

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ҲУЗУРИДАГИ ИЛМЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.13/30.12.2019.T.07.02 РАҚАМЛИ ИЛМЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

**БАЛТАЕВ ЖЎШҚИН БОЛТАБАЕВИЧ**

**КЎП КАНАЛЛИ СИГНАТУРАЛИ ТАҲЛИЛ ВОСИТАЛАРИ АСОСИДА**  
**МИКРОПРОЦЕССОР ҚУРИЛМАЛАРИНИ ДИАГНОСТИКАЛАШ**  
**САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ МОДЕЛИ ВА УСУЛЛАРИ**

05.04.01 – Телекоммуникация ва компьютер тизимлари, телекоммуникация тармоқлари ва қурилмалари. Ахборотларни тақсимлаш

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

**Тошкент – 2020**

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

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

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

**Балтаев Жўшқин Болтабаевич**

Кўп каналли сигнатурали таҳлил воситалари асосида микропроцессор  
қурилмаларини диагностикалаш самарадорлигини ошириш модели ва  
усуллари.....3

**Балтаев Жўшқин Болтабаевич**

Модель и методы повышения эффективности диагностирования  
микропроцессорных устройств на основе средств многоканального  
сигнатурного анализа.....21

**Baltayev Jo'shqin boltabayevich**

Model and methods for improving the efficiency of diagnosing microprocessor  
devices based on multi-channel signature-based analysis.....40

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works.....44

**БАЛТАЕВ ЖЎШҚИН БОЛТАБАЕВИЧ**

**Кўп каналли сигнатурали таҳлил воситалари асосида  
микروпроцессор қурилмаларини диагностикалаш  
самарадорлигини ошириш модели ва усуллари**

05.04.01 – Телекоммуникация ва компьютер тизимлари, телекоммуникация тармоқлари ва қурилмалари. Ахборотларни тақсимлаш

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

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.4.PhD/T917 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 «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Джаббаров Шухрат Юлдашевич техника фанлар номзоди, доцент
Расмий оппонентлар:	АлиевРавшан Маратович техника фанлари доктори, профессор Ташманов Ержон Байматович техника фанлари доктори, профессор
Етакчи ташкилот	«Ўзбектелеком» АЖ

Диссертация химояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DSc.13/30.12.2019.T.07.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «28» УОМ6 соат 12<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй.Тел.: (99871) 238-65-44; 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 (15 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент, Амир Темур кўчаси, 108-уй.Тел.:(+99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2020 йил «16» УОМ6 да таркатилди.  
(2020 йил «15» УОМ6 даги 4 рақамли реестр баённомаси)



**И.Х.Сиддиков**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш раиси,  
т.ф.д., профессор

**Х.Э. Хужаматов**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш илмий котиби,  
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

**Н.Б. Усманова**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш кошидаги илмий семинар  
раиси, т.ф.д., доцент

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси))**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда маълумотларни узатиш тизимларида хабарларни ўз вақтида ва сифатли узатиш бўйича муҳим вазифаларни бажарадиган техник комплексларни такомиллаштиришга катта эътибор қаратилмоқда. Маълумотлар узатиш тизимларининг микропроцессорли қурилмалари сифатида кодеклар, модемлар, бошқарув қурилмалари ва бошқа маълумот узатиш аппаратураларини яратишга, уларнинг самарадорлигини ва ишончилигини оширишга, технологияни юксалтирилишига ҳамда уларнинг ҳажмини, ўлчамини ва кетадиган қувватни камайтиришга имкон берадиган замонавий микропроцессорли қурилмаларни ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада ривожланган мамлакатларда, жумладан АҚШ, Германия, Япония, Хитой, Украина ва Россияда маълумотлар узатиш тизимларининг микропроцессорли қурилмаларида носозликларни ўз вақтида аниқлаш, қидириш ва носозликлар жойини топиш диагностика воситаларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланмоқда.

Жаҳонда маълумотларни узатиш тизимларининг эксплуатация жараёнида техник воситаларни ишлаш сифатига бўлган талабларни микропроцессор асосида оширишга қаратилган қатор илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу соҳада, жумладан маълумотларни узатиш тизимларини техник воситаларини диагностика объекти сифатида ишлаш жараёнларини математик модели, микропроцессорли қурилма ва кўп каналли сигнатурали анализатор ёрдамида текшириш моделини қуриш усули, методи ва каналлар сонини аниқлаш методикасини ишлаб чиқиш бўйича қатор илмий ишлар олиб борилмоқда. Шу билан бирга кўп каналли сигнатурали анализатор эталон сигнатураларни ҳисоблаш ва ишончилигини баҳолашнинг аналитик усулларини ишлаб чиқиш, эталон сигнатурани шакллантириш ҳамда компакт тестлаш усулларини ишончилигини баҳолаш учун имитацион модел ва дастур ишлаб чиқиш долзарб ҳисобланмоқда.

Республикамизда замонавий ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш, электрон давлат хизматларини кўрсатишнинг яхлит тизимини яратиш, давлат органларининг аҳоли билан мулоқот қилишининг янги механизмларини жорий этишга қаратилган кенг қамроқли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2018 йил 19 февралдаги ПҚ-5349-сон «Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармонида, жумладан «...давлат бошқаруви ва иқтисодиётнинг реал секторида инновацияларни жорий қилишга кўмаклашиш, рақамли иқтисодиёт ўсишини рағбатлантириш, шу жумладан ишлаб чиқаришда комплекс автоматлаштирилган бошқарув тизимларини жорий этиш, тақдим этилаётган телекоммуникация хизматларининг юқори сифатини таъминлаш...»<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>«Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасини янада такомиллаштириш чора – тадбирлари тўғрисида» Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 19 февралдаги УП-5349-сонли фармони

вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан маълумотларни узатиш тизимларини техник воситаларини диагностика объекти сифатида ишлаш жараёнларини математик модели, кўп каналли сигнатурали анализатор эталон сигнатураларни ҳисоблаш ва ишончилигини баҳолашнинг ҳамда компакт тестлаш усулларини имитацион модел ва дастурини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПҚ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2018 йил 19 февралдаги ПҚ-5349-сон «Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3245-сон «Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасида лойиҳа бошқаруви тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори, Вазирлар Маҳкамасининг 2018 йил 7 мартдаги 185-сон «Алоқа, ахборотлаштириш ва телекоммуникация хизматлари сифатини янада яхшилашга доир чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Муаммони ўрганилганлик даражаси.** Маълумотлар узатиш тизимларининг техник воситалари самарадорлигини таҳлил қилишнинг самарадорлигини ошириш модели ва усуллари, маълумотлар узатиш тизимларининг микропроцессорли қурилмалари сифатида кодеклар, модемлар, бошқарув қурилмалари ва носозликлар жойини топиш, диагностика воситаларини ишлаб чиқиш тадқиқи бўйича кенг қамровли илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Ушбу тадқиқот йўналишига М. Abramovich, N. Zainalabedin, В.Н. Ярмолик, П.С. Давыдов, А.А. Ибрагим, Р.И. Увайсов, А.В. Бурмистров, В.Д. Комаров ва бошқа таниқли ҳорижий олимларнинг илмий ишлари бағишланган. Шунингдек, белгиланган муаммони тадқиқ қилиш масалаларига республикамиз олимлари Д.А. Абдуллаев, М.Н. Арипов, Т.Ф. Бекмуродов, Ю.К. Камалов, Ш.Ю. Джаббаров ва бошқаларнинг илмий ишлари бағишланган.

Олиб борилган таҳлил натижалари шуни кўрсатдики, кўп каналли сигнатурали таҳлил воситалари асосида микропроцессорли қурилмаларни диагностикалаш самарадорлигини ошириш модели ва усулларини ишлаб чиқиш ва амалиётга жорий этиш масалалари етарли даражада ўрганилмаган.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.**

Диссертация тадқиқоти Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент

ахборот технологиялари университети илмий тадқиқот ишлари режасининг Ф2-011 «Назорат ва диагностика қўйи тизимини ҳисобга олган ҳолда маълумотлар узатиш тармоғининг тузилишини оптималлаштириш» (2011-2013) ҳамда №19/19-Ф-сонли «Фермер хўжалиklarининг ер участкаларидан янада самарали фойдаланишда масофавий назорат тизими, аппарат ва назорат тизимини яратиш» (2019-2020) лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** маълумотларни узатиш тизимларида кўп каналли сигнатурали таҳлил воситалари асосида микропроцессорли қурилмаларни диагностика қилиш самарадорлигини ошириш модели ва усулларини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

маълумотларни узатиш тизимлари техник воситаларини диагностика объекти сифатида ишлаш жараёнларининг математик моделини таҳлил қилиш;

микропроцессорли қурилмада носозликни қидириш жараёнини марков занжири математик ифодалари асосидаги моделини тадқиқ қилиш;

кўп каналли сигнатурали анализатор эталон сигнатураларини ҳисоблаш ва ишончлилигини баҳолашнинг аналитик усулларини ишлаб чиқиш;

эталон сигнатурани шакллантириш ва компакт тестлаш усулларининг ишончлилигини баҳолаш учун имитацион модел ва дастур ишлаб чиқиш;

микропроцессорли қурилма ва кўп каналли сигнатурали анализатор ёрдамида текшириш моделини қуриш методи ва каналлар сонини аниқлаш методикасини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида маълумотларни узатиш тизимларининг техник воситаларини диагностикалаш жараёнини микропроцессорли қурилмалари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети**ни кўп каналли сигнатурали таҳлил воситалари асосида микропроцессорли қурилмаларни диагностикалаш самарадорлигини ошириш модели ва усуллари ташкил этади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида марков занжирлар назарияси, эхтимоллар назарияси, ишонччилик назарияси, техник диагностика назарияси ва имитацион моделлаштириш усулларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

микропроцессорли қурилмаларда носозликни қидириш жараёнининг марков занжири математик ифодалари асосидаги модели яратилган;

кўп каналли сигнатурали анализатор эталон сигнатураларини ҳисоблаш ва ишончлилигини баҳолашнинг аналитик усуллари ишлаб чиқилган;

эталон сигнатурани шакллантириш ва компакт тестлаш усулларининг ишончлилигини баҳолашнинг имитацион модели ва дастури ишлаб чиқилган;

микропроцессорли қурилма ва кўп каналли сигнатурали анализатор ёрдамида текшириш моделини қуриш методи ва каналлар сонини аниқлаш методикаси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

дастурий таъминот шаклида кўп каналли сигнатурали анализаторнинг самарадорлигини тадқиқ қилиш ва эталон сигнатурани ҳисоблаш учун дастурий мажмуа ишлаб чиқилади.

тизимли таҳлил асосида маълумотлар узатиш тизимларида микропроцессорли қурилмаларни диагностика самарадорлигини ошириш учун тайёргарлик коэффиенти, қайта тикланиш вақтини ва носозликни қидириш алгоритми ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги марков занжири, сигнатурани шакллантириш учун полиномларни кўпайтириш ва бўлиш операциялари, эхтимоллар назарияси асосида кўп каналли сигнатурали анализаторнинг ишончлилигини назарий ва амалий тадқиқотлар натижалари ҳамда уларнинг ўзаро мос келиши билан изоҳланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти, кўп каналли сигнатурали анализатор асосида микропроцессорли қурилмалар носозликларини қидириш вақтини камайтириш ва самарадорлигини оширишнинг математик модели, назорат ва диагностика воситаларининг ишончлигини баҳолаш усуллари ҳамда алгоритмлари ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти маълумотларни узатиш тизимларида микропроцессорли қурилмаларни диагностика самарадорлигини ошириш учун тайёргарлик коэффиенти, қайта тикланиш вақтини ва носозликни кўп каналли сигнатурали анализатор асосида қидириш қурилмаси ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Кўп каналли сигнатурали таҳлил воситалари асосида микропроцессорли қурилмаларни диагностика қилиш самарадорлигини ошириш модели ва усуллари бўйича олинган натижалар асосида:

маълумотлар узатиш тизимларининг техник воситаларини диагностика объекти сифатида ишлаш жараёнларининг математик модели Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлиги тасарруфидаги корхоналарда, хусусан «Ўзбектелеком» АК «Телекоммуникация транспорт тармоғи» филиалида жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2020 йил 29 январдаги 33-8/602-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида микропроцессорли қурилмаларда носозликни қидириш тезкорлиги 2 мартага яхшиланган ҳамда ишлаш самарадорлиги 25%гача оширилган;

микропроцессорли қурилмаларда носозликни қидириш жараёнининг марков занжири математик ифодалари асосидаги модели яратилган, эталон сигнатурани шакллантириш ҳамда компакт тестлаш усуллариининг ишончлилигини баҳолашнинг имитацион модел ва дастури Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлиги тасарруфидаги корхоналарда, хусусан «Радиоалоқа, радиоэшиттириш ва



телевидения» маркази ДУКда жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2020 йил 29 январдаги 33-8/602-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида мавжуд бир каналли сигнатурали анализаторда носозликни қидириш вақти 10,6 минутни ташкил қилган бўлса, ишлаб чиқилган ва амалиётга қўлланилган 4, 8, 16 каналли сигнатурали анализаторда микропроцессорларни диагностика қилиш ва носозликни қидириш вақтини 10 минутгача камайтиришга эришилган;

кўп каналли сигнатурали анализатор эталон сигнатураларни ҳисоблаш ва ишончлилигини баҳолашнинг аналитик усуллари, эталон сигнатурани шакллантириш ва компакт тестлаш усуллари ва дастур Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлиги тасарруфидаги корхоналарда, хусусан «Ўзбектелеком» АК Хоразм филиалида жорий этилган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2020 йил 29 январдаги 33-8/602-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида бир каналли сигнатурали анализатор ёрдамида носозликларни қидириш ва аниқлаш имкони 70%ни ташкил этган бўлса, кўп каналли сигнатурали анализатор ёрдамида носозликни қидириш ва аниқлаш имкони 95% гача ошишига эришилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 7 та халқаро ва 6 та республика илмий-амалий конференцияларда ҳамда илмий семинарларда муҳокама қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Тадқиқот мавзуси бўйича жами 26 та илмий ишлар, улардан 10 та мақола Ўзбекистон Республикаси ОАК тавсия этган журналларда, шу жумладан 4 та хорижий, 6 та республика миқёсидаги журналларда чоп этилган ва 3 та ЭХМ учун яратилган дастурий маҳсулотлар гувоҳномаси олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация иши кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 113 бетни ташкил этади.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

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

Диссертациянинг «**Маълумот узатиш тизимларининг техник воситалари ва уларнинг ишончлилигини ошириш вазифалари**» деб номланган биринчи бобида маълумот узатиш тизимида ахборотни узатиш

усули, узатилаётган ахборотга муҳитнинг таъсир кўрсаткичлари, қабул қилиш қурилмасида ахборотларни қабул қилиш жараёнларини замонавий модемларда процессорларнинг тузилиши ва ишлаши таҳлил қилинди. Микропроцессор қурилмалар ишончилигининг асосий шarti сифатида тайёргарлик коэффиценти ва ундаги қайта тиклаш вақти кўриб ўтилди. Бобда микропроцессор қурилмаларнинг ишончилигини оширишда диагностика воситаларини тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқиш мақсадга мувофиқлиги асослаб берилган.

