

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

---

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

**ИСРОИЛОВ ШУХРАТ ЮЛДАШОВИЧ**

**МАРКАЗИЙ НЕРВ ТИЗИМИДА ҚЎЗГАЛИШНИНГ ТАРҚАЛИШ  
РЕГУЛЯТОРИКАСИНИ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ**

05.01.07 – Математик моделлаштириш. Сонли усуллар ва дастурлар мажмуи

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

**Тошкент – 2022**

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

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

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

**Исроилов Шухрат Юлдашович**

Марказий нерв тизимида кўзғалишнинг тарқалиш регуляторикасини  
математик моделлаштириш..... 3

**Исроилов Шухрат Юлдашович**

Математическое моделирование регуляторики передачи возбуждения в  
центральной нервной системе..... 21

**Isroilov Shukhrat Yuldashovich**

Mathematical modeling of excitation transmission regulation in the central nervous  
system.....39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works..... 43

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

---

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

**ИСРОИЛОВ ШУХРАТ ЮЛДАШОВИЧ**

**МАРКАЗИЙ НЕРВ ТИЗИМИДА ҚЎЗГАЛИШНИНГ ТАРҚАЛИШ  
РЕГУЛЯТОРИКАСИНИ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ**

05.01.07 – Математик моделлаштириш. Сонли усуллар ва дастурлар мажмуи

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

**Тошкент – 2022**

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (Phd) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.1.PhD/2086 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Рақамли технологиялар ва сунъий интеллектни ривожлантириш илмий-тадқиқот институтида бажарилган.

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

**Илмий раҳбар:** Хидирова Мохинисо Бахрамовна  
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

**Расмий оппонентлар:** Мухамедиева Дилдора Кабиловна  
техника фанлари доктори  
Палванов Бозорбой Юсупович  
техника фанлари бўйича фалсафа доктори

**Етакчи ташкилот:** Шароф Рашидов номидаги Самарқанд давлат университети

Диссертация ҳимояси Рақамли технологиялар ва сунъий интеллектни ривожлантириш илмий-тадқиқот институти ҳузуридаги DSc.13/30.12.2021.Т.142.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил «18» ноябр соат 10<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100125, Тошкент шаҳар, Мирзо Улуғбек тумани, Бўз-2 даҳаси, 17А-уй. Тел.: (99871) 263-41-98, e-mail:info@airi.uz)

Диссертация билан Рақамли технологиялар ва сунъий интеллектни ривожлантириш илмий-тадқиқот институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (17 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100125, Тошкент шаҳар, Мирзо Улуғбек тумани, Бўз-2 даҳаси, 17А-уй. Тел.: (99871) 263-41-98).

Диссертация автореферати 2022 йил «4» ноябр куни тарқатилди.  
(2022 йил «23» октябр даги 23 рақамли реестр баённомаси).



**Н.С.Маматов**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш раиси,  
техника фанлари доктори, профессор

**Ф.М. Нуралиев**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш илмий котиби,  
техника фанлар доктори, доцент

**Н. Равшанов**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,  
техника фанлар доктори, профессор

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда замонавий ахборот-коммуникация технологияларининг ривожланиши тиббиёт соҳасида жуда катта ютуқларга эришишга имкон яратмоқда. Марказий нерв тизими регуляторикасидаги бузилишлар натижасида турли органларда пайдо бўладиган касалликларни аниқлаш замонавий тиббиётнинг энг долзарб муаммоларидан биридир. Жаҳон соғлиқни сақлаш ташкилоти Ҳалқаро саратон тадқиқотлари агентлиги (IARC) маълумотига кўра, «2020 йилда дунё аҳолисининг 19,3 миллионида саратон касаллиги аниқланган ва 10,0 миллиондан кўпроқ инсонларнинг ҳаётига зомин бўлган. Саратон касаллигининг энг хавфли турларидан бири бўлган марказий нерв тизими бирламчи ўсимтаси (глиома касаллиги) 308 102 кишида аниқланган, шундан 251 329 киши оламдан ўтган»<sup>1</sup>. Шунинг учун ҳам марказий нерв тизими ва унинг касалликларини ўрганиш ҳамда ушбу касалликларга эрта ташхис қўйиш, касалликни олдини олиш ва даволаш мақсадида неврология соҳасида замонавий ва аниқ ташхис қўйиш технологияларини яратишга бўлган талаблар ортиб бормоқда. Марказий нерв тизими касалликларини келиб чиқиш сабаблари ва кечиш механизмларини ўрганиш ҳамда даволаш бўйича узок йиллардан буён бутун дунё олимлари томонидан, жумладан, Исроил, Ҳиндистон, Германия, АҚШ, Япония, Франция, Россия Федерацияси каби мамлакатларда ва Ўзбекистонда ҳам кўплаб илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Жаҳонда марказий нерв тизимида юзага келадиган патологик ҳолатларда инсоннинг асосий ҳаётий муҳим органларида касалликларни келиб чиқиш сабабларини ва кечиш жараёнларини ўрганишда, марказий нерв тизими фаолияти регулятор механизмларини тадқиқ қилиш муҳим аҳамиятга эга. Бу борада математик ва компьютер моделларидан фойдаланиш самарали натижаларга эришиш имконини беради. Марказий нерв тизими фаолиятини тадқиқ қилувчи математик моделларни ишлаб чиқиш ўтган аср ўрталарида бошланган ва ҳозирги кунгача дунё олимлари орасида долзарб масала бўлиб келмоқда. Марказий нерв тизими бирламчи ўсимталарининг пайдо бўлиши ва ривожланиш механизмларини тадқиқ қилиш ва глиома касаллигида марказий нерв тизими ва асосий ҳаётий муҳим органлар фаолиятида патология ҳолатини аниқ башоратлаш муҳим вазифа ҳисобланади.

Мамлакатимизда, замон талаби ва ижтимоий ҳолатдан келиб чиққан ҳолда, аҳоли соғлиғини сақлаш ва тиклашга оид турли чора тадбирлар амалга оширилмоқда ва уларга асос бўлувчи бир қатор меъёрий ҳужжатлар қабул қилинган. Шулар қаторида, мамлакатимизда тиббий хизмат кўрсатиш сифатини яхшилаш мақсадида илғор илмий ишланмалар ва технологияларни амалий соғлиқни сақлашга интеграция қилиш масаласи муҳим вазифа эканлигига алоҳида эътибор қаратилган. Маълумки 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар

---

<sup>1</sup> <https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.3322/caac.21660>

стратегиясида « ... тиббий-ижтимоий ёрдам кўрсатиш тизимини янада ривожлантириш ва такомиллаштириш, ... аҳоли саломатлигини сақлаш ва тиббиёт ходимларининг салоҳиятини ошириш, ... соғлиқни сақлаш соҳасини рақамлаштириш, ... ҳудудларда бирламчи тиббий хизматни “бир қадам” тамойили асосида йўлга қўйиш»<sup>2</sup> каби аҳоли соғлиғини сақлаш тизимини такомиллаштиришга оид мақсадли дастурларни амалга ошириш масаласига алоҳида тўхталиб ўтилган. Бу борада олиб бориладиган илмий изланишлар, тиббий соҳага замонавий ахборот-коммуникация технологияларини қўллаш ва аҳоли саломатлигини сақлаш бўйича амалга ошириладиган лойиҳаларни қўллаб қувватлаш масалалари асосий мақсад ва вазифалардан бири сифатида белгиланган.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2018 йил 19 февралдаги ПФ-5349-сон «Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Фармонлари ҳамда 2017 йил 4 апрелдаги ПҚ-2866-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасида онкология хизматини янада ривожлантириш ва аҳолига онкологик ёрдам кўрсатишни такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3245-сон «Ахборот-коммуникация технологиялари соҳасида лойиҳа бошқаруви тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Марказий нерв тизими касалликларини эрта ва аниқ ташхислашнинг самарали усул ва воситаларини ишлаб чиқиш, марказий нерв тизими фаолиятини тадқиқ қилиш бўйича бир қатор олимлар: В. В. Майоров, И. Ю. Мышкин, С. Ю. Коваленко, А. С. Братусь, В.В. Матросов, A.L.Hodgkin, A.F. Huxley, K.R. Swanson, P. Fries, J.D. Murray, Y. Kuramoto, Christian Bick, Subhas Hajanchi, G.V. Ermentrout, ва бошқаларнинг ишларида кўриб чиқилган. Улар томонидан турли математик моделлар, ҳисоблаш алгоритмлари ва компьютер моделлар ишлаб чиқилган бўлиб, марказий нерв тизими касалликларини келиб чиқиш сабабларини

---

<sup>2</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисидаги» Фармони

аниқлаш бўйича самарали натижаларга эришилган ва ташқи таъсир натижасида марказий нерв тизими фаолиятини ўзгариши тадқиқ қилинган.

Ўзбекистонда ҳам тирик тизимлар фаолиятини турли даражалардаги биологик ва математик моделлаштириш ва уларнинг фаолиятини тадқиқ қилиш бўйича В.К. Қобулов, А.В. Қобулов, Б.Н. Хидиров, М. Сайдалиева, М.Б. Хидирова, М. Арипов, Д.К.Мухамедиева, А.Р.Шакаров, А.М.Турғунов, З.Д.Юсупова ва бошқалар тадқиқот ишларини олиб борганлар.

Аммо марказий нерв тизими касалликларини эрта ва аниқ ташхислаш, даволаш бўйича жуда кўп илмий изланишлар олиб борилган бўлсада, жаҳон миқёсида бу масала ҳозирги кунгача ўз долзарблигини йўқотмаган. Чунки, марказий нерв тизими фаолияти ва касалликларининг келиб чиқиш регулятор механизмлари тўлиқ ўрганилмаган, марказий нерв тизими фаолияти регулятор механизмларини тўлиқ ифодалайдиган моделлар мавжуд эмас. Мавжуд математик моделларда баъзи асосий омиллар ҳисобга олинмаганлиги боис моделларни такомиллаштиришга ёки янги моделлар ишлаб чиқишга эҳтиёж сезилади.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион марказининг илмий тадқиқот ишлари режасининг Ф4-ФА-Ф006-«Тирик тизимлар регуляторикаси инфор­мацион технологиясининг назарий асослари ва услубларини яратиш» (2012-2016) ва БВ-М-Ф4-002-«Норма ва зарарли ўсимталар ҳолатларида инсон организми асосий тизимлари орасидаги ўзаро боғлиқ регуляторикаси инфор­мацион технологиясининг фундаментал асосларини яратиш» (2017-2020) мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** марказий нерв тизими фаолияти регулятор механизмларини тадқиқ қилиш учун математик модел, сонли ҳисоблаш алгоритмлари ва дастурлар мажмуасини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

марказий нерв тизимида кўзғалишни тарқалиш жараёни ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти ва улар орасидаги фазовий-вақтий муносабатлар ҳамда биологик қайта алоқа механизмларини инобатга олган ҳолда кечикувчи аргументли функционал-дифференциал тенгламалар тизими кўринишидаги математик модел ишлаб чиқиш;

марказий нерв тизимида кўзғалишни тарқалиш жараёни ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти математик модел тенгламаларини ечимларининг мавжудлиги, ягоналиги, узлуксизлиги, номанфийлиги ва чегараланганлигини таҳлил қилиш;

марказий нерв тизими бирламчи ўсимтаси пайдо бўлиши ва ривожланиши регулятор механизмларини тадқиқ қилиш учун математик модел ишлаб чиқиш;

марказий нерв тизими бирламчи ўсимтаси пайдо бўлиши ва ривожланиши регуляторикаси математик модел тенгламаларининг мувозанат нуқталарида турғунлиги ҳамда «қора ўрама» га ўтиш шарти текшириш;

марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регулятор механизмларининг «қора ўрама» ва динамик хаос ҳолатини таҳлил қилиш усул ва алгоритмларини ишлаб чиқиш;

нормал ҳолатда ва патологияларда марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регулятор механизмлари қонуниятларини тадқиқ қилиш дастурий воситаларини ишлаб чиқиш ва ҳисоблаш экспериментини амалга ошириш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида марказий нерв тизими фаолияти регулятор механизмлари қаралган.

