

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ҲУЗУРИДАГИ ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.13/30.12.2019.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ЮСУПОВ ИБРОҲИМБЕК**

**ИККИ ЎЛЧОВЛИ СИГНАЛЛАРГА РАҚАМЛИ ИШЛОВ БЕРИШ**  
**АЛГОРИТМЛАРИ ВА ДАСТУРИЙ МАЖМУАСИ**

05.01.04 – Ҳисоблаш машиналари, мажмуалари ва компьютер тармоқларининг математик  
ва дастурий таъминоти

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

**Тошкент – 2021**

**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**

**Юсупов Иброҳимбек**

Икки ўлчовли сигналларга рақамли ишлов бериш алгоритмлари ва  
дастурий мажмуаси. . . . . 3

**Юсупов Иброҳимбек**

Алгоритмы и программный комплекс цифровой обработки двумерных  
сигналов. . . . . 21

**Yusupov Ibrohimbek**

Algorithms and software complex for digital processing of two-dimensional  
signals. . . . . 39

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

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

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**  
**ҲУЗУРИДАГИ ФАН ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ**  
**DSc.13/30.12.2019.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ЮСУПОВ ИБРОҲИМБЕК**

**ИККИ ЎЛЧОВЛИ СИГНАЛЛАРГА РАҚАМЛИ ИШЛОВ БЕРИШ**  
**АЛГОРИТМЛАРИ ВА ДАСТУРИЙ МАЖМУАСИ**

05.01.04 – Ҳисоблаш машиналари, мажмуалари ва компьютер тармоқларининг математик  
ва дастурий таъминоти

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

**Тошкент – 2021**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.2.PhD/T2217 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) ва «Ziynet» ахборот таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

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

**Расмий оппонентлар:** **Маматов Нарзилло Солидждонович**  
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

**Каххоров Алохон Абровович**  
техника фанлари номзоди, доцент.

**Етакчи ташкилот:** **Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон миллий университети**

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

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

Диссертация автореферати 2021 йил « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ куни тарқатилди.  
(2021 йил « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси)



**Р.Х.Хамдамов**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, техника фанлари доктори, профессор

**Ф.М.Нуралиев**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, техника фанлари доктори, профессор, доцент

**М.А.Рахматуллаев**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, техника фанлари доктори, профессор

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Ҳозирги пайтда сигналларга рақамли ишлов бериш, катта ҳажмдаги маълумотларга рақамли ишлов бериш масалаларини ечишнинг самарали усулларини топиш, уларни тадқиқ қилиш ва амалий натижаларни олишда қўллаш, маълумотларни қайта ишлаш тезлигинини ошириш масалаларини ҳал этиш, шунингдек, cloud технологияларидан фойдаланиб сервис ишлаб чиқиш ва компьютер ресурсларни тежаш муҳим аҳамият касб этади. Геофизик тадқиқотлар натижасида олинган сигналларга рақамли ишлов бериш орқали фойдали қазилма бойликларни захираларини аниқлаш, башоратлаш масалаларини ечишнинг замонавий математик усулларни қўллаш зарурати туғилмоқда. Ушбу йўналишда жаҳоннинг ривожланган мамлакатларида, жумладан АҚШ, Россия федерацияси, Хитой, Жанубий Корея, Германия ва Япония давлатларида сигналларни рақамли ишлаш, катта ҳажмдаги маълумотларга рақамли ишлов беришнинг тезкор алгоритмларини яратиш, cloud технологиялари ёрдамида турли сервисларни ишлаб чиқиш устида тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Жаҳонда сигналларни рақамли ишлаш, спектрал коэффициентларни ҳисоблашнинг тезкор алгоритмларини яратиш ва уни амалиётга жорий этиш, катта ҳажмдаги маълумотларни қайта ишлаш тезлигини ошириш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш, ҳамда замонавий cloud технологиялари ёрдамида сигналларни рақамли ишлаш сервисини ташкил этиш орқали қурилмага бўлган қарамликни олдини олиш ва ресурсларни тежаш масалалари ўрганилмоқда. Сигналларни рақамли ишлашда Хаарнинг бўлак-полиномиал базисларда коэффициентларни ҳисоблаш алгоритмларини такомиллаштириш ва қўллаш, шунингдек янги технологиялар ёрдамида сервислар ташкил этиш орқали мавжуд алгоритмларни такомиллаштириш ва сервислар ишлаб чиқиш масалаларини ечиш мумкин. 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...» вазифалари белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда, жумладан, сигналларни рақамли ишлашда Хаар функциясидан фойдаланиш ва Хаар бўлак-полиномиал базисларида сигналларни рақамли ишлаш усулини ишлаб чиқиш, спектрал коэффициентларни ҳисоблашнинг тезкор алгоритмларини яратиш, катта ҳажмдаги маълумотларга тезкор ишлов бериш, сигналларни рақамли ишлаш алгоритмларининг самарадорлигини ошириш ва бўлак-полиномиал базисларни тадқиқ қилиш, мавжуд базислар камчиликларини аниқлаш ва бартараф этишга мўлжалланган усул, алгоритм, аппарат ва дастурий воситаларни ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича

Харакатлар стратегияси тўғрисида» ги ва 2018 йил 19 февралдаги ПФ-5349-сон «Ахборот технологиялари ва коммуникациялари соҳасини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги Фармонлари, 2018 йил 7 мартдаги Вазирлар Маҳкамасининг «Алоқа, ахборотлаштириш ва телекоммуникация хизматлари сифатини янада яхшилашга доир чора-тадбирлар тўғрисида» ги 185-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 устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Сигналларга рақамли ишлов бериш масалалари доирасида ўзининг илмий изланишларини олиб борган хорижий олимлардан: А.Хаар, Х.Ф.Хармут, С.Маллат, Ч.Чуи, В.П.Дьяконов, И.В.Абраменкова, Ж.Берг, Брижмоҳан Сингх, Дҳананжай Сингх, В.Гоял, Л.Рабинер, Э.Айфичер, Б.Джервис, Б.Гоулд, Л.А. Залманзон, М.Веттерли, Пламен Крастев, Ҳ.Г.Старк, С.Ф.Свиньин, Р.Х. Садыхов, П.М. Чеголин, Ж.Фикс, Г.Стренг, ва маҳаллий олимлардан эса М.Мусаев, Х.Н.Зайнидинов, У.Р.Хамдамов ва бошқалар сигналларга рақамли ишлов бериш хусусиятлари ҳамда уларни техник иловаларда қўллаш имкониятларини ўрганиб чиққанлар.

Шу билан бирга, ҳозирги кунда геофизик тадқиқотлар ёрдамида ўлчаб олинган сигналларга рақамли ишлов беришда Хаар бўлак-полиномиал базисларини қўллаш ва спектрал коэффициентларни ҳисоблашнинг тезкор алгоритмларига асосланиб сигнал спектрининг энергиясини ҳисоблаш кенг қўлланилмоқда. Юқоридаги олимлар томонидан олиб борилган илмий ишларда Хаар бўлак-ўзгармас базисларида сигналларни рақамли ишлаш алгоритми яхши ёритилган бўлишига қарамай, бўлак-чизиқли ва бўлак-квадратик базислар етарлича ўрганилмаган. Бўлак – полиномиал базисларнинг кенг имкониятларини янада очиб бериш ва мавжуд алгоритмларни такомиллаштириш, замонавий cloud технологиялари ёрдамида сервис ишлаб чиқиш, шунингдек, дастурий ва аппарат воситалар яратиш муаммолари етарли даражада ўрганилмаган.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университетининг илмий тадқиқот ишлари режасининг №А5-058 «Бўлак-полиномиал базисларда биомедицина маълумотларини рақамли ишлаш усул ва воситаларини яратиш» (2015–2017), №БА-А5-021 «Вейвлет таҳлил асосида сейсмик сигналларга ишлов бериш учун ихтисослаштирилган тизимни ишлаб чиқиш» (2017–2018), №БВФ-Атех-2018-249 «Биометрик сигналларга рақамли ишлов бериш

усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш» (2018 – 2020) мавзуларидаги илмий лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** Хаар бўлак-полиномиал базисларида икки ўлчовли сигналларни рақамли ишлаш алгоритмлари ва дастурий мажмуа яратишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

бир ва икки ўлчовли бўлак-полиномиал базисларни тадқиқ қилиш, мавжуд базислар камчиликларини аниқлаш ва бартараф этиш;

бўлак-полиномиал базисларда коэффицентларни ҳисоблаш алгоритмларини яратиш;

сигналларни октавалар усулида рақамли ишлаш алгоритмларини яратиш;

cloud технологиялари ёрдамида бир ва икки ўлчовли сигналларни рақамли ишлаш сервисини таклиф этиш;

сигналларни рақамли ишлаш ва сервисини ташкил этиш жараёнларини моделлаштириш учун дастурий мажмуа ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида бир ўлчовли гастроэнтерологик, икки ўлчовли геофизик сигналлар ва уларнинг спектрлари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** Икки ўлчовли сигналларга рақамли ишлов бериш ва Хаарнинг бўлак-полиномиал базисларида тез ўзгартиришлар алгоритми.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида функционал таҳлил усуллари, спектрал ўзгартириш ва моделлаштириш назарияси, қаторлар ва матрицалар назарияси, хизмат кўрсатиш технологиялари, параллел ҳисоблаш жараёнлар назарияси, шунингдек, cloud технологияларидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилigi** қуйидагилардан иборат:

Хаарнинг бўлак-полиномиал базисларида спектрал коэффицентларни ҳисоблашнинг тезкор алгоритмлари ишлаб чиқилган;

бир ва икки ўлчовли сигналларни октавалар усули ёрдамида рақамли ишлаш алгоритми ишлаб чиқилган;

cloud технологияларига асосланган платформа сервис модели ёрдамида бир ва икки ўлчовли сигналларга рақамли ишлов бериш сервисини ва функционал схемасини ишлаб чиқилган;

cloud технологиялар ёрдамида платформа сервис модели асосида бўлак-полиномиал базисларда сигналларга рақамли ишлов бериш дастурий мажмуасини сервисини яратилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

бўлак-квадратик базисларда коэффицентларни ҳисоблашнинг тезкор алгоритми асосида дастурий мажмуа яратилган;

икки ўлчовли сигналларни октавалар усули асосида рақамли ишлаш дастурий мажмуа яратилган;

cloud технологияси ёрдамида бир ва икки ўлчовли сигналларни рақамли ишлаш сервисини ва дастурий мажмуа яратилди.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги муаммони ўрганиш ва таҳлил қилиш натижасида биомедицина ва геофизика соҳасида сигналларга рақамли ишлов бериш учун қўлланилувчи ҳисоблаш тизимларининг самарадорлигига қўйиладиган юқори талаблар, бўлак-полиномиал базисларда коэффициентларни ҳисоблашнинг тезкор алгоритмлари ва октава усули, ҳамда замонавий cloud технологиялари ёрдамида сервис яратиш талабларига мослиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти сигналларни рақамли ишлашда тезкор алгоритмлар ишлаб чиқиш учун назарий ва услубий асослар билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти геофизик сигналларни рақамли ишлашнинг бўлак-базис усуллари, алгоритмлари ва улар асосида ишлаб чиқилган дастурий мажмуа жараёнларни тезлиги ва сифатини ошириш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларини жорий қилиниши.** Икки ўлчовли сигналларга Хаарнинг бўлак-полиномиал базисларида рақамли ишлов бериш алгоритмлар, cloud сервис ва уларнинг дастурий мажмуалари ёрдамида олинган илмий янгиликлар асосида:

бир ўлчовли сигналларга рақамли ишлов беришда Хаарнинг бўлак-полиномиал базисларини қўллаш орқали ишлаб чиқилган дастурий мажмуа “GM-Uzbekistan” акциядорлик жамиятига жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги маълумотнома № 33-8/2357-сон, 01.04.2021й.). Натижада, маълумотларни қайта ишлаш вақтини қисқартиришга, меҳнат унумдорлиги 30%га оширишга ва қайта ишлаш натижаларидаги хатоликни 6%га қисқартириш имконини берди;

октавалар усулида икки ўлчовли геофизик сигналларига рақамли ишлов бериш дастурий воситаси «Гидрогеология ва инженерлик геологияси институти» давлат муассасасига жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги маълумотнома № 33-8/2357-сон, 01.04.2021й.). Натижада яратилган дастурий восита геофизик тадқиқотлар, хусусан ер ости сувлари ҳолати шарт-шароитларини баҳолаш ва геофизик майдонларнинг аномал ўзгаришларини аниқлашнинг самарадорлиги, олинган натижаларнинг информативлигини, аниқлиги ва ишончлилигини оширди ва хатоларни камайтиришга олиб келди. Бунда сигналнинг спектрал коэффициентларини ҳисоблашга кетадиган вақтни 35% га ва хатоликни 18-22% га камайтириш имконини берди;

бўлак-полиномиал базисларда биомедицина сигналларини рақамли ишлаш алгоритми асосида яратилган дастурий мажмуа Республика шошилич тез тиббий ёрдам илмий-амалий марказининг Андижон филиалига жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларини ривожлантириш вазирлиги маълумотнома



№ 33-8/2357-сон, 01.04.2021й.). Натижада спектрал коэффициентлани ҳисоблашнинг тезкор алгоритми асосида ишлаб чиқилган дастурий мажмуа ёрдамида биомедицина сигналларига рақамли ишлов беришга кетган вақтни, маълумотларнинг информативлиги, ҳисоблашлар самарадорлигини оширишга имкон берди.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 14 та, жумладан 10 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 26 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этган илмий нашрларда 6 та мақола, 4 таси хорижий ва 2 таси республика журналларида нашр қилинган ҳамда 4 та ЭҲМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

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

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурлик даражаси асослаб берилган, мақсад ва вазифалар шакллантирилган, тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларининг устувор йўналишларига мослиги белгиланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари кўрсатиб ўтилган, олинган натижаларнинг ҳаққонийлиги асослаб берилган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга татбиқ этилиши рўйхати, ишни синаш натижалари, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилмаси тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «Сигналларни рақамли ишлаш методларининг умумий тавсифи» деб номланган биринчи боби бир ва икки ўлчовли бўлак полиномиал базисларнинг таҳлили, уларни амалий масалаларни ечишда қўллаш усуллари, мавжуд базисларни қўллашнинг ҳозирги ҳолати, сервис ташкил этиш асослари, cloud технологияларининг ўзига хос хусусиятлари, cloudни амалга ошириш моделларидан фойдаланиб сервис яратиш асосларини тадқиқ этишга бағишланган. Шунингдек, ушбу бобда сигнал моделларини куриш учун қўлланиладиган махсус базис функциялар ўрганиб чиқилди ва таҳлил қилинди.