Тикланмайдиган маълумот узатиш тизими ишончилигининг асосий шarti – ишдан чиқишсиз ишлаш эҳтимолидир яъни,

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

бу ерда  $t$  - да ишдан чиқишларнинг пайдо бўлмаслик эҳтимоллиги,  $\lambda$  - рад этишлар интенсивлиги.

Тикланадиган маълумот узатиш тизими ишончилигининг асосий шarti тайёргарлик коэффицентидир. Тайёргарлик коэффиценти қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$K_T = \frac{T_{\text{б.и.м}}}{T_{\text{б.и.м}} + T_{\text{к.т.в}}} \quad (2)$$

бу ерда  $K_T$  - тайёргарлик коэффиценти;  $T_{\text{б.и.м}}$  -бузилишгача ишлаш муддати (вақти);  $T_{\text{к.т.в}}$  -қайта тиклаш вақти.

$$T_{\text{к.т.в}} = t_{\text{н.а.в}} + t_{\text{н.к.в}} + t_{\text{н.б.э}} \quad (3)$$

бу ерда  $t_{\text{н.а.в}}$  - носозликни аниқлаш вақти;  $t_{\text{н.к.в}}$  - носозликни қидириш вақти;  $t_{\text{н.б.э}}$  - носозликни бартараф этиш вақти;

Маълумот узатиш тизими техник воситаларининг асосий ишончилик меъзони тўхтовсиз ишлашни англатувчи рад этишсиз ишлашни ўртача вақтини ва қурилмани ёки элементни таъмирга яроқлилигини билдирувчи ўртача қайта тиклаш вақтидан таркиб топган тайёргарлик коэффиценти бўлади.

Қурилмаларни диагностика қилишда тестлаш усулини қўллаш мураккаб жараёнларни ўз ичига олади. Бу эса тестлаш усулини қўллашга кўпроқ вақт кетишини англатади.

Диссертациянинг «**Назорат ва диагностика объекти сифатида микропроцессорли қурилмаларни таҳлили**» деб номланган иккинчи бобида қурилмалардаги микропроцессорларни характеристикалари, диагностика объекти сифатида текшириш усуллари, платаларда диагностикани ўтказишни автоматлаштириш тартиблари келтирилган ва микропроцессор қурилмаларда яроқсиз схеманинг модели, алгоритми ҳамда микропроцессор қурилмаларни диагностика тизимининг функционал схемаси яратилган.

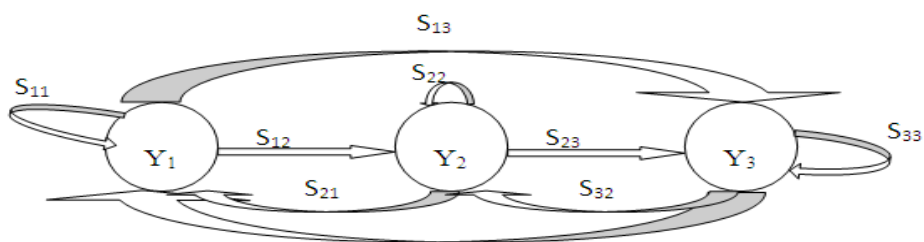
Микропроцессор қурилмада носозликни қидириш жараёни марков занжири математик ифодаларидан фойдаланиб кўриб чиқилган. Марков

жараёнлари назариясида, ҳолатлар тўплами ўтиши, уни бир марта орқага қайтариб бўлмайдиган тўплам, эргодик ҳолатлар тўплами эса бир марта киритилган ва бир марта киритиб бўлмайдиган тўплами деб аталади. Шунга асосланиб, барча ўтиш ҳолатлари ютилган марков занжири бўлади.

Ушбу моделнинг ўзига хос хусусияти шундаки, у минимал миқдордаги параметрларни ўз ичига олади, бу муҳандислик ҳисоб-китобларини соддалаштиради ва тавсифланади. Носозликлар эҳтимоллиги учун матрица қуйидаги  $S_x$  шаклга эга:

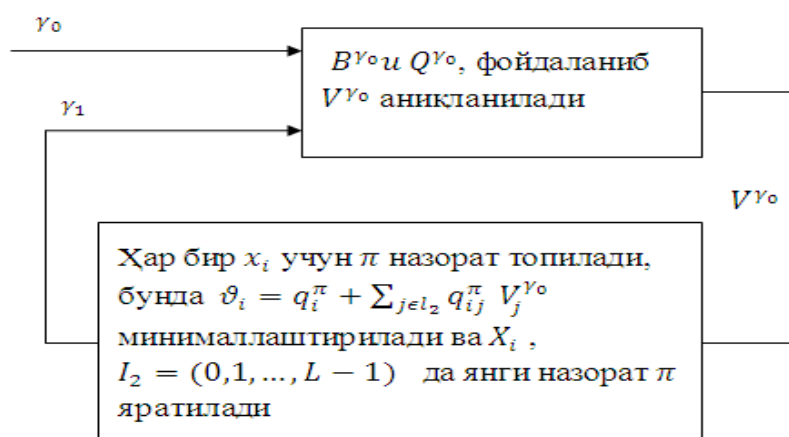
$$S_x = \begin{bmatrix} S_{11,x} & S_{12,x} & S_{13,x} \\ S_{21,x} & S_{22,x} & S_{23,x} \\ S_{31,x} & S_{32,x} & S_{33,x} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Биз  $S_x$  учун ўтиш графигини келтирамиз (1-расм):



1-расм. Канал ҳолати учун ўтиш графиги.

Носоз элементни қидириш  $v_*$  самарали қидириш стратегияси  $X \rightarrow \Pi$  2-расмда тасвирланган алгоритм бўйича топилади. Алгоритм бўйича яқинлашиш  $v_{n+1} = v_n$  бўлганда беркитади, бу ҳолатда  $v_n = v_*$ . Дастлабки яқинлашиш сифатида стратегияни танлаш таклиф этилади, носоз элементни жойлашган ўрни тўғрисида кутилаётган ахборотни ҳар бир  $X_i$  учун максималлаштирилади.



2- расм. Носоз элементни қидириш жараёнини самарали алгоритми.

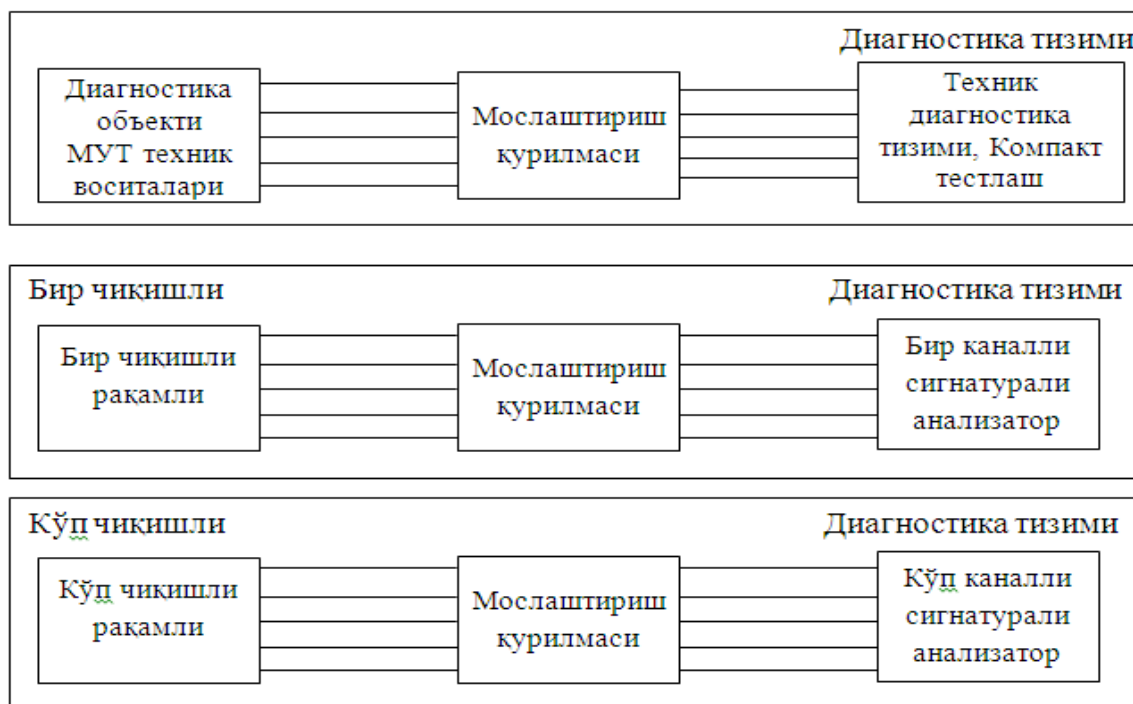
Микропроцессор қурилмаларни диагностика объекти сифатида таҳлил қилиш натижасида диагностика воситаларига талаблар ишлаб чиқилди.

Диагностика объектини техник диагностика воситалари билан ўзаро муносабатлари характерига қараб қуйидагиларга бўлинади:

- функционал диагностикали тизимлар: буларда диагностика масалалари техник диагностика объекти мўлжалланиши бўйича ишлаш жараёнида ўз ечимини топади;

- тестли диагностика тизимлари: бунда диагностика масалалари техник диагностика объекти ишлашининг махсус режимида, тест сигналлари берилган ҳолда амалга оширилади.

Микропроцессор қурилмаларини умумий диагностика тизимининг функционал схемаси (3-расм)да келтирилган.



3-расм. Микропроцессор қурилмаларни умумий диагностика тизимининг функционал схемаси.

Микропроцессор қурилмани носозлигини қидириш самарадорлигини ошириш учун кўп каналли сигнатурали анализаторни қўллаш таклиф қилинган. Кўп каналли сигнатурали анализаторни модели, сигнатурани шакллантириш тамойиллари келтирилган.

Сигнатураларни таҳлил қилишда, агар эталон ва бошқариладиган кетма-кетликлар сигнатуралари бир-бирига тўғри келса, яъни агар хато кетма-кетлигининг сигнатураси нолга тенг бўлса, дастлабки кетма-кетликга мос келади.

Сигнатурани шакллантириш жараёнида  $G(x)$  полином қиймати сигнатурали анализаторда тесқари алоқали суриш регистрининг тузилмаси орқали аниқланадиган  $P(x)$  келтирадиган полиномга бўлинади. Барча бўлиши мумкин кўплаб полиномлардан тўртта разрядли ўн олтиталик сигнатурани шакллантириш учун  $P(x) = x^{16} + x^{12} + x^9 + x^7 + 1$  танланади, бу 16, 12, 9 ва 7 разрядлардан тесқари алоқаларга мос келади.  $G(x)$  полином  $P(x)$  га бўлганида  $\theta(x)$  хусусий ва  $R(x)$  қолдиқ олинади.

Дастлабки полином бунда  $G(x) = P(x)Q(x) \oplus R(x)$  бўлади, бу ерда  $\oplus$ -модуль 2 бўйича қўшиш белгиси.

Иккилик кетма-кетликни сиқишнинг учта усулини кўриб чиқамиз.

1. Бирликларни ҳисоблаш усули.

2. Ўтишларни ҳисоблаш усули (улаш).

3. Полиномлар бўлинишининг қолдиқларини ҳисоблаш усули. Келтирилган 1чи ва 2чи усулда бўлгани каби, бу ерда ҳам маълумот сиқилган, аммо агар ҳисоб (модул ёки ўтиш даври) модулининг қолган қисми ишлатилган бўлса, унда бу ерда бўлинманинг қолган қисми бўлади. *Полиномни бўлиш усули билан сигнатурани ҳосил қилиш.* N узунликдаги иккилик кетма-кетлик X расмий ўзгарувчида N-1 даражали кўпайтма билан ифодаланиши мумкин:

$$P(x) = a_{N-1}x^{N-1} + a_{N-2}x^{N-2} + \dots + a_2x^2 + a_1x^1 + a_0x^0 \quad (5)$$

бу ерда  $a_i = \{0,1\}$ ;  $0 \leq i \leq N-1$

Иккилик полиномлар тўплами алгебраик майдонни ҳосил қилади, унда куйидагилар аниқланади:

- 2-модул бўйича таркибий қисмларга асосланган қўшимча операцияси;

- полиномни кўпайтириш операцияси;

- полиномиал бўлиниш операцияси.

N узунликнинг ҳар қандай иккилик кетма-кетлигини X расмий даражадаги ўзгарувчида N -1 даражали кўпайтма билан ифодалаш мумкин.

Шундай қилиб, илгари кўриб чиқилган  $X = 0011\ 1100\ 0111\ 1100\ 0110$  кетма-кетликли кўпхадни тасвирлаш мумкин:

$$P(X) = x^{17} + x^{16} + x^{15} + x^{14} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^7 + x^6 + x^2 + x^1.$$

$Z=0010\ 1100\ 0111\ 1101\ 0110$  - полином

$$P(Z) = x^{17} + x^{15} + x^{14} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^2 + x^1.$$

Сигнатурани ҳисоблаш учун m тартибининг қайтариб бўлмайдиган полиноми P(S) дан фойдаланилади.

Микропроцессор қурилмани ва кўп каналли сигнатурали анализаторни ўзаро ишлашнинг таъминловчи диагностика тизимини модели яратилди.

Диссертациянинг «**Микропроцессорли қурилмалар учун сигнатураларни ҳисоблашнинг аналитик усуллари ва имитацион модели**» деб номланган учинчи бобида сигнатурани ҳисоблаш усулини яратиш зарурлиги биринчидан – ишончлиликни баҳолаш, иккинчидан хатони излаш алгоритмининг аниқловчи асосий ҳужжат ҳисобланган эталон сигнатуранинг луғатлари (жадваллари) ни ишлаб чиқишни автоматлаштириш ишлаб чиқилди.

