

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.13/30.12.2019.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ЖУРАЕВ ЖОНИБЕК УКТАМОВИЧ

ИККИ ЎЛЧОВЛИ СИГНАЛЛАРНИ ВЕЙВЛЕТ УСУЛЛАРИДА
МОДЕЛЛАШТИРИШ АЛГОРИТМЛАРИ ВА ДАСТУРЛАРИ

05.01.07 –Математик моделлаштириш. Сонли усуллар ва дастурлар мажмуи

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

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

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

**Contents of Dissertation Abstract of the Doctor of Philosophy (PhD) on
Technical Sciences**

Жураев Жонибек Уктамович

Икки ўлчовли сигналларни вейвлет усулларида моделлаштириш
алгоритмлари ва дастурлари 3

Жураев Жонибек Уктамович

Алгоритмы и программы для моделирования двумерных сигналов вейвлет-
методами..... 21

Jurayev Jonibek Uktamovich

Algorithms and programs for modeling two-dimensional signals by wavelet
methods..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 43

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.13/30.12.2019.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ЖУРАЕВ ЖОНИБЕК УКТАМОВИЧ

**ИККИ ЎЛЧОВЛИ СИГНАЛЛАРНИ ВЕЙВЛЕТ УСУЛЛАРИДА
МОДЕЛЛАШТИРИШ АЛГОРИТМЛАРИ ВА ДАСТУРЛАРИ**

05.01.07 –Математик моделлаштириш. Сонли усуллар ва дастурлар мажмуи

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси хузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2020.4.PhD/T1947 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Самарқанд давлат университетида бажарилган.

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

Илмий раҳбар: **Зайнидинов Хакимжон Насридинович**
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Назирова Элмира Шодмоновна**
техника фанлари доктори, доцент

Болтабоев Шухрат Комилжонович
техника фанлари бўйича
фалсафа доктори (PhD)


Етакчи ташкилот: **Тошкент давлат транспорт университети**


Диссертация ҳимояси Тошкент ахборот технологиялари университети хузуридаги DSc.13/30.12.2019.T.07.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «24» декабр соат 16⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-64-43, факс: (99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).


Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (235 рақам билан рўйхатга олинган.). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темур кўчаси, 108-ўй. Тел.: (99871) 238-65-44).

Диссертация автореферати 2021 йил «11» декабр да тарқатилди.
(2021 йил «09» декабр даги 42 рақамли реестр баённомаси.)




Р. Х. Хамдамов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор


Ф. М. Нуралиев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, доцент


Ш.А.Садуллаева
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
физика-математика фанлари доктори, доцент

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳон ахборот-коммуникация технологияларининг ривожланишида сигналларни тиклаш, сигналларни таҳлил қилиш ва тасвирларга рақамли ишлов беришда Хаар вейвлети, Добеши вейвлети, Мейир вейвлети, Коиффлет вейвлет усуллари кенг қўлланилмоқда. Вейвлет усуллари ёрдамида сигналларга рақамли ишлов бериш натижасида ҳосил бўладиган хатоликларни ва ҳисоблаш амалларини камайтириш мақсадида такомиллаштирилган вейвлет усуллари ёрдамида сигналларга рақамли ишлов бериш жараёнларини математик моделлари ҳамда алгоритмларини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Вейвлетлар усуллари ёрдамида сигналлар ва тасвирларга рақамли ишлов бериш жараёнларининг математик моделлари, алгоритмлари ва дастурий воситаларини ишлаб чиқиш бўйича АҚШ, Германия, Франция, Буюк Британия, Япония, Австралия, Жанубий Корея, Хитой, Ҳиндистон, Россия Федерацияси каби давлатларда илғор тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Бугунги кунга келиб дунёда медицина соҳасига бўлган эътибор ва талаб кун сайин ортиб бормоқда, чунки беморларнинг касалликларини вақтида бартараф этиш ва унга аниқ ташхис қўйиш, унинг таҳлилини сифатли ва қисқа вақт мобойнида аниқлаш ҳамда моддий ресурсларни тежаш асосий масалалардан биридир. Шу сабабли инсон организмидан олинadиган сигналларни рақамли ишлаш ва таҳлил қилиш бугунги куннинг долзарб муаммоларидан ҳисобланади. Бундай масалаларни ечиш ҳамда юқори даражадаги аниқликларга эришиш учун Хаарнинг бўлак-полиномиал вейвлет усулида сигналлар ва тасвирларни рақамли ишлаш жараёнини моделлаштириш, вейвлет коэффициентларини ҳисоблаш усуллари ва алгоритмларини такомиллаштириш орқали ҳисоблашлар сонини камайтириш ва тақиқ қилиш лозим бўлади. Сигналларга рақамли ишлов беришда қўлланиладиган вейвлетларнинг юқорироқ даражасига ўтиш орқали ушбу масалаларни ечиш мумкин.

Республикамизда тиббиёт сигналларига рақамли ишлов беришда Хаар вейвлети, Добеши вейвлети, Мейир вейвлети, Коиффлет вейвлетларидан фойдаланишга қаратилган илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...илғор ахборот коммуникация технологияларини жорий этиш ва улардан фойдаланиш, илмий ва инновацион ютуқларини амалиётга жорий этишнинг самарали механизмларини яратиш...»¹ вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда, жумладан, сигналларга рақамли ишлов беришда Хаарнинг бўлак-ўзгармас вейвлет моделларидан фойдаланиб унинг такомиллаштирилган Хаарнинг бўлак-чизик ва Хаарнинг бўлак-квадратик вейвлет моделларини ишлаб чиқиб тиббиётдаги муҳим масалаларни ечиш бугунги куннинг долзарб муаммоларидан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги ва 2019 йил 7 февралдаги ПФ-5653-сон «Ахборот соҳаси ва оммавий коммуникацияларни янада ривожлантиришга оид қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида» ги Фармонлари, 2019 йил 10 январдаги Вазирлар Маҳкамасининг «Дастурий маҳсулотлар ва ахборот технологиялари технологик парки фаолиятини ташкил этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги 17-сонли қарори ҳамда, мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти маълум даражада хизмат қилади.

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

Диссертация тадқиқотнинг ўрганилганлик даражаси. Сигналларга рақамли ишлов беришда бир ва икки ўзгарувчи Хаар вейвлет моделлари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш муаммолари жаҳонда ва Ўзбекистон илмий адабиётида кенг ёритилган. Вейвлет моделларида сигналларга рақамли ишлов бериш бўйича хорижий олимлар: А.Наар, I.Daubechi, Ю.С.Завьялов, С.К.Суй, В.А.Василенко, С.Ф.Свиньин, С.Б.Стечкин, Ю.Н.Субботин, В.Л.Мирошниченко, А.И.Гребенников, P.D.Shukla, О.Зенкевич, D. Singh, Дж.Фикс, U.Michael, Г.Стренг ва бошқа чет эллик олимлар томонидан илмий-тадқиқотлар олиб борилган.

Шунингдек Ўзбекистонда М.М.Мусаев, Х.Н.Зайнидинов, У.Р.Хамдамовлар томонидан сигналларга ва тасвирларга рақамли ишлов бериш жараёнларини моделлаштиришга бағишланган илмий тадқиқот ишлари олиб борилган. Бундан ташқари сплайн-вейвлет функциялар ва улар асосида яқинлашиш масалаларини ечиш усулларини тадқиқ этиш бўйича хорижий олимлар: Н.Астафьева, Р.Жозшик, И.Я.Новиков, М.Хулсбуш, Г. М. Батанов, Я.А.Туrowsкий, С.Ф.Свиньин, Р.Сич, А.Б.Медвинский, В.Казаченко, В.Плекин ва бошқа чет эллик олимлар томонидан илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган. Ўзбекистонда ушбу йўналишда Х.Н.Зайнидинов, Х.М.Шодиметов, У.Р.Хамдамов каби бир қатор олимлар томонидан илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган.

Мазкур тадқиқотлар асосан Хаарнинг бўлак-ўзгармас вейвлет усулларидан фойдаланган ҳолда амалга оширилган. Сигналларга рақамли ишлов беришда Хаарнинг бўлак-ўзгармас ва бўлак-чизик вейвлет моделлари ҳамда Хаарнинг икки ўзгарувчи вейвлет усулларидан фойдаланиб тасвирларга рақамли ишлов беришнинг самарали алгоритми ва уларни дастурий воситалари ишлаб етарли даражада тадқиқ этилмаган.

¹ Ўзбекистон Республикаси Президенти 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Самарқанд давлат университети ва Тошкент ахборот технологиялари университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг № БВФ-Атех-2018-249 «Биометрик сигналларга рақамли ишлов бериш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш» (2018-2020) ва № ФЗ-20200930404 «Бўлак-полиномиал базисларда сигналлар ва тасвирларга рақамли ишлов беришнинг интеллектуал дастурий-техник тизимларини яратишнинг назарий методологик асослари» (2021-2024) мавзуларидаги илмий лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Хаар вейвлет усуллари ёрдамида сигналларга ва тиббий тасвирларга рақамли ишлов бериш жараёнининг математик моделлари, алгоритмлари ва дастурий мажмуасини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

сигналлар ва тасвирларга рақамли ишлов беришда қўлланиладиган Хаарнинг бўлак ўзгармас вейвлет усулини сплайн-вейвлетларини қўллаш орқали такомиллаштириш;

такомиллаштирилган Хаарнинг бўлак-чизик ва бўлак-квадратик вейвлет усуллари асосида электроэнцефалографик сигналларни рақамли ишлаш жараёнини математик модели ва алгоритмларини ишлаб чиқиш;

Хаарнинг икки ўзгарувчили вейвлет усуллари асосида тасвир матричаси учун сиқиш алгоритмларини ишлаб чиқиш;

Хаарнинг такомиллаштирилган вейвлет усуллари ёрдамида сигналлар ва тиббиёт тасвирларини рақали ишлаш алгоритмлари ва дастурий мажмуасини яратиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида тиббиётда электроэнцефалографик сигналлари ва тажрибадан олинган тиббий тасвирларни рақамли ишлаш жараёнлари қаралган.

Тадқиқотнинг предмети Хаарнинг бўлак-чизик ва бўлак-квадратик вейвлетларида электроэнцефалографик сигналларига, икки ўзгарувчили Хаар вейвлетлари асосида қон тасвирларига рақамли ишлов бериш моделлари, алгоритмлари ва дастурий мажмуаси олинган.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида функционал таҳлил назарияси, вейвлет таҳлил ва математик моделлаштириш назарияси, векторлар ва матрицалар назарияси, сигналларга рақамли ишлов бериш назарияси, шунингдек сонли ҳисоблаш усуллари назарияларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

сигналлар ва тасвирларга рақамли ишлов беришда қўлланиладиган Хаарнинг бўлак ўзгармас вейвлет усули сплайн-вейвлетларини қўллаш орқали такомиллаштирилган;

такомиллаштирилган Хаарнинг бўлак-чизик ва бўлак-квадратик вейвлет усуллари асосида электроэнцефалографик сигналларни рақамли ишлаш жараёнини математик модели ва алгоритмлари ишлаб чиқилган;

Хаарнинг икки ўзгарувчили вейвлет усуллари асосида тасвир матричаси учун сиқиш алгоритмлари ишлаб чиқилган;

Хаарнинг такомиллаштирилган вейвлет усуллари ёрдамида сигналлар ва тиббиёт тасвирларини рақали ишлаш алгоритмлари ва дастурий мажмуаси яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

Хаарнинг бўлак-ўзгармас вейвлет моделини такомиллаштирилган бўлак-чизик, бўлак-квадратик моделлари ишлаб чиқилди ва уларни тадбиқ этиш натижасида сигналларни рақамли ишлашнинг хатолиги камайтирилди;

Хаарнинг бўлак-чизик, бўлак-ўзгармас вейвлет базисларида электроэнцефалографик сигналларини рақамли ишлаш учун дастурий мажмуаси ишлаб чиқилди;

Хаар вейвлетлари ёрдамида сигналлар ва тиббиёт тасвирларини рақамли ишлаш жараёнларини моделлаштириш учун дастурий мажмуа яратилди.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги муаммони ўрганиш ва таҳлил қилиш натижасида тиббиёт соҳасида электроэнцефалографик сигналларига ҳамда тиббий тасвирларни рақамли ишлов бериш учун қўлланилувчи ҳисоблаш тизимларининг самарадорлигига қўйиладиган юқори талаблар, шунингдек назарий ва амалий тадқиқотлардан олинган натижалар ва уларнинг мувофиқлиги орқали асосланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти электроэнцефалографик сигналларини ва тиббиёт тасвирларини рақамли ишлашда Хаар вейвлет усуллариининг такомиллаштирилган модели ва алгоритмларини ишлаб чиқиш учун назарий ва услубий асослар, рақамли ишлаш тизимлари услубиятлари билан изоҳланади;

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти такомиллаштирилган модел ёрдамида электроэнцефалографик сигналларига рақамли ишлов бериш орқали ундаги шовқинларни тозалаш, ҳамда икки ўзгарувчили Хаар вейвлетда қон тасвирини рақамли ишлов бериш орқали ундаги лейкоцитлар сонини аниқлаш алгоритмлари асосида ишлаб чиқилган дастурий восита Республикамиз тиббиёт тадқиқот марказларида катта ҳажмдаги сигналларни рақамли ишлаш ва қон таркибидаги лейкоцитлар сонини аниқлаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Диссертация тадқиқотлари доирасида бир ва икки ўзгарувчили Хаар вейвлетлари ёрдамида сигналларга рақамли ишлов бериш алгоритмлари ва уларнинг дастурий воситалари ёрдамида олинган илмий янгиликлар асосида:

