

ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.FM.01.02 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ

САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

УРУНБАЕВ ЭРКИН

**К-ҚИЙМАТЛИ МАНТИҚ ФУНКЦИЯЛАРИ АСОСИДА ЭВРИСТИК
АЛГОРИТМЛАРНИНГ ОПТИМАЛ КОРРЕКТОРЛАРИНИ СИНТЕЗ
ҚИЛИШ УСУЛЛАРИ**

**01.01.03 – Ҳисоблаш математикаси ва дискрет математика
(физика-математика фанлари)**

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАН ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

ТОШКЕНТ – 2021

Физика-математика фанлари бўйича фан доктори (DSc)
диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)
по физико-математическим наукам

Content of dissertation abstract of the doctor of science (DSc)
on physical and mathematical sciences

Урунбаев Эркин

k-қийматли мантиқ функциялари асосида эвристик алгоритмларнинг
оптимал корректорларини синтез қилиш усуллари 3

Урунбаев Эркин

Методы синтеза оптимальных корректоров эвристических
алгоритмов на основе функций k-значной логики..... 27

Urunbaev Erkin

Methods for the synthesis of optimal correctors of heuristic algorithms
based on functions of k-valued logic 51

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 55

ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.FM.01.02 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ

САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

УРУНБАЕВ ЭРКИН

**К-ҚИЙМАТЛИ МАНТИҚ ФУНКЦИЯЛАРИ АСОСИДА ЭВРИСТИК
АЛГОРИТМЛАРНИНГ ОПТИМАЛ КОРРЕКТОРЛАРИНИ СИНТЕЗ
ҚИЛИШ УСУЛЛАРИ**

**01.01.03 – Ҳисоблаш математикаси ва дискрет математика
(физика-математика фанлари)**

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАН ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

ТОШКЕНТ – 2021

Фан доктори (Doctor of Science) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий Аттестация комиссиясида В2019.4.DSc/FM148. рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Самарқанд давлат университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси (<http://ik-fizmat.nuu.uz/>) ва «Ziynet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Кабулов Аивар Василевич
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Касимов Надимулло Хабибуллаевич
физика-математика фанлари доктори, профессор

Ҳаётов Абдулло Раҳмонович
физика-математика фанлари доктори, профессор

Аллаков Исмаил
физика-математика фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Тошкент шаҳридаги Турин политехника университети

Диссертация ҳимояси Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги Dsc.03/30.12.2019.FM.01.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «4» декабрь соат 14.00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент ш., Олмазор тумани, Университет кўчаси, 4-уй. Тел.: (+99871) 227-12-24, факс: (+99871) 246-53-21, 246-02-24, e-mail: pauka@nuu.uz).

Диссертация билан Ўзбекистон Миллий университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (104 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100174, Тошкент ш., Олмазор тумани, Университет кўчаси, 4-уй. Тел.: (+99871) 246-02-24.

Диссертация автореферати 2021 йил «18» ноябрь куни тарқатилди.
(2021 йил «3» ноябрь даги № 11 -рақамли реестр баённомаси).



А. Р. Марахимова

Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

З.Р.Раҳмонов

Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш илмий котиби, ф.-м.ф.д.

Р.Д. Алоев

Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш ҳузуридаги илмий семинар раиси, ф.-м.ф.д., профессор

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳон миқёсида башоратлаш, таниш, синфлаш, кўп ўзгарувчили функцияни абсолют экстремумини аниқлашга асосланган эвристик усулларнинг натижаларини коррекциялашга бағишланган изланишлар долзарб ҳисобланиб, тиббиёт, геология, гидрология, бошқариш, ҳисоблаш техникаси каби соҳаларда кенг қўлланилади. Шу нуқтаи назардан, назорат материаллари асосида эвристик алгоритмларнинг оптимал корректорларини куриш муҳим аҳамиятга эгадир. Шу сабабли k -қийматли мантиқ функциялари синфларининг тўлиқлигини текшириш ва каноник нормал шакллар синфидаги функцияларни минималлаштириш усуллари ва алгоритмларини куриш, k -қийматли мантиқ монотон функциялар сонини баҳолаш, нокоррект алгоритмлар танламасини коррекцияловчи функцияларни махсус синфларининг минимал базисини куриш, ҳисоблаш дискрет математиканинг муҳим вазифаларидан бири бўлиб қолмоқда.

Ҳозирги кунда дунёда фан ва ишлаб чиқариш интеграциясини кенгайтириш, жумладан, эвристик алгоритмларнинг натижаларини коррекциялашда k -қийматли мантиқ функциялари назариясини такомиллаштириш бўйича кўплаб илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бунда каноник нормал шаклдаги формулаларни куриш, элементар конъюнкцияларни кодлаш ҳамда улар учун бирлаштириш, ютилиш ва идемпотентлик қоидаларини қўллаш, коррекцияловчи функциялар системасини тўлиқлигини текшириш кабилар муҳим роль ўйнайди. Шу сабабли эвристик усулларнинг аниқлик даражасини ошириш учун k -қийматли мантиқ асосида коррекцияловчи функцияларни ҳосил қилишнинг самарали сонли ҳисоблаш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш мақсадли илмий тадқиқотлардан ҳисобланади.

Мамлакатимизда фундаментал фанларнинг илмий ва амалий тадқиқига эга бўлган тиббиёт, муҳандислик, геология, экология ва бошқариш масалаларини ечишда эвристикага асосланган башоратлаш, кўп ўзгарувчили функцияни абсолют экстремумини аниқлаш усулларини ишлаб чиқиш каби долзарб йўналишларга катта эътибор қаратилмоқда. Хусусан, ахборотларни синфлаш, функционал жадваллар асосида бошқариш, тиббиётда диагностика, дискрет техникада контроллерларни лойиҳалаш, экологияда башоратлаш масалаларини ечиш бўйича муҳим натижаларга эришилди. «Функционал анализ, алгебра, дифференциал тенгламалар, математик физика, математик моделлаштириш, ҳисоблаш математикаси ва дискрет математика, эҳтимоллар назарияси ва математик статистика» устувор йўналишлар бўйича халқаро стандартлар даражасидаги илмий изланишлар олиб бориш ЎзР ФА В.И.Романовский номидаги Математика институти фаолиятининг асосий вазифаларидан бири ҳисобланади¹. Қарор ижросини таъминлашда интеллектуал тизимларни яратишда қўлланиладиган башоратлаш, таниш,

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 7 майдаги “Математика соҳасидаги таълим сифатини ошириш ва илмий тадқиқотларни ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-4708-сон қарори.

синфлаш, кўп ўзгарувчили функцияни абсолют экстремумини аниқлаш усулларида қўлланиладиган эвристик алгоритмларнинг корректорларини яратиш муҳим аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПҚ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 17 февралдаги ПҚ-2789-сон «Фанлар академияси фаолияти, илмий тадқиқот ишларини ташкил этиш, бошқариш ва молиялаштиришни янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2017 йил 20 апрелдаги ПҚ-2909-сон «Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалиётга жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2020 йил 7 майдаги ПҚ-4708-сон «Математика соҳасидаги таълим сифатини ошириш ва илмий тадқиқотларни ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа норматив-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Математика, механика ва информатика» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи².

Эвристик алгоритмлар натижаларини коррекцияловчи функцияларни куриш муаммоси бўйича илмий изланишлар дунёнинг етакчи илмий марказлари ва олий ўқув юртлари, жумладан, Альберт университети (Канада), Стэнфорд университети, Массачусет технология институти (АҚШ), Кембридж университети, Оксфорд университети (Буюк британия), Киота университети (Япония), Мельбурн университети (Австралия), Мюнхен техника университети (Германия), Синхуа университети (Хитой), Лозанна федерал политехника мактаби (Швейцария), Сеул миллий университети (Корея Республикаси), Амстердам университети (Нидерландия), Пьер ва Мария Кюри номидаги университет (Франция), М.В.Ломоносов номидаги Москва давлат университети, Россия Фанлар академияси А.А.Дородницин номидаги Ҳисоблаш маркази (Россия), В.М.Глушков номидаги Кибернетика институтида (Украина) олиб борилмоқда.

Маълумотларнинг ҳаққонийлигини таъминлашда коррекцияловчи функциялардан фойдаланишга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида бир қатор илмий натижалар олинган: мураккаб объектларни бошқариш аниқлиги ва коррект алгоритминини куриш тадқиқоти (Россия ФА В.А.Трапезников номидаги “Бошқариш муаммолари” институти); эвристик алгоритмларнинг оптимал корректорларини синтез қилиш муаммолари

² При обзоре зарубежных научных исследований по теме диссертации использовались источники: <http://www.ds.mpg.de/en>, <http://www.ox.ac.uk/>, <http://www.bioe.neu.edu>, <http://www.zbit.uni-tuebingen.de/>, <http://neel.cnrs.fr/?lang=fr>, https://www.kribb.re.kr/eng/sub02/sub02_07_03.jsp, <https://www.cbcu.umd.edu/>, <http://www.arizona.edu/>, https://mipt.ru/science/labs/laboratory_of_the_biophysics_of_excitable_systems/ и др.

Ю.И.Журавлев томонидан қўйилган бўлиб, унинг раҳбарлигида Бул функцияларини минималлаштириш, тестерлар қуриш, функция монотонлигини текшириш алгоритмлари яратилган (Россия ФА Ҳисоблаш маркази); бошқарув элементларининг носозлигини тиклашда, ишончсиз элементларни корректор киритиш ёрдамида маълум бир функция орқали ифодалаб қисман аниқланган функцияни давом эттириш масаласига келтирилган (АҚШ, Массачусетс технология институти); ахборотни қайта ишлаш тизимининг ишончсиз ишлайдиган қисмларини маълум бир эвристика сифатида қараш, бир хил муаммони ҳал қилиш учун бир нечта турли хил эвристика киритилиб натижалар маълум бир тарзда тузатилган. Натижада ишончсиз элементлардан ишончли занжирларни синтез қилиш масалаларига ўхшаш бўлган масалалар ҳосил бўлган (Буюк Британия, Кембриж университети); В.М.Глушков номидаги Кибернетика институтида (Украина), алгебраик усулда оптимал корректорларни қуриш бўйича тадқиқотлар олиб борилган. Шунинг учун қарор қабул қилишда эвристик усулларни қўллашдаги бош муаммо ахборотни қайта ишлайдиган тизим ҳолати бўйича дастлабки маълумотларнинг мавҳумлиги ва аниқ маълумотларнинг етишмаслиги ҳисобланиб, улар маълум даражада коррекцияланади.

Дунёда сушт шаклланган соҳаларда математик усуллардан интенсив фойдаланиб кенг илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда, жумладан, эвристик алгоритмлар натижасини коррекциялашнинг мантиқий усулларини яратиш; k-қийматли мантиқ функциялар синфининг тўлиқлигини текшириш ва уларни минималлаштириш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Эвристик алгоритмларнинг оптимал корректорларини яратиш интеллетуал тизимларни яратишнинг долзарб масалаларидан бири бўлиб, мустақил тадқиқот соҳаси ҳисобланади. Ҳозирги кунда дискрет математиканинг мулоҳазалар алгебраси асосида оптимал корректорлар қуриш масалалари учун назарий асослар етарлича ишлаб чиқилган. Маълумотларни қайта ишлашда тўғри қарор қабул қилишни таъминлаш моделлари, назарияси, услубларини яратишнинг назарий ва амалий муаммолари бўйича илмий тадқиқот ишлари ва адабиёт манбаларини таҳлил қилиш қуйидаги олимларнинг ишларида кўриб чиқилган: А.Мооре, R.Ellison, R.Linger, S.Templeton, K.Levitt, Ou Xenming, R.P.Lippman, O.Sheyner, J.Haines, S.Jha, J.Wing, S.Noel, S.Jajodia, M.Bishop, P.Ammarm, B.Schneier, Ю.И.Журавлев, В.Д.Мазуров, К.В.Рудаков, Е.В.Дюкова В.В.Краснопрошин, В.В.Рязанов ва бошқалар.

Массачусетс технология институти олимлари А.Мооре, R.Ellison, Стенфорд университети олимлари S.Templeton, K.Levitt, Ou.Xenming, R.P.Lippmanларнинг бошқарув тизимлари назарияси бўйича илмий ишларида бошқарув элементларининг носозлиги кўриб чиқилган. Буюк Британиянинг Кембриж университетидаги O.Sheyner, J.Haines, S.Jha, J.Wing, S.Noel, S.Jajodia, M.Bishop, P.Ammarm, B.Schneier олимларининг ишларида ахборотни қайта ишлаш тизимининг ишончсиз ишлайдиган қисмлари маълум

бир эвристика сифатида қаралган. Ҳозирги пайтда таниб олиш муаммосида нокоррект (эвристик) алгоритмлар асосида коррект алгоритмларни қуришда алгебраик усул кенг қўлланилмоқда. Ушбу ёндашувга академик Ю.И.Журавлёв асос солган бўлиб, кейинчалик унинг ўқувчилари томонидан ривожлантирилган. Ушбу ёндашув нафақат таниб олиш назариясида, балки сонли ахборот ҳосил бўлганлиги учун алгоритмларни коррекциялаш назариясида ҳам қўлланилади. Таниб олишда эвристика сифатида гипертекисликларга ажратиш қўлланилса, бундай коррекцияланадиган эвристик таниб олиш усули комитетлар усули деб аталади. Ушбу усул Россия Фанлар академиясининг Урал математиклар мактабидаги профессор В.Д.Мазуров раҳбарлигидаги гуруҳ томонидан батафсил ишлаб чиқилган.

Ўзбекистонда бу муаммо бўйича В.К.Кабулов, Т.Ф.Бекмурадов, М.М.Камилов, Ш.Х.Фазылов, Р.Х.Хамдамов, Н.Р.Юсупбеков, Х.З.Игамбердиев, М.М.Арипов, А.Р.Марахимов, А.В.Кабулов, Н.А.Игнатъев раҳбарлигидаги тадқиқот гуруҳлари томонидан математик моделлар, алгоритмик усуллар ва ҳисоблаш техникаси воситалари ишлаб чиқилган ва бошқариш аниқлигини ошириш учун қўлланилмоқда.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Самарқанд давлат университети илмий тадқиқот ишлари режасига мувофиқ “Инженерлик ва табиий жараёнларнинг математик моделини ишлаб чиқиш ва сонли тадқиқ этиш” доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади эвристик усулларнинг аниқлигини ошириш масаласига k -қийматли мантиқ функциялари ёрдамида оптимал корректорларни қуришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

k -қийматли мантиқ функциялар синфларининг тўлиқлигини текширишнинг мантиқий усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш;

каноник нормал шакллар синфидаги k -қийматли функцияларни минималлаштириш усуллари ва алгоритмларини қуриш;

назорат материаллари асосида эвристик алгоритмларнинг оптимал корректорларини қуриш методологиясини ишлаб чиқиш;

ўрнатилган турли чекловлар ва нazorат материаллари асосида эвристик алгоритмларнинг оптимал корректорларини тузишнинг мантиқий усуллари ва алгоритмларини яратиш;

k -қийматли мантиқ монотон функциялар сони тўғрисидаги теоремани исботлаш;

нокоррект алгоритмлар танламасини коррекцияловчи k -қийматли мантиқ функциялари махсус синфларининг минимал базиси тўғрисидаги теоремаларни исботлаш;

тўлиқ аниқланмаган дискрет монотон функцияни давом эттиришда тўпламнинг инвариантлик принципи кодлашга боғлиқ эмаслиги тўғрисидаги теоремани исботлаш;

коллегиал диагностика ва бошқарув қарорини қабул қилишни қўллаб-қувватлаш учун коррекцияловчи алгоритмлардан фойдаланган ҳолда эвристик алгоритмларни оптимал коррекциялаш алгоритмик тизими ва дастурий таъминотини яратиш.

Тадқиқотнинг объекти прогнозлаш, таниб олиш, синфлаш, кўп ўзгарувчили функцияларнинг абсолют экстремумини қидириш усулларига асосланган эвристик алгоритмлар ва уларни оптимал коррекциялаш функцияларидан иборат.

