

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

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

ПРИМОВА ХОЛИДА АНОРБОЕВНА

**СУСТ ШАКЛЛАНГАН ЖАРАЁНЛАРНИ НОРАВШАН
МОДЕЛЛАРИНИ ҚУРИШНИНГ НОКОРРЕКТ МАСАЛАЛАРИНИ
ЕЧИШ УСУЛ ВА АЛГОРИТМЛАРИ**

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

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

Тошкент – 2018

Докторлик (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации

Contents of the abstract Doctoral (DSc) Dissertation

Примова Холида Анорбоевна

Суст шакланган жараёнларни норавшан моделларини куришнинг
нокоррект масалаларини ечиш усул ва алгоритмлари 3

Примова Холида Анорбоевна

Метод и алгоритмы решения некорректных задач построения нечетких
моделей слабоформализуемых процессов. 25

Primova Holida Anorboyevna

Method and algorithms for solving incorrect problems of constructing fuzzy
models of poorly formalized processes.. . . . 47

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works 51

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

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

ПРИМОВА ХОЛИДА АНОРБОЕВНА

**СУСТ ШАКЛЛАНГАН ЖАРАЁНЛАРНИ НОРАВШАН
МОДЕЛЛАРИНИ ҚУРИШНИНГ НОКОРРЕКТ МАСАЛАЛАРИНИ
ЕЧИШ УСУЛ ВА АЛГОРИТМЛАРИ**

05.01.03 – Информатиканинг назарий асослари

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

Тошкент – 2018

Техника фанлари бўйича фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.2.DSc/T120 рақам билан рўйхатга олинган.

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

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

Илмий маслаҳатчи:	Мухамедиева Дилноз Тулкуновна техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Гулямов Шухрат Манапович техника фанлари доктори, профессор Усманов Ришат Ниязбекович техника фанлари доктори, профессор Нурмухамедов Толаниддин Рамзиддинович техника фанлари доктори
Етакчи ташкилот:	Ўзбекистон Миллий Университети

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.07.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2018 йил « ___ » _____ соат ___ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-64-43, факс: (99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (___ рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2018 йил « ___ » _____ куни тарқатилди.
(2018 йил « ___ » _____ даги ___ рақамли реестр баённомаси.)

Р.Х.Хамдамов

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

Ф.М.Нуралиев

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д.

Н.Равшанов

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

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда маълумотларнинг интеллектуал таҳлилига оид муаммоларни ҳал қилиш учун интеллектуал ҳисоблаш технологияларини такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. «Норавшан тўпламлар ва норавшан мантиқ назариялари инсонларни мавжуд ахборотларни қайта ишлашига ва бундай ахборотларнинг ноаниқ ҳамда тўлиқ бўлмаган шароитларда қарор қабул қилиш механизмига эга бўлишига замин яратади»¹. Шу сабабли ҳозирги вақтда норавшан мантиқий баҳолаш орқали сунъий интеллект тизимларини такомиллаштириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. АҚШ, Англия, Япония, Германия, Италия, Франция, Канада, Россия, Украина, Озарбайжон ва бошқа давлатларда юмшоқ ҳисоблаш усуллари (Soft Calculation, Soft Computing), жумладан норавшан тўпламлар, норавшан мантиқ ва норавшан арифметика назариясига асосланган усуллар, норавшан қоида хулоса тизимлари ва Z-сонлардан кенг фойдаланилиб, Computational Intelligence - интеллектуал ҳисоблаш технологияларини такомиллаштириш ва сушт тузилмали қарор қабул қилишга кўмаклашувчи тизимларни жорий этишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Жаҳонда сунъий интеллект тизимларни такомиллаштириш, сушт шаклланган жараёнларда қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи тизимларини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан интеллектуал тизимларни қуриш, юмшоқ ҳисоблаш усул ва воситаларини такомиллаштириш, эволюцион ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқиш, яхши шаклланмаган тизимларда баҳолаш, башорат қилиш ва бошқариш бўйича маълумотларни қайта ишлаш ҳамда норавшан модел қуриш жараёнида вужудга келувчи норавшан кўп мезонли муқобиллаштириш масалаларини ечиш учун алгоритмлар ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Республикамизда халқ хўжалиги соҳаларида ижтимоий-иқтисодий ривожланишни амалга ошириш мақсадида интеллектуал ҳисоблаш технологияларини тадбиқ этишга эътибор қаратилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан норавшан қоидалар хулосаларидан ва норавшан тўпламлар назариясидан фойдаланган ҳолда бошқарув, ташхис қўйиш, ишлаб чиқариш жараёнини баҳолаш масалаларини ечиш орқали сезиларли натижаларга эришилиб, норавшан ахборотни қайта ишлаш асосида яхши шаклланмаган тизимларни баҳолаш ва қарор қабул қилишнинг юқори самарали интеллектуал тизимларини ишлаб чиқиш йўлга қўйилди. Бу борада дастлабки маълумотлари норавшан берилган шароитларда сушт шаклланган жараёнлар ҳолатини таҳлил қилиш ҳамда қарор қабул қилишнинг интеллектуал тизимларини қуриш усуллари такомиллаштириш муҳим аҳамият тақозо этмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини

¹ <http://www.mathworks.com/support/books/index.jsp?category=9>, <http://www-bisc.cs.berkeley.edu/>, <http://www.abo.fi/rfuller/ifsa.html>

янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...корхоналарнинг рентабеллик даражасини ошириш ва молиявий соғломлаштириш, иқтисодиёт, ижтимоий соҳа, бошқарув тизимида ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»² вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан сушт шаклланган жараёнларнинг норавшан мантикий моделларини куриш ва модел куриш жараёнида юзага келган нокоррект масалаларни ечиш муҳим масалалардан бўлиб ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 18 апрелдаги ПФ-5016-сон «Ўзбекистон Республикаси Хусусийлаштирилган корхоналарга кўмаклашиш ва рақобатни ривожлантириш давлат қўмитасини ташкил этиш тўғрисида»ги Фармони, 2013 йил 27 июндаги ПҚ-1989-сон «Ўзбекистон Республикаси Миллий ахборот-коммуникация тизимини янада ривожлантириш тўғрисида»ги Қарори ва Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йил 1 февралдаги 24-сон «Жойларда компьютерлаштириш ва ахборот-коммуникацион технологияларини бундан кейинги ривожлантиришга шароитлар яратиш учун чора-тадбирлар тўғрисида»ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи³.

Норавшан тўпламлар назарияси, юмшоқ ҳисоблашлар, ноаниқлик шароитида қарор қабул қилиш усуллари, яхши шаклланмаган жараёнлар ҳолатини моделлаштиришга йўналтирилган илмий тадқиқотлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари, жумладан: University of California, Department of Electrical and Computer Engineering University of Texas (АҚШ), Darmstadt University of Applied Sciences (Германия), Attar Software Ltd (Буюк Британия), SIPINA, University of Lyon (Франция), University Institute of Applied Sciences, Izmir University (Туркия), Azerbaijan State Oil Academy, Department of EECS, Department of Business Administration (Озарбайжон), Tokyo Institute of Technology (Япония), Москва Давлат Университети, Амалий математика институти, Томск Давлат Университети (Россия), Ўзбекистон Миллий университети, Тошкент ахборот технологиялари университети, Ахборот–коммуникация технологиялари илмий-инновацион марказида (Ўзбекистон) кенг қамровли илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони

³ Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи <https://people.eecs.berkeley.edu/~zadeh/papers>, ICAFS – 2012, http://ci2s-enterprise.com.ar/2016/02/09/icafs-2016_, International Conference on Soft Computing with Words and Perceptions in System 2013-2016 ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

Норавшан тўпламлар назарияси ҳамда улар устида амаллар бажариш, сушт шаклланган объект ва жараёнларни моделлаштириш, интеллектуал тизимларни куриш, юмшоқ ҳисоблашнинг усул ва воситаларини ишлаб чиқиш, синфлаштириш, баҳолаш ва башоратлаш моделларини яратиш алгоритмларини такомиллаштиришга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан қуйидаги илмий натижалар олинган: башоратлаш моделларини куришда норавшан қоида хулосасига асосланган билимлар базасини шакллантириш усули ишлаб чиқилган (Institute of Applied Sciences, Туркия); норавшан модел параметрларини нейрон тўрлари ёрдамида созлаш усули қўлланилган (IDIS, Information Discovery, АҚШ); Z-сонлар билан ҳисоблашлар назарияси яратилган (University of California, АҚШ); норавшан ахборот муҳитида кўп мезонли муқобиллаштириш масаласини ечиш усули такомиллаштирилган (SIPINA, University of Lyon, Франция); нейрон тўрлар ва норавшан мантиққа асосланган башоратлаш масаласини ечиш усуллари яратилган (Tokyo Institute of Technology, Япония); Z-сонлар асосида қарор қабул қилишнинг кўп мезонли масалаларини ечиш усули ишлаб чиқилган (Azerbaijan State Oil Academy, Озарбайжон).

Дунёда норавшан тўпламлар назарияси, сонли ҳисоблашлардан сўзли ҳисоблашларга ўтиш ва табиий тилнинг маълумотларни қайта ишлаш, қарор қабул қилиш масалалари, Z-сонлар назарияси, юмшоқ ҳисоблашлар технологияларининг компоненталари бўлган норавшан мантиқ, нейрон тўрлар ва эволюцион алгоритмларни бирлаштириш натижасида ишлаб чиқилган моделлар бўйича қатор, жумладан қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: норавшан тўпламлар назариясини сушт шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолашга тадбиқ этиш асосида қарор қабул қилувчи тизимларни ишлаб чиқиш, сунъий интеллектнинг назарий-амалий соҳаларига норавшан тўпламлар назариясини жалб этиш услубиятларини такомиллаштириш, Z-сонларни классик норавшан сонларга айланттириш, Z-ахборотларга асосланган қарорлар қабул қилувчи тизимларни ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Норавшан тўпламлар назарияси ҳамда улар устида амалларни бажариш, сушт тузилмали жараёнларни интеллектуал таҳлил қилиш, норавшан мантиқ, сонли ҳисоблашлардан лингвистик ҳисоблашларга ўтиш, норавшан тўпламлар назариясини яхши шаклланмаган тизимларни тадқиқ этиш масаласига қўллаш услубияти ва коррект бўлмаган масалалар тақрибий ечимини топиш бўйича бир қатор олимлар: Л.Заде, М.Сугено, А.П.Ротштейн, Э.Мамдани, Р.Беллман Р.А.Алиев, Р.Р.Ягер, В.Канг, А.В.Ализадеҳ, Д.Дюбуа, А.Прад, Д.А.Поспелов, А.Н.Борисов, Р.Р.Алиев, А.Н.Тихонов, В.Я.Арсенин ва бошқалар томонидан илмий тадқиқотлар олиб борилган.

Ривожланиб бораётган норавшан тўпламлар назарияси, норавшан-стохастик математик моделлаштириш ва унинг қўлланилиши ўзбек олимлари Т.Ф.Бекмуратов, Ф.Б.Абуталиев, Х.З.Игамбердиев, М.А.Рахматуллаев,

Н.А.Игнатъев, Р.Н.Усмонов, Д.Т.Мухамедиева ва бошқаларнинг илмий ишларида кўриб чиқилган.

Норавшан қоидалар хулосаларидан ва Z-сонлардан фойдаланган ҳолда сушт шаклланган жараёнларни баҳолаш масалаларини шакллантириш, кўп ҳолларда, уларни ноқоррект масалалар кўринишида ифодалашга олиб келади. Норавшан ҳолатда сушт шаклланган жараёнларни баҳолашда юзага келадиган ноқоррект масалаларни ечиш алгоритми ва дастурий таъминоти илмий тадқиқотларда етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий тадқиқот муассасасининг илмий тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университети хузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион марказининг илмий тадқиқот ишлари режасининг Ф4-ФА-Ф003 «Маълумотларнинг интеллектуал таҳлили масалалари учун қарор қабул қилишнинг нейро-норавшан моделларини синтез қилиш назарияси ва алгоритмлари» (2012-2016); А-5-006 «Мониторинг ҳамда қарор қабул қилишнинг гибрид интеллектуал тизимларини қуриш учун алгоритм ва дастурларни ишлаб чиқиш» (2015-2017); БВ-В-Ф4-011 «Ноаниқлик шароитларида маълумотларни интеллектуал таҳлилининг норавшан-ноқоррект масалаларини ечиш усул ва алгоритмлари» (2017-2020) мавзулардаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади сушт шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолаш моделларини қуришда ноқоррект масалаларни норавшан тўпламлар назарияси ва Z-сонлар асосида ечишнинг усул ва алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

сушт шаклланган жараёнларни баҳолашнинг норавшан моделларини қуришда юзага келган ноқоррект масалаларни ечиш усулларини норавшан тўпламлар назарияси асосида такомиллаштириш;

корректликнинг компакт ва компакт бўлмаган синфларини таҳлил қилиш, норавшан моделини қуриш жараёнида юзага келган ноқоррект масалаларни норавшан ечимини олиш усулини норавшан тўпламлар назарияси асосида такомиллаштириш;

сушт шаклланган жараёнларда норавшан қоида хулосаларига асосланган мантиқий моделларини қуриш алгоритмларини ишлаб чиқиш;

ноқоррект масалаларни ечимини олиш усулини Z-сонлар асосида такомиллаштириш;

сушт шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолашнинг норавшан мантиқий моделини қуриш ҳамда қарор қабул қилиш жараёнида шаклланган турғун бўлмаган масалаларни норавшан тўпламлар назарияси асосида ечиш алгоритмларини ишлаб чиқиш;

сушт шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолаш моделларини қуришда юзага келган ноқоррект масалаларни Z-сонлар асосида ечишнинг алгоритмларини ишлаб чиқиш;

суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолаш ва башоратлашнинг норавшан мантиқий моделини қуриш жараёнида шаклланган турғун бўлмаган масалаларни норавшан тўпламлар назарияси ва Z -сонлар асосида ечиш дастурини яратиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида норавшан мантиқий тенгламалар билан ифодаланувчи суст шаклланган жараёнлар қаралган.

