свои параметры относительно процесса с помощью алгебраического подхода. В этом случае набор частично упорядоченных операторов $\langle B_\pi, \leq \rangle$ идентифицируется среди распознающих операторов в семействе АВО, порядок вводится относительно матрицы оценок, сформированной распознающими операторами, и рассматриваются следующие свойства замыканий:

$$\begin{aligned} a^0 \omega &\leq B_\pi(\omega), \quad \omega \in \Omega, \\ b^0 \omega_1 \leq \omega_2 &\implies B_\pi(\omega_1) \leq B_\pi(\omega_2), \\ v^0 B_\pi(B_\pi(\omega)) &= B_\pi(\omega). \end{aligned}$$

Таким образом, пусть B_π будет набором всех само отражений $\mathfrak{F}(B_\pi)$ по степени увеличения уровня точности распознающего оператора.

Определение 1. Если оператор B_π из множества $\mathfrak{F}(B_\pi)$ удовлетворяет условию минимума $\tau(B_\pi)$ толерантности заданных свойств: экстенсивности, монотонности, тогда считается, что распознающий оператор B_π обеспечивает идемпотентное замыкание.

2-лемма. Обучающая выборка $\{S_q, \Gamma_q\}_{q=1}^\ell$ имеет монотонную последовательность, $\tau(B_\pi)$ толерантность удовлетворяет условию минимума и конечный результат достигает постоянного значения, тогда F функционал является идемпотентным отображением.

Теорема 4. Если для распознающих операторов и для информационных моделей выполняется условия корректности идемпотентных замыканий, то считается, что создано линейное замыкание,

$$L(A) = C \left(\varphi(B_\zeta), \varphi(\mathfrak{S}_i), \|\Gamma_{ij}\|_{m \times q} \right) \rightarrow extr. \quad (6)$$

В параграфе 3.3 рассматривается случай, когда базовые наборы $\Omega = \{\tilde{\omega}_i\}_{i=1}^\xi$ разделены между элементами линейного пространства в форме положительного конуса. Тогда определяются все функциональные замыкания $F(B_\pi(\Omega)) \in \mathfrak{F}$ - крайние точки выпуклого множества.

Одной из основных задач является правильная реализация таксономии путем определения наиболее оптимального соотношения в парах (K, Ω) . Путём монотонной корректировки $F(B_\pi(\Omega)) \in \mathfrak{F}$ результатов критерия оценки взаимозависимости между парами (K, Ω) изучается функциональное замыкание, улучшающее качество распознавания образов.

Основываясь на принципе АВО, пусть опорное множество Ω будет набором всех тупиковых тестов $(\cup_{i \in \xi} \tilde{\omega}_i \subseteq T \subseteq \Omega)$ в таблице $T_{nm\ell}$.

Теорема 5. Любые замыкания в $F(B_\pi(\Omega, \leq_{\mathcal{K}}))$ являются тупиковыми тестами.

В итоге с использованием рассмотренного в данном параграфе подхода проводится отбор таксономии по значению критерия качества φ . В последующем лучшая по значению критерия качества таксономия принимается как эталонная, т.е. из двух таксономий K и K' для эталона выбирается K' при условии:

$$\varphi(K, \mathfrak{I}) < \varphi(K', \mathfrak{I}'), \Gamma < \Gamma', (\Gamma \in K, \Gamma' \in K'). \quad (7)$$

Определим подходящую тестовую систему \mathfrak{I}' для каждого элемента $K' \in \xi(K)$ и обозначим их все через $\xi_t(K)$. Из $\xi_t(K)$ определяется такая пара (K, \mathfrak{I}') , и эта пара называется локальной совместимостью, которая выражается следующим образом:

$$\varphi(K, \mathfrak{I}') = \max_{\mathfrak{I}' \in \xi_t(K)} \varphi(K, \mathfrak{I}'). \quad (8)$$

Четвертая глава диссертации «Алгоритм опорных прецедентов при решении задач таксономии» посвящена разработке оптимизационных процедур, возникающих при решении таксономических задач. В параграфе 4.1 рассматриваются вопросы построения алгоритма оптимизации процедур, реализующих операции коррекции в задаче таксономии через схему оптимизации множества прецедентов. В этом случае результирующий критерий качества таксономии $\varphi(K)$ строится аналогично тому, как описано выше. Поскольку он играет важную роль в описанных выше алгоритмах, решается проблема идентификации оптимальной таксономии K^t с помощью процедуры построения монотонной последовательности \mathfrak{I}^t опорной части признакового пространства. Применяются следующие условия:

$$\Omega = \{\mathfrak{I}^i\}_{i=1}^{\zeta}, \quad (9)$$

$$K = \{K\}_{\sigma=1}^t, t = \max, \quad (10)$$

$$\tau(B(K^t, \mathfrak{I}^t)) < \delta, \quad (11)$$

$$(K^1, \mathfrak{I}^1) \preceq \dots \preceq (K^t, \mathfrak{I}^t). \quad (12)$$