**1-усул. Қўшилган полиномлар асосида эталон сигнатурани ҳисоблаш.** Сигнатурали анализаторларнинг ишлаш принципи сигнатурали таҳлил усулига асосланган, бу ҳам узун иккилик кетма - кетликларни тўртталик, ўн олтиталик код-сигнатураларга ўзгартиради.

Кирилган полиномлар асосида сигнатураларни ҳисоблаш шу тасаввур асосида бажарилади. Ҳар бир силжитиш регистрини тегишли даража полином ёрдамида таснифлаш мумкин. Унда кириш кетма - кетлигини ўзгартириш операцияси полиномларни бўлиш операцияси бўлади, натижавий сигнатура эса қуйидаги ифодадан олинган:

$$G(x) = g_{12}(x) \cdot x^{12} + g_9(x) \cdot x^9 + g_7(x) \cdot x^7 + r_7(x),$$

бу ерда  $g_i(x) - F(x)$  кириш кетма кетлиги полиномини  $i$ - разрядли  $P_i(x)$  силжитиш регистрининг полиномига бўлиш,  $r_i(x) - F(x)$  ни  $P_i(x)$ га бўлиш қолдиғи.

**2-усул. Сигнатурали таҳлил жадвали асосида эталон сигнатурани ҳисоблаш.** Модул 2 бўйича сумматорнинг умумий чиқишига иккилик кетма-кетлик ва уни киришига иккилик кетма-кетлик ўртасида мос келганларини ўрнатамиз. Кириш кетма-кетлиги  $n$  битдан иборат бўлсин:  $a_1 a_2 \dots a_{n-1} a_n$  (бу ерда  $a - 0$  ёки  $1$ ). Мос равишда уни чиқиш кетма-кетлиги худди шундай  $n$  битдан иборат бўлади:  $b_1 b_2 \dots b_{n-1} b_n$  (худди шундай  $b - 0$  ёки  $1$ ). Иккала кетма-кетликдаги биринчи етти бит бир хил, яъни  $b_1 = a_1, b_2 = a_2, b_3 = a_3, b_4 = a_4, b_5 = a_5, b_6 = a_6, b_7 = a_7$ . Саккизинчисидан бошлаб  $i -$  бит ( $0$  ёки  $1$ ) қуйидаги формула орқали аниқланади ( $8 \leq i \leq n$ ):

$$b_i = \begin{cases} a_i \text{ бунда } b_{i-16} \oplus b_{i-12} \oplus b_{i-9} \oplus b_{i-7} = 0, \\ \bar{a}_i \text{ бунда } b_{i-16} \oplus b_{i-12} \oplus b_{i-9} \oplus b_{i-7} = 1, \end{cases}$$

бу ерда  $\bar{a}_i$  - бит,  $a_i$  битнинг тескари қиймати,  $\oplus$  белги - модул 2 бўйича қўшишни билдиради.

Агар индексда бит  $b_{i-k}$ , ўнг қисмида турса, салбий рақам ( $i < k$ ) ёки нол ( $i = k$ ), олинади, унда бу бит ташлаб юборилади. Масалан,  $b_{10}$  битни аниқлаш талаб этилсин. Унда  $i = 10$ , шундай қилиб  $i - 16 = -6, i - 12 = -2, i - 9 = 1; i - 7 = 3$  бўлади.

Изланган бит учун формула қуйидагича бўлади:

$$b_{10} = \begin{cases} a_{10} \text{ бунда } b_1 \oplus b_3 = 0, \\ \bar{a}_{10} \text{ бунда } b_1 \oplus b_3 = 1, \end{cases}$$

буни аниқлаш осон, яъни

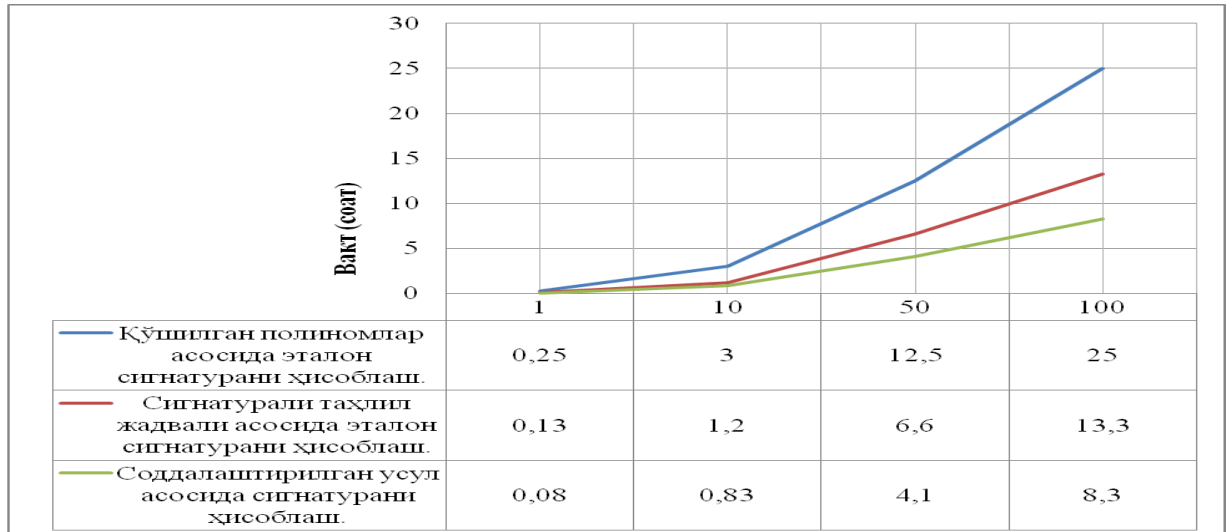
$$b_8 = \begin{cases} a_8 \text{ бунда } b_1 = 0, \\ \bar{a}_8 \text{ бунда } b_1 = 1; \end{cases} \quad b_9 = \begin{cases} a_9 \text{ бунда } b_2 = 0, \\ \bar{a}_9 \text{ бунда } b_2 = 1. \end{cases}$$

Иккилик сигнатурали кодни олиш учун биринчи  $n - 16$   $b_1 b_2 \dots b_{n-1} b_n$  кетма-кетликни кесиш керак бўлади. Қолган 16 бит ва иккилик кўринишда сигнатура кўринишда тасвирланади.

**3-усул. Соддалаштирилган усул асосида сигнатурани ҳисоблаш.** Сигнатурани соддалаштирилган усулини энг муқобилини ҳисоблаш қуйидагича бажарилади. Айтайлик  $F(x) -$  кириш иккилик кетма - кетликга мос полином, бу ерда  $F(x) \cdot x^{16}$  кўпайтириш натижасини топамиз ва уни қуйидаги полиномга бўлаамиз:

$$P(x) = x^{16} + x^9 + x^7 + x^4 + 1.$$

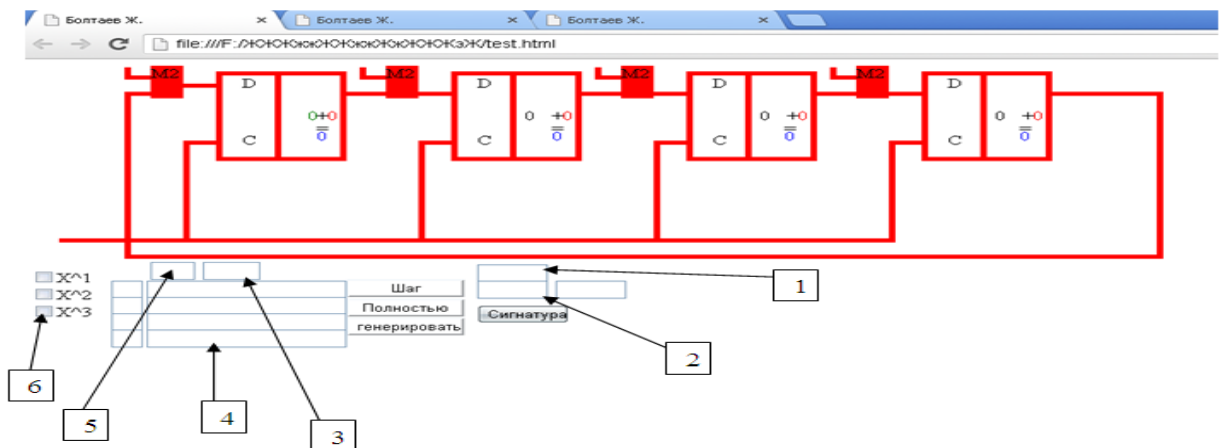
Бўлиш натижасида  $g(x)$  ва  $r(x)$  қолдиқ оламиз. Энди кўпхад  $g(x)$  дан даражаси 15 дан катта бўлган ҳамма қодларни олиб ташлаб  $G(x)$  ни оламиз ва у сигнатурага мос келади. Сигнатурани шакллантиришда аналитик ҳисоб натижаларига кетган вақт боғлиқлик графиги 4-расмда келтирилган.



4-расм. Сигнатурани шакллантиришда аналитик ҳисоб натижаларига кетган вақт.

Кўп чиқишли рақамли қурилмаларни кўп каналли сигнатурани диагностика қилиш усулини моделлаштириш дастури қурилмаларни диагностика қилишда рақамли сигнатурани шакллантириш жараёнини яққол акс эттириш учун мўлжалланган.

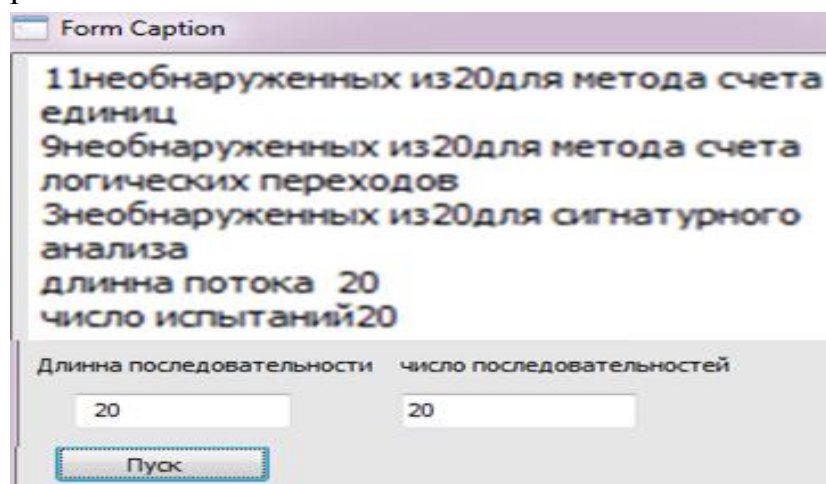
Кўп каналли сигнатурани анализаторларни каскадлаш ғоясидан фойдаланишга уриниш натижавий сигнатуранинг ўлчамлилигини камайтиришга имкон беради, лекин бу ҳолда кўп каналли сигнатурани анализатор ўзаро алоқасини ташкил этиш ва уларнинг аниқ ишлатилишига боғлиқ бўладиган бундай анализаторнинг ишончлилигини баҳолаш мураккаб бўлиб қолади. Кўп каналли сигнатурани анализаторни виртуал макетининг кўриниши 5-расмда келтирилган.



5-расм. Кўпканалли сигнатурани анализатор виртуал макетининг кўриниши.

- Бу ерда 1- оҳирги ишлаш тактидаги триггерларнинг ҳолатлари;
- 2- ўрама (свертка) (сигнатура);
- 3- кириш вектори;
- 4- кетма-кетликларни акс эттирилиши учун майдон;
- 5- кетма-кетлик узунлигини киритиш учун майдон;
- 6- регистр тескари алоқаларини ўрнатиш учун майдон.

Уч хил тестлаш усули (мантикий ўтишларни ҳисоблаш, бирларни ҳисоблаш, сигнатурали таҳлил) учун хатоларни аниқлаш тўғрисидаги маълумотлар асосида ишлаб чиқилган дастур ёрдамида олинган натижалар б-расмда келтирилган.



б-расм. Дастур ишининг натижалари.

Микропроцессор қурилмаларнинг 4, 8, 16 каналли сигнатурали анализаторни моделлаштириш учун модел ва кўп каналли сигнатурали анализаторни назорат ишончилигини баҳолаш учун дастур ишлаб чиқилди.

Моделлаштириш жараёни тугаганидан кейин дастур натижани етита сегментли индикаторда акслантириш учун рақамли сигнатурани код кўринишида беради. Ишлаб чиқилган дастур Microsoft Windows 98/Me/NT/XP/2010 операцион тизимларда ишлайди.

Диссертациянинг «**Замонавий элемент базаси асосида кўп каналли сигнатурали анализаторни ишлаб чиқиш**» деб номланган тўртинчи бобида сигнатурали анализаторни ишлаб чиқиш учун сигнатурали анализаторни қўллаш имкониятлари ва шартлари, қурилма макетини яратишга бўлган талаб ва ишлаш тартиби, техник характеристикалари ва дастурий воситани танлаш масалаларига бағишланган.

Ишлаб чиқилаётган қурилма билан компьютернинг ўзаро таъсири учун дастурларни ёзишда юқори тезликни ва минимал ҳажмни таъминлайдиган паст даражадаги дастурлаш тиллари кўпроқ мос келади. Шу сабабли *java* тилидан фойдаланилди.