Тадқиқотнинг предмети норавшан ахборотлар ҳолатида суст шаклланган жараёнларни математик моделлаштириш тамойиллари, нокоррект масалаларни ечиш усуллари, алгоритмлари ва дастурий воситаларидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида суст шаклланган жараёнларни моделлаштиришда тизимли ёндошувлар, “юмшоқ ҳисоблашлар” усуллари, норавшан мантиқ ва норавшан арифметика назариясига асосланган усуллар, норавшан қоида хулоса тизимларида Z -сонларни қўллаш тамойиллари, нокоррект масалаларни ечиш учун норавшан ёндошув, муқобиллаштиришнинг самарали усуллари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолашнинг норавшан моделини қуриш жараёнида юзага келган нокоррект масалаларни аниқлаш усули норавшан ҳолатда корректликнинг шартларини текшириш асосида такомиллаштирилган;

турли хил тегишлилик функциялари ёрдамида корректликнинг компакт ва компакт бўлмаган синфларини аниқлаш усуллари норавшан тўпламлар назарияси ва Z -сонлар асосида такомиллаштирилган;

турли хил тегишлилик функциялари ёрдамида суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолаш моделини қуришда юзага келган нокоррект масалаларнинг норавшан ва норавшан-турғун ечимини олиш усули норавшан тўпламлар назарияси асосида такомиллаштирилган;

нокоррект масалаларнинг турғун ечимини олиш усули Z -сонлар асосида такомиллаштирилган;

суст шаклланган жараёнларни баҳолашнинг норавшан мантиқий моделини қуришда ҳамда қарор қабул қилиш тизимини қўллаб-қувватловчи тизимларни такомиллаштиришда шаклланган турғун бўлмаган масалаларни норавшан тўпламлар назарияси асосида ечиш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолаш моделларини қуришда юзага келган нокоррект масалаларни Z -сонлар асосида ечиш алгоритми ишлаб чиқилган;

норавшан тўпламлар назарияси ва Z -сонлар асосида норавшан муқобиллаштириш масаласини ечиш алгоритми ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

дастлабки норавшан ахборотлар ҳолатида баҳолаш ва башоратлашнинг турли амалий масалаларини корректликка текширган ҳолда ечиш моделлари ишлаб чиқилган;

суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолашнинг чизикли ва ночизикли кўринишдаги норавшан моделини қуриш алгоритми ишлаб чиқилган;

суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолаш ва башоратлашнинг норавшан мантиқий моделини қуришда шаклланган турғун бўлмаган масалаларни норавшан тўпламлар назарияси ва Z-сонлар асосида ечиш дастури яратилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги тадқиқотда келтирилган тасдиқлар қатъий исботланган, ечимларнинг интеллектуал таҳлили келтирилган бўлиб, норавшан ҳисоблаш амаллари асосида баҳолаш ва башоратлаш масалаларини реал ва тажриба синовида ечимларни солиштириш билан модел адекватлиги таъминланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти норавшан моделлар қуриш жараёнида юзага келган нокоррект масалаларини норавшан тўпламлар назарияси ва Z-сонлар ёрдамида ечишга, мантиқий моделни қуриш жараёнида шаклланган коррект бўлмаган масалаларнинг норавшан ечими, турғун норавшан ечимини олиш алгоритмларини яратишга, суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолаш, синфлаштириш ва башоратлаш услубиятини ишлаб чиқишга хизмат қилади. Ишлаб чиқилган алгоритмлар илмий тадқиқот ва ихтисослашган конструкторлик бюрolariда дастлабки норавшан ахборотлар ҳолатида берилган коррект бўлмаган масалаларни ечишда ва интеллектуал тизимларда қарор қабул қилишни асослашда кенг кўламда қўлланилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот иши натижаларининг амалий аҳамияти корректликнинг компакт ва компакт бўлмаган синфларини таҳлил қилиш натижалари, норавшан моделни қуриш жараёнида нокоррект масалаларни ечиш усулини норавшан тўпламлар назарияси ва Z-сонлар асосида такомиллаштириш билан изоҳланади. Тадқиқот натижаларини қўллаш норавшан тўпламлар назарияси асосида интеллектуал тизимлар ҳолатини баҳолаш ва башоратлашнинг амалий масалаларини дастурий таъминотини яратиш ҳамда корректликка текширган ҳолда ечимларни шакллантириш доирасида, самарадорликни ошириш имконини беради.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Суст шаклланган жараёнлар норавшан моделларини қуришнинг нокоррект масалаларини ечиш усули, алгоритмлари ва дастурий воситалари асосида:

турли хил тегишлилик функциялари ёрдамида корректликнинг компакт ва компакт бўлмаган синфларини норавшан тўпламлар назарияси ва Z-сонлар асосида аниқлашнинг такомиллаштирилган усуллари Хусусийлаштириш, монополиядан чиқариш ва рақобатни ривожлантириш давлат қўмитаси Тошкент вилоят бошқармаси томонидан зарар билан ишлаётган корхоналарни молиявий ҳолатини баҳолаш учун жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 22 ноябрдаги 33-8/7925-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида зарар билан ишлаётган корхоналарни баҳолаш

орқали 2013 йилда аввалги йилга нисбатан уларнинг миқдорини Тошкент вилоятида 23%га камайиши билан кўрилган зарарларни 3%га камайтириш имконини берган;

қарор қабул қилиш тизимини қўллаб-қувватловчи тизимларни такомиллаштиришда шаклланган турғун бўлмаган масалаларни норавшан тўпламлар назарияси асосида ечиш алгоритми ва дастури Ўзбекистон Республикаси Хусусийлаштирилган корхоналарга кўмаклашиш ва рақобатни ривожлантириш давлат қўмитаси Тошкент вилояти бошқармаси томонидан зарар билан ишлаётган корхоналарни иқтисодий барқарорлиги мониторингини ўтказиш учун жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 22 ноябрдаги 33-8/7925-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида яратилган дастур зарар билан ишлаётган корхоналарни иқтисодий барқарорлиги мониторингини ўтказиш 2016 йил якуни бўйича аввалги йилга нисбатан уларнинг миқдорини Тошкент вилоятида 15%га камайишига, республикада иқтисодий ночор бўлган корхоналарни 20%га камайиш имконини берган;

нокоррект масаланинг норавшан ечими, турғун норавшан ечимини олиш алгоритмлари “Бўкадавсулмахсуспудрат” давлат унитар корхонаси томонидан корхонанинг иқтисодий молиявий ҳолатини баҳолаш учун жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 22 ноябрдаги 33-8/7925-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида корхонанинг молиявий ҳолатини баҳолаш натижасида айланма маблағлар ҳажми 21,9 % га ошишга хизмат қилган;

нокоррект масалаларни Z-сонлар асосида ечишнинг алгоритмик таъминоти “Alp Crypto” МЧЖда жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2017 йил 22 ноябрдаги 33-8/7925-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида ахборот тизимларида айланаётган маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш ва конфиденциал маълумотларни ташқарига чиқиб кетишини олдини олишни 10-15 %га ошириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқотнинг назарий ва амалий натижалари 6 та халқаро ва 8 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқот мавзуси бўйича жами 42 та илмий иш чоп этилган бўлиб, жумладан 1 та монография, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 10 та мақола, 6 таси республика ва 4 таси хорижий журналларда нашр қилинган, ҳамда 2 та ЭХМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати, иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 158 саҳифани ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯ ИШИНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги асослаб берилган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари, объекти ва предмети белгилаб берилган. Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларининг устувор йўналишларига тадқиқотнинг мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари кўрсатиб ўтилган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга татбиқи, ишнинг синов натижалари, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилмаси тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Норавшан тўпламли ёндошув асосида сушт шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолаш масаласини ечиш муаммолари”** деб номланган биринчи бобида норавшан тўпламлар назарияси ва Z -сонлар асосида сушт шаклланган жараёнларнинг мантиқий моделларини қуришнинг асосий муаммолари аниқланди. Интеллектуал таҳлиллаш масалаларини ечиш маълумотларнинг тўлиқ эмаслиги ва лингвистик кўринишда берилганлиги билан тавсифланади. Бундай ҳолларда норавшан тўпламлар ва Z -сонлар назариясини қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Сушт шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолаш ва башоратлашнинг норавшан мантиқий моделини қуриш жараёнида баъзи ҳолларда ноқоррект масалани ечиш муаммосига дуч келинди.

(X_r, y_r) норавшан тажрибавий маълумотлар танланмаси берилган бўлсин, $r = \overline{1, M}$, бу ерда $X_r = (x_{r,1}, x_{r,2}, \dots, x_{r,n})$ - r -жуфтликдаги кирувчи вектор ва y_r - унга мос чиқиш вектори.

Умумий ҳолатда норавшан қоидалар хулосаларидан иборат қуйидаги кўринишдаги модел қуриш талаб этилсин [Л.Заде, А.П.Ротштейн, Р.А.Алиев]:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left(\bigcap_{i=1}^n x_i = a_{i,jp} - w_{jp} \text{ вазн билан} \right) \rightarrow y_j = v_{j,0} + v_{j,1}x_1 + \dots + v_{j,n}x_n + \\ + v_{j,n+1}x_1^2 + \dots + v_{j,2n}x_n^2 + \dots + v_{j,n+l-1}x_1^l + \dots + v_{j,ln}x_n^l. \quad (1)$$

Ушбу модел $l=0$ ҳолатда синглтон кўринишдаги модел ҳисобланади. $l=1$ ҳолатда норавшан қоидалар хулосаларидан иборат Сугено кўринишдаги чизикли моделдир.

Модел қуриш жараёнида норавшан қоидалар хулосалари $V = (v_{1,0}, v_{2,0}, \dots, v_{m,0}, v_{1,1}, v_{2,1}, \dots, v_{m,1}, \dots, v_{1,n}, v_{2,n}, \dots, v_{m,n}, \dots, v_{1,l}, v_{2,l}, \dots, v_{m,l})$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$ коэффицентларининг шундай қийматларини топиш керакки, у қуйидаги ифодани минимумга эриштирсин:

$$\sum_{r=1, M} (y_r - y_r^f)^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

бу ерда y_r^f – танланманинг r – сатридаги киришларнинг норавшан билимлар базаси бўйича чиқиш натижаси.

(2) масалани ечиш қуйидаги тенгламанинг ечимига мос келади:

$$Y = A \cdot V, \quad (3)$$

бу ерда

$$A = \begin{bmatrix} \beta_{1,1}, \dots, \beta_{1,m}, & x_{1,1} \cdot \beta_{1,1}, \dots, x_{1,1} \cdot \beta_{1,m}, & \dots, & x_{1,n} \cdot \beta_{1,1}, \dots, x_{1,n} \cdot \beta_{1,m}, & \dots, & x'_{1,1} \cdot \beta_{1,1}, \dots, x'_{1,1} \cdot \beta_{1,m}, & \dots, & x'_{1,n} \cdot \beta_{1,1}, \dots, x'_{1,n} \cdot \beta_{1,m} \\ \vdots \\ \beta_{M,1}, \dots, \beta_{M,m}, & x_{M,1} \cdot \beta_{M,1}, \dots, x_{M,1} \cdot \beta_{M,m}, & \dots, & x_{M,n} \cdot \beta_{M,1}, \dots, x_{M,n} \cdot \beta_{M,m}, & \dots, & x'_{M,1} \cdot \beta_{M,1}, \dots, x'_{M,1} \cdot \beta_{M,m}, & \dots, & x'_{M,n} \cdot \beta_{M,1}, \dots, x'_{M,n} \cdot \beta_{M,m} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$\beta_{j,r} = \frac{\mu_{f_j}(X_r) \cdot f_j}{\sum_{k=1}^m \mu_{f_k}(X_r)} \text{ ёки } \beta_{j,r} = \frac{\mu_{f_j}(X_r) \cdot f_j}{\int_{x_-}^{x_+} \mu_{f_j}(x) dx},$$

$f_j = v_{j,0} + v_{j,1}x_{r,1} + v_{j,2}x_{r,2} + \dots + v_{j,n}x_{r,n} + v_{j,n+1}x_{r,1}^2 + v_{j,n+2}x_{r,2}^2 + \dots + v_{j,2n}x_{r,n}^2 + \dots + v_{j,n+l-1}x_{r,1}^l + v_{j,n+l}x_{r,2}^l + \dots + v_{j,ln}x_{r,n}^l$ - j - қоиданинг чиқиши, $\mu_{f_j}(X_r)$ - ҳар бир тажрибавий маълумотга мос тегишлилик функцияси:

$$\begin{aligned} \mu_{f_j}(X_r) &= \mu_{j,1}(x_{r,1}) \cdot \mu_{j,1}(x_{r,2}) \cdot \mu_{j,1}(x_{r,3}) \cdot \dots \cdot \mu_{j,1}(x_{r,ln}) \vee \\ &\vee \mu_{j,2}(x_{r,1}) \cdot \mu_{j,2}(x_{r,2}) \cdot \mu_{j,2}(x_{r,3}) \cdot \dots \cdot \mu_{j,2}(x_{r,ln}) \vee \\ &\dots \dots \dots \vee \\ &\vee \mu_{j,k_j}(x_{r,1}) \cdot \mu_{j,k_j}(x_{r,2}) \cdot \mu_{j,k_j}(x_{r,3}) \cdot \dots \cdot \mu_{j,k_j}(x_{r,ln}). \end{aligned}$$

Аниқ ҳаётий масалаларни ечиш жараёнида созланувчи параметрлар миқдори танланма ҳажмидан кичик бўлади $m(n+1) < M$. Шунинг учун (3) масала аниқ ечимга эга эмас. У ҳолда $Y = A \cdot V$ тенгламалар системасини ечишни $A^T Y = A^T A \cdot V$ масалани ечишга келтирилади.

Математик таҳлил натижасида тадқиқот предмети тўғрисидаги жорий маълумот моделлаштириш пайтида қай даражада тўғри ишлатилганлигини, яъни модел адекватлиги қай даражада эканлигини аниқлаш катта аҳамиятга эга. Бу борада сушт шаклланган жараёнларнинг моделларини ишлаб чиқишнинг асосий муаммолари қуйидагилардир:

норавшан ахборотлар ҳолатида интеллектуал тизимларни таҳлиллашнинг баҳолаш ва башоратлаш моделини қуриш жараёнида ноқоррект масалаларни ечиш усулларини таҳлил қилиш;

турли хил тегишлилик функциялари ёрдамида интеллектуал таҳлиллашнинг моделини қуриш жараёнида ноқоррект масалаларни норавшан ечими ва турғун норавшан ечимини олиш мумкин эканлиги кўрсатиш;

интеллектуал таҳлиллашнинг норавшан моделини қуриш ва қарор қабул қилиш жараёнида шаклланган турғун бўлмаган масалаларни норавшан тўпламлар назарияси ва Z-сонлар асосида ечиш алгоритмларини яратиш;

норавшан маълумотлар ҳолатида кўп мезонли муқобиллаштиришнинг турғун бўлмаган масалаларини ечиш алгоритминини ишлаб чиқиш.

Диссертациянинг “Суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолашнинг норавшан моделларини қуришда юзага келган ноқоррект масалаларини ечиш усули” деб номланган иккинчи бобида норавшан ахборотлар ҳолатида суст шаклланган жараёнларни баҳолашнинг ноқоррект масалаларини қўйилишида турли хил тегишлилик функциялари ёрдамида берилган бирламчи ахборотнинг норавшан компакт бирламчи ахборот ёки норавшан компакт бўлмаган бирламчи ахборот эканлиги кўрсатилган. Турли хил тегишлилик функциялари ёрдамида норавшан ечим ва турғун норавшан ечимини қуриш мумкин эканлиги кўрсатилди.

1-тасдиқ. n ўлчамли $X=R^n$ фазода берилган қуйидаги тегишлилик функцияси билан ифодаланган бирламчи ахборот норавшан-компакт бирламчи ахборотдир

$$\mu(x) = \frac{1}{1+t\|x\|^2}.$$

Исбот. Ушбу бирламчи ахборотнинг норавшан–компакт эканлигини кўрсатамиз.

α –даражадаги тўпламни қўриб чиқайлик.

$$\begin{aligned} \forall \alpha \in (0,1], t > 1, A_\alpha(x) &= \{x : \mu(x) \geq \alpha\} \Rightarrow \\ A_\alpha(x) &= \left\{x : \frac{1}{1+t\|x\|^2} \geq \alpha\right\} = \left\{x : 1+t\|x\|^2 \leq \frac{1}{\alpha}\right\} = \\ &= \left\{x : \|x\|^2 \leq \frac{1-\alpha}{t\alpha}\right\} = \left\{x : \|x\| \leq \sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}}\right\} = \\ &= \{x : \|x\| \leq \varepsilon(\alpha)\}, \varepsilon(\alpha) = \sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}}. \end{aligned}$$

$\varepsilon(\alpha) = \sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}} < \infty$ олсак, A_α компакт бўлади. Тасдиқ исботланди.