Процедуры проверки также оценивают результаты идентификации искомых пар $(K^\zeta, \mathfrak{I}^\zeta)$ в соответствии с заданными критериями качества. В этом случае объект S_{ζ}^{ℓ} , который даёт максимальную оценку для каждого таксона, называется центром соответствующего таксона. Таким образом, для всех ℓ таксонов K_{ℓ} формируется набор центральных объектов, $S_{\zeta} = \{S_{\zeta}^1, \dots, S_{\zeta}^{\ell}\}$,

$$\Gamma(S_{\zeta}^{\ell}) = \arg \max_{s \in K_{\ell}} \{\Gamma_{\ell}(S)\}. \quad (13)$$

Определение набора центров $S_{\zeta}^t = \{S_{\zeta}^{1t}, \dots, S_{\zeta}^{\ell t}\}$, обеспечивающих приемлемую таксономию K^t , выполняется индуктивно. Следующие $\{S_{\zeta}^t\}_{t=1}^{\ell}$ служат для определения приемлемости эталонных наборов объектов на основе системы $\mathfrak{I}^t = \{\mathfrak{I}_{qp}^t; q, p = \overline{1, \ell}; q \neq p\}$,

$$\begin{cases} \tau(B_{\pi}(S, S_{\zeta})) \rightarrow \arg \Gamma_q(S), \\ \text{для } (i, j) \text{ всех } s_j \leq s_k \text{ если при } f_j \leq f_k. \end{cases} \quad (14)$$

Параграф 4.2 посвящен определению при решении задач таксономии структуры набора алгоритмов, формирующих состав в опорных прецедентах, причем, эти алгоритмы формируются на основе средств математического программирования, направленных на реализацию возможных решений через выпуклые оболочки.

В параграфе 4.3 рассмотрено решение задачи таксономии с помощью алгоритма оценивания локальной выпуклости. В этом случае величина L равна минимальному расстоянию до одного из центров $S_{ц}^t$ таксонов с высокой оценкой выпуклости. Исходя из этой локальной выпуклости даётся возможность разделить множество объектов на таксоны разной мощности. Разделение универсального множества \mathbb{M}^u на таксоны на основе выбора $K(S_{ц}^t, \Gamma)$ и размещение эквивалентных объектов в таксоне рассматриваются как операции в топологическом поле. Привлекаются возможности теории графов. В этом случае вершины графа представляют собой аналоги объектов в таксономии, а его ребра используются как оценки относительного расстояния между объектами. Объекты - это графы, которые измеряются и взвешиваются в топологическом поле, выраженные как $G_T = (K, \Gamma)$, вершины графа - это набор объектов $\{S_i\}, i = \overline{1, m}$ и набор ребра - $\Gamma = \{\rho_{ij}\}, i, j = \overline{1, n}$, ребро ρ_{ij} имеет вес, а S_i и S_j определяют расстояние между вершинами графа. Компактная таксономия $\{K'_\ell, \mathfrak{T}'\}_w$ формируется, когда G_T удовлетворяют критерию качества распознавания сортировки подмножеств ℓ - вершины графа, и это называется проблемой Z . Сумма расстояний ρ_{ij} между объектами S_i и S_j в таксоне K_ℓ определяется величиной Λ_ℓ , то есть $\Lambda_\ell = \sum_{S_i, S_j \in K_\ell} \rho_{ij}$.

Топологическое поле позволяет находить K_ℓ и анализировать расположение центральных объектов и их взаимоотношения. K_ℓ используется как общая сумма расстояний от подмножества объектов в компакте до центра. Таксон K_ℓ рассматривается как важный объект, заданный центром $S_{ц}^\ell$ и опорной частью набора признаков (\mathfrak{T}_{qp}^t) . В этом случае компактное значение набора K_ℓ относительно центра $S_{ц}^\ell$ выражается как Γ_ℓ , $\Gamma_\ell = \sum_{S_i \in K_\ell} \rho_{i\ell}$, где $\rho_{i\ell}$ - S_i - расстояние от контрольного объекта до центрального объекта $S_{ц}^\ell$. Значения Λ_w и Λ_w^* , введенные для $\{K_\ell\}_w$ распределения, вводятся как $\Gamma_w = \sum_\ell \Gamma_\ell$, а для задачи Z , которая выполняет таксономию в наборе $\{K'_\ell\}_w$, достаточно $\Gamma_w^* = \Gamma_w$.

В пятой главе диссертации «Анализ архитектуры, принципов работы и результатов экспериментальных исследований программного комплекса для распознавания информации» разработаны несколько программных комплексов и баз данных в процессе реализации алгоритмов, основанных на вышеизложенном методе. В параграфе 5.1 приведено общее архитектурное описание процедур этих программных комплексов и баз данных, сформированное на основе алгебраического подхода к коррекции алгоритмов распознавания образов. При этом на основе алгебраического подхода, который представлен основным блоком программных пакетов,

формируется общая структура процедур коррекции распознающих операторов. Как было сказано выше, алгоритмы, привлекаемые при алгебраическом подходе к решению задач распознавания образов, выполняются посредством $\Phi_\lambda(B_\pi)$ выпуклой комбинированной коррекции толерантности распознающих операторов и устранения дефектов обучающей выборки.

В процессе реализации предложенного подхода на практике были разработаны два пакета программ: Tulipa Recognition и Orthoptera распознавание.