Сигналларга рақамли ишлов бериш ва амалий масалаларни ечишда базис функциялар сифатида кенг қўлланиладиган синус ва косинус функциялардан ташқари махсус базис функциялар, ҳусусан Уолш, Хаар, Ҳармут тадқиқ қилинди ва натижада Хаар базиси танлаб олинди. Хаарнинг

турли базислари таҳлил этилиб мавжуд базисларнинг камчиликлари аниқланди ва ушбу камчиликларни бартараф этиш учун бўлак-ўзгармас базислардан бўлак-полиномиал базисларга ўтиш кераклиги асосланди.

Хусусан, Хаар функцияси тизими доимий равишда қуйидагича аниқланади:

$$har_{pj}(x) = \begin{cases} +1 & x \in h_{pj}^- \\ -1 & x \in h_{pj}^+ \\ 0 & x \in h_{pj} \end{cases} \quad (1)$$

Шуни таъкидлаш керакки  $har_0(x) \cong 1$ ;  $p$  сони Хаар функцияларининг тартиб рақами деб аталади. ( $p=1, 2, \dots$ )

$$h_{pj} = \left[ \frac{j}{2^{p-1}} \quad \frac{j+1}{2^{p-1}} \right] \quad (2)$$

Бу ерда  $j=0,1,\dots,2^{p-1}$ ,  $k=j+2^{p-1}$ , иккилик сегмент узунлиги  $h_{pj}$ .

Маълумки, Хаар қатори (1) хусусий ҳолда қуйидагича ифодаланади:

$$f(x) = \sum_{k=0}^{n-1} C_k \cdot har_k(x) \quad (3)$$

Бу ерда  $f(x)$  – берилган функция,  $har_k(x)$  - Хаар функцияси,  $C_k$  - спектрал коэффициентлар,  $n$ - чегара қиймати,  $k = 0,1,2,3,\dots$ .

Ушбу тенглик (2) ўрта квадратик яқинлашишни таъминлаб беради. Буларнинг барчаси коэффициентлар қандай ҳисобланганига боғлиқ.

Хусусан, Хаар функциясининг афзаллиги аппроксимация учун талаб этиладиган спектрал коэффициентлар қийматларнинг камлиги ва мураккаб ифодаларнинг йўқлиги ҳисобланади. Бунда фақат қўшиш, айириш ва силжитиш операциялари қўлланилишини кўриш мумкин.

Шунингдек, Хаарнинг бўлак-ўзгармас базисларида спектрал коэффициентларни ҳисоблашнинг тезкор алгоритмлари мавжудлиги, ҳисоблашлар ҳажмининг минималлиги, ҳар бир операциянинг соддалиги ва талаб қилинадиган оператив хотира ҳажмининг минималлиги ушбу базисларни сигналларни рақамли ишлаш масалаларида кенг қўлланилишига сабаб бўлди. Сигналларни рақамли ишлашда кенг қўлланиладиган бўлак-ўзгармас базислар таҳлили натижаси шуни кўрсатдики, баъзи амалий масалаларни ечишда ушбу базисларда сиқиш эффекти ва "силликлик" кўрсаткичлари пастлиги, функция қийматларини тиклаш учун талаб этиладиган коэффициентлар сонини юқорилиги уларни кенг қўлланилишига маълум даражада тўсқинлик қилади. Диссертация ишида ушбу

камчиликларни баргараф этиш учун бўлак-полиномиал (яъни бўлак – чизиқли ва бўлак – квадратик базислар)га ўтиш таклиф этилди.

Бундан ташқари икки ўлчовли сигналларни рақамли ишлашда икки ўлчовли базислардан фойдаланиш мумкин. Икки ўлчовли чизиқли базислар учун тўғри дискрет ўзгартириш коэффициентлари қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$\Delta f_{ij} = f(x_{i+1}, y_{j+1}) - f(x_i, y_j) \quad (4)$$

$$C_{kl} = \sum_i^{n-1} \sum_j^{m-1} \Delta f_{ij} \cdot \text{har}_k(x_i) \text{har}_l(y_j) \quad (5)$$

Бу ерда  $\Delta f_{ij}$  – икки ўзгарувчи функция,  $C_{kl}$  - икки ўзгарувчи Хаар функциясининг спектрал коэффициентлари,  $\text{har}_k(x_i)$  - сатр бўйича Хаар функциясини қўллаш,  $\text{har}_l(y_j)$  - устун бўйича Хаар функциясини қўллаш,  $i$  - сатр элемент индекси,  $j$  - устун элемент индекси,  $x_i$  - сатр элементлари,  $n, m$  – қатор ва устун чегара қиймати,  $y_j$  - устун элементлари.

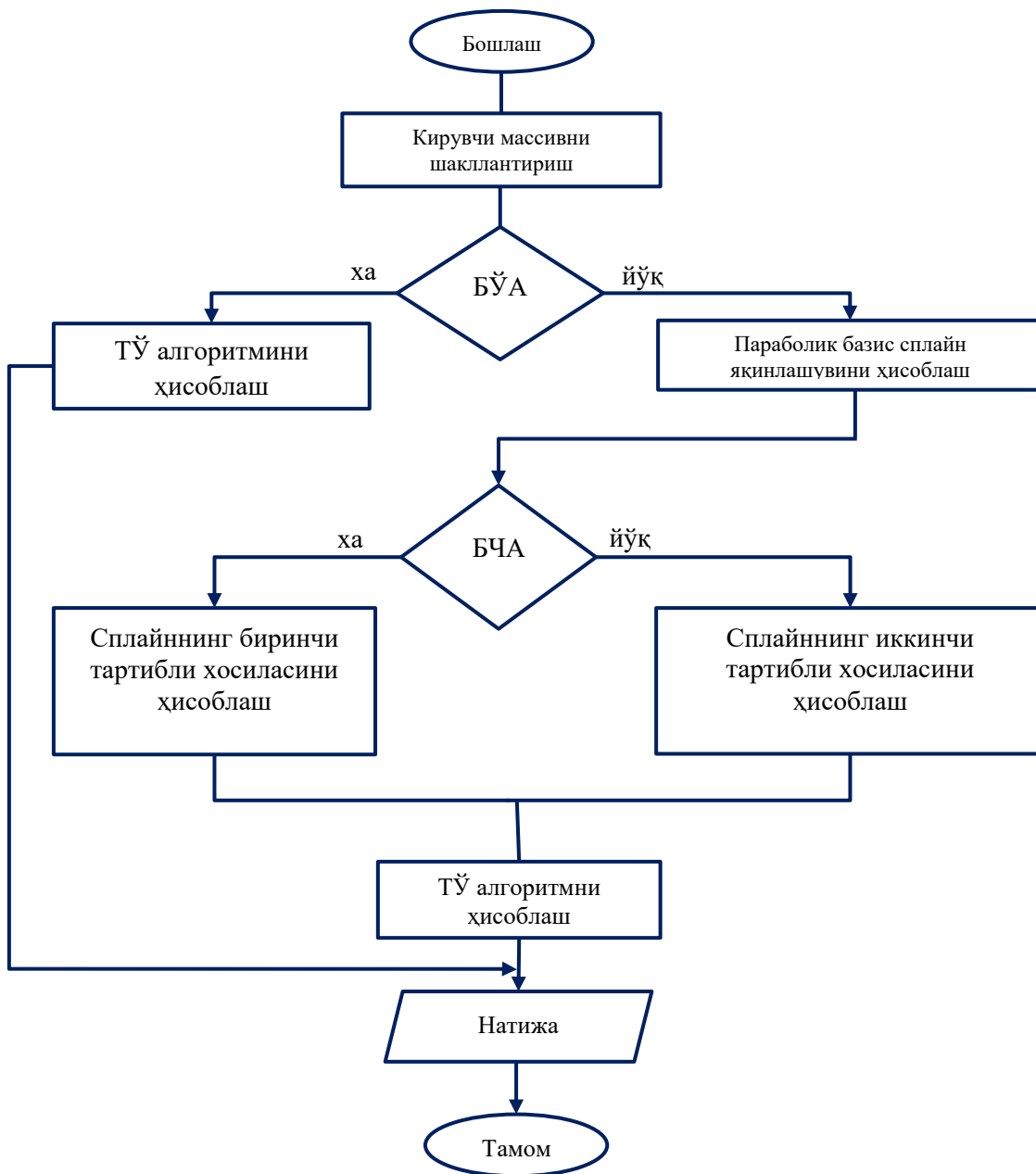
Текисликда ортогонал базис функция қуриш ғоясига асосланиб (4) икки ўлчовли базис функциялар қурилди. Натижада икки ўлчовли сигналларни рақамли ишлаш учун икки ўлчовли базислар таклиф этилди.

Cloud технологияларни имкониятлари ўрганилди. Платформа сервисининг хусусиятлари келтирилди ва унинг сигналларни рақамли ишлашда қўллашнинг анъанавий ва cloud ўртасидаги авфзалликлар таҳлил қилинди. Хусусан, веб-хизмат интерфейслари, компьютер ресурсларини тежаш, дастурий иловаларни бир хил платформадаги бошқа иловалар билан бирлаштириш имкониятлари очиб берилди.

Диссертациянинг иккинчи «**Хаарнинг бўлак-полиномиал базисларида коэффициентларни ҳисоблаш алгоритмлари**» бобида бир ва икки ўлчовли сигналларга рақамли ишлов бериш усуллари, Хаарнинг бўлак-чизиқли, бўлак-квадратик базисларда коэффициентларни ҳисоблаш алгоритмлари, сигнал энергиясини ҳисоблашнинг октав усулининг алгоритми яратилди. Танлаб олинган объект сифатида геофизик тадқиқотлардан олинган катта ҳажмдаги маълумотларга рақамли ишлов беришда икки ўлчовли Хаар базисларидан фойдаланиш таклиф этилди.

Спектрал тез ўзгартириш алгоритмига қўйиладиган талаблар асосан минимал операциялар сони, ҳар бир амалиётнинг соддалиги ва талаб қилинадиган хотира хотиранинг ҳажмини кичиклигидан иборат. Хаар базисидан спектрал тез ўзгартириш алгоритми мавжудлиги ва минимал операциялар сонини кам бўлиши унинг тезлик ва аниқлик жихатдан бошқа базислардан устунлигини кўрсатади. Ушбу хусусият икки ўлчовли сигналларга, масалан, геофизик сигнал намунасига (катта ҳажмдаги маълумотлар) ишлов беришда яққол устунлигини намоён этади. Шунингдек, ҳар бир амалиётнинг соддалиги ва талаб қилинадиган хотира хотиранинг ҳажмини кичиклиги Хаар базис имкониятларини кенгайтиради.

Турли базисларда коэффицентларни ҳисоблаш усуллари таҳлили коэффицентларни ҳисоблаш усуллари фақат бўлак-ўзгармас ва бўлак-чизиқли базисларда мавжуд эканлиги, бўлак-квадратик базисларда коэффицентларни ҳисоблашнинг тезкор алгоритмлари яратилмаганлигини кўрсатди. Шу сабабли ҳозирги кунда Хаарнинг бўлак-квадратик базислари амалий масалаларни ечишда кенг қўлланилмайди.



**1-расм. Бўлак-ўзгармас(БЎ), бўлак-чизиқли(БЧ) ва бўлак-квадратик(БК) базисларда коэффицентларни ҳисоблаш алгоритми**

Хаарнинг бўлак-ўзгармас базисларида спектрал коэффицентларни ҳисоблаш алгоритми бўлак-квадратик базислар учун ҳам қўлланилиши мумкин. Бунинг учун сигнал қийматлари бўйича иккинчи даражали

интерполяцион ёки силлиқловчи сплайн қуриш керак. Қурилган сплайннинг иккинчи тартибли хосиласига мавжуд алгоритмни қўллаш керак бўлади.

Шундай қилиб, таклиф қилинаётган алгоритм (1- расм) бўлак-квадратик базисларда спектрал коэффициентларни ҳисоблаш учун бўлак-ўзгармас базисларда спектрал коэффициентларни ҳисоблашнинг мавжуд алгоритмларидан фойдаланиш имконини беради.

**1-жадвал.**

**Базисларни талаб этиладиган арифметик амаллар сони бўйича таққослаш натижалари**

№	Базис номи	Талаб қилинадиган арифметик операциялар сони	n=1024		Комплек с сонлар устида амаллар	Фурье ва Уолш базисларига нисбатан (1ўлчовли)	Фурье ва Уолш базисларига нисбатан (2ўлчовли)
			Бир ўлчовли	Икки ўлчовли			
1.	Фурье базис	$m \cdot n$	10240	209715200	мавжуд	-	-
2.	Уолш базис	$m \cdot n$	10240	209715200	мавжуд эмас	-	-
3.	Хармут базис	$3 \cdot n - 4$	3068	18 874 368	мавжуд эмас	1.5	2.3
4.	Хаар базис	$2 \cdot n - 2$	2046	8 388 608	мавжуд эмас	5	25

Бу ерда  $n$  – функциялар қийматлар сони,  $m$ - итерациялар сони,  $n=2^m$  га тенг.

Ушбу 1-жадвалда Хаар базиси бошқа базисларга нисбатан энг кам арифметик операциялар талаб қиладиган базислиги исботланган. Жадвалга асосан Хаар базисда талаб қилинадиган арифметик операциялар сони  $2 \cdot n - 2$  формула билан ҳисобланишини кўриш мумкин. Бунда Хаар базисида  $n=1024$  бўлганда бир ўлчовлида 2046 та, икки ўлчовлида 8 388 608 та амал бажаришни талаб этади. Ушбу базисни Фурье ва Уолш базисларига нисбатан таққосланса бир ўлчовлида 1.5 баробар, икки ўлчовлида эса 2.3 баробарга кам амал бажарилишини талаб этишини кўриш мумкин.

Бу ерда сиқиш коэффициенти  $K_c$  қуйидаги формула билан аниқланади:  $K_c = n / (n - n_1)$ .  $n$ - функциялар қийматлар сони,  $n_1$  – тез ўзгартиришлар натижасида олинган ноль коэффициентлар сони.

Ушбу 2-жадвалда Хаар ва Хармут базисларни сиқиш коэффициенти бўйича турли функция ва тажриба сифатида тадқиқот натижасида олинган биомедицина ва геофизик сигналларини таққослаш келтирилган. Бунда  $Y=e^x$  функцияда Хаар базисида сиқиш эффекти  $K_c = 2.06$ , ноль коэффициентлар 51.5 % га, Хармут базисида эса  $K_c = 3.02$ , ноль коэффициентлар 69.8 % га тенглигини кўриш мумкин. Геофизик сигнал учун кўрсаткичлар эса Хаар базисида сиқиш коэффициенти  $K_c = 1.51$ , ноль коэффициентлар 34.8 %, Хармут базисида эса  $K_c = 2.64$ , ноль коэффициентлар 49.9 % ни ташкил

этган. Жадвалдан хулоса қилишимиз мумкинки, танланган соҳа учун тезлик зарур бўлса Хаар, хотира хажмини тежашга эҳтиёж бўлса Хармут базисини қўллаш мақсадга муофиқ бўлади.