бош мия тузилмалари микроскопик тасвирларини рақамли ишлашнинг вейвлет усуллари, алгоритмлари ва улар асосида яратилган дастурий мажмуа «Республика суд тиббий экспертиза илмий амалий маркази Самарқанд филиали»га жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва

коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 29 сентябрдаги 33-8/6886-сон маълумотномаси). Натижада, бош мия тузилмалардаги ўзгаришларни аниқлаш муддати 61%га ва хатоликни 11-15%га камайтириш имконини берган;

биомедицина сигналларига вейвлет усулида рақамли ишлов бериш алгоритмлари ва дастурий восита «Республика шошилич тез тиббий ёрдам илмий-амалиёт марказининг Андижон филиали»га жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 29 сентябрдаги 33-8/6886-сон маълумотномаси). Натижада, тиббиёт институтидаги фойдаланиб келинаётган ананавий услуга нисбатан хатоликлар 6-10%га камайтириш имконини берган;

биомедицина сигналлари ва тиббиёт тасвирларини рақамли ишлашнинг бўлак-базис усуллар, алгоритмлари ва улар асосида яратилган дастурий мажмуа «СамМИ 1-клиникаси»га жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлигининг 2021 йил 29 сентябрдаги 33-8/6886-сон маълумотномаси). Натижада, қондаги лейкоцитлар сонини аниқлаш вақти 58%га ва хатоликни 10-12%га камайтириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 14 та, жумладан 7 та халқаро, 7 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 29 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 11 та илмий мақола, 3 таси хорижий ва 8 таси Республика журналларида нашр қилинган ҳамда 4 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг тузилиш ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 102 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Киришда диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган. Тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари белгилаб олинган ҳамда тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асослаб берилган, уларнинг назарий ва амалий аҳамияти кўрсатилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш ҳолати, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «Сигналларга рақамли ишлов беришда қўлланиладиган вейвлетларнинг таҳлили» деб номланган боби, тўртта параграфдан иборат бўлиб, унда вейвлет усуллари асосида функциялар ва

сигналларни интерполяциялаш усулларининг таҳлили, сигналларга рақамли ишлов беришда Хаар вейвлетларини қўлланилиши, сигналларга рақамли ишлов беришда Добеши вейвлетларининг қўлланилиши ҳамда мавжуд вейвлет усулларидан фойдаланиб сигналларни рақамли ишлаш усуллари солиштирма таҳлил қилинди.

Хаар-вейвлет ўзгартириш жараёни икки кўринишдаги функциялардан фойдаланишга таянади: вейвлет функция ва масштаблаш функцияси, яъни

$$\begin{aligned} \psi_{n,j}(t) &= \psi(2^n t - j), j = 0, 1, \dots, 2^n - 1 \\ 0 \leq 2^n t - j < 1, \frac{j}{2^n} \leq t < \frac{j+1}{2^n} \\ n &= 0, 1, \dots, N, j = 0, 1, \dots, 2^n - 1 \end{aligned} \quad (1)$$

бу ерда $\phi_{n,j}(t)$ - вейвлет функция, $\psi_{i,j}(t)$ - масштаблаш функцияси, n - сиқиш даражаси $i = 0, 1, \dots, n, j = 0, 1, \dots, 2^n - 1$

$$\psi_{i,j}(t) = \begin{cases} 1 & \text{агар } \frac{j-1}{2^i} \leq t < \frac{j}{2^i} \\ 0 & \text{агар } t \notin [0, 1) \\ -1 & \text{агар } \frac{j-1}{2^i} \leq t < \frac{j}{2^i} \end{cases} \quad (2)$$

(2)- масштаблаш функцияси

$\phi_{i,j}(t)$ лар учун $\int_{-\infty}^{\infty} \phi(t) dx = 0$ шарт бажарилиши талаб этилади. Бу ерда, $\phi_{i,j}(t)$ - масштаблаш функцияси, n - сиқиш даражаси $i = 0, 1, \dots, n, j = 1, \dots, 2^n - 1$ $\phi_{n,j}(t)$ -вейвлет функцияси яъни,

$$\begin{aligned} \phi_{n,j}(t) &= \begin{cases} 1, & \frac{j}{2^n} \leq t < \frac{j+1}{2^n} \\ 0, & \text{аксхолда} \end{cases} \\ n &= 0, j = 0, 1, \dots, 2^n - 1 \end{aligned}$$

$\phi_{i,j}(t)$ лар учун $\int_{-\infty}^{\infty} \phi(t) dx = 1$ шарт бажарилиши талаб этилади.

Бу ерда, $\phi_{i,j}(t)$ (1) вейвлет функция (2) масштаблаш функцияси. f сигнални қараймиз.

$$f = (c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8)$$

(2) ва (3) тенгликлар ёрдамида f ни қуйидагича ифодалаш мумкин

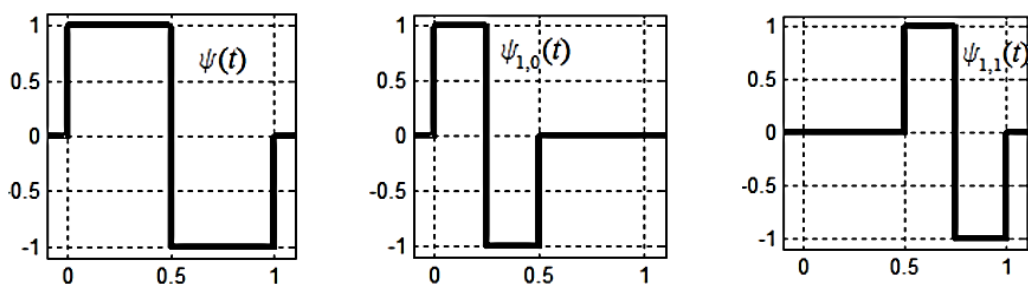
$$f(x) = \sum_{j,k \in Z} \langle C, \psi_{j,k} \rangle \psi_{j,k}$$

Бу ерда $\langle C, \psi_{j,k} \rangle$ вейвлет коэффициентлари дейилади. Шундай қилиб

$$f_i \langle f, \phi_{0,0} \rangle = \int_0^1 C \phi_{0,0}(x) dx \quad (3)$$

$\phi_{i,j}(t)$ лар учун $\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dx = 0$ шарт бажарилиши талаб этилади, (3) тенгламалар системасини ечишни талаб этади. Ушбу тенгламалар системаси Гаусс усулида ечилиб C_n коэффициентлар топилади. C_n -Хаарнинг бўлак-ўзгармас вейвлетиди СРИБнинг математик модели.

$$H(t) \cong \sum_{n=0}^{\infty} C_n \phi_{n,j}(t) \quad (4)$$



1-расм. Хаар вейвлетининг масштаблаш функцияси.

Юқорида келтирилган вейвлет турларидан шуни хулоса қилиш мумкинки, адабиётларни таҳлил қилиш мобойнида вейвлетларнинг барча турлари иккита функция:

а) Масштаблаш функцияси

б) Вейвлет функция ёрдамида ҳосил қилинади ва унинг математик модели билан фарқланади.

Келтирилган вейвлетларни талаб этиладиган ҳисоблашлар сони бўйича таққослаш

1-жадвал

Вейвлетларнинг солиштирма таҳлили

№	Вейвлетларнинг турлари	Сигнални 1-даражали масштаблаш даги тиклаш аниқлиги (%)	Нол коэффицентлар (%)	Талаб этиладиган ҳисоблашлар сонини аниқлаш формуласи	$N=10$	1-даражали масштаблаш
1	Хаар	99,98	74,60	$2N - 2$	18	1
2	Добеши	99,99	74,24	$4N + 2$	42	1
3	Гаусс	100	73,21	$10^2 \ln N$	230	1
4	Коиффлет	99,96	75,02	$10^2 \ln(3N)$	340	1
5	Биортогонал	100	75,04	$N \cdot e^{N+1}$	10380	1
6	М.Шляпа	100	74,03	$N \cdot e^N$	10220	1
7	Фурье	99,97	74,31	$N \cdot e^{N+2}$	21348	1

Сигналларни Хаар вейвлетлари ёрдамида тиклаш жараёнида унинг коэффицентларини аниқлаш талаб этилади. Мавжуд вейвлет усуллари ичида топиладиган энг кўп коэффицентлар айнан Хаар вейвлет коэффицентлари ҳисобланади.

Хаар ва Добеши вейвлет моделларида сигналларни рақамли ишлашга қўйиладиган талаблар келтирилган, сигналларни рақамли ишлаш соҳасидаги мавжуд асосий муаммолар таҳлил этилиб тадқиқот масаласини қўйилиши шакллантирилган.

Диссертациянинг «Вейвлет усули ёрдамида сигналларга рақамли ишлов бериш жараёнини математик моделлаштириш» деб номланувчи боби 4 та параграфдан иборат бўлиб, Хаарнинг такомиллаштирилган бўлак-чизик ва бўлак-квадратик вейвлет усулида сигналларга рақамли ишлов бериш жараёнининг математик модели ишлаб чиқилган.

Хаарнинг такомиллаштирилган бўлак-чизик ва бўлак-квадратик вейвети усулида сигналларга ишлов бериш жараёнининг математик модели таклиф қилинган. Хаарнинг бўлак-ўзгармас вейвлетларининг камчилиги сигналларга рақамли ишлов беришда хатоликларнинг ошиб кетишидир, яъни 0,1% аниқликни таъминлаш учун сигналнинг бир қанча коэффициентларини хотирада сақлашни талаб этишидадир.

Кўпгина амалий масалаларни ечишда Хаарнинг бўлак-ўзгармас вейвлетларнинг имкониятлари етарли эмас, шу боис бўлак-чизикли вейвлетларга ўтиш мақсадга мувофиқдир.

Мавжуд адабиётлар таҳлили шуни кўрсатадики, Хаарнинг бўлак-чизикли вейвлет коэффициентларини аниқлаш алгоритми мавжуд эмас, шунинг учун ҳам бу турдаги вейвлетлар кенг қўлланилмаган.

Бўлак-чизикли Хаар вейветини қуриш учун В-сплайн вейветидан фойдаланилади. Ушбу вейвлетлар ортогонал бўлса ҳам, улар мураккаб математик моделга эга. Улардан бири В-сплайн вейвети бўлиб, у маълум маънода вейвлетлар тўпламини ўз ичига олган.

Агар сплайн-вейвлет сифатида параболик В-сплайн олинса $y = f(x)$ функцияни сплайн орқали қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$f(x) \cong \sum_{i=m}^{n+m} b_i B_{m,i}(x)$$

бу ерда m -сплайн вейветининг тартиби, $f(x)$ -интерполяцияланувчи функция, $B_i(x)$ -параболик базис сплайн, f_i - сигнал қийматларини ифодалайди, b_i -СРИБнинг математик модели бўлиб, улар қуйидагича ҳисобланади:

$$b_i = \frac{1}{8}(-f_{i-1} + 10f_i - f_{i+1}) \quad (5)$$

ёки функциянинг биринчи тартибли ҳосиласи $B_i(x)$ -сплайннинг биринчи тартибли ҳосиласи орқали қуйидагича ифодаланади:

$$f'(x) \cong S'_m(x) = \sum_{i=m}^{n+m} b'_i B'_{m,i}(x) \quad (6)$$

Хаарнинг бўлак-квадратик вейветини қуриш учун вейвлетларнинг юқорироқ даражасига ўтиш билан интерполяциялаш хатолигини яна ҳам камайтиришга эришилади.

Хаарнинг бўлак-квадратик вейветини қуриш учун параболик сплайнлардан фойдаланамиз. Параболик сплайнларнинг муҳим хусусиятларидан бири унинг биринчи ва иккинчи тартибли ҳосиласининг узлуксизлигидир. Ушбу хусусиятлардан бўлак-квадратик вейвлет коэффициентларини ҳисоблаш учун янги алгоритмини ишлаб чиқишда

фойдаланиш мумкин, бу эса сигналлар ва функцияларни бўлак-квадратик вейвлетлари билан ишлашда юқори самара беради.

Бу ҳолда $B_i(x)$ функцияларнинг қийматлари ўрнига, $[-1.5; -0.5]$ сегментда $B_0(x)$, $[-0.5; 0.5]$ сегментда $B_1(x)$ ва $[0.5; 1.5]$ сегментда $B_2(x)$ В-сплайн вейвлет орқали қуйидагича ифодаланади.

$$f(x_i) \cong S_2(x_i) = b_0 B_0(x) + b_1 B_1(x) + b_2 B_2(x) \quad (7)$$

Бу ерда $f(x)$ -интерполяцияланувчи функция.

Бу ерда $f(x)$ -интерполяцияланувчи функция, $B_i(x)$, $i=-1, 0, 1$ параболик базис сплайн, одатда b_i -коэффициентлар эса f_i сигнал қийматлари ёрдамида ҳисобланади. Унинг умумий кўриниши (7) ёрдамида ҳисобланади.

Унинг умумий кўриниши (7) ёрдамида ҳисобланади. (7) Хаарнинг бўлак-квадратик вейвлет усули. Ушбу (1), (2), (3) кўринишлардан фойдаланиб биомедицина ЭЭГ (Электроэнцефалографик) сигналининг дастлабки экспериментал маълумотларини олиб Хаарнинг бўлак-полиномиал вейвлетларида интерполяциялаш амалга оширилди.