В параграфе 5.2 описана общая схема и функции функциональных блоков программного комплекса Tulipa Recognition, а также дан анализ результатов распознавания объектов. Качество распознавания контролируется функцией $\varphi_A(\tau(B(\xi)))$:

$$\varphi_A(\tau(B(\xi))) = \begin{cases} \tau(B(\xi)) < g, & 0, \\ \tau(B(\xi)) > g, & 1, \end{cases} \quad (15)$$

где ξ - количество неправильно распознанных объектов. Значения функции полученные с помощью $\varphi_A(\tau(B(\xi)))$, должны оцениваться порогом допуска распознавания g , установленным экспертами.

Функциональное значение $\varphi_A(\tau(B(\xi)))$ анализируется после каждой итерации удаления одного или нескольких столбцов в таблице. Этот процесс продолжается до тех пор, пока неравенство $\varphi_A(\tau(B(\xi))) < g$ не будет нарушено. Остальная часть пространства признаков образует опорную часть признаков. В этом случае должны быть соблюдены следующие условия:

$$Z = \begin{cases} \varphi_A(\tau(B(\xi))) \rightarrow \min, \\ \varphi_A(\tau(B(\xi))) < g, \psi_A \rightarrow \max, \end{cases} \quad (15)$$

где Z - задачи распознавания образов, ψ_A - качество таксономии.

Минимизация толерантности $\tau(B(\xi))$ обеспечивает высокую степень эффективности таксономии. При этом объекты, для которых оценки будут не ниже значения порога g , т.е. $\{S_{\text{ц}}^t\} \geq g$, будут выбраны в качестве эталонных.

В параграфе 5.3 представлена конструктивная и аналитическая информация о программном комплексе Orthoptera Recognition и входящих в его состав баз данных OrthopteraInfo и Orthoptera Collections.

Для этих баз данных предлагается следующая идея: каждый кортеж выражается декартовым умножением, их индексы обозначаются n в соответствии с их уровнем, и кортеж в базе данных сохраняется под этим номером. Для них дано следующее отражение:

$$F: A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n \rightarrow N_n, \quad (17)$$

где $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$ - декартово произведение множества, $N_n \in (\overline{1, n})$.

Если F является биективным, то существует обратное отражение F^{-1} , и процедура (17) идентифицирует кортеж через декартово выражение, в то время как отражение F^{-1} генерирует значения кортежа:

$$\begin{cases} num = Input(D, a), & (a) \\ a = Output(D, num), & (b) \end{cases} \quad (18)$$

где $a \in A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$, $num \in N_n$, D - декартово произведение множества N_n . Отношение $R \subset A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$, $num \in N_n$, и подмножество представлено целым числом $num \subset N_n$. Оптимизация решения задач (18) использует выпуклость, как описано выше, $\lambda \in \{0,1\}$:

$$\Phi_\lambda(A_i) = (1 - \lambda)\varphi(A_i) + \lambda\varphi(F(A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n)).$$

Для реализации процедуры обучения алгоритмов в качестве выборки были использованы 6 таксонов с 94 представителями Orthoptera, каждый их которых 20 признаками.

Длина голосующих наборов признаков определяется значением k , ($k = \overline{1 - 20}$). Вычисления проводились для каждого значения k 10 раз. Результаты эксперимента приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Результаты обучения выборок Orthoptera

k	Результат обучения (%)	Время (секунд)	k	Результат обучения (%)	Время (секунд)
1	74,13	0,193	11	79,14	94,568
2	74,14	0,662	12	89,14	78,175
3	77,46	0,626	13	89,97	47,349
4	82,44	2,356	14	87,47	32,392
5	86,63	7,485	15	88,29	10,367
6	100	18,858	16	80,79	3,501
7	100	39,391	17	88,29	0,915
8	100	65,355	18	94,15	0,175
9	83,29	90,087	19	86,63	0,027
10	89,13	101,757	20	89,12	0,023

На экспериментах и в последующем анализе их результатов характеризующие признаки объектов выборки были разделены на несколько уровней в зависимости от их активности в процессе распознавания (высокая активность, умеренная активность, нейтральные, тревожные, абстрактные и нечёткие признаки).

Из них в качестве важных признаков были выбраны признаки с высокой активностью. Подмножества опорных признаков $\omega \in \mathfrak{Z} \subset \Omega$ были именно из этих признаков.

**Информационный вес признаков (ИВП) -
идентификаторов прямокрылых**

Признаки	ИВП	Признаки	ИВП	Признаки	ИВП
x ₁	0,6	x ₈	0,36	x ₁₅	0,7
x ₂	0,55	x ₉	0,81	x ₁₆	0,46
x ₃	0,18	x ₁₀	0,23	x ₁₇	0,77
x ₄	0,69	x ₁₁	0,91	x ₁₈	0,67
x ₅	0,23	x ₁₂	0,77	x ₁₉	0,69
x ₆	0,65	x ₁₃	0,34	x ₂₀	0,81
x ₇	0,46	x ₁₄	0,77	среднее	0,58

График на рисунке 1 ниже показывает характеристики признаков относительно точности распознавания. На этом графике порог важности признаков установлен на 0,6.