$Av = u$ тенгламанинг норавшан ечими деб $\bigcup_\alpha A_\alpha$ норавшан тўплам билан ифодаланган, қуйидаги хоссаларга эга бўлган бирламчи ахборотга айтилади:

- A оператор ва u бошланғич маълумотлар берилган;
- $\forall \alpha \in (0,1], A_\alpha = \{u : \mu_A(u) \geq \alpha\}$

$$\exists \varepsilon(\alpha) > 0, \sup_{v \in A_\alpha} \rho_v(A(v), A_\alpha) < \varepsilon(\alpha) < \infty.$$

Бу ерда $\rho_v - A(v)$ ва A_α тўпламлар орасидаги масофа.

$$\mu(v) = \frac{1}{1+t\|Av-u\|^2} \text{ тегишлилик функцияли бирламчи ахборотнинг}$$

норавшан ечимини топайлик.

Узлуксиз A оператор ва бошланғич маълумотлар берилган.

$$\forall \alpha \in (0,1], t > 1, A_\alpha(v) = \{v : \mu_A(v) \geq \alpha\} =$$

$$\left\{ v: \frac{1}{1+t\|Av-u\|^2} \geq \alpha \right\} = \left\{ v: \|Av-u\| \leq \sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}} = \varepsilon(\alpha) < \infty \right\}.$$

$\varepsilon(\alpha)$ ни $\varepsilon(\alpha) = \sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}} < \infty$ кўринишда олиш мумкинлигини кўриш мумкин..

Агар қуйидаги шартлар бажарилса, норавшан ечими турғун деб аталади:

- $\lim_{\substack{\alpha \rightarrow \sup \\ v \in V}} \mu(v) = 0$;
- $\forall \alpha \in (0,1] D(A_\alpha)$ даги A оператор – узлуксиз.

Юқорида берилган норавшан ечимнинг турғун эканлигини кўриб чиқамиз.

$\varepsilon(\alpha) = \sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}}$ эканлиги кўрсатилган ва биринчи шарт бажарилди, яъни $\lim_{\alpha \rightarrow 1} \varepsilon(\alpha) = \lim_{\alpha \rightarrow 1} \left(\sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}} \right) = 0$. A операторнинг $D(A_\alpha)$ даги узлуксизлиги масаланинг шартидан келиб чиқади. Норавшан ечимнинг турғунлиги исботланди.

Турғун норавшан ечимлар тадқиқот соҳаси баён этилган табиий тилдаги ахборотлар устида амаллар бажариш имкониятини қолдирган ҳолда тақрибий ечимларни қуриш имконини беради.

Турғун норавшан ечимларни қуриш мумкин бўлган ҳолни кўриб ўтамыз.

$A: v \rightarrow U$ оператор $v \in V$ даги узлуксиз оператор бўлсин, у ҳолда турғун норавшан ечимни қуриш мумкин.

Ихтиёрий элемент $v \in V$ ни оламиз.

$\mu(v) = \frac{1}{1+t\|Av-u\|^2}$ тегишлилик функцияси билан ифодаланган бирламчи ахборотнинг турғун норавшан ечимини қуриш мумкин.

$$\forall \alpha \in (0,1], t > 1, 0 \leq Av-u < \infty, \varepsilon(\alpha) = \sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}}, \text{ бўлсин.}$$

$A_\alpha = O_{\varepsilon(\alpha)}(Av) - Av$ тўпلامнинг ε -атрофи бўлсин. $\bigcup_{\alpha} A_\alpha$ -кўринишдаги

турғун норавшан ечим қуриш мумкин: $\lim_{\alpha \rightarrow 1} \varepsilon(\alpha) = \lim_{\alpha \rightarrow 1} \left(\sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}} \right) = 0$.

Бирламчи ахборотнинг турғун эканлиги юқорида кўрсатилган ва A нинг узлуксизлигидан норавшан ечим бўлиш шarti бажарилди.

Диссертациянинг “**Z-сонлар асосида нокоррект масалаларни ечиш усуллари**” деб номланган учинчи бобида Z-сонлар асосида олинувчи

ечимнинг компактлиги текширилган. Нокоррект масалаларни ечишда Z -сонлар ёндошуви кўриб чиқилган.

Z -сон - бу $Z = (A, B)$ сифатида белгиланувчи норавшан сонларнинг тартибланган жуфтлигидир. Биринчи A компонент X ноаниқ ўзгарувчининг ҳақиқий қийматларига қўйилган чекланишлардан иборат. Иккинчи B компонент биринчи компонентни ишончлилик даражасини ифодалайди.

Z -ахборот - (μ_A, p_x) , $x \in X$ тегишлилик функцияли норавшан тўпламдир.

Z -ахборотнинг ташувчиси деб $\text{supp } A = \left\{ x : \mu\left(\frac{x}{k}\right) > 0 \right\}$ кўринишдаги оддий тўпламга айтилади.

Бу ерда k - умумлашган норавшан соннинг ўрта даражали интеграл кўриниши бўйича дефаззифицияланувчи қиймат. L - R кўринишидаги норавшан сон учун L^{-1} ва R^{-1} мос равишда L ва R функцияларнинг тескари функциялари бўлсин. У ҳолда вазнли ўртача h -даражанинг интеграл қийматига асосланган умумлашган норавшан соннинг ўрта даражали интеграл кўриниши бўйича k дефаззификацияланувчи қиймат қуйидагига тенг

$$k = \frac{1}{2} \frac{\int_0^h \left[h \frac{L^{-1}(h) - R^{-1}(h)}{2} \right] dh}{\int_0^w h dh};$$

бу ерда $L(h)$ - чап тегишлилик функцияси, $R(h)$ - ўнг тегишлилик функцияси, h -даража 0 ва w орасида жойлашган, $0 < w \leq 1$.

Z -ахборот компакт дейилади, агар унинг ташувчиси дастлабки X фазода компакт ҳисобланса (яъни ихтиёрий кетма-кетликдан яқинлашувчи қисм кетма-кетликни ажратиб олиш мумкин бўлса).

Агар нолинчи даражадаги тўпламдан бошқа ҳар қандай даражадаги тўплам X фазода компакт бўлса, Z -ахборот Z -компакт деб аталади, яъни $\forall \alpha \in (0, 1]$, $A_\alpha = \left\{ x : \mu\left(\frac{x}{k}\right) \geq \alpha \right\}$ - фазодаги компакт соҳа.

2-масдиқ. $X = R^n$ да қуйидаги тегишлилик функцияси билан ифодаланган Z -ахборот Z -компакт ахборотдир:

$$\mu(x) = e^{-t \left\| \frac{x}{k} \right\|^2}.$$

Исбот. Ушбу тегишлилик функцияси билан ифодаланган Z -ахборотнинг Z -компакт ахборот эканлигини исботлаймиз.

α -даражадаги тўпламни кўриб чиқамиз.

$$\forall \alpha \in (0, 1], t > 0, A_\alpha(x) = \left\{ x : \mu_A\left(\frac{x}{k}\right) \geq \alpha \right\} =$$

$$\left\{ x : \exp\left(-t \left\| \frac{x}{k} \right\|^2\right) \geq \alpha \right\} = \left\{ k : \|x\| \leq k \sqrt{-\frac{\ln \alpha}{t}} = \varepsilon(\alpha) < \infty \right\}.$$

Тасдиқ исботланди.

Z -ахборотнинг Z -компактлиги ва компактлик хусусиятларини кўриб чиқамиз.

$Av = u, u \in U, v \in V$ тенгламанинг Z -сонлар асосида олинган ечими деб норавшан тўплам кўринишида берилган, куйидаги хоссаларга эга бўлган Z -ахборотга айтилади:

- A оператор ва u бошланғич маълумотлар берилган,
- $\forall \alpha \in (0, 1], A_\alpha = \left\{ x : \mu_A\left(\frac{x}{k}\right) \geq \alpha \right\} \exists \varepsilon(\alpha) > 0,$

$\sup_{v \in A_\alpha} \rho_v(A(v), A_\alpha) < \varepsilon(\alpha) < \infty$ бу ерда $\rho_v - A(v)$ ва A_α тўпламлар орасидаги масофа

Агар A – узлуксиз оператор ва u куйидаги формула бўйича берилган бўлса, v ни топиш масаласи кўйилади:

$$Av = u, u \in U, v \in V.$$

Z -сонлар асосида олинган ечимни турғун деб айтилади, агар куйидаги шартлар бажарилса

- $\lim_{\alpha \rightarrow \sup_{x \in X} \mu\left(\frac{x}{k}\right)} \varepsilon(\alpha) = 0,$
- $\forall \alpha \in (0, 1]$ учун $D(A_\alpha)$ да A – узлуксиз.

$$\mu(v) = \exp\left(-\left(\frac{Av - u}{k}\right)^2\right) \text{ тегишлилик функцияли } Z\text{-ахборотнинг}$$

Z -сонлар асосида олинган ечими турғун эканлигини кўриб чиқамиз.

$\varepsilon(\alpha) = k\sqrt{-\ln \alpha} < \infty$ эканлиги кўрсатилган ва биринчи шарт бажарилди, яъни $\lim_{\alpha \rightarrow 1} \varepsilon(\alpha) = \lim_{\alpha \rightarrow 1} (k\sqrt{-\ln \alpha}) = 0$. A операторнинг $D(A_\alpha)$ да узлуксизлиги масала шартидан келиб чиқади. Z -сонлар асосида олинувчи ечим турғунлиги кўрсатилди.

Диссертациянинг тўртинчи боби “Суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолашнинг ноқоррект масалаларини ечишга норавшан ёндошувни татбиқ этиш” деб номланган бўлиб, интеллектуал таҳлил қилиш масаласини норавшан ёндошув асосида ечилган. Тегишлилик функция параметрларини созлаш жараёнида турғун бўлмаган масалаларни ечиш ёндошуви ёрдамида суст шаклланган жараёнларни баҳолаш ва башоратлаш масалаларининг ечими олинди.

Ушбу бобда ноаниқликнинг норавшан ёндошувидан фойдаланган ҳолда норавшан қоида хулосаларига асосланган (1) моделни куриш алгоритми келтирилди.

1) Маълумотлар базасидан (X_r, y_r) норавшан тажрибавий маълумотлар танланмасини шакллантириш.

2) Нормаллаштириш:

$$u_{ik} = l \frac{x_{ik} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}.$$

3) Фаззификациялаш:

$$\beta_{r_j} = \frac{\mu_j(x_{r_1}) \cdot \mu_j(x_{r_2}) \cdot \dots \cdot \mu_j(x_{r_n})}{\sum_{k=1}^m \mu_k(x_{r_1}) \cdot \mu_k(x_{r_2}) \cdot \dots \cdot \mu_k(x_{r_n})} = \frac{\exp \left[-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_{ri} - c_{ij}}{\sigma_{ij}} \right)^2 \right]}{\sum_{k=1}^m \exp \left[-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_{ri} - c_{ik}}{\sigma_{ik}} \right)^2 \right]}.$$

4) А матрицани (4) ифода кўринишида шакллантириш.

5) (3) тенгламани ноқорректликни ҳисобга олган ҳолда ечиш орқали V векторни топиш.

Ўқитишнинг моҳияти тегишлилик функцияларининг норавшан аппроксимациялаш натижалари ва ҳақиқий объект хусусиятлари ўртасидаги фарқни энг кам даражага келтирувчи параметрларни танлаб олишдан иборат.

Келтирилган алгоритм асосида норавшан тизимларни тавсифлашнинг FuzzyZKorrekt дастури ишлаб чиқилди (1 – расм).

Main – дастурнинг бош ойнаси унда фойдаланувчи норавшан тизим маълумотларини юклаб олиш имконига эга, шунингдек, класс норавшан тизим ўзгарувчилари қийматларининг ишончлилиқ даражаларини белгилаш, тизим ишлаши учун зарур кирувчи маълумотларни киритишга мўлжалланган.

CreateFuzzyNumber – дастурнинг фойдаланувчи томонидан жорий ҳолатда яратиладиган норавшан тизим ҳақидаги ахборотни олиш имконини берувчи ойна.

CreateFuzzyZ – ушбу класс дастур фойдаланувчиси томонидан жорий ҳолатда яратиладиган Z-сонлар ҳақидаги ахборотни олиш имконини беради.

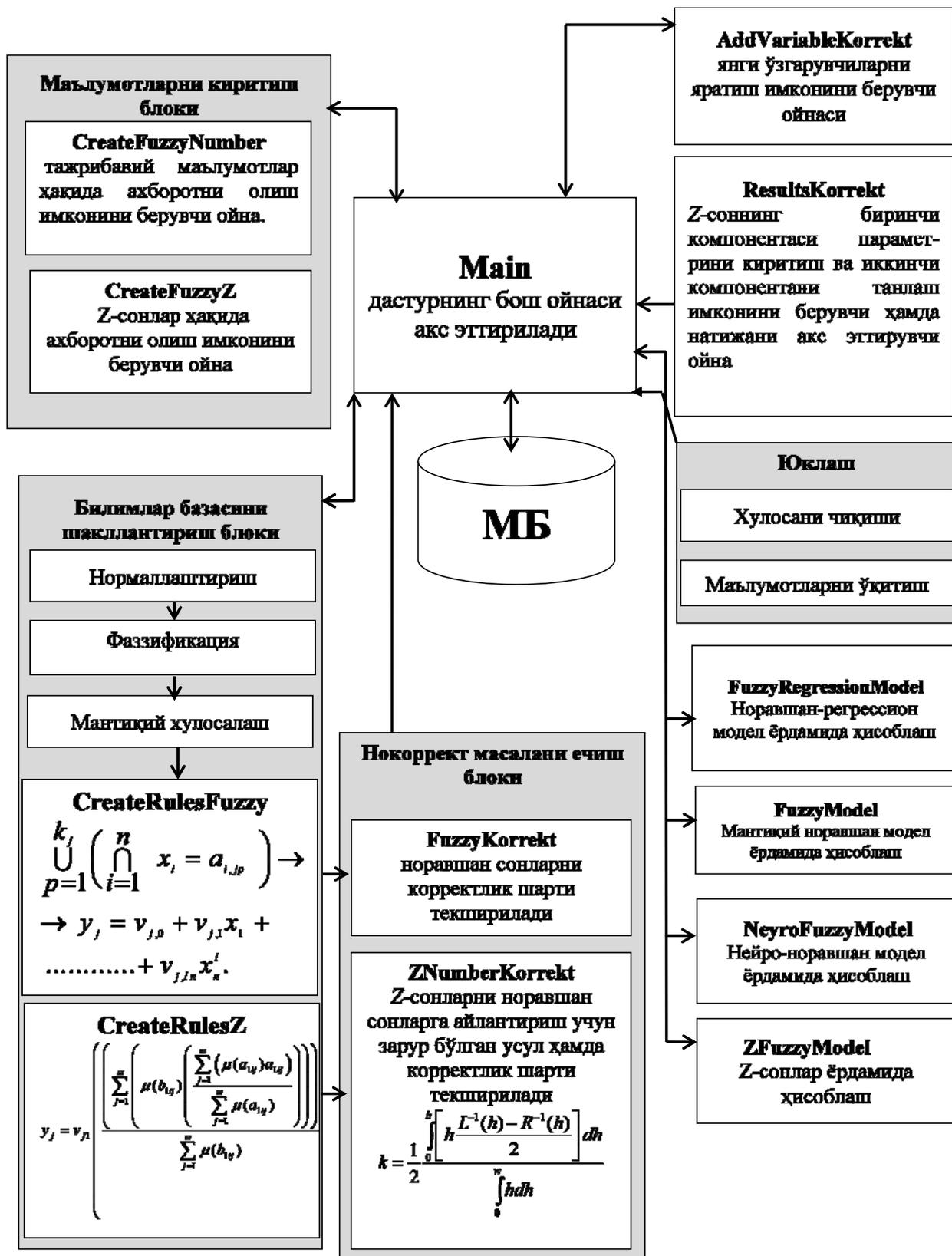
AddVariableKorrekt – норавшан тизим учун лингвистик термларни қўшиш орқали янги ўзгарувчиларни яратиш ойнаси.