2-жадвал.

**Бўлак квадратик базисларни сиқиш коэффиценти бўйича таққослаш натижалари**

№	Функция	Хаар		Хармут	
		$K_c$	Ноль коэффицентлар	$K_c$	Ноль коэффицентлар
1.	$Y=e^x$	2.06	51.5%	3.02	69.8%
2.	$y=e^x * \cos(2x)$	1.93	47.5%	2.86	63.2%
3.	Биомедицина сигнал	1.42	30.6%	2.26	46.4%
4.	Геофизик сигнал	1.51	34.8%	2.64	49.9%

Тадқиқот ишида аниқлиги танланган соҳа учун мос бўлган ва сервис яратишда маълумотларга рақамли ишлов бериш тезлигини ошириш имконини берувчи Хаар базиси қўлланилган.

Шунингдек, сигнал энергиясининг турли итерацияларидаги қийматларига қараб сигнални дискретлаш интервалини талаб этилган аниқликда топиш имконини беради. Сигнални умумий энергиясига яқинлашишини баҳолаш учун унинг спектрал энергияси коэффицентлар вектори квадрати бўйича октав спектрал энергиясини ҳисоблаш зарур бўлади. Унинг устунлиги вақт бўйича сигналлар ўзгариш муносабатига кўра инвариантлик хусусиятини англатади.

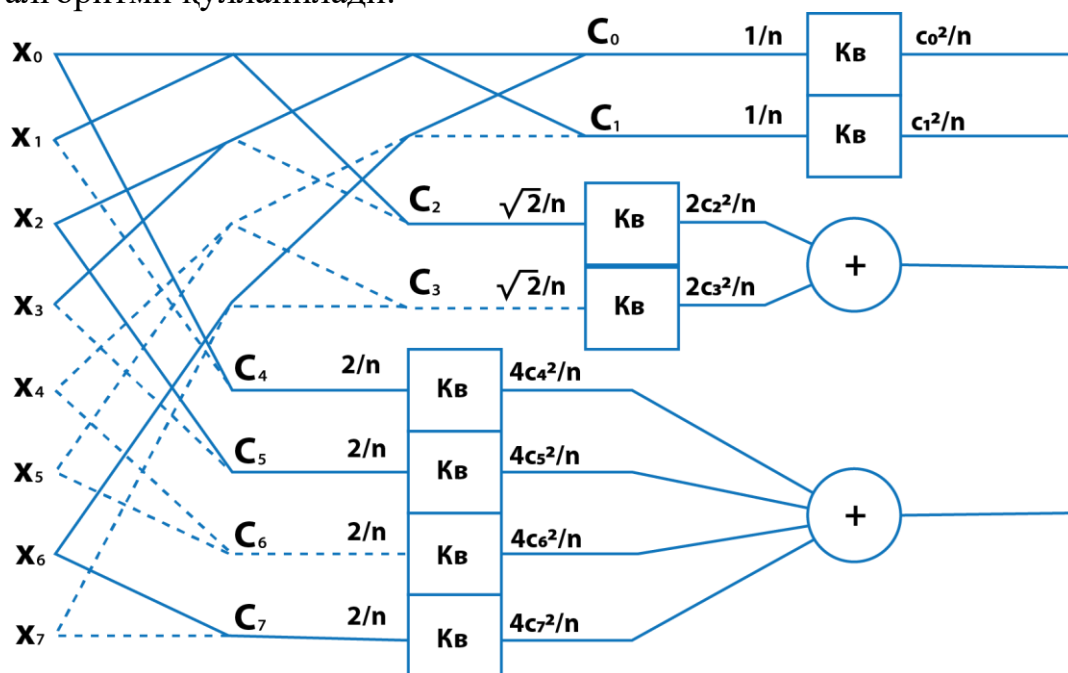
Энергия спектрининг интеграл қийматини олиш учун ортонормал Хаар коэффицентлар квадратлар йиғиндисини иккилик октав оғирликларини инобатга олган ҳолда ҳисоблаш зарур бўлади. Бир ўлчовли сигнал спектрал энергиясини ҳисоблаш формуласи қуйидагича ҳисобланади.

$$E = \left( (c_0^2 + c_1^2) + 2(c_2^2 + c_3^2) + 2^2 \sum_{n=2^2}^{2^3-1} c_n^2 + 2^3 \sum_{n=2^3}^{2^4-1} c_n^2 + \dots + 2^m \sum_{n=2^{m-1}}^{2^m-1} c_n^2 \right) n. \quad (6)$$

Бу ерда  $E$  – сигналнинг спектрал энергияси,  $c$  – бир ўлчовли сигналнинг спектрал коэффицентлари,  $m$  – энг катта итерация қиймати,  $n$  – кирувчи сигнал қийматлари сонидир.

Бир ўлчовли сигнал спектрал энергиясини ҳисоблашда биринчи навбатда спектрал коэффицентларни ҳисоблашнинг тезкор алгоритмларини

аниқлашни амалга ошириш, бунда ХТЎни БК базисда бажариш зарур бўлади. Юқоридаги математик ифодадан сигналнинг энергияси ҳисобланади, бунда граф алгоритми қўлланилади.



2-расм. Спектрал энергияни ҳисоблаш октав алгоритми графи

Бу ерда  $X_n$  – кировчи сигнал қиймати,  $C_n$  – спектрал коэффицентлар,  $n$  – кировчи сигналлар сони, Кв – квадраторлар ҳисобланади.

Икки ўлчовли сигнал спектрал энергияни ҳисоблашда бир ўлчовли сигналларда бажарилган амаллар устун ва қаторга нисбатан бажариш орқали амалга оширилади ва икки ўлчовли сигнал спектрал энергиясини ҳисоблаш формуласи қуйидагича аниқланади.

$$E = (c_{00}^2 + c_{01}^2 + c_{10}^2 + c_{11}^2) + \sum_{i=2^m}^{2^{m+1}-1} \sum_{k=2^m}^{2^{m+1}-1} (C_{ik})^2 \quad (7)$$

Бу ерда  $E$  – сигналнинг спектрал энергияси,  $m$  – энг катта итерация қиймати,  $n$  – кировчи сигнал қийматлар сони,  $C_{ik}$  – икки ўлчовли сигналнинг спектрал коэффицентлардир.

Хаар тез ўзгартириш алгоритмлари ёрдамида турли намуна кўринишидаги майдон тўғрисидаги маълумотларини қайта ишлаш натижасини берувчи геомагнит майдон профилларининг функциялари ва октав спектрининг коэффицентларининг энергия қиймати (7) натижасида намуналар узунликларнинг керакли ва етарли қийматга яқинлашиш даражасини аниқлашга имкон беради.

Диссертациянинг учинчи «Сигналларни рақамли ишлаш ва cloud технологиялари ёрдамида яратилган воситалар структуралари ва уларни қўлланилиши» бобида Бир ва икки ўлчовли сигналларга рақамли ишлов беришнинг октав усуллари, cloud технологиялари ёрдамида сервис ташкил этишнинг платформа архитектураси таҳлили ва уларни қўлланиши

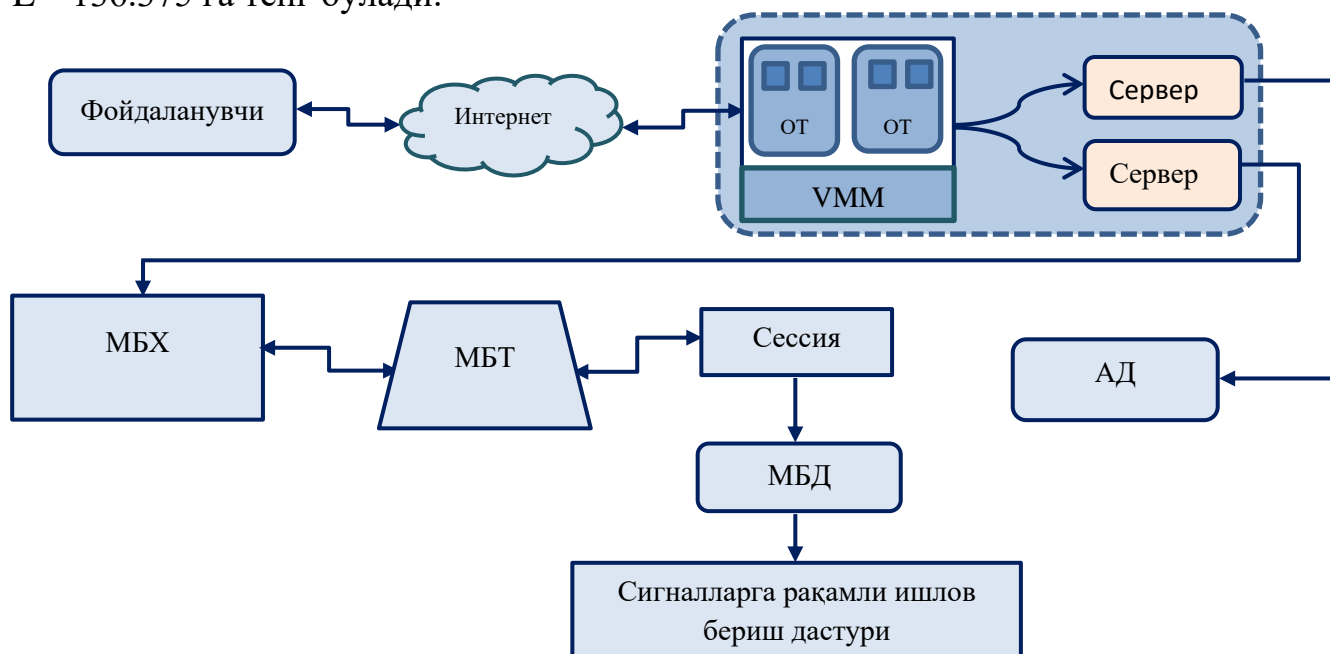
баён қилинган. Шу билан бир қаторда икки ўлчовли геофизик сигналларга рақамли ишлов беришнинг октав алгоритмларига асосланган cloud тизим сервиси функционал схемаси ишлаб чиқилган.

Шунингдек, сигналларга рақамли ишлов бериш сигнал энергиясининг октава спектрига асосланган спектрал тез ўзгартириш алгоритмлари орқали амалга оширилади.

Амплитуда спектрларидан фарқли ўлароқ октава тўлқин спектри доимий сигналларнинг маълум бир вақт ичида силжишига нисбатан ўзгармас бўлади. Функцияни ҳисоблашда бир ўлчовли сигналлар учун аргумент қиймати чизикли сигналлардан фарқли равишда иккиланган қадамда танлаб олиш босқичлари ёрдамида аниқланади. Бир ўлчовли вектор шаклидаги гастрозентерологик сигнал октав энергия спектрини ҳисоблаш тўғридан-тўғри Хаар тез ўзгартириш алгоритм графи қўлланилади.

Спектрал энергиянинг умумий қиймати тўртталик октав билан ҳисобланганда 6-формулага асосланади ва таққослаш учун сигнал қийматлари энергиясини «х» ўқи бўйича 16 та қиймат квадратлар йиғиндисини  $E = 4.741$  га тенг бўлади.

Барча октавалар бўйича  $\{c_k\}$  Хаар коэффициентлари вектори спектрал энергиясининг умумий қиймати квадрат кўринишдаги йиғиндини ифодалайди. Унинг қиймати  $E = 136.887$  га тенг. Намуналар сеткаси учун Хаар тез ўзгартиришни қайта амалга оширилганда олдинги сигнал векторининг жуфт қийматлари учун икки марта кам амал бажарилади, бунда сигнал узунлиги икки марта кам бўлади. Бундай ҳолда энергия қиймати  $E = 136.375$  га тенг бўлади.



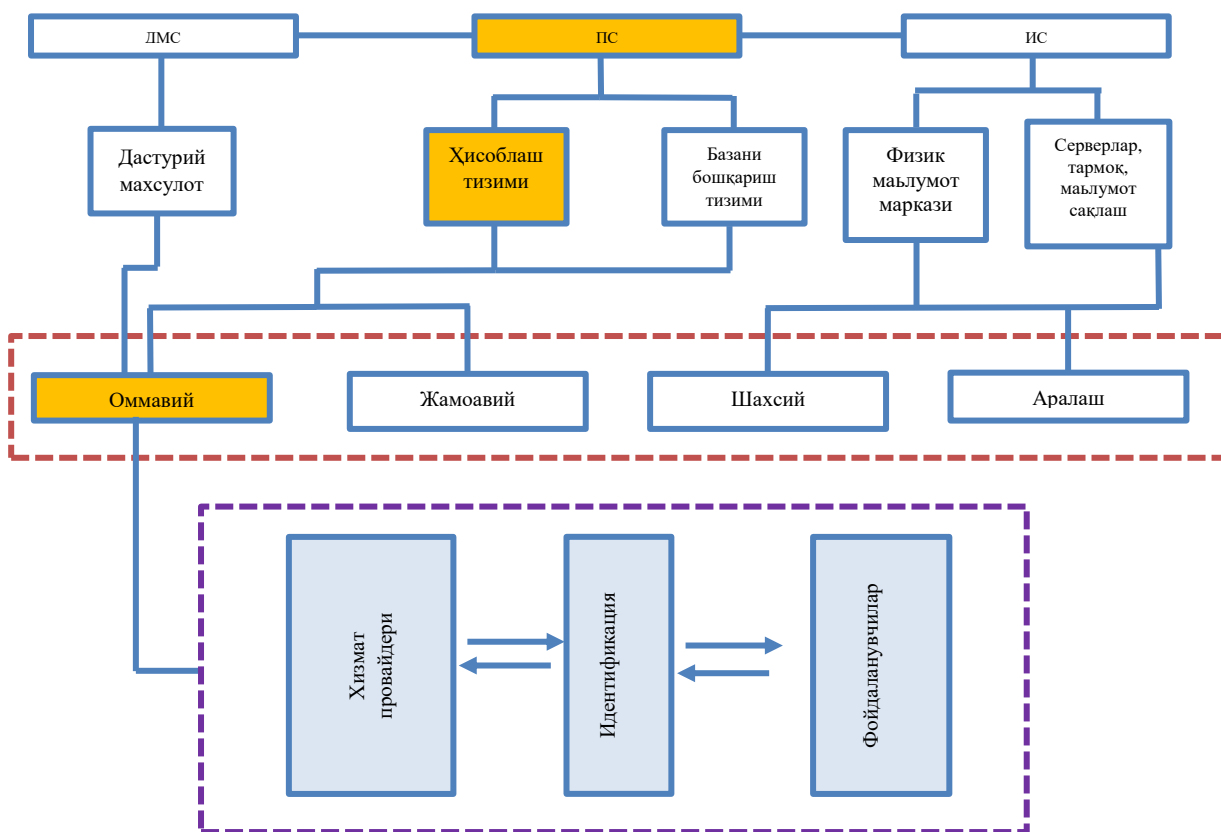
**3-расм. Сигналларга рақамли ишлов бериш сервиси функционал схемаси**



ОТ – операцион тизим, VMM – виртул машина, МБХ – масофадан башқариш хизмати, МБТ - масофадан башқариш тизими, МБД - масофадан башқариш дастури, АД – актив директория.

