

**МИРЗАЕВ ДИЛШОД АМИНОВИЧ**

**АХБОРОТ-БОШҚАРУВЧИ ТИЗИМЛАР ДАСТУРИЙ**  
**ТАЪМИНОТИНИНГ ФУНКЦИОНАЛ ИШОНЧЛИЛИГИНИ**  
**БАҲОЛАШНИНГ МОДЕЛЛАРИ ВА АЛГОРИТМЛАРИ**

**05.01.04 - Ҳисоблаш машиналари, мажмуалари ва компьютер тармоқларининг**  
**математик ва дастурий таъминоти**

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

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертация  
автореферати мундарижаси**

**Оглавления автореферата диссертации доктора философии (PhD)  
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**Мирзаев Дилшод Аминович**

Ахборот-бошқарувчи тизимлар дастурий таъминотининг  
функционал ишончлилигини баҳолашнинг моделлари ва алгоритмлари ..... 3

**Мирзаев Дилшод Аминович**

Модели и алгоритмы оценки функциональной надёжности  
программного обеспечения информационно-управляющих систем..... 21

**Mirzaev Dilshod Aminovich**

Models and algorithms of assessment of functional reability  
of information management systems' software ..... 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 43

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

---

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

**МИРЗАЕВ ДИЛШОД АМИНОВИЧ**

**АХБОРОТ-БОШҚАРУВЧИ ТИЗИМЛАР ДАСТУРИЙ**  
**ТАЪМИНОТИНИНГ ФУНКЦИОНАЛ ИШОНЧЛИЛИГИНИ**  
**БАҲОЛАШНИНГ МОДЕЛЛАРИ ВА АЛГОРИТМЛАРИ**

**05.01.04 - Ҳисоблаш машиналари, мажмуалари ва компьютар тармоқларининг**  
**математик ва дастурий таъминоти**

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

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузурдаги Олий аттестация комиссиясида В2017.3.PhD/Т352 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) ва "Ziyounet" Ахборот таълим порталида ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Гулямов Шухрат Манапович  
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Зайнидинов Хакимжон Насриддинович  
техника фанлари доктори, профессор

Хакимов Муфтох Хамидович  
техника фанлари номзоди, доцент

Етақчи ташкилот:

Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти

Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузурдаги DSc.27.06.2017.Т.07.01 Илмий кенгашнинг 2019 йил "06" март соат 16<sup>00</sup> 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](mailto:tuit@tuit.uz)).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (2541 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2019 йил "10" феврал да тарқатилди.  
(2019 йил "15" да даги 2 рақамли реестр баёниномаси).



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

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

Х.Н.Зайнидинов  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш қошидаги илмий семинар  
раиси, т.ф.д., профессор

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда ҳозирги вақтда рақамли технологиялар ва муҳитларнинг яратилиши дастурий таъминотларга, айниқса, ахборот-бошқарувчи тизимларнинг дастурий таъминотига бўлган талабнинг ортиши, дастурий таъминотларнинг сифат даражасидан функционалликка ҳамда ишончилигига оид илмий-амалий масалаларни амалга оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шу жиҳатдан, маълумотларнинг норавшанлиги ва хатолиги шароитида, хавфларнинг мавжудлиги ва мураккаб тизимлар ҳаёт циклининг барча погоналарида вақтнинг етишмаслиги, ҳисоблаш техникасида самарали қўллашда масалаларнинг янги даражаларини ечиш, сунъий интеллект воситалари ва усуллари ишлаб чиқишга катта эътибор қаратилмоқда. Жаҳоннинг бир қатор мамлакатларида, хусусан Швейцария, АҚШ, Германия, Франция, Япония каби давлатларда ишлаб чиқариш тизими ва воситаларини автоматлаштиришни қўллаш билан ахборот-бошқарув тизимларини ривожлантириш муҳим вазифалардан бири ҳисобланмоқда.

Жаҳонда ахборот-бошқарувчи тизимларнинг ривожланиши саноат бошқарув тизимларининг ҳаёт циклини ахборотли қўллаб-қувватлашга, мураккаб техник ва технологик бошқарув объектларининг ишлаш сифатини талаб даражасида таъминловчи ишончли дастурий таъминотни ва усуллари ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий-тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ушбу соҳада, жумладан, истиқболли ҳисоблаш машиналарини ишлаб чиқувчиларининг олдида турган янги принципларнинг (оптоэлектроника, юқори ҳароратдаги ўта ўтказувчанлик, биокристаллар ва бошқалар) архитектураларини ишлаб чиқиш, машиналарнинг юқори ишончилиги ва яшовчанлигини таъминлаш, таркибий қисмлари чекланган ишончилиikka эга бўлган ҳисоблаш машиналарида масалаларни ишончли ечилиш усуллари яратиш, сунъий интеллект элементларини юқори ишончли тизим дастурий таъминотини ишлаб чиқиш, катта ўлчамликдаги масалаларни ечишда маълумотларни киритиш ва чиқариш янги усуллари ишлаб чиқиш зарур ҳисобланмоқда.

Республикамизда давлат дастурлари доирасида идоралараро ва идоравий ахборот тизимларини, маълумотлар базалари, дастурий маҳсулотларини ва ахборот коммуникация соҳасида дастурий таъминотнинг ишончилигини оширишга қаратилган кенг камровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, “ахборот-коммуникация технологияларини янада ривожлантириш, ... дастурий маҳсулот ишлаб чиқарувчиларга янада қулай ташкилий, технологик ва иқтисодий шароитлар яратиш, ... иқтисодиёт, ижтимоий соҳа ва бошқарув тизимига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш”<sup>1</sup> вазифалари белгиланган.

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони

Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан, маълумотларни узатиш, қайта ишлаш ва сақлашнинг янги йўлларини ҳамда маҳаллий ахборот-бошқарувчи тизимлар рақобатдошлигини ошириш ва дастурий таъминотнинг юқори ишончлилигини халқаро даражада таъминлашни амалга киритиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикасининг “Электрон ҳукумат тўғрисида”ги Қонуни (2015), Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги, 2017 йил 30 июндаги ПФ-5099-сон “Республикада ахборот технологиялари соҳасини ривожлантириш учун шарт-шароитларни тубдан яхшилаш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Фармонлари, 2013 йил 27 июндаги ПҚ-1989-сон “Ўзбекистон Республикаси Миллий ахборот коммуникация тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот фан ва технологиялари ривожланишининг IV. “Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш” устувор йўналишига мос равишда бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ахборот-бошқарувчи тизимларнинг замонавий дастурий таъминоти сифатини аниқловчи муҳим омил бўлиб, унинг ишлаш ишончилиги ҳисобланади. Ахборот-бошқарувчи тизимлар дастурий таъминотининг ишончилигини ошириш муаммоларини тадқиқ этишда ҳамда ахборотли хизматларини ва дастурий маҳсулотларни ишлаб чиқиш жараёнини бошқариш вазифаларига У.Хамфри, Ф.Брукса, Ф.Кратчена, М.Полка, М.Мюллера, С.Кана, Т.Фелмана ва каби хорижий олимларнинг тадқиқотлари бағишланган. Дастурий мажмуаларнинг ишончилиги ва сифатини ошириш билан боғлиқ илмий – техник муаммоларни ечишда Г.С.Осипов, Э.В.Попов, Н.Г.Ярушкіна, Э.Деминг, Д.Ишикова, Д.Ҷуран, А.У.Шухарт, В.В.Липаев, Е.Г.Семёнова, В.Б.Тарасов, А.Г.Варжапетян, Э.Нессер, Т.Тейер, В.Л.Стефанюкларнинг ҳисоблаш машиналари дастурий таъминотининг сифатини бошқаришда энг ажойиб, деб тан олинган ишлари билан салмоқли ҳисса қўшишди. Хорижий олимлар билан бир қаторда маҳаллий олимларимиздан Ф.Б.Абуталиев, М.М.Камилов, Н.Р.Юсупбеков, Т.Ф.Бекмуратов, Х.З.Игамбердиев, М.М.Мусаев, С.С.Касымов, А.Р.Марахимов, Р.Н.Усманов, Д.Т.Мухаммадиева, Ф.Т.Адилова, М.А.Рахматуллаев, А.А.Қадилов, М.А.Исмаилов, М.М.Арипов, Ф.Т.Адилов ва бошқалар катта ҳисса қўшишди.

Диссертацияда кўриб чиқилаётган муаммолар бўйича тадқиқотлар таҳлили шуни кўрсатадики, ҳисоблаш тармоқлари, тизимлари ва мажмуалари дастурий таъминотининг ишончилиги масалалар етарли даражада тўлиқ кўриб чиқилмаганлиги, баҳолашнинг замонавий таҳлилий воситалардан

фойдаланишнинг зарурати ва ҳисоблаш машиналарининг дастурий таъминоти сифатини бошқариш ҳамда уни лойиҳалаш ва эксплуатация қилишда дастурий мажмуалар ҳаёт циклини сақлаб туриш, амалга ошириш жараёнларининг паст натижавийликка олиб келадиган реал мавжуд бўлган самарадорликни таъминловчи усуллар билан жиддий қарама-қаршилик тўлик бартараф этилмаганлигидан далолат беради.

Ҳозирги кунда таҳлил шуни кўрсатадики, ахборот-бошқарувчи тизимлар дастурий таъминотининг ишлаш ишончилиги ва сифатини ошириш масалалари маҳаллий ва хорижий ишларда талаб этилаётган функционал имкониятлар, самарадорлик, тез ҳаракатлилик, натижавийликнинг мезонлари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг №А5-060-“Булутли ҳисоблашлар (“Электрон ҳукумат” тизими элементларининг ривожланиши мисолида) инфратузилмасида тармоқ хизматларини тақдим этиш механизмлари ва моделлари” (2015-2017), №Ф-4-56-“Норавшан – кўплик тасаввурлар асосида мураккаб технологик объектларни бошқариш интеллектуал тизимлари структура – параметрик таҳлилининг усуллари ва назарий асосларини ишлаб чиқиш” (2012-2016) мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади ахборот-бошқарувчи тизимлар дастурий таъминотининг функционал ишончилигини таъминлаш моделлари ва алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

дастурий мажмуалар ишлашини оптималлаштирувчи норавшан мантик аппаратини такомиллаштириш;

функционал рад этиш пайдо бўлиш режимида дастурий таъминот ишлашининг лингвистик сабаб-оқибат моделини ишлаб чиқиш;

функционал рад этиш пайдо бўлишида ишончлилик кўрсаткичини аниқловчи дастурий таъминот яратиш;

турли ҳолатлар умумий сони бўйича дастурий таъминот ишончилигини баҳолайдиган алгоритмни такомиллаштириш;

тах-мин композицияда норавшан математика амалларни бажариш алгоритминини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида ахборот-бошқарув тизимларининг дастурий таъминоти олинган.

Тадқиқотнинг предмети ахборот-бошқарувчи тизимлар дастурий таъминоти ишончилигини моделлаш ва тадқиқ қилиш алгоритмларини ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида тизимли таҳлил қоидалари ва усуллари, техник тизимларнинг ишончлилик назарияси, сунъий интеллект назарияси усуллари, норавшан кўпхад ва лингвистик ўзгарувчанлар назарияси, қарор қабул қилишнинг дастурий инженерияси ва

назарияси усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

норавшан чекланган автомат ишлаш жараёни асосида функционал рад этиш пайдо бўлиш режимида дастурий таъминот ишлашининг лингвистик сабаб-оқибат модели ишлаб чиқилган;

тах-тiп композициянинг икки босқичли матрицали жараён кўринишида иккита норавшан сонлар устида арифметик амални бажаришга йўл кўювчи, норавшан математика амалларини бажариш алгоритми ишлаб чиқилган;

норавшан-тўплам мулоҳазалари ва норавшан мантиқ аппарати дастурий мажмуалар ишлашини оптималлаш ҳамда мослигини моделлаш орқали такомиллаштирилган;

ҳисоблаш машиналари дастурий таъминотининг ишончилигини баҳолаш алгоритми “турли ҳолатлар умумий сони – функционал рад этишлар сони” ўзаро нисбатини аниқлаш асосида такомиллаштирилган;

функционал рад этиш пайдо бўлишида мавжуд сабаб-оқибат алоқаларни инобатга олиш асосида ишончилик кўрсаткичини аниқлашга имкон берувчи дастурий таъминот яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ахборот-бошқарув тизимлари дастурий таъминоти ишлаш жараёнини норавшан чекланган автомат кўринишида тасаввур қилиш технологияси ишлаб чиқилган;

тадқиқ этилаётган жараёни янада мосликни акс этувчи ва имитацияловчи сценарийни ташкил этадиган лингвистик сабаб-оқибат модели асосида дастурий таъминот ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги мавжуд ахборот-бошқарув тизимлари дастурий таъминотининг сифати ва ишончилигини баҳолашнинг амалий кўникмалари ҳамда назарий таҳлил натижаларини қўллаш орқали, сунъий интеллект, норавшан кўпхадлар назарияси, лингвистик ўзгарувчанлар, юмшоқ ҳисоблашлар, математик ва ўхшаш моделлаш, кўп даражали оптималлаштириш усулларидан қатъий ва ўз ўрнида фойдаланиш орқали ҳамда таклиф этилган модел ва алгоритмларнинг апробацияси бўйича ҳисоблаш тажрибалари билан диссертация ишининг предметли соҳасида илмий ишларни таҳлилий кўриб чиқиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ахборот-бошқарув тизимлари дастурий таъминотининг сифати ва ишончилигини баҳолашни амалга оширишга имконият берувчи, таклиф этилган моделлар ва алгоритмлардан иборат. Таклиф этилган ёндашув дастурий таъминот ҳаёт циклининг барча босқичларида замонавийлаштириш ва эксплуатация қилишда, қуриш самарадорлигини оширишга қаратилган моделлар ва алгоритмларни ишлаб чиқишнинг илмий-техник (амалий) асослари билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти имитацияли



моделлаштириш натижалари нафақат синовдан ўтказилаётган унсурларни, балки бутун дастурий мажмуани тўлиқлигича ишлашининг ишончлилиги ва сифатини баҳолашга, шунингдек тадқиқ этилаётган объектларни эксплуатация қилишдаги каби ишлаб чиқиш босқичларида пайдо бўладиган дастурий рад этишларни ҳисобга олиш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Ахборот-бошқарув тизимлари дастурий таъминотининг функционал ишончлилигини таъминлаш мақсадида ишлаб чиқилган моделлар, алгоритмлар ва дастурий восита асосида:

ахборот-коммуникация технологияларининг дастурий таъминотида функционал рад этиш пайдо бўлиши жараёнида мавжуд сабаб-оқибат алоқаларни инobatта олиш асосида ахборот-бошқарувчи тизимлар дастурий таъминотининг ишончлилигини баҳолаш моделлари ва алгоритмлари Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги қошидаги “Электрон ҳукумат” тизимини ривожлантириш марказида жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 26 октябрда-ги 33-8/8020-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида дастурий тизим ишлашининг ҳар бир такрорланиши 1 мс вақт ичида давом этган алгоритм учун тўғри танилган буйруқлар 87%ни ташкил этган;

ҳисоблаш машиналари дастурий таъминотининг ишончлилигини баҳолаш алгоритмини “турли ҳолатлар умумий сони – функционал рад этишлар сони” ўзаро нисбатини аниқлаш орқали дастурий мажмуаларнинг автоматлаштирилган тестлашини интеллектуал қўллаб-қувватлаш воситалари ҳамда усуллари Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги қошидаги “Электрон ҳукумат” тизимини ривожлантириш марказида жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 26 октябрдаги 33-8/8020-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида хатоликларни башоратлаш масалаларини ечишда бутун тизим 96% буйруқларни тўғри таниш имконини берган;

ахборот-бошқарувчи тизимлар дастурий таъминотининг ишлаш жараёнида норавшан чекланган автомат кўринишида тасаввур қилиш технологияси асосида функционал рад этиш пайдо бўлиш режимида тадқиқ этилаётган дастурий маҳсулот ишлашини имитацияловчи сценарийни ифода этадиган лингвистик сабаб-оқибат модели «Black Rabbit» МЧЖда жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2018 йил 26 октябрдаги 33-8/8020-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида хатоликларнинг ўтиш эҳтимоллиги 8%га қисқариш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари апробациядан ўтган ҳамда 10 та халқаро ва 5 та республика илмий-техник анжуманларида муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқот мавзуси бўйича жами 29 та илмий иш чоп этилган, улардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 13 та мақола, улардан 4 таси хорижий ва 9 таси республика журналларида нашр қилинган, шунингдек 2 та ЭХМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш қисми, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация тадқиқотининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари ҳамда объект ва предметлари тавсифланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқот илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини жорий қилиш рўйхати, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг “Ахборот-бошқарув тизимлари дастурий таъминотининг сифати ва ишончлилигини баҳолаш назарияси ва амалиётининг замонавий ҳолати” деб номланган биринчи бобида илмий тадқиқот ва ишланмаларнинг ўта долзарб ҳамда талаб этилган йўналишлари нуқтаи назаридан ҳаракатлантирувчи кучлар кўриб чиқилган. Замонавий ахборот-бошқарувчи тизимлар дастурий таъминотини яратиш ва эксплуатация қилишда ахборот-коммуникация технологияларининг замонавий усуллари ҳамда воситаларини қўллаш сценарийлари, саноатни автоматлаштиришни ривожланиш тенденциялари аниқланган.

Ҳозирги вақтда ахборот технологияларининг ривожланиши ишончлилик, рад этишга бардошлиликка қўйилган талабларни қайта кўриб чиқиш билан олиб борилади. Маълумотлар объектнинг амалий қиммати самарали ишлашнинг муҳим шартларидан бири бўлиб, улар таркибида қўлланилаётган дастурий таъминотни қутилмаган узилишлардан, шунингдек, маҳсулот ҳаёт циклини унинг барча босқичларида барча маълумотлар кириш тўпламларининг аниқ ва муваффақиятли ишлаши ҳисобланади.

Кўпчилик ахборот-бошқарувчи тизимлар нуқсон ва заифликка эга бўлган, фойдаланувчи маълумотларининг шикастланиши, чиқиб кетиши ва бузилишини ўз ичига олувчи импорт дастурий маҳсулот бошқарувида ишлаши мумкин. Дастурий таъминот сифати ва ишончлилигини баҳолаш соҳасининг янги ечимларига бағишланган тадқиқот ва ишланмалар, ахборот технологиялари ривожланишида долзарб ҳамда замон талаблари билан зарурати мавжуддир.

Диссертациянинг “Ахборот-бошқарув тизимлари дастурий таъминотининг ишончлилигини баҳолаш моделлари ва алгоритмлари” деб номланган иккинчи бобида ҳисоблаш тизимларининг ишончли ва рад этишларга бардошли дастурий таъминот яратиш услубиёти ифодаланган. Дастурий маҳсулотнинг ишончлилигини ҳаёт циклида унинг ҳар бир қадамида амалга ошириладиган таҳлили ҳамда баҳолашда маъқул ва аниқ натижаларни таъминлаш учун тажрибадан қатъий назар имкон қадар кўпроқ маълумотлардан фойдаланиш ўта муҳим.

Таҳлиллар шуни кўрсатадики, ҳозирги вақтда дастурий таъминот ишончлилигини баҳолаш учун амалиётда кўпгина текширилган, бироқ жиддий камчиликларга эга бўлган модель ва алгоритмлар мавжуд бўлсада, ягона ёндашув, услуб ва кўрсаткичлар мавжуд эмас. Тадқиқ этилаётган жараённинг кўпбосқичлилигини ҳисобга олган ҳолда, ахборот-бошқарувчи тизимларининг ишончли ва рад этишларга бардошли дастурий таъминотини яратишнинг мавжуд усулларини тизимлаштириш ҳамда бир хилликка келтириш мақсадга мувофиқ ва эҳтиёжи бор. Тўхталинаётган муаммонинг счнимига ягона ёндашув йўқлиги шароитларида, дастурий маҳсулотлар яратувчилари, яратишнинг ҳар бир босқичида дастурлар ишончлилигини кетма-кет баҳолашнинг янада тўғри услубини таъминлашга ҳаракат қилади. Ушбу ҳолатда асосий мураккаблик етарли даражадаги кириш тўпламларининг йўқлиги ва диққат билан ёзиш зарурати ҳамда ишончлиликни ҳисоблашнинг талаб этилган батафсил текшириш даражалари билан хатоларни аниқлаш динамикасини қайта ишлашдан иборат. Ҳаттоки унча мураккаб бўлмаган дастурлар учун маълумотларини қайта ишлашнинг барча алоқаларини аниқлаш реал эмас. Шу сабабли дастурий модулар ишончлилигини батафсил текшириб ҳисоблаш, ўзаро таъсир этувчи дастурий шаклланиш билан чекланиши лозим.

Ишда ахборот-бошқарувчи тизимларнинг ишончли, рад этишларга бардошли дастурий таъминотини яратиш учун моделлари ва усулларнинг таҳлили бажарилган. Уларнинг бутун ҳаёт цикли доирасида дастурий маҳсулотлар ва архитектура жиҳатдан яратишнинг кўп босқичлилигини инобатга олувчи юқори ишончли дастурий таъминотни ишлаб чиқиш ҳамда амалга киритиш бўйича мавжуд бўлган концепциялар тизимлаштирилди ва бир шаклга келтирилди. Дастурий таъминот ишончлилигини баҳолашда ишончлиликнинг оптималлашувчи параметрларини ажралиб турувчи аломатлари ва қўлланиладиган қонуний усуллари бўйича мавжуд моделлар, усуллар ва алгоритмларнинг классификациялари тақдим этилган.

Дастурий маҳсулотлар ҳаёт циклининг фазалари бўйича ишончлилик параметрларини баҳолаш моделлари ва усулларининг тақсимланиши таҳлил қилинган. Дастурий маҳсулотларга энг катта ҳисса қўшувчи (архитектура дизайни фазаси, кодлаш фазаси, компонентлар бўйича тестлаш фазаси ва ниҳоят, асли тизим дастурий таъминотининг тестлаш фазаси) дастурий таъминот ҳаёт циклининг энг муҳим фазаларининг таҳлили бажарилган.

Ахборот-бошқарувчи тизимлар дастурий таъминот ишончлилиги

Ўсишни моделлаштириш масалалари кўриб чиқилган ва дастурий таъминотнинг маълумотлар кириш тўплamlари диапазонлари тўғрисидаги маълумотларни ўзида жамловчи тестлашнинг операцион йўналиши таҳлил қилинган.

Диссертациянинг “Ахборот-бошқарув тизимларининг функционал ишончилигини баҳолаш моделлари ва алгоритмларини яратиш” деб номланган учинчи бобда ҳисоблаш тизимларида дастурий таъминоти ишлашининг янги сифат кўрсаткичларини излашни амалга оширса бўладиган йўллари ва бундай кўрсаткичларнинг дастлаб синтезини излашга асос бўлган сабаблар кўрсатилган.

Дастурий таъминот шунчалик мураккаб маҳсулот ҳисобланадики, унинг ишлаш сифатини биттагина скаляр кўрсаткич (масалан, рад этишга ишлаш каби) билан тавсифлаш имкони йўқ. Масаланинг моҳияти шундаки, сифатнинг вектор кўрсаткичини шундай синтезлаш керакки, унда, хусусан рад этишга ишлаш ушбу вектор кўрсаткичининг компонентларидан бири бўлиши керак бўлади.

Ахборот-бошқарувчи тизимларда бажарилаётган функция сифатини аниқловчи дастурий таъминот ҳолати қуйидаги кортеж билан тавсифланади:

$$\langle X_1, X_4, k_y, \Delta_T, T \rangle,$$

бунда  $X_1, X_4$  - маълумотларнинг кириш тўплamlари ва функционал рад этишларнинг норавшан сўнгги тўплamlари, мос равишда муайян тартибдаги қийматлари билан  $\mu_2(x) \rightarrow [0, 1]$  мансублик функцияси,  $k_y = \sim \rightarrow f(X_1, X_4) - X_1, X_4$  дан қандайдир функция;  $\Delta_T$  - кириш ва чиқишни сканерлаш оралиғи;  $T - X_1$  ва  $X_4$  аниқланиш давомидаги вақт.

“Функционал рад этиш” тушунчаси дастурий таъминот сабабли рад этишни янада тўлиқ акс эттиради, негаки оқибати бўлиб, дастурий тизимга қўйилаётган функцияларнинг қисман ёки тўлиқ бажарилмаганлиги ҳисобланади. Дастурий таъминот ишлаш жараёни сабаб-оқибат алоқалари ва муносабатлари билан мос равишда кўпгина функционал рад этишларга маълумотларнинг кириш тўплamlарида акс этгани каби кўриб чиқилади:

$$\Phi: X_1 \Rightarrow X_4$$

Кўпгина кириш тўплamlари (КТ) тўртта кўпликosti кўринишида тасвирланиши мумкин.  $A$  – дастурий таъминот текширувдан ўтказилгандаги КТ кўплиги;  $B$  – техник топшириқларда олдиндан берилган КТ худуди;  $C$  – маълумотларнинг реал кириш тўплamlари кўплиги;  $D$  – техник топшириққа кирувчи дастурий таъминот текширилгандаги реал КТларнинг кўплиги. Айтиш мумкинки, дастурни бажариш вақтида агар “ $a$ ” ҳолатида рад этиш  $D$  кўпликostiга тегишли КТда, “ $b$ ” - ҳолатида эса  $C$  кўпликostiдан КТда содир бўлса, унда ишончилиқни таққослаб бўлмайди. КТ биринчи ҳолатда <ЖУДА ЭҲТИМОЛ> субъектив (лингвистик) эҳтимоллик билан, иккинчи ҳолатида эса - <КАМ ЭҲТИМОЛЛИ> ёки <ДЕЯРЛИ ЭҲТИМОЛДАН ҲОЛИ> деб таърифланади.

Функционал рад этиш шаклланишида дастурий таъминотнинг мавжуд бўлган сабаб-оқибат алоқаларини ҳисобга олувчи сценарий куйидаги кўринишга эга:  $X_1$ : ностандарт кириш тўплами (НКТ)  $\Rightarrow X_2$ : рад этиш ҳолати (РЭХ)  $\Rightarrow X_3$ : рад этиш ҳолатини функционал рад этиш (ФРЭ)га ўтишни олдини олиш воситаларининг ишлаши  $\Rightarrow X_4$ : функционал рад этиш ёки меъёридаги иш.

Функционал рад этиш ҳосил бўлиш режимда дастурий таъминот ишлашининг мантқий моделини изоҳлаймиз:  $X_1 \Rightarrow X_4$ , бу кириш тўплamlарининг (КТ) функционал рад этишга (ФРЭ) бевосита ўтишини англатади;  $X_1 \Rightarrow X_2 \Rightarrow X_4$  – кириш тўплами  $\Rightarrow$  рад этишли ҳолат  $\Rightarrow$  функционал рад этиш:  $X_1 \Rightarrow X_2 \Rightarrow X_3 \Rightarrow X_4$  – кириш тўплamlари  $\Rightarrow$  рад этишли ҳолат  $\Rightarrow$  рад этишли ҳолатнинг функционал рад этишга (ФРЭ) ўтишини компенсацияловчи воситаларнинг ишлаши  $\Rightarrow$  функционал рад этиш (агар компенсациялаш воситаларининг ишлаши омадсиз бўлса).

Ҳисоблаш жараёнининг у ёки бу тармоқда ривожланиш эҳтимоллигига лингвистик, субъектив ёки аниқ эҳтимолликлар (масалан, агар КТ <ЭҲТИМОЛЛИЛАР> синфига мансуб бўлса, унда жараён оқиб ўтиши  $X_1 \Rightarrow X_4$  <ПАСТ> тармоқ бўйича) қўллаш билан мулоҳазалар тизими орқали таърифланган бўлиши мумкин. Агар <ЭҲТИМОЛЛИ>, <ПАСТ> термлари аниқ сонлар билан алмаштирилса, унда анъанавий статистик хулосаларга келиш мумкин.

Таклиф этилган схеманинг афзаллиги, кириш тўплamlарининг лингвистик эҳтимолликлари (частоталар), рад этишли ҳолатлар, компенсация воситалари ишлаши, функционал рад этишлар ҳисобида турувчи қўшимча маълумотларни олишга имкон беради. Таҳлиллар шуни кўрсатадики, ҳаттоки “кириш-чиқиш” – “кириш тўплamlари  $\Rightarrow$  функционал рад этиш” синфидаги жараёнлар моделининг қурилиши, дастурий таъминот ишончилигини фақат рад этишларнинг сабабини ва уларни келтириб чиқарувчиларни аниқмаслигини ҳисобга олувчи моделларга нисбатан янада объектив моделини олиш имкониятини беради.