CreateRulesKorrekt – норавшан тизим учун қоидалар базасини яратиш имконини берувчи ойна.

FuzzyKorrekt – бу класс ёрдамида норавшан сонларни корректлик шarti текширилади.

ZnumberKorrekt – Z-сонларни норавшан сонларга айлантириш учун зарур бўлган усуллар амалга оширилади ва агар масала ноқоррект бўлса корректликка текширилади.

ResultsKorrekt – барча норавшан тўпламларнинг график тасвирлари ва норавшан тизим учун норавшан хулоса тизимини ишлаш натижаси.



1-расм. Дастурий мажмуанинг функционал тузилмаси

Ушбу қурилган алгоритм ва ишлаб чиқилган дастурий восита асосида баҳолаш, башоратлаш ва синфлаштириш модел тест масалалари ва банкротлик хавф-хатарини баҳолаш ва башоратлаш масаласи ечилди (2 – расм).

2-расм. Хавф-хатарни баҳолаш, башоратлаш масаласини ечиш дастури

Ишлаб чиқилган усул ва алгоритмларни экспериментал синовдан ўтказиш мақсадида модел масалалари («юррак» ва «онкология»)ни ечиш жараёни кўриб ўтилди. Олиб борилган тадқиқот натижасида ташхислашнинг маълум тест масалаларининг ҳақиқий маълумотлари асосида норавшан билимлар базаси ёрдамида аппроксимацияловчи модели яратилди.

1-жадвал

Модел масалаларнинг формал берилиши

Масаланинг номи	Синфлар сони	Омиллар сони	Объектлар сони	Турғунликни ҳисобга олган ҳолда натижа	Турғунликни ҳисобга олмаган ҳолда натижа
Банкротлик хавф-хатари (risk)	20	50	290	98,7%	89,5%
Онкология (onkol)	19	10	139	99,3%	94,08%
Юрак (heart)	6	12	75	89,3%	87,7%

Биз таклиф этаётган усулнинг самарадорлигини кўрсатиш мақсадида юрак ва онкология тест масалалари таклиф этилган усул ва мавжуд усуллар ёрдамида олинган натижалар билан солиштирилди (2-жадвал).

2-жадвал

Таклиф этилаётган усулнинг мавжуд усуллар билан солиштирма натижалари

Масала	Таклиф этилаётган усул	Арилар колонияси	Нейрон тўрлари	SAMGA
Юрак (heart)	89.3	87.7	86.82	73.00
Онкология (onkol)	99,3	97,2	96,02	82.00

Диссертациянинг “Суст шаклланган жараёнларни ҳолатини баҳолаш масалаларини ечишга Z-сонларни татбиқ этиш” деб номланган бешинчи бобида норавшан интеграл, Z-сонлар бирлашмаси ва Z-сонларга асосланган мантиқий модел асосида ҳисоблаш тажрибаси солиштирма натижаси келтирилган. Тажриба ғўзанинг ($X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$) тўртта селекцион C-4727, Тошкент 1, 159-Ф, 108-Ф навларидан қуйидаги характеристикалар: ҳосилдорлик, толанинг узунлиги, толанинг мустаҳкамлиги, чигитнинг ёғлилиги бўйича энг яхшисини танлаб олиш масаласи учун ўтказилди.

Норавшан интеграл асосида олинган натижалар ғўзанинг таклиф этилган селекцион навлари ичидан 108-Ф нави энг яхши эканлигини кўрсатди, чунки бу навнинг натижавий қийматининг норавшан тўпламга тегишлилик даражаси энг катта (0,24) бўлди.

Z-сонлар бирлашмаси асосида ҳисоблаш тажрибасини ўтказиш учун дискрет Z-сонлар устида T-норма ва T-конорма амалларидан фойдаланилди.

$Z_{agg} = (A, B)$ якуний натижа 108-Ф пахта навини 0,85 эҳтимоллик билан экишни тавсия қилади.

Z-сонларга асосланган мантиқий моделдан фойдаланган ҳолда тажрибавий тадқиқот ўтказилди.

Агар $x_1 = (П, Ў)$ ва $x_2 = (П, Ў)$ ва $x_3 = (П, Ў)$ ва $x_4 = (П, Ў)$
 ёки $x_1 = (Ў, П)$ ва $x_2 = (П, Ў)$ ва $x_3 = (П, Ў)$ ва $x_4 = (П, Ў)$
 у ҳолда $r_1 = (Ю, Ў)$.

Агар $x_1 = (П, Ў)$ ва $x_2 = (П, Ў)$ ва $x_3 = (П, Ў)$ ва $x_4 = (Ў, Ў)$
 ёки $x_1 = (П, Ў)$ ва $x_2 = (П, Ў)$ ва $x_3 = (П, Ў)$ ва $x_4 = (Ю, Ў)$
 ёки $x_1 = (П, Ў)$ ва $x_2 = (П, Ў)$ ва $x_3 = (Ў, Ў)$ ва $x_4 = (П, Ў)$
 у ҳолда $r_2 = (ЎЮ, Ў)$.

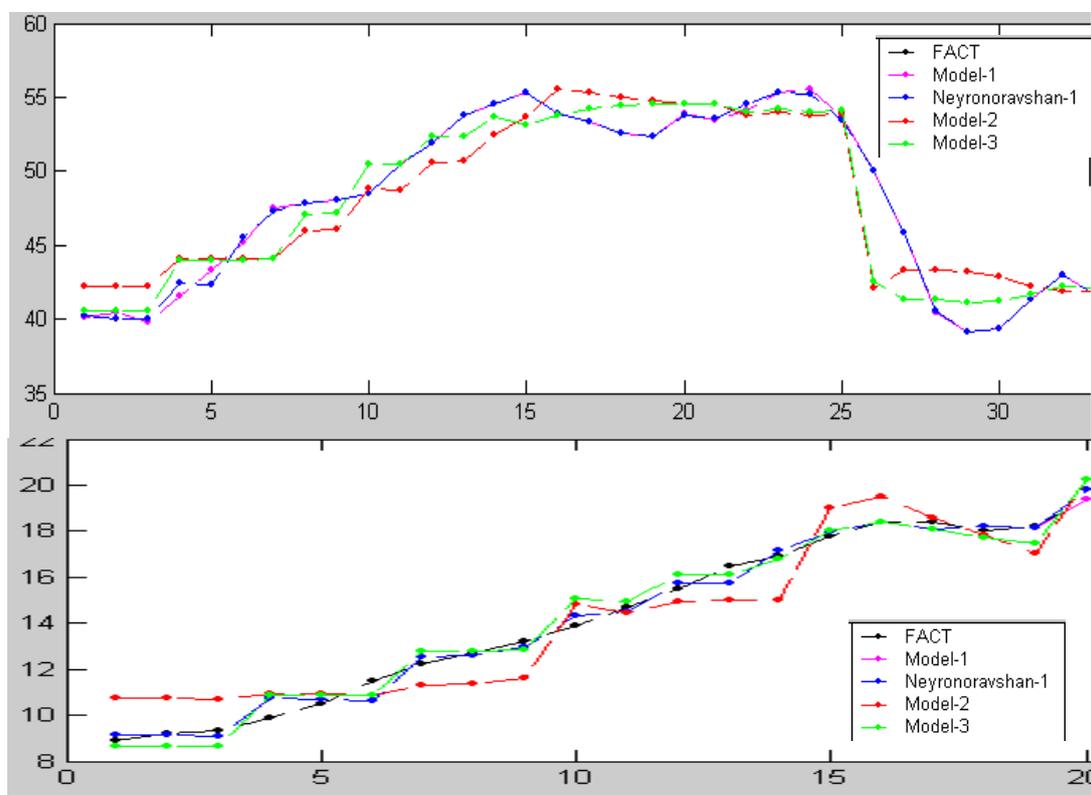
Агар $x_1 = (П, Ў)$ ва $x_2 = (П, Ў)$ ва $x_3 = (П, Ў)$ ва $x_4 = (ЎЮ, Ў)$
 ёки $x_1 = (П, Ў)$ ва $x_2 = (П, Ў)$ ва $x_3 = (ЎЮ, Ў)$ ва $x_4 = (Ў, ЎЮ)$
 ёки $x_1 = (П, Ў)$ ва $x_2 = (П, Ў)$ ва $x_3 = (Ў, ЎЮ)$ ва $x_4 = (Ю, Ю)$
 у ҳолда $r_3 = (Ў, ЎЮ)$.

Агар $x_1 = (П, \check{Y}Ю)$ ва $x_2 = (Ю, \check{Y}Ю)$ ва $x_3 = (\check{Y}, \check{Y}Ю)$ ва $x_4 = (\check{Y}, \check{Y}Ю)$
ёки $x_1 = (П, \check{Y}Ю)$ ва $x_2 = (\check{Y}, \check{Y}Ю)$ ва $x_3 = (\check{Y}, \check{Y}Ю)$ ва $x_4 = (\check{Y}, \check{Y}Ю)$
у ҳолда $r_4 = (\check{Y}П, \check{Y})$.

Агар $x_1 = (\check{Y}, \check{Y}Ю)$ ва $x_2 = (Ю, \check{Y}Ю)$ ва $x_3 = (\check{Y}, BC)$ ва $x_4 = (Ю, \check{Y}Ю)$
ёки $x_1 = (Ю, \check{Y}Ю)$ ва $x_2 = (Ю, \check{Y}Ю)$ ва $x_3 = (\check{Y}, \check{Y}Ю)$ ва $x_4 = (Ю, \check{Y}Ю)$
ёки $x_1 = (Ю, \check{Y}Ю)$ ва $x_2 = (Ю, \check{Y}Ю)$ ва $x_3 = (Ю, \check{Y}Ю)$ ва $x_4 = Ю, \check{Y}Ю)$
у ҳолда $r_5 = (П, \check{Y})$.

Бу ерда П-паст, \check{Y} -ўрта, $\check{Y}П$ -ўртачадан паст, $\check{Y}Ю$ -ўртачадан юқори, Ю-юқори.

Таклиф қилинган моделларда ҳар бир кирувчи ўзгарувчи тенгламаларда фойдаланилувчи норавшан термили (П, $\check{Y}П$, \check{Y} , $\check{Y}Ю$, Ю) ўзининг тегишлилик функцияларига эгадир.



3-расм. Ўқитилувчи ва текширилувчи маълумотлар учун танловни баҳолаш графиги

Юқорида қурилган моделлар ёрдамида нафақат ҳақиқий ҳосилдорликни, балки майдондаги потенциал ҳосилдорликни ҳам башорат қилиш мумкин.

Z-сонлардан ташкил топувчи ахборотларни энг кам йўқолишига олиб келувчи хулоса механизмида Z-ахборотни тўла қонли жорий қилиш мақсадида норавшан хулоса тизимларида дискрет Z-сонлар арифметикаларидан фойдаланиш алгоритмини ишлаб чиқишни келгуси ишлар учун йўлланма сифатида белгилаш мумкиндир.

ХУЛОСА

“Суст шаклланган жараёнларни норавшан моделларини қуришнинг ноқоррект масалаларини ечиш усул ва алгоритмлари” мавзусидаги диссертация иши бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолашнинг норавшан моделини қуриш жараёнида юзага келган ноқоррект масалаларни аниқлаш усули қорректликнинг шартларини текшириш асосида такомиллаштирилган. Қўрсатилган усул баҳолаш ва башоратлаш масалаларини ечишга хизмат қилади.

2. Z-сонларни классик норавшан сонларга айлантириш йўли билан суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолаш, синфлаштириш ва башоратлаш норавшан мантиқий моделини қуриш ёндошуви ишлаб чиқилди. Ушбу ёндошув бошқалардан фарқли ҳолда Z-ахборот доирасида қарор қабул қилиш бўйича ишончли натижа олишга имкон беради.

3. Турли хил тегишлилик функциялари ёрдамида суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолаш моделини қуришда юзага келган ноқоррект масалаларнинг норавшан ва норавшан-турғун ечимини олиш усули норавшан тўпламлар назарияси асосида такомиллаштирилган. Таклиф қилинган усул суст шаклланган жараёнларни қоррект норавшан моделларини қуриш имконини беради.

4. Z-компактлигидан фойдаланган ҳолда турғун ечимини олиш усули такомиллаштирилган. Ушбу усул суст шаклланган жараёнлар ҳолатини синфлаштириш ва башорат қилишда ишончли натижа олиш имконини беради.

5. Қарор қабул қилишни қўллаб-қувватловчи тизимларни қуришда шаклланган турғун бўлмаган масалаларни норавшан тўпламлар назарияси асосида ечиш алгоритмлари ва дастури яратилди. Дастур суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолаш ва башорат қилишга имкон беради.

6. Суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолашнинг мантиқий моделини қуриш ҳамда қарор қабул қилишда турғун бўлмаган масалаларни норавшан тўпламлар назарияси асосида ечиш алгоритмларини ишлаб чиқишда норавшан коэффициентларнинг параметрларини топиш масаласини чизиқли дастурлаш масаласига келтириб ечиш усули ишлаб чиқилди. Усул турғун норавшан ечимни олишга имкон беради.

7. Дастлабки норавшан ахборотлар ҳолатида суст шаклланган жараёнлар ҳолатини баҳолашда турғун бўлмаган масалаларни норавшан тўпламлар назарияси асосида ечиш дастури ишлаб чиқилди. Яратилган дастур ёрдамида зарар билан ишлаётган корхоналарни иқтисодий барқарорлигини мониторингини ўтказиш ҳамда иқтисодий ночор корхоналарни камайишига хизмат қилади.

8. Интеллектуал таҳлиллаш асосида ночизиқли боғланишни аниқлашнинг иккита – турғун бўлмаган ечимларни ҳисобга олган ҳолда ва

олмаган ҳолда башорат қилишнинг аппроксимацияловчи моделлари яратилди. Норавшан моделдан фойдаланган ҳолда тузилган модел билан турғунликни ҳисобга олган ҳолда хатолик – 0,07-3% ни, турғунликни ҳисобга олмаган ҳолда хатолик эса 5,5-17,33% ни ташкил этди. Таклиф этилаётган модел хатоликни камайтиришга хизмат қилади.

9. Нокоррект масалаларнинг Z -сонлар асосида ечимни олиш ва олинган ечимнинг турғунлигини ифодаловчи параметрларни аниқлаш усул ва алгоритмлари ишлаб чиқилди. Ушбу ҳисоблаш алгоритми бугунги кунда ахборот тизимларида ахборот хавфсизлигини таъминлаш воситаларини ишлаб чиқиш ва татбиқ қилиш натижасида ахборот тизимларида айланаётган маълумотларни интеллектуал таҳлил қилиш ва конфиденциал маълумотларни ташқарига чиқиб кетишини олдини олишга имкон беради.