Сигналларга рақамли ишлов беришнинг сервисини ташкил этишда cloud ҳисоблаш ва дастурий таъминотни ишлаб чиқиш зарурий восита ҳисобланади. Ушбу платформа сервисини виртуаллаштирилган инфратузилмани қўллаб қувватлашга ва кенгайтиришга асослангани учун кенг қўлланилади. ПС виртуаллаштирилган муҳитни автоматик равишда созлаш ва фойдаланишга тайёр дастурий таъминот стендларини ўрнатиш имкониятларини беради.

Ушбу платформа сервис модели дастурий таъминотларни тизимга қўшиш орқали икки ўлчовли сигналларга рақамли ишлов бериш мақсадларида ишлатилиши мумкин бўлган кенг миқёсли хизмат кўрсатиш ишини бажаради. Бунда тизимда катта хажмдаги геофизик маълумотларни сақлаш, зарурий ҳолларда қайта фойдаланиш имконини тақдим этади.



**4-расм. Cloud сервиси функционал схемаси**

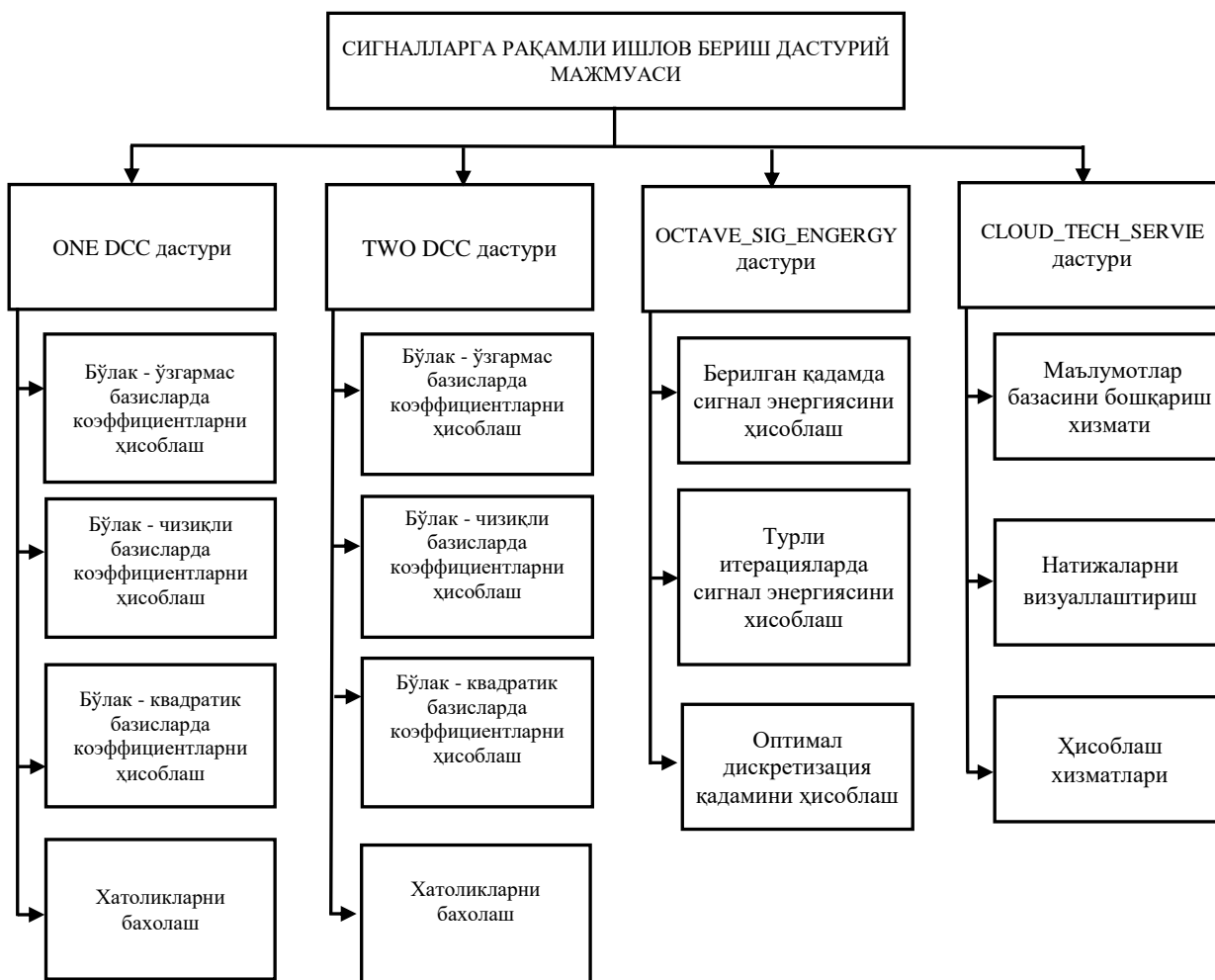
4-расмда таклиф этилаётган сервис функционал схемаси келтирилган бўлиб, фойдаланувчига интернет ёрдамида виртуал тизимга мурожаат қилиш имконини тақдим этади. Диссертация ишини амалиётга тадбиқ этишда виртуаллаштирилган ОТдан фойдаланиб тизимга иккита виртуал сервер ўрнатилган.

Биринчи серверда масофавий бошқариш хизмати ишга тушади ва масофавий бошқариш тизимига мурожаат қилади, тизим сессияга боғланади

ва масофавий бошқариш дастури – сигналларга рақамли ишлов бериш дастурий мажмуасига йўналтирилади. Иккинчи виртуал сервер актив директориялар бўлиб фойдаланувчиларни бошқаришга таъминлайди. Умумий ҳолда 4- расмда келтирилган cloud сервиси функционал схемаси фойдаланувчи идентификациядан ўтиб хизмат провайдерига мурожаат қилиши ва амалга ошириш моделидан оммавий синфга, сервис моделидан платформа сервисига сўнг ҳисоблаш тизимига ўтишини таъминлайди. Ушбу тизим 3-расмда тасвирланган дастурий мажмуа учун асос вазифасини ўтайди.

Диссертациянинг тўртинчи «Сигналларни рақамли ишлаш жараёнларини моделлаштириш ва сервислар дастурий мажмуаси» бобида яратилган дастурий мажмуа тўрт қисмдан иборат бўлиб қуйидаги дастурларни ўз ичига олади (5-расм):

«ONE DCC» дастури бир ўлчовли сигналларга рақамли ишлов бериш, Хаарнинг бўлак – ўзгармас, бўлак – чизиқли, бўлак – квадратик базисларида коэффициентларни ҳисоблашларни амалга оширади. Шунингдек, ушбу ҳисоблашларда хатоликларни баҳолайди.



**5- расм. Яратилган дастурий мажмуанинг тузилмаси**

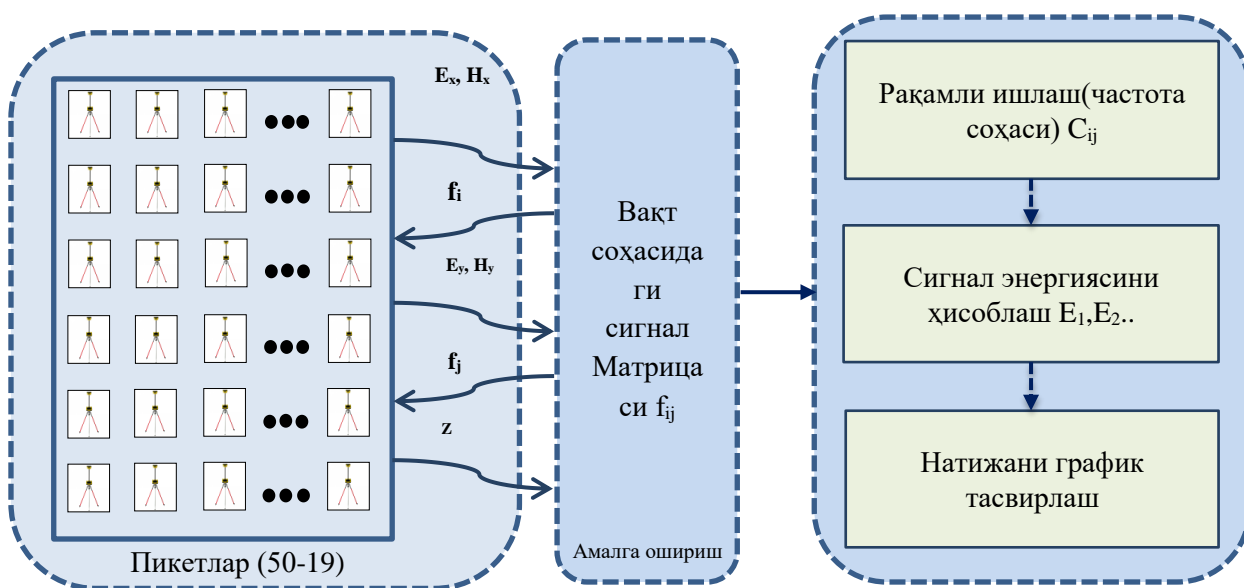
«TWO DCC» дастури икки ўлчовли сигналларга рақамли ишлов бериш, икки ўлчовли бўлак – ўзгармас, бўлак – чизиқли, бўлак – квадратик

базисларида коэффицентларни ҳисоблашларни амалга оширади. Бир ўлчовли сигналларни рақамли ишлашда бўлак-полиномиал базисларда коэффицентларни ҳисоблашнинг тезкор алгоритми икки ўлчовли сигнал учун ҳам қўлланилади. Бунда дастур аввал матрицанинг қаторлари бўйича, кейин эса устунлари бўйича коэффицентларни ҳисоблашларни амалга оширади ва хатоликларни баҳолайди.

«OCTAVE\_SIG\_ENERGY» дастури сигнал энергиясини ҳисоблашнинг октав алгоритми асосида яратилган. Дастур киритилган сигналнинг спектрал энергияси қийматларини аниқлайди. Ушбу қийматларга кўра сигналнинг дискретлаш интервалини топиш имконини беради.

«CLOUD\_Tech\_SERVICE» дастури cloud технологиялари ёрдамида бир ва икки ўлчовли сигналларни рақамли ишлаш сервиси ҳисобланади (6-расм). Ушбу дастур платформа сервиси (ПС) сифатида ички серверга жойлаштирилган. Сервис VMware ESXi дан фойланган ҳолда CentOS7 операцион тизимига ўрнатилган бўлиб, дастурий мажмуа сервис сифатида фойдаланилади. Ушбу сервис иккита моделга асосланади: биринчиси - хизмат модели, иккинчиси - амалга ошириш модели.

Тизимдаги маълумотлар геофизик тадқиқот натижалари ҳисобланиб, ушбу маълумотларга рақамли ишлов бериш орқали оптимал дискретлаш қадами ҳисоблаб топилади, шунингдек сервислар ташкил этиш амалга оширилади.



**6- расм. Дастур интерфейси**

Тизимда белгиланган майдон пикетларидан келаётган маълумотлар умумлаштирган ҳолда аппарат воситага юборилади. Ушбу маълумотлар датчиклардан келаётган электр ва магнит майдонлар саналиб натижавий матрица  $f_{ij}$  шаклланади. Ушбу маълумотларга ишлов беришда вақт соҳасидан частота соҳасига ўтиш амалга оширилади. Бунда  $C_{ij}$  ҳисобланади ва сигнал энергияси  $E_1, E_2$  лар аниқланади. Ушбу энергия қийматлари асосида белгиланган майдоннинг оптимал дискретлаш қадами аниқланади.

## ХУЛОСА

«Икки ўлчовли сигналларга рақамли ишлов бериш алгоритмлари ва дастурий мажмуаси» мавзусидаги диссертация иши бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги натижалар олинган:

1. Бир ва икки ўлчовли бўлак-ўзгармас базисларни тадқиқ қилиш натижасида уларнинг камчиликларини аниқлаш орқали янги бўлак-чизикли ва бўлак квадратик базисларнинг самарадорлиги юқорилиги исботланди.
2. Таклиф этилган бўлак-квадратик базисларда коэффициентларни ҳисоблашни тезкор алгоритмларини ишлаб чиқиш сиқиш эффектини ошириш ва хатоликни камайтириш имконини берди.
3. Октавалар усулидан фойдаланган ҳолда геофизик сигналларга рақамли ишлов бериш алгоритми  $16 \times 16$  км<sup>2</sup> майдонда берилган  $f(x,y)$  сигнал намуналарини аниқлигини ҳисоблашга ва сигнал спектрал коэффициентлари квадратлари йиғиндиси орқали энергия қийматлари аниқланиб, оптимал дискретлаш қадамни аниқлаш имконини берди.
4. Cloud технологияси ёрдамида бир ва икки ўлчовли сигналларга рақамли ишлов бериш сервиси функционал схемаси ишлаб чиқилди.
5. Бўлак-полиномиал базисларда бир ўлчовли биомедицина сигналларига рақамли ишлов бериш алгоритми яратилди.
6. Бўлак-базис ва октавалар усулида геофизик сигналларга рақамли ишлов бериш алгоритмлари ва дастурий мажмуаси геофизик тадқиқотлар самарасини, олинган натижаларнинг информативлигини, аниқлиги, ишончлилигини оширди ва хатоларни камайтириб, ҳисоблашга кетадиган вақтни 30%га қисқартиришга эришилди;
7. “Octave\_sig\_energy” дастури сигнал энергиясини ҳисоблашнинг октав алгоритми ва Хаар тез ўзгартириш алгоритмларини қўллаш асосида яратилган. Ушбу дастур киритилган сигналнинг умумий энергия қийматини аниқлашда, сигнал энергияси қийматларини ва ушбу қийматларга кўра сигналнинг дискретлаш интервалини топиш имконини берди.