Тадқиқотнинг предмети эвристик алгоритмларни оптимал коррекциялаш, бошқарув ва диагностика қарорларини қабул қилишни қўллаб-қувватлайдиган оптимал корректорни синтез қилиш дастурий мажмуаси, алгоритмлар, моделлар, усуллардан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот ишида тимсолларни таниб олиш, k -қийматли мантиқ, алгоритмлаштириш, тўпламлар ва оптималлаштириш назариясидан фойдаланилган. Дастурий таъминотни ишлаб чиқишда модулли ва тизимли дастурлаш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

нокоррект алгоритмлар тўпламини коррекцияловчи k -қийматли функциялар системаси синфларининг тўлиқлиги тўғрисидаги теоремалар исботланган;

эвристик алгоритмлар натижасини коррекциялаш учун нокоррект алгоритмлар тўпламини коррекцияловчи каноник нормал шаклдаги k -қийматли функцияни минималлаштиришнинг мантикий усули ва алгоритми курилган;

назорат материаллари асосида эвристик алгоритмларнинг оптимал корректорларини қуриш методологияси ишлаб чиқилган;

ўрнатилган турли чекловлар ва назорат материаллари асосида эвристик алгоритмларнинг оптимал корректорларини тузишнинг мантикий усуллари ва алгоритмлари яратилган;

эвристик алгоритмларнинг каноник нормал шакл синфидаги оптимал корректорини қуриш ва монотонликни аниқлаш масаласини ечиш учун Шеннон масаласига асосланган k -қийматли монотон функциялар сони ҳақидаги теорема исботланган;

нокоррект алгоритмлар тўпламини коррекцияловчи k -қийматли функцияни каноник нормал синфида минимал кўринишда ифодалаш учун махсус минимал базислари тўғрисидаги теоремалар исботланган;

берилган кодлашга нисбатан тўлиқ аниқланмаган дискрет монотон функцияни давом эттиришнинг инвариантлик принципи ҳақидаги теорема исботланган;

коллегиал диагностика ва бошқарув қарорини қабул қилишни қўллаб-қувватлаш учун коррекцияловчи алгоритмлардан фойдаланган ҳолда эвристик алгоритмларни оптимал коррекциялашнинг алгоритмик тизими ва дастурий таъминоти яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

k-қийматли функциялар синфининг тўлиқлигини текшириш, функцияларни минималлаштириш алгоритмлари қурилган;

“Корректор” алгоритмик тизимида k-қийматли функцияларни инвариант давом эттириш ҳамда оптимал монотон корректорнинг синтези амалга оширилган;

коллегиал диагностика ва бошқарувда қарор қабул қилишни қўллаб-қувватлаш учун k-қийматли мантиқ функциялари бўйича оптимал коррекциялашнинг алгоритмик тизими ва дастурий таъминоти ишлаб чиқилган, бошқарув қарорини қабул қилишни таъминлайдиган процедура яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги k-қийматли мантиқда қатъий формаллаштириш амалга оширилганлиги, мулоҳазалар ҳисоби усулларида фойдаланганлиги ҳамда математик мулоҳазаларнинг қатъийлиги билан асосланган. Амалий масалаларни тадқиқ этишда эвристик алгоритмларни оптимал коррекциялашдаги хулосалар компьютер ёрдамида ҳисоблаш эксперименти натижалари билан тасдиқланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Илмий тадқиқот иши натижаларининг илмий аҳамияти эвристик усулларнинг аниқлигини ошириш масаласини ҳал қилишда k-қийматли мантиқ функцияларининг базиси мавжудлиги, тўлиқлиги, давом эттиришнинг инвариантлиги тўғрисидаги теоремаларнинг исботланганлиги, эвристик алгоритмларни оптимал коррекциялаш усуллари ва алгоритмлари ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Илмий тадқиқот иши натижаларининг амалий аҳамияти инвариантлик, тўлиқлик ва k-қийматли мантиқ функциялари базисининг мавжудлиги тўғрисидаги теоремаларни қўллаш асосидаги алгоритмлар ва усуллардан фойдаланиш коллегиал диагностика ва бошқарув қарорини қабул қилишни қўллаб-қувватлашга хизмат қилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Эвристик усулларнинг аниқлигини ошириш масаласига k-қийматли мантиқ функциялари ёрдамида оптимал корректорларни қуриш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

яратилган эвристик алгоритмни коррекциялаш усули Нукус тумани сув хўжалиги корхонасининг гидротехник циклини бошқаришда татбиқ этилган (Қорақалпоғистон Республикаси Сув хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 15 апрелдаги 01/01-3-151-сонли маълумотномаси). Илмий натижаларнинг қўлланилиши гидротехник жараённинг модернизация қилинадиган гидротехник жойларини аниқлаш асосида сув хўжалигини оптималлаштириш ҳамда ишлаб чиқариш самарадорлигини 15% га ошириш имконини берган;

технологик режимларни автоматлаштирилган бошқарув ва назорат тизими учун тавсия этилган корректордан Қорақалпоғистон Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш давлат қўмитасида технологик режимларни оптимизациялашда қўлланилган (Қорақалпоғистон

Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш давлат қўмитасининг 2021 йил 16 апрелдаги 01/18-846-сонли маълумотномаси). Илмий натижаларнинг қўлланилиши, тизимнинг ишлаш ишончилигини ошириш, маҳсулотларнинг сифатини яхшилаш ва ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш, хомашё ва энергия ресурслари сарфини камайтириш, ишчи ходимларнинг меҳнат шароитларини 12 фоизга яхшилаш имконини берган;

эвристик алгоритмларни k-қийматли мантиқ функциялари бўйича оптимал коррекциялаш учун яратилган алгоритмик тизим ва дастурий таъминотидан Нукус шаҳар тиббиёт бирлашмасида диагностикада коллегиял қарор қабул қилиш жараёнида қўлланилган (Қорақалпоғистон Республикаси Соғлиқни сақлаш вазирлигининг 2021 йил 14 апрелдаги 01/2345-сонли маълумотномаси). Илмий натижаларнинг қўлланилиши қарор қабул қилишда коррекциялаш алгоритмларидан фойдаланиш, эвристик усулларнинг аниқлигини ошириш масаласини ҳал қилиш ҳамда ташхиснинг аниқлигини 15 фоиз ошириш имконини берган;

таклиф қилинган оддий каноник шакллар синфидаги k-қийматли функцияларни минималлаштириш усуллари, алгоритмлари ва k-қийматли мантиқ функцияларини монотонлигини текширишни мураккаблигини баҳолаш мезонидан БВ-М-Ф4-004 “Бошқарув тизимлари назариясида алгоритмлаш тамойилларини ишлаб чиқиш” грант лойиҳасида экстремал муаммоларни ечишнинг алгоритмларини ишлаб чиқишда қўлланилган (Ўзбекистон Республикаси Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги 2021 йил 16 июлдаги 33-8/5163-сонли маълумотномаси). Илмий натижаларнинг қўлланилиши технологик жараёнларнинг функционал жадваллари асосида қурилган автоматлаштириш тизимида аниқ оптимал ечимларни аниқлаш дастурий таъминотини ишлаб чиқиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 4 та Республика илмий-техник ва илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича 27 та илмий иш чоп этилган, жумладан, 2 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертацияларнинг асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 14 та мақола, шундан 7 таси хорижий ва 7 таси республика журналларида, нашр этилган ҳамда ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайдлаш гувоҳномалари 3 та.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш қисми, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 173 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, мавзу бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи, муаммонинг ўрганилганлик даражаси келтирилган, тадқиқот мақсади, вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Эвристик алгоритмлар учун оптимал тузатувчини синтез қилиш методикаси**» деб номланган биринчи боби σ - синфдаги функционал чизиқли сифатга нисбатан оптимал коррекциялаш функцияларини куришга бағишланган.

§1.1 параграфда эвристик алгоритмларни коррекциялашнинг мантикий усуллари ўрганилган ва олинган натижаларни коррекциялаш масаласининг умумий қўйилиши берилган бўлиб, материални ифодалаш учун зарур бўлган асосий тушунчалар аниқланган.

$A_1, A_2, \dots, A_n$ эвристик алгоритмлар ёрдамида $\{S\}$ объектларни таснифлаш (таниб олиш) натижалари берилган бўлсин. S даги ҳар бир объект учун алгоритмларнинг натижаси $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ – вектор кўринишида ифодаланиб, унинг элементлари қуйидагича аниқланади:

$$\alpha_i = \begin{cases} j, & \text{агар } S \in K_j, j \in \{1, \dots, k-1\}, \\ 0, & \text{агар } S \text{ объект таниб олинмаган бўлса.} \end{cases}$$

Бу ерда $K_1, K_2, \dots, K_{k-1}$ – берилган ўзаро кесишмайдиган синфлар. $A_1, A_2, \dots, A_n$ нокоррект алгоритмлар бўлгани учун, улар ҳар хил натижаларни бериши мумкин, яъни $\alpha_i \neq \alpha_j, i \neq j, i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$.

Бунда α нинг қийматларини коррекциялайдиган k -қийматли F функцияни куриш, яъни объектлар тегишли бўлган синф номерини аниқлашни α га боғлиқ функция кўринишида шакллантириш талаб этилади.

Коррекциялаш функцияларига қўйилган баъзи чекловлар кўриб чиқилган. Бу чекловлар қиймат ва тўпلامни сақлаш ҳамда монотонлик, симметриклик шартлари ҳисобланади.

Муаммо берилган φ сифат кўрсаткичи ва F тузатувчи функция учун қўйилган турли чекловлар асосида ҳал қилинади.

Фараз қилайлик, $L_1, L_2, \dots, L_k \subset E_k = \{0, 1, \dots, k-1\}$ бўлсин.

Агар $\{f\}$ функциялар оиласи учун $\alpha_i \in L_j, i = \overline{1, n}$ шартдан $f(\alpha) \in L_j, j \in \{1, 2, \dots, t\}$ шарт келиб чиқса, у ҳолда k -қийматли мантиқнинг $\{f\}$ функциялар оиласи L тўпламда умумийликни сақлайди.

E_k тўпламда қуйидагича қисман тартиб берилади,

$$0 < 1, 0 < 2, \dots, 0 < k-1 \quad (1),$$

бу тартибга кўра, $\beta_i \leq \gamma_i, i = \overline{1, n}$ бажарилса, E_n^k тўпламда танланган кетма-кетлик учун

$$\beta = (\beta_1, \dots, \beta_n) \leq \gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_n), \quad (2)$$

қисман бажарилиши таъминланади.

Агар (2) бўйича $\alpha \leq \beta$ шартдан $f(\alpha) \leq f(\beta)$ бажарилса, у ҳолда (1) тартиб бўйича $f(\tilde{x})$ монотон функция дейилади.

Айтайлик, $f(\alpha) = \beta, \beta \in \{0, 1, \dots, k-1\}$ бўлсин. Агар $f(\gamma) = \beta$ ўринли бўлса, у ҳолда $f(\tilde{x})$ функция қийматни сақловчи деб аталади. Бунда γ -қийматлар сатри, $\{\alpha_{i_1}, \alpha_{i_2}, \dots, \alpha_{i_p}\} \in \tilde{\alpha}$ даги қийматлар ўрнига β қийматни қўйишдан ҳосил бўлган.

§1.2 параграфда қуйидаги $\{\sigma_i\}, (i = \overline{1, 7})$, функциялар синфида коррекцияловчи функциялар синфларини қуриш амалга оширилади. Бунда σ_1 – тўпламни сақлайдиган функциялар синфи, σ_2 – монотон функциялар синфи, σ_3 – монотон ва тўпламни сақлайдиган функциялар синфи, σ_4 – носимметрик функциялар синфи, σ_5 – қийматни сақлаш функциялар синфи, σ_6 – тўплам сақлайдиган ва носимметрик функциялар синфи, σ_7 – тўпламни сақлайдиган, монотон ва носимметрик функциялар синфи. Бунда

$$\sigma_3 = \sigma_1 \cap \sigma_2, \sigma_6 = \sigma_1 \cap \sigma_4, \sigma_7 = \sigma_2 \cap \sigma_6, \sigma_8 = \sigma_5 \cap \sigma_7.$$

§1.3 параграфда коррекцияловчилар φ жарима матрицаси билан аниқланадиган чизиқли сифат функционали кўринишидаги назорат материали асосида қурилган.

Айтайлик, назорат материали, олдиндан $P_1, P_2, \dots, P_k$ хусусиятлари ва $P_j(S_i) = \alpha_{ij}$ аниқланган $S_1, S_2, \dots, S_m$ объектларга асосан ташкил қилинган бўлсин. Шунингдек, коррекцияловчи F функция $P_j(S_i)$ учун $\tilde{\alpha}_{ij}$ қийматни аниқлаган бўлсин.

Чизиқли сифат функционали қуйидагича аниқланади:

$$\varphi(F) = \frac{1}{m \times k} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k \varphi(\alpha_{ij}, \tilde{\alpha}_{ij}).$$

Жарима қиймати синфлашнинг олдиндан аниқланган ва коррекцияланган қийматлари функциясидир. Жарима қиймати нол бўлса натижа ижобий ва аксинча жарима қиймати бир бўлса натижа салбий бўлади.

Чизиқли функционални ҳисоблашда барча (S_i, P_j) , $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, k}$ жуфтликлари учун жарима ёки рағбатлар йиғиндиси ҳисобланади. Рағбат матрицасига кўра, аниқланган чизиқли функционал тўғри коррекциялаш (башоратлаш) улуши дейилади.

§1.4 параграфда коррекцияловчини давом эттириш кодлашга боғлиқ эмаслиги принципи исботланган.

$M \subseteq E_n^k$ да,

$$F(\tilde{x}) = \gamma_j, \text{ агар } \tilde{x} \in M_j, (j = \overline{0, k-1}), \quad (3)$$

кўринишда аниқланадиган кўп қийматли $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ функцияни кўриб чиқамиз. Бунда

$$M = \bigcup_{i=0}^m M_i \text{ ва } M_i \cap M_j = \emptyset, i \neq j.$$

$\{\pi\}$ -орқали, $\{0, 1, \dots, k-1\}$ тўпладдаги барча $\pi = (i_0, i_1, \dots, i_{k-1})$ кўринишдаги ўрин алмаштиришларни белгилаймиз. Агар $\tilde{x} \in M_j, (j = \overline{0, k-1})$ бўлса, $F_\pi(\tilde{x}) = i_j$ функцияни $F(\tilde{x})$ функциянинг π ўрин алмаштириши деб аталади.

Агар $\mathfrak{N}_{\Sigma F}(\tilde{\alpha}) = j$ ва $\mathfrak{N}_{\Sigma F_\pi}(\tilde{\alpha}) = i_j$ бўлса, $\tilde{\alpha} \in E_n^k \setminus M$ нукта, π ўриналмаштиришга нисбатан $M_j \subseteq M, j = \overline{0, k-1}$ тўпламнинг кодини сақлайди деб аталади.

Агар $\tilde{\alpha} \in E_n^k \setminus M$ нукта ихтиёрий $\pi \in \{\pi\}$ ўрин алмаштиришга нисбатан M_j кодини сақласа, у M_j тўпламни кодини сақловчи деб аталади.

Ушбу ишнинг мақсади $F(\tilde{x})$ функцияни маълум бир маънодаги энг содда давом эттирилишини аниқлашдан иборат.

$F(\tilde{x})$ учун $E_n^k \setminus \bigcup_{v=0}^{i-1} M_v$ да ётадиган, B_j^i нинг қиймати γ_i га тенг бўлган M_i лар билан кесишадиган $N_{B_j^i} (i = \overline{1, m}, j = \overline{0, I_i})$, максимал интервалларни аниқлаймиз.

$$\mathfrak{M} = \bigvee_{i=1}^m \bigvee_{j=1}^{I_i} B_j^i \text{ каноник нормал формани (к.н.ф), } F(\tilde{x}) \text{ учун}$$

қисқартирилган нормал форма деб атаймиз. Бундан $\mathfrak{M}_{\Sigma F}$ дизъюнктив нормал форма (д.н.ф.), F функция орқали бир қийматли аниқланишини англаш мумкин.

Энди F функцияни қиймати ўзгарганда (F' га ўтиш), $\mathfrak{M}_{\Sigma F}$ нинг ҳам қиймати ўзгарадиган ($\mathfrak{M}_{\Sigma F'}$ га ўтиш) нукталарни кўрсатамиз.

Теорема 1. Айтайлик $\mathfrak{M} = \bigvee_{\pi: \pi \in (\pi)} \mathfrak{N}_{\Sigma F_\pi}$ бўлсин. $\tilde{\alpha} \in E_n^k \setminus \bigcup_{i=0}^{k-1} M_i$ нукта M_j

тўпламни кодини сақлайди, фақат ва фақат шу ҳолдаки, қачонки $\mathfrak{M}$ д.н.ш. да $\exists \mathfrak{A}$ элементар конъюнкция (э.к.) топилиб, $N_{\mathfrak{A}} \cap M_j \neq \emptyset, \tilde{\alpha} \in N_{\mathfrak{A}}$ ва $N_{\mathfrak{A}} \cap M_i = \emptyset, (i = 0, \dots, j-1, j+1, \dots, k-1)$ муносабат ҳар бир $N_{\mathfrak{A}}$ оралик учун бажарилса, бунда

э.к. $\mathfrak{A} \subset \mathfrak{M}$ $\mathfrak{A} \cap M_i \neq \emptyset$, $(i \neq j)$ ва M_j ни ўз ичига олади.

Теорема натижаларига кўра, қисман аниқланган $F(\tilde{x})$ ни оптимал давом эттиришда M_j ($j = \overline{0, k-1}$) кодлашни сақлайдиган, S^n декарт кўпайтма нуқталарини синтез қилиш алгоритми тузилган.

«Нокоррект алгоритмларни оптимал коррекцияловчиларини синтез қилиш усуллари ва алгоритмлари» деб номланган диссертациининг иккинчи боби оптимал коррекцияловчиларни қуришга бағишланган.

Таъриф 1. Ихтиёрий ўзгарувчиларини ўрнини алмаштирганда қиймати ўзгармайдиган P_k^n даги $f(\tilde{x})$ функция симметрик функция дейилади.

Айтайлик, $f(\tilde{x}) \in P_k^n$, $\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, $f(\tilde{\alpha}) \in \beta$, $\beta \in [0, 1, \dots, k-1]$ бўлсин ҳамда $\tilde{\alpha}$ нинг $\alpha_{i_1}, \alpha_{i_2}, \dots, \alpha_{i_p}$ координаталари β га тенг бўлсин. $\tilde{\alpha}$ қийматлар сатрининг ихтиёрий $\alpha_{i_1}, \alpha_{i_2}, \dots, \alpha_{i_p}$ элементларини β га алмаштириш натижасида ҳосил бўлган $[\tilde{\gamma}]$ қийматлар мажмуасини кўрамиз.