Таклиф этилаётган схема асосида дастурий таъминот ишлашининг сифати: <агар  $B \omega_{KT} = \text{det}$  ЮҚОРИ кўпликлардан кириш тўплamlари частотаси ва  $\omega_{ФРЭ} = \text{det}$  КИЧИК  $\omega_{KT}$  функционал рад этишлар частотаси бўлса, унда дастурий таъминот ишлашининг сифати ЮҚОРИ> типидagi мулоҳазалар тизими билан изоҳланади. Бунда < $\omega_{X_i} = \text{КИЧИК}$ , КАТТА, ...ГА ЯҚИН частотаси> типидagi норавшан тасдиқлар  $X_1, X_2, X_3, X_4$  кўпликлар элементлари ўртасида  $R_j$  норавшан муносабатлар қўлланилади, масалан: < $j$ -типидagi  $\omega_{X_i}^{(j)}$  паст кириш тўплamlари частоталар фарқи модули ва  $\omega_{X_i}^{(j)} = \text{КИЧИК}$ , КАТТА “ $f$ ” –типидagi функционали рад этиш> ва х.з.

Норавшан тасдиқлашлар ва норавшан муносабатлар умумий ҳолда норавшан кўпликлар кўринишида ифодаланади:

$$\omega_{x_j} = \bigcup_i \omega_{x_j}^{(i)} / \mu_{\omega_{x_j}}^{(i)}, \quad j=1,2, \dots$$

бунда  $\omega_{x_j}^{(0)}$  -  $\omega_{x_j}$  параметрининг, масалан  $\langle \omega_{x_j} = \text{КИЧИК} \rangle$  норавшан тасдиқ билан изоҳланувчи частоталар синфига тааллуқли эхтимолоий қийматлар;  $\mu_{\omega_{x_j}}^{(0)} - \mu_{\omega_{x_j}}^{(0)}(x) \rightarrow [0,1]$  кўрсатилган синфга тааллуқли  $\omega_{x_j}^{(0)}$  қиймат билан эхтимоллик (субъектив, лингвистик) ёки имкониятлари даражасини аниқловчи тааллуқлилиқ функцияси.

Сценарий асосида  $\langle \text{ЮҚОРИ, ЎРТА, ПАСТ} \rangle$  (ёки ҳар қандай бошқа бирлашма билан) сингари баҳоланувчи, ишлаш сифатини аниқловчи дастурий таъминот учун мулоҳазалар тизимини шакллантириш мумкин. Ушбу (ёки ҳар қандай бошқа) ҳолатларни эталон сифатида қабул қила туриб, эталон тамойили асосида ишончилиқни баҳолашга имкон берувчилар асосида афзаллик тизимини аниқлаш мумкин.

Дастурий таъминот ишлаш жараёнида кириш тўплами кўпликларининг функционал рад этиш кўпликларга акси сифатида қабул қилинган сабаб-оқибат модели билан мос равишда, яъни  $\Phi : X_1 \Rightarrow X_4$ . Кириш тўплamlари даҳлдорлиги нуқтаи назаридан  $\langle \text{ЎТА ЭХТИМОЛ, ЭХТИМОЛ, КАМ ЭХТИМОЛ, АЙТАРЛИ ЭХТИМОЛДАН ҲОЛИ} \rangle$  ва шунга ўхшаш лингвистик термлар билан таърифланувчи аниқ бир эхтимоллик синфига тааллуқлилиқ функцияси орқали муайян тартибланган. Шунга ўхшаш  $\langle \text{ЎТА ЭХТИМОЛЛИ КТ} \rangle$ ,  $\langle \text{ЭХТИМОЛЛИ} \rangle$  ва бошқаларда жойига эга бўлган рад этишлар кўпликостини ажратиб, кўпгина функционал рад этишларни муайян тартиблаш мумкин. Мос равишда  $X_1$  ва  $X_4$  куйидаги кўринишга эга:

$$X_1 = \bigcup_j X_1^{(j)} / \mu'_1, \quad j=1, 2, \dots; \quad X_4 = \bigcup_j X_4^{(j)} / \mu'_4, \quad j=1, 2, \dots$$

Ҳамонки,  $X_1^{(j)} \in X_1$ ,  $X_4^{(j)} \in X_4$  норавшан ёки лингвистик ўзгарувчилар (ЛЎ) қийматларига  $\mu_{x_1} \in F(X_1), \mu_{x_4} \in F(X_4)$  тааллуқлилиқ функциялари билан норавшан кўпликостини мос келади, унда  $\Phi : F(X_1) \Rightarrow F(X_4)$  кўринишни умумий ҳолатда норавшан деб ҳисоблаш мумкин. У барча функционал рад этишлар ва кириш тўплamlари учун норавшан мослик сифатида олиниши мумкин бўлади:

$$\Phi = \bigcup_{\mu} \mu'_1 \times \mu'_4, \quad \mu_{x_1} \in F(X_1), \mu_{x_4} \in F(X_4)$$

Шундай қилиб,  $x_j \in X_1, j=1, 2, \dots$ , яъни  $\mu_{x_4} = \mu_{x_1} \otimes \Phi \Leftrightarrow x_4 = x_1 * \Phi$  қийматлари норавшан вектори янги тўплamlарида  $x_4 \in X_4$  қийматли норавшан векторни аниқлаш (хулоса қилиш) масаласини кўйиш мумкин.

Мантиқий тузилмага асосланган норавшан тизим модели а) берилган  $x_j, x_4$  “кириш-чиқиш” жуфтлик учун  $x_4 = x_j * \Phi$ ; б) мантиқий тузилмали, масалан, берилаётган  $M_1$  – агар  $X_1$   $\langle \text{ЎЛКАН} \rangle$ ; унда  $x_4$   $\langle \text{КИЧИК} \rangle$ ;  $M_2$  – агар  $x_1$   $\langle \text{ЎЛКАН} \rangle$ , унда  $x_4$   $\langle \text{КИЧИК} \rangle$  моделлари билан қандайдир \* операторли  $\Phi$  тизимли таърифни қўшади.

ФРЭ шаклланишида дастурий таъминот ишлаш жараёни юклатилган вазифалар бажарилмаган ҳолда бундай ҳолатнинг (кириш тўплamlари ва

ички сабаблар таъсирида) ютуғи сифатида кўриб чиқилади. Функционал рад этиш сингари синфлаштирилган чиқиш ҳолатига олиб келувчи қолдик хатолар ва бошқа омиллар юзага чиқади. <ЭХТИМОЛЛИКНИНГ ЮҚОРИ, ЎРТА, КИЧИК> ва шунга ўхшаш типдаги мулохазаларга предметли соҳалари ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олиб, тузатилган эхтимоллик шкаласи [0, 1] солиштирилади.

Дастурий таъминот ишлаш жараёнини қуйидаги кортеж билан таърифланувчи норавшан чекланган автомат ишлаш жараёни кўринишида тасвирлаш мақсадга мувофиқ:

$$A = \langle X_1, S, X_4, S_0, \delta, \delta_1 \rangle$$

бунда  $X_1 = \bigcup_j x_j^{(1)} / \mu_{x_1}^{(1)}$ ,  $j = 1, 2, \dots$  – киришларнинг сўнгги норавшан кўплиги

(кириш тўплами тегишли бўлган кўпликнинг частота синфини аниқловчи тааллуқлилиқ функцияси қиймати билан муайян тартибланган кириш тўплamlари);  $S = \{S_i, i = \overline{1, m}\}$  – функционал рад этишни аниқ келтириб чиқарувчи меъёрий ва “рад этишли” ҳолатларни ичига олувчи ҳолатларнинг сўнгги кўплиги (умумий ҳолда норавшанларнинг);  $X_4 = \bigcup_j x_j^{(4)} / \mu_{x_4}^{(4)}$ ,  $j = 1, 2, \dots$  –

чиқишларнинг (функционал рад этишларнинг) сўнгги кўпликлари, ҳар бир функционал рад этиш ўзининг  $\mu_{x_4}^{(4)}(x) \rightarrow [0, 1]$  “аҳамияти”га эга;  $\mu_{x_4}^{(4)}(x) = 1$  бўлганда тизим қайта юкланади ва аниқ бошланғич (нолли) ҳолатига ўтади;  $\delta: S \times X_1 \times S \rightarrow L$  – чиқишлар функцияси;  $S_0$  – бошланғич ҳолати, умумий ҳолда  $S_0 \in F(S)$ ,  $S_0: S \rightarrow L$ .

Айтайлик,  $X_1^*$  – кириш тўплamlари кўплиги;  $\delta: S \times X_1 \times S \rightarrow L$  – ўтишлар функцияси қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$\delta_{S'}(\lambda) = \delta(S, \lambda, S') = \begin{cases} 1 & S' = S \text{ бўлганда,} \\ 0 & S' \neq S \text{ бўлганда.} \end{cases}$$

$$\delta_{S'}(\theta) = \delta(S, \theta, S') = \max \left\{ \min \left[ \delta(S, x_1^{(1)}, S'), \delta(S_1, x_1^{(2)}, S_2) \right], \right. \\ \left. \min \left[ \delta(S_1, x_1^{(2)}, S_2), \delta(S_2, x_1^{(3)}, S_3) \right], \dots, \min \left[ \delta(S_{f-2}, x_1^{(f-1)}, S_{f-1}), \delta(S_{f-1}, x_1^{(f)}, S') \right] \right\}, \\ \theta = \{x_1^{(1)}, x_1^{(f)}\} \subset X_1^*, \theta \neq \lambda.$$

Агар  $T_\theta = T_{x_1^{(1)}} \circ T_{x_1^{(2)}} \circ \dots \circ T_{x_1^{(f)}}$ , ўтишлар матрицаси бўлса, унда кириш кетма-кетлигида норавшан автомат чиқиши  $X_4 \Leftrightarrow \mu_{x_4}(\theta) = S_0 \circ T_\theta \circ \delta_1$  кўринишга эга бўлади. Агар таҳлил норавшан автоматда ягона  $X_4 = \{x_4^*\}$  – функционал рад этиш чиқиши мавжуд бўлган ҳолат билан чегараланиб қўйилса, унда норавшан чиқиш  $\delta_2 = \{\mu_{x_4}^j\}$ ,  $j = \overline{1, f}$ , вектор билан аниқланади, бунда  $\mu_{x_4}^j \notin \delta_2$ ,  $S_j \in S$ ,  $j = 1, 2, \dots$  ва  $x_1^{(f)}$ дан мос равишда ( $x_4$ ) функционал рад этишни олишнинг имконият даражасини кўрсатади.

Норавшан автоматни  $S_F \subset S$  финал ҳолатларни аниқлаган ҳолда янада махсуслаштириш мумкин.

$$\delta_1 = \{\mu_{x_4}^j\}, j = \overline{1, n}, \mu_{x_4}^j = \begin{cases} 1 & S_j \in S_F \text{ бўлганда,} \\ 0 & S_j \notin S_F \text{ бўлганда.} \end{cases}$$

Тизимни қайта юклашга йўл қўйилгандан кейин албатта  $S_0 \in S$  нолли (аник) ҳолатга қайтиш юз беради, яъни

$$\delta_i^0 = \{r_j\}, j = \overline{1, n}; r_j = \begin{cases} 1 & S_j = S_0 \text{ бўлганда,} \\ 0 & S_j \neq S_0 \text{ бўлганда.} \end{cases}$$

чиқиш функциялари қийматлари  $X_4(\theta) \Leftrightarrow \mu_{X_4}(x_1) = \max_{S \in S} \delta_{S,S}(\theta)$ , кўринишида аниқланади, бунда  $\theta = \{x_1^{(1)}, x_1^{(2)}, \dots, x_1^{(m)}\}$ .

Дастурий таъминотнинг ҳолати (ва мос равишда унинг ишлаш сифати)  $T$  вақт оралиғида қуйидаги кортеж билан тавсифланади:

$$S_i = \langle X_i, X_4, T, f(X_4, X_i), \Delta t_{X_i} \rangle$$

бунда  $X_i = \bigcup_j X_i^j / \mu_{X_i}^j$  - сўнгги норавшан чиқиш кўпликлари,  $\mu_{X_i}^j$  - тизим параметрларининг кириш тўпламлари “аҳамияти”,  $\mu_{X_i}^j(x) \rightarrow [0,1]$ ,  $X_i = \bigcup_k X_{i,k}, k = \overline{1, K}$ ;  $K$  - кириш тўпламлари синфлари микдори;  $X_4 = \bigcup_j X_4^j / \mu_{X_4}^j$ ,  $X_4 = \bigcup_p X_{4,p}, p = \overline{1, P}$ ;  $P$  - кириш тўпламлари синфлари микдори,  $\mu_{X_4}^j$  - функционал рад этишлар “аҳамияти”,  $\mu_{X_4}^j(x) \rightarrow [0,1]$ ,  $f(X_4, X_i)$  - тизим ҳолати ҳақида қўшимча маълумот олишга имкон берувчи  $X_4, X_i$ га нисбатан қандайдир функция (умумий ҳолда норавшан).

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики,  $S_i$  кортежида  $f$  функция сифатида қуйидаги муносабатни олиш мақсадга мувофиқ:

$$k_j = \left( \bigcup_j X_{1j} / \mu_{X_1}^j \right) \dot{\vdash} \left( \bigcup_j X_{4j} / \mu_{X_4}^j \right), \quad j = 1, 2, \dots$$

бунда  $\dot{\vdash}$  - норавшан бўлувчи операцияси.

Ушбу муносабат амалда ҳар доим ҳисоблаб чиқилиши мумкин ва уни дастурий таъминот сифатидаги объектив кўрсаткичи сифатида фойдаланса бўлади.  $k_j$  - параметр масалаларни анънавий қўйилишида фойдаланиши мумкин -  $\alpha$  - сатҳда аниқ қийматлар  $X_4$  ва  $X_1$  билан аппроксимация вақтида.  $k_j$  кўрсаткичини ҳисоблаб чиқариш норавшан сонларни (НС) бўлиш операциясини ифодалайди.