(6) ва (7) га кўра сигналларни Хаарнинг бўлак-полиномиал вейвлетларида интерполяциялашнинг абсолют ва нисбий хатоликларини баҳолашни жадвал асосида келтирамиз:

2-жадвал

Хаарнинг бўлак-полиномиал вейвлетларида интерполяциялашнинг нисбий хатоликлари

№	Сигнал	БЎ	БЧ	БК	БЎ нол коэффици ентлар	БЧ нол коэффици ентлар	БК нол коэффици ентлар
1	Гастроэнтро логик	41%	23,2%	9,2%	88,2%	89%	90,1%
2	ЭЭГ	37%	15%	5,8%	89%	90,2%	92%
3	Магнит майдон	22,4%	9%	3,6%	90,1%	91%	93,3%

Хаарнинг бўлак-полиномиал вейвлетларида ЭЭГ сигналининг рақамли ишлаш жараёнининг математик модели курилиб унинг абсолют ва нисбий хатоликларини баҳолаш амалга оширилди. Олинган натижалар таҳлили шуни кўрсатадики, баҳолаш жараёнида сигналларни интерполяциялашда Хаарнинг бўлак-квадратик вейвлетларида рақамли ишлашнинг абсолют ва нисбий хатоликлари энг кичик эканлиги маълум бўлди.

Диссертациянинг «Хаарнинг такомиллаштирилган вейвлет усулларида тиббиёт сигналларига рақамли ишлов бериш алгоритмлари ва уларнинг қўлланилиши» деб номланувчи боби 4 та параграфдан иборат. Сигналларга рақамли ишлов беришда Хаарнинг бўлак-ўзгармас ҳамда Хаарнинг такомиллаштирилган бўлак- чизик, бўлак-квадратик вейвлет

алгоритмлари ишлаб чиқилган. Маълумки Хаарнинг бўлак-ўзгармас вейвлетлари сигналларга рақамли ишлов беришда хатоликларнинг ошиб кетиши ва унинг коэффициентларини ҳисоблашда катта миқдордаги математик амалларни талаб этиши сигналларни тиклашда бир қанча хатоликларни келтириб чиқаради. Хотирада сақлаш талаб этиладиган коэффициентлар сонини камайтириш ва “силлиқлик” кўрсаткичларини яхшилайдиган усулларини қидириш вейвлетларнинг юқорироқ даражасига ўтишни тақазо қилади. Уларнинг энг оддийлари Хаарнинг бўлак-чизик вейвлетларидир, улар Хаар-вейвлетининг бўлак-ўзгармас вейвлетларини интеграллаш натижасида ҳосил қилинади. Ушбу хатоликларни олидини олиш мақсадида Хаарнинг такомиллаштирилган бўлак-чизик, бўлак-квадратик вейвлет алгоритмлари ишлаб чиқилган.

Хаарнинг бўлак-ўзгармас вейвлетини ҳисоблаш алгоритми

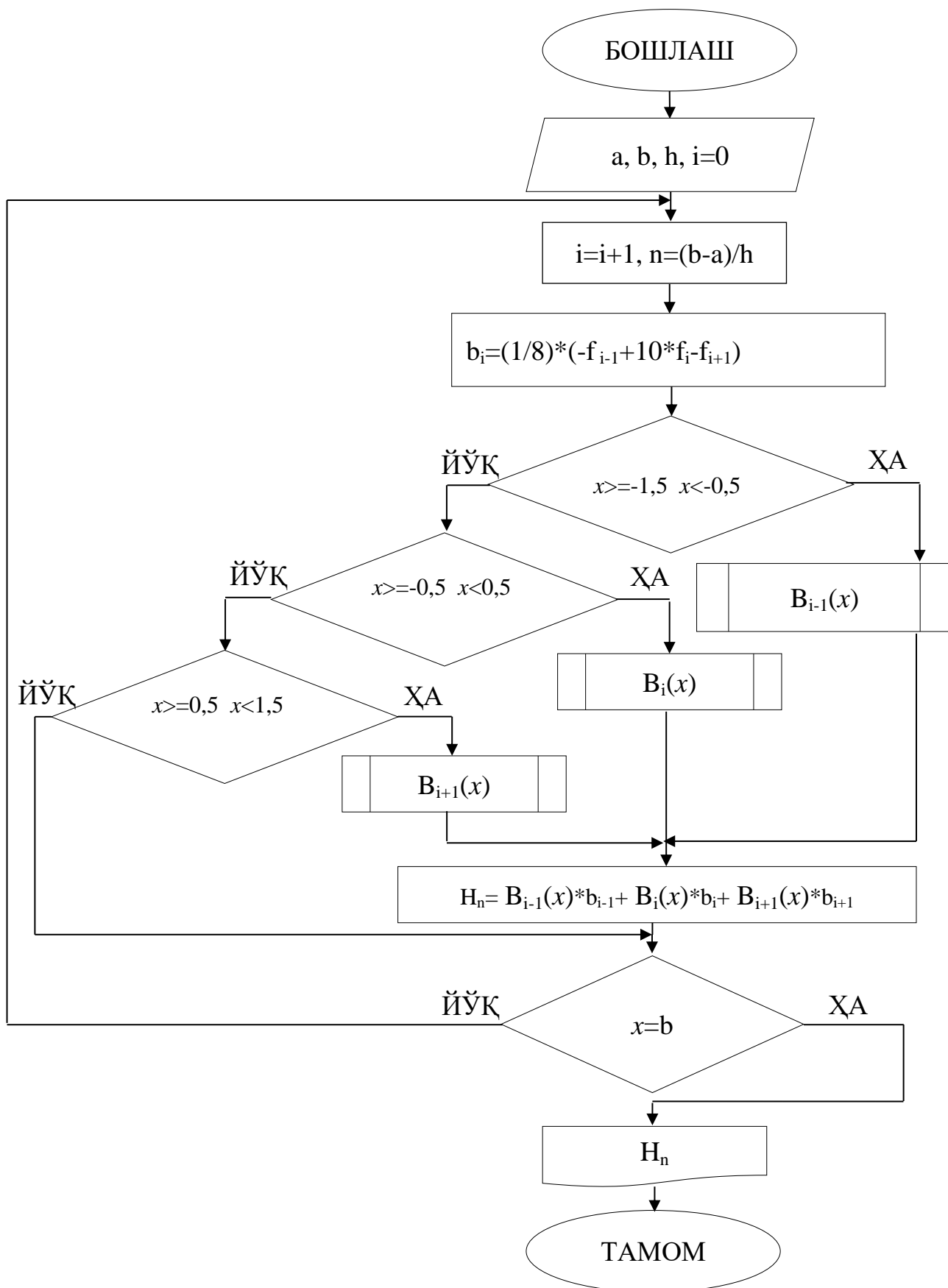
- Тадқиқот учун олинган $f[i]$ -экспериментал маълумотларни файл кўринишида дастурга юклаш;
- $\varphi[i]$ - масштаблаш функциясини ҳисоблаш;
- $C[i]$ - вейвлет коэффициентларини ҳисоблашда талаб этилаётган аниқ интегрални трапеция усулида ҳисоблаш;
- $H[i]$ - Хаарнинг бўлак-ўзгармас вейвлетини аниқлаш;

b_i уч нуқтали формула, $B(x)$ - сплайн вейвлетларини ҳисоблаш алгоритми ҳамда ушбу алгоритм ёрдамида ишлаб чиқилган дастур натижасини келтираемиз.

Вейвлетларнинг юқорироқ даражасига ўтиш билан интерполяциялаш хатолигини яна ҳам камайтиришга эришилади.

Қуйида Хаарнинг бўлак-квадратик вейвлетини ҳисоблаш алгоритмларини келтираемиз:

- Тадқиқот учун олинган $f[i]$ -экспериментал маълумотларни файл кўринишида дастурга юклаш;
- $b[i]$ - уч нуқтали коэффициентларни ҳисоблаш;
- $B_i(x)$ -сплайнни қийматларини ҳисоблаш;
- $f(x)$ - бўлак-квадратик вейвлетини аниқлаш;



2-расм. Такмиллаштирилган ХБЧ вейвлет усулида ЭЭГ сигналига рақамли ишлов бериш блок схемаси

Ушбу ишлаб чиқилган алгоритмларда сигналларни тиклашдаги хатоликларни баҳолаш алгоритми ҳам ишлаб чиқилди натижалар 1-жадвалда келтирилди. Сигналларни Хаар вейвлетларида рақамли ишлашнинг абсолют хатоликларини баҳолашни келтирамиз:

$$\Delta = \max_{a \leq x \leq b} |f(x_i) - har(x_i)| \quad (8)$$

(8) формула асосида Хаарнинг бўлак-полиномиал вейвлетларида интерполяциялашнинг абсолют хатоликларини баҳолашни жадвал асосида келтирамиз:

3-жадвал.

**Хаарнинг БЎ, БЧ, БК вейвлетларида ЭЭГ сигналени
интерполяциялашдаги абсолют хатолиги**

№	Сигнал	БЎ	БЧ	БК
1	Гастроэнтрологик	$245 \cdot 10^{-4}$	$81 \cdot 10^{-4}$	$42 \cdot 10^{-4}$
2	ЭЭГ	$42 \cdot 10^{-4}$	$35 \cdot 10^{-4}$	$29 \cdot 10^{-4}$
3	Манит майдон	$127 \cdot 10^{-4}$	$28 \cdot 10^{-4}$	$14 \cdot 10^{-4}$

Таҳлил натижалари асосида сигналларни тиклашдаги энг кичик хатолик Хаарнинг такомиллшган бўлак- квадратик вейвлет моделида амалга оширилган.

Ушбу кўрсаткичлардан хулоса қилиш мумкики сигналларни тиклашда Хаарнинг такомиллашган БК вейвлетиде хатолик энг кичик эканлиги маълум бўлди.

Диссертациянинг «Биомедицина сигналлари ва тиббиёт тасвирларини рақамли ишлаш дастурий мажмуаси» деб номланувчи боби 4 та параграфдан иборат бўлиб, Ушбу бобда олиб борилган тадқиқотлар жараёнида Хаарнинг бўлак полиномиал вейвлет дастури ишлаб чиқилди. Хаар вейвлетиде масштаблаш ва вейвлет функцияларидан фойдаланган ҳолда, мия касалликларини текшириш ёки турли хил мия функцияларини диагностик таҳлил қилиш учун электроансефалограмма(ЭЭГ) сигналени рақамли ишлаш алгоритми ишлаб чиқилди. Умумий ҳолатда дастурий таъминот учта асосий дастурни ўз ичига олади:

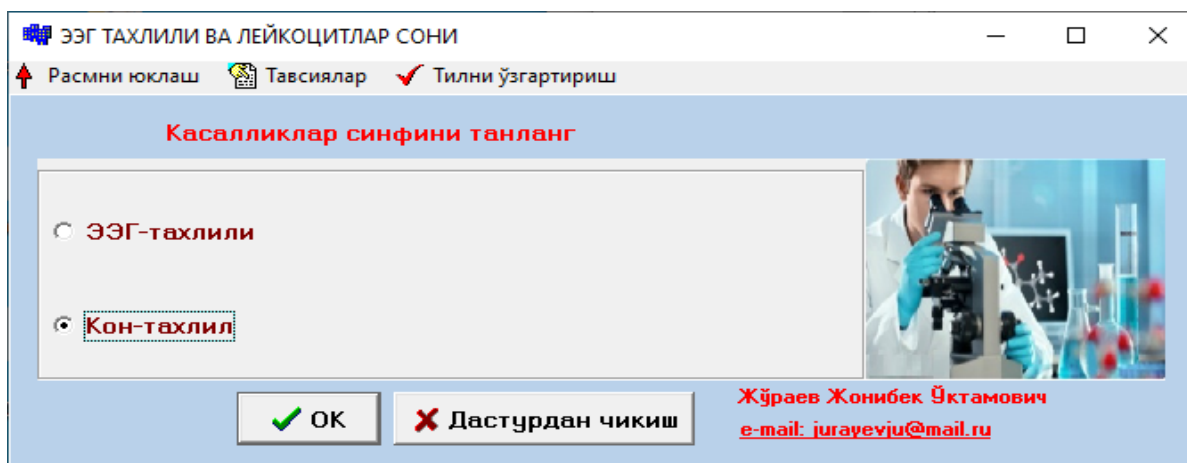
1. ЭЭГ сигналени Хаарнинг бўлак-ўзгармас вейвлетиде рақамли ишлаш модули;
2. ЭЭГ сигналени Хаарнинг бўлак-чизик вейвлетиде рақамли ишлаш модули;
3. ЭЭГ сигналени Хаарнинг бўлак-квадратик вейвлетиде рақамли ишлаш модули;
4. Қон тасвирини рақамли ишлаш модули;

Яратилган дастурий таъминотни умумий структураси 3-расмда келтирилган.