**Тадқиқотнинг предмети** марказий нерв тизими фаолияти регулятор механизмларини математик модели, алгоритмлари ва сонли таҳлил қилиш дастурий воситаларидан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида кечикувчи аргументга эга бўлган функционал-дифференциал тенгламалар тизимини сифат таҳлил қилиш назарияси, математик моделлаштириш назарияси, алгоритмлаш назарияси, марказий нерв тизими фаолияти регулятор механизмларини модел ва дастурий воситасини ишлаб чиқиш усул ва тамойиллари, сонли усуллардан фойдаланилади.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолиятини ҳамда биологик қайта алоқа механизмларини инобатга олувчи биологик схема ишлаб чиқилган;

биологик схема асосида марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регуляторикаси учун кечикувчи аргументли функционал-дифференциал тенгламалар тизимидан иборат математик модели ишлаб чиқилган;

митотик бўлинишни амалга оширадиган глиал ҳужайранинг функционал ҳолати регуляторикаси асосида марказий нерв тизими бирламчи ўсимтаси пайдо бўлиши ва ривожланиши регулятор механизмларини тадқиқ қилиш математик модели ишлаб чиқилган;

марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регулятор механизмларининг норма ва патологик ҳолатлари, динамик хаос соҳасидаги «r-windows» ҳамда «қора ўрама» соҳасини аниқлаш масаласини ечиш учун сонли ҳисоблаш алгоритмлари ва дастурлар мажмуаси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регулятор механизмларини ифодаловчи математик модел ишлаб чиқилган;

модел тадқиқоти асосида марказий нерв тизимида кўзғалишни тарқалиши математик моделининг даврий тебранма ва нерегуляр тебранма ҳаракати, динамик хаос режимида «r-windows» соҳаларининг мавжудлиги, «қора



ўрама» соҳаси мавжудлиги, яъни бунда марказий нерв тизими фаолияти тўсатдан тўхтаб қолиш ҳолатини ифодалаш хусусиятига эгаллиги аниқланган;

марказий нерв тизими фаолияти регулятор механизмларини сонли таҳлил қилувчи, динамик хаос режимида ишлаш фаолияти, яъни патология ҳолатини таҳлилловчи, «қора ўрама» соҳасига тушиб қолиш, яъни марказий нерв тизими тўсатдан тўхтаб қолишини башоратловчи дастурий воситалари яратилган;

яратилган дастурий воситаларда олиб борилган ҳисоблаш экспериментлари натижасида марказий нерв тизими ва ҳаётини муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регулятор механизмлари параметрик тасвири тузилган ва таҳлил қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги** шу билан асосланадики, марказий нерв тизими фаолияти регулятор механизмларининг математик ва компьютер модели марказий нерв тизимида қўзғалишнинг тарқалиш жараёнини қатъий аниқланган, ишончли биологик қонуниятлар асосида ишлаб чиқилган ва тадқиқот ишидан олинган назарий натижалар неврология соҳасида маълум бўлган тажрибавий маълумотлар билан таққосланиб, математик ва компьютер моделлари натижаларини тўғри акс этишини босқичма-босқич баҳолаш орқали текширилган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, марказий нерв тизими регулятор механизмлари фаолиятини математик модел тенгламалари ечимларининг биологик қонуниятларга мос келувчи шартлари асослаб бериш имконини беради. Ушбу модел марказий нерв тизими регуляторикасини норма ва патология ҳолатларда математик моделлаштиришда ва тирик тизимлар фаолиятини ифодаловчи биологик назарияни ривожланишида қўлланилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган сонли ҳисоблаш усуллари ва дастурлар мажмуаси марказий нерв тизими регулятор механизмлари учун ҳисобий тажрибалар ўтказишга имкон беради ҳамда марказий нерв тизими бирламчи ўсимталарининг пайдо бўлиши, ривожланиши ва асорат-оқибатларини олдиндан компьютер ёрдамида башорат қилиш ва ташхис қўйиш таъминотининг яратилиши билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Марказий нерв тизими регуляторикасини норма ва патология ҳолатларда тадқиқ қилиш учун ишлаб чиқилган математик модел, сонли ҳисоблаш алгоритмлари ва дастурий воситаларни амалиётда жорий этилиш натижалари:

марказий нерв тизими ва асосий ҳаётини муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолиятида нормал ва патологик ҳолатларни сонли таҳлил қилиш дастурий воситаси Самарқанд давлат тиббиёт институтининг 1- клиникасида жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2022 йил 7 июндаги 33-8/3505-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижаси марказий нерв тизими ва асосий ҳаётини муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолиятида нормал ва патологик ҳолатларни олдиндан башорат қилиш ва ташхис қўйиш имконини берган;

марказий нерв тизими ва асосий ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолиятини норма ва патологик ҳолатларда тадқиқ қилган ҳолда динамик хаос ва «r-windows»лар мавжудлигини аниқлаш дастурий воситаси “SHUKRONA MED CLINIC” тиббий- диагностика ва даволаш марказида жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2022 йил 7 июндаги 33-8/3505-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида марказий нерв тизими ва асосий ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолиятида кузатилиши мумкин бўлган касалликларнинг турли патологик ҳолатларини олдиндан башорат қилиш вақтини 1.5-2 марта қисқартириш ҳисобига эрта ташхис қўйиш имконини берган;

марказий нерв тизими бирламчи ўсимталарининг пайдо бўлиши ва ривожланишини эрта ва тез аниқлаш, глиома касаллигининг патологик ҳолатини баҳолаш дастурий воситаси «SHABNAM SHIFO-YOG'DUSI» МЧЖ хусусий клиникасида жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2022 йил 7 июндаги 33-8/3505-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида марказий нерв тизими хужайраларининг тартибсиз бўлиниши натижасида пайдо бўладиган глиома касаллигига эрта ташхис қўйиш самарадорлигини 4-6% га ошириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот иши натижалари 4 та халқаро ва 8 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларнинг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 23 та илмий иш чоп этилган бўлиб, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий журналларда 9 та мақола, 5 таси хорижий ва 4 таси Республика журналларида нашр қилинган ҳамда 4 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация иши кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ишининг ҳажми 109 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация ишининг долзарблиги ва зарурияти 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 «**Марказий нерв тизимида кўзғалишнинг тарқалишни математик моделлаштириш**» деб номланган биринчи бобида марказий нерв тизими тузилиши, кўзғалишни ўтказиш тизими фаолияти ўрганилиб, унинг асосида марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар

Ўзаро боғлиқ фаолияти регулятор механизмларининг биологик схемаси ишлаб чиқилган; марказий нерв тизими фаолиятини математик моделлаштиришга оид адабиётлар таҳлил қилинган ва натижада ушбу диссертация ишида кўзланган масалалар белгилаб олинган. Ишлаб чиқилган биологик схемага асосланиб, марказий нерв тизими ва ҳаётини муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регулятор механизмларини математик моделлаштиришда кечикувчи аргументга эга бўлган, (1) функционал-дифференциал тенгламалар тизими тузиб олинган.

$$\begin{aligned}
 \frac{dM(t)}{dt} &= \frac{a_1 M(t-h)H(t-h)L(t-h)J(t-h)S(t-h)K(t-h)T(t-h)}{1+M^2(t-h)H^2(t-h)L^2(t-h)J^2(t-h)S^2(t-h)K^2(t-h)T^2(t-h)} - b_1 M(t), \\
 \frac{dH(t)}{dt} &= \frac{a_2 M(t-h)H(t-h)}{1+M^2(t-h)H^2(t-h)} - b_2 H(t), \\
 \frac{dL(t)}{dt} &= \frac{a_3 M(t-h)L(t-h)}{1+M^2(t-h)L^2(t-h)} - b_3 L(t), \\
 \frac{dJ(t)}{dt} &= \frac{a_4 M(t-h)J(t-h)}{1+M^2(t-h)J^2(t-h)} - b_4 J(t), \\
 \frac{dS(t)}{dt} &= \frac{a_5 M(t-h)S(t-h)}{1+M^2(t-h)S^2(t-h)} - b_5 S(t), \\
 \frac{dK(t)}{dt} &= \frac{a_6 M(t-h)K(t-h)}{1+M^2(t-h)K^2(t-h)} - b_6 K(t), \\
 \frac{dT(t)}{dt} &= \frac{a_7 M(t-h)T(t-h)}{1+M^2(t-h)T^2(t-h)} - b_7 T(t),
 \end{aligned} \tag{1}$$

$t > h$ , бошланғич шартлар  $M(t) = \gamma_1(t)$ ;  $H(t) = \gamma_2(t)$ ;  $L(t) = \gamma_3(t)$ ;  $J(t) = \gamma_4(t)$ ;  $S(t) = \gamma_5(t)$ ;  $K(t) = \gamma_6(t)$ ;  $T(t) = \gamma_7(t)$ ;  $t \in [0, h]$ , бу ерда  $M(t), H(t), L(t), J(t), S(t), K(t), T(t)$  - мос ҳолда ҳаётини муҳим органлар: мия, юрак, ўпка, жигар, талоқ, буйрак, терининг фаолликларини ифодаловчи катталиклар;  $\{a\}, \{b\}$  коэффициентлар – мос ҳолда ҳаётини муҳим органлар: мия, юрак, ўпка, жигар, талоқ, буйрак, терининг фаолликларининг ортиш ва пасайиш тезликларини ифодалайди.

(1) тенгламалар тизимида ўзгарувчи ва параметрлар сони кўплиги сабабли, уни тадқиқ қилиш мураккаб ҳисобланади. Шу сабабли, (1) тенгламалар тизимини редукция усули ва масштаблаштириш амали ёрдамида куйидаги (2) кўринишга келтирилган:

$$\frac{1}{h} \frac{dZ(\theta)}{d\theta} = \frac{a_1 Z^5(\theta-1) \sqrt{G(AZ^6(\theta-1) - BZ^5(\theta-1) + CZ^4(\theta-1) - DZ^3(\theta-1) + EZ^2(\theta-1) - FZ(\theta-1) + G)}}{GZ^{10}(\theta-1) + AZ^6(\theta-1) - BZ^5(\theta-1) + CZ^4(\theta-1) - DZ^3(\theta-1) + EZ^2(\theta-1) - FZ(\theta-1) + G} - b_1 Z(\theta) \tag{2}$$

$$\theta > 1, \quad Z(\theta) = \gamma(\theta); \quad \theta \in [0; 1],$$

бу ерда  $Z(\theta)$  - марказий нерв тизими ва ҳаётини муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти фаоллигини ифодаловчи катталик;  $a_1, b_1$  - коэффициентлар- мос равшда марказий нерв тизими фаоллигининг ўсиши ва пасайиши кесатгичларини ифодалайди;  $A, B, C, D, E, F, G$  - номанфий параметрлар.

Диссертациянинг «Марказий нерв тизимида кўзғалишнинг тарқалиш регуляторикаси математик моделини сифат таҳлил қилиш» деб номланган иккинчи бобида математик моделнинг сифат таҳлил қилиш усуллари тадқиқ қилинади.

Маълумки, марказий нерв тизимида кўзғалишнинг тарқалиш регуляторикаси математик модели тенгламалари мураккаб, ночизиқ функционал-дифференциал тенгламалар системаси ҳисобланиб, модел тенгламаларини кетма-кет интеграллаш усули орқали ечиш ва таҳлил қилиш мумкин.  $[0,1]$  кесмада  $Z(\theta)$  берилган узлуксиз  $\gamma(\theta)$  функцияга тенг ҳоли учун  $(1,2]$  кесмадаги ечимларини топамиз

$$\begin{aligned} \frac{1}{h} \frac{dZ(\theta)}{d\theta} = & \\ = & \frac{a_1 \gamma^5(\theta-1) \sqrt{G(A\gamma^6(\theta-1) - B\gamma^5(\theta-1) + C\gamma^4(\theta-1) - D\gamma^3(\theta-1) + E\gamma^2(\theta-1) - F\gamma(\theta-1) + G)}}{G\gamma^{10}(\theta-1) + A\gamma^6(\theta-1) - B\gamma^5(\theta-1) + C\gamma^4(\theta-1) - D\gamma^3(\theta-1) + E\gamma^2(\theta-1) - F\gamma(\theta-1) + G} - b_1 Z(\theta). \end{aligned} \quad (3)$$

Ечимни  $Z(\theta) = Y(\theta)e^{-b_1 h \theta}$  каби қидирамиз, у ҳолда

$$\begin{aligned} Z(\theta) = Z(1)e^{b_1 h(1-\theta)} + & \\ + h \int_1^\theta e^{b_1 h(\tau-\theta)} \frac{a_1 \gamma^5(\tau-1) \sqrt{G(A\gamma^6(\tau-1) - B\gamma^5(\tau-1) + C\gamma^4(\tau-1) - D\gamma^3(\tau-1) + E\gamma^2(\tau-1) - F\gamma(\tau-1) + G)}}{G\gamma^{10}(\tau-1) + A\gamma^6(\tau-1) - B\gamma^5(\tau-1) + C\gamma^4(\tau-1) - D\gamma^3(\tau-1) + E\gamma^2(\tau-1) - F\gamma(\tau-1) + G} d\tau \end{aligned} \quad (4)$$

тенгликга эга бўламиз. (4) тенглик (3) тенгламанинг  $(1,2]$  даги ечими ва  $(2,3]$  учун бошланғич функция ҳисобланади. Ушбу кетма-кет интеграллаш жараёни  $t > 1$  учун (2) тенгламанинг узлуксиз ечимларини топиш имконини беради ва бу жараён давом эттириб, ечимлар мавжудлиги ва узлуксизлигига ишонч ҳосил қилиш мумкин.

(3) тенгламанинг  $(1,2]$  кесмада ечимларнинг ягоналигини текшираемиз.  $[0,1]$  ораликда  $Z_0(\theta) = \gamma(\theta)$  ягона ечимга эга бўлса, фараз қилайлик,  $(1,2]$  кесмада (2) тенглама 2 та ечимга эга бўлсин.  $Z_1(\theta)$  ва  $Z_2(\theta)$  ифодалар ечимларнинг фарқларини текшираемиз ва қуйидаги тенгликка эга бўламиз:

$$Z_1(\theta) - Z_2(\theta) = (Z_1(1) - Z_2(1))e^{b_1 h(1-\theta)}$$

бу ерда  $Z_1(1) = Z_2(1)$  ечимларнинг узлуксизлигини ва шу нуқтада ечимларнинг ягоналигини ҳисобга оладиган бўлсак,  $\theta \in (1,2]$  ораликда  $Z_1(\theta) = Z_2(\theta)$  ўринли бўлади. Демак, бундан (2) тенгламанинг  $(1,2]$  кесмадаги ечимлари ягона эканлиги келиб чиқади. Шу каби кетма-кет интеграллаш амалини давом этиб, (1.20) тенгламанинг  $\theta > 1$  ҳолдаги ечимлари ягона эканлигини кўришимиз мумкин.