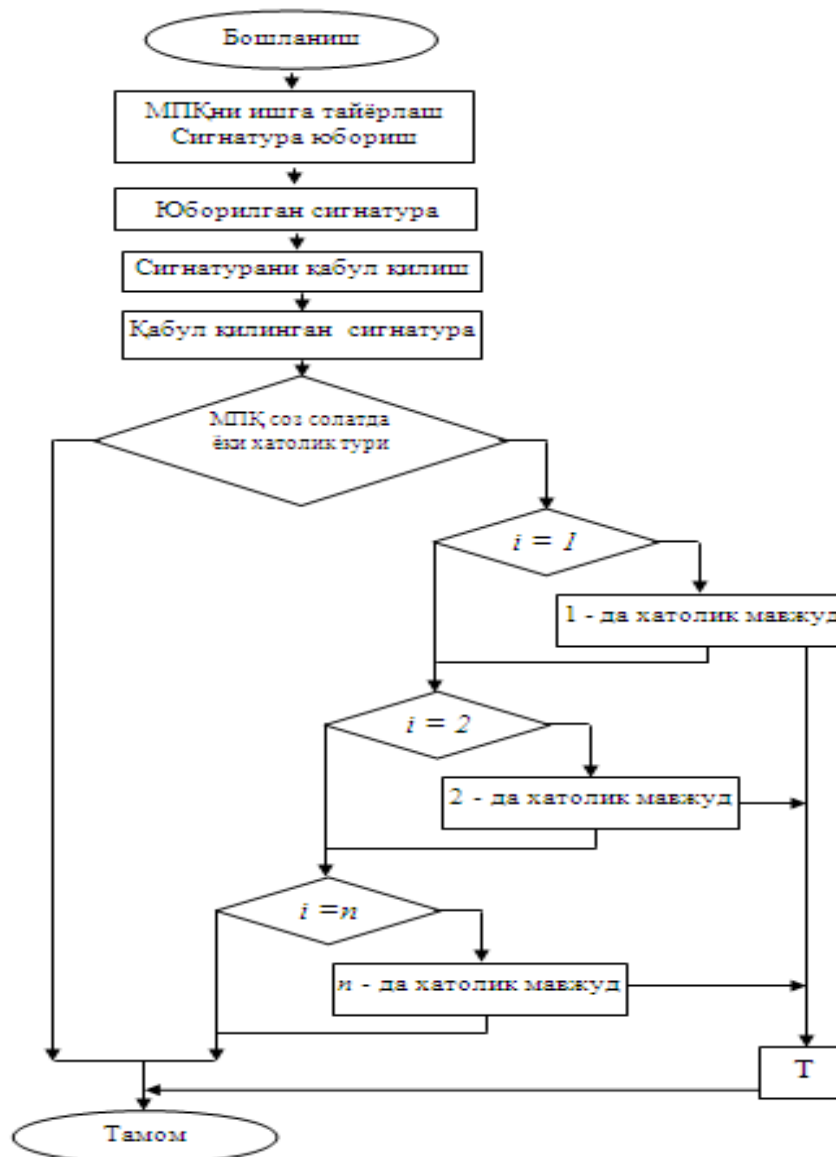
Ушбу қурилмани қўллаб-қувватлаш дастурининг интерфейсини ёзиш учун исталган дастурлаш тилида дастурларни ёзиб олиш мумкин, бу дастур матнини *java* тилида дастур остига киритиш имконини беради (7-расм).



COM8	Uzish	O`qish	Status	Amaliyot bajarildi
Signatura	0x1E9801	Kichik fyus bayt	0xFF	
Mikrokontroller turi	ATmega2560	Katta fyus bayt	0xD8	
Flash xotira xajmi (B)	262144	Qo`shimcha fyus bayt	0xFD	
Vaqt sozlanma bayti	0x80	Himoya fyus bayti	0xFF	

7 - расм. Дастурда натижаларни олиниши.

Тузилган назорат ва носозликларни қидириш алгоритми, принципиал схемалар ва барча блоklar учун микропроцессор қурилмалар жойланиши схемаларига эга бўлиб, оператор кўп каналли сигнатурали анализатор ёрдамида етарли даражадаги тезлик билан микропроцессор қурилмадаги носозликни локализация қилади ва бартараф этади. 8-расмда киришдан чиқишга кўп каналли сигнатурали анализатор орқали микропроцессор қурилмани иш қобилиятини текшириш алгоритми келтирилган.



8-расм. Киришдан чиқишга кўп каналли сигнатурали анализатор орқали микропроцессор қурилмани иш қобилиятини текшириш алгоритми.

Шундай қилиб, кўп каналли сигнатурали анализатор ёрдамида микропроцессор қурилмаларнинг носозликларини локализациялаш услуги қуйидагилардан иборат:

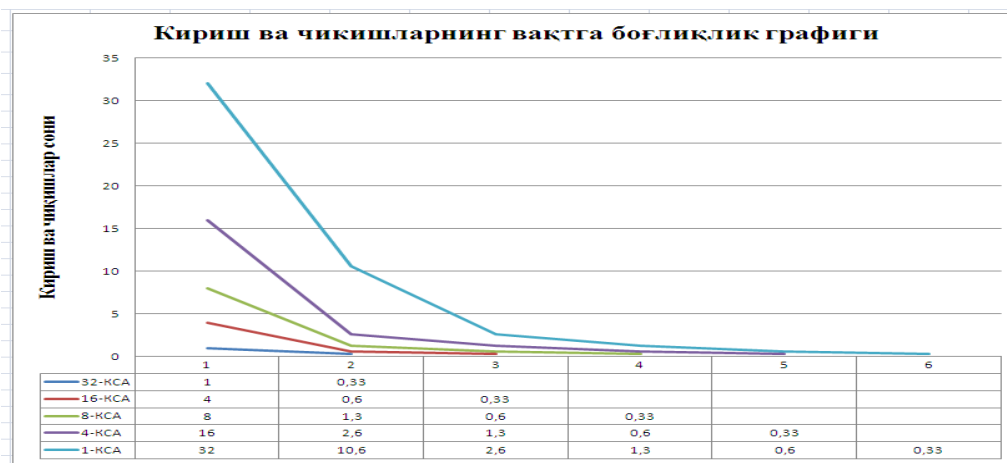
- қурилманинг киришига назорат қилинадиган кетма-кетлик берилади;
- чиқишидаги сигнатуралар аниқланади, улар эталондан фарқланмаса, блок соз ҳисобланади, акс ҳолда схема ишининг мантиғи бўйича сигнатура кейинги назорат нуқтада топилади;
- киришидаги сигнатуралар тўғри бўлиб, ҳеч бўлмаганда битта чиқиш сигнатура нотўғри бўлса микропроцессор қурилма носоз ҳисобланади;
- барча носоз, бир-бирига боғлиқ бўлмаган микропроцессор қурилмалар аниқланади;
- носозликларнинг барча сабаблари бартараф этилади;
- носоз микропроцессор қурилмалар алмаштирилади;
- диагностика қилиш жараёни, реал олинган ва эталон сигнатуралар тенг бўлмагунча давом эттирилади.

Мавжуд бўлган диагностика воситаларининг тавсифларини таққослаш таҳлили ва уларнинг қўлланилишининг таҳлили 1- жадвалда келтирилган.

1- жадвал

Схемадаги микропроцессор қурилма чиқишлар сони	Киришдан чиқишга усули орқали назорат алгоритми									
	Ўлчовлар сонива вақти, минут									
	1КСА		4КСА		8КСА		16КСА		32КСА	
	ТС	ТВ	ТС	ТВ	ТС	ТВ	ТС	ТВ	ТС	ТВ
У32	32	10.6	8	2.6	4	1.3	2	0.6	1	0.33
У16	16	2.6	4	1.3	2	0.6	1	0.33		
У8	8	1.3	2	0.6	1	0.33				
У4	4	0.6	1	0.33						
У1	1	0.33								
$\Sigma N_i, \Sigma t_i$	61	15.43	15	4.83	7	2.23	3	0.93	1	0.33
$\overline{N}_{\text{ўп}}, \overline{t}_{\text{ўп}}$	12.2	3.086	3.75	1.2	2.3	0.74	1.5	0.46	1	0.33

Кириш ва чиқишга бўлган вақтнинг боғлиқлик графиги 9-расмда келтирилган.



9-расм. Кириш ва чиқишларнинг вақтга боғлиқлик графиги.

Шундан келиб чиқиб носозликларни излаш ва уларни жойида тўхтатишдаги сигнатурали таҳлил воситаларининг кенг имкониятлари, микропроцессор қурилмаларнинг қайта тиклаш-таъмирлаш ишларига кетадиган вақтни маълум даражада тежашга ва таъмирловчи ходимларнинг малака даражасига бўлган талабни камайишига олиб келади.

Яратилган дастурий мажмуалар ва кўп каналли сигнатурали анализатор қурилмаси асосида тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, ишлаб чиқилган ва амалиётга қўлланилган қурилма орқали 4, 8, 16 каналли микропроцессорларда диагностика қилиш жараёнлари амалга оширилган. Ҳозирда мавжуд бир каналли сигнатурали анализаторда носозликни қидириш вақти 10,6 минутни ташкил қилган бўлса, ишлаб чиқилган кўп каналли сигнатурали анализатор орқали носозликни қидириш вақти 10 минутгача камайиришга эришилган.

Амалиётга қўлланилган эталон сигнатурани ҳисоблаш ва ишончилиқни баҳолаш асосида диагностика қилиш жараёни самарадорлиги оширилган бўлиб, бир каналли сигнатурали анализатор ёрдамида носозликларни қидириш ва аниқлаш имкони 70 % ни ташкил этган бўлса, кўп каналли сигнатурали анализатор ёрдамида носозликни қидириш ва аниқлаш имкони 95 % гача оширишга эришилган.

Маълумот узатиш тизимларидаги кўп чиқишли микропроцессор қурилмаларда кўп каналли сигнатурали анализатор асосида носозликни қидириш ва диагностика тизимини қўллаш орқали микропроцессор қурилмаларнинг диагностика жараёнларида эришиладиган самарадорлик йилига 1,5 мартабагача иш самарадорлиги яхшиланиши кутилмоқда.

## ХУЛОСА

“Кўп каналли сигнатурали таҳлил воситалари асосида микропроцессор қурилмаларини диагностикалаш самарадорлигини ошириш модели ва усуллари” мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Маълумот узатиш тизимининг техник воситаларини ишлаш самарадорлигига носозликни таъсирини кўрсатишга ёрдам берувчи ахборот жараёнларини ифодаловчи математик модел ишлаб чиқилган. Микропроцессор қурилмани диагностика объекти сифатида таҳлил қилиш натижасида диагностика воситаларига талаблар қўйилган. кўп каналли сигнатурали анализаторни моделида иккилик кетма-кетликларни сиқиш жараёни GF(2) майдонида полиномларни бўлиш операцияси кўринишида амалга оширилишини таҳлил кўрсатди.

2. Кўп чиқишли микропроцессор қурилмани носозлигини қидириш самарадорлигини ошириш учун кўп каналли сигнатурали анализатор таклиф қилинди ва кўп каналли сигнатурали анализаторни модели, сигнатурани шакллантириш тамойиллари тақдим қилинди. Микропроцессор қурилмаларни диагностика тизимининг модели ва кўп чиқишли схемани кўп

каналли сигнатурали анализатор билан ўзаро ишлашини ташкил этиш усули ишлаб чиқилди.

3. Кўп каналли сигнатурали анализаторнинг муҳим кўрсаткичи эталон сигнатура луғати ва назоратнинг ишончилиги эканлигини таҳлил кўрсатди. Кўп каналли сигнатурали анализаторни қўллаш учун эталон сигнатурани ҳисоблаш ва ишончилиқни баҳолашнинг аналитик усуллари таклиф этилди. Сигнатурани ҳисоблашнинг аналитик усуллари солиштирма таҳлил қилинганда, энг самарали усул жадвал усули эканлигини кўрсатди.

4. Эталон сигнатура жадвалини аниқлашни автоматлаштириш мақсадида кўп каналли сигнатурали анализатор алгоритми ва 4, 8, 16 каналли имитацион модели ишлаб чиқилган. Кўп каналли сигнатурали анализаторни назорат ишончилигини баҳолаш учун дастур ишлаб чиқилди ва сигнатуралар олинди. Кўп каналли сигнатурали анализаторни қўллаш учун ишончилиқни баҳолашда аналитик ва имитацион моделлар ва методикалар ишлаб чиқилган.

5. Кўп чиқишли схемани диагностика қилиш учун бир каналли сигнатурали анализаторни қўллаш чегараланганлиги кўрсатилди, кўп чиқишли схемани диагностика қилиш хусусиятини ҳисобга олувчи кўп каналли сигнатурали анализаторни тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқиш кераклиги келтирилган. Кўп каналли сигнатурали анализатор асосида АТМЕГА оиласига мансуб бўлган микроконтроллерлар ва микропроцессорларнинг сигнатуралари аниқланди ва эталон сигнатура луғати шакллантирилган.

6. Ишлаб чиқилган кўп каналли сигнатурали анализатор асосида 4, 8, 16 каналлар учун диагностика қилиш жараёнлари ишлаб чиқилди ва носозликни қидириш вақти бир каналли сигнатурали анализаторга қараганда кўп каналли сигнатурали анализаторда 10,6 минутдан 0,33 минутгача камайтиришга эришилган. Такқослаш натижасида кўп каналли сигнатурали анализатор алгоритми 2 марта тезкорлиги яхшиланган ҳамда ишлаш самарадорлиги 25% гача оширилган.

7. Рақамли қурилмаларнинг 4, 8 ва 16 каналли сигнатура усулида диагностика қилишнинг моделлаштириш дастури учун Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги томонидан Электрон ҳисоблаш машиналари учун яратилган дастурнинг расмий рўйхатдан ўтказганлиги тўғрисидаги гувоҳнома олинган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2019.Т.07.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**БАЛТАЕВ ЖЎШҚИН БОЛТАБАЕВИЧ**

**МОДЕЛЬ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ НА  
ОСНОВЕ СРЕДСТВ МНОГОКАНАЛЬНОГО СИГНАТУРНОГО  
АНАЛИЗА**

05.04.01 - Телекоммуникационные и компьютерные системы, телекоммуникационные сети и информационные устройства. Распределение информации

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

Ташкент-2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2018.4.PhD/T917.

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский и английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного Совета ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Научный руководитель:** Джаббаров Шухрат Юлдашевич  
кандидат технических наук, доцент,

**Официальные оппоненты:** Алиев Равшан Маратович  
доктор технических наук, профессор  
Ташманов Ержон Байматович  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:** АК «Узбектелеком»

Защита диссертации состоится «28» июля 2020 г. в 12<sup>00</sup> часов на заседании Научного Совета DSc.13/30.12.2019.T.07.02 при Ташкентском университете информационных технологий (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: [tuit@tuit.uz](mailto:tuit@tuit.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер № 157). Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44.

Автореферат диссертации разослан «16» июня 2020 года.  
(реестр протокол рассылки № 4 от «15» июня 2020 г.).



**И.Х. Сиддиков**  
Председатель научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор

**Х.Э. Хужаматов**  
Ученый секретарь научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
доктор философии (PhD) по техническим наукам

**Н.Б. Усманова**  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., доцент

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В последние годы в мире системы передачи данных представляют собой сложные технические комплексы, которые выполняют важные задачи по своевременной и качественной передаче сообщений, распространяемых в регионе. Под микропроцессорными устройствами систем передачи данных понимаются кодеки, модемы, устройства управления и другие устройства аппаратуры передачи данных. При создании микропроцессорных устройств используется современная микропроцессорная база, что позволяет серьезно повысить их эффективность и надежность, повысить технологичность, уменьшить их габариты и потребляемую мощность. В связи с этим, разработка диагностических средств для своевременного обнаружения, поиска и локализации неисправностей в микропроцессорных устройствах в развитых странах, в том числе США, Германии, Японии, Китая, Украины и России, считается одной из важных задач.