Кириш (кириш тўпламлари) бошқарувдаги объектлар сонини (ҳисоблаш тизими) ташкил этади; клавиатурадан киритиш процессорни юклаш ҳисобига олинмаслиги 5 тартибдаги сканерлаш оралиғини танлашга имкон берди. Чиқиш (чиқиш ҳолати) киришдаги ўша вақт онда (ёки яқинида) вазиятнинг ташқаридан пайдо бўлиши каби аниқланади. Бунда чиқиш ҳолатларини баҳолаш учун тизим (протокол) хабарлари сингари қандай фойдаланилган бўлса, худди шундай хабарлар бўлмаганда ходимлар ҳаракати (агар улар зарур бўлган бўлса) ҳам фойдаланади.

Шундай қилиб, “кириш-чиқиш” 26,27  $\Rightarrow$  2,11,16 микдор жуфтликлар олинди. Танланган сканерлаш оралиғи суткада камида 200 ўлчовларни (“кириш-чиқиш” жуфтлиги) олиш имконини берди. МБнинг алоҳида майдонлари: 4, 5, 6, 7, 8 микдор - “вазят даражаси - чиқиш ҳолатининг



эксперт баҳоси, 0.1, 0.3, 0.7, 1.0 босқичларга эга. 1.0 катталиқ бажарилаётган функцияларнинг тўлиқ йўқотилишини англатади. 0,1 – йўқотиш 10% ва шунга ўхшаш. Иккита ҳолат кўриб чиқилаётган эди: модернизациягача тизим ( $C_1$ ) ва модернизациядан кейинги тизим ( $C_2$ ). Ушбу ҳолда ҳисоблашлар ва уларнинг “шаффоф”лигини ихчамлаштириш мақсадида фақатгина 0.01+0.1 дан паст бўлмаган тааллуқлилиқ функцияси “аҳамиятли” учун ўша вазиятлар (“кириш-чиқиш” жуфтлиги) инobatта олинган. Ўлчаш вақти – суткалар; сканерлаш оралиғи – 5 мин.

$C_1$  тизими: уларнинг “аҳамиятли”лиги билан мос равишда кириш тўпламлари (кириш):  $X_1^1 = \{19/0.18, 20/0.2, 22/0.12\}$ , чиқиш ҳолатлари (функционал рад этишлар миқдори) шунга ўхшаш аниқланган:  $X_4^1 = \{1/0.16, 2/0.66, 4/0.01\}$ .

$C_2$  тизими:  $X_1^2 = \{28/0.113, 30/0.101, 33/0.07\}$ ,  $X_4^2 = \{2/0.195, 3/0.56, 5/0.024\}$ .

$C_1$  ва  $C_2$  тизимлар учун  $k_y$  қийматни ҳисоблаб топамиз:

$$k_y^1 = X_1^1 \dot{\cdot} X_4^1 = \begin{array}{|c|c|} \hline 19 & 0.18 \\ \hline 20 & 0.20 \\ \hline 22 & 0.12 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 4 \\ \hline 0.16 & 0.66 & 0.01 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline 19 & 20 & 22 \\ \hline 19/0.16 & 20/0.16 & 22/0.12 \\ \hline 9.5/0.18 & 10/0.20 & 11/0.12 \\ \hline 4.75/0.01 & 5.0/0.01 & 5.5/0.01 \\ \hline \end{array} =$$

$$\equiv \{9.5/0.18, 10/0.2, 11/0.12\};$$

$$k_y^{(2)} = X_1^2 \dot{\cdot} X_4^2 = \begin{array}{|c|c|} \hline 28 & 0.113 \\ \hline 30 & 0.101 \\ \hline 33 & 0.07 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline 2 & 3 & 5 \\ \hline 0.190 & 0.56 & 0.024 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|c|c|c|} \hline 28 & 30 & 33 \\ \hline 14/0.113 & 15/0.101 & 15.5/0.07 \\ \hline 9.33/0.113 & 10/0.101 & 11/0.07 \\ \hline 5.6/0.02 & 6/0.02 & 6.6/0.02 \\ \hline \end{array} =$$

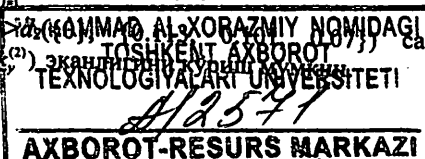
$$\equiv \{9.33/0.113, 10/0.101, 11/0.07\}.$$

Афзалликни аниқлаш учун дастурий таъминотнинг ишончли ишлашининг эталонини таърифлаймиз. Бундай эталон бўлиб, хусусан тасдиқлаш тизими бўлиши мумкин, масалан: а) <КИРИШ ТўПЛАМЛАРИ Йўқлигида ФУНКЦИОНАЛ РАД ЭТИШ ЮЗ БЕРМАЙДИ>, ёки б) <0.5+1 АҲАМИЯТЛИЛИК КОЭФФИЦИЕНТЛИ КИРИШ ТўПЛАМИДА (яъни “D” КИРИШ ТўПЛАМЛАРИ КўПЛИКОСТИ) ФУНКЦИОНАЛ РАД ЭТИШЛАР КўПЛИКОСТИДАГИ КИРИШ ТўПЛАМЛАРИ МИҚДОРИДАН 10%ДАН ОШМАСЛИГИ КЕРАК> ёки бошқа.

а) ҳолат учун кортеж <0, 0> кўринишга эга.  $C_1$  и  $C_2$  дастурий таъминот ишончлилиги кўрсаткичини эталондан ажратиб турувчи “масофа”ни ҳисоблаб топамиз. Маълумки,  $A$  ва  $B$  норавшан кўпликлар орасидаги чизикли ва квадратли масофа куйидаги кўринишда ҳисобланади:

$$d(A, B) = \sum_{j=1}^n \text{Mod}(\mu_j(x_j) - \mu_j(y_j))$$

$$d_1(\{0\}, \{0.18, 0.2, 0.12\}) > d_1(0, k_y^{(1)}), \quad d_1(0, k_y^{(2)}) > d_1(0, k_y^{(1)})$$

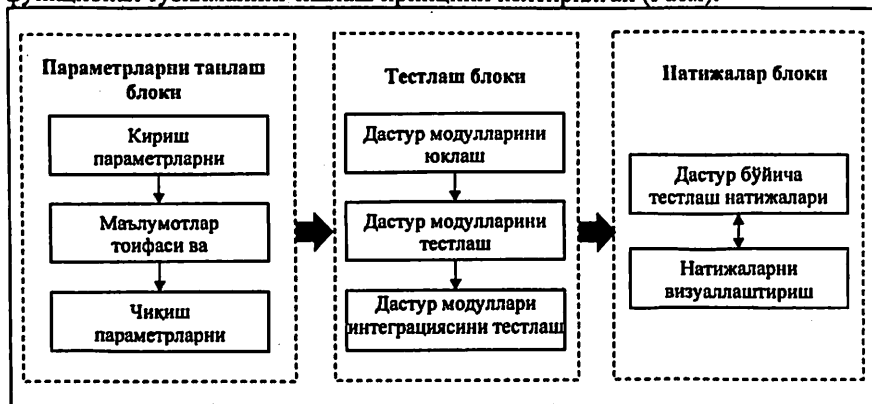


Шундай қилиб,  $S_2$  тизим дастурий таъминот ишлаш ишончилиги биринчисига кўра юқори, сабаби  $k_y^{(1)}$  га нисбатан  $k_y^{(2)}$  эталонга яқин. Белгилаб қўямиз, агар барча кириш тўпламлари ва функционал рад этишлар тенг қийматли, деб ҳисобласакки бундай ҳулоса қилишимиз мумкин эди, яъни аниқ ёки норавшан сонларнинг таққослаш индексини қўллаган ҳолда. Биринчи ҳолатда  $k_y^{(1)}=61/7$ ,  $k_y^{(2)}=91/10$ , яъни  $k_y^{(1)} \cong 8.7 < k_y^{(2)}=9.1$ , иккинчи ҳолатда эса  $k_y^{(1)}=10/0,2 > k_y^{(2)}=10/0,101$ га эга. Таъкидлаб ўтамиз,  $k_y^{(1)}$  ва  $k_y^{(2)}$  <ТАХМИНАН 10> тасдиқ билан аппроксимация қилинади.

Диссертациянинг “Дастурий таъминот ишончилигини ошириш масалаларида хатоликларни башоратлаш ва амалга ошириш” номли тўртинчи бобда дастурий таъминотнинг ҳаёт циклининг барча босқичларида юқори ишончиликни таъминлашни, узлуксиз ривожланиш ва мослашишни талаб этувчи мураккаб кўп даражали тизимлар дастурий маҳсулоти каби муҳим агентга – йўналтирилган ёндашувни интеллектуал агентларнинг ўзаро таъсирини тадқиқ қилиш очиб берилган. Ахборот-бошқарув тизимларида дастурий воситаларни тестлаш амалга оширилган.

Иқтисодийёт ва коммуникацияларнинг глобаллашуви ягона бошқариш жараёни билан қамраб олишни талаб қиладиган объектларнинг масштабларини орттиришига олиб келади. Трансмиллий ва давлатлараро даражагача ишлаб чиқариш маҳсулотларини етказиб бериш занжирлари, юқори фойдалана олишликдаги транспорт инфратузилмалари, ишлаб чиқариш соҳаларини ривожлантиришнинг мақсадли дастурлари йириклашмоқда. Шу сабабли ассоциатив қондалар асосида кидириш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Шунингдек, дастурий таъминотни лойиҳалаш жараёнидаги функционал тузилманинг ишлаш принципи келтирилган (Расм).



Расм. Дастурий таъминот сифати ва ишончилигини баҳолашнинг функционал тузилмаси

Unit Тестлаш асосида дастурни текшириш ва тестлаш натижалари баҳоланди. Дастурни тестлашда қуйидаги 12 та тестловчи усуллардан фойдаланилди (жадвал).

Жадвал

### Дастурни текшириш ва тестлаш натижалари

№	Тестланувчи усул	Тестловчи усул	Натижа тоифаси
1.	read() [class Machine]	readTest() [MachineTest]	boolean
2.	write() [class Machine]	writeTest() [MachineTest]	boolean
3.	read1() [class Machine]	read1Test() [MachineTest]	boolean
4.	write1() [class Machine]	write1Test() [MachineTest]	boolean
5.	addBalance() [class Machine]	addBalanceTest() [MachineTest]	int
6.	writeBank() [class Machine]	writeBankTest() [MachineTest]	boolean
7.	readBank() [class Machine]	readBankTest() [MachineTest]	boolean
8.	getParol() [class Machine]	parolTest() [MachineTest]	boolean
9.	cipher() [class Cipher]	cipherTest() [MachineTest]	boolean
10.	cipher1() [class Cipher]	cipher1Test() [MachineTest]	boolean
11.	decipher() [class Cipher]	decipherTest() [MachineTest]	String
12.	decipher1() [class Cipher]	decipher1Test() [MachineTest]	String

Берилган тестлаш усуллари асосида ишлаб чиқилган дастур ишончилигини текшириш учун яратилган тест ҳолатларини ишга тушириб қуйидаги натижалар олинади. Юқоридаги натижаларга кўра “MachineTest” синфи орқали текшириладиган 8 та усул барчаси муваффақиятли ишлаётганлиги аниқланди.

Тушунтирилаётган диссертацияда дастурий инжинирингнинг назарияси ва амалиёти учун катта ҳақмиятга эга бўлган ахборот-бошқарувчи тизимлар дастурий таъминотини ишлаб чиқиш, амалга киритиш ва эксплуатация қилиш ҳаёт циклининг барча босқичларида қарор қабул қилиш асосланганлигини юқори даражага олиб чиқиш имконини берувчи моделлар ва алгоритмлар ишлаб чиқилган.

### ХУЛОСА

“Ахборот-бошқарувчи тизимлар дастурий таъминотининг функционал ишончилигини баҳолашнинг моделлари ва алгоритмлари” мавзусидаги диссертация ишида келтирилган тадқиқотнинг асосий натижалари қуйидагига олиб келади:

1. Ахборот-бошқарувчи тизимлар дастурий таъминотининг сифат ва ишончилигини баҳолаш илмий-техник муаммоларининг замонавий ҳолат таҳлили асосида янги тенденциялар ривожланиши ва такомиллаштириш йўналишлари аниқлаб берилган. Бунда такомиллаштирилган норавшан мантиқ аппарати ҳисоблаш тизимлари дастурий таъминотининг ишончилигини аниқлашга имкон беради;

2. Норавшан чекланган автомат ишлаш жараёни асосида функционал рад

этиш пайдо бўлиш режимида дастурий таъминот ишлашининг лингвистик сабаб-оқибат модели ишлаб чиқилган. Ушбу ишлаб чиқилган лингвистик сабаб-оқибат модели норавшан муносабатларга асосланган ахборот – бошқарувчи тизимлари асосида дастурий таъминот ишлаш жараёнига ўхшаш сценарийни акс этишга ва тадқиқ қилинаётган объектни янада объектив тасвирлашга имкон беради;

3. “Турли ҳолатлар сони – функционал рад этишлар сони” нисбати бўйича ва реал ҳисоблаш тизими дастурий таъминотининг ишончлилигини баҳолаш алгоритмлари ишлаб чиқилган. Мазкур баҳолаш алгоритми ахборот-бошқарувчи ва ҳисоблаш тизимлари дастурий таъминотининг ишончлилигини баҳолашга имкон яратади;

4. Ахборот-бошқарув тизимларида дастурий модулларни бўлаклаб тестлаш (Unit), уларнинг ўзаро алоқасини тадқиқ қилишда агентга-йўналтирилган ёндашув усули ҳамда дастурий воситаларнинг модуллари ва уларнинг интеграцион боғланиш жараёнининг ишончлилигини оширишда рад этиш ва хатоларни ассоциатив қоидалар асосида баҳоратлаш модули ишлаб чиқилган. Дастурий таъминот функционал ишончлилигини баҳоратлашда аниқликни ошириш имконини берди;

5. Дастурий мажмуалар ишлашини оптималлаш ҳамда мослигини моделлашнинг норавшан-тўплам мулоҳазалари ва норавшан мантиқ аппарати такомиллаштирилган. Ахборот-бошқарувчи тизимлар дастурий таъминотининг ишлаш жараёнида норавшан чекланган автомат билан шаклланган, тадқиқ этилаётган дастурий маҳсулот ишини имитацияловчи сценарийни ифода этадиган лингвистик норавшан модель базавий алгоритмлар билан таққослаганда уларнинг самарадорлиги исботланган, яъни хатоликларнинг ўтиш эҳтимоллиги 8%га қисқариш имконини берди;

6. Ахборот-бошқарув тизимлар дастурий воситаларида функционал рад этиш пайдо бўлишида мавжуд сабаб-оқибат алоқаларини инобатга олган ҳолда дастур ишончлилиги кўрсаткичларини аниқлашга имкон берувчи дастурий таъминот яратилган. Дастурий таъминот самарадорлигини баҳолаш натижалари бўйича, администраторлар томонидан тестлашга кетадиган вақтини сезиларли даражада, яъни 60% қисқартиришга, тест инфратузилмасидан самарали фойдаланишга 10% оширишга ҳамда ишончли тест натижаларини олиш учун зарур бўлган вақтни 2,3 мартага қисқартиришга имкон берди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**МИРЗАЕВ ДИЛШОД АМИНОВИЧ**

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ  
НАДЁЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ**

**05.01.04 - Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,  
комплексов и компьютерных сетей**

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

**Ташкент – 2019**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2017.3.PhD/T352

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) и Информационно-образовательном портале "Ziynet" ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz))

Научный руководитель: **Гулямов Шухрат Манапович**  
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Зайнидинов Хакимжон Насридинович**  
доктор технических наук, профессор

**Хакимов Муфтох Хамидович**  
кандидат технических наук, доцент


Ведущая организация: **Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности**

Защита диссертации состоится «06» март 2019 г. в «16<sup>00</sup>» часов на заседании научного совета DSc.27.06.2017.T.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100202, Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: [tuit@tuit.uz](mailto:tuit@tuit.uz)).