(2) тенглама параметрларининг номанфий қийматларида  $Z(\theta)$  ва  $Z(\theta-1)$  нинг жуда катта қийматларида (2) тенгламанинг ўнг томони биринчи ҳади

$$\lim_{Z(\theta-1) \rightarrow \infty} \frac{a_1 Z^5(\theta-1) \sqrt{G(AZ^6(\theta-1) - BZ^5(\theta-1) + CZ^4(\theta-1) - DZ^3(\theta-1) + EZ^2(\theta-1) - FZ(\theta-1) + G)}}{GZ^{10}(\theta-1) + AZ^6(\theta-1) - BZ^5(\theta-1) + CZ^4(\theta-1) - DZ^3(\theta-1) + EZ^2(\theta-1) - FZ(\theta-1) + G}$$

каби бўлади. У ҳолда тенгламани

$$\frac{1}{h} \frac{dZ(\theta)}{d\theta} = -b_1 Z(\theta)$$

кўринишда ёзиш мумкин ва тенгламанинг

$$Z(\theta) = \gamma(1) + e^{-b_1 h \theta}$$

ечими чегараланган эканлиги кўриниб турибди. Бундан келиб чиқадики, (2) тенгламанинг ечимлари ҳам чегараланган бўлади.

Марказий нерв тизими бирламчи ўсимталарининг пайдо бўлиши ва ривожланиши регулятор механизмлари тенгламасининг мувозанат нуқталарида турғунлигини текшираемиз.

Митотик бўлинишни амалга оширадиган глиал хужайранинг функционал ҳолати регуляторикасини қуйидаги тенгламалар тизими билан ифодаланиши мумкин:

$$\begin{aligned} \frac{dM(t)}{dt} &= \frac{a_1 M^n(t-h) B^m(t-h)}{c + qM^k(t-h) + rB^l(t-h)} - b_1 M(t); \\ \frac{dB(t)}{dt} &= a_2 M(t-h) - b_2 B(t), \end{aligned} \quad \begin{cases} M(t) = \alpha(t); t \in [0; h], \\ B(t) = \beta(t); t \in [0; h]. \end{cases} \quad (5)$$

бу ерда  $M(t)$ ,  $B(t)$  – глиал хужайралар бўлиниши ва буфер хужайра гуруҳлари сонини ифодаловчи қийматлар;  $a_1$  –  $M$  да хужайра бўлиниш тезлигини ифодалайди;  $b_1$  – буфер зонасида бўлинадиган хужайраларни камайиш тезлиги;  $a_2$  – буфер зонасидаги хужайраларнинг кўпайиш тезлиги;  $b_2$  – буфер зонасидаги хужайраларининг камайиш тезлиги.  $h$  – вақт параметри (ўртача қайта алоқа вақти);  $k, l$  - регуляторга нисбатан репрессив даражани ифодаловчи мусбат доимий,  $n, m$  - полуфератив фаза ресурсларни таъминлаш даражасини ифодаловчи мусбат доимий.

Кечикувчи аргументга эга бўлган функционал-дифференциал тенглама кўринишидаги соддалаштирилган қуйидаги тенгламасига эга бўламиз

$$\begin{aligned} \varepsilon \frac{dX(\theta)}{d\theta} &= \frac{\mu X^p(\theta-1)}{b + cX^r(\theta-1) + eX^r(\theta-1)} - X(\theta), \\ \theta > 1, \quad Z(\theta) &= \psi(\theta), \quad \theta \in [0, 1], \end{aligned} \quad (6)$$

(6) модел ечимларининг турғунлигини Хейс критерийси бўйича текширилди. Моделнинг  $\eta$  мувозанат ҳолати атрофида чизиклаштириш усулидан фойдаланиб чизиклаштирамиз ва

$$\varepsilon \frac{dx(t)}{dt} = \left( p - \frac{r(c+e)\eta^r}{b + (c+e)\eta^r} \right) x(t-1) - x(t) \quad (7)$$

кўринишдаги чизиклаштирилган тенгламага эга бўламиз. (7) тенглама учун характеристик тенгламани қуйидагича кўринишда тузиб оламиз:

$$\left(\lambda + \frac{1}{\varepsilon}\right)e^{\lambda} + \left(\frac{r(c+e)\eta^r}{b+(c+e)\eta^r} - p\right)\frac{1}{\varepsilon} = 0. \quad (8)$$

Ҳосил бўлган (8) характеристик тенглама учун Хейс критерияси шартлари қуйидагича:

$$\begin{aligned} 1. \frac{1}{\varepsilon} &> -1, \\ 2. \eta &> \sqrt[r]{\frac{pb-b}{(c+e)(r-p+1)}}, \\ 3. \eta &< \sqrt[r]{\frac{b+pb}{(r-p-1)(c+e)}}. \end{aligned} \quad (9)$$

Агар  $\eta$  мувозанат нуқтада (9) шартларини қаноатлантирса, Хейс критерийси шартлари асосида (6) тенглама мувозанат нуқтаси турғун, акс ҳолда нотурғун ҳисобланади.

(6) тенгламанинг мувозанат нуқталари турғунлиги бузилса, у ҳолда динамик хаос режими ва «қора ўрама» эффеќти кузатилиши мумкин. Тенгламанинг «қора ўрама» режими кузатилиши шартини текширамыз. ҳисоблаш ва белгилашлардан сўнг «қора ўрама» режими мавжудлик шартини қуйидагича келтирамыз:

$$\frac{\mu(\delta f)^p}{b + \beta(\delta f)^r} < X_1. \quad (10)$$

(10) шарт «қора ўрама» режимининг мавжудлик шарти.

Диссертациянинг «**Марказий нерв тизимида қўзғалишнинг тарқалиш регуляторикаси тенгламаларининг сонли таҳлили**» деб номланган учинчи бобида марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регуляторикасининг математик модели тенгламаларини сонли ечиш алгоритмлари ишлаб чиқилган.

Марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регуляторикаси сонли ечимларини тўртинчи тартибли аниқликдаги Рунге–Кутта усулидан фойдаланган ҳолда оламыз:

$$\begin{aligned} M(t_0) &= M_0; H(t_0) = H_0; L(t_0) = L_0; J(t_0) = J_0; S(t_0) = S_0; K(t_0) = K_0; T(t_0) = T_0; \\ t_i &= t_{i-1} + h; h = 0.001; i = 1, 2, \dots \quad M(t_{i+1}) = M(t_i) + h \frac{k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4}{6}; \\ H(t_{i+1}) &= H(t_i) + h \frac{l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4}{6}; \quad L(t_{i+1}) = L(t_i) + h \frac{m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4}{6}; \\ J(t_{i+1}) &= J(t_i) + h \frac{n_1 + 2n_2 + 2n_3 + n_4}{6}; \quad S(t_{i+1}) = S(t_i) + h \frac{p_1 + 2p_2 + 2p_3 + p_4}{6}; \\ K(t_{i+1}) &= K(t_i) + h \frac{q_1 + 2q_2 + 2q_3 + q_4}{6}; \quad T(t_{i+1}) = T(t_i) + h \frac{r_1 + 2r_2 + 2r_3 + r_4}{6}; \end{aligned} \quad (11)$$

$M(t_i - 1)$ ,  $H(t_i - 1)$ ,  $L(t_i - 1)$ ,  $J(t_i - 1)$ ,  $S(t_i - 1)$ ,  $K(t_i - 1)$  ва  $T(t_i - 1)$  ифодаларнинг қийматларини ҳисоблаш қуйидагича амалга оширилади:

Агар  $t_i - 1 < t_0$  бўлса,  $M(t_i - 1) = M(t_0)$ ;  $H(t_i - 1) = H(t_0)$ ;  $L(t_i - 1) = L(t_0)$ ;

$J(t_i - 1) = J(t_0)$ ;  $S(t_i - 1) = S(t_0)$ ;  $K(t_i - 1) = K(t_0)$ ;  $T(t_i - 1) = T(t_0)$ ;

Агар  $t_i - 1 = t_j$  бўлса,  $M(t_i - 1) = M(t_j)$ ;  $H(t_i - 1) = H(t_j)$ ;  $L(t_i - 1) = L(t_j)$ ;

$J(t_i - 1) = J(t_j)$ ;  $S(t_i - 1) = S(t_j)$ ;  $K(t_i - 1) = K(t_j)$ ;  $T(t_i - 1) = T(t_j)$ ;

Агар  $t_j < t_i - 1 < t_{j+1}$  бўлса,  $M(t_i - 1) = (\sigma_i'' M(t_j) + \sigma_i' M(t_{j+1})) / h$ ;  $H(t_i - 1) = (\sigma_i'' H(t_j) + \sigma_i' H(t_{j+1})) / h$ ;

$L(t_i - 1) = (\sigma_i'' L(t_j) + \sigma_i' L(t_{j+1})) / h$ ;  $J(t_i - 1) = (\sigma_i'' J(t_j) + \sigma_i' J(t_{j+1})) / h$ ;

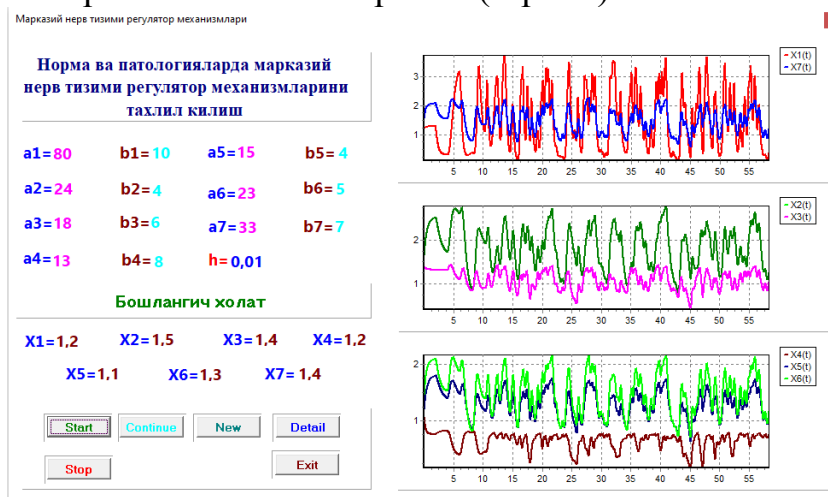
$S(t_i - 1) = (\sigma_i'' S(t_j) + \sigma_i' S(t_{j+1})) / h$ ;  $K(t_i - 1) = (\sigma_i'' K(t_j) + \sigma_i' K(t_{j+1})) / h$ ;

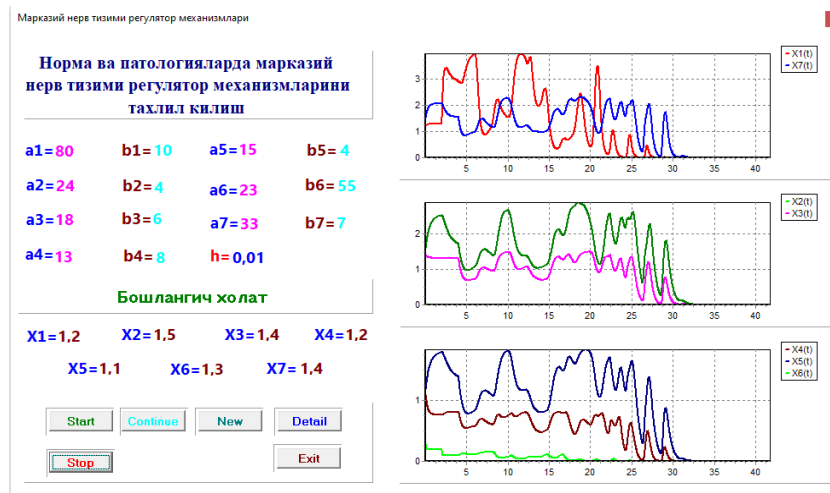
$T(t_i - 1) = (\sigma_i'' T(t_j) + \sigma_i' T(t_{j+1})) / h$ ;  $\sigma_i'' = (t_i - t_j) - 1$ ,  $\sigma_i' = h - \sigma_i''$ ;  $i = 1, 2, \dots$ ;  $j = 1, 2, \dots, i$ .

Марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳм органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регуляторикасини ҳисоб таҳлил қилиш фойдаланувчилар учун қулай визуаллашган дўстона интерфейсни яратишни талаб қилади.

Диссертациянинг «Марказий нерв тизимида касалликлар кечув механизмларини тадқиқ қилишда математик моделлаштириш усуллари қўллаш» деб номланган тўртинчи бобида ҳисоблаш тажрибаларидан олинган натижалар ва уларнинг таҳлиллари келтирилган.

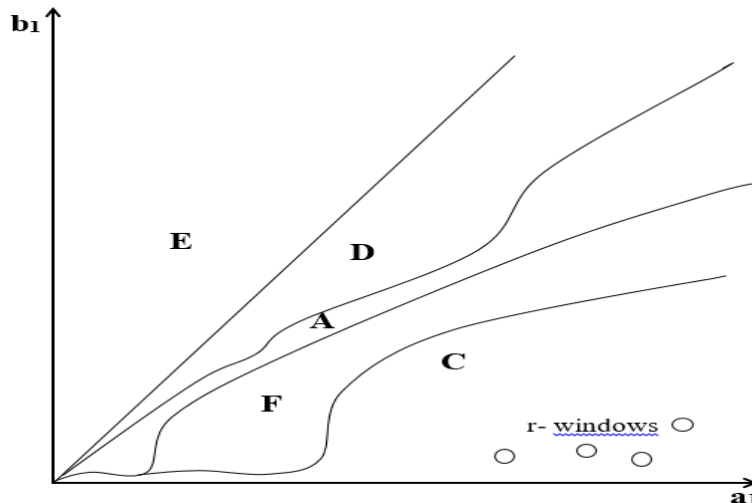
Ҳисоб тажрибаларда марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳм органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регулятор механизмларининг аниқланган режимларидан бир нечтасини келтирамиз (1-расм):





1-расм. Ҳисоблаш тажрибалари натижалари

Ҳисоблаш тажрибалари натижаси асосида, параметрларнинг хусусий ҳолида  $a_2=24$ ;  $a_3=18$ ;  $a_4=13$ ;  $a_5=15$ ;  $a_6=23$ ;  $a_7=33$ ;  $b_2=4$ ;  $b_3=6$ ;  $b_4=8$ ;  $b_5=4$ ;  $b_6=5$ ;  $b_7=7$ ;  $h=0.01$  қийматларида ва  $a_1$ ,  $b_1$  параметрларининг турли қийматларида параметрик тасвири тузилди(2- расм).