10. Норавшан интеграл, Z -сонлар бирлашмаси ва Z -сонларга асосланган мантиқий модел асосида ҳисоблаш тажрибаси ўтказилди. Норавшан хулоса тизимларида дискрет Z -сонлар арифметикаларидан фойдаланиш алгоритмини ишлаб чиқишни келгуси ишлар учун йўлланма сифатида белгилаш имконини беради.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПРИ НАУЧНОМ СОВЕТЕ
DSc.27.06.2017.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

**НАУЧНО-ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННО-
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ПРИМОВА ХОЛИДА АНОРБОВЕВНА

**МЕТОД И АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ НЕКОРРЕКТНЫХ ЗАДАЧ
ПОСТРОЕНИЯ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ СЛАБОФОРМАЛИЗУЕМЫХ
ПРОЦЕССОВ**

05.01.03 – Теоретические основы информатики

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

Ташкент – 2018

Тема докторской диссертации по техническим наукам (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2017.2.DSc/T120.

Диссертация выполнена в научно-инновационном центре информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий.

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

Научный руководитель: **Мухамедиева Дилноз Тулкуновна**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Гулямов Шухрат Манапович**
доктор технических наук, профессор

Усманов Ришат Ниязбекович
доктор технических наук, профессор

Нурмухамедов Толаниддин Рамзидинович
доктор технических наук

Ведущая организация: **Национальный Университет Узбекистана**

Защита диссертации состоится «__» _____ 2018 г. В ____ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер №__). (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2018 года.
(протокол рассылки №__ от «__» _____ 2018 г.).

Р.Х.Хамдамов

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

Ф.М.Нуралиев

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

Н.Равшанов

Председатель научного семинара при научном
совете по присуждению ученых степеней, д.т.н.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется усовершенствованию интеллектуальных вычислительных технологий для решения проблем интеллектуального анализа данных. «Теории нечетких множеств и нечеткой логики являются предпосылкой для обработки человеком имеющейся информации и владения механизмом принятия решений в условиях неточной и неполной информации»¹. В настоящее время именно развитие систем искусственного интеллекта с помощью нечеткого логического оценивания является одной из актуальных задач. Методы “мягких вычислений” (Soft Calculation, Soft Computing), в том числе методы, основанные на теориях нечетких множеств, нечеткой логики и нечеткой арифметики, системы нечетких правил вывода и Z-чисел широко используются в таких странах, как США, Англия, Япония, Германия, Италия, Франция, Канада, Россия, Азербайджан, Украина и др., уделяется особое внимание внедрению систем поддержки принятия слабоструктурированных решений и Computational Intelligence – усовершенствованию интеллектуальных вычислительных технологий.

В мире ведутся научные исследования, направленные на усовершенствование систем искусственного интеллекта и разработку систем поддержки принятия решений в слабоструктурированных процессах. В этой связи, имеет важное значение построение интеллектуальных систем, усовершенствование мягких вычислительных методов и средств, разработка эволюционных вычислительных методов обработки данных по оценке, прогнозированию и управлению рисками в слабоформализованных системах, а также разработка алгоритмов решения нечетких многокритериальных оптимизационных задач, возникающих в процессе построения нечеткой модели.

В Республике в целях развития социально-экономических сфер народного хозяйства уделяется внимание внедрению интеллектуальных вычислительных технологий. В этой сфере, в частности на основе решения задач управления, диагностики, оценки производственного процесса с применением теории нечетких множеств достигаются существенные результаты, разрабатываются высокоэффективные интеллектуальные системы оценки состояния слабоформализуемых процессов и принятия решений на основе обработки нечеткой информации. В этой связи, важное значение имеет усовершенствование методов анализа состояний слабоформализуемых процессов и построения интеллектуальных систем принятия решений при нечетких исходных данных. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи, в том числе «... по повышению уровня рентабельности предприятий и их финансовому оздоровлению, внедрению информационно-

¹ <http://www.mathworks.com/support/books/index.jsp?category=9>, <http://www-bisc.cs.berkeley.edu/>, <http://www.abo.fi/~rfuller/ifsa.html>

коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, систему управления»². Для реализации данных задач важным является разработка нечетких логических моделей слабоформализуемых процессов и решение некорректных задач, возникающих при построении нечеткой модели.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит для содействия решению задач, определенных Указом Президента Республики Узбекистан №УП-5016 от 18 апреля 2017 года «Об образовании государственного комитета Республики Узбекистан по содействию приватизированным предприятиям и развитию конкуренции», №ПП-1989 от 27 июня 2013 года «О мерах по дальнейшему развитию Национальной информационно-коммуникационной системы Республики Узбекистан», постановлением Президента «О мерах по дальнейшему развитию Национальной информационно-коммуникационной системы Республики Узбекистан», постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан №24 от 1 февраля 2012 года «О мерах по созданию условий для дальнейшего развития компьютеризации и информационно-коммуникационных технологий на местах», а также другими нормативно-правовыми актами, соответствующими настоящей деятельности.

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

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации³. Научно-исследовательскими работами по теории нечетких множеств, мягким вычислениям, методам принятия решений в условиях неопределенности, моделированию состояния слабоформализованных процессов активно занимаются в таких ведущих научных центрах мира, как University of California, Department of Electrical and Computer Engineering University of Texas (США), Darmstadt University of Applied Sciences (Германия), Attar Software Ltd (Великобритания), SIPINA, University of Lyon (Франция), University Institute of Applied Sciences, Izmir University (Турция), Azerbaijan State Oil Academy, Department of EECS, Department of Business Administration (Азербайджан), Tokyo Institute of Technology (Япония), Московский государственный университет, Институт прикладной математики, Томский государственный университет (Россия), Национальный университет Узбекистана, Ташкентский университет информационных технологий, Научно-инновационный центр информационно-коммуникационных технологий (Узбекистан).

² Указ Президента Республики Узбекистан «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», ПФ-4947 от 7 февраля 2017 года.

³ Обзор научных исследований по теме диссертации составлен на основании <https://people.eecs.berkeley.edu/~zadeh/papers/index.htm>, ICAFS – 2012, <http://ci2s-enterprise.com.ar/2016/02/09/icafs-2016>, International Conference on Soft Computing with Words and Perceptions in System 2013-2016 и других источников.

В результате исследований, проводимых в мире по теории нечетких множеств и нечетких операций над ними, моделированию слабоформализуемых объектов и процессов, разработке методов построения интеллектуальных систем и средств мягкого вычисления, усовершенствованию алгоритмов классификации, оценки и прогнозирования получен ряд результатов, в том числе: разработан метод формирования базы знаний, основанный на нечетких правилах вывода при построении модели прогнозирования и классификации (Institute of Applied Sciences, Турция); применен метод настройки параметров нечеткой модели с помощью нейронных сетей (IDIS, Information Discovery, США); создана теория вычислений с Z -числами (University of California, США); в нечетких условиях усовершенствован метод решения задачи многокритериальной оптимизации (SIPINA, University of Lyon, Франция); разработаны методы решения задачи прогнозирования на основе нейронных сетей и нечеткой логики (Tokyo Institute of Technology, Япония); разработан метод решения многокритериальной задачи принятия решений на основе Z -чисел (Azerbaijan State Oil Academy, Азербайджан).

В мире по приоритетным направлениям теории нечетких множеств, преобразования числовых вычислений в словесные вычисления, а также по проблемам применения естественного языка при обработке данных и принятию решений, по моделям, разработанным в результате объединения компонентов Z -чисел и технологий мягких вычислений, таких как нечеткая логика, нейронные сети и эволюционные алгоритмы проводится ряд исследований, в том числе: разработка системы принятия решений на основе применения теории нечетких множеств для оценки состояния слабоформализуемых процессов; совершенствование методик применения теории нечетких множеств в теоретико-практических сферах искусственного интеллекта; преобразование Z -чисел в классические нечеткие числа; разработка систем принятия решений, основанных на Z -информациях.

Степень изученности проблемы. По теории нечетких множеств и операциям над ними, интеллектуальному анализу слабоструктурированных процессов и нечеткой логики, преобразованию числовых вычислений в лингвистические вычисления, методике использования теории нечетких множеств в задачах исследования слабоформализованных систем, а также нахождению приближенных решений некорректных задач проведены исследования учеными, такими как Л.Заде, М.Сугено, А.П.Ротштейн, Э.Мамдани, Р.Беллман, Р.А.Алиев, Р.Р.Ягер, В.Канг, А.В.Ализаде, Д.Дюбуа, А.Прад, Д.А.Поспелов, А.Н.Борисов, Р.Р.Алиев, А.Н.Тихонов, В.Я.Арсенин и др.

Развивающаяся теория нечетких множеств, стохастическое математическое моделирование и его применение рассмотрены в научных работах узбекских ученых Т.Ф.Бекмуратова, Ф.Б.Абуталиева, Х.З.Игамбердиева, М.А.Рахматуллаева, Н.А.Игнатьева, Р.Н.Усмонова, Д.Т.Мухамедиевой и др.

Формирование задач оценки слабоформализованных процессов с применением нечетких правил вывода и Z -чисел во многих случаях приводит к выражению их в виде некорректных задач. В научных исследованиях алгоритмическое и программное обеспечение решения некорректных задач, возникающих при оценке состояний слабоструктурированных процессов в нечетких условиях, изучены недостаточно.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научных проектов Ф4-ФА-Ф003 «Теория и алгоритмы синтеза нейро-нечетких моделей принятия решений для интеллектуального анализа данных» (2012-2016); А-5-006 «Разработка алгоритмов и программ для построения гибридных интеллектуальных систем мониторинга и принятия решений» (2015-2017); БВ-В-Ф4-011 «Методы и алгоритмы решения нечетко-некорректных задач интеллектуального анализа данных в условиях неопределенности» (2017-2020), плана научно-исследовательских работ Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми.

Целью исследования является разработка метода и алгоритмов решения некорректных задач при построении моделей оценки состояния слабоформализованных процессов на основе теории нечетких множеств и Z -чисел.

Задачи исследования:

усовершенствование методов решения некорректных задач, возникающих при построении нечетких моделей оценки слабоформализованных процессов на основе теории нечетких множеств;

усовершенствование метода получения нечеткого решения некорректных задач, возникающих в процессе построения нечеткой модели, анализа компактных и некомпактных классов корректности на основе теории нечетких множеств;

разработка алгоритмов построения логических моделей, основанных на нечетких правилах вывода в слабоформализованных процессах;

усовершенствование метода получения решения некорректных задач на основе Z -чисел;

разработка алгоритмов решения неустойчивых задач, формализованных в процессе построения нечеткой логической модели оценки состояния слабоформализованных процессов и принятия решений на основе теории нечетких множеств;

разработка алгоритмов решения некорректных задач на основе Z -чисел, возникающих при построении моделей оценки состояния слабоформализованных процессов;

создание программы решения неустойчивых задач на основе теории нечетких множеств и Z -чисел, формализованных в процессе построения

нечеткой логической модели оценки и прогнозирования состояния слабоформализованных процессов.

Объектом исследования являются слабоформализуемые процессы, выраженные нечеткими логическими уравнениями.

Предмет исследования являются принципы математического моделирования слабоформализуемых процессов при нечетких информациях, методы, алгоритмы и программные обеспечения решения некорректных задач.

Методы исследования. В процессе исследования при моделировании слабоформализуемых процессов применяются системные подходы, методы “мягких вычислений”, методы основанные на теориях нечеткой логики и нечеткой арифметики, принципы использования Z -чисел в системах вывода нечетких правил, нечеткий подход при решении некорректных задач, эффективные методы оптимизации.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

усовершенствован метод определения некорректных задач, возникающих при построении нечеткой модели оценки состояния слабоформализуемых процессов на основе проверки условий корректности;

усовершенствованы методы определения компактных и некомпактных классов корректности с помощью различных функций принадлежности на основе теории нечетких множеств и Z -чисел;

усовершенствован метод получения нечеткого и нечетко-устойчивого решения некорректных задач, возникающих при построении модели оценки состояния слабоформализуемых процессов с помощью различных функций принадлежности на основе теории нечетких множеств;

усовершенствован метод получения устойчивого решения некорректных задач на основе Z -чисел;

разработаны алгоритмы решения неустойчивых задач на основе теории нечетких множеств, формализованных при построении нечеткой логической модели оценки слабоформализуемых процессов и усовершенствовании систем поддержки принятия решений;

разработан алгоритм решения некорректных задач, возникающих при построении моделей оценки состояния слабоформализуемых процессов на основе Z -чисел;

разработан алгоритм решения нечеткой оптимизационной задачи на основе теории нечетких множеств и Z -чисел.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны модели решения различных практических задач оценки и прогнозирования при нечетких исходных информациях с проверкой на корректность;

разработан алгоритм построения нечеткой модели линейного и нелинейного вида для оценки состояния слабоформализуемых процессов;

создана программа решения неустойчивых задач на основе теории нечетких множеств и Z -чисел, формализованных при построении нечеткой

логической модели оценки и прогнозирования состояния слабоформализуемых процессов.

Достоверность результатов исследования. Приведенные в диссертации утверждения строго доказаны, приведен интеллектуальный анализ решений и обеспечена адекватность модели с помощью сравнения решений задач по оценке и прогнозированию на основе нечетких вычислительных операций в реальном и тестовом режимах.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в решении некорректных задач, возникающих при построении нечетких моделей, с помощью теории нечетких множеств и Z -чисел, создании алгоритмов получения нечеткого решения некорректной задачи, формализованной в процессе построения логической модели, получении устойчиво-нечеткого решения, разработке методики оценки, классификации и прогнозирования состояния слабоформализуемых процессов. Разработанные алгоритмы обосновываются широким применением в научно-исследовательских и специализированных конструкторских бюро для решения некорректных задач, заданных при нечетких исходных информациях и принятия решений в интеллектуальных системах.

Практическая значимость результатов исследовательской работы обосновывается результатами анализа компактных и некомпактных классов корректности, усовершенствовании метода решения некорректных задач при построении нечеткой модели на основе теории нечетких множеств и Z -чисел. Применение результатов исследования дают возможность создания программного обеспечения для решения практических задач оценки и прогнозирования состояния интеллектуальных систем на основе теории нечетких множеств и повышения эффективности в рамках формирования решений с проверкой на корректность.

Внедрение результатов исследования. На основе методов, алгоритмов и программного обеспечения решения некорректных задач при построении нечетких моделей слабоформализованных процессов:

усовершенствованные методы определения компактных и некомпактных классов корректности с помощью различных функций принадлежности на основе теории нечетких множеств и Z -чисел внедрены в Ташкентском областном управлении по приватизации, демонополизации и развитию конкуренции для финансового оздоровления убыточных предприятий (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций №33-8/7925 от 22 ноября 2017 г.). На основе использования результатов научного исследования путем финансового оздоровления убыточных предприятий их число в 2013 году в Ташкентской области по сравнению с предыдущим годом уменьшилось на 23% со снижением понесенных убытков на 3%;

разработанные алгоритм и программное обеспечение решения неустойчивых задач, формализованных при построении нечеткой логической модели и совершенствовании систем поддержки принятия решений оценки слабоформализуемых процессов на основе теории нечетких множеств были внедрены для мониторинга экономической стабильности убыточных

предприятий в Ташкентском областном управлении Государственного комитета Республики Узбекистан по содействию приватизированным предприятиям и развитию конкуренции (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций №33-8/7925 от 22 ноября 2017 г.). На основе разработанной программе по результатам научного исследования проведен мониторинг экономической стабильности убыточных предприятий Ташкентской области. По итогам 2016 года количество убыточных предприятий снизилось на 15%, а по республике - на 20%;

алгоритмы получения нечеткого решения и устойчивого нечеткого решения некорректных задач внедрены в Государственном унитарном предприятии «Букадавсувмахсуспудрат» для оценки экономико-финансового состояния предприятия (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций №33-8/7925 от 22 ноября 2017 г.). На основе использования результатов научного исследования оценки экономико-финансового состояния предприятия объем оборотных средств увеличился на 21,9%;

алгоритмическое обеспечение решения некорректных задач на основе Z-чисел внедрено в производство в ООО «Alp Crypto» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций №33-8/7925 от 22 ноября 2017 г.). На основе использования результатов научного исследования проводился интеллектуальный анализ сведений, вращающихся в информационных системах, это позволило предотвратить утечку конфиденциальной информации на 10-15%.