С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер № 2531). Адрес: 100202, Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44.

Автореферат диссертации разослан «10» февраль 2019 года.  
(протокол рассылки № 1 от 15.02 2019 года.)



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

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

  
**Х.Н.Зайнидинов**  
Председатель научного семинара при Научном совете  
по присуждению учёных степеней,  
д.т.н., профессор

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в настоящее время особое внимание уделяется созданию цифровых технологий и сред реализации научных и практических задач, связанных с растущим спросом на программное обеспечение, особенно для программного обеспечения информационно-управляющих систем, а также от качества до функциональности программного обеспечения. Таким образом, в условиях нечёткости и ошибки данных большое внимание уделяется нехватке времени и эффективному использованию вычислительных технологий на всех уровнях жизненного цикла систем, а также развитию искусственного интеллекта и методов. В нескольких странах мира, в том числе в Швейцарии, США, Германии, Франции и Японии считается одной из важнейших задач развития информационно-управляющих систем с использованием средств автоматизации производственных систем и инструментов.

Мировое развитие информационно-управляющих систем осуществляет научные исследования по информационному обеспечению жизненного цикла систем управления производством, разработке надёжных программных средств и методов, обеспечивающих уровень качества сложных технических и технологических объектов управления. Проблемы в этой сфере, стоящие перед разработчиками перспективных вычислительных машин, являются необходимость разработки новых архитектур принципов (оптоэлектроники, высокотемпературная сверхпроводимость, биокристаллы и др.), обеспечение высокой надёжности и живучести машин и создание способов надёжного решения задач на вычислительных машинах, компоненты которых обладают ограниченной надёжностью, разработка высоконадёжного системного программного обеспечения с элементами искусственного интеллекта, разработка новых способов ввода и вывода информации при решении задач большой размерности.

В нашей Республике в рамках государственных программ реализуется широкий спектр мер, направленных на повышение надёжности межведомственных и организационных информационных систем, баз данных, программных продуктов и программного обеспечения в сфере ИКТ. В Стратегии действий по развитию Республики Узбекистан в 2017 – 2021 годах определены, в частности задачи по реализации “дальнейшее развитие информационно-коммуникационных технологий, ... создание более благоприятных организационных, технологических и экономических условий для производителей программного обеспечения, ... внедрение информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, системы управления”<sup>1</sup>. В рамках приоритетных направлений одним из особенных задач считается реализация новых способов хранения, обработки и передачи данных, обеспечивающих на международном уровне высокую надёжность

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

программного обеспечения и повышение конкурентоспособности отечественных информационно-управляющих систем.

Данное исследование в определённом смысле помогает реализовать задачи указанные в Законе Республики Узбекистан “Об электронном правительстве” (2015), Указах Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года “О стратегии действий по развитию Республики Узбекистан” и №УП-5099 от 30 июня 2017 года “О мерах по коренному улучшению условий для развития отрасли информационных технологий в республике”, Постановлением Президента Республики Узбекистан №ПП-1989 от 27 июня 2013 года “О мерах по дальнейшему развитию Национальной информационно-коммуникационной системы Республики Узбекистан”, а также других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

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

Степень изученности проблемы. Важнейшим фактором, который определяет качество современного программного обеспечения информационно-управляющих систем, является надёжность его функционирования. Задачам управления процессом разработки программных средств и управления информационными услугами посвящены исследования зарубежных учёных У.Хамфри, Ф.Брукса, Ф.Кратчена, М.Полка, М.Миуллера, С.Кана, Т.Фелмана и др. В решение научно-технических проблем, связанных с повышением качества и надёжности программных комплексов, существенный вклад внесли Г.С.Осипов, Э.В.Попов, Н.Г.Ярушкина, Э.Деминг, Д.Ишикова, Д.Фжуран, А.У.Шухарт, В.В.Липаев, Е.Г.Семёнова, В.Б.Тарасов, А.Г.Варжапетян, Э.Нессер, Т.Тейер, В.Л.Стефанок, работы которых признаны классическими в управлении качеством программного обеспечения вычислительных систем. Наряду с зарубежными учеными, существенный вклад внесли и отечественные ученые Ф.Б.Абуталиев, Н.Р.Юсупбеков, Т.Ф.Бекмуратов, М.М.Камилов, Х.З.Игамбердиев, М.М.Мусаев, С.С.Касымов, А.Р.Марахимов, Р.Н.Усманов, Д.Т.Мухамадиева, Ф.Т.Адылова, М.А.Рахматуллаев, А.А.Кадиров, М.А.Исмаилов, М.М.Арипов, Ф.Т.Адилов и др.

Обзор исследований по проблематике диссертации свидетельствует о том, что в них недостаточно полно рассмотрены вопросы надёжности программного обеспечения вычислительных сетей, систем и комплексов, плохо устраняется серьёзное противоречие между потребностью в использовании современного аналитического инструментария оценки и управления качеством программного обеспечения вычислительных систем и реально существующими методами обеспечения эффективности проектирования и эксплуатации, что приводит к низкой результативности



процессов реализации и поддержки жизненного цикла программных комплексов.

В настоящее время анализ свидетельствует, что в отечественных и зарубежных работах недостаточно полно изучены вопросы повышения качества и надёжности функционирования программного обеспечения информационно-управляющих систем, отвечающих критериям требуемых функциональных возможностей, эффективностей, быстродействия, результативности.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проекта плана научно-исследовательских работ Ташкентского университета информационных технологий А5-060 «Модели и механизмы предоставления сетевых услуг в инфраструктуре облачных вычислений (на примере развития элементов системы «Электронное правительство»)» (2015-2017 г.г.), Ф-4-56 «Разработка теоретических основ и методов структурно-параметрического синтеза интеллектуальных систем управления сложными технологическими объектами на основе нечётко-множественных представлений» (2012-2016 г.г.).

Цель исследования заключается в разработке моделей и алгоритмов обеспечения функциональной надёжности программного обеспечения информационно-управляющих систем.

Задача исследования:

совершенствование аппарата нечёткой логики оптимизации программных комплексов;

разработка лингвистической причинно-следственной модели функционирования программного обеспечения в режиме образования функционального отказа;

создание программного обеспечения, определяющего параметры надёжности в режиме образования функционального отказа;

совершенствование алгоритма оценки надёжности программного обеспечения по общему количеству разных случаев;

разработка алгоритма выполнения нечёткой математики действий max-min композиции.

Объектом исследования является программное обеспечение информационно-управляющих систем.

Предмет исследования составляют модели и алгоритмы исследования функциональной надёжности программного обеспечения информационно-управляющих систем.

Методы исследования. При выполнении исследования применялись методы и научные положения системного анализа, теории надёжности технических систем, методы теории искусственного интеллекта, теории лингвистических переменных и нечётких множеств, программной инженерии и теории принятия решений.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

разработана лингвистическая причинно-следственная модель функционирования программного обеспечения в режиме образования функционального отказа, на основе процесса функционирования нечёткого ограниченного автомата;

разработан алгоритм выполнения операций нечёткой математики, позволяющий арифметическую операцию над двумя нечёткими числами представленными в виде двухэтапной матричной операции  $\max$ - $\min$  композиции;

совершенствованы нечётко-множественные представления и аппарат нечёткой логики путём применения к адекватному моделированию и оптимизацией функционирования программных комплексов;

совершенствован алгоритм оценки надёжности программного обеспечения вычислительных систем на основе определения соотношения «общее число различных состояний – число функциональных отказов»;

разработано программное обеспечение, позволяющее определять показателя надёжности, на основе существующих причинно-следственных связей при образовании функционального отказа.

**Практические результаты исследования заключаются в следующем:**

предложено представлять процесс функционирования программного обеспечения информационно-управляющих систем в виде технологии представления нечёткого ограниченного автомата;

разработан программный продукт на основе лингвистической причинно-следственной модели функционирования программного обеспечения, представляющий собой сценарий, имитирующий и более адекватно отражающий исследуемый процесс.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования обосновывается аналитическим обзором научных работ в предметной области диссертационной работы, использованием результатов анализа теоретического и практического опыта оценки надёжности и качества программного обеспечения существующих информационно-управляющих систем, строгим и корректным использованием методов искусственного интеллекта, теории нечётких множеств, лингвистических переменных, мягких вычислений, математического и имитационного моделирования и многокритериальной оптимизации, а также вычислительными экспериментами по апробации предложенных моделей и алгоритмов.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что предложены модели и алгоритмы, позволяющие выполнять оценку качества и надёжности программного обеспечения информационно-управляющих систем. Предложенный подход, обеспечивает научно-технические (практические) основы разработки моделей и алгоритмов, направленных на

повышение эффективности построения, модернизации и эксплуатации программных систем на всех этапах их жизненного цикла.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что результаты имитационного моделирования позволяют оценивать качество и надёжность функционирования не только тестируемых компонентов, но и программного комплекса в целом, а также учитывать программные сбои, возникающие как на этапе разработки, так и проявляющиеся в ходе эксплуатации объектов исследования.

**Внедрение результатов исследования.** На основе разработанных программных продуктов, моделей и алгоритмов для обеспечения надёжности функционирования программного обеспечения информационно-управляющих систем:

модели и алгоритмы оценки надёжности информационно-управляющих систем на основе причинно-следственных связей в процессе появления функциональных отказов программного обеспечения информационно-коммуникационных технологий внедрена в центре развития системы «Электронное правительство» при Министерстве по развитию информационных технологий и коммуникаций (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 26 октября 2018 года №33-8/8020). В результате научных исследований работа программной системы при каждом 1 мс итерации, процент корректно распознанных команд для алгоритма составил 87%;

интеллектуальные поддержки тестирования и методы автоматического тестирования программных комплексов путём выявления взаимосвязей между программным алгоритмом по соотношению «общее количество различных состояний – количество функциональных отказов» внедрены в центре развития системы «Электронное правительство» при Министерстве по развитию информационных технологий и коммуникаций (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 26 октября 2018 года №33-8/8020). В результате научных исследований при решении прогнозирования ошибок вся система корректно распознала 96% команд;

лингвистическая причинно-следственная модель, имитирующая сценарий работы программного продукта в режиме образования функционального отказа на основе технологии представлений в виде нечёткого ограниченного автомата в работе программного обеспечения информационно-управляющих систем внедрена в ООО «Black Rabbit» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 26 октября 2018 года №33-8/8020). В результате научных исследований на 8% сократилась вероятность прохождения ошибок.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования апробированы и обсуждены на 10 международных и 5 республиканских научно-технических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме исследования опубликовано 29 научных работ, из них 13 журнальных статей, в том числе 4 в зарубежных и 9 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, а также получены 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объём составляет 120 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Во введении обоснована актуальность и востребованность 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. Приведён перечень внедрений в практику результатов исследования, сведения об опубликованных работах и структура диссертации.

В первой главе диссертации «Современное состояние теории и практики оценки качества и надёжности программного обеспечения информационно-управляющих систем» с позиций наиболее актуальных и востребованных направлений научных исследований и разработок рассмотрены движущие силы и выявлены тенденции развития индустриальной автоматизации, отражены сценарии использования современных методов и средств информационно-коммуникационных технологий при создании и эксплуатации программного обеспечения современных информационно-управляющих систем.

В настоящее время развитие информационных технологий сопровождается пересмотром требований к надёжности, отказоустойчивости, а также безопасности программных продуктов. Одним из важнейших условий эффективного функционирования практически значимых объектов информации является защита используемого в их составе программного обеспечения от возможных сбоев, а также корректная и успешная работа его на всех входных наборах данных на всех этапах жизненного цикла продукта.

Большинство информационно-управляющих систем функционирует под управлением импортного программного продукта, которое может содержать дефекты, уязвимости, что чревато сбоями, утечками и повреждениями пользовательских данных. Исследования и разработки, посвящённые новым решениям в сфере оценки качества и надёжности программного обеспечения, актуальны и востребованы современными требованиями развития информационных технологий.

Во второй главе диссертации «**Модели и алгоритмы оценки надёжности программного обеспечения информационно-управляющих систем**», изложена методология создания надёжного и отказоустойчивого программного обеспечения вычислительных систем. При анализе и оценке надёжности программных продуктов, осуществляемом на каждом этапе их жизненного цикла, весьма важно использовать как можно больше априорной информации для обеспечения наиболее приемлемых и точных результатов.

Анализ свидетельствует о том, что в настоящее время отсутствуют единые подходы, методики и параметры для оценки надёжности программного обеспечения при том, что существует множество проверенных на практике моделей и алгоритмов, однако обладающих целым рядом существенных недостатков. Существует необходимость и целесообразность систематизировать и унифицировать существующие методологии создания надёжного и отказоустойчивого программного обеспечения информационно-управляющих систем с учётом многоэтапности исследуемого процесса. В условиях отсутствия единого подхода к решению трактуемой проблемы создатели программных продуктов придерживаются более правильной методики последовательного оценивания надёжности программ на каждом этапе их создания. При этом основная сложность состоит в отсутствии достаточного входного набора данных и необходимости тщательной фиксации и обработки динамики выявления ошибок с необходимой степенью детализации расчёта надёжности. Выявление абсолютно всех связей обработки данных даже для несложной программы практически нереально. Поэтому детализация расчёта надёжности программных модулей должна ограничиваться законченными взаимодействующими между собой программными образованиями.