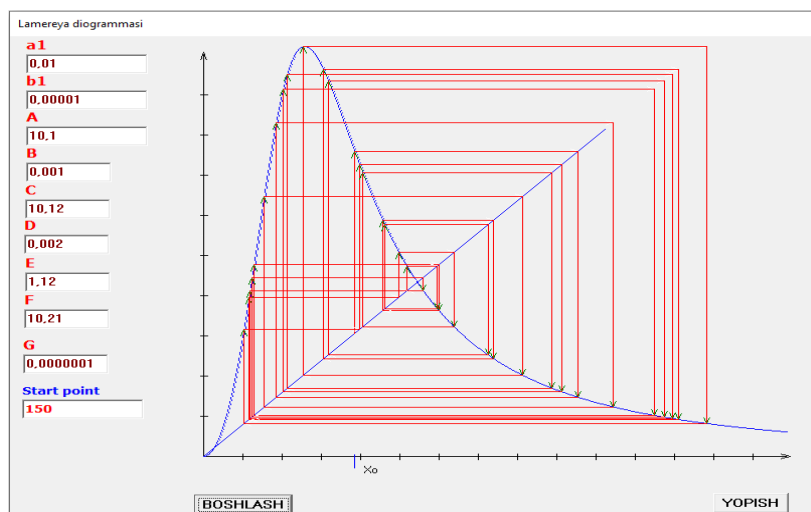
2- расм. Марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар фаолияти регулятор механизмлари параметрик тасвири

Параметрик тасвирда E- сўнувчи соҳа, D-«қора ўрама» соҳа, A- стационар соҳа, F-даврий тебранма соҳа, r-windows, C-динамик хаос соҳалари келтирилган. Параметрик тасвир қаралаётган тизимнинг қандай режими кузатилишини аниқлаш имконини беради.

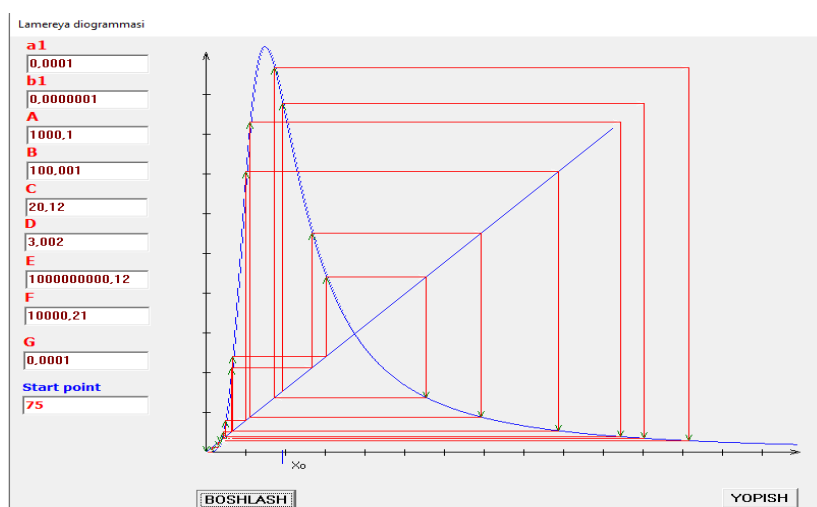
Марказий нерв тизими ва асосий ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регуляторикаси динамик хаос режимини таҳлил қилишда «қора ўрама» режими мавжудлиги ва унга ўтиш мумкинлигини ҳам таҳлил қилиш зарур. Динамик хаос соҳасини таҳлил қилиш учун (2) тенгламанинг дискрет кўриниши (12) тенглама асосида «Ламерея диаграммаси» дастурий таъминоти ишлаб чиқилди(3-4-расм).

$$Z_{i+1} = \frac{a_1 Z_i^5 \sqrt{G(AZ_i^6 - BZ_i^5 + CZ_i^4 - DZ_i^3 + EZ_i^2 - FZ_i + G)}}{b_1 (GZ_i^{10} + AZ_i^6 - BZ_i^5 + CZ_i^4 - DZ_i^3 + EZ_i^2 - FZ_i + G)} \quad (12)$$





**3- расм. Динамик хаос режими**



**4- расм. «Қора ўрама» режими**

Олинган натижаларга кўра, марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регулятор механизмлари параметрларининг турли қийматларида стационар, регуляр даврий тебранма, динамик хаос–норегуляр тебранма ва «қора ўрама» режимлари мавжудлиги кузатилди.

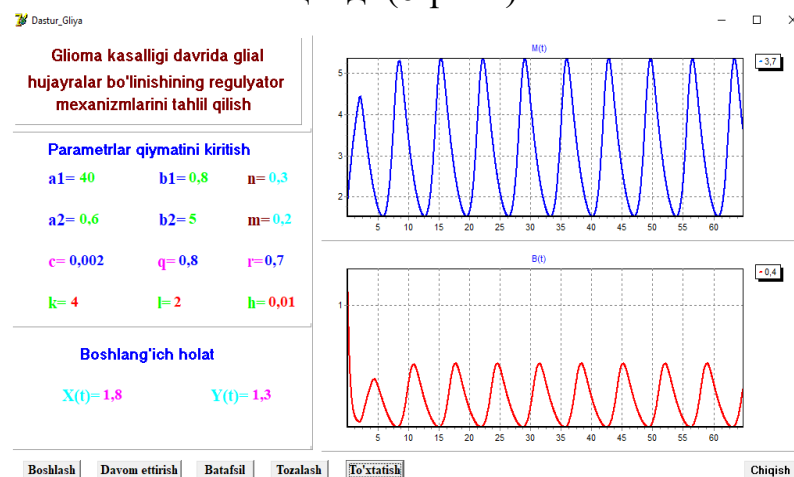
Динамик хаос режимида ишлаш механизмларини тадқиқ қилишда Ляпунов кўрсаткичини ҳисоблаш усулидан фойдаланиш самарали натижа беради. Ляпунов кўрсаткичини ҳисоблаш усулидан фойдаланиб, нормал ва динамик хаос режимларида марказий нерв тизими ҳолатини турғунлигини баҳолаш мумкин.

(12) дискрет аналог тенглама асосида Ляпунов кўрсаткичи ва « $r$ -windows»ларни аниқлаш учун дастурий таъминот ишлаб чиқилди. Ушбу дастурий таъминот марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регуляторикаси динамик хаос режимини таҳлил қилиш ва ундаги мавжуд « $r$ -windows»ларни аниқлаш имконини беради(5-расм).

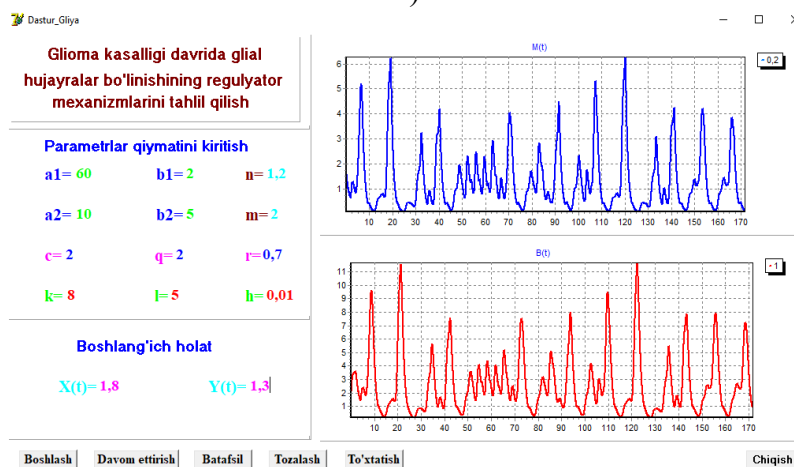


5- рasm. Ляпунов қиймати ва «r-windows» лар сони

Глиома касаллигини келтириб чиқарувчи марказий нерв тизими глиал ҳужайралари фаолиятини тез- тез ўзгариб туриш хусусиятига эга. Шунинг учун глиал ҳужайраларнинг тартибсиз бўлиниши натижасида пайдо бўладиган Глиома касаллигининг турли клиник шаклларини аниқлаш ва тадқиқ қилиш учун дастурий восита ишлаб чиқилди(6-рasm).



а)



б)

6-рasm. Ҳисоблаш тажрибалари натижалари: а) даврий тебранма режими; б) нерегуляр тебранма (хаос) режими

## ХУЛОСА

«Марказий нерв тизимида кўзғалишнинг тарқалиш регуляторикасини математик моделлаштириш» мавзусидаги диссертация иши бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регулятор механизмлари тадқиқ қилувчи, биологик қайта алоқа механизмларини инобатга олувчи биологик схема ишлаб чиқилди. Ушбу биологик схема асосида кечикувчи аргументга эга бўлган функционал-дифференциал тенгламалар тизимидан иборат математик модел ишлаб чиқилди. Математик модел тенгламалари ечимларининг мавжудлиги, ягоналиги, узлуксизлиги, номанфийлиги, чегараланганлиги текширилди.

2. Марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регуляторикаси математик модел тенгламаларини сонли ҳисоблаш алгоритмлари тузилди ва дастурлар мажмуаси яратилди. Дастурлар мажмуаси ҳисобий тажрибаларини ўтказишга хизмат қилади.

3. Марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолиятида нормал ва патологик ҳолатларни сонли таҳлил қилиш дастурий мажмуи “Самарқанд давлат тиббиёт институтининг 1-клиникаси” амалиётига жорий қилинди. Натижада марказий нерв тизими ва асосий ҳаётий органлар ўзаро боғлиқ фаолиятида нормал ҳолат ва турли патологияларни олдиндан башорат қилиш ва ташхис қўйиш имконини берди.

4. Марказий нерв тизими бирламчи ўсимталарининг пайдо бўлиши ва ривожланиши регулятор механизмлари математик модел ишлаб чиқилди ва мувозанат нукталарининг турғунлиги Хейс критерийси шартлари бўйича текширилиб, сонли ҳисоблаш усуллари ҳамда дастурий восита яратилди. Дастурий восита глиома касаллигининг кечиш механизмларини таҳлил қилиш учун хизмат қилади.

5. Марказий нерв тизими бирламчи ўсимталарининг пайдо бўлиши ва ривожланиши регулятор механизмларини сонли таҳлил қилиш дастурий воситаси «SHABNAM SHIFO-YOG'DUSI» МЧЖ хусусий клиникасида жорий қилинди. Натижада марказий нерв тизими хужайраларининг тартибсиз бўлиниши натижасида пайдо бўладиган глиома касаллигига эрта ташхис қўйиш самарадорлигини 4-6% га ошириш ва оптимал даволаш тактикасини ишлаб чиқиш имконини берди.

6. Марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолиятида нормал ва патологик ҳолатлари регулятор механизмларининг биологик қонуниятларига мос келувчи параметрик тасвир тузилди. Натижада марказий нерв тизими фаолиятида турли режимлар мавжудлигини аниқлашга хизмат қилди.

7. Марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолияти регуляторикаси динамик хаос ва «қора ўрама» режимларини таҳлил қилиш дастурий мажмуаси “SHUKRONA MED CLINIC” тиббий-диагностика ва даволаш маркази амалиётида жорий қилинди. Натижада марказий нерв тизими ва асосий ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолиятида

кузатилиши мумкин бўлган касалликларнинг турли патологик ҳолатларини олдиндан башорат қилиш вақтини 1.5-2 марта қисқартириш ҳисобига эрта ташхис қўйиш имконини берди.

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

---

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

**ИСРОИЛОВ ШУХРАТ ЮЛДАШОВИЧ**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГУЛЯТОРИКИ  
ПЕРЕДАЧИ ВОЗБУЖДЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ  
СИСТЕМЕ**

05.01.07 – Математическое моделирование. Численные методы и комплексы программ

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

**Ташкент – 2022**

The topic of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered with the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under the number B2021.1.PhD/2086.

The dissertation was completed at the Research Institute for the Development of Digital Technologies and Artificial Intelligence.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the web page of the Scientific Council ([www.airi.uz](http://www.airi.uz)) and on the Information and Educational Portal «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

<b>Scientific adviser:</b>	<b>Hidirova Mohiniso Bahromovna</b> doctor of technical sciences, senior researcher
<b>Official opponents:</b>	<b>Mukhamediyeva Dildora Kabilovna</b> doctor of technical sciences <b>Palvanov Bozorboy Yusupovich</b> doctor of philosophy in technical sciences
<b>Leading organization:</b>	<b>Samarkand State University named after Sharof Rashidov</b>

The defense will take place “18” november 2022 at 10<sup>00</sup> the meeting of Scientific council No.DSc.13/30.12.2021.T.142.01 at Research Institute for Development of Digital Technologies and artificial Intelligence (Address: 100125, Tashkent city, M.Ulugbek district, Buz-2, 17A. Tel.: (+99871) 263-41-98, e-mail: [info@airi.uz](mailto:info@airi.uz)).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Research Institute for Development of Digital Technologies and artificial Intelligence (is registered under No. 17). (Address: 100125, Tashkent city, M.Ulugbek district, Buz-2, 17A. Tel.: (+99871) 263-41-98).