В мире проводится ряд научно-исследовательских работ, направленных на повышение требований к качеству работы технических средств на базе микропроцессора в процессе эксплуатации систем передачи данных. В этой области ведется множество научных работ, в том числе по разработке математической модели рабочих процессов в качестве объекта диагностики технических средств систем передачи данных, способа построения модели диагностики с помощью микропроцессорного устройства и многоканального сигнатурного анализатора и методики выявления количества каналов. В то же время, считается актуальной разработка аналитических методов расчета эталонных сигнатур и оценки надежности многоканального сигнатурного анализатора, а также разработка имитационных моделей и программ оценки надежности формирование эталонных сигнатур и компактных методов тестирования.

В нашей Республике ведутся работы по развитию современных информационных технологий и коммуникаций, созданию единой системы предоставления электронных государственных услуг, внедрению новых механизмов общения государственных органов с населением. В УП-5349 «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и связи» от 19 февраля 2018 года, в том числе «...содействие внедрению инноваций в сфере государственного управления и реального сектора экономики, стимулирование роста цифровой экономики, в том числе внедрение комплексных автоматизированных систем управления производством»<sup>1</sup> определены будущие задачи. Реализация данных задач, в том числе разработка математической модели процессов функционирования технических средств систем передачи данных в качестве объекта диагностики, имитационной модели и программы оценки надежности

---

<sup>1</sup>Указ Президента Республики Узбекистан УП-5349 “О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и связи” от 19 февраля 2018 года

расчета эталонных сигнатур многоканального сигнатурного анализатора а также методов компактного тестирования являются актуальными задачами.

В определенной степени данное диссертационное исследование служит выполнению задач, поставленных в соответствующих нормативно-правовых документах по данной деятельности, в том числе в УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», УП-5349 от 19 февраля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и связи», ПП-3245 от 29 августа 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в области информационно-коммуникационных технологий», Постановление Кабинета министров №185 от 7 марта 2018 года «О мерах по повышению качества услуг связи, информатизации и телекоммуникаций» и другие.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологии в Республике IV-«Информатизация и развитие информационно-коммуникационных технологий»

**Степень изученности проблемы.** Проводятся научные исследования по различным аспектам анализа эффективности технических средств систем передачи данных, модели и методы повышения эффективности были рассмотрены следующими учеными, проведен широкий спектр научных исследований по размещению кодеков, модемов, устройств управления и неисправностей в качестве микропроцессорных устройств систем передачи данных, разработка диагностических средств.

Данному направлению исследования посвящены работы следующих известных зарубежных ученых М. Abramovich, N. Zainalabedin, В.Н. Ярмолик, П.С. Давыдов, А.А. Ибрагим, Р.И. Увайсов, А.В. Бурмистров, В.Д. Комаров а также научные работы отечественные ученых, как Д.А. Абдуллаев, М. Н. Арипов, Т.Ф. Бекмурадов, Ю.К. Камалов, Ш.Ю. Джаббаров и др.

Результаты проведенного анализа показывают, что задачи разработки и внедрения моделей и методов повышения эффективности диагностики микропроцессорных устройств на основе многоканальных средств сигнатурного анализа недостаточно изучены.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.**

Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов Научно-исследовательского плана Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий на тему «Оптимизация структуры сети передачи данных с учетом контрольно-диагностической подсистемы» Ф2-011 (2011-2013 гг.) и №19/19-Ф - «Создание системы дистанционного управления, аппаратного и программного обеспечения для



обеспечения более эффективного использования земельными участками фермерских хозяйств» (2019-2020).

**Целью исследования** является разработка модели и методов повышения эффективности диагностирования микропроцессорных устройств на основе средств многоканального сигнатурного анализа в системах передачи данных.

**Задачи исследования:**

анализ математической модели процессов функционирования технических средств систем передачи данных как объекта диагностики;

исследование модели процесса поиска неисправностей в микропроцессоре на основе математических выражений Марковской цепи;

разработка аналитических методов расчета эталонных сигнатур и оценки достоверности многоканального сигнатурного анализатора;

разработка имитационной модели и программы для формирования эталонных сигнатур оценки достоверности и методов компактного тестирования;

разработка метода построения модели проверки микропроцессорного устройства с использованием многоканального сигнатурного анализатора и методики определения количества каналов.

**Объектом исследования** являются микропроцессорные устройства при диагностике технических средств систем передачи данных.

**Предметом исследования** являются модель и методы повышения эффективности диагностики микропроцессорных устройств на основе средств многоканального сигнатурного анализа.

**Методы исследования.** В процессе исследования использовались теория цепей Маркова, теория вероятностей, теория надежности, теория технической диагностики и имитационное моделирование.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработана модель процесса поиска неисправностей в микропроцессоре устройств на основе математических выражений Марковской цепи;

разработаны аналитические методы расчета эталонных сигнатур и оценки достоверности многоканального сигнатурного анализатора;

разработана имитационная модель и программа для формирования эталонных сигнатур оценки достоверности и методов компактного тестирования;

разработан метод построения модели проверки микропроцессорного устройства с использованием многоканального сигнатурного анализатора и методики определения количества каналов.

**Практические результаты исследования:**

будет разработан комплекс программ для исследования эффективности многоканального сигнатурного анализатора и расчета эталонных сигнатур на основе программного обеспечения;

на основе системного анализа разработан алгоритм поиска коэффициента готовности, времени восстановления и поиска неисправностей

для повышения эффективности диагностики микропроцессорных устройств в системах передачи данных.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования обоснована взаимосовместимостью результатов теоретических и практических исследований достоверности многоканального сигнатурного анализатора на основе марковской цепи, операций умножения и деления полиномов для формирования сигнатур и теории вероятностей.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость исследований обоснована разработкой методов оценки надежности контрольно-диагностических приборов с использованием математической модели многоканального сигнатурного анализатора для сокращения времени и повышения эффективности поиска неисправностей микропроцессорных устройств.

Практическая значимость полученных результатов исследования обоснована разработкой прибора для поиска коэффициента готовности, времени восстановления и неисправностей на основе многоканального сигнатурного анализатора.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных результатов из разработанной модели и методов повышения эффективности диагностики микропроцессорных устройств на основе многоканальных средств анализа сигнатур внедрены, а именно:

внедрена математическая модель процессов функционирования технических средств систем передачи данных в качестве диагностического объекта на предприятиях Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций, в частности, в филиал «Телекоммуникационная транспортная сеть» АК «Узбектелеком» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 29 января 2020 г. №33-8/602). В результате проведенных научных исследований скорость поиска неисправностей в микропроцессорных устройствах увеличилась в 2 раза, а эффективность работы-на 25%;

разработана модель и программа имитации на основе математических выражений марковской цепи процесса поиска неисправностей в микропроцессорных устройствах, формирования эталон-сигнатуры и оценки надежности методов компактного тестирования и внедрены на предприятиях Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций, в частности, ГУП «Центр радиосвязи, радиовещания и телевидения» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 29 января 2020 г. №33-8/602). В результате научных исследований время поиска неисправности в существующем одноканальном анализаторе составило 10,6 минуты, в то время как время диагностики и поиска неисправности в разработанном и примененном 4, 8, 16-канальном анализаторе было сокращено на 10 минут;

внедрены аналитические методы расчета эталонных сигнатур и оценки надежности, имитационная модель и программа оценки надежности формирования эталонных сигнатур, а также компактные методы

тестирования на предприятиях Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций, в частности в Хорезмском филиале АК «Узбектелеком» (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 29 января 2020 г. №33-8/602). Если поиск и обнаружение неисправностей с помощью одноканального сигнатурного анализатора составлял 70%, то в результате научных исследований, поиск и обнаружение неисправностей с помощью многоканального сигнатурного анализатора была увеличена до 95%.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований представлены и обсуждены на 7 международных и 6 республиканских научных конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По результатам исследования опубликованы 26 научных работ, среди которых 10 статей в журналах, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан, в том числе 4 зарубежных и в 6 республиканских журналах, получены 3 свидетельства на разработанные программные продукты для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Объем диссертации 113 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении дана актуальность и необходимость темы диссертации, обозначена актуальность исследования для приоритетных направлений развития науки и техники Республики Узбекистан, определены цели и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, дана достоверность полученных результатов.

В первой главе диссертации «**Технические средства систем передачи данных и задачи повышения их надежности**» были проанализированы способы передачи информации в системе передачи данных, влияние внешней среды на передаваемую информацию, структура и производительность процессоров современных модемов приема информации, процессы в приемном устройстве. Коэффициент готовности и время восстановления рассматривались как основное условие надежности микропроцессорных устройств. В данной главе обосновывается целесообразность проведения исследований и разработка диагностических средств для повышения надежности микропроцессорных устройств.

Основным критерием надежности невозстанавливаемой системы передачи данных является вероятность безотказной работы, т. е.

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

где  $P$  – вероятность безотказной работы на заданном временном интервале  $t$ ,  $\lambda$  – интенсивность отказов.

Основным критерием надежности восстанавливаемой системы передачи данных является коэффициент готовности. Коэффициент готовности определяется по следующей формуле:

$$K_k = \frac{T_n}{T_n + T_{в.в}} \quad (2)$$

здесь  $K_T$  - коэффициент готовности;  
 $T_n$  - наработка (время) до отказа;  
 $T_{в.в}$  - время восстановления.

$$T_{в.в} = t_{в.а.н} + t_{в.п.н} + t_{в.у.н} \quad (3)$$

$t_{в.а.н}$  - время обнаружения неисправностей;  
 $t_{в.п.н}$  - время поиска неисправностей;  
 $t_{в.у.н}$  - время устранения неисправностей;

Основным критерием надежности технических средств системы передачи данных будет являться коэффициент готовности, который складывается из среднего времени восстановления, и времени работы до отказа обозначающего среднее время работы без отказа устройства или элемента. Использование тестового метода устройства диагностики предполагает сложные процессы. Это означает, что для применения тестового метода требуется больше времени.

Во второй главе диссертации под названием **«Анализ микропроцессорных устройств как объекта контроля и диагностики»** представлены характеристики микропроцессоров в устройствах, методы проверки как объекта диагностики, процедуры автоматизации проведения диагностики платы, а также созданы модель, алгоритм и функциональная схема системы диагностики микропроцессорных устройств.

Процесс поиска неисправностей в микропроцессорном устройстве рассматривался с использованием математических выражений марковской цепи. В теории марковских процессов множество случаев передается, оно называется множеством, которое не может быть возвращено один раз, и множество последующих случаев включается один раз, и множество случаев, которые не могут быть введены один раз. Исходя из этого, все случаи прохождения будут представлять собой поглощающую марковскую цепь.

Отличительной особенностью данной модели является то, что она содержит минимальное количество параметров, которые упрощают и характеризуют инженерные расчеты. Матрица вероятностей возникновения неисправностей имеет следующую форму  $S_x$ :

$$S_x = \begin{bmatrix} S_{11,x} & S_{12,x} & S_{13,x} \\ S_{21,x} & S_{22,x} & S_{21,x} \\ S_{31,x} & S_{32,x} & S_{33,x} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Приведем график перехода для  $S_x$  рис. 1.

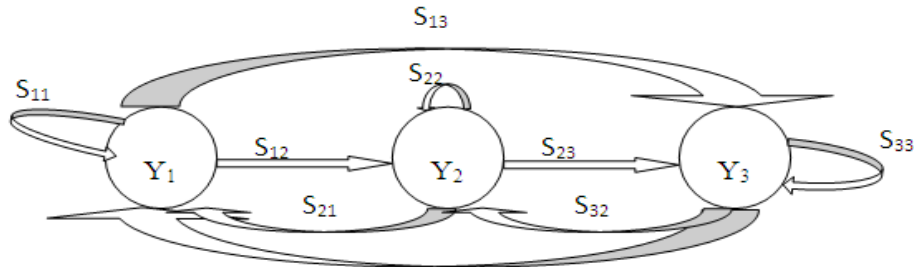


Рис.1. График перехода для состояния канала.

Эффективная стратегия  $X \rightarrow \Pi$  поиска дефектного элемента  $v_*$  находится в соответствии с алгоритмом, описанным на рис. 2. Когда происходит сближение по алгоритму  $v_{n+1} = v_n$ , оно закрывается, в этом случае  $v_n = v_*$ . В качестве начального приближения предлагается выбрать стратегию, при которой ожидаемая информация о местонахождении дефектного изделия максимизируется для каждого  $X_i$ .

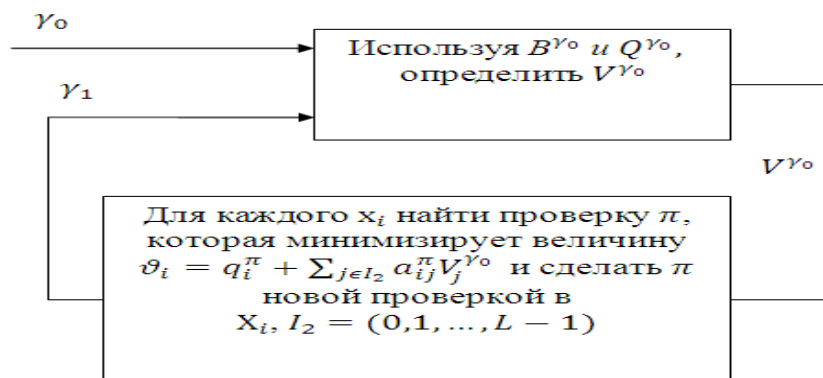


Рис. 2. Эффективный алгоритм процесса поиска дефектного элемента.

В результате анализа микропроцессорного устройства как диагностического объекта были разработаны требования к диагностическим средствам.

В зависимости от характера взаимодействия объекта технической диагностики со средствами технической диагностики, технические диагностические системы подразделяются на:

- системы функциональной диагностики: в них диагностические вопросы находят свое решение в процессе работы технического диагностического объекта;

-системы тестовой диагностики: здесь диагностические задачи выполняются в специальном режиме работы технического диагностического объекта при условии приема тестовых сигналов.

Функциональная схема общей системы диагностики микропроцессорных устройств представлена на Рис.3.