Рис.1. Информационный вес признаков и порог их выбора

Как видно из рисунка 1, пороговое значение определяется средним значением отдельных результатов. Выбраны информативные наборы признаков $x_1, x_4, x_6, x_9, x_{11}, x_{12}, x_{14}, x_{15}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}$. Из 12 важных признаков сохранилось 5 количественных признаков и 7 качественных.

Данные подмножества опорных признаков служат для выбора эталонных объектов $S_{\text{ц}} = \{S_{\text{ц}}^1, \dots, S_{\text{ц}}^{\ell}\}$.

В таблице 3 показаны результаты работы алгоритмов классификации и таксономии проведённой с помощью единого для обоих алгоритмов представителя АВО, использующего предлагаемые процедуры алгебраической коррекции. Из этого следует, что применение предложенной АВО к проблеме таксономии является доказательством успешности результатов и эффективности алгоритмов.

Результаты подбора эталона объектов из выборки

Номер таксона	Количество объектов, выбранных по эталону	Голосование за принадлежность объектов своему классу	Голосование объектов по их таксонам
1	12	9,238333	8,93821
2	11	8,781818	8,87517
3	10	8,773	8,2736
4	10	8,462	7,9462
5	11	8,818182	8,21512
6	11	9,290909	8,93007
7	12	10,79917	9,9892
8	17	9,394118	9,08417

На рисунке 2 графически представлены голоса объектов из таблицы 3 для их класса и их таксонов. График на рисунке 2 показывает, что предлагаемые корректирующие процедуры обеспечивают очень небольшую разницу в точности распознавания как при решении задачи классификации, так и при решении задачи таксономии.

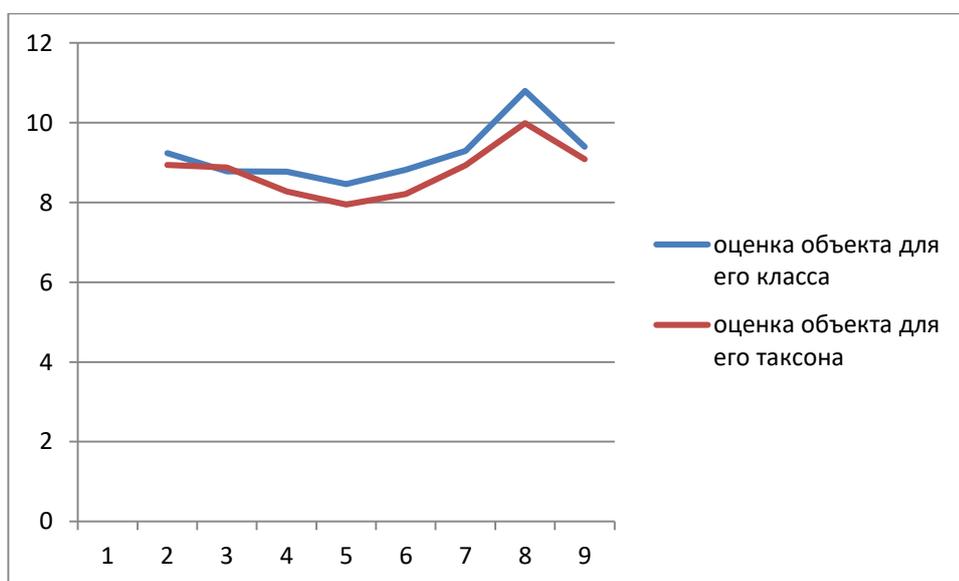


Рис. 2. Результаты классификации и таксономии при выборе объектов выборки для эталона

Количество опорных прецедентов ω , обнаруженных при формировании таксонов, зависит от порогового значения функционала $\varphi_A(\tau(B(\xi)))$. В большинстве случаев включение объекта в таксон происходит при высокой степени сходства опорных прецедентов. Чем выше пороговое значение, тем меньше количество объектов в выборке для исследования и тем меньше таксоны.

Количество опорных прецедентов зависит от характера размещения таксонов в пространстве символов. Если таксоны хорошо различны друг от друга, то количество опорных прецедентов будет меньше. Результат, показанный на рисунке 2, отражает таксономию АВО, в которой разница в таксонах хорошо распределена, а качество распознавания также сопоставимо с традиционной классификацией АВО, поскольку \mathfrak{Z} опорные признаки выбираются в наиболее оптимальном наборе частей. Видно, что таксономия, основанная на алгебраическом подходе с использованием моделей АВО, не сильно отличается от традиционной классификации с помощью АВО. Чтобы минимизировать толерантность распознающего оператора $\tau(B(\xi)) \rightarrow \min$, формируемая обучающая выборка должна располагать полной информацией, соответствующей принципам распознавания образов.