В работе выполнен анализ методов и моделей создания надёжного отказоустойчивого программного обеспечения информационно-управляющих систем. Систематизированы и унифицированы существующие концепции разработки и реализации высоконадёжного программного обеспечения, учитывающие многоэтапность создания программных продуктов, а также архитектурный аспект в рамках всего их жизненного цикла. Предложены классификации существующих моделей, методов и алгоритмов оценки надёжности программных продуктов по отличительным признакам оптимизируемых параметров надёжности и по используемым формальным методам.

Проанализировано распределение моделей и методов оценки параметров надёжности по фазам жизненного цикла программных продуктов. Выполнен анализ наиболее важных фаз жизненного цикла программного обеспечения, которые вносят наибольший вклад в функциональные возможности программных продуктов (фаза дизайна архитектуры, фаза кодирования, фаза тестирования компонентов и, наконец, собственно фаза тестирования программного обеспечения системы).

Рассмотрены вопросы моделирования роста надёжности программного

обеспечения информационно-управляющих систем и проанализированы операционные профили тестирования программного обеспечения, включающие в себя информацию о диапазонах входных наборов данных.

В третьей главе «Разработка моделей и алгоритмов оценки функциональной надёжности программного обеспечения информационно-управляющих систем» показаны причины, обусловившие поиск нового показателя качества функционирования программного обеспечения вычислительных систем, возможные пути и предпосылки синтеза такого показателя.

Программное обеспечение является настолько сложным продуктом, что качество его функционирования невозможно охарактеризовать только одним скалярным показателем (как, например, наработка на отказ). Задача состоит в том, чтобы синтезировать векторный показатель качества – такой, чтобы, в частности, наработка на отказ была бы одним из компонентов этого векторного показателя.

Состояние программного обеспечения информационно-управляющих систем, определяющее качество выполняемых функций, характеризуется кортежем

$$\langle X_1, X_4, k_y, \Delta_T, T \rangle,$$

где  $X_1, X_4$  - нечёткие конечные множества функциональных отказов и входных наборов данных, соответственно ранжированных значениями функций принадлежности  $\mu_x(x) \rightarrow [0, 1]$ ,  $k_y = \sim \rightarrow f(X_1, X_4)$  - некоторая функция от  $X_1, X_4$ ;  $\Delta_T$  - интервал сканирования входа и выхода;  $T$  - время, в течение которого определены  $X_1$  и  $X_4$ .

Понятие «функциональный отказ» более полно отражает отказ по причине программного обеспечения, поскольку следствием является частичное или полное невыполнение функций, возлагаемых на программную систему. Процесс функционирования программного обеспечения в соответствии с причинно-следственными связями и отношениями рассматривается как отображение множества входных наборов данных (ВН) на множество функциональных отказов:

$$\Phi: X_1 \Rightarrow X_4$$

Множество входных наборов (ВН) может быть представлено в виде подмножеств:  $A$  – множество ВН, при которых программное обеспечение было проверено;  $B$  – область входных наборов, которые были заданы в техническом задании;  $C$  – множество реальных входных наборов данных;  $D$  – множество реальных ВН, входящих в техническое задание, при которых было проверено программное обеспечение. Можно сказать, что, если в случае «а» отказ при выполнении программы происходит при ВН, принадлежащем подмножеству  $D$ , а в случае «б» - при ВН из подмножества  $C$ , то оценки надёжности не сравнимы. В первом случае ВН описывается

субъективной (лингвистической) вероятностью <ОЧЕНЬ ВЕРОЯТНО>, во втором случае - <МАЛО ВЕРОЯТНО> или <ПОЧТИ НЕВЕРОЯТНО>.

Сценарий, учитывающий причинно-следственные связи, существующие в программном обеспечении при образовании функционального отказа, имеет вид:  $X_1$ : нестандартный входной набор (НВН)  $\Rightarrow X_2$ : отказовая ситуация (ОТС)  $\Rightarrow X_3$ : работа средств предотвращения перехода отказовой ситуации в функциональный отказ (ФО)  $\Rightarrow X_4$ : функциональный отказ или нормальная работа.

Поясним логическую модель функционирования программного обеспечения в режиме образования функционального отказа:  $X_1 \Rightarrow X_4$  означает непосредственный переход входного набора (ВН) в функциональный отказ (ФО);  $X_1 \Rightarrow X_2 \Rightarrow X_4$  - входной набор  $\Rightarrow$  отказовая ситуация  $\Rightarrow$  функциональный отказ;  $X_1 \Rightarrow X_2 \Rightarrow X_3 \Rightarrow X_4$  - входной набор  $\Rightarrow$  отказовая ситуация  $\Rightarrow$  работа средств компенсации перехода отказовой ситуации в функциональный отказ (ФО)  $\Rightarrow$  функциональный отказ (если работа средств компенсации была неудачной).

Возможность развития вычислительного процесса по той или иной ветви может быть описана системой высказываний с использованием лингвистических, субъективных или четких вероятностей (например, если ВН относится к классу <ВЕРОЯТНЫХ>, то возможность протекания процесса по ветви  $X_1 \Rightarrow X_4$  <НИЗКАЯ>). Если термины <ВЕРОЯТНЫЙ>, <НИЗКИЙ> могут быть заменены четкими числами, то можно прийти к традиционным статистическим выводам.

Достоинство рассмотренной схемы состоит в том, что она позволяет получить дополнительную информацию, состоящую в учёте лингвистических вероятностей (частот) входного набора, отказовой ситуации, работы средств компенсации, функциональных отказов. Анализ свидетельствует о том, что даже построение модели процесса в классе «вход — выход» — «входной набор  $\Rightarrow$  функциональный отказ» дает возможность получать более объективную модель надёжности программного обеспечения по сравнению с моделями, учитывающими только отказы без выявления их вызывающей причины.

Качество функционирования программного обеспечения на основе предлагаемой схемы описывается системой высказываний типа: <если частота входных наборов из множества  $B$   $\omega_{\text{ВН}}^{\text{дет}} =$  ВЫСОКАЯ и частота функциональных отказов  $\omega_{\text{ФО}}^{\text{дет}} =$  МЕНЬШЕ  $\omega_{\text{ВН}}$ , то качество функционирования программного обеспечения ВЫСОКОЕ>. При этом используются нечёткие утверждения типа <частота  $\omega_{x_j} =$  МАЛА, ВЕЛИКА, БЛИЗКА К ...>, нечёткие отношения  $R_j$  между элементами множеств  $X_1, X_2, X_3, X_4$ , например: <модуль разности частот при низких входных наборах  $j$ -го типа  $\omega_{x_j}^{(j)}$  и функционального отказа типа “ $f$ ”  $\omega_{x_j}^{(f)} =$  МАЛ, ВЕЛИК> и т. д.

Нечёткие утверждения и нечёткие отношения в общем случае представляются в виде нечётких множеств:

$$\omega_{x_j} = \bigcup_i \omega_{x_j}^{(i)} / \mu_{\omega_{x_j}}^{(i)}, \quad j=1, 2, \dots$$

где  $\omega_{x_j}^{(i)}$  - возможное значение параметра  $\omega_{x_j}$ , принадлежащего, например: к классу частот, описываемых нечётким утверждением  $\langle \omega_{x_j} = \text{МАЛА} \rangle$ ;  $\mu_{\omega_{x_j}}^{(i)}$  - функция принадлежности, определяющая степень вероятности (субъективной, лингвистической) или возможности, с которой значение  $\omega_{x_j}^{(i)}$  относится к указанному классу,  $\mu_{\omega}^{(i)}(x) \rightarrow [0, 1]$ .

На основе сценария можно сформулировать систему высказываний для программного обеспечения, определяющих качество функционирования и оцениваемых как  $\langle \text{ВЫСОКОЕ, СРЕДНЕЕ, НИЗКОЕ} \rangle$  (или любой другой совокупностью). Приняв эти (или любые другие) состояния в качестве эталонов можно на основании эталонного принципа определить систему предпочтений, на основании которых возможно дать оценку надёжности.

Процесс функционирования программного обеспечения в соответствии с принятой причинно - следовательной моделью как отображение множества входных наборов на множество функциональных отказов, т. е.  $\Phi : X_1 \Rightarrow X_4$ . Входные наборы ранжированы функцией принадлежности с позиции его отнесения к определенному вероятностному классу, описываемому лингвистическими терминами  $\langle \text{ОЧЕНЬ ВЕРОЯТНО, ВЕРОЯТНО, МАЛО ВЕРОЯТНО, ПОЧТИ НЕВЕРОЯТНО} \rangle$  и т. д.. Аналогично можно ранжировать множество функциональных отказов, выделив подмножества отказов, которые имеют место при  $\langle \text{ОЧЕНЬ ВЕРОЯТНЫХ ВН} \rangle$ ,  $\langle \text{ВЕРОЯТНЫХ} \rangle$  и т.д. Соответственно  $X_1$  и  $X_4$  имеют вид

$$X_1 = \bigcup_j \omega_{x_1}^{(j)} / \mu_{x_1}^{(j)}, \quad j=1, 2, \dots; \quad X_4 = \bigcup_j \omega_{x_4}^{(j)} / \mu_{x_4}^{(j)}, \quad j=1, 2, \dots$$

Поскольку значениям нечётких или лингвистических переменных (ЛП)  $X_1^{(j)} \in X_1$ ,  $X_4^{(j)} \in X_4$ , соответствуют нечёткие подмножества с функциями принадлежности  $\mu_{x_1} \in F(X_1)$ ,  $\mu_{x_4} \in F(X_4)$ , то отображение  $\Phi : F(X_1) \Rightarrow F(X_4)$  можно в общем случае полагать нечётким. Оно может быть получено как нечёткое соответствие для всех функциональных отказов и входных наборов:

$$\Phi = \bigcup_{j \in J} \mu_{x_1}^{(j)} \times \mu_{x_4}^{(j)}, \quad \mu_{x_1} \in F(X_1), \mu_{x_4} \in F(X_4)$$

Таким образом, можно ставить задачу определения (выводимости) нечёткого вектора значений  $\underline{x}_4 \in X_4$  при новом наборе нечёткого вектора значений  $\underline{x}_1 \in X_1$ ,  $j=1, 2, \dots$ , т. е.  $\mu_{x_4} = \mu_{x_1} \circ \Phi \Leftrightarrow \underline{x}_4 = \underline{x}_1 * \Phi$ .

Модель нечёткой системы, основанной на логической структуре, включает системное определение  $\Phi$  с некоторым оператором  $*$  - таким, что: а)  $\underline{x}_4 = \underline{x}_1 * \Phi$  для данной пары «вход-выход»  $\underline{x}_1, \underline{x}_4$ ; б) с логической структурой, задаваемой, например, моделями:  $M_1$  - если  $X_1 \langle \text{ВЕЛИКО} \rangle$ ; то  $X_4 \langle \text{ВЕЛИКО} \rangle$ ;  $M_2$  - если  $X_1 \langle \text{ВЕЛИКО} \rangle$ , то  $X_4 \langle \text{МАЛО} \rangle$ .

Процесс функционирования программного обеспечения при



образовании ФО можно рассматривать как достижение такого состояния (под воздействием входных наборов и внутренних причин), при котором не выполняются заложенные функции, проявляются остаточные ошибки и другие факторы, приводящие к выходному состоянию, классифицированному как функциональный отказ. Высказываниям типа <вероятность = ВЫСОКАЯ, СРЕДНЯЯ, МАЛАЯ> и т.п. сопоставляется вероятностная шкала [0, 1], скорректированная с учетом специфики предметной области.

Процесс функционирования программного обеспечения целесообразно представлять в виде процесса функционирования нечёткого ограниченного автомата, который описывается в виде кортежа

$$A = \langle X_1, S, X_4, S_0, \delta, \delta_1 \rangle,$$

где  $X_1 = \bigcup_j x_j' / \mu_{x_j}'$ ,  $j = 1, 2, \dots$  - конечное нечёткое множество входов (входных наборов, ранжированных значением функции принадлежности, определяющей частотный класс множества, которому принадлежит входной набор);  $S = \{S_i\}, i = \overline{1, m_s}$  - конечное множество состояний (в общем случае нечётких), включающее нормальные и «отказовые» состояния, потенциально вызывающие функциональный отказ;  $X_4 = \bigcup_j x_j' / \mu_{x_j}'$ ,  $j = 1, 2, \dots$  - конечное

множество выходов (функциональных отказов) каждый функциональный отказ имеет свою «значимость» -  $\mu_{x_j}'(x) \rightarrow [0, 1]$ ; при  $\mu_{x_j}'(x) = 1$  система перезагружается и переходит в чёткое начальное (нулевое) состояние;  $\delta: S \times X_1 \times S \rightarrow L$  - функция переходов;  $\delta_1: S \times X_4 \rightarrow L$  - функция выходов;  $S_0$  - начальное состояние, в общем случае  $S_0 \in F(S)$ ,  $S_0: S \rightarrow L$ .

Предположим, что множество входных наборов -  $X_1^*$ , функция переходов  $\delta: S \times X_1 \times S \rightarrow L$  определяется из выражения

$$\delta_{SS'}(\lambda) = \delta(S, \lambda, S') = \begin{cases} 1 & \text{при } S' = S, \\ 0 & \text{при } S' \neq S; \end{cases}$$

$$\delta_{SS'}(\theta) = \delta(S, \theta, S') = \max \left\{ \min \left[ \delta(S, x_1^{(1)}, S'), \delta(S_1, x_1^{(2)}, S_2) \right], \right. \\ \left. \min \left[ \delta(S_1, x_1^{(2)}, S_2), \delta(S_2, x_1^{(3)}, S_3) \right], \dots, \min \left[ \delta(S_{f-2}, x_1^{(f-1)}, S_{f-1}), \delta(S_{f-1}, x_1^{(f)}, S') \right] \right\}, \\ \theta = \{x_1^{(1)}, x_1^{(f)}\} \subset X_1^*, \theta \neq \lambda.$$

Если матрица переходов  $T_\theta = T_{x_1^{(1)}} \circ T_{x_1^{(2)}} \circ \dots \circ T_{x_1^{(f)}}$ , то выход нечёткого автомата при входной последовательности  $\theta$  имеет вид  $X_4 \Leftrightarrow \mu_A(\theta) = S_0 \circ T_\theta \circ \delta_1$ . Если ограничить анализ состоянием, в котором в нечётком автомате имеется единственный выход  $X_4 = \{x_4^*\}$  - функциональный отказ, то нечёткий выход определяется вектором  $\delta_1 = \{\mu_{x_j}^0\}, j = \overline{1, f}$ , где  $\mu_{x_j}^0 \notin \delta_1$  указывает степень возможности получения функционального отказа ( $x_4$ ) из состояния  $S_j \in S, j = 1, 2, \dots$ , и соответственно из  $x_1^{(j)}$ .