Таъриф 2. Агарда $f(\tilde{\gamma}) = \beta$, $\tilde{\gamma} \in [\tilde{\gamma}]$ ва $\beta \in [0, 1, \dots, k-1]$ бўлса, $f(\tilde{x}) \in P_k^n$ функция σ_3 чекловни қаноатлантиради.

§2.1 параграфда k -қийматли мантиқ функциялар синфининг тўлиқлик хоссалари ўрганилган.

§2.2 параграфда коррекцияловчи функцияларни чекловлар бўлмаган ҳолда ҳамда алоҳида тўплам ва симметрияни сақлашга чеклови ва биргаликдаги чеклови қўйилганда ($\sigma_1, \sigma_4, \sigma_6$ функциялар синфларида) оптимал мантикий коррекцияловчиларни синтез қилиш алгоритмлари таклиф этилган.

$\sigma_2, \sigma_3, \sigma_7, \sigma_8$ даги коррекцияловчи функциялар учун алгоритмларни қуришда ўзаро кесишмайдиган қуйидаги $S_{p_1}, S_{p_2}, \dots, S_{p_t}$ бош атрофларни кўриб чиқамиз, яъни

$$\bigcup_{i=1}^t S_{p_i} = \{A_{\tilde{\alpha}}\} \text{ ва } S_{p_{i-1}} \subset S_{p_i} = S_{p_{i+1}} = \dots, \quad i = \overline{1, t}$$

Ихтиёрий $A' \subseteq A$ тўплам учун қуйидаги $r_{0A}, r_{1A}, \dots, r_{k-1A}$ йиғиндини аниқлаймиз:

$$r_{\alpha A'} = \sum_{\tilde{\alpha}_i: \tilde{\alpha}_i \in A'} \sum_{j=p_{i-1}+1}^{p_i} \varphi(\alpha_j, \alpha),$$

бу ерда $\alpha \in [0, 1, \dots, k-1]$.

§2.3 параграфда $\sigma_2, \sigma_3, \sigma_7$ синфларда оптимал мантикий коррекцияловчиларни синтезлаш алгоритми таклиф этилган.

§2.4 параграфда §2.2, §2.3 прараграфларда таклиф этилган коррекцияловчи функцияларни қуриш алгоритмларининг оптималлик асоси келтирилган.

F_σ – алгоритмларни φ – чизиқли сифат функцияси бўйича оптимал эканлиги исботланган.

Теорема 2. Берилган $F_{\sigma_2} F_{\sigma_3}, F_{\sigma_7} F_{\sigma_8}$ алгоритмлар назорат жадвали бўйича оптимал (1-Жадвал.).

1-Жадвал

S	A_1	A_2	$\cdots$	A_n	$P(S)$
S_1	α_{11}	α_{12}	$\cdots$	α_{1n}	α_1
S_2	α_{11}	α_{12}	$\cdots$	α_{2n}	α_2
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\cdots$	$\vdots$	$\vdots$
S_{p_1}	α_{11}	α_{12}	$\cdots$	α_{1n}	$\vdots$
S_{p_1+1}	α_{21}	α_{22}	$\cdots$	α_{2n}	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\cdots$	$\vdots$	$\vdots$
S_{p_2}	α_{21}	α_{22}	$\cdots$	α_{2n}	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\cdots$	$\vdots$	$\vdots$
S_{p_t+1}	α_{t1}	α_{t2}	$\cdots$	α_{tn}	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\cdots$	$\vdots$	$\vdots$
S_q	α_{t1}	α_{t2}	$\cdots$	α_{tn}	α_q

§2.5 параграфда нокоррект алгоритмлар тўпламини коррекцияловчи уч қийматли мантикий функциялар сонини аниқлаш ва уларни тавсифлаш мураккаблиги ўрганилган ва теоремалар исботланган.

Теорема 3. Аниқланган S^n фазода n -та ўзгарувчига боғлиқ σ_2 синфидаги функциялар сони $\psi_1(n)$ учун $\psi_1(n) = 2^{\frac{1}{2\sqrt{n}} \frac{3^{n+1}}{\sqrt{n}} (1+\varepsilon_2(n))}$ га тенг, бунда $n \rightarrow \infty$ да $\varepsilon_3 \rightarrow 0$. Бундай натижани σ_3 функциялар синфи учун ҳам аниқлаш мумкин.

“Оптимал коррекцияловчи k-қийматли мантикий функцияларни синтез қилишнинг усуллари” деб аталган диссертациянинг учинчи боби кўп қийматли функцияларни минималлаштиришга бағишланган.

Ишнинг 3.1 параграфида k-қийматли коррекцияловчи функциялар синфлари базисларини яратиш баён этилган.

1. σ_1 синфидаги базис. σ_1 синфида қуйидаги функциялар системаси берилган бўлсин:

$$\mathfrak{M}_1 = [\max(x_1, x_2), \min(x_1, x_2), m_{11}(x_1, x_2), m_{100}(x_1, x_2, x_3), m_{200}(x_1, x_2, x_3), m_{201}(x_1, x_2, x_3)]$$

бунда

$$m_{11}(x_1, x_2) = \begin{cases} \alpha, & \text{агар } x_1 = x_2 = \alpha, \alpha \in [0, 1, 2], \\ 0, & \text{акс холда;} \end{cases}$$

$$m_{100}(x_1, x_2, x_3) = \begin{cases} \alpha, & \text{агар } x_1 = x_2 = x_3 = \alpha, \\ 1, & \text{агар } x_1 = 1, x_2 = x_3 = 0, \\ 0, & \text{акс холда;} \end{cases}$$

$$m_{200}(x_1, x_2, x_3) = \begin{cases} \alpha, & \text{агар } x_1 = x_2 = x_3 = \alpha, \\ 2, & \text{агар } x_1 = 2, x_2 = x_3 = 0, \\ 0, & \text{акс холда;} \end{cases}$$

$$m_{201}(x_1, x_2, x_3) = \begin{cases} \alpha, & \text{агар } x_1 = x_2 = x_3 = \alpha, \\ 2, & \text{агар } x_1 = 2, x_2 = 0, x_3 = 1, \\ 0, & \text{акс холда.} \end{cases}$$

Теорема 4. Аниқланган σ_1 синфда $\mathfrak{M}_1$ функциялар системаси тўлиқ.

Теорема 5. Берилган $\mathfrak{M}_2 = [\max(x_1, x_2), m_{100}(x_1, x_2, x_3), m_{200}(x_1, x_2, x_3)]$ функциялар системаси, σ_1 – уч қийматли n аргументли функциялар синфида базис ташкил қилади.

2. σ_2 синфда базис. Берилган

$$\mathfrak{M}_6 = [\max(x_1, x_2), \min(x_1, x_2), m_1(x), m_2(x), 0, 1, 2]$$

функциялар системаси σ_2 синфдаги функциялар бўлсин. Бунда

$$m_1(x) = \begin{cases} 2, & \text{агар } x = 1, \\ 0, & \text{агар } x \neq 1, \end{cases} \quad m_2(x) = \begin{cases} 2, & \text{агар } x = 2, \\ 0, & \text{агар } x \neq 2. \end{cases}$$

Кўриниб турибдики, юқорида келтирилган функциялар монотон функциялар ҳисобланади.

Теорема 6. Берилган $\mathfrak{M}_6$ функциялар системаси σ_2 синфда тўлиқ.

Теорема 7. Берилган $\mathfrak{M}_7 = [\max(x_1, x_2), \min(x_1, x_2), m_1(x), 1]$ функциялар системаси, σ_2 – уч қийматли n аргументли функциялар синфида базис ташкил қилади.

σ_3 синфда базис.

Фараз қиламиз, σ_3 , $\sigma_3 = \sigma_1 \cap \sigma_2$, синфида қуйидаги функциялар системаси берилган:

$$\mathfrak{M}_{11} = [\max(x_1, x_2), \min(x_1, x_2), m_{11}(x_1, x_2), m_{12}(x_1, x_2), m_{21}(x_1, x_2), m_{120}(x_1, x_2, x_3)].$$

Бунда

$$m_{12}(x_1, x_2) = \begin{cases} \alpha, & \text{агар } x_1 = x_2 = \alpha, \\ 1, & \text{агар } x_1 = 1, x_2 \in [0, 2], \\ 0, & \text{акс холда;} \end{cases}$$

$$m_{21}(x_1, x_2) = \begin{cases} \alpha, & \text{агар } x_1 = x_2 = \alpha, \\ 2, & \text{агар } x_1 = 2, x_2 \in [0, 1], \\ 0, & \text{акс холда;} \end{cases}$$

$$m_{120}(x_1, x_2, x_3) = \begin{cases} \alpha, & \text{агар } x_1 = x_2 = x_3 = \alpha, \\ 2, & \text{агар } x_1 = 1, x_2 = 2, x_3 \in [0, 1, 2], \\ 0, & \text{акс холда.} \end{cases}$$

Теорема 8. Келтирилган $\mathfrak{M}_{11}$ функциялар системаси σ_3 синфда тўлиқ. Фараз қиламиз, σ_3 синфда қуйидаги функциялар системаси берилган:

$$\mathfrak{M}_{12} = [\max(x_1, x_2), \min(x_1, x_2), m_{12}(x_1, x_2), m_{21}(x_1, x_2), m_{120}(x_1, x_2, x_3)].$$

Теорема 9. Берилган $\mathfrak{M}_{12}$ функциялар системаси σ_3 синфда базис ташкил қилади.

3.2 параграфда функцияларни формула шаклида тасвирлаш ва уларни минималлаштириш йўллари текширилган.

Қуйидаги келтирилган теорема k -қийматли мантикий функцияларни нормал шаклларда берилишининг асоси бўлиб ҳисобланади.

Келтирилган теоремага кўра, ҳар қандай $f(x) \in P_k$ функцияни қуйидаги

$$f(x) = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)^V J_{\delta_1}(x_1), \dots, J_{\delta_n}(x_n) f(\delta_1, \dots, \delta_n).$$

кўринишдаги формула орқали тасвирлаш мумкин.

Бундай формула буль алгебрасидаги каби $f(x)$ функциянинг мукамал дизъюнктив нормал шакли (м.д.н.ш.) дейилади. Буль алгебрасининг асосий тушунчалари ва минималлаштириш схемалари k -қийматли функция учун умумлаштирилган.

Минималлаштириш масаласини Буль функциясини монотонлигини текшириш масаласига келтириш учун йўналтирилган танлов процедураси қаралган.

Бошланғич t координатаси $[1, 2, \dots, k-1]$ дан қиймат қабул қиладиган E_n^k га тегишли барча $E_n^{k,t}$ – қийматлар сатрини қараймиз.

Теорема 10. Ихтиёрий $\tilde{x} \in E_n^{k,t}$ учун, яъни $\bigcup_{j=1}^n N_{G_j} = E_n^{k,t}$ да $\bigvee_{j=1}^m G_j(\tilde{x}) = i$

бўлса, фақат шу ҳолда, $\mathfrak{M} = \bigvee_{j=1}^m H_j^i$ дизъюнкция H^i э.к. ютади.

Шунингдек, § 3.2 параграфда Нурлыбаев бўйича аниқланган k -қийматли функция э.к. ларининг интервалларини кодлаш усули берилган.

Ҳар бир $M_i (i=\overline{1,n})$ тўплагма маълум бир тарзда саккизлик санок системасидаги сон мос қўйилади. Бирлаштириш, ютулиш, умумлашган бирлаштириш амаллари ва бир интервални бошқа интерваллар бирлашмаси орқали ютулиш критерияси киритилади. Киритилган кодлаштириш усули минималлаштириш жараёнини компьютерда бажаришни осонлаштиради.

§ 3.3 параграфда қисман аниқланган $f(x)$ функция:

$$f(x) = \begin{cases} 1, & \text{агар } x \in A, \\ 2, & \text{агар } x \in B, \\ 0, & \text{агар } x \in T, \end{cases}$$

ни оддий давом эттириш масаласи шакллантирилади. Бунда $A, B, T \subseteq S^n$, $(A \cup B)T = \emptyset$ ва $A \cap B \neq \emptyset$ (умуман олганда, $S^n \setminus (A \cup B \cup T) \neq \emptyset$).

Тўлиқ аниқланган функция учун, аниқланган тушунчалар қисман аниқланган функциялар учун оддий усулда умумлаштирилади. Умуман олганда, монотон функциялар синфида $f(x)$ учун бир-бирига эквивалент бўлмаган турлича давом эттириш мавжуд.

Масала, қисман аниқланган $f(x)$ функцияни ифодалайдиган минимал д.н.ф.ни аниқлаш, яъни $A \subseteq \{\tilde{x} : g(\tilde{x}) = 1\}$, $B \subseteq \{\tilde{x} : g(\tilde{x}) = 2\}$ ва $T \subseteq \{\tilde{x} : g(\tilde{x}) = 0\}$ ни каноатлантирадиган $g(x)$ монотон функцияни аниқлашдан иборат.

$\mathfrak{M} = \bigvee_{i=1}^r \mathfrak{Z}_i - f_M(\tilde{x})$ функцияни ифодалайдиган қисқартирилган н. к. ф. бўлсин. $\mathfrak{M}$, A и L_{1M} ва тўплагмаларни берилиши орқали бир қийматли аниқланади.

Теорема 11. Берилган A ва L_{1M} тўплагмаларни ажратувчи N_{fM} га мос $\Pi_{\min}$ минимал к.н.ф., f_M учун аниқланган $\mathfrak{M}$ қисқартирилган н.к.ф. дан баъзи бир $\mathfrak{Z}$ э.к. ларни четлатиш натижасида ҳосил қилиниши мумкин.

Π ва $\left(\bigvee_{j=1}^s \mathfrak{Z}'_j\right) \vee \mathfrak{Z}_0$ ларнинг Y қийматлар соҳаси ёки $[0,1]$ дан ёки $[0,2]$ дан иборат деб ҳисоблаймиз. Аниқлик учун $Y = [0,1]$ бўлсин.

Теорема 12. Фақат ва фақат

$$\left(\Pi' \rightarrow \bigvee_{j=1}^s \mathfrak{Z}_j\right) \equiv 1 \quad (4)$$

$$\left(\mathfrak{Z}_0 \rightarrow \bigvee_{j=1}^s W_j\right) \equiv 1 \quad (5)$$

бажарилгандагина $\left(\Pi' \wedge \mathfrak{Z}_0 \rightarrow \bigvee_{j=1}^s \mathfrak{Z}_j\right) \equiv 1$ ўринли бўлади, бунда, $\mathfrak{Z}_j$ ва W_j – э.к. лар учун $\mathfrak{Z}'_j = \mathfrak{Z}_j \wedge W_j$, $j = \overline{1,s}$ бажарилади.

“Коррекцияловчи кўп қийматли функцияларни минималлаштиришнинг ҳисоблаш усуллари” номли 4-боб коррекциялаш алгоритмини яратишга бағишланган бўлиб, унда қисман аниқланган функцияларнинг тупикли каноник нормал шакллари аниқлаш алгоритмларининг хоссалари таҳлил қилинган. Бутун чекли қиймат қабул қилувчи функцияни оддий формуласини қуриш асосида k -қийматли мантиқ функцияларини минималлаштиришнинг ҳисоблаш алгоритмлари баён этилган. Элементар конъюнкцияларни ўнлик сонлар жуфтлигида ифодалаб ва уларнинг массивини ҳосил қилиш асосида кўп қийматли функцияларини минимал қопламаларини яратиш усули берилган.

4.1-параграфда қисман аниқланган $f(x)$ функциянинг барча тупикли қопламаларини яратиш усули келтирилган. Қисман аниқланган монотон квазибуль функциясини минималлаштириш масаласи ечилган.

$f(x)$ функцияни $f(x) = f_{\gamma_1} \cup f_{\gamma_2} \cup \dots \cup f_{\gamma_m}$ кўринишда ифодалаш k -қийматли функцияни квазибуль кўриниш дейилади. Бунда

$$f_{\gamma_i}(x) = \begin{cases} \gamma_i, & \text{агар } x \in N_{j_{\gamma_i}}, \\ 0, & \text{акс холда} \end{cases},$$

$$N_{j_{\gamma_i}} = \left\{ \alpha / (\alpha \in E_k^n) \cap (f(\alpha) = \gamma_i) \right\}, i = \overline{1, m}, m \leq k-1$$

$f_{\gamma}(x)$ квазибуль функцияни ифодалашда элементар конъюнкцияни қуйидаги кўринишидан фойдаланилади:

$$K = \min \{ J_{M_1}(x_1), \dots, J_{M_n}(x_n), \gamma \},$$

бунда $M_i \subseteq E_k = \{0, 1, \dots, k-1\}, \gamma \in E_f \subseteq \{1, 2, \dots, k-1\}, i = \overline{1, n}$.