В этом случае наряду с правильным распределением в процессе распознавания контрольных объектов по своим таксонам будет обеспечена высокая оценка качества принятому решающему правилу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты, полученные в диссертационной работе на тему «Оптимизационные процедуры коррекции моделей в алгебраической теории распознавания образов», представлены в следующих выводах:

1. Предложена теоретическая схема для представления и исследования замыканий ограниченной степени в алгебраическом подходе к распознаванию образов. Доказано существование взаимной изоморфной связи распознающих операторов и матрицы оценок на основе взаимной однозначной совместимости в базе моделей алгоритмов вычисления оценок.
2. Исследованы свойства нерастущих изотонных функционалов, контролирующих корректность алгебраического замыкания конечной степени. Результаты исследования позволяют контролировать уровень оптимальности решения задачи распознающими операторами.
3. Разработаны процедуры генерации выпуклой оболочки в виде топологического конуса для совершенствования стандартной конструкции алгебраического подхода в целях исключения встречающихся в распознающих операторах из базы моделей АВО толерантностей. Эти процедуры способствуют повышению точности распознавания и ускорению получения решения;
4. Разработан метод определения комплекса идемпотентных замыканий, обеспечивающих корректность распознающих операторов в моделях алгоритмов вычисления оценок;
5. Разработан критерий оценки взаимозависимости таксонов с опорными подмножествами признаков. Этот критерий служит обеспечению взаимнокомпенсационных замыканий распознающих операторов и функционалов качества.

6. Разработана новая алгоритмическая композиция, которая поддерживает совершенствование алгоритмов вычисления оценок с помощью алгебраических корректирующих процедур;
7. Разработана процедура идентификации опорных прецедентов путем сортировки оптимальных эталонных объектов для решения задачи таксономии в рамках модели алгоритмов вычисления оценок. С помощью таких отсортированных опорных прецедентов построение решающего правила, обеспечивающего экономию ресурсов и быстрый анализ информации в больших объёмах, создаёт определённые удобства с точки зрения вычислений.
8. Предложенные алгоритмы реализованы в виде программного комплекса, использованного для решения ряд практических задач распознавания образов из различных предметных областей, а именно идентификации биологических объектов. Результаты решения этих задач соответствуют предположениям специалистов указанных предметных областей.

**THE SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.13/30.12.2021.T.142.01 AT DIGITAL TECHNOLOGIES AND
ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVELOPMENT RESEARCH
INSTITUTE**

**DIGITAL TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE
DEVELOPMENT RESEARCH INSTITUTE**

HUDAYBERDIEV MIRZAAKBAR KHAQQULMIRZAEVICH

**OPTIMIZATION PROCEDURES OF CORRECTING MODELS IN THE
ALGEBRAIC THEORY OF PATTERN RECOGNITION**

05.01.03 –Theoretical foundations of informatics

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

Tashkent-2022

The theme of doctoral (DSc) dissertation was registered with the number of B2018.2.DSc/T187 the Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan.

The dissertation has been prepared at Digital technologies and artificial intelligence development research institute.

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

Scientific adviser: **Kamilov Mirzayan Mirzaakhmedovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academic

Official opponents: **Igamberdiev Khusan Zakirovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academic

Mukhamedieva Dilnoz Tulqunovna
Doctor of Technical Sciences, Professor

Utewliev Nietbay Utewlievich
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Leading organization: **Tashkent State Transport University**

The defense will take place «13» May 2022 at 14⁰⁰ on the meeting of Scientific council No. DSc 13/30.12.2021.T.142.01 at Digital technologies and artificial intelligence development research institute (Address: 100125, Tashkent city, Buz-2, 17A. Tel.:(99871)2634198, fax: (99871) 2634198, e-mail: info@airi.uz).

The dissertation is available at the Information Resource Centre of the Digital technologies and artificial intelligence development research institute (is registered under No. 4). (Address: 100125, Tashkent city, Buz-2, 17A. Tel.:(99871)2634198, fax: (99871) 2634198).

Abstract of dissertation sent out on «14» April 2022 y.
(mailing report No. 4 on «29» March 2022 y.)


N.S.Mamatov
Chairman of the scientific council awarding scientific degree
Doctor of Technical Sciences, senior researcher


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


N.Mirzaev
Chairman of the academic seminar under the
scientific council awarding scientific degree,
Doctor of Technical Sciences, senior researcher



INTRODUCTION (abstract of the dissertation of doctor of science (DSc))

The aim of the research work is the development of methods and algorithms for optimizing the correction of heuristic models in the framework of the theory of the algebraic approach for solving the problem of pattern recognition.

The object of the research work is an optimization procedure which is researching correctness based on the algebraic approach on the models of the estimation algorithms

The scientific novelty of the research work:

The existing of isomorphic relations of estimation matrixes and the recognition operators in the basis of one-to-one correspondence, equivalence relations in the basis of the models of estimation algorithms are proved;

The standard model of the algebraic approach has been improved with the development of a procedure for correcting tolerance (recognition errors) encountered in recognizing operators, based on a model of estimation algorithms that generates a convex hull in the form of a topological cone;

A method was developed which defines the limited set of idempotent closures that identify the base part set of important signs in solving a taxonomy problem based on the principles of estimation algorithms;

Criteria has been developed which evaluates the degree of mutual isomorphic dependence of essential partial precedents of signs for taxon. This scientific novelty enables to perform hierarchical taxonomy of biological objects;

Optimization procedures which evaluate the correctness of pattern recognition operators have been developed based on the monotonous and idempotent closures;

A base precedent method has been developed that sort standards from a selection in solving the taxonomy problems based on the principles of estimation algorithms.