3-расм. Дастурий мажмуанинг умумий структураси

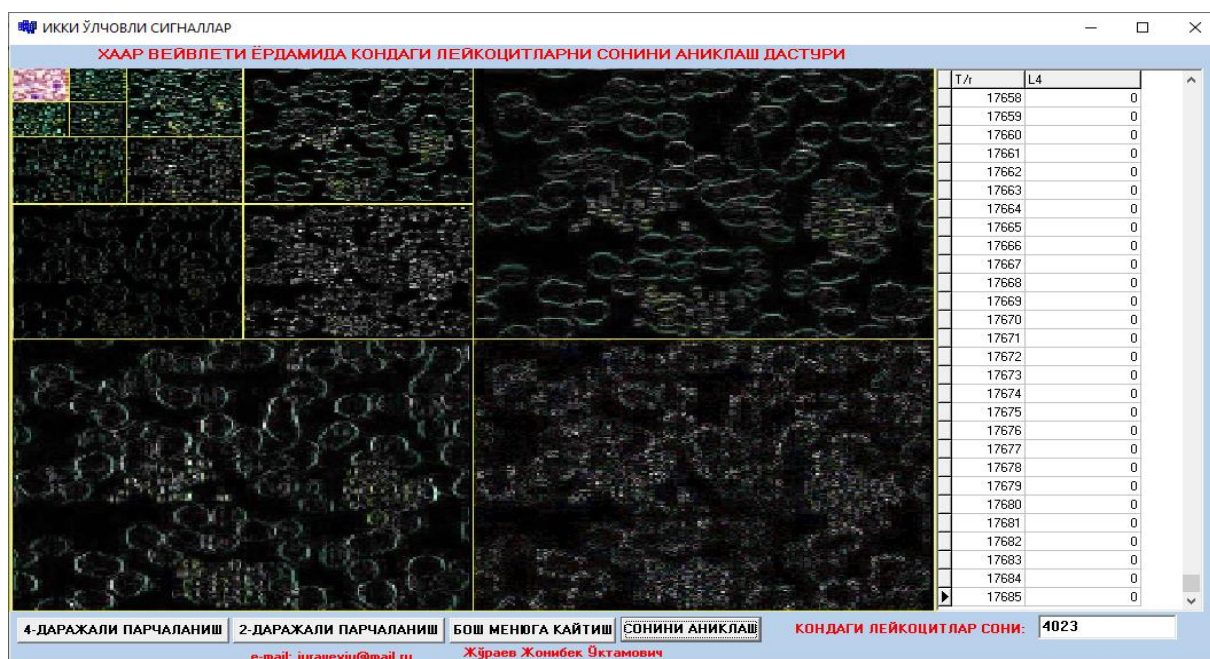
Қон тасвиридаги лейкоцитлар сонини аниқлаш дастурининг иловасини келтирамиз



4-расм. Хаар вевлетларида сигналларни рақамли ишлов бериш дастурининг бош ойнаси

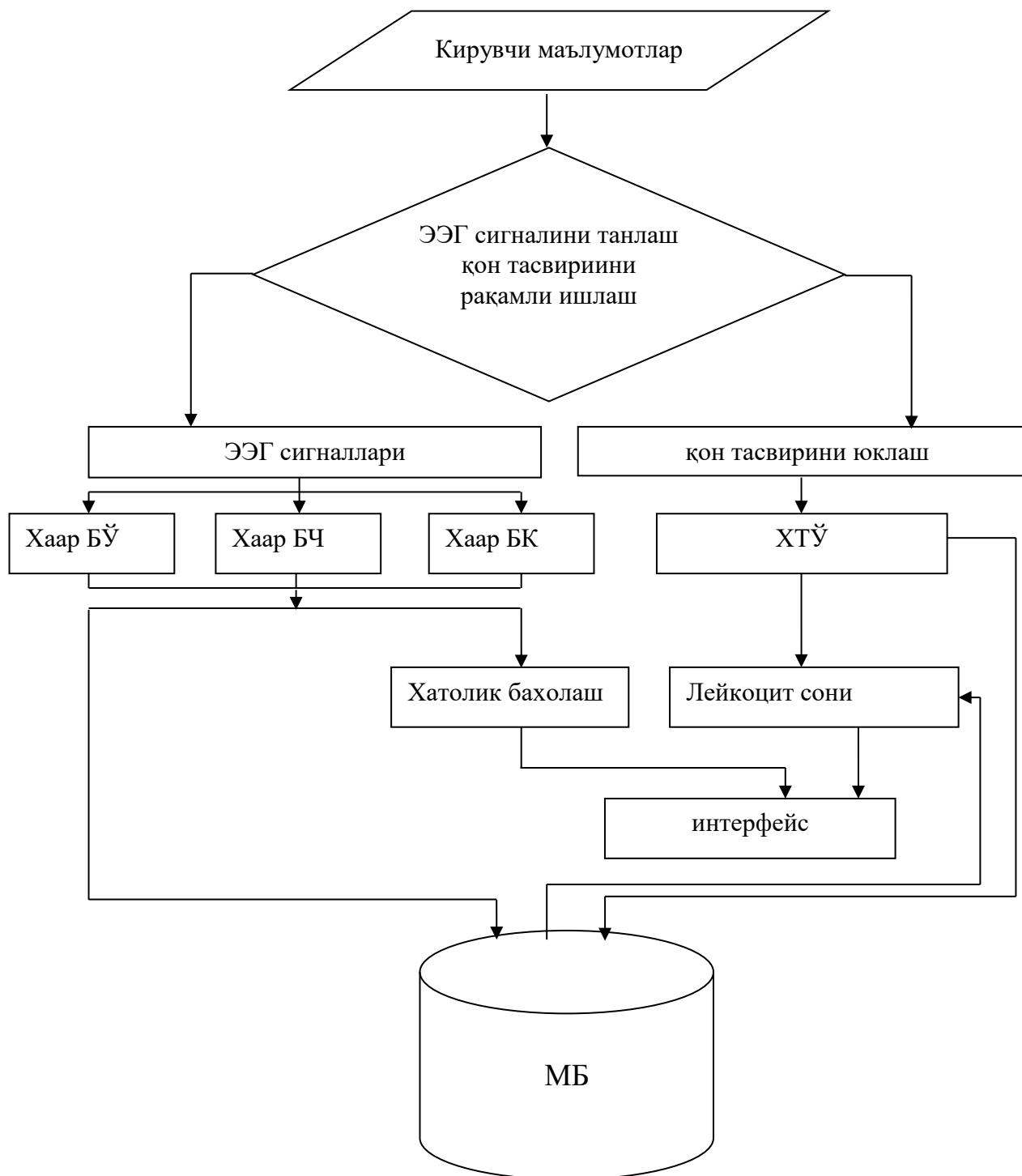
4-расм дастурий мажмуанинг бош ойнаси бўлиб, у ерда “ЭЭГ-тахлили” активлаштирилиб “ОК” тугмаси босилса ХБЎ, ХБЧ, ХБК вейвлетларида ЭЭГ сигналига рақамли ишлов бериш амалга оширилади. Иккинчи сатрдаги “Қон-тахлили” банди танланганда тасвирларга рақамли ишлов бермш орқали унинг хусусиятларини ўрганиш амалга оширилади

5-расмдаги қон тасвирини 4-даражали парчаланишдан кийинга дастур ойнасида “4-даражали парчаланиш” тугмаси босилиши билан тасвирларга рақамли ишлов бериш амалга оширилиб ундаги лейкоцитлар сони аниқланади. Ушбу жараён яқинлашиш коэффициентлар сони ўзгармай қолгунича давом этади.



5-расм. Қон тасвирини 4-даражали парчаланишдан кийинга дастур ойнаси

Дастур натижасидан хулоса қилиш мумкинки даражали парчаланишлар сони 4 га тенг, лейкоцитлар сони эса 4023 та экан.



6-расм. ЭЭГ сигнали ва қон тасвириини рақамли ишлашнинг функционал схемаси.

Ушбу функционал схема ёрдамида ишлаб чиқилган дастурий мажмуа Самарқанд тиббиёт институтининг 1-клиникасида ЭЭГ сигнали ва қон тасвирларини рақамли ишлаш орқали беморларга ташхис қўйиш учун дастлабки маълумотларни шифокорга беради.

ХУЛОСА

«Икки ўлчовли сигналларни вейвлет усулларида моделлаштириш алгоритмлари ва дастурлари» мавзусидаги диссертация бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Функциялар ва сигналларни интерполяциялаш моделлари таҳлил қилиниб, Хаар вейвлети, Добеши вейвлети, сплайн-вейвлети ва бошқа турдаги вейлет усуллари солиштирма таҳлил қилинди. Натижада 1.1-жадвалдаги олинган натижаларга асосланиб ЭЭГ сигналлари ва тиббиёт тасвирларни рақамли ишлаш учун Хаар вейвлет усули танлаб олинди. Хаар вейвлет усулини такомиллаштириш имкониятлари аниқланди.

2. Сигналларни рақамли ишлаш масалаларида кенг қўлланиладиган Хаар вейвлет, Добеши вейвлети ва сплайн-вейвлет усуллари таҳлил қилинди. Хаар вейвлет усулининг қулайлиги коэффициентларни ҳисоблаш учун тезкор алгоритмларни мавжудлигидир. Лекин кўпгина амалий масалаларни ечишда бу вейвлет усулининг аниқлиги етарли эмас. Хаарнинг бўлак-полиномиал вейвлетларига ўтиш йўли билан аниқликни ошириш мумкинлиги кўрсатилди, ҳамда Хаарнинг такоминлаштирилган вейвлет усули ёрдамида ЭЭГ сигнаolini рақамли ишлаш жараёнини математик моделлаштириш орқали нисбий хатолиги 31% га камайди.

3. Функцияларни Хаарнинг бўлак-ўзгармас ва унинг такомиллаштирилган бўлак-чизик вейвлет усулларида интерполяциялаш амалга оширилди ҳамда уларнинг хатоликлари баҳоланди. Шунингдек, функцияларни Добеши(db2), Добеши(db3) вейвлет усулларида интерполяциялаш амалга оширилди ҳамда уларнинг ҳам хатоликлари баҳоланди. Натижада таклиф этилган Хаарнинг такоминлаштирилган вейвлет усулида сигналларни тиклаш аниқлиги 10-12% га ошди.

4. Хаарнинг бўлак-ўзгармас вейвлет усулини такомиллашган Хаарнинг бўлак-чизик ва бўлак-квадратик вейвлет усуллари ишлаб чиқилди. Ушбу усуллар ёрдамида ЭЭГ сигнаliga рақамли ишлов бериш жараёнини математик модели чиқилди. Натижада ЭЭГ сигнали ХБЧВ усулида 1,8% га ХБКВ усулида 3% га шовқинлардан тозаланди.

5. Хаар вейвлет усуллари ёрдамида сигналлар ва тиббиёт тасвирларини рақамли ишлаш жараёнларини математик моделлаштириш учун дастурий мажмуа яратилди.

6. Хаарнинг такомиллаштирилган вейвлет усуллари икки ўлчовли сигналларни рақамли ишлаш жараёнини моделлаштириш учун ҳам ишлатиш мумкин. Бунда коэффициентларни ҳисоблаш икки босқичда амалга оширилади: коэффициентлар биринчи босқичда сатрлар бўйича, иккинчи босқичда эса устунлар бўйича ҳисобланади. Натижада рақамли ишланаётган тасвирнинг аппроксимация ва айирма коэффициентлари аниқлади.

7. Икки ўзгарувчили Хаар вейвлет усулидан фойдаланиб, қон тасвирини рақамли ишлаш натижасида ундаги лейкоцитлар сони аниқланди. Натижада беморларга унинг соғлиги ҳақида бирламчи маълумотлар бериш имкони яратилди.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПРИ НАУЧНОМ СОВЕТЕ
DSc.13/30.12.2019.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЖУРАЕВ ЖОНИБЕК УКТАМОВИЧ

**АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДВУМЕРНЫХ СИГНАЛОВ ВЕЙВЛЕТ-МЕТОДАМИ**

05.01.07 – Математическое моделирование. Численные методы и комплексы программ

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

Ташкент– 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2020.4.PhD/Т1947.

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном университете.

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

Научный руководитель: Зайнидинов Хакимжон Насридинович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Назирова Элмира Шодмоновна
доктор технических наук, доцент
Болтабоев Шухрат Комилжонович
доктор философии (PhD)
по техническим наукам

Ведущая организация: Ташкентский государственный транспортный университет

Защита диссертации состоится «24» декабря 2021 г. в 16⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.13/30.12.2019.Т.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100202, г.Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер № 235). (Адрес: 100202, г.Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «11» декабря 2021 года.
(протокол рассылки № 42 от «09» декабря 2021 г.).



Р.Х.Хамдамов
Председатель научного совета по присуждению
ученых степеней,
доктор технических наук, профессор

Ф.М.Нуралиев
Ученый секретарь научного совета по присуждению
ученых степеней,
доктор технических наук, доцент

Ш.А.Садуллаева
Председатель научного семинара при научном совете по
присуждению ученых степеней,
доктор физико-математических наук, доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в процессе развития информационно-коммуникационных технологий при восстановлении и анализе сигналов и цифровой обработке изображений широко применяются вейвлеты Хаара, Добеши, Мейира Коиффлета. Одним из значимых вопросов является разработка усовершенствованных математических моделей и алгоритмов для сокращения вычислительных операций и погрешностей, образующихся в результате цифровой обработки сигналов вейвлетами. В таких странах как США, Германия, Франция, Великобритания, Япония, Австралия, Южная Корея, Китай, Индия, Российская Федерация ведутся передовые исследования по разработке математических моделей, алгоритмов, программных средств и методов цифровой обработки сигналов и изображений вейвлетами.

К настоящему времени с каждым днем все больше уделяется внимание и предъявляются требования к сфере медицины, поскольку вопросы своевременной диагностики и лечения заболеваний у людей, качественное и оперативное определение анализов, а также экономии материальных ресурсов являются основными. Поэтому актуальными проблемами сегодняшнего дня представляются вопросы цифровой обработки и анализа сигналов, получаемых от организма человека. Для решения этих вопросов и достижения высокой точности необходимо исключить и сократить количество вычислений путем совершенствования методов, алгоритмов и моделей вычисления коэффициентов кусочно-полиномиальных вейвлетов Хаара, которые являются значимыми при цифровой обработке сигналов и изображений. Решить эти задачи можно посредством перехода на новый более высокий уровень вейвлетов, применяемых при цифровой обработке сигналов.

В Республике ведутся научные изыскания, направленные на использование вейвлетов Хаара, Добеши, Мейира Коиффлета при цифровой обработке медицинских сигналов. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи «... внедрение передовых информационно-коммуникационных технологий и их использование, создание эффективных механизмов внедрение в практику научных и инновационных достижений...»¹. При реализации данных задач актуальной проблемой медицины сегодняшнего дня является решение важных вопросов разработки усовершенствованных моделей кусочно-линейных и кусочно-квадратичных вейвлетов Хаара при цифровой обработке сигналов с использованием моделей кусочно-непрерывных вейвлетов Хаара.