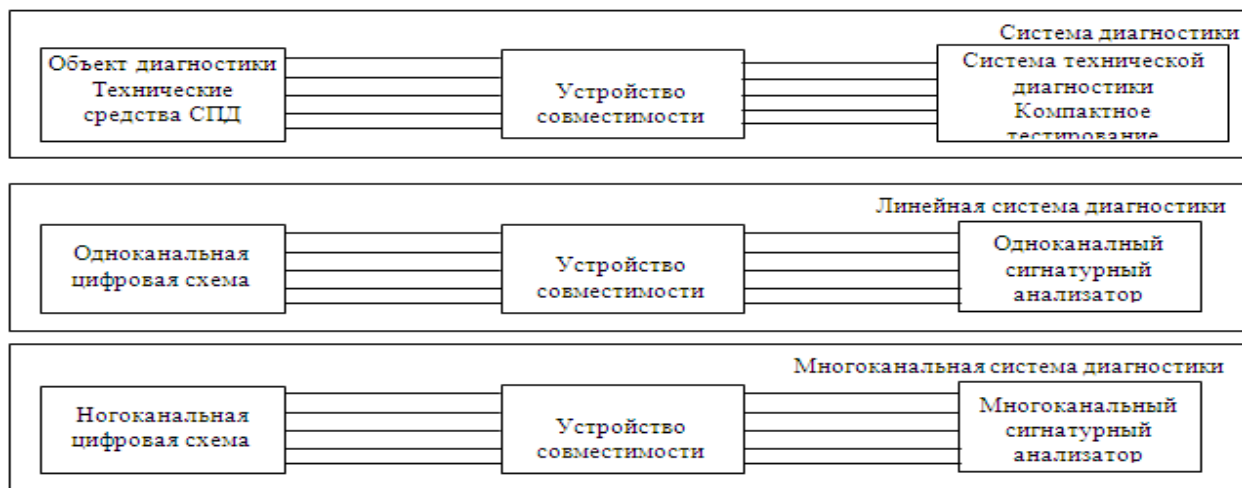


Рис. 3. Функциональная схема общей системы диагностики микропроцессорных устройств.

Для повышения эффективности поиска неисправности микропроцессорного устройства предложено использовать многоканальный сигнатурный анализатор. Приведена модель многоканального сигнатурного анализатора, принципы формирования сигнатур.

При анализе сигнатур, если знаки эталона и контролируемой последовательности совпадают, то есть если знак ошибочной последовательности равен нулю, то подходит начальная последовательность.

В процессе формирования сигнатур значение полинома делится на полином, который определяется структурой обратного регистра сдвига в анализаторе. Из всех множеств многочленов для образования шестнадцати знаков с четырьмя разрядами выбираем  $P(x) = x^{16} + x^{12} + x^9 + x^7 + 1$ , что соответствует обратным связям из 16, 12, 9 и 7 разрядов. Когда полином  $G(x)$  делится на  $P(x)$ , получается частное  $Q(x)$  и  $R(x)$  остаток.

Первичным полиномом будет  $G(x) = P(x)Q(x) \oplus R(x)$ , где  $\oplus$  - знак сложения по модулю 2.

Рассмотрены три способа сжатия двоичной последовательности.

1. Метод счета единиц.
2. Метод счета переходов (соединение).

3. Метод вычисления остатков полиномиального деления. Как и в первом так и во втором методе информация сжимается, но если используется оставшая часть модуля счета (модуль или переходный период), то здесь это будет оставшая часть блока. Формирование сигнатуры с помощью метода деления на полином. Последовательность из  $N$  длин может

быть представлена в виде произведения N-1 степени в официальной переменной X:

$$P(x) = a_{N-1}x^{N-1} + a_{N-2}x^{N-2} + \dots + a_2x^2 + a_1x^1 + a_0x^0 \quad (5)$$

где  $a_i = \{0,1\}$ ;  $0 \leq i \leq N-1$

Двоичная последовательность множества многочленов образует алгебраическую область, в которой определяется следующее:

дополнительная операция на основе компонентов по модулю 2;

операция произведения полинома;

операция полиномиального деления.

Любая двоичная последовательность из N длин может быть представлена N -1 кратными степенями в формальной переменной степени X.

Таким образом, можно описать многочлен для X = 0011 1100 0111 1100 0110, который ранее рассматривался:

$$P(X) = x^{17} + x^{16} + x^{15} + x^{14} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^7 + x^6 + x^2 + x^1.$$

Z=0010 1100 0111 1101 0110 - полином

$$P(Z) = x^{17} + x^{15} + x^{14} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^2 + x^1.$$

Для вычисления сигнатуры используется необратимый полином порядка P(S).

Создана модель системы диагностики, обеспечивающая взаимодействие микропроцессорного устройства и многоканального анализатора сигнатур.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «**Аналитические методы и имитационная модель расчета сигнатур для микропроцессорных устройств**», обосновывается необходимость создания метода расчета сигнатур, во – первых-оценка достоверности, а во-вторых, автоматизации разработки словарей (таблиц) эталонной сигнатуры, рассматриваемой как основной документ.

**Метод 1. Расчет эталонных сигнатур на основе вложенных полиномов.** Исполнение основано на методе сигнатурного анализа, который подразумевает изменение длинных последовательностей двоичной последовательности на последовательные, шестнадцатеричные код-сигнатуры.

На основании этого предположения производится расчет сигнатур на основе включенных многочленов. Каждый регистр сдвига может быть классифицирован с использованием соответствующей степени полинома. В нем операция изменения входной последовательности будет операцией деления полиномов, а результирующая сигнатура может быть получена из следующего выражения:

$$G(x) = g_{12}(x) \cdot x^{12} + g_9(x) \cdot x^9 + g_7(x) \cdot x^7 + r_7(x),$$

где  $g_i(x)$  - результат деления полинома входной последовательности  $F(x)$  – на полином  $I$  - го разряда  $P_i(x)$ ,  $r_i(x)$  остаток от деления -  $F(x)$  на  $P_i(x)$ .

**Метод 2. Расчет эталонных сигнатур на основе таблицы сигнатурного анализа.** Мы устанавливаем суммарный выход сумматора по модулю 2 на последовательность и его входную двоичную последовательность между рядами. Пусть входная последовательность состоит из  $n$  битов:  $a_1 a_2 \dots a_{n-1} a_n$  (где  $a$  – 0 или 1). Соответственно, его выходная последовательность будет состоять из тех же  $N$  битов:  $b_1 b_2 \dots b_{n-1} b_n$  (аналогично  $b$ -0 или 1). Первые семь битов в обеих сериях одинаковы, т. е.  $b_1 = a_1, b_2 = a_2, b_3 = a_3, b_4 = a_4, b_5 = a_5, b_6 = a_6, b_7 = a_7$ . Начиная с восьмого бита ( $i=8$  или 1) определяется по следующей формуле ( $8 \leq i \leq n$ ):

$$b_i = \begin{cases} a_i \text{ где } b_{i-16} \oplus b_{i-12} \oplus b_{i-9} \oplus b_{i-7} = 0, \\ \bar{a}_i \text{ где } b_{i-16} \oplus b_{i-12} \oplus b_{i-9} \oplus b_{i-7} = 1, \end{cases}$$

здесь бит  $\bar{a}_i$ , обратное значение бита  $a_i$ , знак  $\oplus$  указывает на сложение по модулю 2.

Если бит в индексе  $b_{i-k}$ , стоящий в правой части, получается отрицательным числом ( $i < k$ ) или нулем ( $i = k$ ), то этот бит выбрасывается. Например, требуется определить бит  $b_{10}$ . В нем  $i = 10$ , поэтому  $i-16 = -6, i-12 = -4, i-9 = 1; i-7 = 3$ .

Формула для искомого бита будет выглядеть следующим образом:

$$b_{10} = \begin{cases} a_{10} \text{ где } b_1 \oplus b_3 = 0, \\ \bar{a}_{10} \text{ где } b_1 \oplus b_3 = 1, \end{cases}$$

Это легко определить, то есть

$$b_8 = \begin{cases} a_8 \text{ где } b_1 = 0, \\ \bar{a}_8 \text{ где } b_1 = 1; \end{cases} \quad b_9 = \begin{cases} a_9 \text{ где } b_2 = 0, \\ \bar{a}_9 \text{ где } b_2 = 1. \end{cases}$$

Требуется обрезать первые  $n-16$   $b_1, b_2, \dots, b_n, b_{n-1}$  членов двоичной последовательности. Остальные 16 бит и двоичная последовательность описаны как сигнатура

**3-Метод. Расчет сигнатур производится по упрощенной методике.** Расчет сигнатуры на основе упрощенного метода осуществляется следующим образом и выбирается как наиболее альтернативный. Скажем,  $F(x)$  – соответствующий полином для вводной двоичной последовательности. В нем мы находим результат произведения  $F(x) \cdot x^{16}$  и делим его на следующий многочлен:

$$P(x) = x^{16} + x^9 + x^7 + x^4 + 1.$$

В результате деления мы получаем  $g(x)$  и остаток  $r(x)$ . Теперь мы забираем все члены, чей уровень больше 15, из многочлена  $g(x)$  и получаем  $G(x)$ , и он соответствует сигнатуре. Время, потраченное на формирование сигнатур аналитическими расчетами рис. 4.



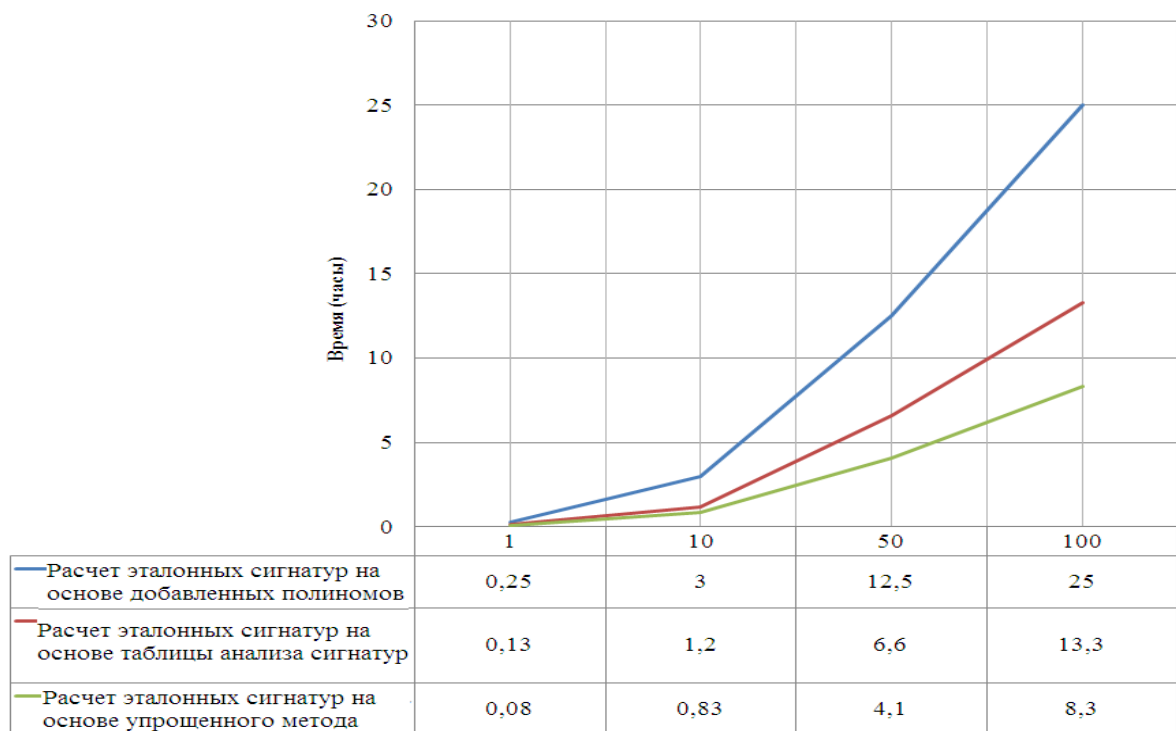


Рис.4. Время, потраченное на аналитический расчет формирования сигнатур.

Программа моделирования многовыходных цифровых устройств методом многоканальной сигнатурной диагностики предназначена для явного отображения процесса формирования сигнатур при диагностировании устройств.

Использование принципов каскадных многоканальных сигнатурных анализаторов дает возможность уменьшить объем выходной сигнатуры, но в этом случае оценка достоверности анализатора будет зависеть от организации взаимодействия многоканальных сигнатурных анализаторов и их конкретное применение затрудняется. На рис. 5 показан внешний вид виртуального макета многоканального сигнатурного анализатора.

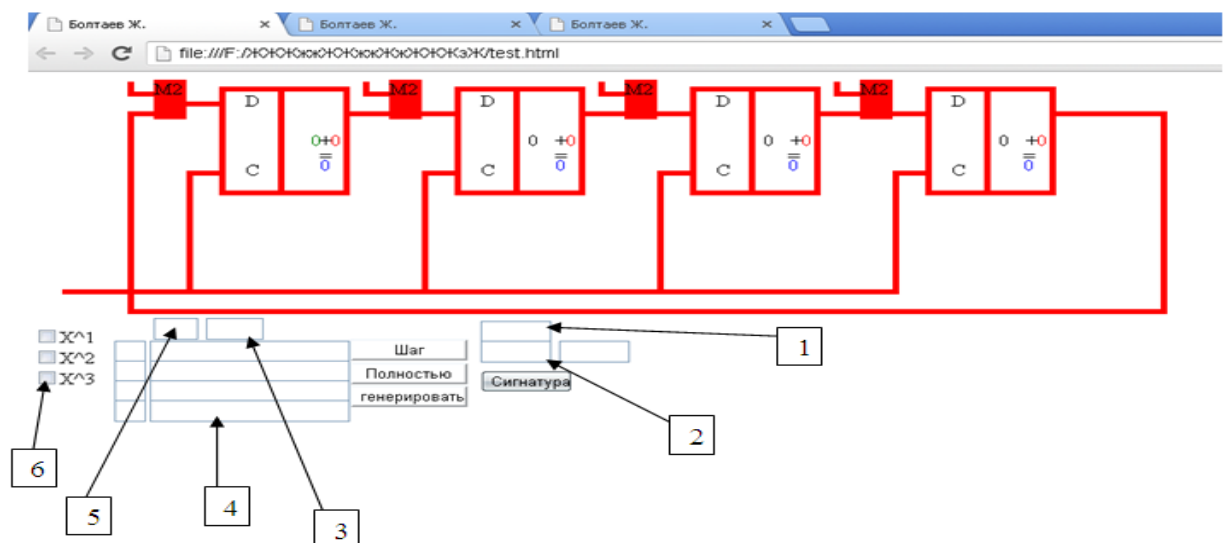


Рис. 5. Внешний вид виртуального макета многоканального сигнатурного анализатора.