Теорема 13. Берилган $D = K_1 \vee K_2 \vee \dots \vee K_m$ дизъюнкция, D даги бирорта э.к. га ортогонал бўлмаган K э.к. ни ютиши учун ҳар бир K_i э.к. ни $K_i = C_i \cdot D_i$ кўринишдаги қуйидаги шартлар асосида ифодаланиши зарур ва етарли:

1. $\bigcup_{i=1}^m N_{D_i} = E_n^k;$
2. $N_K \subseteq N_{\tilde{D}}, \tilde{D} = \bigwedge_{i=1}^m C_i.$

Ушбу параграфда минимал д.н.ф.ни қуриш икки босқичда амалга оширилади. Биринчи босқичда бирлаштириш (умумлашган бирлаштириш) ва ютилиш қоидаларига асосан қисқартирилган д.н.ш. ҳосил қилинади. Иккинчи босқичда қисқартирилган д.н.ф.нинг баъзи бир э.к.лари қолган э.к.лар бирлашмаси томонидан қопланадиган бўлса четлатиш асосида минимал д.н.ш. ҳосил қилинади.

§ 4.2 параграфда деярли тўлиқ аниқланмаган функциянинг тупикли н.к.ф.ни қуриш алгоритмининг хусусиятлари кўриб чиқилган.

Бунинг учун э.к.ни қуйидаги кўринишидан фойдаланилади:

$$H = m_{\alpha_1}(x_1)m_{\alpha_2}(x_2) \cdot \dots \cdot m_{\alpha_l}(x_l)$$

Қуйидаги $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, $\alpha_{l+1} = \alpha_{l+2} = \dots = \alpha_n = 0$ кортежга H конъюнкциянинг коди деб атаймиз.

$A = \gamma_1 3^{n-1} + \gamma_2 3^{n-2} + \dots + \gamma_n 3^0$ сонини $\tilde{\gamma} = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n) \in S^n$ қийматлар сатрининг коди деб атаймиз.

$\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, $\tilde{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) \in S^n$ қийматлар сатрига мос (A, B) сонлар жуфтлиги $H = m_{\gamma_1}(x_1)m_{\gamma_2}(x_2) \cdot \dots \cdot m_{\gamma_l}(x_l)$ конъюнкциянинг $(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_l, 0, \dots, 0)$ кодини ифодалайди деймиз, агар барча $\gamma_i = 3$ учун $\alpha_i + \beta_i = 3$ ва барча $\gamma_i \neq 3$ учун $\alpha_i = \beta_i = \gamma_i$, $i \in [1, 2, \dots, l]$, $l \leq n$ ўринли бўлса. Бундай ҳолларда H конъюнкцияга мос интервал $\tilde{\alpha}$ ва $\tilde{\beta}$ қийматлар сатрига кенгайтирилган деб ҳисоблаймиз.

Айтайлик, $\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) \in U_i$, $\tilde{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) \in U_j$, $j < i$, $i, j \in [0, 1, \dots, n]$, $U_i, U_j \in S^n$ бўлиб, A –сон $\tilde{\alpha}$ қийматлар сатрининг ва B –сон $\tilde{\beta}$ қийматлар сатрининг коди бўлсин.

Теорема 14. Агар $A > B$ бўлса, у ҳолда $\tilde{\alpha}$ и $\tilde{\beta}$ мажмуалар ўзаро таққосланмайди.

Теорема 15. Агар $\alpha_l + \beta_l = 3$ ёки $\alpha_l \neq 0$ ва $\beta_l = 0$, $l \in [1, 2, \dots, n]$ ўринли бўлса, у ҳолда $\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) \in U_i$ ва $\tilde{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) \in U_j$, $j > i$, $i, j \in [1, 2, \dots, n]$, $U_i, U_j \subset S^n$ қийматлар сатри ўзаро таққосланмайди.

Теорема 16. Айтайлик, $H(H')$ конъюнкциянинг l – яквази ўлчовли $N_H \subseteq U_i \subseteq S^n$ ($N_H \subseteq U_i \subseteq S^n$), $i \in [1, 2, \dots, n]$ интервали қуйидаги $\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, $\tilde{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$, $(\tilde{\alpha}' = (\alpha'_1, \alpha'_2, \dots, \alpha'_n)$, $\tilde{\beta}' = (\beta'_1, \beta'_2, \dots, \beta'_n))$ қийматлар сатрига давом эттирилган бўлсин. A, B (A', B')–лар мос равишда $\tilde{\alpha}, \tilde{\beta}$ ($\tilde{\alpha}', \tilde{\beta}'$) рақамлар мажмуасида қийматлар сатрларининг коди бўлсин. Агар $|A - B| = |A' - B'|$ тенглик ўринли бўлиб, $\tilde{\alpha}', \tilde{\beta}'$ қийматлар сатрлари $\tilde{\alpha}, \tilde{\beta}$ қийматлар сатрларидан бир разрядга фарқ қилса, у ҳолда $N_H \cup N_{H'}$ бирлашма $H \vee H'$ конъюнкция учун $(l + 1)$ – квази ўлчовли интервал ҳосил қилади ва (A, B') жуфтлик $N_H \cup N_{H'}$ интервалга мос $H \vee H'$ конъюнкциясига мос келади.

Теорема 17. Агар барча $i \in [1, 2, \dots, n]$ лар учун $\alpha_i \neq 0$, $\alpha_i + \beta_i \neq 3$ ифода ўринли бўлса, у ҳолда H конъюнкциянинг $\tilde{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ кодли N_H оралиғи $\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ қийматлар сатри билан квази таққосланади.

§ 4.3 параграфда оптимал коррекциялаш функциясини куриш учун мантикий усуллар берилган.

Айтайлик, $E_\rho = \{0, 1, \dots, \rho - 1\}$, $T_1^*, T_2^*, \dots, T_\omega^*$ – элементлари E_ρ га тегишли тўғри бурчакли жадвал ва $T = \{x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_t}\}$ – қандайдир тестер бўлсин. Фараз қиламиз, $S_i = k_i$. T – тестер бўлгани учун шундай $x_i \in T$ аломат топиладики, $\alpha_{i_i} = \alpha_{j_i}$. тенглик бажарилади. ... билан шундай аломатлар тўпламини белгилаймизки, ушбу тўпланда k_ρ и k_l синфларидаги S_i ва S_j объектлари фарқ қиладиган бўлсин. T тўплам барча $T_{ij}^{l\rho}$, $i = \overline{1, m_\rho}$. тўпламлардан ажратилган аломатлар тўплами ҳисобланади.

Тестерларни ҳосил этиш учун мантикий тенгламалар системасини ечиш аппаратида фойдаланамиз. Фараз қиламиз, $x_1, x_2, \dots, x_n$ буль ўзгарувчиларидан иборат.

Айтайлик, $T_{ij}^{l\rho} = \{x_{j_1}, x_{j_2}, \dots, x_{j_q}\}$, $(q \leq t)$ бўлсин. Тестлардаги каби $T_{ij}^{l\rho}$ тўпламини мантикий тенглама сифатида тасвирлаймиз:

$$g_{ijl\rho}(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1, \quad g_{ijl\rho}(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_{j_1} \vee x_{j_2} \vee \dots \vee x_{j_q}.$$

Айтайлик, L – мантикий тенгламалар системаси қуйидагича бўлсин:

$$g_{ijl\rho}(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1 \quad i = \overline{1, m_l}, \quad j = \overline{1, m_\rho}, \quad l, \rho = \overline{1, \omega}, \quad i \neq j, \quad \rho \neq 1.$$

Тестга ўхшаш L система

$$\bigvee_{i=1}^q \tilde{g}(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1 \quad (6)$$

шаклга келтирилади. Фараз қиламиз, (10) тенглама

$$\bigvee_{t=1}^q (x_{i_1} \vee x_{i_2} \vee \dots \vee x_{i_{k_j}}) = 1, \quad (7)$$

шаклига келтирилган ва $x_{ij} \in (x_1, x_2, \dots, x_n)$. бўлсин. У ҳолда қуйидаги теорема ўринли бўлади.

Теорема 18. Берилган $L_j = \{x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_{k_j}}\}$, $j = \overline{1, q}$ тўплам эталон жадвалнинг туپикли тестерларини ташкил қилади. Уларнинг сони (7) тенгламанинг қўшилувчилари сони $i = \overline{1, p}$ га тенг.

“Корректор куриш алгоритмини амалга ошириш” номли V боб корректор алгоритмини яратишга бағишланган бўлиб, тўлиқ аниқланмаган функциянинг туپикли нормал каноник шакллари аниқлаш алгоритмларининг хусусиятлари ва ихтиёрий k учун оптимал корректорларни куриш дастурини тавсифлашга бағишланган.

5.1. параграфда $k=3$ бўлганда оптимал корректор яратиш дастури келтирилган. σ_3 синфидаги тўлиқ аниқланмаган $f(\tilde{x})$ функциянинг туپикли нормал каноник шакллари куриш алгоритмини дастурини яратишни кўриб

чиқилган. Алгоритм ва дастур қуйидаги кетма-кетликда берилган. Биринчи навбатда дастурни ташкил қилувчи процедураларни сўнгра алгоритмнинг дастури ҳосил қилинган процедуралар асосида яратилиши тавсифланган.

5.2 параграфда ҳар қандай k учун оптимал корректор яратиш дастури келтирилган.

Дастур назорат материали асосида нокоррект алгоритмларнинг тўлиқ аниқланган оптимал монотон коррекцияловчи функциясини ҳосил қилади.

Масалани қўйилиши. Айтайлик, назорат материали $S \in \{S_1, S_2, \dots, S_q\}$ объектлардан ташкил топган бўлиб, улар t синфга ажратилган ва S_i объектлар учун $P(S_i) = \alpha_i, i = \overline{1, q}$ ҳисобланган.

P предикатни объектлар учун қийматини ҳисоблайдиган $A_1, A_2, \dots, A_n$ алгоритмларнинг натижалари 2-жадвалда келтирилган.

2-Жадвал

Предикат объектларининг қийматини ҳисоблаш.

	A_1	A_2	$\dots$	A_n	P
S_1	α_{11}	α_{12}	$\dots$	α_{1n}	α_1
S_2	α_{21}	α_{22}	$\dots$	α_{2n}	α_2
$\vdots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\vdots$
S_q	α_{q1}	α_{q2}	$\dots$	α_{qn}	α_q

Ушбу жадвалда:

$$\alpha_{ij} \in [0, 1, \dots, k-1], \alpha_i \in [0, 1, \dots, k-1], i = \overline{1, q}, j = \overline{1, n}.$$

Қуйида берилган чизикли сифат функционалига кўра, тўлиқ аниқланган монотон оптимал функцияни куриш талаб этилади:

$$n_f = \sum_{i=1}^t \sum_{j=k_{i-1}+1}^{k_i} \varphi(\tilde{\alpha})_i, f(\tilde{\alpha})_i \text{ функция } F \in P_k^n$$

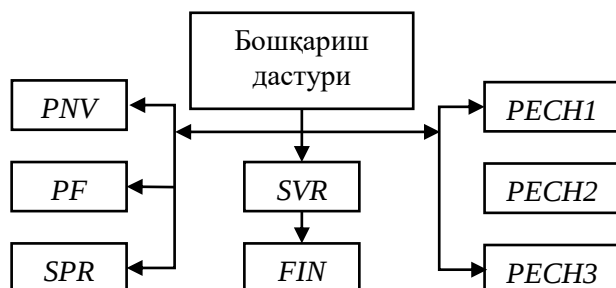
5.3-параграфда инвариант давом эттириш алгоритмининг дастури келирилади.

Синфларга ажратилган берилган учлар тўплами асосида дастур ҳар бир синф учун инвариант давомини яратади. Дастур саккизта процедурадан ташкил топган.

Дастурининг SPR процедураси берилган нуқтанинг ўлчами $(n-1)$ га тенг бўлган интервалгача давом эттиради. $PF(P)$ процедураси ораликлар кесишмасини аниқлайди. PNV процедураси ҳосил қилинган $(n-1)$ ўлчовли интервал билан кесишадиган учларни аниқлайди. SVR процедураси берилган интервалга кирувчи учларни ҳосил қилади. FIN процедураси

индекслар мажмуасини шакллантиради. $PECH1 (A1, A2, PM)$, $PECH2 (A1, A2, PM)$, $PECH3 (A1, A2, PM)$ процедуралари мос равишда бир, икки ва уч ўлчовли массивларни чоп этиш учун хизмат қилади, бунда $A1, A2$ – индексларнинг чегаралари, PM – чоп этиладиган массив.

Уларнинг боғланиш схемаси (алгоритм блок-схемаси) 1-расмда келтирилган.



1-расм. Инвариант тўплам куриш дастури.

5.4-параграфада k -қийматли функциянинг энг қисқа дизъюнктив нормал шаклини куришнинг дастурий таъминоти келтирилган. Берилган k -қийматли функциянинг интерваллар жадвалига кўра, дастур энг қисқа дизъюнктив нормал шаклини яратади. Дастурда иккита процедура ишлатилади: $POKR(F1, F2, F3)$ процедураси интерваллар қопламасини теширишга мўлжалланган. Процедурада $F1$ – қидирилаётган қоплама интервал номери, $F2$ – $F1$ – интервал билан солиштирилган интерваллар сони, $F3$ – $F2$ – интервалнинг номерлари массиви; $PF(P)$ – процедураси интервалларнинг кесишмасини топишга хизмат қилади, P – кесишмани аниқловчи аломат.

“Тадқиқот объеклари аломатларининг таҳлили ва ташхислаш қарорларини қабул қилиш тизимлари корректорлари” номли А иловада тиббиёт ташхислашининг шакллари, тамойиллари ва усулларининг тизимли таҳлили амалга оширилган. Шу асосда ташхислашнинг лаборатория, инструментал, компьютер ва одатдаги усуллари таҳлил қилинган. Инфаркт миокард ва бош оғриғи мисолида ташхисда қарор қабул қилиш жараёнининг махсус аломатлари таҳлил қилинган. Таҳлил натижалари асосида ташхисда қарор қабул қилишнинг корректори ишлаб чиқилган.

Келтирилган А иловада «Ташхисни қарор қабул қилиш тизимлари корректори» тадқиқот объектининг аломатлари таҳлил қилинган. Ташхис масаласи ва инсон организмни таҳлил қилиш мураккаб тизим ҳисобланади. Шунинг учун ушбу масалани автоматлаштириш системали ёндашувни талаб этади.

Ташхислашда қарор қабул қилиш жараёни корректорининг алгоритми ва дастурий таъминоти ишлаб чиқилган, оптималлаштириш масаласи ечилган. Ички квазиоптимал масаланинг ечими қуйидаги оптималлаштириш масаласини фиксирланган t вақтдаги ечимига келтирилади:

Масаланинг квазиоптимизацион ечими t вақтнинг фиксирланган қийматлари учун қуйидаги оптимизация масаласига келади:

$$P_i(\alpha) = |P_i(t, \alpha) - P_i^*| \rightarrow \min$$

$$\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}, \quad 0 \leq \alpha_i \leq 1$$

Ушбу масаланинг моҳияти шундан иборатки, шундай экспертлар гуруҳини танлаш керакки, оқибатда $P_i(\alpha) \rightarrow \min$ бажарилсин. Масалани ечиш кўп босқичли бўлиб, ҳар бир қадамда биринчи босқичда $P_i(t, \alpha)$ нинг қийматини аниқлашда эҳтимоллик-матрицаси модели қўлланилади. P_i^* – талаб қилинган эҳтимоллик қиймати..

Иккинчи қадамда $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}$ ларнинг фиксирланган қийматлари учун қуйидаги оптимизация масаласи ечилади:

$$P_i(\alpha) = |P_i(t, \alpha) - P_i^*| \rightarrow \min$$

$$\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}, \quad 0 \leq \alpha_i \leq 1$$

Ушбу масала дискрет вақтларда ечилади. Шу асосда жараёнга ўзгариш киритилади ва бошқариш амалга оширилади.

ХУЛОСА

Диссертация иши k -қийматли мантиқ функциялари асосида эвристик алгоритмларнинг оптимал корректорларини синтез қилиш усуллари ва алгоритмларини тадқиқ этишга бағишланган.

Тадқиқотнинг асосий натижалари қуйидагилардан иборат:

k -қийматли мантиқ функциялар синфларининг тўлиқлигини текширишнинг мантиқий усуллари ва алгоритмлари ишлаб чиқилган;

каноник нормал шакллар синфидаги k -қийматли функцияларни минималлаштириш усуллари ва алгоритмлари қурилган;

назорат материаллари асосида эвристик алгоритмларнинг оптимал корректорларини қуриш методологияси ишлаб чиқилган;

ўрнатилган турли чекловлар ва назорат материаллари асосида эвристик алгоритмларнинг оптимал корректорларини тузишнинг мантиқий усуллари ва алгоритмлари яратилган;

k -қийматли мантиқ монотон функциялари сони тўғрисидаги теорема ўз исботини топган;

нокоррект алгоритмлар танламасини коррекцияловчи k -қийматли мантиқ функциялари махсус синфларининг минимал базиси тўғрисидаги теоремалар исботланган;

тўлиқ аниқланмаган дискрет монотон функцияни давом эттиришда тўпламнинг инвариантлик принципи кодлашга боғлиқ бўлмаслиги тўғрисидаги теорема далилланган;

коллегиял диагностика ва бошқарув қарорини қабул қилишни қўллаб-қувватлаш учун коррекцияловчи алгоритмлардан фойдаланган ҳолда

эвристик алгоритмларни оптимал коррекциялаш алгоритмик тизими ва дастурий таъминоти яратилган;

таклиф қилинган оддий каноник шакллар синфидаги k -қийматли функцияларни минималлаштириш усуллари, алгоритмлари ва k -қийматли мантиқнинг монотон функцияларини декодлаш мураккаблигини баҳолаш Муҳаммад Ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети қошидаги ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион марказида БВ-М-Ф4-004 “Бошқарув тизимлари назариясида алгоритмлаш тамойилларини ишлаб чиқиш” илмий лойиҳасида жорий этилган (Далолатнома, 18.12.2020 й.) (Ўзбекистон Республикаси Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги 2021 йил 16 июлдаги 33-8/5163 маълумотномаси).