Implementation of the research results. In the basis of scientific results in development of the optimizing procedures that identify the idempotent closures of recognition operators:

The software of Orthopetra Recognition was developed that identify straight-winged insects which possess morphological signs in different scales. This software was created by the help of the partial precedent algorithm which works by algebraic correctness and established in the Institute of Zoology (Reference of Academy of Sciences, number 4/1255-418, February). In the result of research the field specialists' productivity increased to 25 percent by the help of the identification of the biological objects of Orthopetra family and It enabled to decrease other costs;

The software of Orthopetra Recognition has been developed based on the method of sorting competitive base precedents from control sample in order to perform the fast taxonomy on the large amount of information. Then it has been established in the agriculture of Turakurgan district of Namangan region. (Certificate of the Ministry of Agriculture No. 02/025-2405 dated June 7, 2021). This software supports decision making and enables to defend agricultural crops.

The result of research enables to increase to 15 percent the productivity of monitoring of spreading of pest locusts which are harmful to agricultural crops

The software of Tulipa Recognition has been developed by the help of algorithms based on the criteria of estimation of local compatibility by different identification keys from control sample in order to define the sample of “Tulipa L” in the flora of Uzbekistan. Then it has been established in Ugam-Chatkal State National Park (Reference of the State Committee for Forestry 2021 April 20, No. 05/21-1782).

The results of the research enables to increase to 20 percent the productivity of work according to monitor and enter the information into the database of “Tulipa L” samples, to learn the diversity of plants and preserve them.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of introduction, five chapters, conclusion, list of used literature and applications. The volume of the dissertation is 161 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (Часть I; Part I)

1. Нишанов А.Х., Худайбердиев М.Х. Масофадан ўқитиш тизимларида тимсолларни аниқлашнинг адаптив моделлари // Монография. – Тошкент, «Мухаммад-полиграф», 2017. –130 б.
2. Kamilov M., Hudayberdiev M.Kh., Khamroev A. The construction of local convex hull on the task of pattern recognition //Procedia Computer Science. - 2021. –Vol. 186. Pp. 360–365. (№ 3, Scopus, IF=3)
3. Kamilov M., Hudayberdiev M.Kh., Khamroev A. Algorithm for the Development of a Training Set that Best Describes the Objects of Recognition //Procedia Computer Science. -2019. –Vol. 150. Pp. 116–122. (№ 3, Scopus, IF=2.09)
4. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Баҳоларни ҳисоблаш алгоритмларининг сифат функцияси ёрдамида параметрларни аниқловчи умумлашган алгоритмларни қуриш // Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув. Халқаро илмий-техникавий журнал. - 2011, № 2(38). - С.62-69. (05.00.00; №12)
5. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х. Применение процедур вычисления оценок при решении задач кластеризации // Химическая технология. Контроль и управление. -2013. -№ 3. -С. 45-51. (05.00.00; №12)
6. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х. Изоморфизм пространств распознающих операторов алгоритмов частичной прецедентности и матриц оценок // Доклады АН РУз. - 2015, №6. -С. 44-45. (05.00.00; №9)
7. Худайбердиев М.Х. Ўсимликларнинг бир туркумини таснифлашда ўқув ва назорат танланмаларни шакллантириш муаммолари // «Информатика ва энергетика муаммолари» Ўзбекистон журнали. - 2016, №5. 37-42 б. (05.00.00; №5)
8. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. О подходе к решению задачи формирования активных признаков для распознавания одного рода объектов растительного мира // Журнал «Проблемы вычислительной и прикладной математики». -2016, №3. – С. 44-49. (05.00.00; №23)
9. Худайбердиев М.Х. Анализ активности признаков в процессе распознавания одного вида флоры// Научно-технический журнал. «Химическая технология. Контроль и управление». -2016. № 5. – С.81-86. (05.00.00; №12)
10. Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Биологик объектларни идентификациялаш муаммолари таҳлили ва уларни ҳал этиш ёндашувлари // «Информатика ва энергетика муаммолари» Ўзбекистон журнали. -2018. № 6. 3-14 б. (05.00.00; №5)
11. Kholmatov Bakhtiyor, Hudayberdiev Mirzaakbar. Formation of Relational Structures of Information Identification Models for Insecta Orthoptera Bioobject

// 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). - Tashkent, 4-6 Nov. 2019. Раёсат қарори №269/8 (30.09.2019 й.) билан ОАК илмий нашрлар рўйхатига киритилган журналларга тенглаштирилган.