Abstract of dissertation sent out on “4” november 2022 y.  
(mailing report No. 23 on “23” october 2022 y.).



*CSP*

**N.S.Mamatov**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

*F.M.*

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

*N.R.*

**N.Ravshanov**  
Chairman of the academic seminar under the  
scientific council awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире развитие современных информационно-коммуникационных технологий позволяет достичь самых высоких результатов в сфере медицины. Диагностика заболеваний различных органов, возникающих в результате нарушений регуляторики центральной нервной системы, является одной из актуальнейших проблем современной медицины. По сведениям Международного агентства по изучению рака (IARC) Всемирной организации здравоохранения «в 2020 году 19,3 миллионов населения мира выявлены онкологические заболевания и более 10,0 миллионов человек скончались от разных видов рака. Первичная опухоль центральной нервной системы (глиома), являющаяся одним из самых опасных онкологических заболеваний, выявлена у 308 102 человек, из них 215 329 человек умерли»<sup>1</sup>. Поэтому повышаются требования к разработке современных технологий точной и ранней диагностики заболеваний в сфере неврологии для изучения жизнедеятельности и своевременной диагностики, профилактики и лечения заболеваний центральной нервной системы. Во всем мире, в частности, в таких странах как Израиль, Индия, Германия, США, Япония, Франция, Российская Федерация и Узбекистан, в течение многих долгих лет учеными ведется множество научных исследований по изучению причин возникновения и механизмов протекания и лечения заболеваний центральной нервной системы.

В мире при изучении причин возникновения и процессов протекания заболеваний основных жизненно важных органов человека при патологиях в центральной нервной системе важное значение имеют вопросы исследования регуляторных механизмов жизнедеятельности центральной нервной системы. В этом плане использование математических и компьютерных моделей позволяет достичь эффективных результатов. Разработка математических моделей исследования жизнедеятельности центральной нервной системы началась в середине прошлого века и до сегодняшнего дня остается актуальной проблемой для ученых мира. Исследования механизмов возникновения и развития первичных опухолей центральной нервной системы и точное прогнозирование патологий функционирования основных жизненно важных органов и центральной нервной системы при глиоме являются важными задачами.

В Республике осуществляются различные меры по сохранению и восстановлению здоровья населения, исходя из требований времени и социального положения, принят ряд нормативно-правовых документов, составляющих основу решения данных проблем. Наряду с этим, в нашей стране особое внимание уделяется вопросам интеграции передовых научных разработок и технологий с практической сферой здравоохранения для улучшения качества предоставляемых медицинских услуг. Известно, что в Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на

---

<sup>1</sup> <https://acsjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.3322/caac.21660>

2022-2026 годы особое внимание уделяется вопросам реализации таких целевых программ по совершенствованию системы здравоохранения населения как «дальнейшее реформирование сферы здравоохранения, прежде всего первичного звена, скорой и экстренной медицинской помощи, направленное на повышение доступности и качества медицинского и социально-медицинского обслуживания населения, формирование здорового образа жизни населения, укрепление материально-технической базы медицинских учреждений»<sup>2</sup>. В этом плане главной целью и приоритетными задачами определены вопросы поддержки проектов по сохранению здоровья населения и применению современных информационно-коммуникационных технологий в сфере медицины, проведению соответствующих научных изысканий.

Данное диссертационное исследование в определенной мере служит осуществлению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», от 19 февраля 2018 года №УП-5349 «О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы информационных технологий и коммуникаций», Постановлениями Президента Республики Узбекистан от 4 апреля 2017 года №ПП-2866 «О мерах по дальнейшему развитию онкологической службы и совершенствованию онкологической помощи населению Республики Узбекистан на 2017-2021 годы», от 29 августа 2017 года №ПП-3245 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления проектами в сфере информационно-коммуникационных технологий», от 27 апреля 2018 года №ПП-3682 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также другими нормативно-правовыми документами, касающимися данной сферы.

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

**Степень изученности проблемы.** Вопросы разработки эффективных методов и средств ранней и точной диагностики заболеваний центральной нервной системы, исследования жизнедеятельности центральной нервной системы рассмотрены в работах таких ученых как В. В. Майоров, И. Ю. Мышкин, С. Ю. Коваленко, А. С. Братусь, В.В. Матросов, A.L.Hodgkin, A.F. Huxley, K.R. Swanson, P. Fries, J.D. Murrayb, Y. Kuramoto, Christian Bick, Subhas Hajanchi, G.V. Ermentrout и др. Ими были разработаны различные математические модели, вычислительные алгоритмы и компьютерные модели, исследованы изменения жизнедеятельности центральной нервной системы под влиянием внешнего воздействия и достигнуты эффективные

---

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».



результаты по определению причин возникновения заболеваний центральной нервной системы.

В Узбекистане В.К. Кабулов, А.В. Кабулов, Б.Н. Хидиров, М. Сайдалиева, М.Б. Хидирова, М. Арипов, Д.К.Мухамедиева, А.Р.Шакаров, А.М.Тургунов, З.Д.Юсупова и другие отечественные ученые вели на разном уровне изыскания по биологическому и математическому моделированию жизнедеятельности живых систем.

Хотя было проведено множество научных изысканий по ранней и точной диагностике, лечению заболеваний центральной нервной системы, но данные вопросы не потеряли своей актуальности на мировом уровне. Поскольку не существует моделей, полностью выражающих жизнедеятельность центральной нервной системы и регуляторные механизмы возникновения заболеваний данной системы. Из-за неучета некоторых основных факторов в существующих математических моделях ощущается потребность усовершенствовании доступных и разработке новых моделей.

**Связь темы диссертационного исследования с научноисследовательскими работами высшего учебного заведения, в котором выполняется диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Научно-исследовательского института развития цифровых технологий и искусственного интеллекта при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий в рамках проектов: Ф4-ФА-Ф006-«Разработка теоретических основ и методов информационных технологий по регуляторике живых систем» (2012-2016), БВ-М-Ф4-002-«Создание фундаментальных основ информационных технологий по взаимосвязанной регуляторике основных систем организма систем человека при норме и злокачественных опухолей» (2017-2020).

**Целью исследования** является разработка математической модели, алгоритмов численного расчета и программного комплекса для исследования регуляторных механизмов функционирования центральной нервной системы.

**Задачи исследования:**

разработка математической модели взаимосвязанной жизнедеятельности процессов передачи возбуждения в центральной нервной системе и жизненно важных органах с учетом пространственно-временных отношений между ними и механизмов биологического взаимодействия в виде систем функционально-дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом;

анализ существования, единственности, непрерывности, неотрицательности и ограниченности решений уравнений разработанной математической модели взаимосвязанной жизнедеятельности процессов передачи возбуждения в центральной нервной системе и жизненно важных органах;

разработка математической модели для исследования регуляторных механизмов возникновения и развития первичной опухоли центральной нервной системы;

проверка устойчивости уравнений математической модели регуляторики возникновения и развития первичных опухолей центральной нервной системы и определение условия перехода к эффекту «черной дыры»;

разработка алгоритмов и методов анализа состояния динамического хаоса и эффекта «черная дыра» регуляторных механизмов взаимосвязанного функционирования центральной нервной системы и жизненно важных органов;

разработка программных средств исследования закономерностей регуляторных механизмов взаимосвязанного функционирования центральной нервной системы и жизненно важных органов при состояниях нормы и патологий, а также осуществление вычислительного эксперимента.

**Объектом исследования** являются регуляторные механизмы функционирования центральной нервной системы.

**Предмет исследования** – математическая модель, алгоритмы и программные средства численного анализа регуляторных механизмов функционирования центральной нервной системы.

**Методы исследования.** В ходе исследования использованы теория качественного анализа функционально-дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом, теория алгоритмизации, методы и принципы разработки программных средств и модели регуляторных механизмов функционирования центральной нервной системы, численные методы.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработана биологическая схема, учитывающая взаимосвязанное функционирование и механизмы биологического взаимодействия центральной нервной системы и жизненно важных органов;

на основе биологической схемы разработана математическая модель, состоящая из системы функционально-дифференциальных уравнений с запаздывающими аргументами для регуляторики взаимозависимая деятельности центральной нервной системы и жизненно важных органов;

на основе регуляторики функционального состояния глиальной клетки, выполняющий митотическое деление, разработана математическая модель для исследования регуляторных механизмов возникновения и развития первичной опухоли центральной нервной системы;

разработан комплекс вычислительных алгоритмов и программ для решения задачи определения нормальные и патологические состояния регуляторных механизмов центральной нервной системы и жизненно важных органов, «r-windows» и «черного ўрама» в области динамического хаоса.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработана математическая модель регуляторных механизмов взаимосвязанной жизнедеятельности центральной нервной системы и жизненно важных органов;

определено, что имеются периодические колебательные и нерегулярные колебательные решения уравнений математической модели передачи возбуждения в центральной нервной системе, области «r-windows» в режиме динамического хаоса и эффект «черная дыра», т.е. разработанная

математическая модель обладает возможностью раннего выявления патологий и внезапной остановки жизнедеятельности центральной нервной системы;

разработаны программные средства, осуществляющие численные анализ регуляторных механизмов жизнедеятельности центральной нервной системы, анализ ее функционирования в режиме динамического хаоса, т.е. патологических состояний, переходу к области «черная дыра», т.е. прогнозирования внезапной остановки функций центральной нервной системы;

в результате вычислительных экспериментов, которые проведены при помощи разработанных программных средств, проанализировано и составлен параметрический портрет регуляторных механизмов взаимосвязанного функционирования центральной нервной системы и жизненно важных органов.

**Достоверность результатов исследования** обоснована четким определением процессов перехода возбуждения в центральной нервной системе на основе математических и компьютерных моделей регуляторных механизмов функционирования центральной нервной системы, сопоставлением результатов эксперимента в области неврологии с теоретическими результатами, которые получены в ходе исследования и разработаны на основе достоверных биологических закономерностей, осуществлением проверкой корректности результатов математических и компьютерных моделей путем поэтапной оценки.

**Научная и практическая значимость результатов.** Научная значимость результатов исследования заключается в том, что они позволяют обосновать условия решений уравнений математической модели функционирования регуляторных механизмов центральной нервной системы на основе биологических закономерностей. Данная модель может быть применена при математическом моделировании состояний нормы и патологии регуляторики центральной нервной системы, а также при развитии биологической теории, отражающей функционирование живых систем.

Практическая значимость результатов исследования обоснована тем, что разработанные методы численного расчета и комплекс программ позволяют проводить численные эксперименты для регуляторных механизмов центральной нервной системы, а также разработать обеспечение для диагностики и прогнозирования возникновения, развития и осложнений первичных опухолей центральной нервной системы с помощью компьютера.

**Внедрение результатов исследования.** Результаты внедрения в практику разработанных математической модели, алгоритмов численного расчета и программных средств для исследования состояний нормы и патологии регуляторики центральной нервной системы:

программное средство численного анализа состояний нормы и патологии во взаимосвязанном функционировании центральной нервной системы и основных жизненно важных органов внедрено в деятельность клиники №1 Самаркандского государственного медицинского института (справка Министерство по развитию информационных технологий и коммуникаций

Республики Узбекистан от 7 июня 2022 года №33-8/3505). Результаты научного исследования дали возможность прогнозирования и диагностирования состояний нормы и патологии при взаимосвязанном функционировании центральной нервной системы и основных жизненно важных органов;

программное средство по определению наличия состояния динамического хаоса и «r-windows» на основе исследования состояний нормы и патологии взаимосвязанного функционирования центральной нервной системы и основных жизненно важных органов внедрено в деятельность медицинско-диагностического лечебного центра «SHUKRONA MED CLINIC» (справка Министерство по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 7 июня 2022 года №33-8/3505). В результате научного исследования появилась возможность ранней диагностики заболеваний, которые могут быть при взаимосвязанном функционировании центральной нервной системы и основных жизненно важных органов, за счет сокращения в 1,5-2 раза времени прогнозирования различных патологий;

программное средство ранней и оперативного выявления возникновения и развития первичных опухолей центральной нервной системы, оценки патологических состояний при глиоме внедрено в деятельность частной клиники ООО «SHABNAM SHIFO-YOG'DUSI» (справка Министерство по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан от 7 июня 2022 года №33-8/3505). В результате научного исследования появилась возможность повысить на 4-6% эффективность ранней диагностики глиомы, возникающей в результате хаотичного деления клеток центральной нервной системы.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования обсуждены на 4 международных и 8 Республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано всего 23 научные работы, в частности, 9 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан к публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе в 5 зарубежных журналах и в 4 Республиканских научных журналах. Кроме того, получены авторские свидетельства на 4 программных средства для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 109 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Во **введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, определены цель и задачи, объект и предмет исследования, приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития

науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна, практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрывается теоретическая и практическая значимость результатов исследования, приведены внедрение результатов исследования, сведения об опубликованности результатов и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Математическое моделирование передачи возбуждения в центральной нервной системе**» изучены структура центральной нервной системы, изучено функционирование системы передачи возбуждения, на основе анализа разработана биологическая схема регуляторных механизмов взаимосвязанного функционирования центральной нервной системы и жизненно важных органов; осуществлен анализ научной литературы по математическому моделированию жизнедеятельности центральной нервной системы и в результате определены задачи данной диссертационной работы.