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.FM.01.02 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УРУНБАЕВ ЭРКИН

**МЕТОДЫ СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНЫХ КОРРЕКТОРОВ
ЭВРИСТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИЙ К-
ЗНАЧНОЙ ЛОГИКИ**

**01.01.03 – Вычислительная математика и дискретная математика
(физико-математические науки)**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА (DSc)
ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИМ НАУКАМ**

ТАШКЕНТ – 2021

Тема диссертации доктора наук (Doctor of Science) по физико-математическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2019.4.DSc/FM148.

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу (<http://ik-fizmat.nuu.uz>) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу (www.ziyo.net).

Научный консультант:

Кабулов Анвар Васильевич,
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Касимов Налимджо Хабибуллоевич
доктор физико-математических наук, профессор

Хайтов Абдулло Рахмонович
доктор физико-математических наук, профессор

Аллаков И
доктор физико-математических наук, профессор

Етақчи таъкилот:

Туринский политехнический университет в
г.Ташкенте

Защита диссертации состоится « 4 » декабрь 2021 года в 14:00 часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.FM.01.02 при Национальном университете Узбекистана (Адрес: 100174, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 4. Тел.: (+99871) 227-12-24, факс: (+99871) 246-53-21, e-mail: nauka@nuu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национального университета Узбекистана (зарегистрирована за № 104). (Адрес: 100174, г. Ташкент, Алмазарский район, ул. Университетская, 4. Тел.: (+99871) 246-02-24).

Автореферат диссертации разослан « 18 » ноябрь 2021 года
(протокол рассылки № 11 от « 3 » ноябрь 2021 года).



А. Р. Марахимов

Председатель Научного совета по
присуждению научных степеней,
д.т.н., профессор

З.Р.Рахмонов

Ученый секретарь научного совета
по присуждению ученых степеней, д.ф.-м.н.

Р.Д.Алоев

Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению ученых степеней,
д.ф.-м.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В мире исследования, посвященные корректировке результатов эвристических методов на основе прогнозирования, распознавания, классификации, определения абсолютного экстремума многомерной функции, актуальны и широко используются в таких областях, как медицина, геология, гидрология, менеджмент, вычислительной технике. В связи с этим важно построение оптимальных корректоров эвристических алгоритмов на основе контрольных материалов. Поэтому проверка полноты классов k -значных логических функций и разработка методов и алгоритмов минимизации функций в классе канонических нормальных форм, оценка количества монотонных функций k -значной логики, построение минимальных базисов специальных классов корректирующих функций для корректировки некорректных алгоритмов остается одной из важных задач вычислительной и дискретной математики.

В настоящее время в мире проводится много научных исследований, направленных на расширение интеграции науки и промышленности, в частности развитие теории k -значных логических функций для коррекции результатов эвристических алгоритмов. При этом важную роль играет построение формул в классе канонических нормальных форм, кодирование элементарных конъюнкций и применение для них правил склеивания, поглощения и идемпотентности, проверка полноты систем корректирующих функций. Следовательно, разработка эффективных численных вычислительных методов и алгоритмов построения корректирующих функций на основе k -значной логики для повышения точности результатов эвристических методов считается целевым научным исследованием.

В нашей стране особое внимание уделяется исследованиям задач методами распознавания, поиска абсолютных экстремумов на основе эвристики при решении задач медицины, инженерии, геологии, экологии и управления, имеющих научное и практическое применение фундаментальных наук. В частности, важные результаты получены при решении задач классификации информации, управления функциональными таблицами, диагностики в медицине, проектирования контроллеров в дискретной технике, прогнозирования в экологии. Проведение научных исследований на уровне международных стандартов по приоритетным направлениям «Функциональный анализ, алгебра, дифференциальные уравнения, математическая физика, математическое моделирование, вычислительная и дискретная математика, теория вероятностей и математическая статистика» в деятельности Института математики имени В.И.Романовского АН РУз, является одной из основных задач¹. Для обеспечения выполнения постановления важно построить корректоры эвристических алгоритмов, используемые методами прогнозирования,

¹ Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-4708 «О мерах по повышению качества образования и развитию научных исследований в области математики» от 07 мая 2020 года.

распознавания, классификации, определения абсолютного экстремума многомерной функций при создании интеллектуальных систем.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит осуществлению задач, указанных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП – 4947 от 07 февраля 2017 года «О стратегии действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в постановлениях №ПП – 2789 от 17 февраля 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности Академии наук, организации, управления и финансирования научно-исследовательской деятельности», №ПП – 2909 от 20 апреля 2017 года «О мерах по дальнейшему развитию системы высшего образования», №ПП – 3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», №ПП – 4708 от 07 мая 2020 года «О мерах по повышению качества образования и развитию научных исследований в области математики», а также в других нормативно-правовых актах, относящихся к данной области деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан: IV «Математика, механика и информатика».

Обзор международных научных исследований по теме диссертации.²

Исследования по решению проблемы построения корректирующих функций для эвристических алгоритмов проводят ведущие университеты и исследовательские центры, в том числе такие как: Университет Альберта (Канада), Стэнфордский университет, Массачусетский технологический институт (США), Кембриджский университет, Оксфордский университет (Великобритания), Киотский университет (Япония), Мельбурнский университет (Австралия), Мюнхенский технический университет (Германия), Университет Синьхуа (Китай), Лозаннская федеральная политехническая школа (Швейцария), Сеульский национальный университет (Республика Корея), Амстердамский университет (Нидерланды), Университет Пьера и Марии Кюри (Франция), Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Российская академия наук Вычислительный центр им. А.А.Дородницына (Россия), Институт кибернетики им. В.М. Глушкова (Украина).

В результате проведенных научных исследований в мире по использованию корректирующих функций для обеспечения точности данных получены ряд научные результаты: исследование по точности управления сложными объектами и построение корректного алгоритма (Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН); проблемы синтеза оптимальных корректоров эвристических алгоритмов была поставлена Ю.И.

² При обзоре зарубежных научных исследований по теме диссертации использованы источники: <http://www.ds.mpg.de/en>, <http://www.ox.ac.uk/>, <http://www.bioe.neu.edu>, <http://www.zbit.uni-tuebingen.de/>, <http://neel.cnrs.fr/?lang=fr>, https://www.kribb.re.kr/eng/sub02/sub02_07_03.jsp, <https://www.cbcb.umd.edu/>, <http://www.arizona.edu/>, https://mipt.ru/science/labs/laboratory_of_the_biophysics_of_excitable_systems/ и др.

Журавлевым, под его руководством разработаны алгоритмы минимизации булевых функций, построения тестеров, проверки монотонности функций (Российский вычислительный центр РАН); по теории управляющих систем рассматривались неисправности элементов. При этом требовалось организовать работу управляющих систем так, чтобы несмотря на сбой, она реализовывала бы заданную функцию с требуемой точностью на основе многократного дублирования ненадежных элементов и введения корректора (США, Массачусетский Технологический Институт); предусматривалось рассмотрение отдельных эвристик как ненадежно работающих частей системы переработки информации. В отдельном случае для решения одной и той же задачи применяются несколько различных эвристик, и полученные результаты определенным образом корректируются. При этом возникают задачи, близкие по методологии к задачам синтеза надежных схем из ненадежных элементов (Кембриджский университет, Великобритания); в Институте Кибернетики им. В.М. Глушкова (Украина) проводились исследования построения оптимальных корректоров алгебраическим методом. Поэтому основной проблемой применения эвристических методов при принятии решений является неоднозначность исходных данных о состоянии системы обработки информации и отсутствие точных данных, которые в той или иной степени корректируются.

На сегодняшний день в мире широко используются математические методы в слабо формализованных областях, в том числе: создание логических методов коррекции результатов эвристических алгоритмов, проверка на полноту класса k -значных логических функций и их минимизация.

Степень изученности проблемы. Разработка оптимальных корректоров эвристических алгоритмов является одной из актуальных проблем создания интеллектуальных систем и является самостоятельным направлением исследований. К настоящему времени разработаны достаточные теоретические предпосылки для построения оптимальных корректоров на основе алгебры высказываний дискретной математики. Анализ научных исследований и литературных источников по теоретическим и практическим проблемам создания моделей, теорий, методов принятия правильного решений при обработке данных рассматривались в работах следующих ученых: A. Moore, R. Ellison, R. Linger, S. Templeton, K. Levitt, Ou Xeming, R.P. Lippman, O. Sheyner, J. Haines, S. Jha, J. Wing, S. Noel, S. Jajodia, M. Bishop, P. Ammarm, B. Schneier, Ю.И. Журавлев, Мазуров, К.В.Рудаков, Е.В.Дюкова В. В. Краснопрошин, В. В. Рязанов и др.

В научных работах ученых Массачусетского технологического института A.Moore, R.Ellison, ученых Стенфордского университета S.Templeton, K.Levitt, Ou.Xeming, R.P.Lippman по теории систем управления рассматривались отказ элементов управления. В работе ученых Кембриджского университета Великобритании О. Шейнер, Дж. Хейнс, С. Джа, Дж. Винг, С. Ноэль, С. Яйодиа, М. Бишоп, П. Аммарм, Б. Шнайер

ненадежные части системы обработки информации рассматриваются как некие эвристики. В настоящее время алгебраический метод широко используется при построении корректных алгоритмов на основе некорректных (эвристических) алгоритмов в задаче распознавания. Такой подход был основан академиком Ю.И. Журавлевым, а затем развивался его учениками. Этот подход применяется не только в теории распознавания, но и в теории коррекции алгоритмов формирования числовой информации. Когда, в качестве эвристики распознавания используется разделение на гиперплоскости, такой эвристический метод распознавания называется методом комитета. Этот метод был детально разработан группой под руководством профессора В.Д. Мазурова из Уральской математической школы Российской академии наук.

В Узбекистане по этой проблеме под руководством В.К.Кабулова, Т.Ф. Бекмурадова, М.М.Камилова, Ш.Х.Фазылова А.В.,Р.Х.Хамдамова, Н.Р.Юсупбекова, Х.З.Игамбердиева, М.М.Арипова, А.Р.Марахимова, А.В.Кабулова, Н.А.Игнатьева были разработаны математические модели, алгоритмические и вычислительные методы и используются для повышения точности управления.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Самаркандского государственного университета «Разработка математических моделей и численный анализ инженерных и природных процессов».

Целью исследования является разработка оптимальных корректоров функциями k -значной логики при решении вопроса повышения точности эвристических методов.

Задачи исследования:

разработка логических методов и алгоритмов проверки полноты классов функций k -значной логики;

разработка методов и алгоритмов минимизации k -значных функций в классе канонических нормальных форм;

разработка методологии построения оптимальных корректоров эвристических алгоритмов на основе контрольных материалов;

создание логических методов и алгоритмов построения оптимальных корректоров эвристических алгоритмов на основе различных ограничений и контрольных материалов;

доказательство теоремы о количестве монотонных функций k -значной логики;

доказательство теорем о минимальных базисах специальных классов функций k -значной логики, корректирующие наборы некорректных алгоритмов;

доказательство принципа инвариантности продолжений не полностью определенных дискретных монотонных функций от принятой кодировки;

разработка алгоритмической системы и программного комплекса для оптимальной корректировки эвристических алгоритмов функциями k -значной логики при решении вопроса повышения точности эвристических методов с помощью корректирующих алгоритмов для поддержки принятия коллегиального диагностического и управленческого решения.

объектом исследования являются эвристические алгоритмы, основанные на методах прогнозирования, распознавания, классификации, поиска абсолютного экстремума функций многих переменных и построения их оптимальной корректирующей функции.

Предметом исследования являются модели, методы, алгоритмы и программный комплекс синтеза оптимальных корректоров, служащих для оптимальной корректировки эвристических алгоритмов и поддержки принятия управленческих и диагностических решений

Методы исследования. В работе использованы элементы теории распознавания образов, k -значной логики, алгоритмизации и принципы оптимальной корректировки. При разработке программ использованы методы модульного и структурного программирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

доказаны теоремы о полноте классов функций k -значной логики, корректирующие наборы некорректных алгоритмов. На основе результатов теорем разработаны логические методы и алгоритмы проверки полноты для корректировки результатов эвристических алгоритмов;

построены методы и алгоритмы минимизации функций k -значной логики, корректирующие наборы некорректных алгоритмов в классе канонических нормальных форм для корректировки результатов эвристических алгоритмов;

разработана методика построения оптимальных корректоров эвристических алгоритмов на основе контрольных материалов;

разработаны логические методы и алгоритмы построения оптимальных корректоров эвристических алгоритмов на основе различных ограничений и контрольных материалов;

доказана теорема о количестве монотонных функций k -значной логики в Шенноновской постановке для решения задачи расшифровки и построения оптимальных корректоров эвристических алгоритмов в классе канонических нормальных форм;

доказаны теоремы о минимальных базисах специальных классов функций k -значной логики, корректирующие наборы некорректных алгоритмов для минимального их представления формулами в классе канонических нормальных форм;

доказан принцип инвариантности продолжений не полностью определенных дискретных монотонных функций от принятой кодировки, в результате которого строится множество, где обеспечивается оптимальная корректировка результатов эвристических алгоритмов;

разработана алгоритмической системы и программного комплекса для оптимальной корректировки эвристических алгоритмов функциями k -значной логики при решении вопроса повышения точности эвристических методов с помощью корректирующих алгоритмов для поддержки принятия коллегиального диагностического и управленческого решения.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

построены алгоритмы проверки полноты класса k -значных функций и минимизации функций;

В алгоритмической системе «Корректор» выполнено инвариантное продолжение k -значных функций и синтез оптимального монотонного корректора;

разработана алгоритмическая система и программный комплекс для оптимальной корректировки эвристических алгоритмов функциями k -значной логики для поддержки принятия коллегиального диагностического и управленческого решения, разработана процедура выработки принятия управленческих решений.

Достоверность результатов исследования обосновывается строгой формализацией в k -значной логике, использованием методов исчисления высказываний и строгостью математических рассуждений. Оптимальная коррекция эвристических алгоритмов, выводы исследования при решении практических задач были подтверждены результатами компьютерного вычислительного эксперимента.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость полученных результатов обосновывается:

разработкой методов, алгоритмов оптимальной корректировки эвристических алгоритмов, доказательством теорем об инвариантности продолжения, полноты и существования базисов классов функций k -значной логики при решении вопроса повышения точности эвристических методов с помощью корректирующих алгоритмов для поддержки принятия коллегиального диагностического и управленческого решений.

Практическая значимость результатов работы заключается в том, что применение методов, алгоритмов оптимальной корректировки эвристических алгоритмов функциями k -значной логики и использование доказанных теорем об инвариантности, полноты и существования базисов k -значных функций при решении прикладных задач методами прогнозирования, распознавания, классификации, поиска абсолютных экстремумов функций многих переменных позволяют организовать повышения точности эвристических методов с помощью корректирующих алгоритмов для поддержки принятия коллегиального диагностического и управленческого решения.

Внедрение результатов исследования. Полученные в диссертации результаты были внедрены по следующим практическим направлениям:

применение разработанного метода корректировки эвристических алгоритмов управления в гидротехническом цикле водного хозяйства

Нукусского района позволил получить корректные модели гидротехнического технологического процесса, решать задачи идентификации, решать оптимизационные задачи водного управления и на основе этого определять узкие места гидро технологического цикла, подлежащих в перспективе модернизации (Справка 01/01-3-151 от 15 апреля 2021 г. Министерства водного хозяйства Республики Каракалпакстан). Применение научных результатов позволило повысить эффективность производства на 15%;

предложенные корректоры систем контроля и автоматизированного управления дают возможность оптимизировать и стабилизировать технологические режимы, повышать надежность функционирования систем, а следовательно, улучшать качество и увеличивать выпуск продукции, уменьшать потребление сырьевых и энергетических ресурсов, улучшать условия труда персонала на 12% (Справка 01/18-846 от 16 апреля 2021 г. Государственный комитет республики Каракалпакстан по экологии и охране окружающей среды);

разработанная алгоритмическая система и программный комплекс для оптимальной корректировки эвристических алгоритмов функциями k-значной логики при решении вопроса повышения точности эвристических методов с помощью корректирующих алгоритмов для поддержки принятия коллегиального диагностического и управленческого решения внедрен в Нукусском объединении здравоохранения. (Справка 01/2345 от 14 апреля 2021 г. Министерства здравоохранения Республики Каракалпакстан). Использование научных результатов в лечебном процессе позволило повысить эффективность и точность диагностики на 15%;

предложенные методы минимизации k-значных функций в классе нормальных канонических форм, алгоритмы и оценка сложности расшифровки монотонности функции k - значной логики были внедрены в научном проекте " Разработка принципов алгоритмизации в теории управляющих систем" БВ-М-Ф4-004 в научно-инновационном центре информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада Ал-Хорезми (акт, 18.12.2020) (Справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 16 июля 2021 года № 33-8/5163). Результаты были использованы при разработке программного обеспечения, реализующего разработанные алгоритмы решения отдельных классов конкретных оптимальных и экстремальных задач в системе автоматизации технологических процессов различных уровней на основе функциональных таблиц.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждены на 2 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 27 научных работ. Из них 2 монографии, 15 научных статей, в

том числе, 7 в зарубежном и 8 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, а также получено 3 свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Объем диссертации составляет 173 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, отмечено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, приведен обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации, описан степень изученности проблемы, сформулированы цели и задачи, указаны объект и предмет исследования, изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов, даны сведения о внедрении результатов исследования, об опубликованных работах и о структуре диссертации.