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

---

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**ЮСУПОВ ИБРОҲИМБЕК**

**АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ЦИФРОВОЙ  
ОБРАБОТКИ ДВУМЕРНЫХ СИГНАЛОВ**

05.01.04 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,  
комплексов и компьютерных сетей

**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 B2021.2.PhD/T2217.

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

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

**Научный руководитель:** **Зайнидинов Хакимжон Насиридинович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Маматов Нарзилло Солиджонович**  
доктор технических наук, старший научный сотрудник

**Каххоров Алохон Аброрович**  
кандидат технических наук, доцент.

**Ведущая организация:** **Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека**

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

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

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 года.  
(протокол рассылки № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 года.)



**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

**М.А.Рахматуллаев**

Председатель научного семинара при научном  
совете по присуждению ученых степеней,  
доктор технических наук, профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире с динамичным развитием информационно-коммуникационных технологий во многих отраслях открываются новые направления и соответственно увеличивается область их применения в различных сферах. В частности, вопросы цифровой обработки сигналов, разработки эффективных методов решения задач цифровой обработки больших объемов данных, применения их в исследованиях и получении практических результатов, решения проблем повышения скорости обработки данных, а также разработки сервисов с использованием облачных технологий, экономии компьютерных ресурсов имеют важное значение. Вопросы исследования одно- и двумерных кусочно-полиномиальных базисов при цифровой обработке сигналов, цифровой обработки сигналов методом октав, организации сервисов посредством облачных технологий остаются актуальными вопросами настоящего времени.

В этом направлении в таких развитых странах мира как США, Российская Федерация, Китай, Южная Корея, Германия и Япония ведутся исследования по проблемам цифровой обработки сигналов, разработки оперативных алгоритмов вычисления коэффициентов в различных базисах, создания различных сервисов с помощью облачных технологий.

В мире ведутся исследования по вопросам цифровой обработки сигналов, разработки оперативных алгоритмов вычисления спектральных коэффициентов и внедрения их в практику, также экономии ресурсов и предупреждение зависимости от устройств путем организации сервиса цифровой обработки сигналов с использованием современных облачных технологий. При цифровой обработке сигналов можно решить вопросы совершенствования и применения алгоритмов вычисления коэффициентов в кусочно-полиномиальных базисах Хаара, а также разработки сервисов и усовершенствования существующих алгоритмов путем организации сервисов с помощью новых технологий.

В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены ряд задач, в частности «...внедрение и информационно-коммуникационных технологий и их использование, создание эффективных механизмов внедрения в практику научных и инновационных достижений...». При реализации этих задач важными являются вопросы использования функции Хаара при разработке цифровой обработки сигналов и разработки метода цифровой обработки сигналов в кусочно-полиномиальных базисах, повышения эффективности алгоритмов цифровой обработки сигналов, оперативной обработки больших объемов данных и исследование кусочно-полиномиальных базисов, разработки программных и аппаратных средств, предназначенных для выявления и устранения недостатков доступных базисов.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан от 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», Постановлением Кабинета Министров от 7 марта 2018 года «О мерах по дальнейшему улучшению качества услуг связи, информатизации и телекоммуникаций» и другими нормативно-правовыми документами, касающимися данной сферы.

**Связь исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с направлением развития науки и технологий республики: IV. «Развитие информатизации и инфокоммуникационных технологий».

**Степень изученности проблемы.** Ряд зарубежных ученых, таких как А.Хаар, Х.Ф.Хармут, С.Маллат, Ч.Чуи, В.П.Дьяконов, И.В.Абраменкова, Ж.Берг, Брижмохан Сингх, Дхананжай Сингх, В.Гоял, Л.Рабинер, Э.Айфичер, Б.Джервис, Б.Гоулд, Л.А. Залманзон, М.Веттерли, Пламен Крастев, Х.Г.Старк, С.Ф.Свиньин, Р.Х. Садыхов, П.М. Чеголин, Ж.Фикс, Г.Стренг вели исследования по вопросам цифровой обработки сигналов, отечественные ученые М.Мусаев, Х.Н.Зайнидинов, У.Р.Хамдамов и другие изучали особенности цифровой обработки сигналов и возможности их применения в технических приложениях.

Вместе с тем, в настоящее время широко применяется вычисление спектральной энергии сигнала на основе оперативных алгоритмов и применения кусочно-полиномиальных базисов Хаара при цифровой обработке сигналов, полученных измерением с помощью геофизических исследований. Хотя в научных изысканиях, проводимых указанными выше учеными, были хорошо освещены алгоритмы цифровой обработки сигналов в кусочно-постоянных базисах Хаара, кусочно-линейные и кусочно-квадратические базисы изучены недостаточно. Также недостаточно изучены проблемы раскрытия широких возможностей кусочно-полиномиальных базисов и совершенствования существующих алгоритмов, разработки сервиса с помощью современных облачных технологий, а также создания программных и аппаратных средств.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий в рамках проектов по темам №А5-058 «Создание методов и средств цифровой обработки биомедицинских данных в кусочно-полиномиальных базисах» (2015-2017), №БА-А5-021 «Разработка специализированных систем для обработки сейсмических сигналов на основе вейвлет-анализа»



(2017-2018) и №БВФ-Атех-2018-249 «Разработка методов и алгоритмов цифровой обработки цифровой обработки биометрических сигналов» (2018-2020).

**Целью исследования** является разработка программного комплекса и алгоритмов цифровой обработки двумерных сигналов в кусочно-полиномиальных базисов Хаара.

**Задачи исследования:**

исследование одно- и двумерных кусочно-полиномиальных базисов, определение и устранение недостатков существующих базисов;

разработка алгоритмов вычисления коэффициентов в кусочно-полиномиальных базисов;

разработка алгоритмов цифровой обработки сигналов методом октав;

предложение сервиса цифровой обработки одно- и двумерных сигналов с помощью облачных технологий;

разработка программного комплекса для моделирования процессов цифровой обработки сигналов и организации сервиса.

**Объектом исследования** являются одномерные гастроэнтерологические, двумерные геофизические сигналы и их спектры.

**Предмет исследования** – алгоритм цифровой обработки двумерных сигналов и оперативных изменений в кусочно-полиномиальных базисах.

**Методы исследования.** В ходе исследования применялись теория функционального анализа, теория спектрального преобразования и моделирования, теория рядов и матриц, теория массового обслуживания, теория параллельных вычисления, а также теория облачных технологий.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

исследованы одно- и двумерные кусочно-постоянных базисов, определены их недостатки и предложены новые кусочно-полиномиальные базисы;

разработаны алгоритмы вычисления коэффициентов в предложенных кусочно-полиномиальных базисах;

разработаны алгоритмы цифровой обработки одно- и двумерных сигналов методом октав;

предложены функциональная схема и сервиса цифровой обработки одно и двумерных сигналов с помощью облачных технологий.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработан программный комплекс на основе оперативного вычисления коэффициентов в кусочно-квадратических базисах;

разработан программный комплекс цифровой обработки двумерных сигналов методом октав;

разработан программный комплекс и сервиса цифровой обработки одно- и двумерных сигналов с помощью облачных технологий.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования обоснована их соответствием высоким требованиям, предъявляемым к эффективности вычислительных систем, которые

применяются для цифровой обработки сигналов в сфере биомедицины и геофизики, а также требования к разработке оперативных алгоритмов вычисления коэффициентов в кусочно-полиномиальных базисах методом октав и сервиса с помощью современных облачных технологий.

**Научная и практическая значимость исследования.** Научная значимость исследования обоснована теоретическими методическими основами разработки оперативных алгоритмов при цифровой обработке сигналов.

Практическая значимость результатов исследования обоснована кусочно-базисными методами, алгоритмами цифровой обработки геофизических сигналов, а также повышением скорости и качества процессов программного комплекса, разработанного на основе данных методов и алгоритмов.

**Внедрение результатов исследования.** На основе результатов, полученных в ходе разработки алгоритмов цифровой обработки двумерных сигналов и их программных комплексов:

Программный комплекс, который был использован в АО «GM-Uzbekistan», разработанный в рамках дипломной работы, позволил сократить время обработки данных, повысить производительность труда на 30% и снизить погрешность обработки на 6% (Министерство по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан, справка № 33-8/2357 от 01.04.2021г.).

программное средство оперативной цифровой обработки геофизических сигналов кусочно-базисным методом внедрено в ГУ «Гидроингео Институту». В результате применения разработанного программного средства повысилась эффективность геофизических исследований, информативность, точность и достоверность полученных результатов и снизился уровень погрешностей. При этом появилась возможность сократить на 35% время вычисления и на 18-22% снизить уровень погрешностей (Министерство по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан, справка № 33-8/2357 от 01.04.2021г.).

программный комплекс, разработанный на основе алгоритма цифровой обработки биомедицинских сигналов в кусочно-полиномиальных базисах, внедрен в Андижанском государственном медицинском институте. В результате применения предложенного и разработанного параллельного метода относительно данных алгоритмов и времени на цифровую обработку биомедицинских сигналов повысились информативность и точность программного средства, разработанного на основе алгоритма и на 30-35% эффективность вычислений (Министерство по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан, справка № 33-8/2357 от 01.04.2021г.).

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования были обсуждены на 10 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 26 научных работ, из них 4 статьи в зарубежных и 2 статьи в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, а также получены 4 авторских свидетельства на программные продукты для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страницы.

## 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.

Первая глава диссертации «**Общая характеристика методов цифровой обработки сигналов**» посвящена анализу одно- и двумерных кусочно-полиномиальных базисов, их методам, применяемым в решении прикладных задач, современное состояние существующих базисов, основам организации сервиса, особенностям облачных технологий, исследованию основ создания сервисов с использованием моделей осуществления облачных технологий. Кроме того, в данной главе изучены и проанализированы базисные функции, специально применяемые для построения моделей сигнала.

Исследованы специально базисные функции при цифровой обработке сигналов и решении практических задач помимо синусных и косинусных функций, широко применяемых базисных функций, в частности, функции Уолша, Хаара, Хармута, и в результате выбран базис Хаара. Проанализированы различные базисы Хаара, определены недостатки существующих базисов и обоснована необходимость перехода к кусочно-постоянным базисов для устранения данных недочетов.

В частности, система функции Хаара на постоянной основе определяется следующим образом:

$$har_{pj}(x) = \begin{cases} +1 & x \in h_{pj}^- \\ -1 & x \in h_{pj}^+ \\ 0 & x \in h_{pj} \end{cases} \quad (1)$$

Следует отметить, что количество функций Хаара  $har_0(x) \cong 1$ ;  $p$  называется порядковым номером функции Хаара ( $p=1, 2, \dots$ )

$$h_{pj} = \left[ \frac{j}{2^{p-1}} \quad \frac{j+1}{2^{p-1}} \right] \quad (2)$$

здесь  $j=0,1,\dots,2^{p-1}$ ,  $k=j+2^{p-1}$ , длина двоичного сегмента  $h_{pj}$ .

Известно, что ряд Хаара выражается следующим образом:

$$f(x) = \sum_{k=0}^{n-1} C_k \cdot har_k(x) \quad (3)$$

Здесь  $f(x)$  – заданная функция,  $har_k(x)$  – функция Хаара,  $C_k$  – спектральные коэффициенты,  $k=0,1,2,3,\dots$

Данное равенство (2) может обеспечить среднюю квадратическую аппроксимацию. Все это связано с вычислением коэффициентов.

В частности, преимуществом функции Хаара является отсутствие сложных выражений и нехватка значений спектральных коэффициентов, требуемых для аппроксимации. При этом можно наблюдать применением операций сложения, вычитания и сдвига.

Кроме того, существование оперативных алгоритмов вычисления спектральных коэффициентов в кусочно-постоянных базисах Хаара, минимальность объема вычислений, простота каждой операции и минимальные требования к объему оперативной памяти стали причинами широкого применения базисов при цифровой обработке сигналов. Результаты анализа кусочно-постоянных базисов, широко применяемых при цифровой обработке сигналов, показал, что эффект сжатия, низкие показатели «сглаженности», высокий уровень коэффициентов, требуемых для восстановления значений функции, в этих базисах в определенной мере препятствует их широкому применению. В диссертационной работе для преодоления этих недостатков предложено перейти к кусочно-полиномиальным (т.е. кусочно-линейным и кусочно-квадратическим) базисам.

Кроме того, для цифровой обработки двумерных сигналов можно использовать двумерные базисы. Коэффициенты корректного дискретного преобразования для двумерных линейных базисов определяются по следующим формулам:

$$\Delta f_{ij} = f(x_{i+1}, y_{j+1}) - f(x_i, y_j) \quad (4)$$

$$C_{kl} = \sum_i \sum_j \Delta f_{ij} har_k(x_i) har_l(x_j) \quad (5)$$

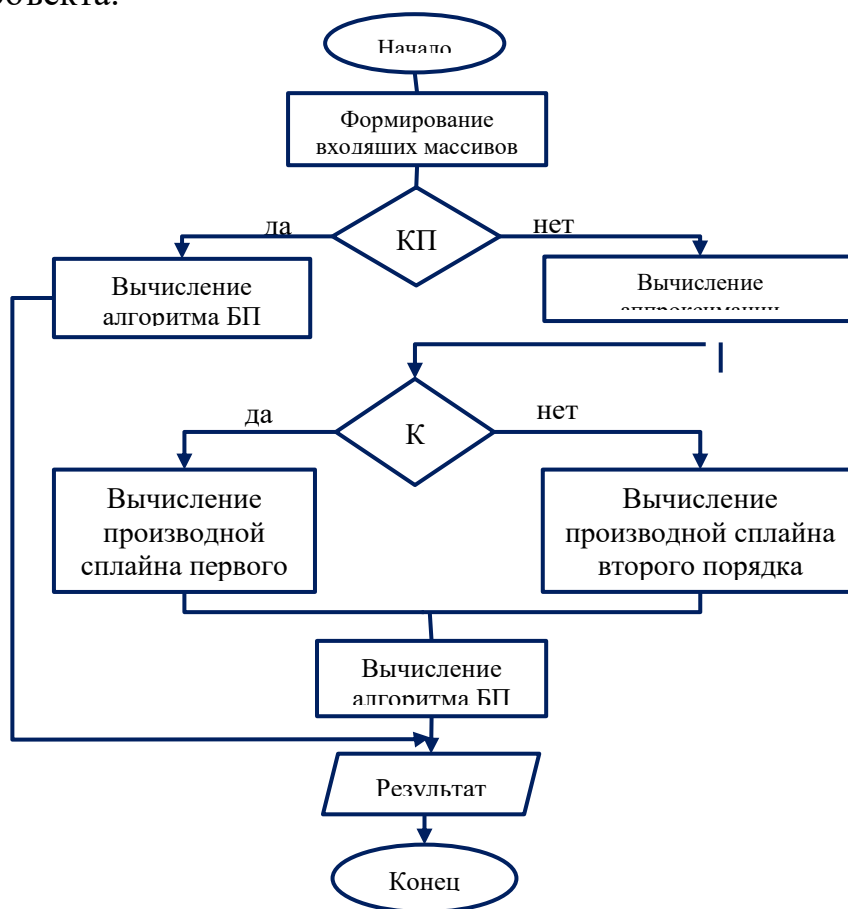
Здесь  $\Delta f_{ij}$  – функция с двумя переменными,  $C_{kl}$  – спектральные коэффициенты функции Хаара с двумя переменными,  $har_k(x_i)$  – построчное применение функции Хаара,  $har_l(x_j)$  – применение функции Хаара по

столбцам,  $i$  – индекс элемента строки,  $j$  – индекс элемента столбца,  $n, m$  - граничное значение строки и столбца  $x_i$  – элементы строк,  $y_j$  - элементы столбцов.