На основе разработанной биологической схемы составлена система функционально-дифференциальных уравнений (1) с запаздывающим аргументом при математическом моделировании регуляторных механизмов взаимосвязанного функционирования центральной нервной системы и жизненно важных органов.

$$\begin{aligned}
 \frac{dM(t)}{dt} &= \frac{a_1 M(t-h)H(t-h)L(t-h)J(t-h)S(t-h)K(t-h)T(t-h)}{1 + M^2(t-h)H^2(t-h)L^2(t-h)J^2(t-h)S^2(t-h)K^2(t-h)T^2(t-h)} - b_1 M(t), \\
 \frac{dH(t)}{dt} &= \frac{a_2 M(t-h)H(t-h)}{1 + M^2(t-h)H^2(t-h)} - b_2 H(t), \\
 \frac{dL(t)}{dt} &= \frac{a_3 M(t-h)L(t-h)}{1 + M^2(t-h)L^2(t-h)} - b_3 L(t), \\
 \frac{dJ(t)}{dt} &= \frac{a_4 M(t-h)J(t-h)}{1 + M^2(t-h)J^2(t-h)} - b_4 J(t), \\
 \frac{dS(t)}{dt} &= \frac{a_5 M(t-h)S(t-h)}{1 + M^2(t-h)S^2(t-h)} - b_5 S(t), \\
 \frac{dK(t)}{dt} &= \frac{a_6 M(t-h)K(t-h)}{1 + M^2(t-h)K^2(t-h)} - b_6 K(t), \\
 \frac{dT(t)}{dt} &= \frac{a_7 M(t-h)T(t-h)}{1 + M^2(t-h)T^2(t-h)} - b_7 T(t),
 \end{aligned} \tag{1}$$

$t > h$ , начальные условия  $M(t) = \gamma_1(t)$ ;  $H(t) = \gamma_2(t)$ ;  $L(t) = \gamma_3(t)$ ;  $J(t) = \gamma_4(t)$ ;  $S(t) = \gamma_5(t)$ ;  $K(t) = \gamma_6(t)$ ;  $T(t) = \gamma_7(t)$ ;  $t \in [0; h]$ , здесь  $M(t), H(t), L(t), J(t), S(t), K(t), T(t)$  - соответствующие величины, обозначающие активность жизненно важных органов: мозга, сердца, легких, печени, селезенки, почек, кожи;  $\{a\}, \{b\}$  коэффициенты – обозначают скорость повышения и снижения активности жизненно важных органов: мозга, сердца, легких, печени, селезенки, почек, кожи.

Из-за большого количества переменных и параметров в системе уравнений (1) ее изучение является сложным. Поэтому система уравнений (1) с помощью масштабирования и метода редукции приведена в следующий вид:

$$\frac{1}{h} \frac{dZ(\theta)}{d\theta} = \frac{a_1 Z^5(\theta-1) \sqrt{G(AZ^6(\theta-1) - BZ^5(\theta-1) + CZ^4(\theta-1) - DZ^3(\theta-1) + EZ^2(\theta-1) - FZ(\theta-1) + G)}}{GZ^{10}(\theta-1) + AZ^6(\theta-1) - BZ^5(\theta-1) + CZ^4(\theta-1) - DZ^3(\theta-1) + EZ^2(\theta-1) - FZ(\theta-1) + G} - b_1 Z(\theta) \quad (2)$$

$$\theta > 1, \quad Z(\theta) = \gamma(\theta); \quad \theta \in [0; 1],$$

здесь  $Z(\theta)$  - величина, обозначающая взаимосвязанное функционирование центральной нервной системы и жизненно важных органов;  $a_1, b_1$  - коэффициенты – соответственно выражают показатели роста и снижения активности центральной нервной системы;  $A, B, C, D, E, F, G$  - неотрицательные параметры.

Вторая глава диссертации «**Качественный анализ математической модели регуляtorики передачи возбуждения в центральной нервной системе**» посвящена исследованию методов качественного анализа математической модели.

Известно, что уравнения математической модели регуляtorики передачи возбуждения в центральной нервной системе являются сложной системой нелинейных функционально-дифференциальных уравнений, соответственно уравнения модели могут решены и проанализированы методом последовательного интегрирования. Пусть на отрезке  $[0, 1]$  задано начальное условие  $Z(\theta) = \gamma(\theta)$ , найдем решение на отрезке  $(1, 2]$ .

$$\frac{1}{h} \frac{dZ(\theta)}{d\theta} = \frac{a_1 \gamma^5(\theta-1) \sqrt{G(A\gamma^6(\theta-1) - B\gamma^5(\theta-1) + C\gamma^4(\theta-1) - D\gamma^3(\theta-1) + E\gamma^2(\theta-1) - F\gamma(\theta-1) + G)}}{G\gamma^{10}(\theta-1) + A\gamma^6(\theta-1) - B\gamma^5(\theta-1) + C\gamma^4(\theta-1) - D\gamma^3(\theta-1) + E\gamma^2(\theta-1) - F\gamma(\theta-1) + G} - b_1 Z(\theta). \quad (3)$$

Решение находится как  $Z(\theta) = Y(\theta)e^{-b_1 h \theta}$ , тогда получаем следующее равенство

$$Z(\theta) = Z(1)e^{b_1 h(1-\theta)} + h \int_1^\theta e^{b_1 h(\tau-\theta)} \frac{a_1 \gamma^5(\tau-1) \sqrt{G(A\gamma^6(\tau-1) - B\gamma^5(\tau-1) + C\gamma^4(\tau-1) - D\gamma^3(\tau-1) + E\gamma^2(\tau-1) - F\gamma(\tau-1) + G)}}{G\gamma^{10}(\tau-1) + A\gamma^6(\tau-1) - B\gamma^5(\tau-1) + C\gamma^4(\tau-1) - D\gamma^3(\tau-1) + E\gamma^2(\tau-1) - F\gamma(\tau-1) + G} d\tau \quad (4)$$

равенство (4) является решением в  $(1, 2]$  уравнения (3) и начальной функцией для  $(2, 3]$ . Данный процесс последовательного интегрирования позволяет найти непрерывные решения уравнения (2) для  $t > 1$ , продолжая этот процесс можно убедиться в наличии и непрерывности решений.

Проверим единственность решений уравнения (3) на отрезке  $(1, 2]$ . Допустим, что существуют два решения  $Z_1(\theta)$  и  $Z_2(\theta)$  и рассмотрим следующую разность:

$$Z_1(\theta) - Z_2(\theta) = (Z_1(1) - Z_2(1))e^{b_1 h(1-\theta)}$$

если здесь учитывать непрерывность решений  $Z_1(1) = Z_2(1)$  и единственность решений в этой точке, то в отрезке  $\theta \in (1, 2]$  будет  $Z_1(\theta) = Z_2(\theta)$ . Следовательно,

из этого следует единственность решений на отрезке  $(1,2]$  уравнения (2). Продолжив данную операцию последовательного интегрирования можно увидеть единственность решений уравнения (2) при  $\theta > 1$ .

При высоких значениях  $Z(\theta)$  и  $Z(\theta-1)$  в неотрицательных показателях параметров уравнения (2) первый член правой части уравнения (2) будет как

$$\lim_{Z(\theta-1) \rightarrow \infty} \frac{a_1 Z^5(\theta-1) \sqrt{G(AZ^6(\theta-1) - BZ^5(\theta-1) + CZ^4(\theta-1) - DZ^3(\theta-1) + EZ^2(\theta-1) - FZ(\theta-1) + G)}}{GZ^{10}(\theta-1) + AZ^6(\theta-1) - BZ^5(\theta-1) + CZ^4(\theta-1) - DZ^3(\theta-1) + EZ^2(\theta-1) - FZ(\theta-1) + G}$$

Тогда уравнение можно записать как

$$\frac{1}{h} \frac{dZ(\theta)}{d\theta} = -b_1 Z(\theta),$$

а решение

$$Z(\theta) = \gamma(1) + e^{-b_1 h \theta}$$

уравнения будет ограниченным. Из этого следует, что решения уравнения (2) также будут ограниченными.

В положениях равновесия проверяется устойчивость уравнений математической модели регуляторных механизмов возникновения и развития первичных опухолей центральной нервной системы. Регуляторика функционирования глиальных клеток, делящихся митотически, может быть выражена следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dM(t)}{dt} = \frac{a_1 M^n(t-h) B^m(t-h)}{c + qM^k(t-h) + rB^l(t-h)} - b_1 M(t); \\ \frac{dB(t)}{dt} = a_2 M(t-h) - b_2 B(t), \end{cases} \quad \begin{cases} M(t) = \alpha(t); t \in [0; h], \\ B(t) = \beta(t); t \in [0; h]. \end{cases} \quad (5)$$

здесь  $M(t)$ ,  $B(t)$  – значения деления глиальных клеток и количества буферных клеток;  $a_1$  – скорость деления клеток в  $M$ ;  $b_1$  – скорость сокращения клеток, делящихся в буферной зоне;  $a_2$  – скорость увеличения клеток в буферной зоне;  $b_2$  – скорость уменьшения клеток в буферной зоне.  $h$  – параметры времени (среднее время взаимодействия);  $k, l$  – постоянное положительное значение, выражающее репрессивный уровень относительно регулятора,  $n, m$  – постоянное положительное значение, выражающее уровень обеспечения ресурсами пролиферативной фазы.

Получается следующее упрощенное функционально-дифференциальное уравнение с запаздывающим аргументом

$$\varepsilon \frac{dX(\theta)}{d\theta} = \frac{\mu X^p(\theta-1)}{b + cX^r(\theta-1) + eX^r(\theta-1)} - X(\theta), \quad (6)$$

$$\theta > 1, \quad Z(\theta) = \psi(\theta), \quad \theta \in [0, 1],$$

Устойчивость решений модели (6) проверяется по критерию Хейса. Используя метод линеаризации около положения равновесия модели  $\eta$ , мы получаем следующее линеаризованное уравнение

$$\varepsilon \frac{dx(t)}{dt} = \left( p - \frac{r(c+e)\eta^r}{b+(c+e)\eta^r} \right) x(t-1) - x(t) \quad (7)$$

Для уравнения (7) составляется следующее характеристическое уравнение:

$$\left( \lambda + \frac{1}{\varepsilon} \right) e^{\lambda} + \left( \frac{r(c+e)\eta^r}{b+(c+e)\eta^r} - p \right) \frac{1}{\varepsilon} = 0. \quad (8)$$

Условиями по критерию Хейса для полученного характеристического уравнения (8) будут:

$$\begin{aligned} 1. \frac{1}{\varepsilon} &> -1, \\ 2. \eta &> \sqrt[r]{\frac{pb-b}{(c+e)(r-p+1)}}, \\ 3. \eta &< \sqrt[r]{\frac{b+pb}{(r-p-1)(c+e)}}. \end{aligned} \quad (9)$$

Если  $\eta$  будет соответствовать условиям (9) в точках равновесия, то положение равновесия уравнения (6) на основе критерия Хейса будут стабильными, иначе неустойчивыми.

Если же устойчивость положений равновесия уравнения (6) будет нарушена, то можно наблюдать появление режима динамического хаоса и эффекта «черная дыра». Затем уравнение проверяется на предмет наличия условия режима «черная дыра». После вычисления и обозначения условие наличия режима «черная дыра» приводится в следующем виде:

$$\frac{\mu(\delta f)^p}{b+\beta(\delta f)^r} < X_1. \quad (10)$$

где (10) является условием наличия режима «черная дыра».

Третья глава диссертации «**Численный анализ уравнений регуляtorики передачи возбуждения в центральной нервной системе**» посвящена разработке алгоритмов численного расчета уравнений математической модели регуляtorики взаимосвязанного функционирования центральной нервной системы и жизненно важных органов.

Численные решения регуляtorики взаимосвязанной деятельности центральной нервной системы и жизненно важных органов получаются с использованием метода Рунге-Кутты второго порядка точности:

$$\begin{aligned} M(t_0) &= M_0; H(t_0) = H_0; L(t_0) = L_0; J(t_0) = J_0; S(t_0) = S_0; K(t_0) = K_0; T(t_0) = T_0; \\ t_i &= t_{i-1} + h; h = 0.001; i = 1, 2, \dots \quad M(t_{i+1}) = M(t_i) + h \frac{k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4}{6}; \\ H(t_{i+1}) &= H(t_i) + h \frac{l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4}{6}; \quad L(t_{i+1}) = L(t_i) + h \frac{m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4}{6}; \end{aligned} \quad (11)$$



$$J(t_{i+1}) = J(t_i) + h \frac{n_1 + 2n_2 + 2n_3 + n_4}{6}; \quad S(t_{i+1}) = S(t_i) + h \frac{p_1 + 2p_2 + 2p_3 + p_4}{6};$$

$$K(t_{i+1}) = K(t_i) + h \frac{q_1 + 2q_2 + 2q_3 + q_4}{6}; \quad T(t_{i+1}) = T(t_i) + h \frac{r_1 + 2r_2 + 2r_3 + r_4}{6};$$

Вычисление значений выражений  $M(t_i - 1)$ ,  $H(t_i - 1)$ ,  $L(t_i - 1)$ ,  $J(t_i - 1)$ ,  $S(t_i - 1)$ ,  $K(t_i - 1)$  и  $T(t_i - 1)$  осуществляется следующим образом:

Если  $t_i - 1 < t_0$ , то  $M(t_i - 1) = M(t_0)$ ;  $H(t_i - 1) = H(t_0)$ ;  $L(t_i - 1) = L(t_0)$ ;  $J(t_i - 1) = J(t_0)$ ;

$$S(t_i - 1) = S(t_0); \quad K(t_i - 1) = K(t_0); \quad T(t_i - 1) = T(t_0);$$

Если  $t_i - 1 = t_j$ , то  $M(t_i - 1) = M(t_j)$ ;  $H(t_i - 1) = H(t_j)$ ;  $L(t_i - 1) = L(t_j)$ ;  $J(t_i - 1) = J(t_j)$ ;

$$S(t_i - 1) = S(t_j); \quad K(t_i - 1) = K(t_j); \quad T(t_i - 1) = T(t_j);$$

Если  $t_j < t_i - 1 < t_{j+1}$ , то  $M(t_i - 1) = (\sigma_i'' M(t_j) + \sigma_i' M(t_{j+1})) / h$ ;  $H(t_i - 1) = (\sigma_i'' H(t_j) + \sigma_i' H(t_{j+1})) / h$ ;

$$L(t_i - 1) = (\sigma_i'' L(t_j) + \sigma_i' L(t_{j+1})) / h; \quad J(t_i - 1) = (\sigma_i'' J(t_j) + \sigma_i' J(t_{j+1})) / h;$$

$$S(t_i - 1) = (\sigma_i'' S(t_j) + \sigma_i' S(t_{j+1})) / h; \quad K(t_i - 1) = (\sigma_i'' K(t_j) + \sigma_i' K(t_{j+1})) / h;$$

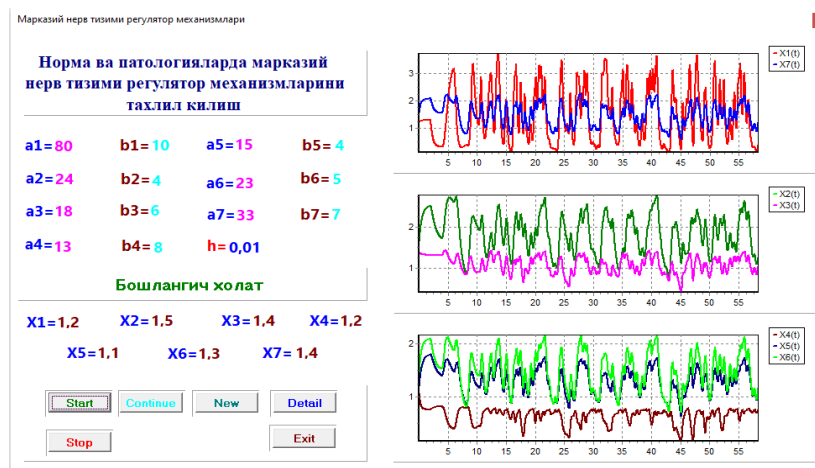
$$T(t_i - 1) = (\sigma_i'' T(t_j) + \sigma_i' T(t_{j+1})) / h; \quad \sigma_i'' = (t_i - t_j) - 1, \quad \sigma_i' = h - \sigma_i''; \quad i = 1, 2, \dots; \quad j = 1, 2, \dots, i.$$

Анализ вычисления регуляторики взаимосвязанного функционирования центральной нервной системы и жизненно важных органов требует разработки оптимального дружественно визуализированного интерфейса для пользователей.

В четвертой главе диссертации «**Применение методов математического моделирования при исследовании механизмов протекания заболеваний центральной нервной системы**» приводятся результаты вычислительных опытов и их анализ.

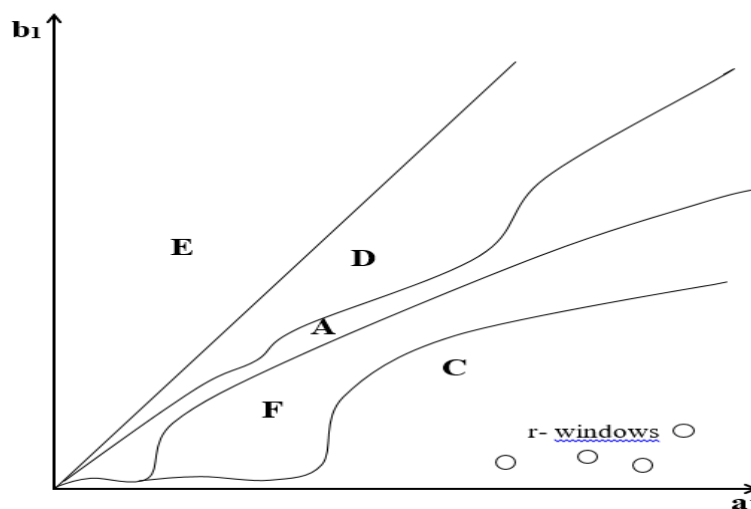
Приводятся несколько режимов механизмов регуляторики центральной нервной системы и жизненно важных органов, выявленных в ходе вычислительных опытов (рис.1):





**Рис. 1-расм. Результаты вычислительных экспериментов**

На основе результатов вычислительных экспериментов строится параметрический портрет для значений параметров  $a_2=24$ ;  $a_3=18$ ;  $a_4=13$ ;  $a_5=15$ ;  $a_6=23$ ;  $a_7=33$ ;  $b_2=4$ ;  $b_3=6$ ;  $b_4=8$ ;  $b_5=4$ ;  $b_6=5$ ;  $b_7=7$ ;  $h=0.01$  и различных значений параметров  $a_1$ ,  $b_1$  (рис. 2).

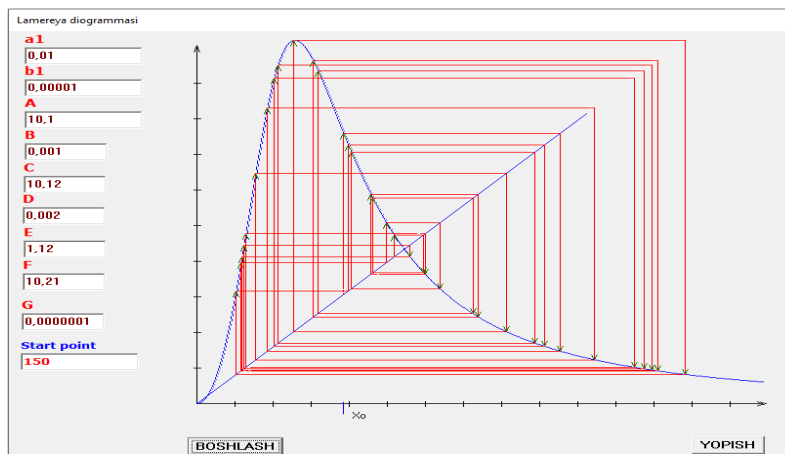


**Рис. 2. Параметрическое изображение регуляторных механизмов функционирования центральной нервной системы и жизненно важных органов**

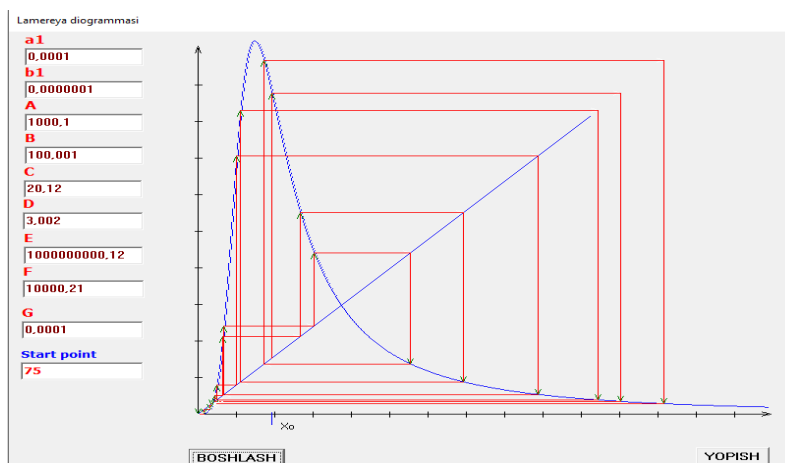
В приведенном параметрическом изображении описаны следующие обозначения: E – зона затухания, D – зона «черная дыра», A – стационарная зона, F – зона периодических колебаний, r-windows, C – зона динамического хаоса. Параметрическое изображение позволяет определить наличие какого-либо режима рассматриваемой системы.

При анализе режима динамического хаоса регуляторики взаимосвязанной регуляторики центральной нервной системы и основных жизненно важных органов необходимо определить наличие режима «черная дыра» и возможности перехода к ней. Для анализа зоны динамического хаоса разработано программное обеспечение «Диаграмма Ламерея» на основе уравнения (12) в дискретном виде уравнения (2) (рис. 3-4).

$$Z_{i+1} = \frac{a_1 Z_i^5 \sqrt{G(AZ_i^6 - BZ_i^5 + CZ_i^4 - DZ_i^3 + EZ_i^2 - FZ_i + G)}}{b_1 (GZ_i^{10} + AZ_i^6 - BZ_i^5 + CZ_i^4 - DZ_i^3 + EZ_i^2 - FZ_i + G)} \quad (12)$$



**Рис. 3. Режим динамического хаоса**



**Рис. 4. Режим «Черная дыра»**

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при разных значениях параметров регуляторных механизмов взаимосвязанного функционирования центральной нервной системы и жизненно важных органов наблюдаются режимы стационарности, регулярного периодического колебания, динамического хаоса, т.е. нерегулярного колебания и «черная дыра».

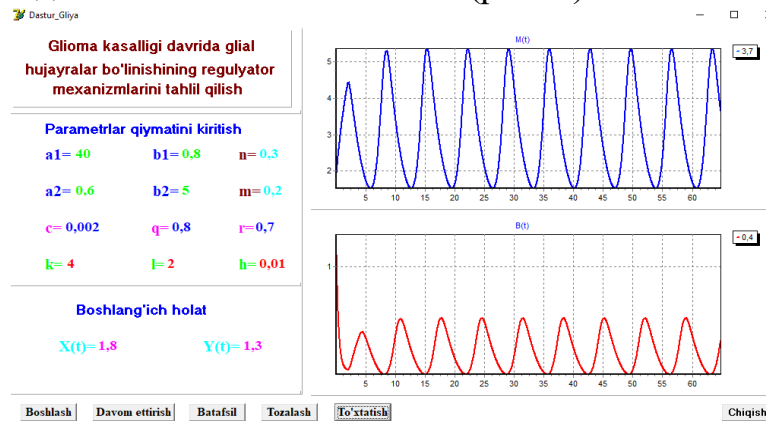
При исследовании механизмов функционирования в режиме динамического хаоса эффективные результаты дает применение метода вычисления показателей Ляпунова. Данный метод Ляпунова для расчета показателей можно использовать для оценки состояния устойчивости центральной нервной системы в норме и режиме динамического хаоса.

На основе дискретно-аналогового уравнения (12) разработано программное обеспечение для определения показателя Ляпунова и «r-windows». Данное программное обеспечение позволяет анализировать режим динамического хаоса регуляторики взаимосвязанного функционирования центральной нервной системы и жизненно важных органов и определять существующие при этом «r-windows» (рис. 5).

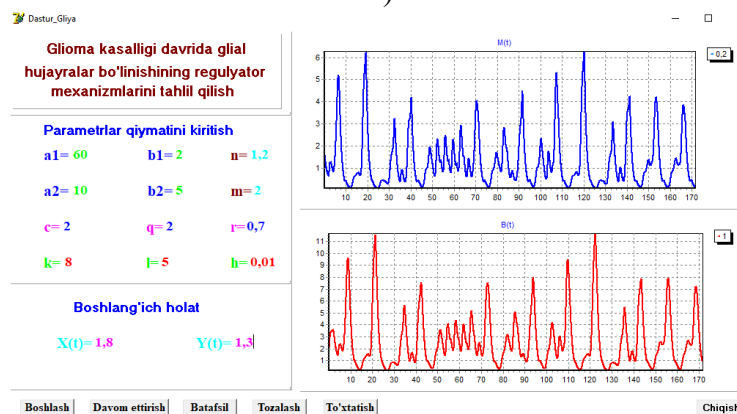


**Рис. 5. Значение Ляпунова и количество «r-windows»**

Жизнедеятельность глиальных клеток центральной нервной систем, являющихся причиной возникновения глиомы, имеет переменчивый характер. Поэтому разработано программное средство для исследования и определения различных клинических признаков глиомы, появляющиеся в результате беспорядочного деления глиальных клеток (рис. 6).



а)



б)

**Рис. 6. Результаты вычислительных опытов:**

а) режим периодических колебаний; б) режим нерегулярных колебаний (хаоса)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования по теме диссертации «**Математическое моделирование регуляtorики передачи возбуждения в центральной нервной системе**» представлены следующие выводы:

1. Разработана биологическая схема, исследующая регуляторные механизмы взаимосвязанного функционирования и учитывающая механизмы биологического взаимодействия центральной нервной системы и жизненно важных органов. На основе данной биологической схемы разработана математическая модель, включающая систему функционально-дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом. Решения уравнений математической модели проверены на предмет существования, единственности, непрерывности, неотрицательности, ограниченности решений.

2. Разработан комплекс программ и составлены алгоритмы численного расчета уравнений математической модели регуляtorики взаимосвязанного функционирования центральной нервной системы и жизненно важных органов. Комплекс программ служит проведению вычислительных опытов.

3. Программный комплекс численного анализа состояний нормы и патологии во взаимосвязанном функционировании центральной нервной системы и жизненно важных органов внедрено в практическую деятельность клиники №1 Самаркандского государственного медицинского института. В результате появилась возможность прогнозирования и диагностирования состояния нормы и различных патологий во взаимосвязанном функционировании центральной нервной системы и основных жизненных органов.

4. Разработана математическая модель регуляторных механизмов возникновения и развития первичных опухолей центральной нервной системы, устойчивость положений равновесия уравнений данной модели проверена в соответствии с условиями критерия Хейса, разработаны программное средство и методы численного расчета, программное средство для анализа механизмов течения глиомы.