12. Kholmatov Bakhtiyor, Hudayberdiev Mirzaakbar. Formation Relational Structures of Dataset of the Insecta Orthopteroidea for Identification Models // 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). - Tashkent, 4-6 Nov. 2019. Раёсат қарори №269/8 (30.09.2019 й.) билан ОАК илмий нашрлар рўйхатига киритилган журналларга тенглаштирилган.
13. Kamilov M.M., Hudayberdiev M.Kh. Algebraic correction of algorithms for recognition and identification of biological objects in data mining problems // International scientific and technical journal of Chemical technology. Control and Management. -2019. -Vol. 6(90), - Pp. 30-36. (05.00.00; №12)
14. Kamilov Mirzoyan, Hudayberdiev Mirzaakbar, Khamroev Alisher. Importance of Morphological Features in Orthoptera Identification // International scientific and technical journal of Chemical technology. Control and Management. – 2020. - Vol.1(91). -Pp. 62-66. (05.00.00; №12)
15. Kamilov Mirzoyan, Hudayberdiev Mirzaakbar. Recognition via morphological features of tulip by the algorithms for calculating estimates // International scientific and technical journal of Chemical technology. Control and Management. – 2020. –Special issue 5-6(95-96). -Pp. 05-11. (05.00.00; №12)
16. Худайбердиев М.Х. Таксономия масаласини ечишда локал компактликни баҳолаш алгоритми//«Информатика ва энергетика муаммолари» Ўзбекистон журнали. -2020. № 5. -32-38 б. (05.00.00; №5)

II бўлим (Часть II; Part II)

17. Kamilov Mirzoyan, Hudayberdiev Mirzaakbar, Khamroev Alisher. The Procedure for Defining the best Recognition Module of the Algorithms for Calculating Estimates // Techno-Societal 2018. Proceedings of the 2nd International Conference on Advanced Technologies for Societal Applications. Springer, Cham. - Pp 25-32.
18. Kamilov M.M., Hudayberdiev M.Kh., Khamroev A.Sh. Methods of Computing Epsilon Thresholds in the Estimates' Calculation's Algorithms // International Conference «Problems of Cybernetics and Informatics» (PCI'2012). -2012. -Vol. III. September 12-14, 2012. -Baku, Azerbaijan. -Pp. 133-135.
19. Hudayberdiev 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. -2011. -Vol. 9, Issue 5. -Pp. 607-609.

20. Kamilov M.M., Hudayberdiev M.Kh., Khamroev A.Sh. Models of pattern recognition in adapting training systems // Fifth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. -2008, 13-15 November. -Tashkent. – Pp. 75-79.
21. Kamilov M., Hudayberdiev M., Yuldashev Sh., Khujanov O. The correlation-regression models for the analysis of financial time series: forecasting// International scientific-practical conference «Prospects and possibilities of application of information technologies and systems in construction». -2018. Baku, -Pp. 91-93.
22. Kamilov M.M., Hudayberdiev M.Kh. Formation of a qualitative description of the training set in solving the recognition problem // ISJ: Theoretical & Applied Science. -2018. -Vol.01(57). -Pp. 33-37.
23. 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». -2009 йил 6-7 ноябр. – Наманган,-182-185 б.
24. Камиллов М.М., Худайбердиев М.Х.. Таниб олиш оператори устида идемпотент туташувга асосланган корректловчи процедураларни куриш// Доклады республиканской научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы применения цифровых технологий и искусственного интеллекта в управлении». -Ташкент. 6-7 сентября 2021 г. Том 1, 108-113 с.
25. 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 year. -Tashkent. -Pp. 213-215.
26. Kamilov M.M., Hudayberdiev M.Kh., Khamroev A.Sh., Mingliqulov Z.B. To the separation of strong mixing of partition of classes//Seventh World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation (WCIS-2012). November 25-27, 2012. –Tashkent. -2012. -Pp. 24-26.
27. Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Процедура решения задач кластеризации с помощью алгоритмов вычисления оценок// Труды VI Международной научно-практической конференции «Инженерные системы – 2013». – Москва, 24-26 апреля 2013. -С.156-160.
28. Худайбердиев М.Х., Хамдамов Н.Я. Характеристики трудно формализуемых задач принятия решений // Ахборот технологиялари ва телекоммуникация тизимларини самарали ривожлантириш истикболлари: Республика илмий-техник конференцияси маърузалар тўплами. -Тошкент. -2014. 1-қисм. -199-201 б.

29. Камиллов М.М., Худайбердиев М.Х. Взаимно одинаковые структуры пространства распознающих операторов с пространствами матрицы оценок// Современные состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении: доклады республиканской научно-технической конференции. - Ташкент, 7-8 сентября, 2015. -С. 321-324.
30. Камиллов М.М., Худайбердиев М.Х. О формировании пространства информационно-активных признаков при распознавании одного рода объектов растительного мира//X Международная IEEE научно-техническая конференция «Динамика систем, механизмов и машин». Омск, Россия, 15-17 ноября, 2016. Т.4. -С. 147-149.
31. Худайбердиев М.Х., Хамроев 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 бб.
32. Hudayberdiev M. Eye movement analysis via recognition algorithm of estimate calculating// Республика илмий-амалий анжумани: «Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясини ахбороткоммуникация технологиялари асосида ривожлантириш истиқболлари». – Қарши, 2016 йил 28-29 март. -138-140 бб.
33. Камиллов М.М., Худайбердиев М.Х. Тимсолларни аниқлаш масаласида алгебраик процедуралар ҳақида // Алгебра, амалий математика ва ахборот технологиялари масалалари: Республика илмий конференцияси материаллари. -2016 йил 20-21 декабрь. -Наманган. -114-116 б.
34. Камиллов М.М., Худайбердиев М.Х. Ўсимликларни бир туркумини автоматлаштирилган таснифлаш муаммолари// Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении. Республика илмий-техник анжумани. -Жиззах. -2016. -417-422 бб.
35. Худайбердиев М.Х., Алимов И.А. Таснифлашда метрик алгоритмларнинг сифатини такомиллаштириш усуллари ҳақида// Иқтисодиётнинг реал тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-коммуникация технологияларининг аҳамияти: Республика илмий-техник анжумани. -Тошкент. -2017 йил 6-7 апрел. Тўплам 2. 39-41 бб.
36. Камиллов 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. -275-279 б.
37. Камиллов М.М., Худайбердиев М.Х., Хужакулов О.Н. Адаптивные распознающие модел для задач идентификации биообъектов// Международная конференция по важности информационных технологий в

