

ЎЗБЕКИСТОН АЛОҚА ВА АХБОРОТЛАШТИРИШ АГЕНТЛИГИ
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

Қўлёзма ҳуқуқи
УДК 681.31:519.6

РАХМАТОВ ФУРҚАТ АБДИРАЗЗОҚОВИЧ

РАҚАМЛИ СИГНАЛ ПРОЦЕССОРЛАРИ УЧУН ИШЛОВ БЕРИШ
УСУЛЛАРИ ВА АМАЛИЙ ДАСТУРЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

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

Техника фанлари номзоди
илмий даражасини олиш учун тақдим этилган диссертация
АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2011

Иш Тошкент ахборот технологиялари университетидида бажарилган.

Илмий раҳбар техника фанлари доктори, профессор
Мусаев Мухаммаджон Махмудович

Расмий оппонентлар: техника фанлари доктори, профессор
Зайнидинов Хакимжон Насиридинович

техника фанлари номзоди, доцент
Якубов Абдухалим Борубаевич

Етакчи ташкилот Мирзо Улуғбек номидаги
Ўзбекистон миллий университети

Ҳимоя Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги
Д.001.25.01 рақамли кенгашнинг «___» _____ 2011 й. соат ____ да
ўтадиган мажлисида бўлади. Манзил: 100084, Тошкент ш., Амира Темура
кўчаси, 108. Тел.: 238-64-13, e-mail: tuit@tuit.uz.

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университети
кутубхонасида танишиш мумкин.

Автореферат _____ да тарқатилди.

Ихтисослашган кенгаш
илмий котиби

А.А. Ганиев

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ УМУМИЙ ТАВСИФИ

Мавзунинг долзарблиги. Мажмуа ва компьютер тармоқларини моделлаштирувчи динамик объектларни бошқариш тизимларини яратишда сигналлар ва тасвирларга рақамли ишлов берувчи амалий дастурларни ишлаб чиқиш зарурияти пайдо бўлади, бунда кўпгина реал вақт тизимларида бошқарув сигнал процессорлари кўринишидаги аппарат орқали амалга оширилади.

Сигнал процессорлари билан сигналларга ишлов бериш масаласи компьютер тармоқлари ва телекоммуникацион тизимларининг кўпгина жойида ечилади, мультимедиа технологияларида фойдаланилади, тиббиётда, технологик жараёнларда, объект ва жараёнлар назорати ва бошқариш тизимларида қўлланилади.

Ишда сигнал процессорлари учун рақамли ишлов берувчи тезкор алгоритмлари ва дастурларини яратиш масаласи қўйилади. Бунинг учун сигнал ёки унинг қисмларини алгебраик кўбхад формасига ўтказувчи усулни яратиш зарур бўлади.

Сигнални кўбхад кўринишига ўтказиш учун аниқликни ва керакли ишлов бериш суръатини таъминловчи тез спектрал ўзгартириш алгоритмларидан фойдаланиш зарур. Классик усуллар ва Фурье-анализини замонавий усулларининг фойдали хусусиятлари бирикмаси кирувчи сигнал хусусияти ва берилган ишлов бериш амалларидан қатғий назар, ҳамда кирувчи сигналларни алгебраик кўбхад кўринишидаги битта форма рамкасида акс эттириш ва филтрлаш, сиқиш ва дискретлаш частотасини ўзгартириш алгроиитмларини биргаликда олиб боришда Фурье-анализнинг турли базис ситемаларидан фойдаланиш имкниятини яратади. Булардан ташқари сигнал процессорларининг архитектураси ва буйруқлар тизимида унумли амалга ошрилишга мўлжалланган усулларни яратиш зарур.