На основе концепции построения ортогональной базисной функции построены двумерные базисные функции. В результате предложены двумерные базисы для цифровой обработки двумерных сигналов.

Изучены возможности облачных технологий. Описаны свойства сервиса платформы и проанализированы преимущества традиционного или облачного подходов к цифровой обработке его сигналов. В частности, описаны интерфейсы веб-служб, экономия компьютерных ресурсов, раскрыты возможности интеграции приложений с другими приложениями платформы.

Во второй главе диссертации «**Алгоритмы вычисления коэффициентов в кусочно-полиномиальных базисах Хаара**» разработаны методы цифровой обработки одно- и двумерных сигналов, алгоритмы вычисления коэффициентов в кусочно-линейных, кусочно-квадратических базисах Хаара, алгоритм метода октав для вычисления энергии сигнала. Предложено использование двумерных базисов Хаара при цифровой обработке больших массивов данных, взятых из геофизических исследований в качестве объекта.



**Рис. 1. Алгоритм вычисления коэффициентов в кусочно- постоянных(КП), кусочно-линейных(КЛ), кусочно-квадратических(КК) базисах**

Требования к алгоритму оперативного спектрального преобразования включают в себя в основном минимальной количество операций, простоту каждой процедура и минимальный объем требуемой оперативной памяти. Наличие алгоритма оперативного спектрального преобразования и минимальность операций являются преимуществом базиса Хаара перед другими базисами. Это свойство ярко проявляется при обработке двумерных сигналов, например, при обработке образцов геофизического сигнала (больших массивов данных). Кроме того, простота операций и минимум требований к объему оперативной памяти расширяет возможности базиса Хаара. Анализ методов вычисления коэффициентов в различных базисах показал, что методы вычисления коэффициентов доступны только кусочно-постоянных и кусочно-линейных базисах, для кусочно-квадратических базисов не разработаны оперативные алгоритмы вычисления коэффициентов. В этой связи, в настоящее время кусочно-квадратические базисы Хаара не применяются широко при решении практически задач.

Алгоритм вычисления спектральных коэффициентов кусочно-постоянных базисов Хаара могут быть также применяться в кусочно-квадратических базисах. Для этого необходимо построить интерполяционный или сглаживающий сплайн второго порядка по значениям сигнала. Для производной построенного сплайна второго порядка необходимо применить существующий алгоритм.

**Таблица 1.**

**Результаты сравнения по количеству арифметических операций, требующих для базисов.**

№	Название базиса	Количество требуемых арифметических операций	n=1024		Операции с комплексными числами	Относительно базисов Фурье и Уолша (одномер.)	Относительно базисов Фурье и Уолша (двумер.)
			Ед. измер.	Двумер.			
1.	базис Фурье	$m \cdot n$	10240	209715200	имеются	-	-
2.	базис Уолша	$m \cdot n$	10240	209715200	не имеются	-	-
3.	базис Хармута	$3 \cdot n - 4$	3068	18 874 368	не имеются	1.5	2.3
4.	базис Хаара	$2 \cdot n - 2$	2046	8 388 608	не имеются	5	25

Таким образом, предложенный алгоритм позволяет использовать доступные алгоритмы вычисления спектральных коэффициентов в кусочно-постоянных базисах для вычисления спектральных коэффициентов в кусочно-квадратических базисов.

Данный алгоритм применяется в цифровой обработке двумерных сигналов. При это двумерный сигнал описывается в виде матрице, вычисление же выполняется в два этапа: на первом этапе вычисление осуществляется по строкам, затем по столбцам.

Здесь  $n$  – количество значений функций,  $m$  – количество итераций, соответственно  $n=2^m$ .

Базис Хаара является базисом, требующим проведения минимума арифметических операций по сравнению с другими базисами. В соответствии с таблицей расчет количества арифметических операций, требуемых в базисе Хаара, осуществляется по формуле  $2 \cdot n - 2$ . При  $n=1024$  в базисе требуется выполнение в одномерных 2046 операций и 8 388 608 операций в двумерных соответственно. При сравнении данного базиса с базисами Фурье и Уолша можно видеть, что требуется выполнение в 1,5 раза меньше операций в одномерных и в 2,3 раза меньше в двумерных вариантах базиса.

**Таблица 2.**

**Результаты сравнения коэффициента сжатия кусочно-квадратических базисов.**

№	Функция	Хаар		Хармут	
		$K_c$	Ноль коэффициентлар	$K_c$	Ноль-коэффициенты
5.	$Y=e^x$	2.06	51.5%	3.02	69.8%
6.	$y=e^x * \cos(2x)$	1.93	47.5%	2.86	63.2%
7.	Биомедицинский сигнал	1.42	30.6%	2.26	46.4%
8.	Геофизический сигнал	1.51	34.8%	2.64	49.9%

Здесь коэффициент сжатия  $K_c$  определяется по следующей формуле:  $K_c=n/(n-n_1)$ .  $n$  – количество значений функций,  $n_1$  – количество ноль-коэффициентов, полученных по результатам оперативных преобразований.

В данной таблице 2 приводятся результаты сравнения биомедицинских и геофизических сигналов, полученных по итогам исследования по коэффициентам сжатия базисов Хаара и Хармута в разрезе различных функций и опыта. При этом в функции  $Y=e^x$  эффект сжатия равен  $K_c = 2.06$ , ноль-коэффициенты равны 51.5%, в базисе Хармута  $K_c = 3.02$ , а ноль-коэффициенты равны 69.8 %. Показатели для геофизических сигналов составляют в базисе Хаара коэффициент сжатия  $K_c = 1.51$ , ноль-коэффициентлар - 34.8 %, в базисе Хармута  $K_c = 2.64$ , ноль-коэффициенты - 49.9%. Таким образом, из данных таблицы можно сделать вывод о

целесообразности применения базиса Хармута при необходимости экономии объема памяти, оперативности для выбранной области. В исследовании применяется базис Хаара, предоставляющего возможности повышения скорости цифровой обработки данных при создании сервиса и обеспечения точности для соответствующей области.

Кроме того, появилась возможность определить с необходимой точностью требуемый интервал дискретизации сигнала в зависимости от значений энергии сигнала в разных итерациях. Для выявления аппроксимации сигнала общей энергии необходимо вычисление спектральной октав энергии по квадрату вектора коэффициентов его спектральной энергии. Его преимуществом является инвариантность в зависимости от отношения преобразования сигналов по времени.

Для определения интегрального значения спектра энергии следует вычислить сумму квадратов коэффициентов ортонормального базиса Хаара с учетом веса двоичных октав. Расчет спектральной энергии одномерного сигнала осуществляется по следующей формуле.

$$E = \left( (c_0^2 + c_1^2) + 2(c_2^2 + c_3^2) + 2^2 \sum_{n=2^2}^{2^3-1} c_n^2 + 2^3 \sum_{n=2^3}^{2^4-1} c_n^2 + \dots + 2^m \sum_{n=2^{m-1}}^{2^m-1} c_n^2 \right) n. \quad (6)$$

Здесь  $E$  – спектральная энергия сигнала,  $c$  – спектральные коэффициенты одномерного сигнала,  $m$  – значение самой большой итерации,  $n$  – количество значений входщего сигнала.

При расчете спектральной энергии одномерного сигнала в первую очередь необходимо определить оперативные алгоритмы вычисления спектральных коэффициентов, при этом следует выполнить БПХ в базисе КК. Приведенное выше математическое выражение отражает энергию сигнала, при этом используется алгоритм графа.

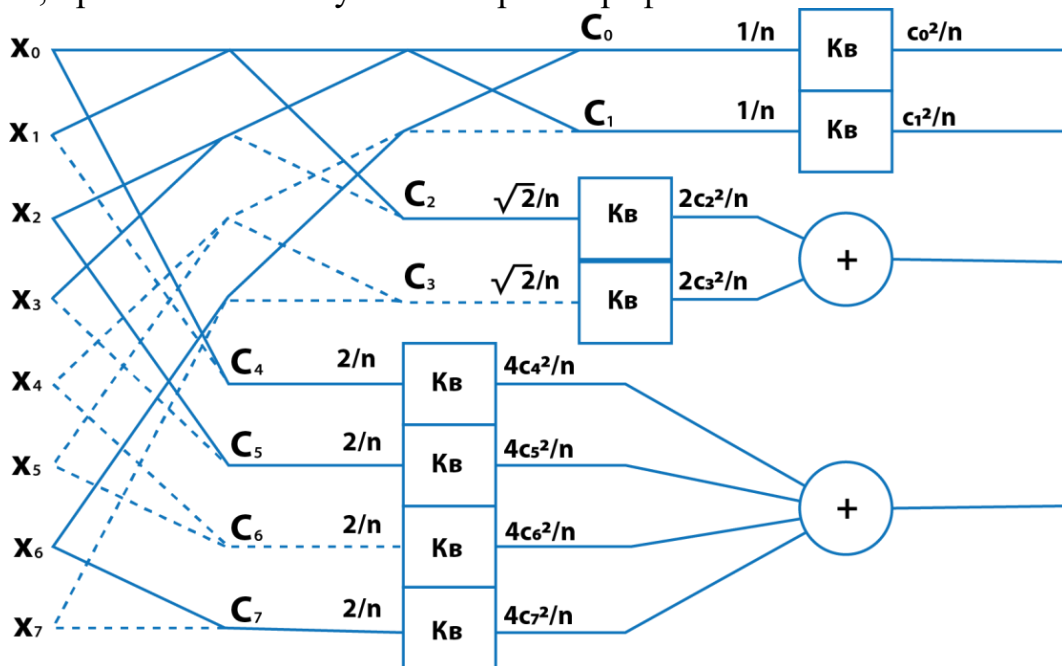


Рис. 2. Граф октавного алгоритма расчета спектральной энергии



Здесь  $X_n$  – значение входящего сигнала,  $C_n$  – спектральные коэффициенты,  $n$  – количество входящих сигналов,  $Kв$  – квадраторы.

При расчете спектральной энергии двумерного сигнала выполняются операции с одномерными сигналами по строкам и столбцам, формула вычисления спектральной энергии двумерного сигнала определяется следующим образом.

$$E = (c_{00}^2 + c_{01}^2 + c_{10}^2 + c_{11}^2) + \sum_{i=2^m}^{2^{m+1}-1} \sum_{k=2^m}^{2^{m+1}-1} (C_{ik})^2 \quad (7)$$

Здесь  $E$  – спектральная энергия сигнала,  $m$  – значение самой большой итерации,  $n$  – количество входящих сигналов,  $C_{ik}$  – спектральные коэффициенты двумерного сигнала.

С помощью алгоритмов быстрого преобразования Хаара обработаны данные геофизических полей различных типов. В результате был произведен расчет значений коэффициентов октавного спектра и функций профилей геофизических полей, что позволило определить точность приближения их длины оптимальным значениям.

В третьей главе диссертации «**Структуры средств, разработанных с пощью облачных технологий и цифровой обработки сигналов, а также их применение**» приводится анализ архитектуры платформы организации сервиса с помощью облачных технологий, октавных методов цифровой обработки одно- и двумерных сигналов. Помимо этого, разработана функциональная схема облачного сервиса системы на основе октавных алгоритмов цифровой обработки двумерных геофизических сигналов.

Кроме того, цифровая обработка сигналов выполняется с помощью алгоритмов спектральных оперативных преобразований, основанных на октавном спектре энергии сигнала.

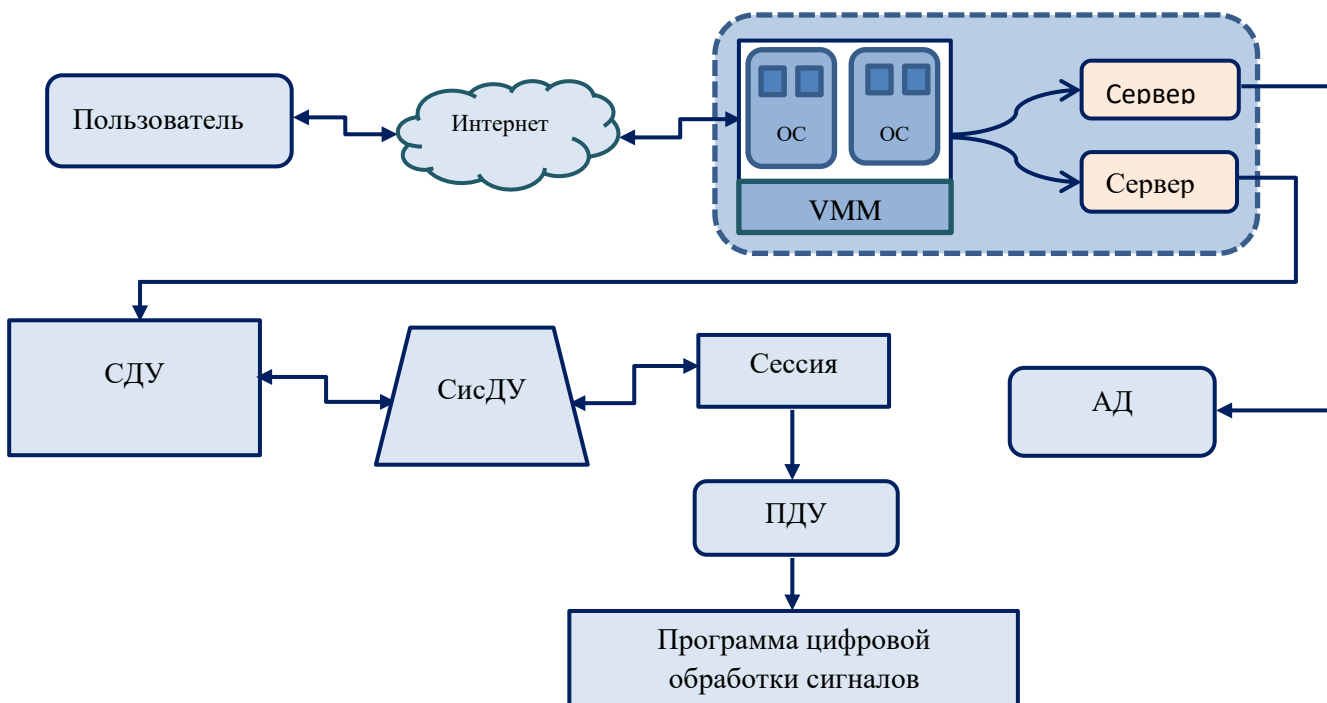
В отличие от спектра амплитуды спектр октавной волны является неизменной относительно сдвига постоянных сигналов во определенном времени. Вычисление функции определяется с помощью этапов выбора значений аргумента для одномерных сигналов в отличие от линейных сигналов на двоичном шаге. Для расчета спектра октавной энергии гастроэнтерологических сигналов в виде одномерного вектора непосредственно применяется граф алгоритма оперативного преобразования Хаара.