Первая глава диссертации «**Методология синтеза оптимального корректора для эвристических алгоритмов**» посвящена построению оптимальных по линейному функционалу качества корректирующих функций в классе σ .

В § 1.1 даётся исследование логических методов корректировки эвристических алгоритмов и общая постановка задачи коррекции результатов эвристических алгоритмов и определяются основные понятия, необходимые для изложения материала.

Пусть даны результаты классификации (распознавания) объектов из $\{S\}$ с помощью эвристических алгоритмов $A_1, A_2, \dots, A_n$. Результат работы алгоритмов для каждого объекта S представляет собой вектор $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, где

$$\alpha_j = \begin{cases} j, & \text{если } S \in K_j, j \in \{1, \dots, k-1\}, \\ 0, & \text{если объект } S \text{ не опознан} \end{cases}$$

Здесь- $K_1, K_2, \dots, K_{k-1}$ заданные непересекающиеся классы. Так как $A_1, A_2, \dots, A_n$ являются некорректными алгоритмами, то они могут дать разные результаты ($\alpha_i \neq \alpha_j$ при $i \neq j, i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$).

Требуется построить k -значную функцию F , корректирующую наборы α , т.е. формировать значение номера класса, к которому принадлежит объект, как функцию от α .

Рассмотрены некоторые ограничения, налагаемые на корректирующие функции. Это условия сохранения значения и множества, условия монотонности и симметричности.

Задача решается при определенно заданных функционалах качества φ и различных ограничениях на корректирующие функции F .

Пусть множества $L_1, L_2, \dots, L_k$ являются подмножествами множества $E_k = \{0, 1, \dots, k-1\}$

Семейство $\{f\}$ функций k -значной логики сохраняет совокупность L , если из условия $\alpha_i \in L_j, i = \overline{1, n}$, следует $f(\alpha) \in L_j, j \in \{1, 2, \dots, t\}$.

На множестве E_k задается частичный порядок

$$0 < 1, 0 < 2, \dots, 0 < k-1 \quad (1)$$

который индицирует в множестве E_n^k наборов длины n частичный порядок

$$\beta = (\beta_1, \dots, \beta_n) \leq \gamma = (\gamma_1, \dots, \gamma_n), \quad (2)$$

если $\beta_i \leq \gamma_i$ по (1), $i = \overline{1, n}$.

Функция $f(x)$ называется монотонной по порядку (1), если из условия $\alpha \leq \beta$ по (2) следует $f(\alpha) \leq f(\beta)$.

Пусть $f(\alpha) = \beta, \beta \in \{0, 1, \dots, k-1\}$. Функция $f(x)$ называется сохраняющей значение, если $f(\gamma) = \beta$, где γ - набор, получающийся из α подстановкой значения β вместо некоторых $\alpha_{i_1}, \alpha_{i_2}, \dots, \alpha_{i_p}$.

В §1.2 введены классы функций $\{\sigma_i\} (i = \overline{1, 8})$, в которых осуществляется построение корректоров: σ_1 -класс функции сохраняющих множество, σ_2 -класс монотонных функций, σ_3 -монотонных и сохраняющих множество, σ_4 -симметрических, σ_5 -сохраняющих значение, σ_6 -сохраняющих множество и симметрических, σ_7 -сохраняющих множество, монотонных и симметрических. Очевидно,

$$\sigma_3 = \sigma_1 \cap \sigma_2, \quad \sigma_6 = \sigma_1 \cap \sigma_4, \quad \sigma_7 = \sigma_2 \cap \sigma_6, \quad \sigma_8 = \sigma_5 \cap \sigma_7.$$

В §1.3 корректоры строятся по контрольному материалу для линейных функционалов качества, определяемых матрицей штрафов φ .

Пусть контрольный материал образует объекты $S_1, S_2, \dots, S_m$ для которых заранее вычислены свойства $P_1, P_2, \dots, P_k$ и $P_j(S_i) = \alpha_{ij}$. Пусть также корректор F дал для $P_j(S_i)$ значение $\tilde{\alpha}_{ij}$.

Линейным функционалом качества есть величина

$$\varphi(F) = \frac{1}{m \times k} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k \varphi(\alpha_{ij}, \tilde{\alpha}_{ij}).$$

Величина штрафа есть функция от истинного и скорректированного значений результатов классификации. При правильной коррекции штраф равен нулю, при неправильной коррекции штраф обычно равен единице.

При вычислении линейного функционала суммируются штрафы или поощрения по всем парам (S_i, P_j) , $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, k}$. По заданной матрице поощрений линейный функционал называется долей правильных коррекций (прогнозов).

В § 1.4 доказан принцип независимости продолжения корректора от кодировки.

Рассмотрим функцию $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ многозначной логики, заданную на $M \subseteq E_n^k$:

$$F(\tilde{x}) = \gamma_j, \text{ если } \tilde{x} \in M_j, \left(j = \overline{0, k-1} \right), \quad (3)$$

где

$$M = \bigcup_{i=0}^m M_i \text{ и } M_i \cap M_j = \emptyset \text{ при } i \neq j.$$

Обозначим через $\{\pi\}$ совокупность всех перестановок множества $\{0, 1, \dots, k-1\}$: $\pi = (i_0, i_1, \dots, i_{k-1})$. Функции $F_\pi(\tilde{x}) = i_j$, если $\tilde{x} \in M_j$, $(j = \overline{0, k-1})$, назовем π - перестановкой $F(\tilde{x})$.

Будем говорить, что точка $\tilde{\alpha} \in E_n^k \setminus M$ сохраняет кодировку (код) множества $M_j \subseteq M$, $j = \overline{0, k-1}$ относительно перестановки π , если $\mathfrak{N}_{\Sigma_{TF}}(\tilde{\alpha}) = j$ и $\mathfrak{N}_{\Sigma_{TF_\pi}}(\tilde{\alpha}) = i_j$.

Точку $\tilde{\alpha} \in E_n^k \setminus M$ назовем точкой, сохраняющей кодировку множества M_j если она сохраняет кодировку M_j относительно любой перестановки $\pi \in \{\pi\}$.

Задачей данной работы является нахождение простейших, в некотором смысле доопределений $F(\tilde{x})$.

Для $F(\tilde{x})$ выделим все максимальные интервалы $N_{B_j^i}$ ($i = \overline{1, m}$, $j = \overline{0, k-1}$), содержащиеся в $E_n^k \setminus \bigcup_{v=0}^{i-1} M_v$, пересекающиеся с M_i такие, что значение B_j^i равно γ_i .

Каноническая нормальная форма (к.н.ф.) $\mathfrak{M} = \bigvee_{i=1}^m \bigvee_{j=1}^{I_i} B_j^i$ будем называть сокращенной нормальной формой для $F(\tilde{x})$. Легко заметить, что дизъюнктивная нормальная форма (д.н.ф.) $\mathfrak{M}_{\Sigma_{TF}}$ однозначно определяется функцией F .

Укажем теперь точки, в которых при изменении значений функции F (переход к F') меняются значения $\mathfrak{M}_{\Sigma_{TF}}$ (переход к $\mathfrak{M}_{\Sigma_{TF'}}$).

Теорема 1. Пусть $\mathfrak{M} = \bigvee_{\pi: \pi \in (\pi)} \mathfrak{N}_{\Sigma_{TF_\pi}}$. Точка $\tilde{\alpha} \in E_n^k \setminus \bigcup_{i=0}^{k-1} M_i$ сохраняет код

множества M_j в том и только в том случае, когда в д.н.ф. $\mathfrak{M}$, $\exists \mathfrak{A}$ элементарная конъюнкция (э.к.) такая, что

$$N_{\mathfrak{A}} \cap M_j \neq \emptyset, \tilde{\alpha} \in N_{\mathfrak{A}} \text{ и } N_{\mathfrak{A}} \cap M_i = \emptyset, (i = 0, \dots, j-1, j+1, \dots, k-1)$$

для каждого интервала $N_{\mathfrak{A}}$, где э.к. $\mathfrak{A} \subset \mathfrak{M}$ $\mathfrak{A} \cap M_i \neq \emptyset, (i \neq j)$ и содержит точку M_j .

Опираясь на результаты теоремы, построен алгоритм синтеза совокупности вершин декартового произведения S^n , сохраняющих кодировку множеств $M_j (j = \overline{0, k-1})$ при получении оптимальных продолжений частично определенной функции $F(\tilde{x})$.

Вторая глава диссертации «**Методы и алгоритмы синтеза оптимальных корректоров некорректных алгоритмов**» посвящена построению оптимальных корректоров.

Определение 1. Функция $f(\tilde{x}) \in P_k^n$ называется симметричным, если она не меняет свое значение при любых перестановках переменных.

Пусть $f(\tilde{x}) \in P_k^n$, $\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, $f(\tilde{\alpha}) \in \beta$, $\beta \in [0, 1, \dots, k-1]$. Пусть также координаты $\alpha_{i_1}, \alpha_{i_2}, \dots, \alpha_{i_p}$ в наборе $\tilde{\alpha}$ не равны β . Рассмотрим совокупность наборов $[\tilde{\gamma}]$, получающихся из набора $\tilde{\alpha}$ подстановкой значения β в место любых из $\alpha_{i_1}, \alpha_{i_2}, \dots, \alpha_{i_p}$.

Определение 2. Функция $f(\tilde{x}) \in P_k^n$ удовлетворяет ограничению σ_3 , если $f(\tilde{\gamma}) = \beta$, $\tilde{\gamma} \in [\tilde{\gamma}]$ и $\beta \in [0, 1, \dots, k-1]$.

В § 2.1 дается исследование свойств полноты классов функций k -значной логики.

В § 2.2 предлагаются алгоритмы синтеза оптимальных логических корректоров при отсутствии ограничений на корректирующие функции и при наложении ограничений сохранения множества и симметричности как в отдельности, так и в совокупности (в классах функций $\sigma_1, \sigma_4, \sigma_6$).

При построении алгоритмов для корректирующих функций из $\sigma_2, \sigma_3, \sigma_7, \sigma_8$ будем рассматривать попарно непересекающиеся главные окрестности $S_{p_1}, S_{p_2}, \dots, S_{p_t}$ такие, что

$$\bigcup_{i=1}^t S_{p_i} = \{A_{\tilde{\alpha}}\} \text{ и } S_{p_{i-1}} \subset S_{p_i} = S_{p_{i+1}} = \dots, i = \overline{1, t}$$

Для произвольного $A' \subseteq A$ определим суммы $r_{0A}, r_{1A}, \dots, r_{k-1A}$:

$$r_{\alpha A'} = \sum_{\tilde{\alpha}_i: \tilde{\alpha}_i \in A'} \sum_{j=p_{i-1}+1}^{p_i} \varphi(\alpha_j, \alpha),$$

где $\alpha \in [0, 1, \dots, k-1]$.

В § 2.3 предлагаются алгоритмы синтеза оптимальных логических корректоров в классах $\sigma_2, \sigma_3, \sigma_7, \sigma_8$.

В § 2.4 приводится обоснование оптимальности алгоритмов построения корректирующих функций, предложенных в § 2.2, § 2.3. Доказывается, что алгоритмы F_σ являются оптимальными по линейному функционалу качества φ .

Теорема 2. Алгоритмы $F_{\sigma_2}, F_{\sigma_3}, F_{\sigma_7}, F_{\sigma_8}$ являются оптимальными по контрольной таблице (Таблица 1.).

В §2.5 исследуется число функций трехзначной логики, корректирующих наборы некорректных алгоритмов и доказана теорема.

Таблица.1

S	A_1	A_2	$\dots$	A_n	$P(S)$
S_1	α_{11}	α_{12}	$\dots$	α_{1n}	α_1
S_2	α_{11}	α_{12}	$\dots$	α_{2n}	α_2
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$	$\vdots$
S_{p_1}	α_{11}	α_{12}	$\dots$	α_{1n}	$\vdots$
S_{p_1+1}	α_{21}	α_{22}	$\dots$	α_{2n}	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$	$\vdots$
S_{p_2}	α_{21}	α_{22}	$\dots$	α_{2n}	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$	$\vdots$
S_{p_t+1}	α_{t1}	α_{t2}	$\dots$	α_{tn}	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$	$\vdots$
S_q	α_{t1}	α_{t2}	$\dots$	α_{tn}	α_q

Теорема 3. Для числа $\psi_1(n)$ функций от n переменных класса σ_2

на S^n выполнено $\psi_1(n) = 2^{\frac{1}{2\sqrt{\pi}} \frac{3n+1}{\sqrt{n}} (1+\varepsilon_2(n))}$, где $\varepsilon_3 \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$.

Такой же результат может быть получен и для числа функций в классе σ_3 .

Третья глава работы «Методы синтеза оптимальных корректирующих функций k -значной логики» посвящена вопросам минимизации многозначных функций.

В § 3.1 изложены построение базисов классов корректирующих функций k -значной логики.

1. Базис в классе σ_1 . Пусть

$$\mathfrak{M}_1 = [\max(x_1, x_2), \min(x_1, x_2), m_{11}(x_1, x_2), \\ m_{100}(x_1, x_2, x_3), m_{200}(x_1, x_2, x_3), m_{201}(x_1, x_2, x_3)]$$

- система функций в классе σ_1 , где

$$m_{11}(x_1, x_2) = \begin{cases} \alpha, & \text{если } x_1 = x_2 = \alpha, \\ 0 - & \text{в остальных случаях;} \end{cases} \alpha \in [0, 1, 2],$$

$$m_{100}(x_1, x_2, x_3) = \begin{cases} \alpha, & \text{если } x_1 = x_2 = x_3 = \alpha, \\ 1, & \text{если } x_1 = 1, x_2 = x_3 = 0, \\ 0 - & \text{в остальных случаях;} \end{cases}$$

$$m_{200}(x_1, x_2, x_3) = \begin{cases} \alpha, & \text{если } x_1 = x_2 = x_3 = \alpha, \\ 2, & \text{если } x_1 = 2, x_2 = x_3 = 0, \\ 0 - & \text{в остальных случаях;} \end{cases}$$

$$m_{201}(x_1, x_2, x_3) = \begin{cases} \alpha, & \text{если } x_1 = x_2 = x_3 = \alpha, \\ 2, & \text{если } x_1 = 2, x_2 = 0, x_3 = 1, \\ 0 - & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Теорема 4. Система функций $\mathfrak{M}_1$ полна в классе σ_1 .

Теорема 5. Система функций

$$\mathfrak{M}_2 = [\max(x_1, x_2), m_{100}(x_1, x_2, x_3), m_{200}(x_1, x_2, x_3)]$$

образует базис в классе σ_1 всех функций трехзначной логики от n переменных.

2. Базис в классе σ_2 . Пусть

$$\mathfrak{M}_6 = [\max(x_1, x_2), \min(x_1, x_2), m_1(x), m_2(x), 0, 1, 2]$$

- система функций в классе σ_2 , где

$$m_1(x) = \begin{cases} 2, & \text{если } x = 1, \\ 0, & \text{если } x \neq 1, \end{cases} \quad m_2(x) = \begin{cases} 2, & \text{если } x = 2, \\ 0, & \text{если } x \neq 2. \end{cases}$$

Легко заметить, что перечисленные здесь функции являются монотонными.

Теорема 6. Система функции $\mathfrak{M}_6$ полна в классе σ_2 .

Теорема 7. Система функций

$$\mathfrak{M}_7 = [\max(x_1, x_2), \min(x_1, x_2), m_1(x), 1]$$

образует базис в классе σ_2 функций трехзначной логики от n переменных.

3. Базис в классе σ_3 .

Пусть задана система функций класса σ_3 , $\sigma_3 = \sigma_1 \cap \sigma_2$:

$$\mathfrak{M}_{11} = [\max(x_1, x_2), \min(x_1, x_2), m_{11}(x_1, x_2), m_{12}(x_1, x_2), m_{21}(x_1, x_2), m_{120}(x_1, x_2, x_3)],$$

где,

$$m_{12}(x_1, x_2) = \begin{cases} \alpha, & \text{если } x_1 = x_2 = \alpha, \\ 1, & \text{если } x_1 = 1, x_2 \in [0, 2], \\ 0 - & \text{в остальных случаях;} \end{cases}$$

$$m_{21}(x_1, x_2) = \begin{cases} \alpha, & \text{если } x_1 = x_2 = \alpha, \\ 2, & \text{если } x_1 = 2, x_2 \in [0, 1], \\ 0 - & \text{в остальных случаях;} \end{cases}$$

$$m_{120}(x_1, x_2, x_3) = \begin{cases} \alpha, & \text{если } x_1 = x_2 = x_3 = \alpha, \\ 2, & \text{если } x_1 = 1, x_2 = 2, x_3 \in [0, 1, 2], \\ 0 - & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Теорема 8. Система функций $\mathfrak{M}_{11}$ полна в классе σ_3 .