Муаммони ўрганганлик даражаси. Реал вақт тизимларига кирувчи кўп каналли бошқарув ва алоқа тизимларида спектрал усуллар билан сигналларга классик ишлов бериш кўп ҳолларда Фурье ўзгартиришига асосланади. Фурье-ўзгартиришининг унумлилиги асосида иккилик-ортогонал базис функция тизими бўйича умумий Фурье-ўзгартириши ётувчи дискрет базис системаларининг кенг ривожланишига туртки бўлди. Уларга интеграл турдаги базислар (Хармута, Адамара-Уолша) ва локал хусусиятли базислар (Хаара системалари, вейвлет-функциялари) киради. Хар бир базис функциялар системаси учун мос келувчи қулланилиш соҳасини, афзаллиги ва камчиликларини кўрсатиш мумкин. Шуни айтиб ўтиш керакки хозирги кунда олинган натижалар кўпинча стационар яъни хусусий спектри вақт бўйича ўзгармайдиган сигналлар тадқиқотлирига тегишли. Улар учун Фурье-ўзгартириши ва унинг юқорида кўрсатилган аналоглари бир мунча қулай ишлов бериш инструментлари ҳисобланади.

Сигналларга ишлов беришнинг рақамли процессорларининг қўлланилиши объектдан ёки жараёндан келувчи ахборотга реал вақтда, яъни сигналга ишлов бериш алгоритм амаллари дискретлаш вақтидан ошиб

кетмаган вақтда ишлов беришни бажариш имкониятини яратади. Шунинг учун ҳам сигнал процессорларида амалга оширилувчи амаллар юқори тезликда ишлов бериш, амалга оширишда соддалик, бажарилиш жараёнида оператив хотирадан кам жой олиши, талаб қилинган ишлов бериш аниқлигини таъминлаши зарурлиги каби талабларга жавоб бериши керак.

Диссертация ишининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.

Иш кўйидагиларга мувофиқ тарзда бажарилди: Илмий-техник ривожланиш бўйича Координацион Кенгаш қарори билан тасдиқланган илмий-техник дастур ДИТЛ №17-029 «Олий таълим тизими учун интерактив ўқитишнинг аппарат-дастурий мажмуи»; ЎзААА нинг 28.01.2011 йилда №32 сонли буйруғи билан тасдиқланган «2011 йилда ахборот соҳаларини ривожлантириш бўйича муҳим аҳамиятли илмий-тадқиқот ишларини ўтказиш режаси»; алоқа линияси бўйича узатишда гап сигналларини сиқиш ва ҳимоялаш алгоритмининг аппарат амалга ошириш (шифр «Яшин») топшириғи (Узэлтехсаноат ассоциацияси Микроэлектроника ИТИ); Тошкент ахборот технологиялари университети ва ЎЗР ФА Физиология ва биофизика институти ўртасидаги ҳамкорлик шартномаси.

Тадқиқот мақсади. Диссертация ишининг мақсади сигнал спектри базасида алгебраик полином кўринишида тасвирланувчи, сигналларга ишлов беришнинг тезкор усулларини ишлаб чиқиш ва уларни замонавий сигнал процессорларида дастурли амалга оширишдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

- спектрал усуллар асосида мавжуд сигналларни аппроксимациялаш усулларини тадқиқ қилиш;
- математик аниқ, алгоритм жихатдан унумдор ва сигнал процессорларида оддий амалга ошириш хусусиятига эга бўлган аппроксимацияловчи кўбхад коэффициентларини топиш усулларини ишлаб чиқиш;
- сигнал процессорларида минимум хатолик ва унумли амалга оширилувчи, тезкор ишлов беришни таъминловчи аппроксимациялаш алгоритмларини яратиш;
- моделлаштириш, сигнал процессорларида амалга ошириш, ҳамда реал компьютерли ишлов бериш тизими дастурларидан иборат амалий дастурларини пакетини яратиш;
- ишлаб чиқилган алгоритмлар ва дастурий мажмуани аниқ соҳаларда амалий қўллаш масалаларини ечиш.

Тадқиқот объекти ва предмети. Тадқиқот объекти бу паст частотали рақамли сигналлар ва рақамли сигнал процессорларининг архитектураси. Тадқиқот предмети бу спектрал ёндошув асосида сигналларга ишлов бериш алгоритмлар ва алгебраик усуллар.