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 7 февраля 2019 года №УП-5653 «О дополнительных мерах по дальнейшему развитию

информационной сферы и массовых коммуникаций», Постановлением² Кабинета Министров №17 от 10 января 2019 года «О мерах по созданию технологического парка программных продуктов и информационных технологий» и другими нормативно-правовыми документами, касающимися данной сферы.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. «Информатизация и развитие информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. Проблемы разработки алгоритмов и вейвлет-моделей Хаара с одним или двумя переменными при цифровой обработке сигналов широко освещено в мировой и отечественной научной литературе. А.Naar, I.Daubechi, Ю.С.Завьялов, С.К.Chui, В.А.Василенко, С.Ф.Свиньин, С.Б.Стечкин, Ю.Н.Субботин, В.Л.Мирошниченко, А.И.Гребенников, P.D.Shukla, О.Зенкевич, D. Singh, Дж.Фикс, U.Michael, Г.Стренг и другие зарубежные ученые проводили исследования по вопросам цифровой обработки сигналов в вейвлет-моделях.

Ряд отечественных ученых таких как М.М.Мусаев, Х.Н.Зайнидинов, У.Р.Хамдамов вели научные изыскания, посвященные моделированию процессов цифровой обработки сигналов и изображений. Кроме того, вопросы изучения методов сплайн-вейвлет функций и задач по аппроксимации на их основе рассматривались в работах зарубежных ученых, таких как Н.Астафьева, Р.Жозшик, И.Я.Новиков, М.Хулсбуш, Г. М. Батанов, Я.А.Туровский, С.Ф.Свиньин, Р.Сич, А.Б.Медвинский, В.Казаченко, В.Плекин и др. В Узбекистане в этом направлении вели свои научные изыскания Х.Н.Зайнидинов, Х.М.Шодиметов, У.Р.Хамдамов и другие специалисты.

Указанные выше исследования осуществлялись с применением кусочно-непрерывных вейвлет-моделей Хаара. В недостаточной мере изучены вопросы разработки алгоритмов и программных средств цифровой обработки изображений с использованием моделей вейвлета Хаара с двумя переменными и кусочно-непрерывных и кусочно-линейных моделей вейвлета Хаара при цифровой обработке сигналов.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование плана научно-исследовательской работы Самаркандского государственного университета и Ташкентского университета информационных технологий № БВФ-Атех-2018-249 «Разработка методов и алгоритмов цифровой обработки

¹Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

биометрических сигналов» (2018-2020 гг.) И № БА-20200930404 » На фрагментарно-полиномиальных основах Теоретические и методологические основы создания интеллектуальных программно-технических систем цифровой обработки сигналов и изображений »(2021-2024 гг.).

Целью исследования разработка моделей, алгоритмов и программного комплекса цифровой обработки медицинских изображений и сигналов вейвлетами Хаара.

Задачи исследования:

усовершенствование метода фрагментарных постоянных вейвлетов Хаара, используемого при цифровой обработке сигналов и изображений, за счет использования сплайн-вейвлетов;

разработка математической модели и алгоритмов процесса цифровой обработки сигнала электроэнцефалографический на основе усовершенствованных кусочно-линейных и кусочно-квадратичных вейвлет-методов Хаара;

разработка алгоритмов сжатия матрицы изображений на основе двухпараметрических вейвлет-методов Хаара;

создание алгоритмов цифровой обработки сигналов и медицинских изображений с использованием передовых вейвлет-методов Хаара.

Объектом исследования являются процессы цифровой обработки медицинских изображений, полученных на основе опыта и сигналов электроэнцефалографический в медицине.

Предмет исследования – модели, алгоритмы и программный комплекс цифровой обработки сигналов электроэнцефалографический кусочно-линейными и кусочно-квадратичными вейвлетами Хаара, изображений крови вейвлетами Хаара с двумя переменными.

Методы исследования. В ходе исследования использовались методы теории функционального анализа, теории вейвлет-анализа и математического моделирования, теории векторов и матриц, теории цифровой обработки сигналов, а также методы числовых вычислений.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

метод фрагментарных постоянных вейвлетов Хаара, используемый при цифровой обработке сигналов и изображений, был улучшен за счет использования сплайн-вейвлетов;

разработаны математическая модель и алгоритмы процесса цифровой обработки сигнала электроэнцефалографический на основе усовершенствованных линейно-линейных и кусочно-квадратичных вейвлет-методов Хаара;

алгоритмы сжатия для матрицы изображений были разработаны на основе двухпараметрических вейвлет-методов Хаара;

алгоритмы цифровой обработки сигналов и медицинских изображений были созданы с использованием передовых вейвлет-методов Хаара. **Практические результаты исследования заключаются в следующем:**

разработаны усовершенствованные кусочно-линейные, кусочно-квадратичные модели кусочно-непрерывных вейвлет-моделей Хаара и в результате их внедрения сокращено погрешность при цифровой обработке сигналов;

разработан программный комплекс цифровой обработки сигналов электроэнцефалографический кусочно-линейными и кусочно-непрерывными вейвлет-базисами Хаара;

разработан программный комплекс моделирования процессов цифровой обработки сигналов и медицинских изображений вейвлетами Хаара.

Достоверность результатов исследования обоснована высокими требованиями к эффективности вычислительных систем, применяемых для цифровой обработки сигналов и медицинских изображений в сфере медицины в результате изучения и анализа проблем, а также соответствие полученных результатов, полученных в ходе теоретических и практических изысканий.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования обоснована теоретическими и практическими основами разработки усовершенствованных моделей и алгоритмов вейвлет-моделей Хаара при цифровой обработке сигналов электроэнцефалографический и медицинских изображений, методологией систем цифровой обработки.

Практическая значимость результатов исследования обоснована применением в медицинских исследовательских центрах Республики программного средства, разработанного на основе алгоритмов определения уровня лейкоцитов путем цифровой обработки изображения крови вейвлетами Хаара с двумя переменными и шумоподавления при цифровой обработке сигналов электроэнцефалографический усовершенствованной моделью, для определения количества лейкоцитов в крови и цифровой обработке сигналов больших объемов.

Внедрение результатов исследования. На основе научных результатов, полученных с помощью алгоритмов и их программных средств цифровой обработки сигналов вейвлетами Хаара с одной или двумя переменными:

алгоритмы и программное средство цифровой обработки биомедицинских сигналов вейвлет-методами внедрено в деятельность Андиганского филиала Республиканского научно-практического центра экстренной медицинской помощи (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 29 сентября 2021 года №33-8/6886). В результате на 6-10% сократился уровень погрешностей по сравнению с традиционными методами, применяемыми в медицинских институтах;

Программное средство, определяющее уровень лейкоцитов в крови и осуществляющее цифровую обработку сигналов электроэнцефалографи-

ческий с помощью вейвлет-методов Хаара, внедрено в деятельность клиники №1 Самаркандского государственного медицинского института (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 29 сентября 2021 года №33-8/6886). В результате применения разработанного программного средства повысилась эффективность медицинских исследований, информативность полученных результатов, повысилась их точность и достоверность, снизилась погрешность: сократилось на 58% время определения уровня лейкоцитов в крови и уровень погрешностей на 10-12%;

вейвлет-методы и разработанный на их основе программный комплекс цифровой обработки микроскопических изображений структур головного мозга внедрены в деятельность Республиканского центра судебно-медицинской экспертизы (справка Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций от 29 сентября 2021 года №33-8/6886). В результате на 61% сократилось время определения изменений в структурах головного мозга и на 11-15% снизился уровень погрешностей.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 5 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 29 научных работ, в том числе, 11 в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций (3 в зарубежных и 8 в республиканских журналах), а также получены 4 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 102 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 «**Анализ вейвлетов, применяемых при цифровой обработке сигналов**», состоящей из четырех параграфов, приводится анализ моделей интерполяции функций и сигналов вейвлет-методами, вопросы применения вейвлетов Хаара и вейвлетов Добеши при

цифровой обработке сигналов, а также сравнительный анализ методов цифровой обработке сигналов с использованием существующих вейвлет-методов. Процесс изменения вейвлетов Хаара опирается на использование функций двух видов: вейвлет функция и функция масштабирования, т.е.

$$\begin{aligned} \psi_{n,j}(t) &= \psi(2^n t - j), j = 0, 1, \dots, 2^n - 1 \\ 0 \leq 2^n t - j < 1, \frac{j}{2^n} \leq t < \frac{j+1}{2^n} \\ n &= 0, 1, \dots, N, \quad j = 0, 1, \dots, 2^n - 1 \end{aligned} \quad (1)$$

здесь $\phi_{n,j}(t)$ - вейвлет функция, $\psi_{i,j}(t)$ - функция масштабирования, n - уровень сжатия $i = 0, 1, \dots, n, \quad j = 0, 1, \dots, 2^n - 1$

$$\psi_{i,j}(t) = \begin{cases} 1 & \text{если } \frac{j-1}{2^i} \leq t < \frac{j}{2^i} \\ 0 & \text{если } t \notin [0, 1) \\ -1 & \text{если } \frac{j}{2^i} \leq t < \frac{j+1}{2^i} \end{cases} \quad (2)$$

(2)- функция масштабирования

Для $\psi_{i,j}(t)$ требуется выполнение условия $\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dx = 0$. Здесь $\psi_{i,j}(t)$ - функция масштабирования, n - уровень сжатия $i = 0, 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, 2^n - 1$

$\phi_{n,j}(t)$ - вейвлет функция, т.е.

$$\begin{aligned} \phi_{n,j}(t) &= \begin{cases} 1, & \frac{j}{2^n} \leq t < \frac{j+1}{2^n} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \\ n &= 0, \quad j = 0, 1, \dots, 2^n - 1 \end{aligned}$$

Для $\phi_{i,j}(t)$ требуется выполнение условия $\int_{-\infty}^{\infty} \phi(t) dx = 1$.

Здесь $\phi_{i,j}(t)$ (1) вейвлет функция (2) функция масштабирования.

f смотрим на сигнал.

$$C = (c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8)$$

Используя уравнения (2) и (3), f можно выразить следующим образом

$$f(x) = \sum_{j,k \in Z} \langle C, \psi_{j,k} \rangle \psi_{j,k}$$

Здесь они $\langle C, \psi_{j,k} \rangle$ называются вейвлет-коэффициентами.. Шундай қилиб куда

$$f_i \langle C, \phi_{0,0} \rangle = \int_0^1 C_i \phi_{0,0}(x) dx \quad (3)$$

Дробные постоянные вейвлет-коэффициенты Хаара. (3) требует решения системы уравнений. Система этих уравнений решается методом Гаусса и находятся коэффициенты C_n . Математическая модель ЦОС в кусочно-

постоянный вейвлете C_n -Хаара. Условие $\int_{-\infty}^{\infty} \phi(t) dx = 0$ требуется для $\phi_{i,j}(t)$.

$$H(t) \cong \sum_{n=0}^{\infty} C_n \phi_{n,j}(t) \quad (4)$$

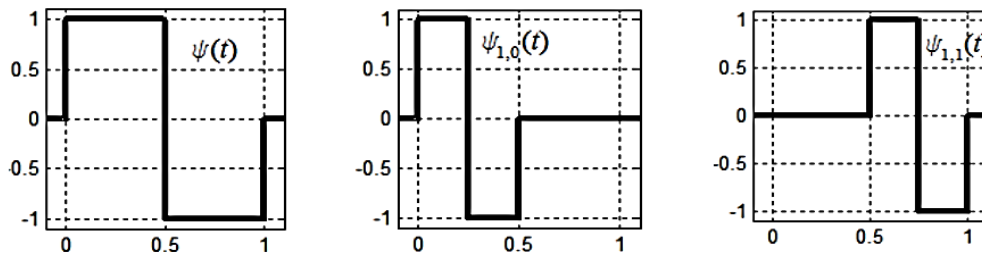


Рис. 1. График функции масштабирования вейвлета $\psi_{ab}(t)$.

Из приведенных выше видов вейвлетов можно прийти к выводу о том, что в ходе анализа литературы все виды вейвлетов выполняют две функции:

а) функция масштабирования

б) вейвлеты образуются с помощью функций и различаются математическими моделям.

Ниже сравнение приведенных вейвлетов по требуемому объему вычислений

Таблица 1

Сравнительный анализ вейвлетов

№	Виды вейвлетов	Точность восстановления масштабирования сигнала 1 уровня (%)	Ноль коэффициенты (%)	Формула определения объема требуемых вычислений	$N=10$	Масштабирование 1 уровня
1	Хаара	99,98	74,60	$2N - 2$	18	1
2	Добеши	99,99	74,24	$4N + 2$	42	1
3	Гаусс	100	73,21	$10^2 \ln N$	230	1
4	Коиффлет	99,96	75,02	$10^2 \ln(3N)$	340	1
5	биоортогонал	100	75,04	$N \cdot e^{N+1}$	10380	1
6	М.Шляпа	100	74,03	$N \cdot e^N$	10220	1
7	Фурье	99,97	74,31	$N \cdot e^{N+2}$	21348	1

В процессе восстановления сигналов вейвлетами Хаара требуется определить их коэффициенты. Среди существующих моделей вейвлетов наиболее многочисленными коэффициентами являются именно коэффициенты вейвлета Хаара.

Во второй главе диссертации «**Математическое моделирование процесса обработки цифрового сигнала волновым методом**», состоящей из 4 параграфов, разработана математическая модель вычисления

коэффициентов вейвлетов, определяемых для цифровой обработки усовершенствованными кусочно-линейными и кусочно-квадратичными вейвлет-методами Хаара.