Пусть задана система функций класса σ_3 :

$$\mathfrak{M}_{12} = [\max(x_1, x_2), \min(x_1, x_2), m_{12}(x_1, x_2), m_{21}(x_1, x_2), m_{120}(x_1, x_2, x_3)].$$

Теорема 9. Система функций $\mathfrak{M}_{12}$ есть базис в классе σ_3 .

В §3.2 рассмотрены вопросы представления функций формулами и пути их минимизации.

Отправной точкой в вопросе представления функций k -значной логики нормальными формами является следующая теорема, доказанная в §2.1.

Из этой теоремы следует, что любую функцию $f(x) \in P_k$ можно представить в виде

$$f(x) = \bigvee_{(\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n)} J_{\delta_1}(x_1), \dots, J_{\delta_n}(x_n) f(\delta_1, \dots, \delta_n).$$

Такое представление по аналогии с булевой алгеброй называется совершенной дизъюнктивной нормальной формой (с.д.н.ф.) функции $f(x)$. Основные понятия и схема минимизации в булевой алгебре обобщаются на k -значный случай.

Рассматривается процедура направленного перебора, связанного со сведением задачи минимизации к задаче расшифровки монотонной булевой функции.

Введем в рассмотрение множество $E_n^{k,t}$ – совокупность всех наборов из E_n^k , у которых t первых координат принимают значения из $[1, 2, \dots, k-1]$.

Теорема 10. Дизъюнкция $\mathfrak{M} = \bigvee_{j=1}^m H_j^i$ поглощает э. к. H^i тогда и только тогда, когда $\bigvee_{j=1}^m G_j(\tilde{x}) = i$ для любого $\tilde{x} \in E_n^{k,t}$, то есть $\bigcup_{j=1}^n N_{G_j} = E_n^{k,t}$

В § 3.2 также предлагается способ кодирования интервалов, соответствующих элементарным конъюнкциям k -значных функций по Нурлыбаеву.

Каждое множество $M_i (i = \overline{1, n})$ определенным способом кодируется восьмеричным числом. Вводятся операции склеивания, поглощения, обобщенного склеивания и критерий поглощения одного интервала суммой других интервалов. Использование предложенного способа кодирования позволяет значительно облегчить процесс минимизации функций на ЭВМ.

В § 3.3 формулируется задача о простейшем продолжении частичных функций $f(x)$:

$$f(\tilde{x}) = \begin{cases} 1, & \text{если } \tilde{x} \in A, \\ 2, & \text{если } \tilde{x} \in B, \\ 0, & \text{если } \tilde{x} \in T; \end{cases}$$

здесь $A, B, T \subseteq S^n$, $(A \cup B)T = \emptyset$ и $A \cap B \neq \emptyset$ (вообще говоря, $S^n \setminus (A \cup B \cup T) \neq \emptyset$).

Понятия, касающиеся всюду определенных функций, легко обобщаются для частично определенных монотонных функций. Вообще говоря, для $f(x)$ существуют различные доопределения в классе монотонных функций, не эквивалентные между собой. Задача заключается в нахождении минимальной к.н.ф., реализующей не всюду определенную функцию $f(x)$, т.е. в построении всюду определенной монотонной функции $g(x)$ для которой $A \subseteq \{\tilde{x} : g(x) = 1\}$, $B \subseteq \{\tilde{x} : g(\tilde{x}) = 2\}$ и $T \subseteq \{\tilde{x} : g(\tilde{x}) = 0\}$

Пусть $\mathfrak{M} = \bigvee_{i=1}^r \mathfrak{Z}_i$ – сокращенная н. к. ф., реализующая функцию $f_M(\tilde{x})$. Заметим, что $\mathfrak{M}$ однозначно определяется заданием множеств A и L_{1M} .

Теорема 11. Минимальная н. к. ф. $\Pi_{\min}$, соответствующая простейшему делителю N_{f_M} множеств A и L_{1M} , может быть получена из сокращенной н. к. ф. $\mathfrak{M}$ для f_M путем удаления некоторых э. к. $\mathfrak{Z}$.

Будем предполагать, что область Y значений дизъюнкций Π и $\left(\bigvee_{j=1}^s \mathfrak{Z}'_j\right) \vee \mathfrak{Z}_0$ есть либо $[0,1]$, либо $[0,2]$. Пусть для определенности $Y = [0,1]$.

Теорема 12. Условие $\left(\Pi' \wedge \mathfrak{Z}_0 \rightarrow \bigvee_{j=1}^s \mathfrak{Z}_j\right) \equiv 1$ имеет место тогда и только тогда, когда

$$\left(\Pi' \rightarrow \bigvee_{j=1}^s \mathfrak{Z}_j\right) \equiv 1 \quad (4)$$

$$\left(\mathfrak{Z}_0 \rightarrow \bigvee_{j=1}^s W_j \right) \equiv 1 \quad (5)$$

где $\mathfrak{Z}_j$ и W_j – э.к. такие, что $\mathfrak{Z}'_j = \mathfrak{Z}_j \wedge W_j$, $j = \overline{1, s}$.

Глава IV «Вычислительные методы минимизации многозначных корректирующих функций» посвящена реализации алгоритма построения корректора, где рассматриваются особенности алгоритма построения тупиковых н.к.ф. не всюду определенных функций. Изложены вычислительные методы минимизации многозначных функций k -значной логики на основе построения простых формул для целочисленных конечнозначных функций. Предложен метод синтеза минимальных покрытий многозначных функций на основе представления каждой э.к. парами десятичных чисел и формирования массива э. в десятичном представлении.

В §4.1 описывается метод построения всех тупиковых продолжений функции $f(x)$. Решается задача минимизации не всюду определенных монотонных квазибулевских функций.

Представление функции $f(x)$ в виде $f(x) = f_{\gamma_1} \cup f_{\gamma_2} \cup \dots \cup f_{\gamma_m}$, где

$$f_{\gamma_i}(x) = \begin{cases} \gamma_i, & \text{если } x \in N_{j_{\gamma_i}}, \\ 0, & \text{противном случае} \end{cases}, \quad N_{j_{\gamma_i}} = \left\{ \alpha / (\alpha \in E_k^n) \cap (f(\alpha) = \gamma_i) \right\}, i = \overline{1, m}, m \leq k-1$$

называется квазибулевым представлением k -значной функции.

Для представления квазибулевских функций $f_\gamma(x)$ используется следующее выражение э.к.

$$K = \min \{ J_{M_1}(x_1), \dots, J_{M_n}(x_n), \gamma \},$$

где $M_i \subseteq E_k = \{0, 1, \dots, k-1\}$, $\gamma \in E_f \subseteq \{1, 2, \dots, k-1\}$, $i = \overline{1, n}$.

Теорема 13. Для того чтобы дизъюнкция $D = K_1 \vee K_2 \vee \dots \vee K_m$ поглощала э.к. K , не ортогональную ни одной из элементарных конъюнкций из D , необходимо и достаточно, чтобы каждую конъюнкцию K_i можно было представить в форме $K_i = C_i \cdot D_i$ с соблюдением следующих условий:

1. $\bigcup_{i=1}^m N_{D_i} = E_n^k$;
2. $N_K \subseteq N_{\tilde{D}}$, $\tilde{D} = \bigwedge_{i=1}^m C_i$.

В этом параграфе построение минимальной к.н.ф. логической функции осуществляется в два этапа. Первый заключается в построении сокращенной д.н.ф. при помощи операций поглощения и (обобщенного) склеивания. На втором этапе удалением некоторых э.к., поглощаемых суммой остальных, сокращенная к.н.ф. упрощается до минимальной.

В §4.2 рассматриваются особенности алгоритма построения тупиковых н. к. ф. не всюду определенных функций.

Для простоты изложения рассмотрим конъюнкцию

$$H = m_{\alpha_1}(x_1)m_{\alpha_2}(x_2) \cdot \dots \cdot m_{\alpha_l}(x_l)$$

Кортеж $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, $\alpha_{l+1} = \alpha_{l+2} = \dots = \alpha_n = 0$, будем называть кодом конъюнкции H . Номером набора $\tilde{\gamma} = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n) \in S^n$ назовем число A такой, что $A = \gamma_1 3^{n-1} + \gamma_2 3^{n-2} + \dots + \gamma_n 3^0$.

Будем говорить, что пара (A, B) номеров A, B , соответствующих наборам $\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, $\tilde{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) \in S^n$, реализует код $(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_l, 0, \dots, 0)$ конъюнкции $H = m_{\gamma_1}(x_1)m_{\gamma_2}(x_2) \cdot \dots \cdot m_{\gamma_l}(x_l)$, если для всех $\gamma_i = 3$ имеем $\alpha_i + \beta_i = 3$ и для всех $\gamma_i \neq 3$ имеет место $\alpha_i = \beta_i = \gamma_i$, $i \in [1, 2, \dots, l]$, $l \leq n$. В этом случае будем считать, что интервал, соответствующий конъюнкции H , натянут на наборы $\tilde{\alpha}$ и $\tilde{\beta}$.

Пусть $\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) \in U_i$, $\tilde{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) \in U_j$, $j < i$, $i, j \in [0, 1, \dots, n]$, $U_i, U_j \in S^n$, A – номер набора $\tilde{\alpha}$ и B – номер набора $\tilde{\beta}$.

Теорема 14. если $A > B$, то наборы $\tilde{\alpha}$ и $\tilde{\beta}$ не сравнимы.

Теорема 15. Наборы $\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) \in U_i$ и $\tilde{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n) \in U_j$, где $j > i$, $i, j \in [1, 2, \dots, n]$, $U_i, U_j \subset S^n$, не сравнимы, если $\alpha_l + \beta_l = 3$ или $\alpha_l \neq 0$ и $\beta_l = 0$, $l \in [1, 2, \dots, n]$.

Теорема 16. Пусть квази l – мерный интервал $N_H \subseteq U_i \subseteq S^n$ ($N_H \subseteq U_i \subseteq S^n$), $i \in [1, 2, \dots, n]$, конъюнкции $H(H')$ натянут на наборы $\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, $\tilde{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$, $(\tilde{\alpha}' = (\alpha'_1, \alpha'_2, \dots, \alpha'_n)$, $\tilde{\beta}' = (\beta'_1, \beta'_2, \dots, \beta'_n))$.

$A, B(A', B')$ – номера наборов $\tilde{\alpha}, \tilde{\beta}(\tilde{\alpha}', \tilde{\beta}')$ соответственно. Если $|A - B| = |A' - B'|$ и наборы $\tilde{\alpha}', \tilde{\beta}'$ отличаются от наборов $\tilde{\alpha}, \tilde{\beta}$ соответственно на одном разряде, то $N_H \cup N_{H'}$ образуют квази $(l+1)$ – мерный интервал конъюнкции $H \vee H'$, причем (A, B') будет соответствовать конъюнкции $H \vee H'$ интервала $N_H \cup N_{H'}$.

Теорема 17. Интервал N_H конъюнкции H с кодом $\tilde{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ квазисравним с набором $\tilde{\alpha} = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$, если для всех $i \in [1, 2, \dots, n]$, таких что $\alpha_i \neq 0$, $\alpha_i + \beta_i \neq 3$.

В § 4.3 даются логические методы построения оптимальных корректирующих функций. Определяется понятие теста и связь с системой булевых уравнений.

Пусть $E_\rho = \{0, 1, \dots, \rho-1\}$, $T_1^*, T_2^*, \dots, T_\omega^*$ - прямоугольные таблицы с элементами из E_ρ . Пусть $T = \{x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_t}\}$ - некоторый тестер. Рассмотрим $S_i = k_i$. Так как T - тестер, то существует признак $x_i \in T$ такой, что $\alpha_{ii} = \alpha_{ji}$. Обозначим через множество всех признаков, на которых объекты S_i и S_j из классов k_ρ и k_l соответственно различаются. Очевидно, что T есть результат выбора признаков из всех множеств $T_{ij}^{l\rho}$, где $i = \overline{1, m_\rho}$.

Для формирования тестеров используем аппарат решения систем логических уравнений. Будем полагать, что $x_1, x_2, \dots, x_n$ являются булевыми переменными.

Пусть $T_{ij}^{l\rho} = \{x_{j_1}, x_{j_2}, \dots, x_{j_q}\}$, $(q \leq t)$. Как и в случае тестов, запишем множество $T_{ij}^{l\rho}$ в виде логического уравнения

где $g_{ijl\rho}(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1$, $g_{ijl\rho}(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_{j_1} \vee x_{j_2} \vee \dots \vee x_{j_q}$.

Пусть L - система логических уравнений $g_{ijl\rho}(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1$ где

$$i = \overline{1, m_l}, j = \overline{1, m_\rho}, l, \rho = \overline{1, \omega}, i \neq j, \rho \neq 1.$$

Аналогично тестам система L приводится к виду

$$\bigvee_{i=1}^q \tilde{g}(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1 \quad (6)$$

Пусть уравнение (11) представляется в виде

$$\bigvee_{t=1}^q (x_{i_1} \vee x_{i_2} \vee \dots \vee x_{i_{k_j}}) = 1, \quad (7)$$

где $x_{ij} \in (x_1, x_2, \dots, x_n)$. Тогда имеет место следующая.

Теорема 18. Совокупности $L_j = \{x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_{k_j}}\}$, $j = \overline{1, q}$ образуют тупиковые тестеры эталонной таблицы, причем их число равно числу слагаемых $i = \overline{1, p}$ в уравнении (11).

Глава V “Реализации алгоритма построения корректора” посвящена реализации алгоритма построения корректора, где рассматриваются особенности алгоритма построения тупиковых н.к.ф. не всюду определенных функций и дается описание программы построения оптимального корректора для произвольного k .

В §5.1. дается описание программы построения оптимального корректора для $k=3$. Рассмотрена программа реализации на ЭВМ алгоритма построения тупиковых н. к. ф. не всюду определенной функции $f(\tilde{x})$ класса σ_3 . Описание алгоритма и программы даются в следующем порядке. Сначала

описываются процедуры, составляющие программу, затем – алгоритм с использованием уже описанных процедур.

В §5.2. дается описание программы построения оптимального корректора для произвольного k .

Программа строит всюду определенную оптимальную монотонную корректирующую функцию некорректных алгоритмов по контрольному материалу.

Постановка задачи. Пусть контрольный материал состоит из объектов $S \in \{S_1, S_2, \dots, S_q\}$, которые разбиты на t классов, и для каждого объекта S_i вычислено свойство $P(S_i) = \alpha_i$, $i = \overline{1, q}$.

Результаты работы алгоритмов $A_1, A_2, \dots, A_n$, которые вычисляют значение P для объектов, заданы в таблице 2. В этой таблице

Таблица 2.

Вычисление суммы предикатных объектов

	A_1	A_2	$\dots$	A_n	P
S_1	α_{11}	α_{12}	$\dots$	α_{1n}	α_1
S_2	α_{21}	α_{22}	$\dots$	α_{2n}	α_2
$\vdots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\vdots$
S_q	α_{q1}	α_{q2}	$\dots$	α_{qn}	α_q

$\alpha_{ij} \in [0, 1, \dots, k-1]$, $\alpha_i \in [1, 2, \dots, k-1]$, $i = \overline{1, q}$, $j = \overline{1, n}$. Требуется построить всюду определенную монотонную оптимальную по линейному функционалу качества

$$n_f = \sum_{i=1}^{t^0} \sum_{j=k_{i-1}+1}^{k_i} \varphi(\tilde{\alpha})_i, \quad f(\tilde{\alpha}_i) \text{ функцию } F \in P_k^n$$

В § 5.3 дается описание программы алгоритма инвариантного продолжения.

По заданному множеству вершин, разбитому на классы, программа строит инвариантное продолжение для каждого класса. В ее теле функционирует восемь процедур. Схема из взаимодействия (блок-схема алгоритма) приведена на рисунке 1.

Процедура *SPR* расширяет заданную вершину до интервала размерности $(n-1)$. Процедура *PF(P)* служит для нахождения пересечения интервалов. Процедура *PNV* служит для поиска таких вершин, которые пересекаются с полученным интервалом размерности $(n-1)$. Процедура *SVR* по заданному интервалу производит синтез вершин, входящих в этот интервал. Процедура *FIN* формирует рабочие наборы индексов. Процедуры *PECH1* ($A1, A2, PM$), *PECH2* ($A1, A2, PM$), *PECH3* ($A1, A2, PM$) служат для распечатки одно-, двух- и трехмерного массивов соответственно, где $A1, A2$ – граничные значения индексов, PM – печатаемый массив.