Тадқиқот методлари. Ўтказилган тадқиқотнинг назарий асосини функционал таҳлил назарияси, Фурье-базисида спектрал таҳлил усуллари,

кўбхадларни ва элементар функцияларни ҳисоблаш усуллари, ҳамда каторлар ва матрицалар назарияси ташкил қилади.

Тадқиқот гипотизаси: сигналларни филтрлаш, сиқиш ва дискретлаш частотасини ўзгартириш маслаларини ечиш учун кўбхадли аппроксимациялаш структураларини олиш имконияти.

Ҳимояга олиб чиқиладиган асосий ҳоталилар:

- спектрал ёндошув асосида алгебраик кўбхад коэффициентларини ҳисоблашнинг унумли усуллари;
- рақамли сигнал процессорларида қўллаш учун сигналларга кўбхадли ишлов беришнинг алгоритмлари ва дастурий воситалари;
- сигналларга кўбхадли ишлов беришни моделлаштириш, сигнал процессорларида ишлов бериш, реал қурилмаларда ишлов бериш дастурларидан иборат амалий дастурлар пакети;
- реал ахборот тизимларида маълумотларга ишлов беришнинг амалий дастурлари: каламуш юраги папиляр мускили фаоллигига алкалоидрхларнинг таъсирини тадқиқ қилиш учун юрак мускили қискариш сигналрига ишлов бериш дастури; сакрашларни силлиқлаш ва квантлаш частотасини ўзгартириш мақсадида аудиосигналларга ишлов бериш дастури; гап сигналларини ҳимоялаш дастури.

Илмий янгилиги. Ўтказилган тадқиқотнинг илмий янгилиги куйидагилар билан белгиланади:

- тадқиқот натижасида танланган базис системасида спектрал коэффициентлар сверткасининг алгебраик моделидан фойдаланиб сигнални кўбхад кўриниши соҳасига ўтказиш усули ишлаб чиқилган;
- ишлаб чиқилган усулни турли Фурье-базисларда амалга оширишнинг принципиал имконияти исботлаб берилган;
- сигнал процессорларининг архитектурасига мўжалланган кўбхадли ишлов беришнинг тезкор алгоритмлари ва дастурий воситалари ишлаб чиқилган;
- ишлаб чиқилган алгоритмлар ва танланган процессор моделининг сифат характеристикалари тадқиқ қилинган, амаллар сони, амалга ошириш мураккаблиги, такт иши сони бўйича баҳолар олинган ва мос аналитик ифодалар олинган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти:

- ишда таклиф қилинган сигналларни кўбхад кўринишига ўтказиш усули асосида интеграл ва локал алгебарик кўбхад коэффициентларини ҳисоблаш алгоритмлари ишлаб чиқилган;
- шахсий компьютерларда моделлаштириш тизими учун, TigerSHARC оиласидаги сигнал процессорларида қўллаш учун сигналларга кўбхадли ишлов беришнинг амалий дастурлари ишлаб чиқилган;
- кўбхадли усул асосида: юрак мускули сакрашлари биосигналининг параметрларига ишлов бериш ва уларни аналитик формада тасвирлаш учун; аудиосигналларни сиқиш ва силлиқлаш, дискретлаш частотасини

ўзгартириш учун; гап сигналларини ҳимоялаш учун алгоритмлар ва амалий дастурлар ишлаб чиқилган;

- юқори даражадаги дастурлаш тилида моделлаштириш дастури, C++ тилида сигнал процессорлари учун дастурлар, ҳамда экспериментал қурилма компьютерлари учун сигналларга рақамли ишлов берувчи амалий дастурлар пакети яратилган.

Натижаларнинг жорий қилиниши. Диссертация ишининг асосий назарий ва амалий натижалари ЎзР ФА Физиология ва биофизика институтида, Миктроселектроника илмий текшириш институтида, ҳамда Тошкент ахборот технологиялари университети (ТАТУ) ўқув жараёнида тадбиқ қилинган.