Предложена модель построения усовершенствованной модели построения кусочно-линейных и кусочно-квадратичных вейвлетов Хаара при восстановлении сигналов. Недостатком кусочно-непрерывных вейвлетов Хаара являются высокий уровень погрешности в сигнале, т.е. для обеспечения точности в 0,1% необходимо сохранить в памяти множество коэффициентов сигнала.

При решении множества практических задач возможности кусочно-непрерывных вейвлетов Хаара недостаточны. Вместе с тем, погрешность интерполяции кусочно-непрерывных вейвлетов Хаара выше интерполяционной погрешности кусочно-линейных вейвлетов Хаара, поэтому целесообразен переход к кусочно-линейным вейвлетам.

Анализ доступной научной литературы показал, что не существует алгоритма определения коэффициентов кусочно-линейных вейвлетов Хаара, поэтому вейвлеты этого вида не применяются широко.

Для построения кусочно-линейных вейвлетов Хаара используются вейвлет В-сплайна. Хотя данные вейвлеты являются ортогональными, они имеют сложную математическую модель. Одним из них является вейвлет В-сплайна, который в определенной степени множество функций.

Если в качестве сплайн-вейвлета взять параболический В-сплайн, то функцию $y = f(x)$ можно выразить с помощью сплайна следующим образом:

$$f(x) \cong \sum_{i=m}^{n+m} b_i B_{m,i}(x) \quad (5)$$

здесь порядок m -сплайн-вейвлета, $f(x)$ - интерполирующая функция, $B_i(x)$ - параболический сплайн-вейвлет, представляет значения f_i - сигнала, представляет собой математическую модель b_i -ЦОС, которые рассчитываются следующим образом:

$$b_i = \frac{1}{8}(-f_{i-1} + 10f_i - f_{i+1})$$

или производное первого порядка выражается с помощью производной первого порядка $B_i(x)$ -сплайна:

$$f'(x) \cong S_m'(x) = \sum_{i=m}^{n+m} b_i B_{m,i}'(x) \quad (6)$$

При переходе к более высокому порядку вейвлета для построения кусочно-квадратичного вейвлета Хаара достигается снижение погрешности интерполяции.

Для построения кусочно-квадратичного вейвлета используются параболические сплайны. Одним из значимых свойств параболических сплайнов является непрерывность его производных первого и второго порядка. Данные свойства можно использовать при разработке нового алгоритма для вычисления коэффициентов кусочно-квадратичных вейвлетов,

что дает положительный эффект при обработке сигналов и функций кусочно-квадратичных вейвлетов.

В этом случае вместо значений функций $B_i(x)$ представлено следующее выражение вейвлетов B -сплайна $B_{-1}(x)$ в сегменте $[-1.5; -0.5]$, $B_0(x)$ в сегменте $[-0.5; 0.5]$ и $B_1(x)$ в сегменте $[0.5; 1.5]$.

$$f(x_i) \cong S_2(x_i) = b_{-1}B_{-1}(x) + b_0B_0(x) + b_1B_1(x) \quad (7)$$

где $f(x)$ - интерполирующая функция.

Здесь $f(x)$ - интерполирующая функция, $B_i(x)$, $i=-1, 0, 1$ параболический базисный сплайн, обычно b_i -коэффициенты вычисляются с помощью значений сигнала и значений функции. $f(x)$ Ее общий вид вычисляется с помощью формулы (5).

(б) модель кусочно-квадратичного вейвлета Хаара. Осуществлена интерполяция первичных экспериментальных данных биомедицинских сигналов ЭЭГ (Электроэнцефалографии) кусочно-полиномиальными вейвлетами Хаара с использованием моделей (1), (2), (3). Ниже приводится таблица оценки абсолютной и относительной погрешностей интерполяции сигналов кусочно-полиномиальных вейвлетов Хаара согласно (3) и (4).

Таблица 2

Относительная погрешность интерполяции кусочно-полиномиальными вейвлетами Хаара

Значения относительных погрешностей и коэффициентов сжатия							
№	Сигнал	КП	КЛ	КК	КП ноль коэффи циенты	КЛ ноль коэффи циенты	КК ноль коэффи циенты
1	Гастроэнтерологический	41%	23,2%	9,2%	88,2%	89%	90,1%
2	ЭЭГ	37%	15%	5,8%	89%	90,2%	92%
3	Магнитное поле	22,4%	9%	3,6%	90,1%	91%	93,3%

Построена модель цифровой обработки сигнала ЭЭГ кусочно-полиномиальными вейвлетами Хаара, осуществлена оценка его абсолютных и относительных погрешностей. Анализ полученных результатов показал, что в процессе оценки самыми низкими значениями абсолютной и относительной погрешностей при интерполяции сигналов оказались при цифровой обработке кусочно-квадратичными вейвлетами Хаара.

В третьей главе диссертации «Алгоритмы цифровой обработки медицинских сигналов и их применение в улучшенных вейвлет-методах хаара.», состоящей из 4 параграфов, разработаны алгоритмы усовершенствованных кусочно-линейных, кусочно-квадратичных вейвлетов Хаара и кусочно-непрерывных вейвлетов Хаара при цифровой обработке сигналов. При цифровой обработке сигналов были разработаны фрагмент-константа Хаара и улучшенный фрагмент-линия Хаара, фрагментно-

квадратичные вейвлет-алгоритмы. Известно, что фрагментарные вейвлеты Хаара увеличивают погрешности цифровой обработки сигналов и требуют большого количества математических операций при вычислении его коэффициентов, что приводит к ряду ошибок восстановления сигнала. Поиск способов уменьшить количество коэффициентов, необходимых для запоминания, и улучшить «гладкость» характеристик требует перехода на более высокий уровень вейвлетов. Простейшими из них являются фрагментарные длины волн Хаара, которые формируются путем интегрирования фрагментарно-инвариантных валлетов Хаара.

Алгоритм расчета фрагментно-константного хранилища Хаара

- Выгрузка $f[i]$ -экспериментальных данных, полученных для исследования, в программу в виде файла;
 - - расчет масштабной функции;
 - $S[i]$ - трапециевидное вычисление точного интеграла, необходимого для вычисления вейвлет-коэффициентов;
 - $H[i]$ - Определение фрагментарной постоянной Хаара;
- b_i трехточечная формула, $V(x)$ - алгоритм вычисления сплайн-вейвлетов, и результат программы, разработанной с использованием этого алгоритма.

Переход к более высокому уровню вейвлетов дополнительно снижает ошибку интерполяции [99].

Ниже приведены алгоритмы вычисления дробно-квадратного вейвлета Хаара:

- Выгрузка $f[i]$ -экспериментальных данных, полученных для исследования, в программу в виде файла;
- $b[i]$ - расчет трехбалльных коэффициентов;
- -расчет значений сплайна;
- $f(x)$ - определить дробно-квадратный вейвлет;

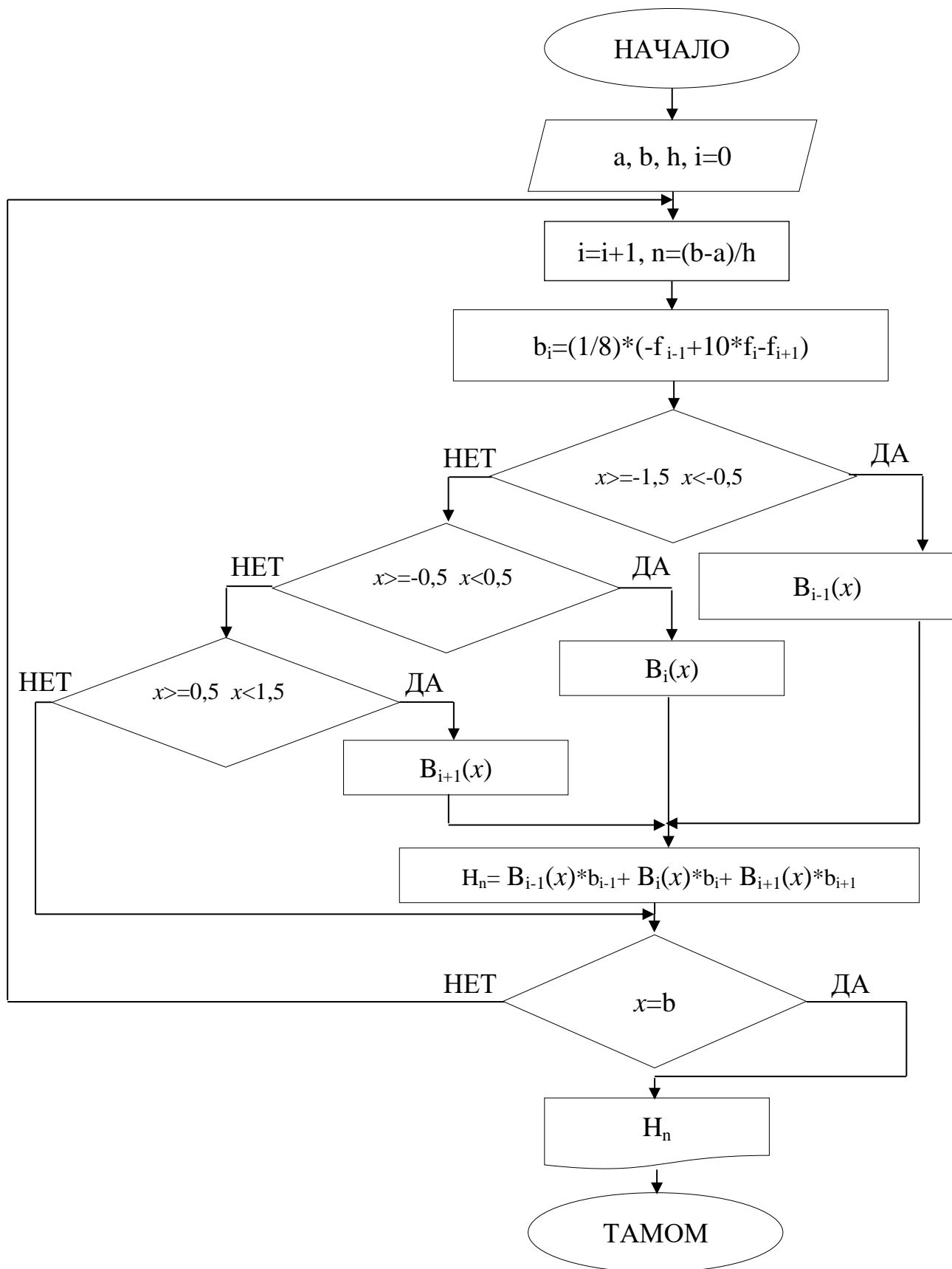


Рис. 2. Блок-схема цифровой обработки сигнала ЭЭГ в усовершенствованном вейвлет-методе ХКК

Также был разработан алгоритм оценки погрешностей при восстановлении сигналов в данных разработанных алгоритмах, а результаты приведены в таблице 1. Приводится оценка абсолютных погрешностей при цифровой обработке сигналов вейвлетами Хаара:

$$\Delta = \max_{a \leq x \leq b} |f(x_i) - har(x_i)| \quad (8)$$

На основе формулы (8) приводится таблица оценки абсолютных погрешностей интерполяции кусочно-полиномиальными вейвлетами Хаара:

Таблица 3

Абсолютная погрешность при интерполяции сигнала ЭЭГ КП, КЛ, КК вейвлетами Хаара

№	Сигнал	КП	КЛ	КК
1	Гастроэнтрологический	245*10 ⁻⁴	81*10 ⁻⁴	42*10 ⁻⁴
2	ЭЭГ	42*10 ⁻⁴	35*10 ⁻⁴	29*10 ⁻⁴
3	Магнитное поле	127*10 ⁻⁴	28*10 ⁻⁴	14*10 ⁻⁴

Анализ результатов показал, что наименьшая погрешность при восстановлении сигналов наблюдается в усовершенствованном модели кусочно-квадратичной вейвлета

Данные показатели свидетельствуют о том, что при восстановлении сигналов наименьшая погрешность имеется в усовершенствованном вейвлете Хаара.

Четвертая глава диссертации «**Программный комплекс для цифровой обработки одномерных биомедицинских сигналов и медицинских изображений**», состоящая из 4 параграфов, посвящена разработке программы кусочно-полиномиального вейвлета Хаара в ходе исследования. Разработан алгоритм цифровой обработки сигнала электроэнцефалографии (ЭЭГ) с использованием функций вейвлет и масштабирования в вейвлете Хаара для диагностики заболеваний и различных функций головного мозга. Программное обеспечение в общей сложности включает в себя три основные программы:

1. Модуль цифровой обработки сигнала ЭЭГ кусочно-непрерывными вейвлетами Хаара;
2. Модуль цифровой обработки сигнала ЭЭГ кусочно-линейными вейвлетами Хаара;
3. Модуль цифровой обработки сигнала ЭЭГ кусочно-квадратичными вейвлетами Хаара;
4. Модуль цифровой обработк изображения крови;

Общий вид структуры разработанного программного обеспечения приводится на рис. 3.