Можно ещё более специализировать нечёткий автомат, определив множество финальных состояний  $S_f \subset S$ . Для подобного автомата функция

выходов имеет вид:

$$\delta_j = \{\mu'_{x_j}\}, j = \overline{1, n}; \mu'_{x_j} = \begin{cases} 1 & \text{при } S_j \in S_F, \\ 0 & \text{при } S_j \notin S_F. \end{cases}$$

При допущении, что после перезагрузки системы обязательно происходит возврат в нулевое (чёткое) состояние  $S_0 \in S$ , т.е.

$$\delta_j^0 = \{\tau_j\}, j = \overline{1, n}; \tau_j = \begin{cases} 1 & \text{при } S_j = S_0, \\ 0 & \text{при } S_j \neq S_0. \end{cases}$$

значения функции выходов определяются в виде  $X_4(\theta) \Leftrightarrow \mu_{X_4}(x_1) = \max_{S, S_j} \delta_{S, S_j}(\theta)$ , где  $\theta = \{x_1^{(1)}, x_1^{(2)}, \dots, x_1^{(m)}\}$ .

За время  $T$  состояние программного обеспечения (и соответственно качество его функционирования) характеризуется кортежем

$$S_j = \langle X_1, X_4, T, f(X_4, X_1), \Delta t_{X_1} \rangle,$$

где  $X_1 = \bigcup_j x'_j / \mu'_{x'_j}$  - нечёткое конечное множество входов,  $\mu'_{x'_j}$  - «значимость» входного набора параметров системы,  $\mu'_{x'_j}(x) \rightarrow [0, 1]$ ,  $X_1 = \bigcup_k X_{1k}, k = \overline{1, K}$ ;  $K$  - количество классов входных наборов;  $X_4 = \bigcup_j x'_j / \mu'_{x'_j}$ ,  $X_4 = \bigcup_p x_{4p}, p = \overline{1, P}$ ;  $P$  - количество классов входных наборов,  $\mu'_{x'_j}$  - «значимость» функциональных отказов,  $\mu'_{x'_j}(x) \rightarrow [0, 1]$ ,  $f(X_4, X_1)$  - некоторая функция (в общем случае нечёткая) от  $X_4, X_1$ , позволяющая получить дополнительную информацию о состоянии системы.

Исследования показывают, что в качестве функции  $f$  в кортеже  $S_j$  целесообразно взять отношение

$$k_j = \left( \bigcup_j X_{1j} / \mu'_{x'_j} \right) \dot{;} \left( \bigcup_j X_{4j} / \mu'_{x'_j} \right), j = 1, 2, \dots$$

где  $\dot{;}$  - операция нечёткого деления.

Это отношение может быть практически всегда вычислено и его можно использовать как объективный показатель качества функционирования программного обеспечения. Параметр  $k_j$  - может быть использован в традиционной постановке задачи - при аппроксимации  $X_4$  и  $X_1$  чёткими значениями на  $\alpha$  - уровне. Вычисление показателя  $k_j$  представляет собой операцию деления нечётких чисел (НЧ).

Вход (входные наборы) составляет число объектов под управлением (вычислительной системы); вводы с клавиатуры, загрузка процессора не учитывались, что позволило выбрать интервал сканирования порядка 5. Выход (выходное состояние) определяется как «внешнее проявление ситуации в те же (или близкие) моменты времени, что и вход. При этом для оценки выходного состояния использовались как сообщения системы (протокол), так и действия персонала (если они были необходимы) при отсутствии сообщений.

Таким образом, были получены пары «вход - выход» (26, 27  $\Rightarrow$  кол.

2,11,16). Выбранный интервал сканирования позволил получить за сутки не менее 200 измерений (пар «вход — выход»). Отдельные поля БД: кол. 4, 5, 6, 7, 8 - «категория ситуации - экспертная оценка выходного состояния, имеет градации 0.1, 0.3, 0.7, 1.0. Величина 1.0 означает полную потерю выполняемых функций, 0.1 - потеря на 10 % и т.д. Рассматривались два случая: система до модернизации (С<sub>1</sub>) и система после модернизации (С<sub>2</sub>). При этом с целью упрощения расчетов и их «прозрачности» учитывались только те ситуации (пары «вход-выход»), для которых функции принадлежности («значимость») не ниже 0.01+0.1. Время измерения – сутки; интервал сканирования — 5 мин.

Система С<sub>1</sub>: входные наборы (вход) в соответствии с их «значимостью» (влияние на образование функционального отказа):  $X_1^1 = \{19/0.18, 20/0.2, 22/0.12\}$ , выходное состояние (количество функциональных отказов) определено аналогично:  $X_4^1 = \{1/0.16, 2/0.66, 4/0.01\}$

Система С<sub>2</sub>:  $X_1^2 = \{28/0.113, 30/0.101, 33/0.07\}$ ,  $X_4^2 = \{2/0.195, 3/0.56, 5/0.024\}$ .

Вычислим значение  $k_y$  для систем С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> систем:

$$k_y^1 = X_1^1 \dot{\vdash} X_4^1 = \begin{array}{|c|c|} \hline 19 & 0.18 \\ \hline 20 & 0.20 \\ \hline 22 & 0.12 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 4 \\ \hline 0.16 & 0.66 & 0.01 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 19 & 20 & 22 \\ \hline 19/0.16 & 20/0.16 & 22/0.12 \\ \hline 9.5/0.18 & 10/0.20 & 11/0.12 \\ \hline 4.75/0.01 & 5.0/0.01 & 5.5/0.01 \\ \hline \end{array} =$$

$\cong \{9.5/0.18, 10/0.2, 11/0.12\}$ ;

$$k_y^2 = X_1^2 \dot{\vdash} X_4^2 = \begin{array}{|c|c|} \hline 28 & 0.113 \\ \hline 30 & 0.101 \\ \hline 33 & 0.07 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 2 & 3 & 5 \\ \hline 0.190 & 0.56 & 0.024 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 28 & 30 & 33 \\ \hline 14/0.113 & 15/0.101 & 15.5/0.07 \\ \hline 9.53/0.113 & 10/0.101 & 11/0.07 \\ \hline 5.6/0.02 & 6/0.02 & 6.6/0.02 \\ \hline \end{array} =$$

$\cong \{9.33/0.113, 10/0.101, 11/0.07\}$ .

Для определения предпочтения сформулируем эталон надёжного функционирования программного обеспечения. Таким эталоном, в частности, может быть система утверждений, например: а) <ПРИ ОТСУТСТВИИ ВХОДНЫХ НАБОРОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОТКАЗЫ НЕ ПРОИСХОДЯТ>, или б) <ПРИ ВХОДНЫХ НАБОРАХ С КОЭФФИЦИЕНТОМ ЗНАЧИМОСТИ 0.5+1 (т.е. ИЗ ПОДМНОЖЕСТВА ВХОДНЫХ НАБОРОВ «D») КОЛИЧЕСТВО ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОТКАЗОВ НЕ ДОЛЖНО ПРЕВЫШАТЬ 10 % ОТ КОЛИЧЕСТВА ВХОДНЫХ НАБОРОВ ИЗ ПОДМНОЖЕСТВА> или др.

Для случая а) кортеж имеет вид <0, 0>. Вычислим «расстояние», отделяющее показатель надёжности программного обеспечения С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> от эталона. Как известно, линейное и квадратичное расстояние между нечёткими множествами  $A$  и  $B$  вычисляется в виде:

$$d(A, B) = \sum_{j=1}^n \text{Mod}(\mu_A(x_j) - \mu_B(x_j))$$

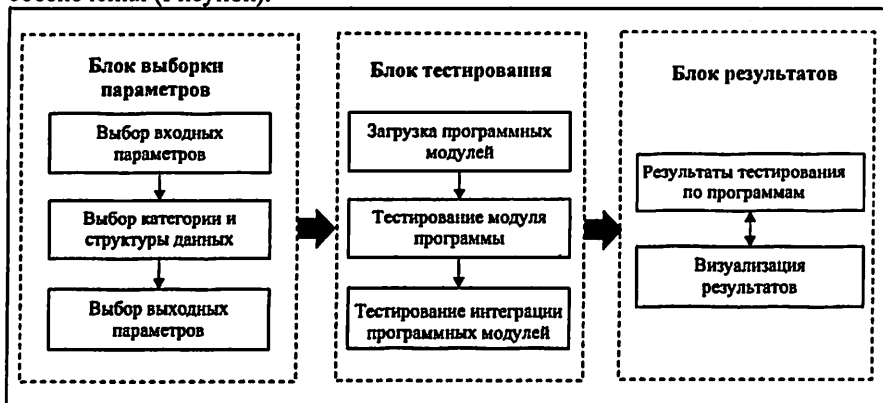
Можно видеть, что  $d_1(O, k_y^{(1)}) > d_2(O, k_y^{(2)})$ ,  $e_1(O, k_y^{(1)}) > e_2(O, k_y^{(2)})$ , поскольку  $d_1(\{0\}, \{0.18, 0.2, 0.12\}) > d_2(\{0\}, \{0.133, 0.101, 0.07\})$ .

Таким образом, надёжность функционирования программного обеспечения системы  $S_2$  выше, чем первой, поскольку  $k_y^{(2)}$  ближе к эталону, нежели  $k_y^{(1)}$ . Отметим, что подобный вывод можно было сделать, если считать все входные наборы и функциональные отказы равнозначными, т. е. чёткими, или применяя индекс сравнения нечётких чисел. В первом случае имеет  $k_y^{(1)}=61/7$ ,  $k_y^{(2)}=91/10$ , т.е.  $k_y^{(1)} \cong 8.7 < k_y^{(2)}=9.1$ , во втором же случае имеет  $k_y^{(1)}=10/0,2 > k_y^{(2)}=10/0,101$ . Подчеркнём, что  $k_y^{(1)}$  и  $k_y^{(2)}$  аппроксимируются утверждением <ПРИМЕРНО 10>.

В четвёртой главе диссертации «Прогнозирование ошибок и реализация в задачах надёжности программного обеспечения» раскрыто существо агентно-ориентированного подхода к исследованию взаимодействия интеллектуальных агентов как программных продуктов сложных многоуровневых систем, требующих непрерывного развития и адаптации, обеспечения высокой надёжности программного обеспечения на всех этапах их жизненного цикла. Проведены тестирования программных средств в информационно-управляющих системах.

Глобализация экономики и коммуникаций приводит к росту масштабов объектов, требующих охвата единым процессом управления. До транснационального и межгосударственного уровня укрупняются цепи поставок промышленной продукции, транспортные инфраструктуры высокой доступности, целевые программы развития отраслей промышленности. Поэтому, поиск на основе ассоциативных правил считается одним из самых важных задач.

Также описывается функциональная структура программного обеспечения (Рисунок).



**Рисунок. Функциональная структура оценки качества и надёжности программного обеспечения**

На основе Unit тестирования были оценены результаты проверки и тестирования программы. Следующие 12 методов тестирования были использованы при тестировании программы (таблица).

**Таблица**

**Результаты проверки и тестирования программы**

№	Тестируемый метод	Метод тестирования	Категория результата
1.	read() [class Machine]	readTest() [MachineTest]	boolean
2.	write() [class Machine]	writeTest() [MachineTest]	boolean
3.	read1() [class Machine]	read1Test() [MachineTest]	boolean
4.	write1() [class Machine]	write1Test() [MachineTest]	boolean
5.	addBalance() [class Machine]	addBalanceTest() [MachineTest]	int
6.	writeBank() [class Machine]	writeBankTest() [MachineTest]	boolean
7.	readBank() [class Machine]	readBankTest() [MachineTest]	boolean
8.	getParol() [class Machine]	parolTest() [MachineTest]	boolean
9.	cipher() [class Cipher]	cipherTest() [MachineTest]	boolean
10.	cipher1() [class Cipher]	cipher1Test() [MachineTest]	boolean
11.	decipher() [class Cipher]	decipherTest() [MachineTest]	String
12.	decipher1() [class Cipher]	decipher1Test() [MachineTest]	String

Следующие результаты теста будут получены путем запуска тестовых случаев, созданных для проверки надёжности программного обеспечения, разработанного на основе предоставленных методов тестирования. Согласно приведенным выше результатам, все 8 методов "MachineTest" были успешно протестированы.

В реферируемой диссертации разработаны модели и алгоритмы, позволяющие повысить обоснованность принятия решений на всех стадиях жизненного цикла разработки, реализации и эксплуатации программного обеспечения информационно-управляющих систем, что имеет существенное значение для теории и практики программного инжиниринга.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты исследований, проведённых в диссертационной работе на тему: «Модели и алгоритмы оценки функциональной надёжности программного обеспечения информационно-управляющих систем», сводятся к следующему:

1. На основе анализа текущего состояния научно-технических проблем оценки качества и надёжности программного обеспечения информационно-управляющих систем, определены пути совершенствования, и новые тенденции развития. Это дало возможность определить надёжность программного обеспечения, усовершенствованного нечёткого логического аппарата вычислительных систем;

2. Разработана лингвистическая причинно-следственная модель функционирования программного обеспечения информационно-управляющих систем. Базирующие разработаны лингвистической причинно-следственной моделью информационно-управляющих систем, представляющие собой сценарий, имитирующий процесс работы программного обеспечения и основанный на использовании нечётких отношений, позволило более объективно отражать исследуемый объект;

3. Разработаны алгоритмы оценки надёжности программного обеспечения реальных вычислительных систем и по соотношению «общее число различных состояний – число функциональных отказов». Этот алгоритм оценки позволяет оценить надёжность программного обеспечения вычислительных и информационно-управляющих систем;

4. Разработан модуль прогнозирования ошибок и функциональных отказов на основе ассоциативных правил, модулей программных продуктов и для повышения их надёжности процесса интеграционных связей, а также методом агентно-ориентированного подхода исследованием отношения между программными модулями, частичным тестированием (Unit) модулей информационно-управляющих систем. Это позволило повысить точность прогнозирования функциональной надёжности программного обеспечения.