Вычисление общего значения спектральной энергии квартетной октавы основано на формуле 6 и сумма 16 значений квадратов энергии значений сигнала по оси "x" для сопоставления равна  $E = 4.741$ . С увеличением объема данных в процессе обработки двумерных сигналов относительно одномерных сигналов резко увеличивается объем цифровых данных и усложняются методы математической обработки данных, в результате повышается уровень погрешностей и снижается достоверность полученных данных. При этом это оптимально для расчета октавного спектра.

Приемуществом октавного спектра является инвариантность относительно сдвигов постоянных сигналов по времени, как в спектре Фурье. Общее значение спектральной энергии вектора коэффициентов Хаара  $\{ck\}$  по всем октавам выражает сумму в виде квадрата. Его значение равно  $E = 136.887$ .

При повторном осуществлении оперативного преобразования для сетки образцов для четных значений вектора предыдущего сигнала выполняется в 2 раза меньше операций, в то самое время длина сигнала также в два раза короче. Таким образом, значение энергии равно  $E = 136.375$ . Кроме того, значения магнитной индукции измеряемые методом аэромагнитных исследований, составляют двумерный массив  $f(x, y)$ . При этом образуется значение, которое включает в себя образцы  $300 \times 300$  с интервалом в 1 км между смежными образцами. В результате выбирается квадратное поле  $16 \times 16$  с одним максимальным локальным объемом функции и с помощью двумерного метода Хаара вычисляется спектральная энергия. Вместе с тем, при вычислении точности образцов функции  $f(x, y)$  заданного поля  $16 \times 16$  км<sup>2</sup> с учетом веса октав энергетическое значение суммы квадратов 256 вейвлет коэффициентов равно  $E=949.376$ . При  $E = 955.403$  погрешность, связанная с расчетом общей энергии, составляет  $\varepsilon = 0.6\%$ .

Если типовых сигналов 2 раза меньше (только четные значения в каждой горизонтальной оси), то значение расчета спектральной энергии равно  $E=943.976$  га тенг бұлады. При этом погрешность  $\varepsilon = 1,2\%$ . Таким образом, с увеличением количества двоичных образцов осуществляется переход к полной энергии.



**Рис. 3. Функциональная схема сервиса цифровой обработки сигналов**

ОС – операционная система, VMM – виртуальная машина, СДУ – служба дистанционного управления, МБТ – система дистанционного управления, ПДУ – программа дистанционного управления, АД – активная директория.

При организации сервиса цифровой обработки сигналов необходимым средством разработки программного обеспечения и облачного вычисления. Сервис данной платформы широко применяется для поддержки и обоснована для расширения виртуальной инфраструктуры. ПС позволяет автоматически настроить виртуальную среду и установить готовые к использованию стенды программного обеспечения.

Данная модель сервиса платформы осуществляет широкомасштабное обслуживание, которые могут применять в целях цифровой обработки двумерных сигналов путем добавления модели к программному обеспечению. Наряду с этим появляются возможности сохранения, при необходимости повторного использования больших объемов геофизических данных в системе.

На рис. 4 приводится функциональная схема предлагаемого сервиса, которая позволяет пользователю обращаться к виртуальной систем по сети Интернет. Для внедрения результатов диссертационной работы в практику в системе установлены два виртуальных сервера с использованием виртуальной ОС. На первом сервере запускается служба дистанционного управления, которая обращается с системе дистанционного управления, соединяется с сессией системы, затем программа дистанционного управления обращается в свою очередь к программному комплексу цифровой обработки сигналов. Второй виртуальный сервер в виде активных директори обеспечивает администрирование пользователей.

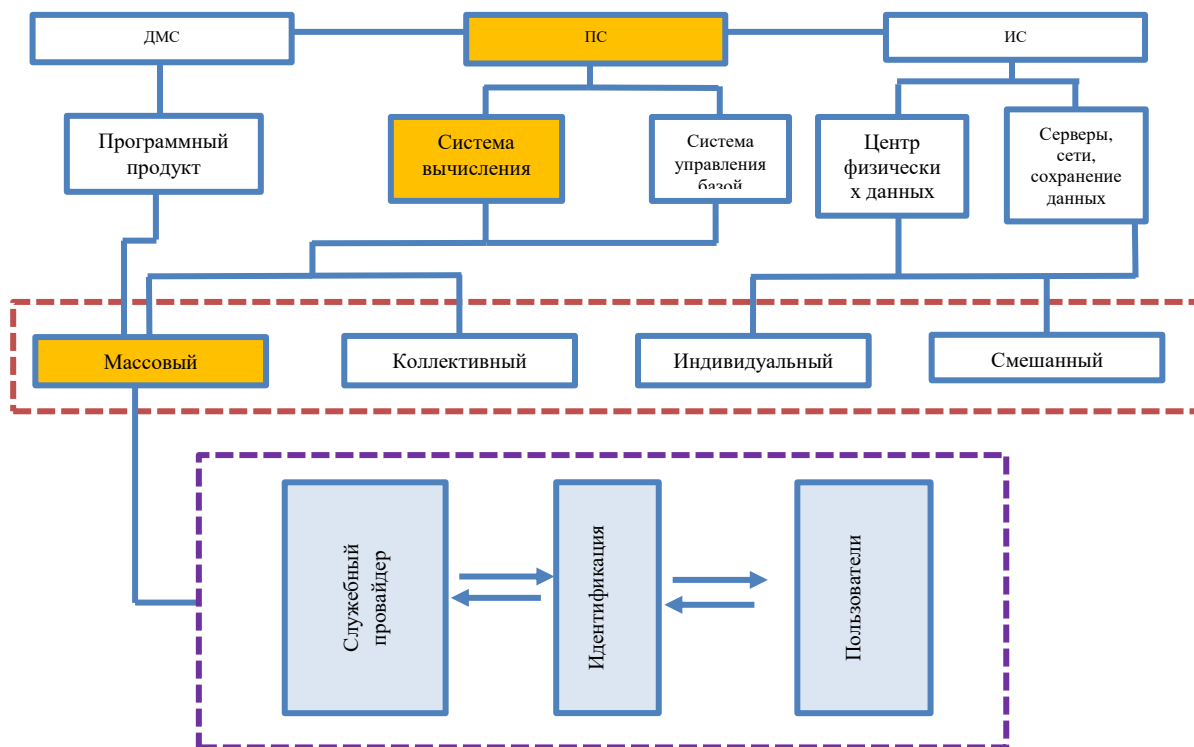


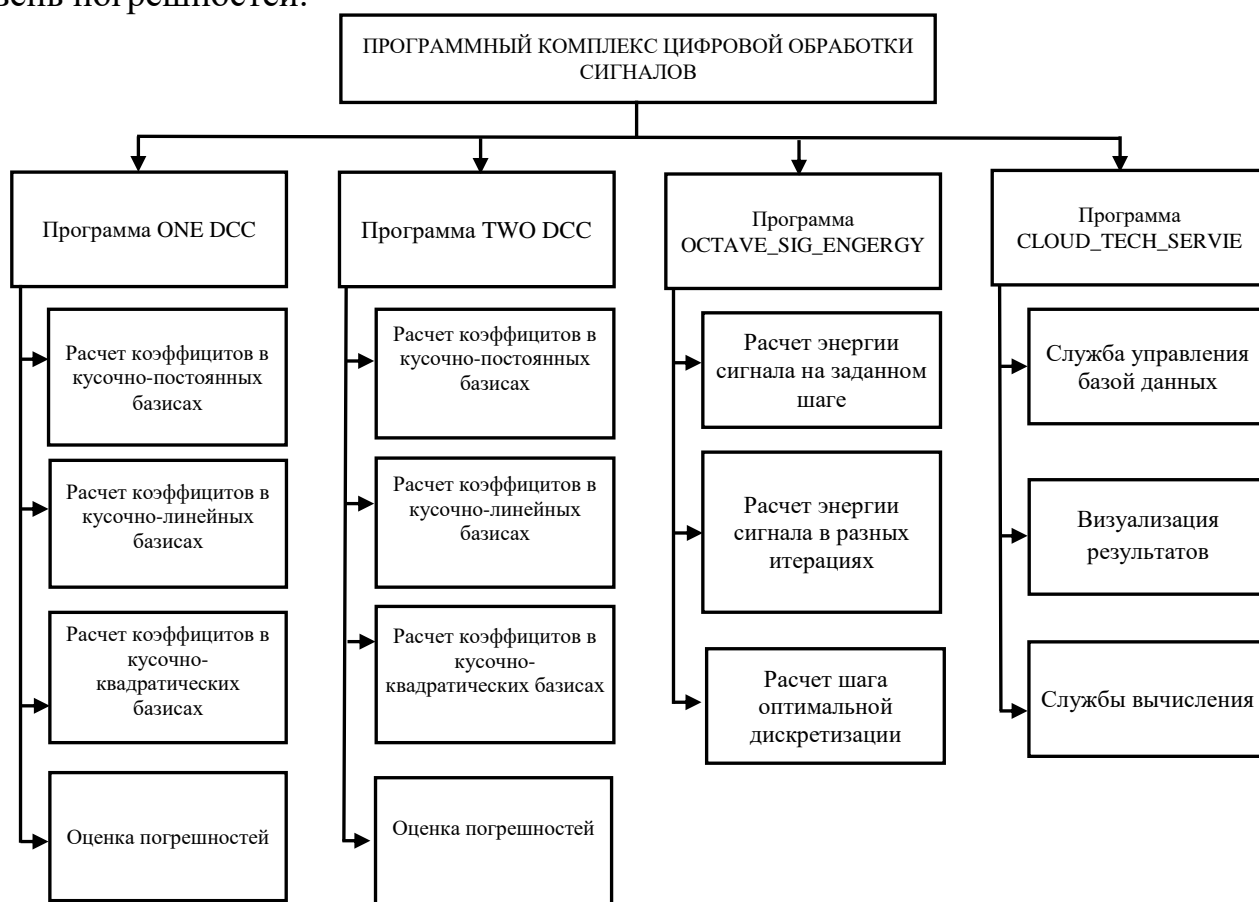
Рис. 4. Функциональная схема облачного сервиса

На рис. 4 приводится общий вид функциональной схема облачного сервиса, который обеспечивает обращение к служебному провайдеру после идентификации пользователя, а также переход от модели реализации к массовому классу, переход от модели сервиса к сервиса платформы, а затем к систем вычисления. Данная система служит обоснованием программным комплексом, описанным на рис. 3.

Четвертая глава диссертация «**Программный комплекс сервисов и моделирования процессов цифровой обработки сигналов**» включает в себя описание разработанного программного комплекса, состоящего из следующих четырех программ (рис. 5):

Программа «ONE DCC» осуществляет цифровую обработку одномерных сигналов, вычисление коэффициентов в кусочно-постоянных, кусочно-линейных, кусочно-квадратических базисах Хаара. Кроме того, оценивает погрешности в данных вычислениях.

Программа «TWO DCC» реализует цифровую обработку двумерных сигналов, вычисление коэффициентов в двумерных кусочно-постоянных, кусочно-линейных, кусочно-квадратических базисах. При цифровой обработке одномерных сигналов применяется алгоритм оперативного вычисления коэффициентов в кусочно-полиномиальных базисов для двумерных сигналов. Наряду с этим программа осуществляет вычисления коэффициентов прежде всего по строкам, затем по столбцам, оценивает уровень погрешностей.

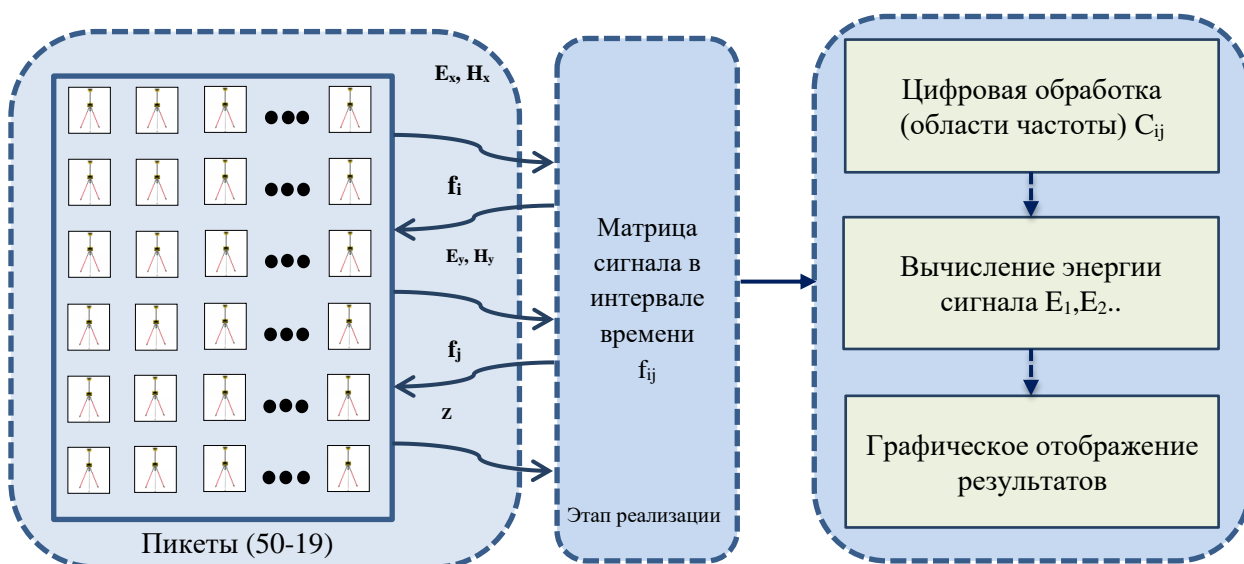


**Рис. 5. Структура разработанного программного комплекса**

Программа «OCTAVE\_SIG\_ENERGY» рис.6 разработана на основе октавного алгоритма вычисления энергии сигнала. Программа определяет значения спектральной энергии входящего сигнала. Позволяет выявить интервал дискретизации сигнала в соответствии с данными значениями.