5. Программное средство численного анализа регуляторных механизмов возникновения и развития первичных опухолей центральной нервной системы внедрено в деятельность частной клиники «SHABNAM SHIFO-YOG'DUSI». В результате появилась возможность повысить на 4-6% эффективность ранней диагностики глиомы, возникающей в результате хаотичного деления клеток центральной нервной системы.

6. Составлен параметрический портрет, соответствующий биологическим закономерностям регуляторных механизмов состояния нормы и патологий взаимосвязанного функционирования центральной нервной системы и жизненно важных органов. В результате появилась возможность определить наличие различных режимов в деятельности центральной нервной системы.

7. Программный комплекс по анализу динамического хаоса и «черная дыра» регуляторики взаимосвязанного функционирования центральной нервной системы и жизненно важных органов внедрено в практику медицинско-диагностического и лечебного центра “SHUKRONA MED CLINIC”. В результате появилась возможность ранней диагностики заболеваний, которые могут быть при взаимосвязанном функционировании центральной нервной системы и основных жизненно важных органов, за счет сокращения в 1,5-2 раза времени прогнозирования различных патологий.

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

---

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

**ISROILOV SHUKHRAT YULDASHOVICH**

**MATHEMATICAL MODELING OF EXCITATION TRANSMISSION  
REGULATION IN THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM**

05.01.07 – Mathematical modeling. Numerical methods and program complexes

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

**Tashkent– 2022**

**The topic of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered with the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under the number B2021.1.PhD/2086.**

The dissertation was completed at the Research Institute for the Development of Digital Technologies and Artificial Intelligence.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the web page of the Scientific Council ([www.airi.uz](http://www.airi.uz)) and on the Information and Educational Portal «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific adviser:**

**Hidirova Mohiniso Bahromovna**

doctor of technical sciences, senior researcher

**Official opponents:**

**Mukhamediyeva Dildora Kabilovna**

doctor of technical sciences

**Palvanov Bozorboy Yusupovich**

doctor of philosophy in technical sciences

**Leading organization:**

**Samarkand State University named after Sharof Rashidov**

The defense will take place “18” november 2022 at 10<sup>00</sup> the meeting of Scientific council No.DSc.13/30.12.2021.T.142.01 at Research Institute for Development of Digital Technologies and artificial Intelligence (Address: 100125, Tashkent city, M.Ulugbek district, Buz-2, 17A. Tel.: (+99871) 263-41-98, e-mail: info@airi.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Research Institute for Development of Digital Technologies and artificial Intelligence (is registered under No. 18). (Address: 100125, Tashkent city, M.Ulugbek district, Buz-2, 17A. Tel.: (+99871) 263-41-98).

Abstract of dissertation sent out on “4” november 2022 y.  
(mailing report No. 23 on “23” october 2022 y.).



*CSH*

**N.S.Mamatov**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

*F.M.*

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

*N.R.*

**N.Ravshanov**  
Chairman of the academic seminar under the  
scientific council awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor



## INTRODUCTION (abstract of the PhD thesis)

**The aim of the research** is the development of a mathematical model, algorithms for numerical calculation and a software package for studying the regulatory mechanisms of the functioning of the central nervous system.

**The object of research** are the regulatory mechanisms of the central nervous system.

**The scientific novelty of the research** is as follows:

a biological scheme has been developed that takes into account the interconnected functioning and mechanisms of biological interaction of the central nervous system and vital organs;

on the basis of a biological scheme, a mathematical model has been developed, consisting of a system of functional-differential equations with lagging arguments for the regulator of the interdependent activity of the central nervous system and vital organs;

based on the regulators of the functional state of the glial cell that performs mitotic division, a mathematical model has been developed to study the regulatory mechanisms of the emergence and development of a primary tumor of the central nervous system;

a set of computational algorithms and programs has been developed to solve the problem of determining the normal and pathological states of the regulatory mechanisms of the central nervous system and vital organs, “r-windows” and “black frame” in the field of dynamic chaos.

**Implementation of the research results.** The results of the introduction into practice of the developed mathematical model, numerical calculation algorithms and software tools for studying the states of the norm and pathology of the central nervous system regulators:

a software tool for numerical analysis of the states of norm and pathology in the interconnected functioning of the central nervous system and the main vital organs was introduced into the activities of clinic No. 1 of the Samarkand State Medical Institute (reference of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan dated June 7, 2022 No. 33-8 / 3505). The results of scientific research made it possible to predict and diagnose the states of norm and pathology in the interrelated functioning of the central nervous system and the main vital organs;

a software tool for determining the presence of a state of dynamic chaos and “r-windows” based on the study of the states of norm and pathology of the interconnected functioning of the central nervous system and the main vital organs has been introduced into the activities of the medical diagnostic and treatment center “SHUKRONA MED CLINIC” (reference of the Ministry for the Development of Information technologies and communications of the Republic of Uzbekistan dated June 7, 2022 No. 33-8/3505). As a result of scientific research, it became possible to diagnose diseases early, which can occur with the interconnected functioning of the central nervous system and the main vital organs, by reducing the time for predicting various pathologies by 1.5-2 times;

a software tool for early and prompt detection of the occurrence and development of primary tumors of the central nervous system, assessment of pathological conditions in glioma has been introduced into the activities of the private clinic SHABNAM SHIFO-YOG'DUSI LLC (reference of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications of the Republic of Uzbekistan dated June 7, 2022 No. 33-8/3505). As a result of scientific research, it became possible to increase the efficiency of early diagnosis of glioma, which occurs as a result of chaotic cell division of the central nervous system, by 4-6%.

**The structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 109 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**  
**I бўлим (I часть; I part)**

1. Хидирова М.Б., Исроилов Ш.Ю. Математическое моделирование регуляторных механизмов размножения глиальных клеток при онкопатологиях // Проблемы вычислительной и прикладной математики. - 2020. - № 5(20). - С. 171–180. (05.00.00; №23).

2. Hidirova M.B. and Isroilov S.Y. Mathematical Modeling of Regulatory Mechanisms for the Propagation of Excitation in the Central Nervous System // 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). – 2020. P. 1-4. (05.00.00; 30.10.2020 №287/9-сон раёсат қарори).

3. Shukhrat I. Mathematical Modeling of Regulatory Mechanisms for the Distribution of Excitation in the Central Nervous System // 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). – 2021. P. 1-4. (05.00.00; 30.10.2021 №308/6-сон раёсат қарори).

4. Saidalieva M., Hidirova M., Isroilov Sh., Alimov U. Mathematical modeling of regulatory mechanisms of neuronal functioning and stem cell neurogenesis // Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference “Information Technologies and Intelligent Decision Making Systems” (ITIDMS-II-2021). – 2021. P. 60-72. (№3; Scopus; IF=0.52).

5. Saidalieva M., Hidirova M., Isroilov S. Mathematical modeling of regulatory mechanisms of the nervous system pathologies in patients with COVID-19 // Advances in Mathematics: Scientific Journal.- 2020. № 9(9), P. 7547-7552. (№3; Scopus; IF=0.12).

6. Сайдалиева М., Исроилов Ш.Ю., Хидирова М.Б. Математическое моделирование регуляторных механизмов возникновения и развития патологий в функционировании центральной нервной системы.// Узбекский журнал: Проблемы информатики и энергетики. - Ташкент, 2021. - №2. - С. 12-19. (05.00.00, №5).

7. Hidirova M., Isroilov Sh. Mathematical Modeling of Glioma Development Considering Regulatory MicroRNAs // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2021. Vol. 8, Issue 2. P. 16642- 16649. (№8; Scientific Journal Impact Factor; IF=6.646).

8. Хидирова М.Б., Исроилов Ш.Ю. Математическое моделирование регуляторики глиомы // Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари илмий амалий ва ахборот-таҳлилий журнал, 1(15)/2021.- 47-52 б. (05.00.00, №10).

9. Исроилов Ш.Ю. Марказий нерв тизими ва ҳаётий муҳим органлар ўзаро боғлиқ фаолиятини регулятор механизмларини математик моделлаштириш // Ўзбекистон Миллий ахборот агентлиги – ЎЗА Илм-фан бўлими (электрон журнал). – 2022. №3. - 241-250-б. (05.00.00, 28.02.2019 №262/9.2-сон раёсат қарори).

## II бўлим (II часть; II part)

10. Хидирова М.Б., Исроилов Ш.Ю. Марказий нерв тизими бирламчи ўсмаларнинг пайдо бўлиши ва ривожланишининг регулятор механизмларини математик моделлаштириш // “Ахборот коммуникация технологиялари ва дастурий таъминот яратиш” мавзусидаги профессор-ўқитувчилар ва талабаларнинг XV илмий-амалий конференцияси, ТАТУ Самарқанд филиали, Самарқанд, 5 март 2020 й., 60-63 б.

11. Сайдалиева М., Хидирова М.Б., Исроилов Ш.Ю. Математическое моделирование регуляторных механизмов возникновения острых дыхательных патологий, потери обоняния и вкуса у пациентов с COVID-19 // “Инновацион ёндашувлар илм-фан тараққиёти калити сифатида: ечимлар ва истиқболлар” мавзусидаги республика миқёсидаги илмий-техник анжуман материаллари тўплами- Жиззах: ЎЗМУ ЖФ, 8-10 октябрь 2020 й., 83-89 б.

12. Сайдалиева М., Хидирова М.Б., Исроилов Ш.Ю. COVID-19 билан касалланган беморларда нерв тизимида патологиялар пайдо бўлишининг регулятор механизмларини компьютерли моделлаштириш // “Математик моделлаштириш, ҳисоблаш математикаси ва дастурий таъминот инженериясининг долзарб муаммолари” мавзусидаги республика илмий анжумани материаллари тўплами.- Қарши давлат университети. Қарши 23-24 октябрь 2020 й., 103-105 б.

13. Исроилов Ш.Ю. Норма ва патологияларда марказий нерв тизими регулятор механизмларини математик моделлаштириш // “Иқтисодийнинг тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-коммуникация технологияларининг аҳамияти” мавзусидаги республика миқёсидаги илмий-техник анжуман материаллари тўплами.- ТАТУ, 4-5- март, 2021 й., 390-393 б.

14. Исроилов Ш.Ю. Норма ва патологияларда марказий нерв тизими регулятор механизмлари ечимларини ҳисобий таҳлил натижалари ва параметрик тасвири // Амалий математика ва ахборот технологияларининг замонавий муаммолари халқаро миқёсидаги илмий-амалий анжуман материаллари тўплами.- Бухоро давлат университети, Бухоро 2021 йил, 15-апрель, 68-71 б.

15. Исроилов Ш.Ю., Инсон мияси ва турли органлар ўртасидаги ўзаро боғлиқ фаолиятни регулятор механизмларини математик моделлаштириш // «Ахборот коммуникация технологиялари ва дастурий таъминот яратишда инновацион ғоялар» республика илмий-техник конференцияси маърузалар тўплами.-ТАТУ Самарқанд филиали, Самарқанд, 17-18 май 2021 йил, 98-102 б.

16. Исроилов Ш.Ю. Редукция усулидан фойдаланиб марказий нерв тизимида кўзғалишнинг тарқалиш модели тенгламаларини соддалаштириш // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqand filiali “Zamonaviy axborot, kommunikatsiya texnologiyalari va at-ta’lim tatbiqi muammolari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani ma’ruzalar to’plami. II-tom - TATU Samarqand filiali, Samarqand, 24-25 noyabr 2021-yil, 81-83 б.

17. Hidirova M.B., Saydaliyeva M., Isroilov Sh. Yu. MATHEMATICAL Modeling of the Regulatory Mechanisms of the Occurrence and Development of Pathologies in the Functioning of the Central Nervous System // X Международной научно- практической конференции “Наука и образование в современном мире: вызовы XII века”. – Нур- Султан, 5-10 февраля 2022 г., С. 79-83.

18. Исроилов Ш.Ю. Инсон мияси ва турли органлар ўртасидаги ўзаро боғлиқ фаолиятнинг регулятор механизмларини математик моделлаштириш // Современное состояние и перспективы применения цифровых технологий и искусственного интеллекта в управлении доклады республиканской научно-технической конференции.- Ташкент, 6-7 сентября 2021 г., С. 136-142.

19. Хидирова М.Б., Исроилов Ш.Ю. Марказий нерв тизими фаолияти регулятор механизмларининг динамик хаос ва «қора ўрама» режимларини таҳлил қилиш // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Samarqand filiali “Zamonaviy axborot, kommunikatsiya texnologiyalari va at-ta’lim tatbiqi muammolari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani ma’ruzalar to‘plami. II-tom - TATU Samarqand filiali, Samarqand, 9 aprel 2022-yil, 98-100 b.

20. Hidirova M., Isroilov Sh. Nerv hujayralarining regulyatsiyasi uchun dasturiy ta'minot // O‘zbekiston respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi. № DGU 10420, 08.02.2021 y.

21. Hidirova M., Isroilov Sh. Onkopatologiya davrida glial hujayralar bo‘linishining regulyator mexanizmlarini tahlil qilish uchun dasturiy ta'minot // O‘zbekiston respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi. № DGU 10421, 08.02.2021 y.

22. Saydaliyeva M., Hidirova M., Isroilov Sh. COVID-19 bilan kasallangan bemorlarda nerv tizimida patologiyalar paydo bo‘lishining regulyator mexanizmlarini tahlil qilish uchun dasturiy ta'minot // O‘zbekiston respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi. № DGU 10422, 08.02.2021 y.

23. Hidirova M., Isroilov Sh. Norma va patologiyalarda markaziy nerv tizimi regulyator mexanizmlarini taxlil qilish uchun dasturiy ta'minot // O‘zbekiston respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligi. № DGU 14711, 26.01.2022 y.

Автореферат «Информатика ва энергетика муаммолари» Ўзбекистон илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.