- инновационном развитии реальных секторов экономики. –Ташкент. -2018 йил апрель 5-6. -С. 143-146.
- 38.Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Алимов И.А. Компакт профилларни оптимизациялаш орқали тимсолларни аниқлаш алгоритми сифатини ошириш процедураларини ишлаб чиқиш// Иқтисодиётнинг реал секторларини инновацион ривожлантиришда ахборот технологияларининг аҳамиятига бағишланган халқаро конференция. -Тошкент. -2018 йил 5-6 апрель. - 836-838 б.
- 39.Камилов М.М., Худайбердиев М.Х. Алгоритм отбора опорных объектов обучающей выборки// Материалы XVIII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии». - Воронеж, 8-9 февраля 2018. -С. 138-143.
- 40.Худайбердиев М.Х. Таниб олиш алгоритмлари тўплами устида алгебраик коррекция тушунчаси таърифи//«Иқтисодиётнинг тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-коммуникация технологияларининг аҳамияти» республика илмий-техник анжумани. – Тошкент. -2019 йил 14-15 март. 2-қисм. - 144-147 бб.
- 41.Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш., Нуржонов Ф.А. Тўғриқанотли ҳашаротларни морфологик белгилари асосида идентификациялаш масаласи // «Ўзбекистон зоология фани: ҳозирги замон муаммолари ва ривожланиш истикболлари» республика илмий-амалий анжумани. -Тошкент. -2019 йил 20-21 июн. - 207-209 бб.
- 42.Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Orthoptera туркуми биообъектларини идентификациялаш учун танланмаларни шакллантириш ҳақида// Бошқарувда ахборот технологияларини қўллашнинг замонавий ҳолати ва ютуқлари: Республика илмий-техник анжумани. -Самарқанд. 2019 йил 5-6 сентябр. - 295-299 бб.
- 43.Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Тимсолларни аниқлаш масаласида декомпозицион модуллар комбинацияси// Инновацион ёндашувлар илм-фан тараққиёти калити сифатида: ечимлар ва истикболлар: республика илмий-техник анжумани. -Жиззах. -2020 йил 8-10 октябрь. -183-189 бб.
- 44.Камилов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Тўғриқанотлилар туркуми намуналарини идентификациялаш масаласи ҳақида// Математик моделлаштириш, ҳисоблаш математикаси ва дастурий таъминот инженериясининг долзарб муаммолари: республика илмий-амалий анжумани. -Қарши. -2020 йил 23-24 октябрь. -407-408 бб.
- 45.Камилов М.М., Худайбердиев М.Х.. Таниб олиш оператори устида идемпотент туташувга асосланган корректловчи процедураларни куриш// Доклады республиканской научно-технической конференции «Современное

состояние и перспективы применения цифровых технологий и искусственного интеллекта в управлении». -Ташкент. 6-7 сентября 2021 г. -Том 1, -С. 108-113.

46. Камиллов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Кластеризация в классе алгоритмах частичной прецедентности// Ўзбекистон республикаси интеллектуал мулк агентлиги, Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома. DGU 20140108, 06.11.2014
47. Камиллов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш., Минглиқулов З.Б. Программно-распознающий комплекс с модификацией на элементах нечётких множеств (ПРАСК-2М) // Ўзбекистон республикаси интеллектуал мулк агентлиги, Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома. DGU 20160487, 30.08.2016
48. Камиллов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш. Tulipa Recognition // Ўзбекистон республикаси интеллектуал мулк агентлиги, Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома. DGU 04693, 23.08.2017.
49. Холматов Б.Р., Нуржанов А.А., Худайбердиев М.Х., Медетов М.Ж., Халилаев Ш.А. «Orthoptera Info» маълумотлар базаси// Ўзбекистон республикаси интеллектуал мулк агентлиги, Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома. ВГУ 00377, 03.07.2019.
50. Камиллов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш., Нуржонов Ф.А. «Orthoptera коллекциялари» маълумотлар базаси // Ўзбекистон республикаси интеллектуал мулк агентлиги, Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома. ВГУ 00378, 12.07.2019.
51. Камиллов М.М., Худайбердиев М.Х., Хамроев А.Ш., Нуржонов Ф.А. «Orthoptera Recognition» дастурий мажмуаси// Ўзбекистон республикаси интеллектуал мулк агентлиги, Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома. DGU 07286, 06.12.2019.