Программа «CLOUD\_Tech\_SERVICE» является сервисом цифровой обработки одно- и двумерных сигналов с помощью облачных технологий. Данная программа в качестве сервиса платформы (СП) размещен во внутреннем сервере. Сервис размещен в операционной системе CentOS7 с использованием VMware ESXi, программный комплекс используется в качестве сервиса. Данный сервис основывается на двух моделях: первая – служебная модель, вторая – модель реализации.

Данные в системе являются результатами геофизических исследований, осуществляется вычисление шага оптимальной дискретизации путем цифровой обработки этих данных, а также организации сервисов.



**Рис. 6. Интерфейс программы**

Данные, получаемые от пикетов заданного в системе поля, в обобщенном виде направляются аппаратному средству. Эти данные являются электронными магнитными полями, которые приходят от датчиков, и формируют результирующую матрицу  $f_{ij}$ . При обработке данных осуществляется переход от области времени к области частоты. Вместе с тем, вычисляется  $C_{ij}$  и определяются  $E_1, E_2$  энергии сигнала. На основе данных значений энергии определяется шаг оптимальной дискретизации заданного поля.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертационной работе на тему «Алгоритмы и программный комплекс цифровой обработки двумерных сигналов» получены следующие основные результаты:

1. В результате изучения одно- и двумерных кусочно-постоянных базисов доказана высокая эффективность новых кусочно-линейных и кусочно-квадратичных базисов в результате выявления их недостатков;
2. Разработанные быстрые алгоритмы вычисления коэффициентов в предложенных кусочно-квадратичных базисах позволили повысить эффект сжатия и уменьшить погрешность;
3. Алгоритм цифровой обработки геофизических сигналов октавным методом позволил определить оптимальный шаг дискретизации путем определения точности отсчетов сигнала  $f(x, y)$ , заданных на площади  $16 \times 16 \text{ км}^2$ , и определения значений энергии как суммы квадратов спектральных коэффициентов
4. Создана функциональная схема сервиса цифровой обработки одно- и двумерных сигналов с использованием облачных технологий.
5. Разработан алгоритм цифровой обработки биомедицинских сигналов в кусочно-полиномиальных базисах
6. Алгоритмы цифровой обработки геофизических сигналов октавным и кусочно-базисными методами и программный комплекс повысили эффективность геофизических исследований, информативность, точность и достоверность полученных результатов и снизили погрешности, достигнуто сокращение времени расчета на 30%;
7. Программа «Octave\_sig\_energy» разработана на основе применения октавного алгоритма расчета энергии сигнала и алгоритмов быстрого преобразования Хаара. Эта программа позволила определить значение общей энергии введенного сигнала, значения энергии сигнала и по этим значениям позволила определить интервал дискретизации сигнала.

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

---

**TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

**YUSUPOV IBROHIMBEK**

**ALGORITHMS AND SOFTWARE COMPLEX FOR DIGITAL  
PROCESSING OF TWO-DIMENSIONAL SIGNALS**

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

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

**Tashkent-2021**



**The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2021.2.PhD/T2217**

The dissertation has been prepared at Tashkent University of Information Technologies.  
The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website (www.tuit.uz) and on the website of «ZiyoNet» Information and Educational portal (www.ziynet.uz).

**Scientific adviser:** **Zaynidinov Hakimjon Nasiridinovich**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Official opponents:** **Mamatov Narzillo Solijonovich**  
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher

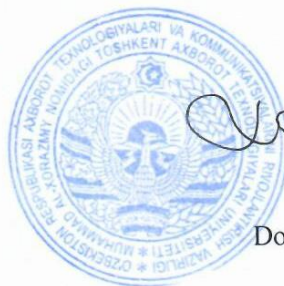
**Kahhorov Alokhon Abrovich**  
Candidate of Technical Sciences, Docent

**Leading organization:** **National University Of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek**

The defense will take place on «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 at \_\_\_\_\_ at a meeting of the Scientific Council No. DSc.13/30.12.2019.T.07.01 at the 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 doctoral dissertation could be reviewed in Information-Resource Center of Tashkent university of information technologies (registration number No. \_\_\_\_\_). (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel: (+99871) 238-64-43, fax: (99871) 238-65-52.

The abstract of dissertation is distributed on «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 y.  
(Dispatching protocol No. \_\_\_\_\_ on «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 y.)



**R.Kh.Khamdamov**  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Science, Professor

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

**M.A. Rakhmatullaev**  
Chairman of the academic seminar under  
scientific council awarding scientific,  
Doctor of Technical Sciences, Professor



## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the research work** is the development of algorithms and software for digital processing of two-dimensional signals on Haar piecewise polynomial basis.

**The objects of the research work are** one-dimensional gastroenterological, two-dimensional geophysical signals and their spectrum have been obtained.

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

fast algorithms for calculating spectral coefficients were developed on the haar polynomial basis;

a digital processing algorithm have been developed by using the octave method for one- and two-dimensional signal;

a service and functional scheme for one- and two-dimensional signal processing by using a platform service model based on cloud technologies;

a development software package for digital signal processing on piecewise-polynomial basis based on platform service model with the help of cloud technologies.

**Implementation of the research results.** Based on the results obtained on the development of algorithms in the digital processing of two-dimensional signals and their software programm:

The software package, which has been applied in JSC «GM-Uzbekistan», developed as part of the thesis, allowed to reduce the processing time, increase labor productivity by 30% and reduce the processing error by 6%. (Reference from the Ministry of Information Technologies and Communications Development № No. 33-8/2357, 01.04.2021y.)

The software program for digital processing of geophysical signals in a piecewise polynomial method has been applied into the "Hydroingeo Institute". The resulting software program into laboratory increased the efficiency of geophysical surveys, the informativeness, accuracy and reliability of the results obtained, and led to a reduction in errors. This allowed to reduce the calculation time by 35% and the error by 18-22%(Reference from the Ministry of Information Technologies and Communications Development № No. 33-8/2357, 01.04.2021y.);

A software program based on the algorithm for digital processing of biomedical signals on piecewise-polynomial basis has been introduced at the clinic of the Andijan branch of the Scientific Center of Emergency Medical Care of the Republic. As a result, the time spent on digital processing of biomedical signals and the parallel method proposed and developed for these algorithms, increased the informativeness and accuracy of the software developed on the basis of the algorithm and allowed to increase the efficiency of calculations by 30-35%. (Reference from the Ministry of Information Technologies and Communications Development № No. 33-8/2357, 01.04.2021y.).

**The outline of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, a list of bibliography and appendixes. The volume of the thesis is 120 pages.

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

**I бўлим (1 часть, part 1)**

1. 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 (IJATCSE). ISSN: 2278 -3093091. Vol.№ 9(4), July-August 2020. -P. 5259-5265. (№3; Scopus; IF=0.789)
2. Zaynidinov H.N, Mallayev O.U, Yusupov I. Cubic Basic Splines and Parallel Algorithms. // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering (IJATCSE). ISSN: 2278-3091. Vol.№ 9(3) May – June 2020. -P. 3957-3960. (№3; Scopus; IF=0.789)
3. Зайнидинов Х.Н, Юсупов И. Октавные методы вычисления энергии сигнала на основе вейвлет-преобразований. // “Муҳаммад Ал-Хоразмий авлодлари” илмий-амалий ва ахборот-таҳлилий журнал -№ 1(3) /2018. – С.3-6. (05.00.00; №10)
4. Зайнидинов Х.Н., Юсупов И. Cloud технологияларига асосланган хизмат яратиш усул ва функционал тузилмаси. Ўзбекистон миллий ахборот агентлиги – ЎЗА Илм-фан бўлими (электрон журнал) 2021 йил, март ойи сони. –б.285-293. (ОАК Раёсатининг қарори 28.03.2019, № 263/7.1 ва №263/7.4)
5. Zaynidinov H.N, Yusupov I, Mannopova M.G. Applying Haar Wavelets in Tasks of Digital Processing of Two-Dimensional Signals. // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), ISSN: 2278-3075, Volume-9, Issue-6. April 2020. -P. 163-166. (№40; ResearchGate; IF=0.39)
6. Zaynidinov. H, Yusupov I, Ibragimov S, Tojiboyev G. Algorithm and Program for Parallel Calculating of Haar Fast Transform in Dual-Core Special Processors. // Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), ISSN: 2458-9403, Vol.7 Issue 9, September – 2020. –P. 12696-12703. (№40; ResearchGate; IF=0.63)
7. Зайнидинов Х.Н, Ураков Ш.У, Юсупов И. Применение вейвлетов Хаара в задачах цифровой обработки двумерных сигналов. // Автоматика и программная инженерия. №2 (28) Апрель, 2019. – С. 79-84
8. Зайнидинов Х.Н, Жураев Ж.У, Юсупов И, Жаббаров Ж.С. Цифровая обработка медицинских изображений в кусочно- полиномиальных базисах Хаара. // Ж.: “Автоматика и программная инженерия”. №3 (33). г. Новосибирск, Россия-2020. -С. 16-23

**II бўлим (2 часть, part 2)**

9. Zaynidinov H.N, Yusupov I, Juraev J.U, Singh D. Digital Processing of Blood

- Image by Applying Two-Dimensional Haar Wavelets. Intelligent Human Computer Interaction. IHCI 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12615. Springer, Cham. (2021).
10. Zaynidinov H.N, Yusupov I. Applying Haar Wavelets for Calculating the Octave Energy Spectrum of Signal. // STEEM. Abstracts of Uzbek-Israel joint international conference Science-Technology-Education-Mathematics-Medicine. Bukhara-Samarkand-Tashkent. Tashkent-2019. -P. 183
  11. Zaynidinov H.N, Zaynutdinova M.B, Yusupov I. Application of wavelets for forming discrete selections of continuous signals. // Tenth World Conference “Intelligent Systems for Industrial Automation”, WCIS-2018. Tashkent-2018. - P. 229-233.
  12. Zaynidinov H.N, Zaynutdinova M.B, Yusupov I. Two-Dimensional Piecewise-Polynomial Haar’s Bases and Their Application to Problems in Digital Signal Processing. // Ninth World Conference “Intelligent Systems for Industrial Automation”, WCIS-2016. Tashkent – 2016. -P. 371-376
  13. Zaynidinov X.N, Yusupov I, Kuchkarov M.A. The Role of Haar Wavelet in DSP and Advantages Compared to Fourier. // Materials of International scientific-practical conference “Problems and prospects of development of innovative cooperation in scientific researches and system of training of personnel”. Bukhara- 2017. -P. 248-249.
  14. Allaberganov R, Yusupov I, Maxmudjanov S, Kuchkarov M, Yoqubov M. Big Data Security: Healthcare Data. // Science, research, development. #16/7 Bridge to Science: Research works. April 15, 2019, San Francisco, USA. – P.126-128.
  15. Yusupov I. Algorithm for fast transformation in two-dimensional Haar basis. // “Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va telekommunikatsiyalarning zamonaviy muammolari va yechimlari” onlayn respublika ilmiy-texnik anjumanining ma’ruzalar to‘plami, 1-qism. Farg‘ona -2020. –P. 349-352
  16. Yusupov I. Application of Two-Dimensional Haar Transforms for Digital Signal Processing. // “Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va telekommunikatsiyalarning zamonaviy muammolari va yechimlari” Respublika ilmiy-texnik anjumanining ma’ruzalar to‘plami. I-qism. Farg‘ona -2019. - B.129-130
  17. Yusupov I. Models for two-dimensional signals based on Haar Wavelet Transformations. // Materials of the international online distance conference on “Modern informatics and its teaching methods (MITM 2020)”. Section II. Information processing methods and algorithms. Part -2. Andijan, Uzbekistan - 2020. –P. 202-206.
  18. Yusupov I. Vektorlar ustida Haar Wavelet tez o‘zgarishlar tahlili. // “Innovatsion va zamonaviy axborot texnologiyalarini ta’lim, fan va boshqaruv sohalarida qo‘llash istiqbollari” xalqaro ilmiy – amaliy onlayn konferensiya. Samarqand -2020. –B. 246-248.
  19. Юсупов И. Геофизик майдонларда фойдали ресурсларни баҳолашнинг дастурий воситалари. Ахборот-коммуникация технологиялари ва

- телекоммуникацияларнинг замонавий муаммолари ва ечимлари. Онлайн республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами. 16-17 – апрель. Фарғона – 2021. –Б.48-50.
20. Зайнидинов Х, Юсупов И. Алгоритмы и программы для спектральной обработки гастроэнтерологических сигналов. // «Машинасозликда замонавий материаллар, техника ва технологиялар» халқаро илмий-техникавий анжуман тўплами. Андижон – 2016. – С. 429-430
  21. Зайнидинов Х.Н., Назирова Э.Ш., Зайнутдинова М.Б., Юсупов И. Двумерные вейвлет-базисы с компактными носителями в задаче выборки сигналов- функций двух переменных. Proceedings of the International Scientific-Practical and Spiritual-Educational Conference on Importance of Information-Communication Technologies in Innovative Development of Sectors of Economy. Tashkent - 2018. -С. 834-836
  22. Юсупов И, Махмуджанов С.У, Аллаберганов Р.Д. Элементы архитектуры облачных вычислений. //“Ахборот-коммуникация технологиялари ва телекоммуникацияларнинг замонавий муаммолари ва ечимлари” Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами. I-қисм. Фарғона -2019. -С. 194-196.
  23. Zaynidinov X.N, Yusupov I, Tojiboev G.O. Cloud texnologiyalari asosida biomeditsina signallarini raqamli ishlash servisini yaratish. // O‘zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi Guvohnoma № DGU 08967. 10.09.2020.
  24. Зайнидинов Х.Н, Юсупов И, Мустафоева Н.Т. Октав методи орқали икки ўлчовли сигналларга спектрал ишлов бериш учун дастур. // Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги Гувохнома № DGU 05410. 13.06.2018.
  25. Зайнидинов Х.Н, Юсупов И. Биомедицина сигналларига вейвлет- функциялар усуллари ёрдамида ишлов бериш дастури. // Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги Гувохнома № DGU 04055. 09.11.2016.
  26. Зайнидинов Х.Н, Юсупов И. Икки ўлчовли сигналларга икки ўлчовли Хаар функциялари ёрдамида рақамли ишлов бериш дастури. // Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлиги Гувохнома № DGU 04248. 28.02.2017.





Автореферат «ТАТУ хабарлари» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларининг мослиги текширилди.