Апробация результатов исследования. Теоретические и практические результаты настоящего исследования докладывались и обсуждались на 6 международных и 8 республиканских научно-практических конференциях.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 42 научные работы, из них 1 монография, 10 научных статей, в том числе 6 в республиканских и 4 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, также получены 2 регистрационных удостоверения программных средств для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 158 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации «**Проблемы решения задач оценки состояния слабоформализуемых процессов на основе нечетко-множественного подхода**» определены основные проблемы построения логических моделей слабоформализуемых процессов на основе теории нечетких множеств и Z -чисел. Решение задачи интеллектуального анализа характеризуется недостаточностью существенной информации и данных в лингвистическом виде. В таких случаях целесообразно применять теории нечетких множеств и Z -чисел.

В процессе построения нечетко-логической модели оценки и прогнозирования состояния слабоформализуемых процессов в некоторых случаях возникает проблема решения некорректных задач.

Пусть задана выборка нечетких экспериментальных данных (X_r, y_r) $r = \overline{1, M}$, где $X_r = (x_{r,1}, x_{r,2}, \dots, x_{r,n})$ - входной вектор в r -й паре и y_r - соответствующий выход.

Пусть модель состоящая из нечетких правил вывода, в общем виде, строится следующим образом [Л.Заде, А.П.Ротштейн, Р.А.Алиев]:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left(\bigcap_{i=1}^n x_i = a_{i,jp} - w_{jp} \text{ с весом} \right) \rightarrow y_j = v_{j,0} + v_{j,1}x_1 + \dots + v_{j,n}x_n +$$

$$+ v_{j,n+1}x_1^2 + \dots + v_{j,2n}x_n^2 + \dots + v_{j,n+l-1}x_1^l + \dots + v_{j,ln}x_n^l. \quad (1)$$

При $l=0$ модель (1) является моделью вида синглтон. При $l=1$ модель (1) является моделью вида Сугено.

В процессе построения модели требуется найти такие значения коэффициентов нечетких правил вывода

$V = (v_{1,0}, v_{2,0}, \dots, v_{m,0}, v_{1,1}, v_{2,1}, \dots, v_{m,1}, \dots, v_{1,n}, v_{2,n}, \dots, v_{m,n}, \dots, v_{1,n}, v_{2,n}, \dots, v_{m,n}), i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$, при которых достигается минимум следующего выражения:

$$\sum_{r=1, M} (y_r - y_r^f)^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

Во второй главе диссертации «Метод решения некорректных задач, формируемых при построении нечетких моделей оценки слабоформализуемых процессов» показано, что первичная информация, заданная различными функциями принадлежности при постановке некорректных задач оценки слабоформализуемых процессов при нечеткой информации, является нечетко компактной или нечетко некомпактной. Показана возможность получения нечетких и нечетко-устойчивых решений с использованием различных функций принадлежности.

Утверждение 1. Первичная информация, заданная в n -мерном $X=R^n$ пространстве и характеризующая следующей функцией принадлежности, является нечетко-компактной:

$$\mu(x) = \frac{1}{1+t\|x\|^2}.$$

Доказательство. Покажем, что данная *первичная информация* нечетко-компактна.

Рассмотрим множество α -уровня:

$$\begin{aligned} \forall \alpha \in (0,1], t > 1, A_\alpha(x) = \{x : \mu(x) \geq \alpha\} &\Rightarrow \\ A_\alpha(x) = \left\{ x : \frac{1}{1+t\|x\|^2} \geq \alpha \right\} &= \left\{ x : 1+t\|x\|^2 \leq \frac{1}{\alpha} \right\} = \\ \left\{ x : \|x\|^2 \leq \frac{1-\alpha}{t\alpha} \right\} &= \left\{ x : \|x\| \leq \sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}} \right\} = \\ \{x : \|x\| < \varepsilon(\alpha)\}, \varepsilon(\alpha) &= \sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}}. \end{aligned}$$

Получаем $\varepsilon(\alpha) = \sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}} < \infty$. Тогда A_α будет компактным.

Утверждение доказано.

Нечетким решением уравнения $Av = u$ называется первичная информация, представленная нечетким множеством $\bigcup_{\alpha} A_\alpha$, обладающая следующими свойствами:

- заданы оператор A и исходные данные u ;
- $\forall \alpha \in (0,1], A_\alpha = \{u : \mu_A(u) \geq \alpha\}$;

$$\exists \varepsilon(\alpha) > 0, \sup_{v \in A_\alpha} \rho_v(A(v), A_\alpha) < \varepsilon(\alpha) < \infty.$$

Здесь ρ_v – расстояние между множествами $A(v)$ и A_α .

Проведем поиск нечеткого решения первичной информации с функцией принадлежности $\mu(v) = \frac{1}{1+t\|Av-u\|^2}$.

Заданы непрерывный оператор A и исходные данные.

$$\forall \alpha \in (0,1], t > 1, A_\alpha(v) = \{v : \mu_A(v) \geq \alpha\} = \left\{ v : \frac{1}{1+t\|Av-u\|^2} \geq \alpha \right\} = \left\{ v : \|Av-u\| \leq \sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}} = \varepsilon(\alpha) < \infty \right\}.$$

Можем рассматривать $\varepsilon(\alpha)$ в виде $\varepsilon(\alpha) = \sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}} < \infty$.

Если выполняются следующие условия, то нечеткое решение называется устойчивым:

- $\lim_{\substack{\alpha \rightarrow \sup \\ v \in V}} \varepsilon(\alpha) = 0$;
- оператор A на $D(A_\alpha)$ является непрерывным.

Рассмотрим, является ли указанное выше нечеткое решение устойчивым.

Так как $\varepsilon(\alpha) = \sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}}$, то $\lim_{\alpha \rightarrow 1} \varepsilon(\alpha) = \lim_{\alpha \rightarrow 1} \left(\sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}} \right) = 0$ - первое условие

выполнено. Непрерывность оператора A в $D(A_\alpha)$ следует из условия постановки задачи. Показано, что нечеткое решение является устойчивым.

Нечеткие устойчивые решения позволяют построить приближенные решения.

Рассмотрим случай построения устойчивых нечетких решений.

Пусть оператор $A : v \rightarrow U$ является непрерывным оператором в $v \in V$, тогда можно построить устойчивое нечеткое решение.

Возьмем произвольный элемент $v \in V$. Докажем, что можно построить устойчивое нечеткое решение первичной информации, выраженное функцией принадлежности $\mu(v) = \frac{1}{1+t\|Av-u\|^2}$.

Пусть $\forall \alpha \in (0,1], t > 1, 0 < Av-u < \infty$, $\varepsilon(\alpha) = \sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}}$.

Предположим, что $A_\alpha = O_{\varepsilon(\alpha)}(Av)$, ε - окружность множества Av . Можно построить устойчивое нечеткое решение вида $\bigcup_{\alpha} \alpha A_\alpha : \lim_{\alpha \rightarrow 1} \varepsilon(\alpha) = \lim_{\alpha \rightarrow 1} \left(\sqrt{\frac{1-\alpha}{t\alpha}} \right) = 0$.

Выше показано, что первичная информация является устойчивой и из непрерывности A выполняется условие нечеткого решения.

В третьей главе «**Методы решения некорректных задач на основе Z-чисел**» проверена компактность решения, полученного на основе Z-чисел. Рассмотрен подход Z-чисел при решении некорректных задач.

Z-число - это упорядоченная пара нечетких чисел, обозначаемая как $Z = (A, B)$. Первый компонент A , является ограничением на значения

вещественной неопределенной переменной X . Второй компонент, B , представляет меру надежности первого компонента.

Z -информация есть нечеткое множество с функцией принадлежности (μ_A, p_x) , где $x \in X$.

Носителем Z -информации называется обычное множество типа

$$\text{sup } pA = \left\{ x : \mu\left(\frac{x}{k}\right) > 0 \right\}.$$

Здесь k – дефаззификационное значение обобщенного нечеткого числа по среднему интегральному представлению. Пусть для нечеткого числа L - R вида L^{-1} и R^{-1} - обратные функции L и R соответственно. Тогда k – дефаззификационное значение обобщенного нечеткого числа, основанное на интегральном значении весовой средней h -степени по среднему интегральному представлению равно

$$k = \frac{1}{2} \frac{\int_0^h \left[h \frac{L^{-1}(h) - R^{-1}(h)}{2} \right] dh}{\int_0^w h dh};$$

где $L(h)$ - левая функция принадлежности, $R(h)$ - правая функция принадлежности, h -степень расположена между 0 и w , $0 < w \leq 1$.

Z -информация называется компактной, если ее носитель является компактным на базовом пространстве X (т.е. из любой последовательности можно выделить сходящуюся подпоследовательность).

Если любое множество уровня, кроме нулевого, будет компактно на пространстве X , то Z -информация называется Z -компактной, т.е. $\forall \alpha \in (0,1], A_\alpha = \left\{ x : \mu\left(\frac{x}{k}\right) \geq \alpha \right\}$ – компактная область в пространстве.

Утверждение 2. Z -информация, выраженная следующей функцией принадлежности, является Z -компактной в $X=R^n$:

$$\mu(x) = e^{-t \left\| \frac{x}{k} \right\|^2}.$$

Доказательство. Докажем, что эта Z -информация является Z -компактной.

Рассмотрим множество α -степени:

$$\forall \alpha \in (0,1], t > 0, A_\alpha(x) = \left\{ x : \mu_A\left(\frac{x}{k}\right) \geq \alpha \right\} =$$

$$\left\{ x : \exp\left(-t \left\| \frac{x}{k} \right\|^2\right) \geq \alpha \right\} = \left\{ k : \|x\| \leq k \sqrt{-\frac{\ln \alpha}{t}} = \varepsilon(\alpha) < \infty \right\}.$$

Утверждение доказано.

Решением уравнения $Av = u$, $u \in U$, $v \in V$, полученных на основе Z -чисел, называется Z -информация, заданная в виде нечеткого множества и имеющая следующие свойства:

- заданы оператор A и исходные данные u ;
- $\forall \alpha \in (0, 1]$, $A_\alpha = \left\{ x : \mu_A\left(\frac{x}{k}\right) \geq \alpha \right\} \exists \varepsilon(\alpha) > 0$;

$\sup_{v \in A_\alpha} \rho_v(A(v), A_\alpha) < \varepsilon(\alpha) < \infty$; здесь ρ_v – расстояние между множествами $A(v)$ и A_α .

Если A – непрерывный оператор, и u задано с помощью следующей формулы, то ставится задача поиска v :

$$Av = u, u \in U, v \in V.$$

Решение, полученное на основе Z -чисел, является устойчивым, если выполняются следующие условия:

- $\lim_{\alpha \rightarrow \sup_{x \in X} \mu\left(\frac{x}{k}\right)} \varepsilon(\alpha) = 0$;
- при $\forall \alpha \in (0, 1]$ A оператор на $D(A_\alpha)$ является непрерывным.

Рассмотрим, является ли решение, полученной на основе Z -чисел с функцией принадлежности $\mu(v) = \exp\left(-\left(\frac{Av - u}{k}\right)^2\right)$, устойчивым.

Показано, что $\varepsilon(\alpha) = k\sqrt{-\ln \alpha} < \infty$, и первое условие выполнено, т.е. $\lim_{\alpha \rightarrow 1} \varepsilon(\alpha) = \lim_{\alpha \rightarrow 1} \left(k\sqrt{-\ln \alpha}\right) = 0$. Непрерывность оператора A на $D(A_\alpha)$ следует из условий постановке задачи. Таким образом, показано, что решение, полученное на основе Z -чисел, является устойчивым.

В четвертой главе «**Применение нечеткого подхода в решение некорректных задач оценки состояния слабоформализуемых процессов**» получены решения задач оценки и прогнозирования слабоформализуемых процессов на основе нечеткого подхода решения неустойчивых задач.

В этой главе приведен алгоритм построения нечеткой логической модели (1).

1) Формирование выборки нечетких экспериментальных данных (X_r, y_r) .

2) Нормализация:

$$u_{ik} = l \frac{x_{ik} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}.$$

3) Фаззификация:

$$\beta_{r_j} = \frac{\mu_j(x_{r_1}) \cdot \mu_j(x_{r_2}) \cdot \dots \cdot \mu_j(x_{r_n})}{\sum_{k=1}^m \mu_k(x_{r_1}) \cdot \mu_k(x_{r_2}) \cdot \dots \cdot \mu_k(x_{r_n})} = \frac{\exp \left[-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_{ri} - c_{ij}}{\sigma_{ij}} \right)^2 \right]}{\sum_{k=1}^m \exp \left[-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_{ri} - c_{ik}}{\sigma_{ik}} \right)^2 \right]}$$

4) Формирование матрицы A по выражению (4).

5) Нахождение вектора V с помощью решения уравнения (3) с учетом проверки условий корректности.

Суть обучения состоит в подборе параметров функции принадлежности, которые минимизируют различие между результатами нечеткой аппроксимации и реальными свойствами объекта.

Для описания нечётких систем на основе приведенных алгоритмов разработана программа FuzzyZKorrekt (рис.1).

Main – главное окно программы, в котором пользователь имеет возможность загрузить данные нечёткой системы, также класс предназначен для установления степеней надежности значений переменных нечёткой системы, и ввода входных данных, которые необходимы для работы системы.

CreateFuzzyNumber – окно программы, позволяющее получать информацию о нечёткой системе, которая создаётся пользователем в данный момент.

CreateFuzzyZ – класс, позволяющее получать информацию о Z -числах, которое создаётся пользователем в данный момент.

AddVariableKorrekt – окно программы, позволяющее создавать новые переменные для нечёткой системы, путём добавления лингвистических термов.

CreateRulesKorrekt – окно программы, позволяющее создавать базу правил для нечёткой системы.

FuzzyKorrekt – класс, предназначенный для проверки условия корректности нечетких чисел.

ZNumberKorrekt – реализация методов, необходимых для выполнения преобразования Z -чисел в нечёткие числа и если задача некорректная проверяется на корректность.

ResultsKorrekt – отображения изображений графиков всех нечётких множеств и результаты работы системы нечёткого вывода для двух нечётких систем.