- где 1-состояние триггеров в последнем такте;
- 2-свертка(сигнатура);
- 3-входной вектор;
- 4-область для отображения последовательностей;
- 5-область для ввода длины последовательности;
- 6-поле для настройки обратных соединений регистра.

Основываясь на данных по обнаружению ошибок для трех различных методов тестирования (расчет логических переходов, расчет единиц измерения, анализ сигнатур), результаты, полученные с помощью программы, представлены на рис. 6.

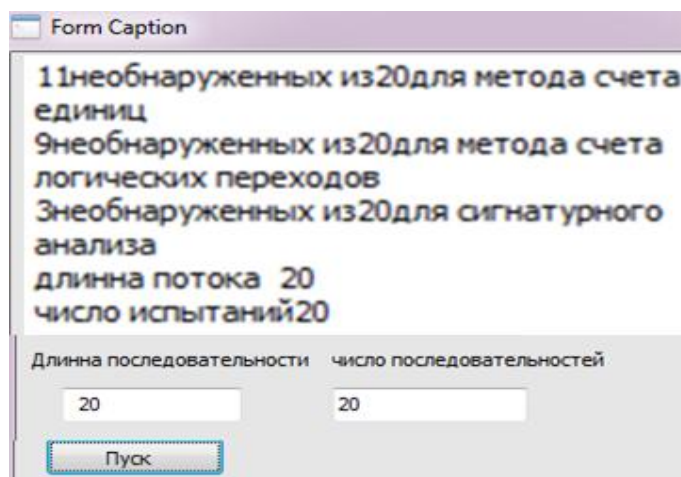


Рис.6. Результаты работы программы.

Для моделирования 4, 8, 16-канального сигнального анализатора микропроцессорных устройств была разработана программа оценки надежности управления моделью и многоканальным сигнатурным анализатором.

После завершения процесса моделирования программа выдает цифровую вывеску в виде кода для отражения результата на семисегментном индикаторе. Программа работает на операционных системах Microsoft Windows 98 / Me/NT / XP / 2010.

В четвертой главе диссертации **«Разработка многоканального сигнатурного анализатора на основе современной элементной базы»** рассматриваются возможности и условия использования сигнатурного анализа для разработки сигнатурного анализатора, требования и порядок работы по созданию макета устройства, технические характеристики и выбор программного средства.

Для взаимодействия компьютера с разрабатываемым устройством больше подходят низкоуровневые языки программирования, обеспечивающие высокую скорость и минимальный объем при написании программ. По этой причине был использован язык Java.

Любой язык программирования может быть использован в написании программы поддержки для этого устройства, что позволяет вставлять текст программы под программу на языке java рис.7.

COM8		Uzish	O`qish	Status	Amalyot bajarildi
Signatura	0x1E9801	Kichik fyus bayt	0xFF		
Mikrokontroller turi	ATmega2560	Katta fyus bayt	0xD8		
Flash xotira hajmi (B)	262144	Qo`shimcha fyus bayt	0xFD		
Vaqt sozlanma bayti	0x80	Himoya fyus bayti	0xFF		

Рис.7. Получение результатов в программе.

Он имеет структурированный алгоритм управления и отладки поиска, печатные схемы и схемы встраивания микропроцессорного устройства для всех блоков, а оператор локализует и устраняет неисправность в микропроцессорном устройстве с достаточной скоростью с помощью многоканального анализатора входа. На рисунке 8 приведен алгоритм проверки работоспособности микропроцессорного устройства с помощью многоканального сигнатурного анализатора от входа к выходу

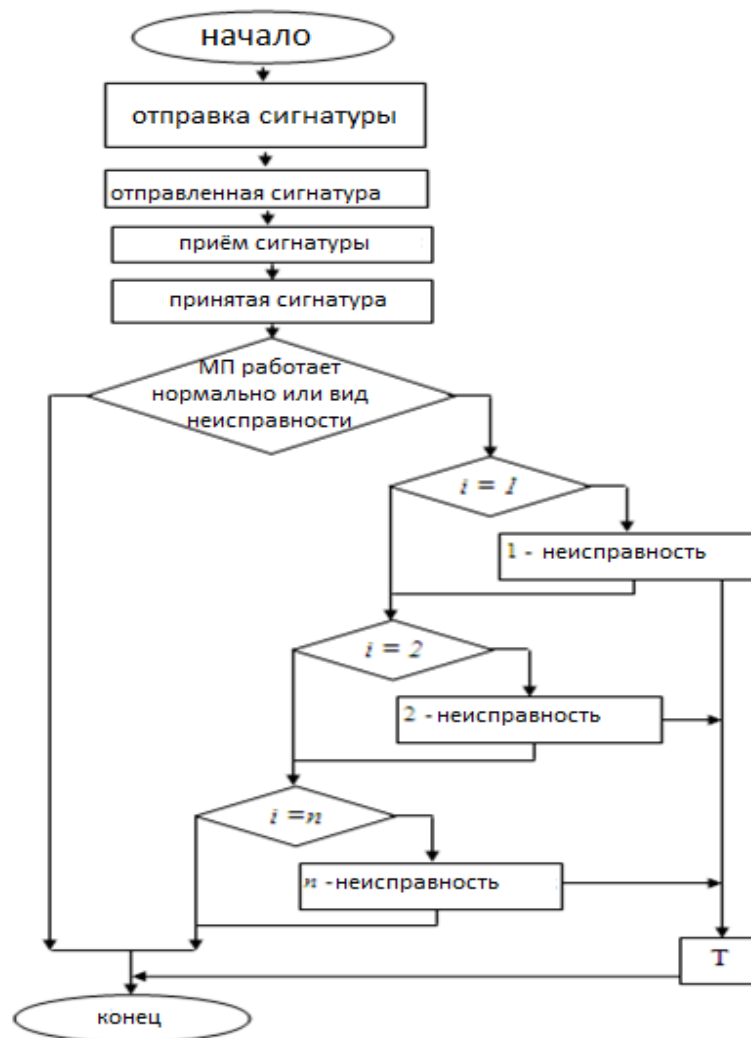


Рис.8. Алгоритм проверки работоспособности микропроцессорного устройства с помощью многоканального сигнатурного анализатора от входа к выходу.

Таким образом, способ локализации неисправностей микропроцессорных устройств с помощью многоканального сигнатурного анализатора заключается в следующем:

- на вход устройства подаётся контролируемая последовательность;
- определяются сигнатуры на выходе, если они не отличаются от эталонных, то устройство находится в исправном состоянии, в противном случае по логике работы схемы определяются сигнатуры в следующей контрольной точке;
- микропроцессорное устройство считается неисправным, если сигнатуры на входе правильные а хотя бы одна выходная сигнатура неправильная;
- определяются все неисправные, не связанные между собой микропроцессорные устройства;
- все причины неисправностей устраняются;
- неисправные микропроцессорные устройства заменяются;
- диагностический процесс продолжается до тех пор, пока реально полученные и эталонные сигналы не сравниваются.

Сравнительный анализ характеристик существующих диагностических средств и анализ их применения представлены в (табл. 1).

Таблица 1

Количество выходов микропроцессорного устройства	Алгоритм контроля методом выхода на вход									
	Количество и время измерений, минуты									
	1КСА		4КСА		8КСА		16КСА		32КСА	
	ТС	ТВ	ТС	ТВ	ТС	ТВ	ТС	ТВ	ТС	ТВ
У32	32	10.6	8	2.6	4	1.3	2	0.6	1	0.33
У16	16	2.6	4	1.3	2	0.6	1	0.33		
У8	8	1.3	2	0.6	1	0.33				
У4	4	0.6	1	0.33						
У1	1	0.33								
$\Sigma N_i, \Sigma t_i$	61	15.43	15	4.83	7	2.23	3	0.93	1	0.33
$\overline{N_{\text{yp}}}, \overline{t_{\text{yp}}}$	12.2	3.086	3.75	1.2	2.3	0.74	1.5	0.46	1	0.33

График привязки вектора к входу и выходу показан на рисунке 9.

Исходя из этого, широкий спектр возможностей анализа неисправностей на месте приведет в определенной степени к экономии времени на ремонтно-восстановительные работы устройств и снизит требования к квалификации ремонтного персонала.

Созданные программные комплексы и устройства многоканального сигнатурного анализатора показали, что диагностические процессы в 4, 8, 16 канальных микропроцессорах можно осуществлять через разработанный и примененный на практике прибор. В то время как имеющийся в настоящее время одноканальный сигнатурный анализатор имеет время поиска неисправностей 10,6 минуты, время поиска неисправностей с помощью

разработанного многоканального сигнатурного анализатора было сокращено на 10 минут.

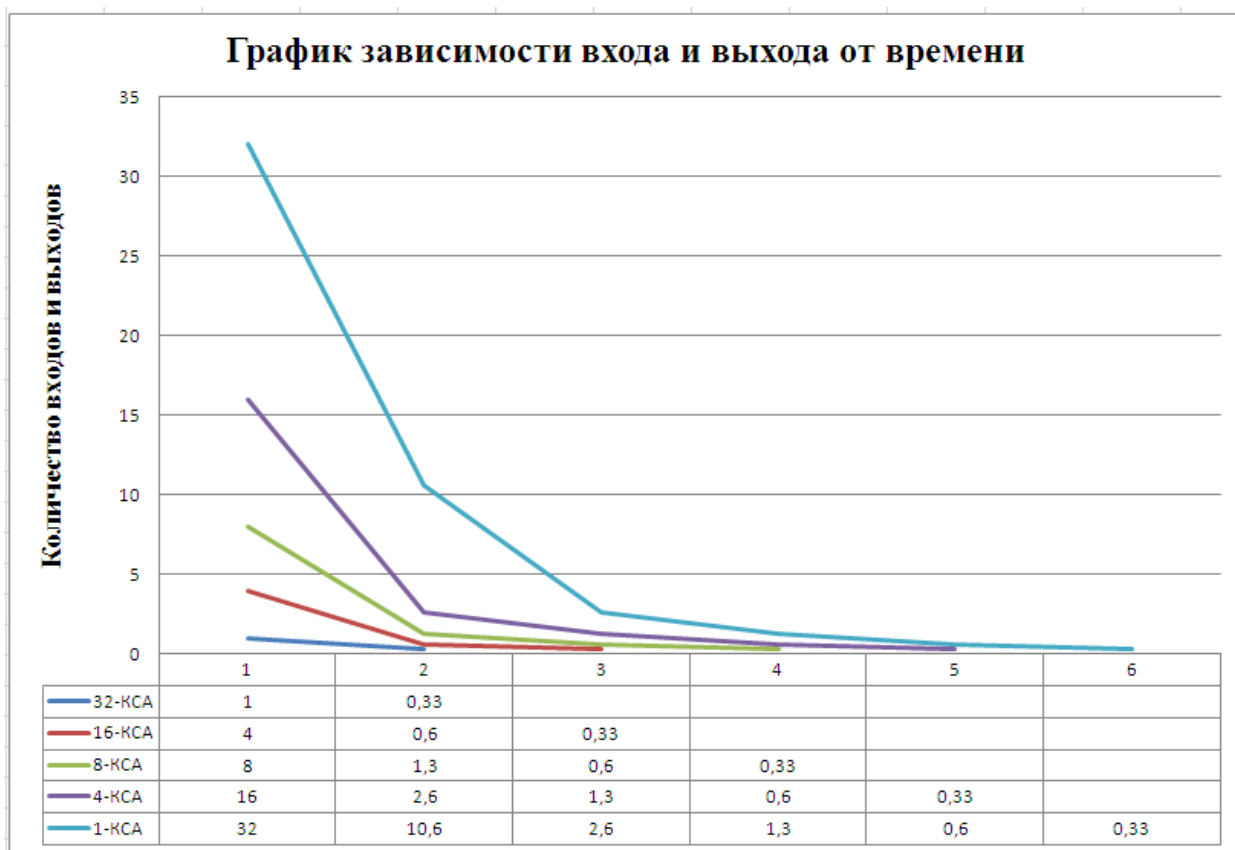


Рис. 9. График входов и выходов в вектор.

На основе расчета используемой на практике эталонных сигнатур и оценки надежности была повышена эффективность диагностического процесса, с помощью одноканального сигнатурного анализатора возможность поиска и локализации неисправностей достигла 70%, с помощью многоканального сигнатурного анализатора была повышена возможность поиска и локализации неисправностей до 95%.

Эффективность, достигаемая в диагностических процессах микропроцессорных устройств за счет использования системы поиска и диагностики неисправностей на основе многоканального сигнатурного анализатора в многовыходных микропроцессорных устройствах в системах передачи данных, как ожидается, позволит повысить эффективность работы до 1,5 раза в год.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлены следующие выводы по теме диссертации «Модель и методы повышения эффективности диагностирования микропроцессорных устройств на основе средств многоканального сигнатурного анализа»:

1. Разработана математическая модель, описывающая информационные процессы, позволяющие показать влияние неисправности на эффективность

функционирования технических средств системы передачи данных. В результате анализа микропроцессорного устройства как объекта диагностики определены требования предъявляемые к средствам диагностики. Анализ показал, что процесс сжатия двоичной последовательности в модели многоканального сигнатурного анализатора осуществляется в виде операции деления полиномов в области GF(2).

2. Для повышения эффективности поиска неисправностей многовыходного микропроцессорного устройства предложен многоканальный сигнатурный анализатор и модель многоканального сигнатурного анализатора, представлены принципы формирования сигнатуры. Разработаны методика организации взаимодействия многоканального сигнатурного анализатора с многовыходной схемой и модель системы диагностики микропроцессорных устройств.

3. Анализ показал, что важным показателем многоканального сигнатурного анализатора является словарь эталонных сигнатур и достоверность контроля. Предложены аналитические методы расчета эталонной сигнатуры и оценки достоверности многоканального сигнатурного анализатора. Сравнение аналитических методов расчета сигнатуры показало, что наиболее эффективным методом является табличный метод.

4. Разработан алгоритм многоканального сигнатурного анализатора и 4,8,16-канальная имитационная модель для автоматизации определения таблицы эталонных сигнатур. Разработана программа для оценки достоверности контроля многоканального сигнатурного анализатора и получены сигнатуры. Разработаны аналитические и имитационные модели и методики оценки достоверности для применения многоканального сигнатурного анализатора.