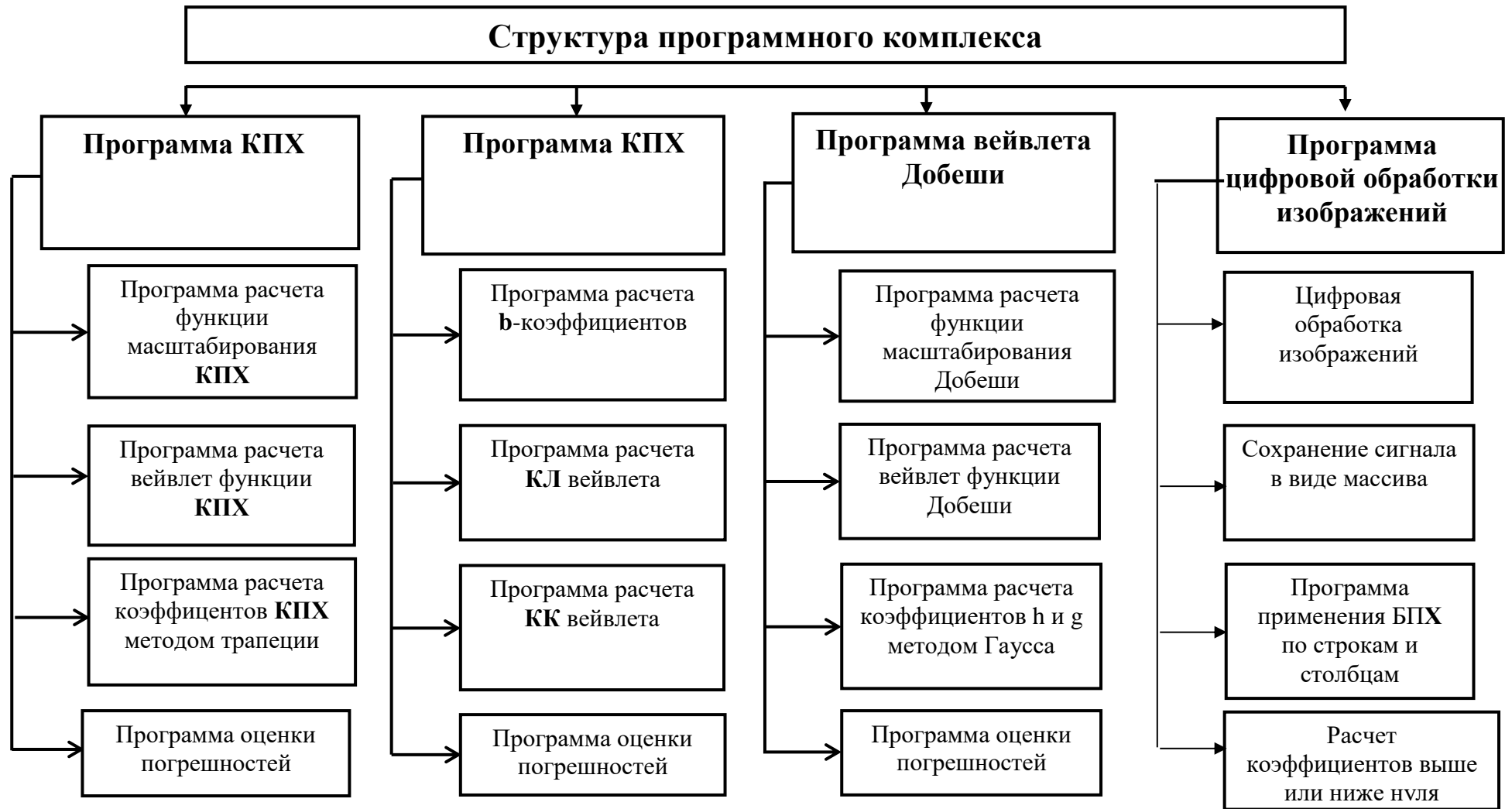


Рис. 3. Структура программного комплекса

Ниже приводится приложение программы определения уровня лейкоцитов в крови

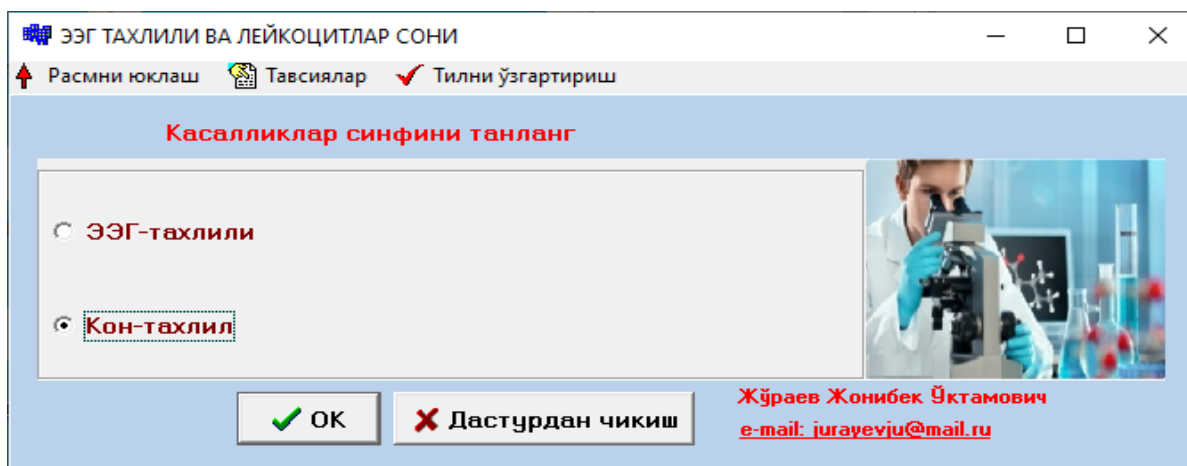


Рис. 4. Основное окно программы цифровой обработки сигналов вейвлетами Хаара

В рис. 4 приводится основное окно программного комплекса, в котором при активации “ЭЭГ-тахлили” кнопкой “ОК” происходит цифровая обработка сигналов ЭЭГ кусочно-непрерывными, кусочно-линейными, кусочно-квадратичными вейвлетами Хаара. При выборе пункта “Кон-тахлили” осуществляется изучение свойств крови посредством цифровой обработки изображений.

В рис. 5 при нажатии на кнопку “4-даражали парчаланиш” в конце программы после разложения 4 степени определяется уровень лейкоцитов в крови путем цифровой обработки изображений. Данный процесс продолжается до изменения количества коэффициентов аппроксимации.

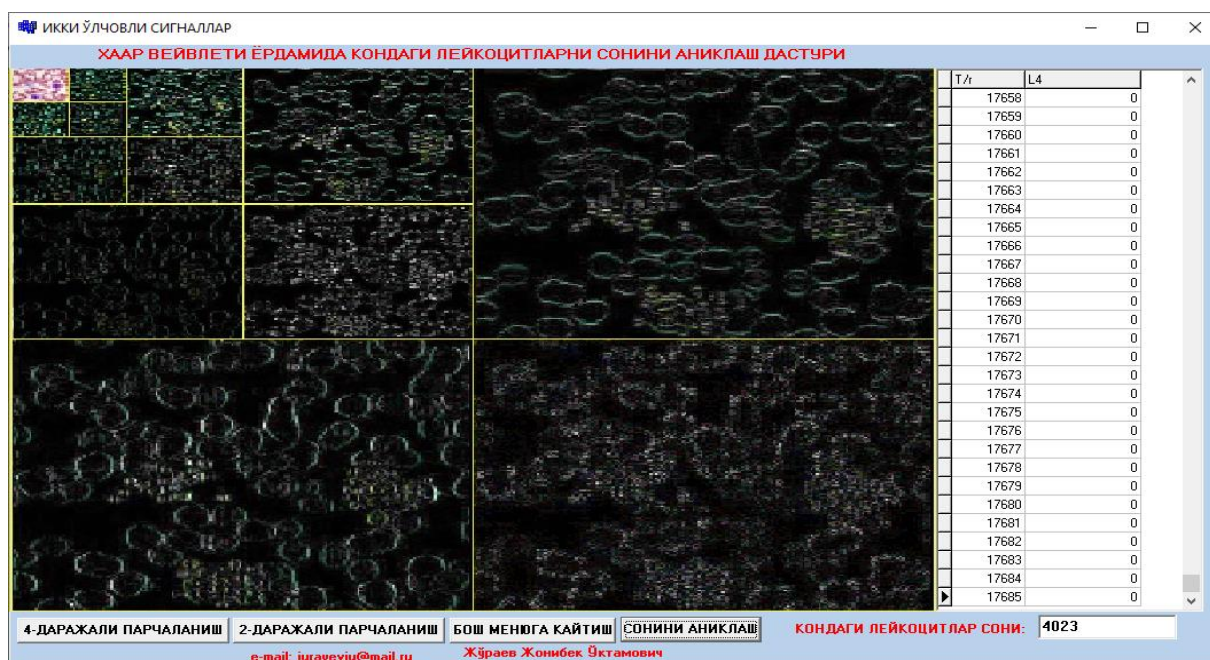


Рис. 5. Окно программы после разложения изображения крови 4 степени

Результаты работы программы показали, что количество степеней разложения 4, количество лейкоцитов - 4023.

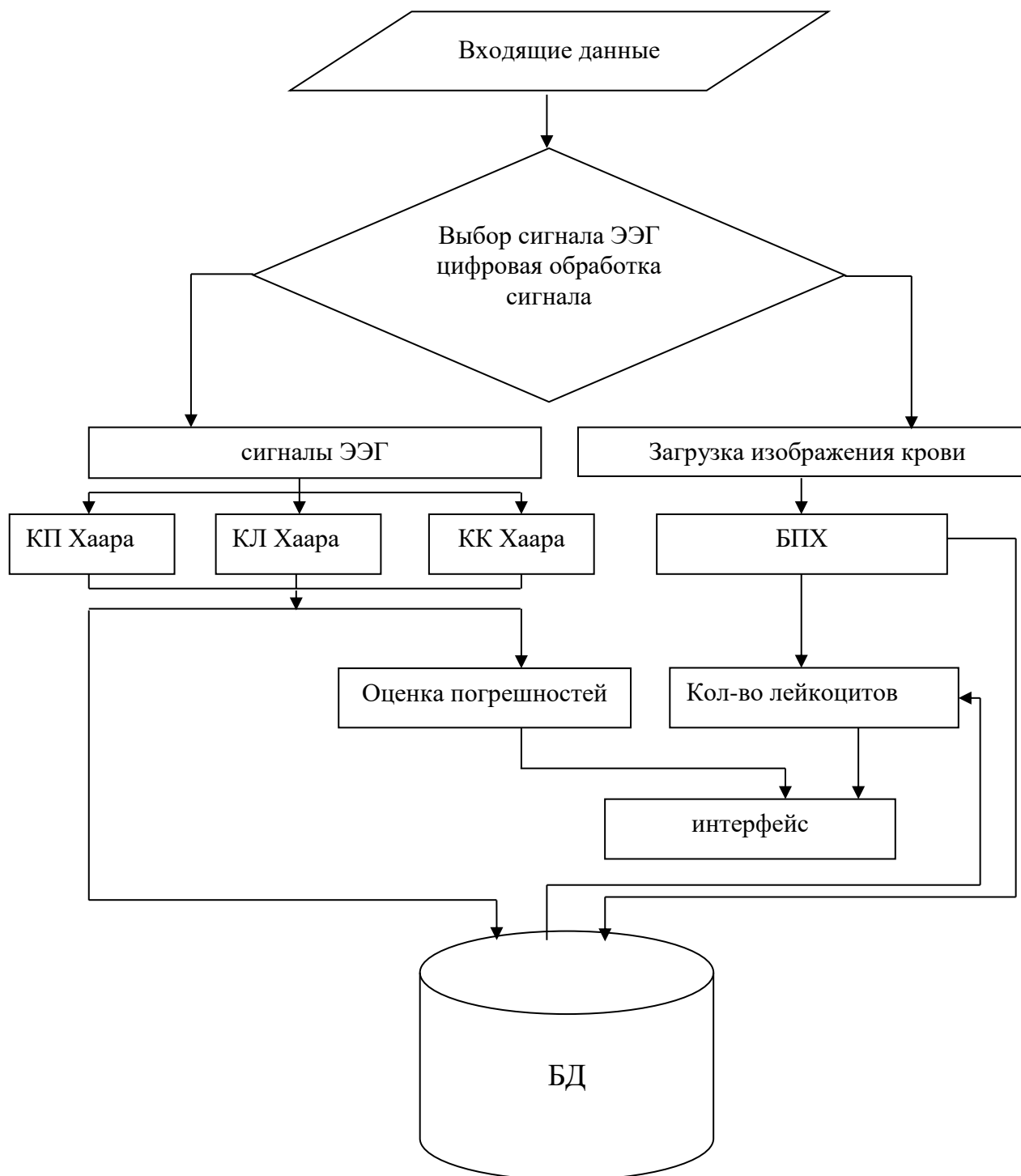


Рис. 6. Функциональная схема цифровой обработки сигнала ЭЭГ и изображения крови.

Программный комплекс, разработанный с помощью данной функциональной схемы, позволит представить врачам первичные данные для диагностики пациентов путем цифровой обработки сигналов ЭЭГ и изображения крови в клинике №1 Самаркандского медицинского института.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения диссертационной работы получены следующие научные и практические результаты.

1. Были проанализированы функции и модели наложения сигналов, и были сравнены вейвлеты Хаара, вейвлеты Добеши, сплайн-вейвлеты и другие типы вейвлетов. В результате, на основе результатов, полученных в таблице 1.1, для цифровой обработки сигналов ЭЭГ и медицинских изображений были выбраны вейвлеты Хаара. Выявлены возможности улучшения вейвлет-моделей Хаара.

2. Проанализированы широко используемые в цифровой обработке сигналов вейвлет Хаара, вейвлет Добеши и сплайн-вейвлет. Удобство вейвлет-метода Хаара состоит в том, что существуют быстрые алгоритмы вычисления коэффициентов. Но точность этого вейвлет-метода недостаточна для решения многих практических задач. Было показано, что можно повысить точность, переключившись на полиномиальные вейвлеты Хаара, и что относительная ошибка Хаара уменьшена на 31% путем математического моделирования цифровой обработки сигнала ЭЭГ с использованием усовершенствованного вейвлет-метода.