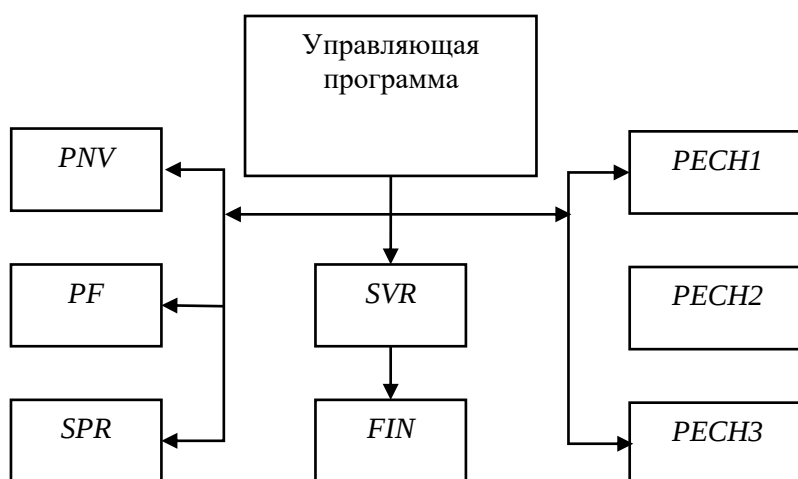


Рис 1. Программа синтеза инвариантного множества

В §5.4. дается описание программы построения кратчайшей н. к. ф k -значной функции. По заданной таблице интервалов, сокращенной или слабо-сокращенной н. к. ф. k -значной функции программа строит кратчайшую н. к. ф. В ней используется две процедуры: процедура *POKR*($F1, F2, F3$) предназначена для проверки на покрытие, где $F1$ – номер интервала, который проверяется на покрытие, $F2$ – количество интервалов, с которыми проверяется $F1$ – й интервал, $F3$ – массив номеров $F2$ интервалов; процедура *PF(P)* служит для нахождения пересечения интервалов, где P – признак, по которому определяется их пересечение.

В Приложении А «**Корректоры системы поддержки принятия диагностических решений**» на основе системного анализа методов и алгоритмов осуществления медицинской диагностики исследован процесс принятия диагностических решений и по результатам исследований создан корректор системы принятия диагностических решений инфаркта миокарда и головной боли.

Исходя из этого, предлагаем метод оптимизации и управления процесса принятия диагностических решений, основанных на решении двух этапной квазиоптимизационной задачи.

Внутренняя квазиоптимизационная задача решается как оптимизационная задача при фиксированных значениях t :

$$P_i(\alpha) = |P_i(t, \alpha) - P_i^*| \rightarrow \min$$

$$\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}, \quad 0 \leq \alpha_i \leq 1$$

Сущность данной задачи заключается в том, чтобы выбрать такой состав компетентных экспертов, при этом должна $P_i(\alpha) \rightarrow \min$. Данный процесс является многошаговым, в каждом шаге для определения значения $P_i(t, \alpha)$ используется матрично-вероятностная модель. P_i^* - значение требуемой вероятности.

На втором этапе при фиксированных значениях $\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}$ решается следующая квазиоптимизационная задача:

$$P_i(t) = |P_i(t, \alpha) - P_i^*| \rightarrow \min$$

$$\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}, \quad t_0 \leq t \leq t_k$$

Эта задача последовательно решается в дискретных моментах времени. При этом вносятся соответствующие изменения в лечебный процесс. Таким образом осуществляется управление лечебным процессом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

разработаны логические методы и алгоритмы проверки полноты классов функций k -значной логики;

построены методы и алгоритмы минимизации функций k -значной логики в классе канонических нормальных форм;

разработана методика построения оптимальных корректоров эвристических алгоритмов на основе контрольных материалов;

разработаны логические методы и алгоритмы построения оптимальных корректоров эвристических алгоритмов на основе различных ограничений и контрольных материалов;

доказана теорема о количестве монотонных функций k -значной логики;

доказано теоремы о минимальной базиси специальных классов функций k -значной логики корректирующие набора некорректных алгоритмов;

доказано теорема о независимости принципа инвариантности множества от кодирования при продолжении не полностью определенной дискретной монотонной функции;

разработана алгоритмической системы и программного комплекса для оптимальной корректировки эвристических алгоритмов функциями k -значной логики при решении вопроса повышения точности эвристических методов с помощью корректирующих алгоритмов для поддержки принятия коллегиального диагностического и управленческого решения;

предложенные методы минимизации k -значных функций в классе простых канонических форм, алгоритмы и оценка сложности расшифровки монотонности функции k -значной логики были внедрены в научном проекте "Разработка принципов алгоритмизации в теории управляющих систем" БВ-М-Ф4-004 в научно-инновационном центре информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада Ал-Хорезми (акт, 18.12.2020) (Справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 16 июля 2021 года № 33-8/5163).

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING OF THE SCIENTIFIC DEGREES
DSc.03/30.12.2019.FM.01.02 AT NATIONAL UNIVERSITY OF
UZBEKISTAN**

SAMARKAND STATE UNIVERSITY

URUNBAEV ERKIN

**METHODS FOR THE SYNTHESIS OF OPTIMAL
CORRECTORS OF HEURISTIC ALGORITHMS BASED ON
FUNCTIONS OF K-VALUED LOGIC**

**01.01.03 – Computational mathematics and discrete mathematics
(Physical and mathematical sciences)**

**ABSTRACT OF THE DOCTORAL (DSc)
DISSERTATION OF PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES**

TASHKENT – 2021

The theme of doctoral (DSc) dissertation was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number № B2019.4.DSc/FM148.

Dissertation has been prepared at the Samarkand state university.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) on the website <http://fti-kengash.uz/> and on the website of "ZiyoNet" Information and educational portal <http://www.ziyo.net/uz/>.

Scientific adviser:

Kabulov Anyar Vasilovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Kasymov Nadimullo Xabibullaevich
doctor of physical and mathematical sciences,
professor

Hayotov Abdullo Rakhmonovich
doctor of physical and mathematical science
professor

Allakov Ismail
doctor of physical and mathematical sciences,
professor

Leading organization:

Turin Polytechnic university in Tashkent

Defense will take place on « 4 » December 2021 at 14⁰⁰ at the meeting of Scientific council number DSc.03/30.12.2019.FM.01.02 at the National University of Uzbekistan (Address: 100174, Uzbekistan, Tashkent city, Almazar area, University str. 4, Ph.: (99871) 227-12-24, fax: (99871) 246-53-21, 246-02-24, e-mail: nauka@nuu.uz).

The dissertation is possible to review in Information-resource centre at the National University of Uzbekistan (registered № 104) (Address: 100174, Uzbekistan, Tashkent city, Almazar area, University str., 4. Ph.: (99871) 246-02-24).

Abstract of dissertation sent out on « 18 » November 2021.
(mailing report № 11 on « 3 » November 2021).



A.R.Marakhimov

Chairman of Scientific Council
on award of scientific degrees,
D.T.S., professor

Z.R.Rakhmonov

Scientific Secretary of Scientific Council
on award of scientific degrees,
D.F.M.S.

R.D.Aloev

Deputy Chairman of Scientific Seminar under
Scientific Council on award of scientific degrees,
D.F.M.S., professor

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

The aim of the study is to develop optimal correctors by functions of k-valued logic when solving the issue of increasing the accuracy of heuristic methods.

The research objectives are heuristic algorithms based on methods of forecasting, recognition, classification, searching for the absolute extremum of functions of many variables and constructing their optimal correcting function.

The scientific novelty of the research is as follows:

theorems on the completeness of classes of functions of k-valued logic are proved, which correct sets of incorrect algorithms. Based on the results of the theorems, logical methods and algorithms for checking completeness were developed to correct the results of heuristic algorithms;

methods and algorithms for minimizing functions of k-valued logic are constructed, correcting sets of incorrect algorithms in the class of canonical normal forms to correct the results of heuristic algorithms;

a method for constructing optimal correctors for heuristic algorithms based on control materials has been developed;

logical methods and algorithms for constructing optimal correctors of heuristic algorithms based on various constraints and control materials have been developed;

a theorem on the number of monotone functions of k-valued logic in the Shannon formulation is proved for solving the problem of decoding and constructing optimal correctors for heuristic algorithms in the class of canonical normal forms;

theorems on minimal bases of special classes of functions of k-valued logic are proved, correcting sets of incorrect algorithms for their minimal representation by formulas in the class of canonical normal forms;

the principle of invariance of the continuations of incompletely defined discrete monotone functions from the adopted encoding is proved, as a result of which a set is constructed where the optimal correction of the results of heuristic algorithms is provided;

an algorithmic system and a software package have been developed for optimal correction of heuristic algorithms by functions of k-valued logic when solving the issue of increasing the accuracy of heuristic methods using corrective algorithms to support the adoption of collegial diagnostic and management decisions.

Implementation of research results. The results obtained in the dissertation were implemented in the following practical directions:

Application of the developed method for adjusting heuristic control algorithms in the hydrotechnical cycle of the water management of the Nukus region made it possible to obtain correct models of the hydrotechnical technological process, solve identification problems, solve optimization problems of water management and, on the basis of this, determine the bottlenecks of the hydrotechnical cycle subject to modernization in the future (Reference 01 / 01-3-

151 of April 15, 2021 of the Ministry of Water Resources of the Republic of Karakalpakstan). The application of scientific results has made it possible to increase production efficiency by 15%;

the proposed correctors of control and automated control systems make it possible to optimize and stabilize technological modes, increase the reliability of the systems functioning, and, consequently, improve the quality and increase the output of products, reduce the consumption of raw materials and energy resources, improve the working conditions of personnel by 12% (Reference 01 / 18- 846 of April 16, 2021, the State Committee of the Republic of Karakalpakstan on Ecology and Environmental Protection);

The developed algorithmic system and software package for optimal correction of heuristic algorithms by functions of k-valued logic when solving the issue of increasing the accuracy of heuristic methods using correcting algorithms to support the adoption of collegial diagnostic and managerial decisions was implemented in the Nukus Healthcare Association. (Reference 01/2345 of April 14, 2021 of the Ministry of Health of the Republic of Karakalpakstan). The use of scientific results in the treatment process made it possible to increase the efficiency and accuracy of diagnostics by 15%;

the proposed methods for minimizing k-valued functions in the class of normal canonical forms, algorithms and an estimate of the complexity of decoding the monotonicity of a k-valued logic function were introduced in the scientific project "Development of algorithmic principles in the theory of control systems" BV-M-F4-004 in the research and innovation center Information and Communication Technologies at the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad Al-Khorezmi (act, 12/18/2020) (Reference of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan dated July 16, 2021, No. 33-8 / 5163). The results were used in the development of software that implements the developed algorithms for solving individual classes of specific optimal and extreme problems in the automation system of technological processes at various levels on the basis of functional tables.

Structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 173 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Кабулов А.В., Урунбаев Э., Каландаров И., Ашуров А.О. Методы синтеза оптимальных корректоров эвристических алгоритмов на основе функций значной логики// – Монография Т.: Издательство «Наврўз», 2020. – 276 с.
2. Кабулов А.В. Норматов И.Х., Урунбаев Э., Ашуров А.О. Алгоритмизация дискретных экстремальных задач в проектировании и управлении сложными системами// – Монография: – Ташкент: «Наврўз», 2019. – 108 с.
3. Kabulov A.V., E. Urunbaev, I. Normatov, A. Ashurov. Synthesis methods of optimal discrete corrective functions // Advances in Mathematics: Scientific Journal 9 (2020), no.9, -p. 6467–6482 (№ 3, Scopus, IF = 0.1).
4. Kabulov A., Normatov I., Urunbaev E., Ashurov A. About the problem of minimal tests searching // Advances in Mathematics: Scientific Journal, 2020, 9(12), -p. 10419–10430. (№ 3, Scopus, IF = 0.1).
5. Kabulov A.V., Urunbayev E., Ashurov A. Logic method of finding maximum joint subsystems of systems of Boolean equations // International Conference on Information Science and Communications Technologies ICISCT 2020 Applications, Trends and Opportunities. -p. 1-4. (№ 3, Scopus IF= 2.38).
6. Kabulov A.V., Urunboev E., Saymanov I. Object recognition method based on logical correcting functions // International Conference on Information Science and Communications Technologies ICISCT 2020 Applications, Trends and Opportunities. -p. 1-5. (№ 3, Scopus IF= 2.38).
7. Kabulov A.V., Urunboev E., Ashurov A. On functions correcting the sets of incorrect algorithms // International Conference on Information Science and Communications Technologies ICISCT 2020 Applications, Trends and Opportunities. -p. 1-5. (№ 3, Scopus IF= 2.38).
8. Kabulov A.V., Urunbaev E., Normatov I.H., Boltaev Sh. On reducing discrete extremal problems to the problem of decoding and finding the maximum upper limit of discrete monotone functions // Advances in Mathematics: Scientific Journal 10 (2021), no.4, 1937–1949 (№ 35, Scopus, IF = 0.1).
9. Kabulov A.V., Urunbaev E., Normatov I., Muhammadiev F. Invariant continuation of discrete multi-valued functions and their implementation // 2021 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS). -p. 1-6. (№ 3, Scopus IF= 2.38)
10. Урунбаев Э., Бозоров Б. Мантикий тенгламалар системасини ечишнинг тўпламлар устида амаллар бажаришга келтириш усули // Самарқанд давлат университети илмий ахборотномаси. №3, 2017. -с. 9-12. (01.00.00; №2)
11. Kabulov A.V., Urunbaev E., Normatov I.H., Ashurov A.O. Solution of

systems of logic equations in recognition tasks // Electronic journal of actual problems of modern science, education and training. december 2019-V ISSN 2181-9750. (01.00.00; №10).

12. Kabulov A.V., Urunbaev E., Normatov I.H., Ashurov A.O. About the problem of searching for sets of essential variable logic functions and tests of table // Electronic journal of actual problems of modern science, education and training. december 2019-V ISSN 2181-9750. (01.00.00; №10).

13. Урунбаев Э. Эффективный метод синтеза сокращенной дизъюнктивной нормальной формы Булевой функции // Научный вестник Самаркандского государственного университета. №3 (121), 2020. -с. 87-91. (01.00.00; №2)

14. Кабулов А.В., Урунбаев Э., Норматов И.Х., Ашуров А.О. Представление логических операций в десятичной системе исчисления // Научный вестник Самаркандского государственного университета. №5 (117), 2019. -с. 18-23. (01.00.00; №2)

15. Кабулов А.В., Урунбаев Э., Норматов И.Х., Ашуров А.О. Аналитический преобразования минимизаций логических функций // Фан ва жамият журнали. №4, 2020. -с. 14-19. (01.00.00; №15).

16. Урунбаев Э. К-значные функции, корректирующие эвристические Алгоритмы // Научный вестник Самаркандского государственного университета. №3 (133), 2021. -с. 18-23. (01.00.00; №2)

II бўлим (Часть II; Part II)

17. Kabulov A.V., Urunbayev E. Ashurov A. Logical method for constructing the optimal corrector of fuzzy heuristic algorithms // International Conference on Information Science and Communications Technologies ICISCT 2019 Applications, Trends and Opportunities. -p. 1-5.

18. Кабулов А.В., Урунбаев Э., Норматов И.Х. О задачах расшифровки и поиска максимального верхнего нуля дискретных монотонных функций // Научный вестник Самаркандского государственного университета. №1 (119), 2020. -с. 4-15. (01.00.00; №2)

19. Кабулов А.В., Урунбаев Э., Ашуров А.О. Задача синтеза оптимального корректора для эвристических алгоритмов // Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении, Республиканская конференция, Ташкент, 5-6 сентябрь 2020, -с. 47-53.

20. Кабулов А.В., Урунбаев Э., Ураков Ш. Логические методы принятия коллегиальных диагностических решений // Актуальные проблемы прикладной математики и информационных технологий, Международная конференция, Ташкент, 14-15 ноябрь, 2019, -с. 241.

21. Урунбаев Э., Бобоназаров А., Урунбаев Ж. Мантикий функциялар системасининг тўлиқлигини текшириш жараёни учун интерактив дастурий таъминот. Научный вестник Самаркандского государственного университета. №1 (95), 2016. -с. 55-61.

22. Кабулов А.В., Урунбаев Э., Болтаев Ш.Т., Бердимуродов М.А.

Программа представления в аналитической форме Полинома Жегалкина произвольной булевой функции. Сертификат № ЕС-01-002949, 15.09.2020.

23. Кабулов А.В., Урунбаев Э., Болтаев Ш.Т., Бердимуродов М.А.

Программа для аналитического выражения идеальной дизъюнктивной (конъюнктивной) нормальной формы произвольной булевой функции в информационной безопасности. Сертификат № ЕС-01-002948, 15.09.2020.

24. Урунбаев Э., Бобоназаров А. Интерактив дастурий таъминот таркибий қисмлари ва уларнинг тавсифи. Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот-коммуникация технологияларини қўллашнинг ҳозирги замон масалалари республика илмий-техник анжумани дастури, Нукус-2015, 104 б.

25. Урунбаев Э., Бобоназаров А. Мантикий функциялар системасининг тўлиқлигини текшириш жараёни учун интерактив дастурий таъминот сценариясини “узлуксиз таълим сифати ва самарадорлигини оширишнинг назарий-услубий муаммолари” мавзусидаги илмий конференция. Самарқанд-2015, 136 б.

26. Урунбаев Э. Матнли масаладаги мулоҳазаларни мантиқ амаллари орқали ифодалаш ва уни ечиш. Олий таълим сифат ва самарадорлигини оширишнинг назарий-услубий муаммолари. Республика илмий конференция материаллари.-Самарқанд - 2017, 158-159 б.

27. Урунбаев Э., Рабимов И. Мантикий функциялар системасини тўлиқлигини текшириш жараёни учун интерактив дастурий таъминот яратиш. Дастурий таъминот учун гувоҳнома DGU 2017 0677, 18.10.2017 йил.