5. Показана ограниченность применения одноканального сигнатурного анализатора для диагностики многовыходной схемы и необходимость исследования и разработки многоканального сигнатурного анализатора, учитывающего свойства диагностируемой многовыходной схемы. Для диагностики многоканального сигнатурного анализатора на базе современной элементной базы построен и реализован многоканальный сигнатурный анализатор. На основе многоканального сигнатурного анализатора определены сигнатуры микроконтроллеров и микропроцессоров семейства ATMEGA и сформирован словарь эталонных сигнатур.

6. Для разработанного многоканального сигнатурного анализатора рассмотрены процессы проведения диагностики для 4,8,16 каналов, время поиска неисправности многоканальным сигнатурным анализатора по сравнению с одноканальным сигнатурным анализатором было сокращено с 10,6 мин до 0,33 мин. С целью повышения эффективности работы микропроцессорного устройства было проведено сравнение алгоритма контроля и алгоритма многоканального сигнатурного анализатора методом с выхода на вход. Результаты сравнения показали, что алгоритм многоканального сигнатурного анализатора улучшает быстроедействие в 2 раза, а эффективность работы увеличена до 25%.

7. Для программы моделирования диагностики цифровых устройств методом 4, 8 и 16-канальной сигнатуры получены свидетельства об официальной регистрации программы электронно-вычислительных машин.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.13/30.12.2019.T.07.02 AT TASHKENT UNIVERSITY OF  
INFORMATION TECHNOLOGIES**

---

**TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

**BALTAYEV JO'SHQIN BOLTABAYEVICH**

**MODEL AND METHODS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF  
DIAGNOSING MICROPROCESSOR DEVICES BASED ON MULTI-  
CHANNEL SIGNATURE-BASED ANALYSIS**

05.04.01 – Telecommunication and Computer Systems, Telecommunication Networks and  
Devices. Distribution of Information

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

**Tashkent – 2020**



The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2018.4.PhD/T917.

The dissertation has been prepared at Tashkent University of Information Technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the Scientific Council website [www.tuit.uz](http://www.tuit.uz) and on the website of «ZiyoNet» Information and Educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Scientific adviser:** **Djabbarov Shuxrat**  
Candidate of Technical Sciences, Docent

**Official opponents:** **Aliyev Ravshan**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Tashmanov Erjon**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Leading organization:** **Joint-stock company "Uzbektelekom"**

The defense will take place on «16» of July 2020 at 12<sup>00</sup> at the meeting of Scientific Council DSc.13/30.12.2019.T.07.02 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur str., 108. Tel.: (99871) 238-64-43; fax: (99871) 238-65-52; e-mail: [tuit@tuit.uz](mailto:tuit@tuit.uz)).

The dissertation could be reviewed in the Information Resource Centre of Tashkent University of Information Technologies (registration number No 157). Address: 100202, Tashkent, Amir Temur str., 108. Tel.: (99871) 238-65-44.

The abstract of dissertation is distributed on: «16» July 2020.  
(protocol at the register No 4 on «15» July 2020).



**I.Kh.Siddikov**  
Chairman of the Scientific Council  
awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**H.E.Khujamatov**  
Scientific Secretary of the Scientific Council  
awarding scientific degrees,  
PhD of Technical Sciences

**N.B.Usmanova**  
Chairman of the Academic Seminar at the  
Scientific Council awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Docent

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the research work** is the development of models and methods for increasing the efficiency of diagnosing microprocessor devices based on multichannel signature analysis in data transmission systems.

**The object of the research work** are microprocessor devices in the diagnosis of technical means of data transmission systems.

**The scientific novelty of the research work:**

for troubleshooting in a microprocessor device, a model based on mathematical expressions of the Markov chain of the technological process was created;

for calculating and evaluating the reliability of reference signatures in a multi-channel signature analyzer, analytical methods have been developed;

a simulation model and a program for assessing the reliability of the methods of formation and compact testing of reference signatures were worked out;

a method for determining the number of channels and a method for constructing a test model using a microprocessor device and a multi-channel signal analyzer was worked out.

**Implementation of the research results:** bases of the results obtained from the developed model and methods for increasing the efficiency of diagnostics of microprocessor devices based on multichannel signature analysis tools:

a mathematical model of the functioning processes of the technical means of data transmission systems was introduced as a diagnostic object at enterprises of the Ministry of Information Technology and Communications Development, the Telecommunication Transport Network branch of Uzbektelecom JSC (certificate No. 33-8 / 602 of January 29, 2020 the Ministry for Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbektelecom). As a result of scientific research, the speed of troubleshooting in microprocessor devices has been increased by 2 times, and the efficiency by 25%;

a model and a simulation program on the basis of mathematical expressions of the Markov chain of the process of troubleshooting faults in microprocessor devices was created, the formation of a reference signature and assessment of the reliability of compact testing methods were implemented at enterprises under the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications, and at the center of Radio Communications and Broadcasting and Television. (certificate No. 33-8 / 602 of January 29, 2020 the Ministry for Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbektelecom) As a result of scientific research, the time for troubleshooting in the existing single-channel analyzer was 10.6 minutes, while the time for diagnosing and troubleshooting in the developed and applied 4, 8, 16-channel analyzer was reduced to 10 minutes;

a multi-channel signature analyzer, analytical methods for calculating and assessing the reliability of reference signatures, a simulation model and a program for assessing the reliability of the formation of reference signatures, as well as compact testing methods at enterprises of Ministry for Development of

Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbektelecom, and in the branch of Uzbektelecom in Khorezm JSC (certificate No. 33-8 / 602 of January 29, 2020 the Ministry for Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbektelecom)., If troubleshooting with a single-channel signature analyzer was 70%, as a result of scientific research, troubleshooting with a multi-channel signature analyzer was increased to 95%.

**The structure of the dissertation.** The dissertation consists of an Introduction, four Chapters, Conclusion, References and Appendices.

The volume of the thesis is 113 pages.

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

**I бўлим (Часть I; Part I)**

1. Джураев Р.Х., Джаббаров Ш.Ю., Балтаев Ж.Б. Методы оценки информационной безопасности сетей телекоммуникаций // “TATU xabarlari” ilmiy-texnika va axborot-tahliliy jurnali. №1-2/2013yil, 5-10 betlar. (05.00.00; №31).
2. Джураев Р.Х., Джаббаров Ш.Ю., Балтаев Ж.Б. Анализ модели неисправности и диагностики многовыходных цифровых устройств многоканальным сигнатурным анализатором, ВЕСТНИК ТашГТУ, 3/2013 г. 55-60 с. (05.00.00; №16).
3. Амирсаидов У.Б., Аббасханова Х.Ю., Балтаев Ж.Б. Методы оценки надежности сети передачи данных с учётом воздействия внешних факторов ВЕСТНИК ТашГТУ, 4/2014г., стр 27-31 (05.00.00; №16).
4. Джураев Р.Х., Джаббаров Ш.Ю., Балтаев Ж.Б. Анализ методов расчета эталонных сигнатур для сигнатурного анализа микропроцессорных систем // “TATU xabarlari” ilmiy-texnik va axborot-tahliliy jurnali. №2(34) 2015 yil, 72-76 betlar.(05.00.00; №31).
5. Балтаев Ж.Б., Хошимов Ж.Ф. Рақамли қурилмалар яроксизликларининг моделлари, “TATU xabarlari” ilmiy-texnik va axborot-tahliliy jurnali. №1(37) 2016 yil, 41-45 betlar (05.00.00; №31).
6. Djuraev R.X., Djabbarov Sh.Yu., Baltaev J.B. Diagnosis of multiple-output microprocessor devices and methods of reference signature calculation, Section 2. Information technology. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences ISSN 2310-5607, Austria, Vienna. March-April 2017 (05.00.00; №3).
7. Djuraev R.X., Djabbarov Sh.Yu., Baltaev J.B. Simulation of multi-channel signature method for diagnosis in multimedia terminal devices, Section 3. Information technology. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences ISSN 2414-2352, Austria, Vienna. № 3, 2017 (05.00.00; №3).
8. Djuraev R.X., Baltaev J.B., Alimov U.B. Methods of Determining Reference Signals for One and Multichannel Signatural Analyzer of Microprocessor Systems, Science Publishing Group, Communications USA № 6(1) 2018. –R. 20-24 (05.00.00; №28).
9. Djuraev R.X., Baltaev J.B. Investigated Methods of Improving the Yefficiency of Diagnosing Microprocessor Devices of Data Transmis sion Systems Based on Multi-Channel Signature Analysis, Science Publishing Group, Communications USA № 7(1) 2019. –R. 13-24 rr. (05.00.00; №28).
10. Джураев Р.Х., Балтаев Ж.Б. Исследованные методов повышения эффективности диагностирования микропроцессорных устройств систем передачи данных на основе средств многоканального сигнатурного анализа // “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnal. №2(8) 2019 yil, 53-62 betler.(05.00.00; №10).

## II бўлим (Часть II; Part II)

11. Djuraev R.X., Djabbarov Sh.Yu., Baltaev J.B. Diagnosis of multiple-output microprocessor devices and methods of reference signature calculation, Perspectives for the development of information technologies. ITPA-2014. Tashkent 4-5 november. 295-299 pp.

12. Балтаев Ж.Б. Масофавий диагностика тизимлари тузилиши ва бошқариш жараёни. “Ахборот ва телекоммуникация технологиялари муаммолари” Илмий-техник конференциясининг маърузалар тўплами, 4-қисм, Тошкент, 12-13-март 2015йил 97-99 бет.

13. Балтаев Ж.Б. Рақамли қурилмаларни ихчам тестлаш усуллари ва техник воситаларини таҳлил қилиш. “Ахборот ва телекоммуникация технологиялари муаммолари” Илмий-техник конференциясининг маърузалар тўплами 4-қисм, Тошкент, 12-13-март 2015йил 99-101 бет.

14. Балтаев Ж.Б. Особенности построения экспертной системы диагностирования сетей передачи данных на основе теории нечетких множеств, Радиотехника, телекоммуникация ва ахборот технологиялари: муаммолари ва келажак ривож. Халқаро илмий-техник конференция мақолалар тўплами, 1-том, Ташкент, 21-22 май, 2015 йил 398-401 бет.

15. Djuraev R.X., Djabbarov Sh.Yu., Baltaev J.B. Simulation of multi-channel signature method for diagnosis in multimedia terminal devices. Conference proceedings MITA 2015. The 11<sup>th</sup> International Conference on Multimedia Information Technology and Application (MITA 2015). June 30-July 2, 2015, Tashkent, Uzbekistan. 139-142 pp.

16. Джураев Р.Х., Балтаев Ж.Б. Моделирование многоканального сигнатурного метода диагностики в мультимедийных терминальных устройствах. Радиотехника, телекоммуникация ва ахборот технологиялари: муаммолари ва келажак ривож. Халқаро илмий-техник конференция мақолалар тўплами, Ташкент, 1-том, 21-22 май 2015 йил, 404-407 бет.

17. Джураев Р.Х., Балтаев Ж.Б. Имитационная модель для оценки достоверности методов компактного тестирования цифровых устройств. “Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот-коммуникация технологияларини қўллашнинг ҳозирги замон масалалари “Республика илмий-техник анжуманининг” маърузалар тўплами, 1-қисм, Нукус, 2015й. 101-103 бет.

18. Джураев Р.Х., Балтаев Ж.Б. Использование теории массового обслуживания для создания модели системы диагностики сетей передачи данных. “Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот-коммуникация технологияларини қўллашнинг ҳозирги замон масалалари “Республика илмий-техник анжуманининг” маърузалар тўплами, 1-қисм, Нукус, 2015й. 120-123 бет.

19. Djuraev R.X., Baltaev J.B. Methods for evaluating the risks of violation of information security in cloud computing. Издательство «Инфинити», сотрудники ФГБОУ ВПО Башкирский государственный университет, г.Уфа Журнал "Высшая школа" №21 2016г. стр 57-60. [mail@ran-nauka.ru](mailto:mail@ran-nauka.ru).

20. Джураев Р.Х., Балтаев Ж.Б. Моделирование системы диагностики программно-конфигурируемых сетей (ПКС). Издательство «Инфинити», сотрудники ФГБОУ ВПО Башкирский государственный университет, г.Уфа Журнал "Высшая школа" №21 2016г. стр 61-63. [mail@ran-nauka.ru](mailto:mail@ran-nauka.ru).

21. Балтаев Ж.Б. Методы диагностики микропроцессорных устройств с использованием многоканального сигнатурного анализатора. Иқтисодиётнинг реал тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот–коммуникация технологияларининг аҳамияти. Республика илмий-техник анжуманининг Маърузалар тўплами 3-қисм 2017 268 с.

22. Балтаев Ж.Б., Тоштемиров Т.Қ. Анализ технологий коммутации для сетей следующего поколения. Иқтисодиётнинг реал тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот–коммуникация технологияларининг аҳамияти. Республика илмий-техник анжуманининг Маърузалар тўплами 3-қисм 2017, 269 с.

23. Джураев Р.Х., Джаббаров Ш.Ю., Балтаев Ж.Б., Тоштемиров Т.Қ. Модель диагностики многовыходных микропроцессорных устройств многоканальным сигнатурным анализатором. Издательство «Инфинити», сотрудники ФГБОУ ВПО Башкирский государственный университет, г.Уфа Журнал "Высшая школа" №4 2017г. Стр. 78-81. [mail@ran-nauka.ru](mailto:mail@ran-nauka.ru).

24. Джураев Р.Х., Джаббаров Ш.Ю., Балтаев Ж.Б. Рақамли курилмаларнинг тўрт каналли сигнатура усулида диагностика қилишнинг моделлаштириш дастури. O'zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligi. Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazganligi to'g'risidagi guvohnoma. №DGU 04122.16.12.2016 у.

25. Джураев Р.Х., Джаббаров Ш.Ю., Балтаев Ж.Б. Рақамли курилмаларнинг саккиз каналли сигнатура усулида диагностика қилишнинг моделлаштириш дастури. O'zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligi. Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazganligi to'g'risidagi guvohnoma. №DGU 04123. 16.12.2016 у.

26. Джураев Р.Х., Джаббаров Ш.Ю., Балтаев Ж.Б. Рақамли курилмаларнинг ўн олти каналли сигнатура усулида диагностика қилишнинг моделлаштириш дастури. O'zbekiston Respublikasi intellektual mulk agentligi. Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazganligi to'g'risidagi guvohnoma №DGU 04124. 16.12.2016 у.

Автореферат «Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари» илмий журнали таҳририятида ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларининг мослиги текширилди (14.07.2020).

Бичими 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табақи: 3. Адади 100. Буюртма № 85.

Гувоҳнома reestr № 10-3719  
«Тошкент кимё технология институти» босмаҳонасида чоп этилган.  
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.