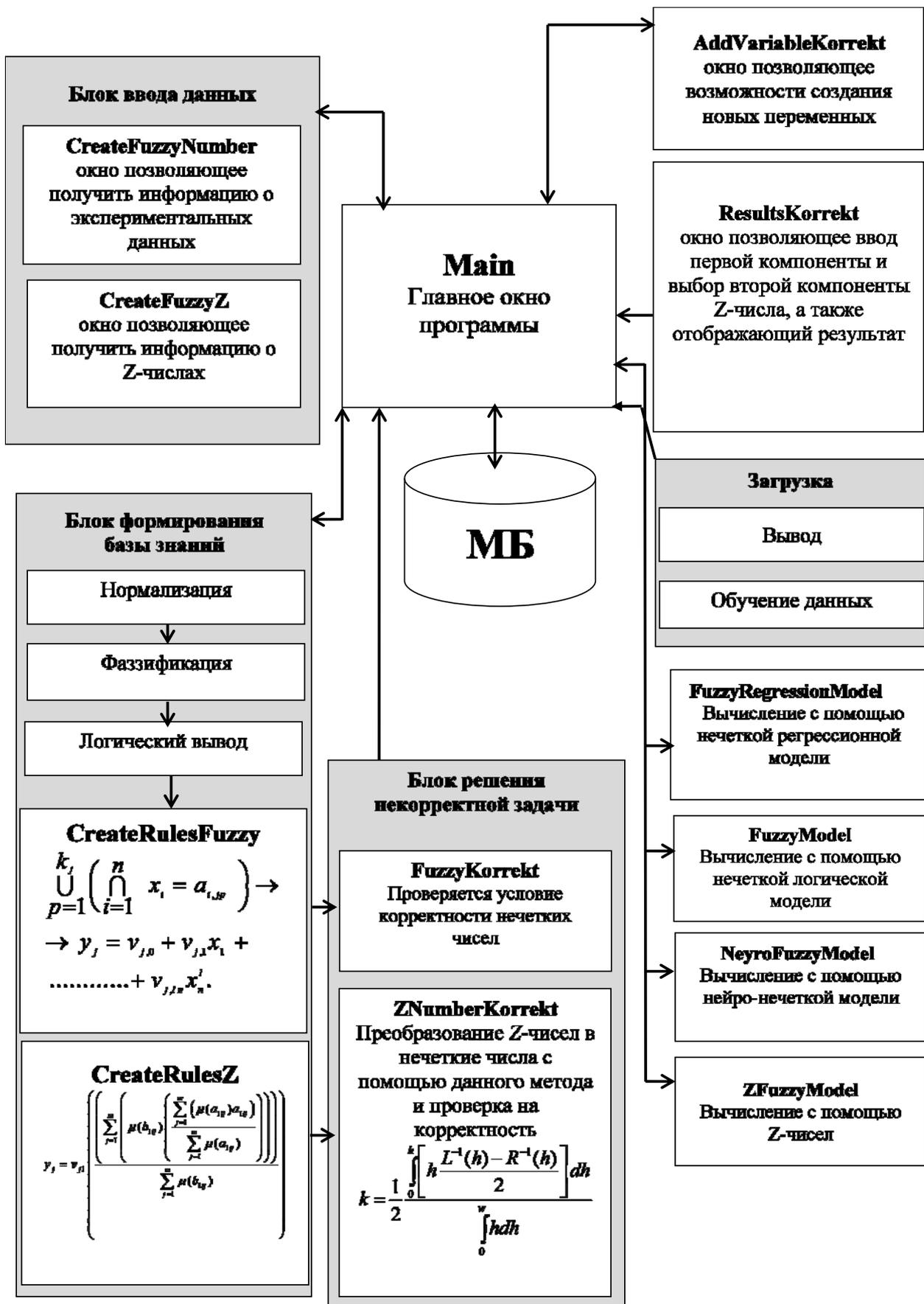


Рис. 1. Функциональная структура программного комплекса

На основе построенного алгоритма и разработанного программного комплекса решены ряд тестовых модельных задач оценки, прогнозирования и классификации, а также оценки и прогнозирования риска банкротства (рис. 2).

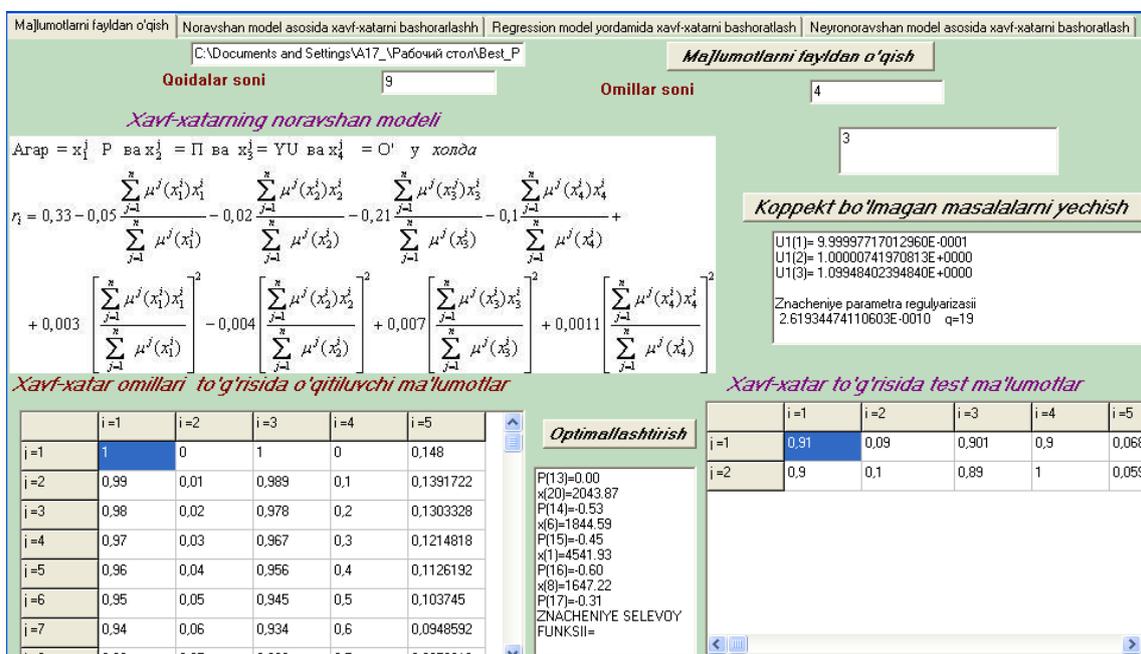


Рис. 2. Программа решения задачи оценки и прогнозирования риска

В целях проведения экспериментальных исследований разработанных методов и алгоритмов реализован процесс решения модельных задач («сердце» и «онкология»). В результате проведенных исследований, на основе реальных данных известных тестовых задач создана аппроксимационная модель с помощью базы нечетких знаний.

Таблица 1

Формальное представление модельных задач

Название задачи	Количество классов	Количество факторов	Количество объектов	Результат с учетом устойчивости	Результат без учета устойчивости
Риск банкротства (risk)	20	5	290	98,7%	89,5%
Онкология (onkol)	19	10	139	99,3%	94,08%
Сердце (heart)	6	12	75	89,3%	87,7%

Чтобы показать эффективность предлагаемого метода сравнены результаты предлагаемого и существующих методов для тестовых задач сердца и онкология (Таб. 2). В итоге предлагаемая нечеткая модель в рассмотренной задаче дала лучший результат, по сравнению с другими методами.

Таблица 2

Сравнительный результат предлагаемого метода существующими методами

Задача	Предлагаемый метод	Колония пчел	Нейронные сети	SAMGA
Сердце (heart)	87.8	87.2	86.82	73.00
Онкология (onkol)	99,3	97,2	96,02	82.00

В пятой главе «Применение Z-чисел для решения задач оценки состояния слабоформализуемых процессов» приведен результат сравнительного анализа вычислительного эксперимента, полученным с использованием методов вычисления нечеткого интеграла, объединение Z-чисел и логической модели, построенной на основе Z-чисел. Эксперимент проведен для задачи выбора из четырех селекционных сортов ($X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$) хлопчатника: С-4727, Ташкент 1, 159-Ф, 108-Ф лучшего по заданным характеристикам: урожайность, длина волокна, прочность волокна, маслячность семян.

Результаты ранжирования всех селекционных сортов на основе нечеткого интеграла показали, что сорт 108-Ф является наилучшим среди предложенных селекционных сортов хлопчатника, поскольку результирующее значение степени принадлежности этого сорта нечеткому множеству является наибольшим (0,24).

Для проведения вычислительного эксперимента на основе объединения Z-чисел использованы операции T-нормы и T-конормы над дискретными Z-числами.

Окончательный результат $Z_{agg} = (A, B)$ предлагает выращивания сорта 108-Ф хлопчатника с вероятностью 0,85.

Проведен вычислительный эксперимент с использованием логической модели, основанной на Z-числа:

Если $x_1 = (H, C)$ и $x_2 = (H, C)$ и $x_3 = (H, C)$ и $x_4 = (H, C)$

или $x_1 = (C, H)$ и $x_2 = (H, C)$ и $x_3 = (H, C)$ и $x_4 = (H, C)$

То $r_1 = (B, C)$.

Если $x_1 = (H, C)$ и $x_2 = (H, C)$ и $x_3 = (H, C)$ и $x_4 = (C, C)$

или $x_1 = (H, C)$ и $x_2 = (H, C)$ и $x_3 = (H, C)$ и $x_4 = (B, C)$

или $x_1 = (H, C)$ и $x_2 = (H, C)$ и $x_3 = (C, C)$ и $x_4 = (H, C)$

То $r_2 = (BC, C)$.

Если $x_1 = (H, C)$ и $x_2 = (H, C)$ и $x_3 = (H, C)$ и $x_4 = (BC, C)$

или $x_1 = (H, C)$ и $x_2 = (H, C)$ и $x_3 = (BC, C)$ и $x_4 = (C, BC)$

или $x_1 = (H, C)$ и $x_2 = (H, C)$ и $x_3 = (C, BC)$ и $x_4 = (B, BC)$

То $r_3 = (C, BC)$.

Если $x_1 = (H, BC)$ и $x_2 = (B, BC)$ и $x_3 = (C, BC)$ и $x_4 = (C, BC)$

или $x_1 = (H, BC)$ и $x_2 = (C, BC)$ и $x_3 = (C, BC)$ и $x_{44} = (B, BC)$ То $r_4 = (HC, C)$.

Если $x_{15} = (C, BC)$ и $x_{25} = (B, BC)$ и $x_3 = (C, BC)$ и $x_4 = (B, BC)$

или $x_1 = (B, BC)$ и $x_2 = (B, BC)$ и $x_3 = (C, BC)$ и $x_4 = (B, BC)$

или $x_1 = (B, BC)$ и $x_2 = (B, BC)$ и $x_3 = (B, BC)$ и $x_4 = (B, BC)$

То $r_5 = (H, C)$.

Здесь H - низкий, C - средний, HC - ниже среднего, BC - выше среднего, B - высокий.

В предложенных моделях каждая входная переменная имеет свои собственные функции принадлежности нечетким термам (H , HC , C , BC , B), которые используются в уравнениях.

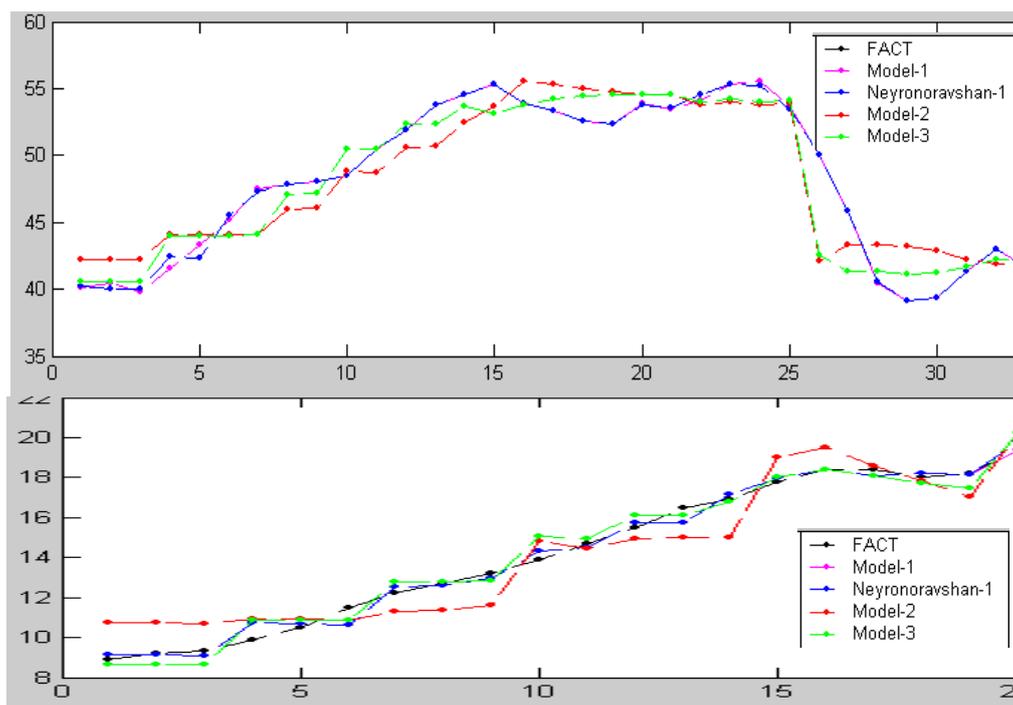


Рис.3. График оценки выбора для обучающих и тестирующих данных

С помощью выше построенных моделей можно прогнозировать не только реальную урожайность, но и потенциальную урожайность.

В качестве направления для дальнейшей работы можно выделить разработку алгоритма использования арифметики дискретных Z -чисел в механизмы вывода, что принесёт наименьшие потери информации, содержащейся в Z -числах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного диссертационного исследования на тему «Метод и алгоритмы решения некорректных задач построения нечетких моделей слабоформализуемых процессов» сводятся к следующим основным выводам:

1. Усовершенствован метод определения некорректных задач, возникающих при построении нечеткой модели на основе проверки условий корректности оценки состояния слабоформализуемых процессов. Указанный метод служит для решения задач оценки и прогнозирования.

2. Разработан подход построения нечетко-логической модели оценки, классификации и прогнозирования состояния слабоформализуемых процессов путем преобразования Z -чисел в классические нечеткие числа. Этот подход, в отличие от других, даёт возможность получения достоверного результата по принятию решений в рамках Z -информации.

3. Усовершенствован метод получения нечеткого и нечетко-устойчивого решения некорректных задач, возникающих при построении модели оценки состояния слабоформализуемых процессов с помощью различных функций принадлежности на основе теории нечетких множеств. Предложенный метод даёт возможность построения корректной нечеткой модели слабоформализуемых процессов.

4. Усовершенствован метод получения устойчивого решения на основе Z -чисел. Метод даёт возможность получения достоверного результата классификации и прогнозирования состояния слабоформализуемых процессов.

5. Созданы алгоритмы и программа решения неустойчивых задач, формирующихся при построении систем поддержки принятий решений, на основе нечетких множеств. Программа даёт возможность оценки и прогнозирования состояния слабоформализованных процессов.

6. Разработан метод решения задачи нахождения параметров нечетких коэффициентов при построении логической модели оценки состояния слабоформализуемых процессов и принятие решений путем приведения ее к задаче линейного программирования. Метод, даёт возможность получения нечетко-устойчивого решения.

7. Разработана программа для решения неустойчивых задач, основанных на теории нечетких множеств, при оценки состояния слабоформализованных процессов. Созданная программа служит для проведения мониторинга убыточных предприятий и уменьшения экономически не состоятельных предприятий.