5. Усовершенствован аппарат нечёткой логики, оптимизация функционирования программных комплексов и моделирование соответствия представлений нечётких множеств. Лингвистическая нечёткая модель функционирования программного обеспечения информационно-управляющих систем, представляющая собой сценарий, имитирующий работу исследуемого программного продукта, формализованную нечётким ограниченным автоматом, доказана их эффективность по сравнению с базовыми алгоритмами, т.е. позволило на 8% сократить вероятность прохождения ошибки.

6. Разработано программное обеспечение, позволяющее определить параметры надёжности программ учитывающего причинно-следственные отношения при образовании функционального отказа программных средств информационно - управляющих систем. Результаты эффективности программного обеспечения, позволили существенно сократить на 60% время, затрачиваемое инженерами на тестирование и администраторами на поддержку процесса тестирования, повысить эффективность использования тестовой инфраструктуры на 10% и сократить в 2,3 раза время, необходимое для получения достоверных тестовых результатов.

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

---

**TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

**MIRZAEV DILSHOD AMINOVICH**

**MODELS AND ALGORITHMS OF ASSESSMENT OF FUNCTIONAL  
RELIABILITY OF INFORMATION MANAGEMENT SYSTEMS'  
SOFTWARE**

**05.01.04 – Mathematical and software support of computers, complexes and computer  
networks**

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

**Tashkent-2019**

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number № B2017.3.PhD/T352

The dissertation has been prepared 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 «ZiyoNeb» Information and educational portal (www.ziyo.net.uz).

**Scientific adviser:** Gulyamov Shukhrat Mannapovich  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** Zaynidinov Khakimjon Nasiridinovich  
doctor of technical sciences, professor  
Khakimov Muftokh Khamidovich  
candidate of technical sciences, docent

**Leading organization:** Tashkent institute of textile and light industry

The defense will take place "06" march 2019 at 16<sup>00</sup> 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 can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under No. 51). (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation sent out on "10" february 2019 y.

(mailing report No. 1 on "15" february 2019 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, docent

*Kh.N. Zaynidinov*  
Chairman of the academic seminar under the  
scientific council awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, professor



## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to develop models and algorithms to provide the functional reliability of software for information-manager systems.

The object of the research work is taken the software of information-management systems.

Scientific novelty of the research work is as follows:

on the basis fuzzy state automate processing on the mode of functional rejection a linguistic cause-effect model of software performance were developed;

an algorithm for the implementation of fuzzy mathematical functions was developed, allowing to perform arithmetic operations on two fuzzy numbers in the form of a two-phase matrix process of max-min compositions;

the fuzzy set reviews and fuzzy logic hardware of optimization of performance software complexes as well through modeling compatibility were improved;

based on relative “various total number- number of functional rejection” the algorithm of evaluating software computing was improved;

on the basis considering existence of cause-consequence under appearing functional rejection was created software allowing to determine the accurate indicator.

**Implementation of the research results.** Based on models, algorithms and software developed to provide functional reliability of information management systems software:

the models and algorithms an evaluation the reliability of software-based on information-manager systems on the basis existing cause-effect connection in the process of functional rejection of information and communication technologies software at the center for development of “Electronic Government” under Ministry for development of information technologies and communications were implemented (certificate No. 33-8/8020 the Ministry for development of information technologies and communications of the Republic of Uzbekistan dated October 26, 2018). As a result of research, the functioning of each reproduction of software system consisted of 87% of the commands that were well-known for the algorithm that lasted 1 ms.

through of determining the relationship between the “various total number - number of functional rejection” of algorithm of evaluating software computing of the tools of supporting intellectual the automated testing of software complexes as well tools at the center for development of “Electronic Government” under Ministry for development of information technologies and communications were implemented (certificate No. 33-8/8020 the Ministry for development of information technologies and communications of the Republic of Uzbekistan dated October 26, 2018). As a result of scientific research, solved the problem of prediction of errors that the whole system gave 96% of commands to opportunity to the correct familiarization;

the linguistic cause-effect model, which describes scenario that simulates software product performance on the mode of functional rejection based on the

technology of imagery in the form of a fuzzy state automate on the process of functioning information-manager systems software in the LLC «Black Rabbit» were implemented (certificate No. 33-8/8020 the Ministry for development of information technologies and communications of the Republic of Uzbekistan dated October 26, 2018). As a result of scientific research, the probability of errors allowed to reduce by 8%.

**Structure and volume of the dissertation.** The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, references and appendices. The volume of the thesis is 120 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОБУПЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

1. Мирзаев Д.А. Выбор показателя надёжности программного обеспечения при образовании функциональных отказов // ТАТУ илмий-техник ва ахборот-таҳлилий журнал “ТАТУ хабарлари”, - Тошкент, 2015. - №4(36). - Б.76-81, (05.00.00; №6).

2. Касимов С.С., Усманова Н.Б., Мирзаев Д.А. Унифицированная оценка надёжности функционирования программного обеспечения информационно-управляющих систем // Халқаро илмий-техникавий журнал “Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув”, - Тошкент, 2015. - №6 (66). - Б.69-75, (05.00.00; №5).

3. Расулева М.А., Эргашев Ф.А., Мирзаев Д.А., Дошанова М.Ю. Особенности автоматизированного и автоматического управления химико-технологическими процессами и системами // Фаргона политехника институти илмий-техника журнали, Фаргона, 2016. – 20-том. -№3. - Б. 51-56, (05.00.00; №20).

4. Усманова Н.Б., Мирзаев Д.А. Оценивание надёжности программного обеспечения информационно-управляющих систем на основе нечёткого автомата // Халқаро илмий-техникавий журнал «Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув», - Тошкент, 2017. - №2 (74). - Б. 79-83, (05.00.00; №12).

5. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Усманова Н.Б., Мирзаев Д.А. Прогнозирование ошибок в задачах обеспечения надёжности программного обеспечения: подход на основе ассоциативных правил // Журнал “Промышленные АСУ и контроллеры”. – Москва, 2017. - №5, С. 45-50, (05.00.00; №69).

6. Usmanova N.B., Mirzaev D.A., Ergashev F.A. Assessment of Software Reliability of Information-Control Systems Based on Fuzzy Automata // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – India, 2017. - Volume 4, P.4431-4435, IF= 4.346. (05.00.00; №8).

7. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Усманова Н.Б., Мирзаев Д.А. Тенденции развития систем управления технологическими процессами и производствами: обзор в контексте исследований и разработок // Журнал “Промышленные АСУ и контроллеры”. – Москва, 2017. - №9, С. 4-9, (05.00.00; №69).

8. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Усманова Н.Б., Мирзаев Д.А. Сценарии и возможности промышленного Интернета и умных фабрик будущего // Ҳар чораклик илмий-техник журнал “Ахбороткоммуникациялар: тармоқлар-технологиялар-ечимлар”, - Тошкент, 2017. - №3 (43), - С. 5-9, (05.00.00; №2).

9. Гулямов Ш.М., Усманова Н.Б., Мирзаев Д.А. Современные тенденции развития и совершенствования систем контроля и управления технологическими процессами и производствами // Халқаро илмий-

- техникавий журнал “Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув”, - Тошкент, 2017. - №4 (76), - Б.55-58, (05.00.00; №12).
10. Мирзаев Д.А. Лингвистическая модель функционирования программного обеспечения ИУС // “Мухаммад ал-Хоразмий авлодлари” илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал, - Тошкент, 2017. - №1(1), - Б.15-19, (05.00.00; №10).
11. Мирзаев Д.А., Эргашев Ф.А. Анализ показателей надёжности программного обеспечения ИУС // Фаргона политехника институти илмий-техника журналы, 22-том, - Фаргона, 2018. - №1, - Б. 159-162, (05.00.00; №20).
12. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Касымов С.С., Усманова Н.Б., Мирзаев Д.А. Проблематика разработки многоагентных систем в задачах управления технологическими процессами и производствами // Журнал “Промышленные АСУ и контроллеры”. – Москва, 2018. - №3, С. 3-8, (05.00.00; №69).
13. Gulyamov Sh.M., Kasimov S.S., Usmanova N.B., Mirzaev D.A. Problems of Developing the Multi Agent systems in Tasks of Management Technological Processes and Productions // “Chemical technology. Control and Management” International scientific and technical journal. 2018, №4-5. -P. 79-84, (05.00.00; №12).
14. Nishanov A.H., Doshchanova M.Yu., Mirzaev D.A. Methods of indistinct regulation in management problems educational process // “Open Semantic Technologies for Intelligent Systems” OSTIS-2015: Материалы V международной научно-технической конференции, 19-21 февраля 2015 г., - Минск, Белоруссия, 2015. - С. 365-368.
15. N.R.Yusupbekov, Sh.M.Gulyamov, B.M.Temerbekova, Mirzaev D.A. Linguistic Cause and Effect Model of Functioning of Formation of Functional Refusal // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, – India, 2016. - Volume 6. - P. 205-211.
16. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Усманова Н.Б., Мирзаев Д.А. Оценка надёжности программного обеспечения на основе ассоциативных правил // Математические методы в технике и технологиях ММТТ – 30: сборник трудов XXX международной научной конференции. - Санкт-Петербург, 2017. - Том 1, - С. 134-138.
17. Yusupbekov N.R., Gulyamov Sh.M., Usmanova N.B., Mirzaev D.A. Challenging the ways to determine the faults in software: Technique based on associative interconnections // 9 th International Conference on Theory and Application of Soft Computing, Computing with Words and Perception, ICSCCW 2017, 22-23 August 2017, - Budapest, Hungary, - P.641-648.
18. Mirzaev D.A., Artykov S.Z., Kabulov N.A., Ergashev F.A. The selection of reliability indicators of computer system’s software support // Transactions of the international scientific conference “Perspectives for the development of information technologies ITPA 2014”, 4-5 November, - Tashkent. - 2014, -P.341-344.

19. Zaynutdinova M.B., Mirzaev D.A., Akramova G.A., Jiyanbekov X.R. Indicators for software reliability of information management systems // "Eighth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation" WCIS-2014, November 25-27, - Tashkent. – 2014. - P.372-375.

20. Мирзаев Д.А. Показатели надёжности программного обеспечения информационно-управляющих систем // "Ахборот ва телекоммуникация технологиялари муаммолари" илмий-техник конференциясининг маърузалар тўплами. 3-қисм. - Тошкент, 12-13 март 2015 й. – Б.351-353.

21. Мирзаев Д.А. Некоторые принципы анализа программного обеспечения автоматизированных систем управления // "Ахборот ва телекоммуникация технологиялари муаммолари" илмий-техник конференциясининг маърузалар тўплами. 3-қисм. - Тошкент, 12-13 март 2015 й. – Б.354-356.

22. Мирзаев Д.А., Зайнутдинова М.Б., Эргашев Ф.А. Функциональная надёжность программного обеспечения вычислительных комплексов, сетей и систем // "Фан, таълим, ва ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот-коммуникация технологияларини қўллашнинг ҳозирги замон масалалари" Республика илмий-техник анжуманининг маърузар тўплами, 3-қисм. - Нукус, 21 апрель 2015 й. - Б.267-271.

23. Мирзаев Д.А., Дошанова М.Ю., Эргашев Ф.А. Интегрированный показатель надёжности функционирования программного обеспечения информационно-управляющих систем // "Ўзбекистонда қурилиш технологияларининг ривожланиши" Республика илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. 2-қисм. – Тошкент, 20-21 ноябрь 2015 й. – Б.72-73.

24. Abdukadyrov A.A., Ahmadjonov A.N., Mirzaev D.A. Conceptual modeling in the tasks of designing the multi-agent information control system // "Ninth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation" WCIS-2016. - Tashkent, October 25-27, 2016, - P.194-198.

25. Мирзаев Д.А. Реализация моделей и алгоритмов оценки функциональной надёжности вычислительных комплексов, сетей и систем // "Современные состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении" Республиканская научно-техническая конференция. - Ташкент, 5-6 сентября 2017 г. - С.130-134.

26. Мирзаев Д.А. Движущие силы и тенденции глобального рынка промышленной автоматизации // "Актуальные проблемы оптимизации и автоматизации технологических процессов и производств". Международная научно-техническая конференция. - Карши, 17-18 ноября 2017 г. - С.11-14.

27. Касымов С.С., Мирзаев Д.А. // "Функциональная надёжность программного обеспечения вычислительных систем" International Conference on Importance of Information-Communication technologies in Innovative Development of Sectors of Economy. -Tashkent, Uzbekistan. April 5-6, 2018. - С. 408-412.

28. Gulyamov Sh.M., Kasimov S.S., Usmanova N.B., Mirzaev D.A. Problems of developing the multi agent systems in the tasks of management

technological processes and productions // Tenth World Conference “Intelligent Systems for Industrial Automation”, WCIS – 2018. Tashkent, Uzbekistan. October 25-26, 2018. -P. 74-78

29. Igamberdiev X.Z., Yusupbekov A.N., Mirzaev D.A., Kabulov N.A. Logical-Linguistic Model of Functioning of Computer Systems' Software // Thirteenth International Conference on Applications of Fuzzy Systems and Soft Computing, August 27-28, 2018. Warsaw, Poland. -P. 880-885

30. Кабулов Н.А., Муратова З.А., Мирзаев Д.А. Программное обеспечение анализатора качества растительного масла в автоматизированной системе управления технологическими процессами // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин. № DGU 04489. Ташкент, 16.06.2017 г.

31. Мирзаев Д.А. Программное обеспечение повышения контроля функционирования вычислительных систем // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин. № DGU 05722. Ташкент, 24.10.2018 г.

Автореферат «Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари» илмий журнали таҳририяда таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, ингилиз тиллари матнларни мослиги текширилди (29.01.2019 й.).

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитура рақамли босма усулида босилди.  
Шартли босма табоғи: 3. Адади 100. Буюртма №31.

«Тошкент кимё-технология институти» босмахонасида чоп этилди.  
100011, Тошкент, Навоий кўчаси. 32-уй.