3. Интерполяция функций выполнялась с помощью кусочно-постоянной Хаара и его усовершенствованных методов элементарных вейвлетов, и оценивались их ошибки. Функции также были интерполированы на вейвлет-модели Добеши (db2), Добеши (db3), и их ошибки также были оценены. В результате точность восстановления сигнала в предложенной усовершенствованной вейвлет-модели Хаара увеличилась на 10-12%.

4. Были разработаны модели фрагмент-линии и фрагмент-квадратичный вейвлет, которые улучшили дробный вейвлет Хаара. С помощью этих моделей сигнал ЭЭГ был обработан в цифровом виде и оценены его ошибки. В результате сигнал ЭЭГ был очищен от шума на 1,8% при определенном уровне и на 3% при КЛХ.

5. Создан программный комплекс для математического моделирования цифровой обработки сигналов и медицинских изображений с помощью вейвлетов Хаара.

6. Вейвлет-модели Хаара, предназначенные для цифровой обработки сигналов, также могут использовать двумерные сигналы (изображения) для цифровой обработки. В этом случае расчет коэффициентов осуществляется в два этапа: коэффициенты вычисляются в строках на первом этапе и в столбцах на втором этапе. В результате были определены коэффициенты аппроксимации и разрешения обработанного цифровым способом изображения.

7. Количество лейкоцитов в крови определяли в результате цифровой обработки изображения крови с использованием двухпараметрической вейвлет-модели Хаара. В результате пациенты получили основную информацию о своем здоровье.

**AD HOC SCIENTIFIC COUNCIL AT THE SCIENTIFIC COUNCIL
AWARDING SCIENTIFIC DEGREES DSc.13/30.12.2019.T.07.01 AT
TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

SAMARKAND STATE UNIVERSITY

JURAEV JONIBEK UKTAMOVICH

**ALGORITHMS AND PROGRAMS FOR MODELING TWO-
DIMENSIONAL SIGNALS BY WAVELET METHODS**

05.01.07 – Mathematical modeling. Numerical methods and program complexes

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

Tashkent-2021

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.4.PhD/T1947.

The dissertation has been prepared at Samarkand State University.

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

Scientific adviser: **Zaynidinov Hakimjon Nasridinovich**
Doctor of Technical Sciences, professor

Official opponents: **Nazirova Elmira Shodmonovna**
Doctor of Technical Sciences, docent

Boltaboyev Shuxrat Komiljonovich
doctor of philosophy (PhD) on technical sciences

Leading organization: **Tashkent State Transport University**

The defense will take place “24” december 2021 at 16⁰⁰ on the meeting of Scientific council No. DSc.13/30.12.2019.T.07.01 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

The dissertation is available at the Information Resource Centre of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under No. 235). (Address: 100202, Tashkent City, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation sent out on “11” december 2021 y.
(mailing report No. 42 on “09” december 2021 y.).



R.Kh. Khamdamov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, professor

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

Sh.A. Sadullayeva
Chairman of the academic seminar under the
scientific council awarding scientific degrees,
Doctor of Physical-Mathematical Sciences, docent

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work models, algorithms and software complex for digital processing of medical images and signals by Haar wavelets.

The object of the research work are the processes of digital processing of medical images obtained on the basis of experience and electroencephalographic signals in medicine.

The scientific novelty of the research work is as follows:

Haar fragmentary constant wavelet method used in digital signal and image processing has been improved by using spline wavelets;

a mathematical model and algorithms for the process of digital processing of the electroencephalographic signal based on improved linear-linear and piecewise-quadratic Haar wavelet methods have been developed;

compression algorithms for the image matrix were developed based on Haar two-parameter wavelet methods;

digital signal processing and medical imaging algorithms were created using advanced wavelet techniques.

Implementation of the research results. Based on scientific results obtained using algorithms and their software for digital signal processing by Harr wavelets with one or two variables:

algorithms and software for digital processing of biomedical signals by wavelet methods were introduced into the activities of the Andijan branch of the Republican Scientific and Practical Center for Emergency Medical Aid (reference of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications No. 33-8 / 6886 dated September 29, 2021). As a result, the level of errors was reduced by 6-10% compared to traditional methods used in medical institutions;

a software tool that determines the level of leukocytes in the blood and performs digital processing of electroencephalographic signals using Haar wavelet methods has been introduced into the activities of the clinic No. 1 of the Samarkand State Medical Institute (certificate of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications dated September 29, 2021 No. 33-8 / 6886). As a result of the application of the developed software, the efficiency of medical research increased, the information content of the results obtained, their accuracy and reliability increased, the error decreased: the time for determining the level of leukocytes in the blood and the level of errors were reduced by 58%;

wavelet methods and a software complex for digital processing of microscopic images of brain structures developed on their basis have been introduced into the activities of the Republican Center for Forensic Medicine (certificate of the Ministry for the Development of Information Technologies and Communications No. 33-8 / 6886 dated September 29, 2021). As a result, the time for determining changes in the structures of the brain was reduced by 61% and the level of errors decreased by 11-15%.

Publication of research results. On the topic of the dissertation, 29 scientific works were published, including 11 in scientific publications recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main scientific results of doctoral dissertations (3 in foreign and 8 in republican journals), and 4 certificates of official registration of programs were received. for computers.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and annexes. The volume of the thesis is 102 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙҲАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Зайнидинов Х.Н, Жураев Ж.У. Функцияни Хаарнинг бўлак- ўзгармас ва бўлак- чизиқли вейвлетлари ёрдамида интерполяциялаш // «Muhammad al-Xorazmiy avlodlari» илмий-техника ва ахборот-таҳлилий журнали. – Тошкент, № 2(12), 2020, Б. 19-24. (05.00.00, №10).

2. Зайнидинов Х.Н, Жураев Ж.У. Бўлак- вейвлетлар ва уларни сигналларга рақамли ишлашда қўлланилиши // «ТАТУ хабарлари» республика илмий-техник журнали. Тошкент, № 2. 2020. Б. 156-165. (05.00.00, №31).

3. Жураев Ж.У, Ураков Ш.У. Хаарнинг бўлак-ўзгармас ва Добеши вейвлетларида сигналларга рақамли ишлов бериш // Фан ва технологиялар тараққиёти. –Бухоро, 2020, Б. 133-142. №.6. (05.00.00, №24).

4. Жураев Ж.У. Хаар вейвлетлари ёрдамида эгилувчан пластин моделларини қуриш // Me'morchilik va qurilish muammolari. –Самарқанд, 2020, Б. 124-127. 1(№2). (05.00.00, №14).

5. Juraev J.U. Digital signal processing with polynomial and Dobeshi wavelets // Наманган муҳандислик-технология институти илмий-техника журнали. – Namangan, Vol. 5, 2020.-P.235-243. (05.00.00, №33).

6. Khakimjon Nasridinovich Zaynidinov, Jonibek Uktamovich Juraev, Asror Mahmadosovich Boytemirov. Digital processing of biomedical signals in haar's part-wavelet models // Asian Journal of Multimidimensional Research. Vol 10, Issue 9. 2021.-P.130-139.

7. Zaynidinov H.N, Yusupov I, Juraev J.U, Jabbarov J.S. Applying Two-Dimensional Piecewise-Polynomial Basis for Medical Image Processing// International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering Vol. 9, №6. 2020. –P.5259-5265. <https://doi.org/10.30534/ijtcse/2020/156942020>

8. Zaynidinov H.N, Juraev J.U, Juraev U.S., Digital Image Processing with Two-Dimensional Haar Wavelets. // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, № 9(3), 2020, pp. 2729-2734. <https://doi.org/10.30534/ijtcse/2020/3893202>

9. Zaynidinov H.N, Dadajanov U, Jurayev J.U. Algorithm for compressing blood images using two-dimensional wavelets Haar // Hisoblash va amaliy matematika muammolari. – Тошкент, 2020, Б. 133-142. №1(31). (05.00.00, №23)

10. Зайнидинов Х.Н, Жураев Ж.У, Жураев У.С. Хаарнинг бўлак-вейвлет моделларида биомедицина сигналларини рақамли ишлаш // Ўзбекистон миллий ахборот агентлиги- ЎЗА илм-фан бўлими. Тошкент, 2021, Б. 294-306.

11. Зайнидинов Х.Н, Мелиев Ф.Ф, Жураев Ж.У. Функцияни Хаар ва Добеши вейвлетлари ёрдамида интерполяциялаш // «Muhammad al-Xorazmiy

avlodlari» ilmiy-техника ва ахборот-таҳлилий журнали. – Тошкент, 2021, Б. 24-28. 1(№15). (05.00.00, №10).

II бўлим (II часть; II part)

12. Зайнидинов Х.Н, Жураев Ж.У. Кубик сплайн асосида интерполяциялаш аниқлигини оширувчи алгоритм ва дастурий воситалар // SamDU ilmiy axborotnomasi. –Самарқанд, 2019, Б. 117-121. №5.

13. Ураков Ш.У, Жураев Ж.У, Абдуллаева С.Б, Тохирова Ф.А. Биомедицина сигналларини Хаар ва Добеши вейвлетлари ёрдамида рақамли ишлаш // Problems of Biology and Medicine. –Самарқанд, 2020, Б. 119-124. №6(124).

14. Зайнидинов Х.Н, Жураев Ж.У. Определение непрерывного вейвлет - преобразование // Международной научной конференции Актуальные проблемы прикладной математики и информационных технологий г. Ташкент, 2019.

15. Зайнидинов Х.Н, Жураев Ж.У, Маннапова М.Г. Интерполяция функций с помощью кусочно-постоянных и кусочно-линейных вейвлетов Хаара. // Автоматика и программная инженерия. Новосибирск, 2020, -С. 42-48. №1 (31).

16. Зайнидинов Х.Н, Юсупов И, Жаббаров Ж.С. Цифровая обработка медицинских изображений в кусочно-полиномиальных базисах Хаара // Автоматика и программная инженерия. 2020, С. 16-23. №3(33).

17. Зайнидинов Х.Н, Жураев Ж.У, Жураев У.С. Хаарнинг бўлак-вейвлет моделларида биомедицина сигналларини рақамли ишлаш // «XXI аср – интеллектуал авлод асри» шиори остидаги V республика илмий-амалий конференцияси. Тошкент, 2020, Б. 322-327.

18. Жураев Ж.У, Нурмуродов Ж.Н. Хаарнинг бўлак-полиномиал вейвлетларида функцияларни интерполяциялаш// «Prospects of Development of Science and Education» мавзусидаги мавзусидаги Халқаро илмий конференция. Тошкент, 2020, Б. 165-168.

19. Жураев Ж.У. Функцияни Добеши вейвлетлари ёрдамида рақамли ишлаш // Ижтимоий соҳаларни рақамлаштиришда инновацион технологияларнинг ўрни ва аҳамияти республика илмий-амалий анжумани маърузалар тўплами. Қарши, 2020, Б. 292-294.

20. Жураев Ж.У. Добеши вейвлетлари ёрдамида сигналларни рақамли ишлаш // Ахборот-коммуникация технологиялари ва дастурий таъминот яратишда инновацион ғоялар. Самарқанд, 2020, Б. 52-54.

21. Жураев Ж.У. Функцияни Хаарнинг бўлак- чизиқ вейвлетлари ёрдамида интерполяциялаш // Ахборот-коммуникация технологиялари ва телекоммуникацияларнинг замонавий муаммолари ва ечимлари. Фарғона, 2020, Б. 344-346.

22. Жураев Ж.У, Маннапова М.Г. Хаарнинг бўлак- ўзгармас вейвлетлари ёрдамида сигналларга рақамли ишлов бериш // «Олий таълим тизимида

таълим сифати ва илмий-тадқиқот ишларини ривожлантириш истиқболлари: муаммо ва ечимлар» мавзусида Республика миқёсида илмий-амалий конференция. Наманган, 2020, Б. 5-6.

23. Жураев Ж.У. Хаарнинг бўлак-вейвлетлари ва уларни сигналларга рақамли ишлашда қўлланилиши // «Инновацион ва замонавий ахборот технологияларини таълим, фан ва бошқарув соҳаларида қўллаш истиқболлари» Халқаро илмий-амалий конференцияси. Самарқанд, 2020, Б. 95-99.

24. Zaynidinov H.N, Yusupov I, Juraev J.U, Dhananjay Singh. Digital processing of blood image using two-dimensioned haar wavelets // Intelligent Human Computer Interaction. Korea, 2020 P. 83-95. №1. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-68449-5>.

25. Жураев Ж.У. Хаарнинг бўлак-чизик вейвлетини куриш // «Ахборот-коммуникация технологиялари ва телекоммуникацияларнинг замонавий муаммолари ва ечимлари» Онлайн республика илмий-техник анжумани. Фарғона, 2021, Б. 38-40.

26. Зайнидинов Х.Н, Ураков Ш.У, Жураев Ж.У. Функция ва тажрибада олинган маълумотларни сплайн усулида интерполяциялаш дастури // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронновычислительных машин. № DGU 07021. 28.08.2019.

27. Зайнидинов Х.Н, Жураев Ж.У, Зайнидинов И.Х., Юсупов И. Сигналларни бўлак-полиномиал вейвлетлар ёрдамида рақамли ишлаш дастури // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронновычислительных машин. № DGU 07830. 29.02.2020.

28. Зайнидинов Х.Н, Жураев Ж.У, Абдиев К.М, Мелиев Ф.Ф. Хаар вейвлетлари ёрдамида тасвирларни сифатини ошириш дастури // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронновычислительных машин. № DGU 09369. 12.10.2020.

29. Зайнидинов Х.Н, Жураев У.С, Нурмуродов Ж.Н, Тожибоев Ғ.О, Жураев Ж.У. Сигналларни рақамли ишлаш дастури // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронновычислительных машин. № DGU 10641. 03.02.2021.

Автореферат «Муҳаммад ал-Хоразмий авлодлари» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