8. На основе интеллектуального анализа созданы линейные и нелинейные модели прогнозирования – с проверкой и без проверки на устойчивость решений. Погрешность прогнозирования с проверкой устойчивости составляет 0,07-3%, без учета устойчивости с - 5,5-17,33%. Предлагаемая модель даёт возможность снижения погрешности.

9. Разработаны методы и алгоритмы получения решения некорректных задач на основе Z -чисел и определения параметров, выражающих устойчивость полученного решения. В настоящее время результат разработки средств обеспечения информационной безопасности в информационных системах и применения вычислительного алгоритма даёт возможность интеллектуального анализа данных в информационных системах и предотвращения утечки конфиденциальных данных.

10. Проведен вычислительный эксперимент на основе методов вычисления нечеткого интеграла, объединение Z -чисел и логической модели, построенной на основе Z -чисел. В качестве направления для дальнейшей работы можно выделить разработку алгоритма использования арифметики дискретных Z -чисел в механизмы вывода.

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

**SCIENTIFIC AND INNOVATION CENTER OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES AT THE TASHKENT
UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

PRIMOVA HOLIDA ANORBOEVNA

**METHOD AND ALGORITHMS FOR SOLVING INCORRECT
PROBLEMS OF CONSTRUCTING FUZZY MODELS OF POORLY
FORMALIZED PROCESSES**

05.01.03 – Theoretical basis of computer science

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

The theme of doctoral dissertation of technical sciences (DSc) was registered with the number of B2017.2.DSc/T120 at the Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan.

The dissertation has been prepared at Scientific and Innovation Center of Information and Communication Technologies at the Tashkent University of Information Technologies.

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

Scientific adviser:	Muxamedieva Dilnoz Tulkunovna Doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Gulyamov Shuxrat Manapovich Doctor of technical sciences, professor Usmanov Rishat Niyazbekovich Doctor of technical sciences, professor Nurmuxamedov Tolaniddin Ramziddinovich Doctor of technical sciences
Leading organization:	National university of Uzbekistan

The defense will take place “_____” _____ 2018 at _____ on the meeting of Scientific council No. DSc.27.06.2017.T.07.01 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

The dissertation is available at the Information Resource Centre of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under No. _____). (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation sent out on “_____” _____ 2018 y.
(mailing report No. ____ on “_____” _____ 2018 y.).

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

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

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

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

The aim of the work is the development of method and algorithms for solving incorrect problems based on the theory of fuzzy sets and Z-numbers in frame of construction of models for estimating the condition of poorly formalized processes.

The objects of the research are the poorly formalized processes expressed by fuzzy logical equations.

The novelty of research is as follows:

The method of definition of the incorrect problems arising while constructing the fuzzy model of an estimation of the state of poorly formalized processes on the basis of the correctness conditions verification was improved;

The methods for determining compact and noncompact classes of correctness by means of various membership functions based on the theory of fuzzy sets and Z-numbers were improved;

The method of obtaining fuzzy and indistinctly stable solution of incorrect problems arising while constructing the model for estimating the state of poorly formalizable processes using various membership functions based on the theory of fuzzy sets was improved;

The method of obtaining stable solution based on Z-numbers was improved;

The algorithms for solving unstable problems formalized while constructing the fuzzy logic model for the evaluation of poorly formalized processes and improving of decision support systems were developed using the theory of fuzzy sets;

The algorithm for solving incorrect problems arising while constructing the models for estimating the state of poorly formalizable processes on the basis of Z-numbers was developed;

The algorithm for solving the fuzzy optimization problem on the basis of the theory of fuzzy sets and Z-numbers was developed.

Implementation of the research results. On the basis of the developed fuzzy models, algorithms and software have been created on the basis of scientific research:

the methods for determining compact and noncompact classes of correctness with the help of various membership functions have been improved based on the theory of fuzzy sets and Z-numbers were introduced into the Tashkent Regional Department for Privatization, Demonopolization and Development of Competition for the Financial Recovery of Unprofitable Enterprises (certificate of the Ministry of Information Development technologies and communications No. 33-8 / 7925 of November 22, 2017). As a result of scientific research by means of financial recovery of unprofitable enterprises, their number in 2013 in the Tashkent region compared to the previous year was decreased by 23% with 3% decrease in incurred losses;

the algorithm and software for solving unstable tasks formalized in the construction of a fuzzy logical model have been developed and improving decision

support systems for the evaluation of poorly formalized processes based on the theory of fuzzy sets were introduced to monitor the economic stability of unprofitable enterprises in the Tashkent regional department of the State Committee of the Republic of Uzbekistan for the promotion of privatized enterprises and development of competition (certificate of the Ministry of Information Development technologies and communications No. 33-8 / 7925 of November 22, 2017). As a result of a scientific study of the conducted monitoring of the established program of economic stability of unprofitable enterprises in the Tashkent region, by the end of 2016 their number decreased by 15%, and in the republic at whole - by 20%;

algorithms for obtaining a fuzzy solution and a stable fuzzy solution of incorrect tasks were introduced at the State Unitary Enterprise "Bukadavsumvmashuspudrat" (certificate of the Ministry of Information Development technologies and communications No. 33-8 / 7925 of November 22, 2017). As a result of a scientific study of the assessment of the economic and financial state of the enterprise, the volume of circulating assets increased by 21.9%;

algorithmic support of solving incorrect problems based on Z-numbers was introduced into production process in the Limited Liability Company "Alp Crypto" (certificate of the Ministry of Information Development technologies and communications No. 33-8 / 7925 of November 22, 2017). As a result of the scientific research, an intellectual analysis of information rotating in information systems was carried out, this allowed to prevent the leakage of confidential information by 10-15%.

Structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of the introduction, five chapters, conclusion, the list of used literature and appendix. The dissertation volume is 158 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

1. Примова Х.А. Норавшан ахборотлар ҳолатида коррект бўлмаган масалаларни ечишни моделлаштириш ва алгоритмик таъминлаш. -Тошкент: Наврўз, Монография, 2017. – 100 б.

2. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А. Баҳолаш ва башоратлаш масалаларини турли хил тегишлилик функциялари ҳолатида ечиш // ТАТУ хабарлари. –Тошкент, 2016. – №1. – Б. 63-70. (05.00.00; №10).

3. Примова Х.А. Сушт шаклланган жараёнларда норавшан ўлчовлар // ТАТУ хабарлари. –Тошкент, 2015. – №3. – Б. 156-159. (05.00.00; №10).

4. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А., Хасанов У.У. Нейро-нечеткий алгоритм идентификации и настройки параметров систем нечеткого вывода // Информатика ва энергетика муаммолари Ўзбекистон журнали. –Тошкент, 2016. – №3. – Б. 22-28. (05.00.00; №5).

5. Bekmuratov T.F., Primova H.A., Soliyeva V.T. The adaptive algorithm of fuzzy synthesis // Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув. – Tashkent, 2016. – №5. – pp.110-114. (05.00.00; №12).

6. Примова Х.А. Подходы к решению задач оптимизации на основе алгоритмов природных вычислений // Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув. – Тошкент, 2016. – №3. – Б. 85-93. (05.00.00; №12).

7. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А. Решение задачи мониторинга на основе применения искусственных иммунных систем // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2017. – №3(9). – С. 95-103.(05.00.00; №23).

8. Бекмуратов Т.Ф., Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А. Принятие слабоструктурированных решений на основе нечеткого интеграла // Проблемы информатики. - Новосибирск, 2015. – Вып.1. – С.33-39. (05.00.00; №67).

9. Primova H. A., Niyozmatova N. A. Analysis of Using Z-evaluation Uncertainty in Fuzzy Inference Systems // AASCIT. American Journal of Mathematical and Computational Sciences. – USA, 2016. – №1(2). – pp.67-73. (05.00.00 №1).

10. Mukhamedieva D.T., Primova Kh.A. Approach to problem solving multicriterial optimization with fuzzy aim // International Journal of Mathematics and Computer Applications Research (IJMCAR). – USA, 2014. vol.4, Issue 2. – pp.55-68.

11. Muhamediyeva D.T., Abduraimov D., Primova Kh.A. Development of software complexes of text data recognition // BEST: International Journal of Management, Information Technology and Engineering (BEST). – India, 2016. vol 4, Issue 7. – pp.27-36.

12. Примова Х.А. Принятие слабоструктурированных решений в задачах селекции на основе нечеткого интеграла // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2016. – №3(5). – С. 80-88.

13. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А., Ниезметова Н.А. Подходы к использованию Z-оценивания неопределенности в системах нечеткого вывода // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2015. – №2(2). – С. 85-90.

14. Primova X.A Problems decision-making on risk assessment in the conditions of uncertainty // Proceedings of WCIS-2012, b – Quadrat Verlag, 2012. – pp.78-81.

15. Примова Х.А. Норавадан ахборотлар ҳолатида ер унумдорлигини ошириш масаласи // Информационные технологии и проблемы телекоммуникаций: Материалы Республиканской научно-технической конференции. – Ташкент, 2013. Ч. II. – С. 193-194.

16. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А., Ниезметова Н.А. Применение нечеткого интеграла для решения задач оценки и распознавания // Приоритетные направления в области науки и технологий в XXI веке: Материалы VII Международной научной конференции. 30-31 мая 2014. - Ташкент, 2014. – С. 262-267.

17. Bekmuratov T.F., Muhamediyeva D.T., Primova X.A., Niyozmatova N.A. Assessment of weakly formalized process based on the fuzzy integral. // Proceedings of eighth International Conference on Soft Computing, Computing with Words and Perceptions in system Analysis, Decision ICSCCW-2015, Antalya. – Turkey, 2015. – pp. 391-397.

18. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А., Ниезметова Н.А. Методика использования Z-чисел в системах нечёткого вывода // Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении: Материалы Республиканской научно-технической конференции. – Ташкент, 2015. – С. 348-354.

19. Примова Х.А. Сушт шаклланган жараёнларда норавадан ўлчовлар // Радиотехника, телекоммуникация ва ахборот технологиялари: муаммолари ва келажак ривож: Халқаро илмий-техник конференция мақолалар тўплами. – Тошкент, 2015. I-том. – 6-8 бетлар.

20. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А. Imkoniyatli muqobillashtirish masalalarining modellari va ularning turg'unlik mezonlari // Проблемы информационных и телекоммуникационных технологий: Материалы Республиканской научно-технической конференции. – Ташкент, 2016. – С. 304-305.

21. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А. Современные методы при качественной оценке плодородия земель // Современные материалы, техника и технологии в машиностроении: Материалы III Международной научно-практической конференции. – Андижан, 2016. – С. 501-504.

22. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А. Современные методы управления урожайностью хлопчатника // Там же. – С. 515-519.

23. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А. Оптимизационные методы определения состава и соотношения угодий // Проблемы анализа и моделирования региональных социально-экономических процессов: Тез. докл. VI Международной научно-практической конференции. – Казань, 2016. – С. 144-147.

24. Примова Х.А. Норовшан чизикли дастурлаш масаласини ечишнинг ёндошувлари // Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении: Тез. докл. Республиканской научно-технической конференции. – Джизах, 2016. – С. 128-134.

25. Примова Х.А. Кўп мезонли норовшан оптималлаштириш масаласини ечиш ёндошувлари // Там же. – С.134-140.

26. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А. Подходы к решению некорректных задач оценки состояния слабоформализуемых процессов // Замонавий аборот-коммуникация технологияларини жорий этишда дастурий таъминотларни яратиш: муаммо ва ечимлари: Материалы Республиканской научно-технической конференции. 8-9 сентябр 2016. – Самарканд, 2016. – С. 78-81.

27. Bekmuratov T.F., Primova H.A., Soliyeva B.T. The adaptive algorithm of fuzzy synthesis // Proceedings of Ninth World Conference “Intelligent Systems for Industrial Automation”, WCIS-2016. 25-27 October 2016. – Tashkent, 2016. – pp. 289-293.

28. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А., Солиева Б.Т. Решение задачи оптимизации слабоформализуемых процессов // Актуальные проблемы прикладной математики и информационных технологий – Ал-Хорезми 2016: Материалы V Международной конференции. 9-10 ноября 2016. – Бухара, 2016. – С. 200-203.

29. Примова Х.А. Решение задач оценки риска при нечеткой исходной информации // Там же. – С. 219-221.

30. Примова Х.А. Построение нечеткой логической модели оценки риска в слабоформализуемых системах // Информатика: проблемы, методология, технологии: Материалы XVII Международной научно-методической конференции. 9-10 февраля 2017. – Воронеж, 2017. – С.137-141.

31. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А. Анализ и формализация некорректных задач оценки риска в нечетких условиях // Там же. – С. 118-122.

32. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А. Применение Z-чисел для качественного анализа математических моделей // Кубатурные формулы и приложения: Тез. докл. семинара. 15-16 марта 2017. – Ташкент, 2017. – С. 70-71.

33. Примова Х.А., Солиева Б.Т. Кластерлаш алгоритми асосида суст шаклланган жараёнлар холатини баҳолашнинг нейроноровшан моделини куриш // Значение информационно-коммуникационных технологий в инновационном развитии реальных отраслей экономики: Материалы

Республиканской научно-технической конференции. 6-7 апреля 2017. – Ташкент, 2017. – С. 345-347.

34. Бекмуратов Т.Ф., Примова Х.А. Системы поддержки принятия решений, предназначенной для создания экспертных и советующих систем с нечеткой логикой // Таълим ва илмий тадқиқотлар самарадорлигини оширишда замонавий ахборот-коммуникация технологияларининг ўрни: Материалы Республиканской научно-практической конференции. 5-7 мая 2017. – Карши, 2017. – С. 18-19.

35. Мухамедиева Д.Т., Примова Х.А. Подходы к использованию Z-чисел в системах нечеткого вывода // Современное состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении: Материалы Республиканской научно-технической конференции. 5-6 сентября 2017. – Ташкент, 2017. – С. 327-333.

36. Примова Х.А. Построение нечетко-корректных моделей задач принятия решений // Там же. – С. 372-377.

37. Примова Х.А., Суюнов У.Б. Қарорлар қабул қилишда Z-сонлар ёндошувининг қўлланилиши // Там же. – С. 368-372.

38. Muhamediyeva D.T., Primova X.A. Parametrlı modellashtirish noravshan ueshimini topish muammolari // Ахборот коммуникация технологиялари ва сонли моделлаштиришнинг амалий масалалари: Материалы Республиканской научно-технической конференции. 8-9 сентября 2017. – Самарканд, 2017. – С. 22-25.

39. Примова Х.А. Подходы к решению задач оценки и распознавания с применением нечеткого интеграла // Актуальные проблемы оптимизации и автоматизации технологических процессов и производств: Материалы Международной научно-технической конференции. 17-18 ноября 2017. – Карши, 2017. – С. 95-98.

40. Примова Х.А., Солиева Б.Т. Нечеткие модели оценки состояния слабоформализуемого процесса // Там же. – С. 98-103

41. Мухамедиева Д.Т., Ниёзматова Н.А., Примова Х.А. Программа оптимальной оценки состояния слабоформализуемых процессов // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство №DGU 04038. 30.08.2016.

42. Примова Х.А., Ниёзматова Н.А. Программа разработки интеллектуальных систем оценки состояния слабоформализуемых процессов // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Свидетельство №DGU 020160492. 30.08.2016.

Автореферат “Информатика ва энергетика муаммолари” Ўзбекистон илмий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитура рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,5. Адади 100. Буюртма №6.

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