Ишнинг синовдан ўтиши (апробацияси). Асосий натижалар: «The 9th International Conference on Electronics, Information, and Communication» 9-чи халқаро конференцияда (Тошкент, 2008 й.); «Информацион-коммуникацион технологиялар» республика илмий-техник конференцияда (Тошкент, 2009 й.); «Информацион-коммуникацион технологиялар ва кадрлар тайёрлашни ривожлантириш муаммолари» халқаро илмий конференцияда (Тошкент, 2009 й.); «Фан ва таълимда ахборот - коммуникация технологиялари» республика илмий-техник конференцияда (Тошкент, 2010 й.); «The 4th International Conference on Application of information and communication technologies» 4-чи халқаро конференцияда (Тошкент, 2010 й.); «БИОЛОГИЯ – НАУКА XXI ВЕКА» 15-чи халқаро конференцияда (Ёш олимларнинг халқаро Пушино мактаб-конференцияси, Пушино, 2011 й.) маъруза ва муҳокама қилинган.

Натижаларнинг эълон қилинганлиги. Диссертация ишининг асосий натижалари илмий журналларда 2 та мақола, халқаро ва республика конференцияларининг илмий ишлар тўпламида 5 та мақола, халқаро конференцияларнинг тезислар тўпламида 1 та мақола чоп этилган, Ўзбекистон Республикаси Давлат Патент идорасининг 2 та гувоҳномаси мавжуд.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, хулосаси билан тўртта боб, хулоса, 88 та номдан иборат адабиётлар рўйхати ва иловадан ташкил топган. Ишнинг асосий қисми 146 вароқ матнда баён этилган. Иш 42 та расм ва 16 та жадвални ўз ичига олган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Киришда диссертация ишининг мавзусининг долзарблиги асослаб берилган, мақсад шаллантирилган ва асосий тадқиқод муаммолари аниқланган, илмий янгилиги ва амалий ахамияти белгиланган, ҳамда муаллиф томонидан ҳимояга олиб чиқилаётган асосий ҳолатлар баён этилган.

Диссертация ишининг биринчи бобида юқори ҳисоблаш тезлиги, минимал аппроксимациялаш хатолиги ва алгоритмик ва аппарат амалга оширишда соддалик шартларини қаноатлантирувчи сигналлар ва функцияларни аппроксимациялаш усуллари таҳлил қилинган, сигналлар ва экспериментал маълумотларга ишлов беришнинг спектрал усуллари кўрилган,

ишлаб чиқиладиган усуллари амалга ошириш учун сигналларга ишлов бериш процессорлари синфи таҳлил қилинган, сигналларга ишлов берувчи дастурларнинг имкониятлари кўриб чиқилган.

Сигналларга рақамли ишлов беришнинг кенг тарқалган масалаларидан бири кирувчи сигналини математик ифодасини олишдан иобрат. Ахборот тизимларида динамик жараёнларнинг ўзи эмас, балки унинг аналитик тавсифи кўринишидаги кирувчи сигналнинг математик модели кўрилади. Шунинг учун гапни таҳлил қилиш, филтрлаш, образларни идрок этиш, тасвирларга ишлов бериш, сиқиш масалаларини ечиш учун унумли аппаратли амалга оширишни, талаб қилинган тезлик ва аниқликни таъминловчи ишлов беришнинг алгебраик усуллардан фойдаланилади. Амалиётда сигналда шовқинли ташкил этувчилар бўлганида ёки жадвал кўринишидаги қийматлар берилганда алгебраик усулли ишлов бериш масаласи пайдо бўлади. Масалани ечишни содалаштириш учун сигнал ёки унинг қисмларини бир мунча оддий сигналлар (функциялар) ёки умумий кўбхадларнинг чизикли комбинацияси кўринишида тахминан тасвирлаш мумкин. Бунда содароқ бўлиши учун ишлов берилаётган сигнал реал динамик жараённи тавсифловчи ва чегараланган интервалга эга вақт функцияси $f(t)$ каби ифодаланади. Қўйилган битта масала доирасида сигнал (вақт функцияси) $f(t)$ га қўйидаги чекловлар ўрнатилган: сигнал частотаси 50 кГц атрофида бўлади, сигнал ва шовқин нисбати бирга унн нисбатда бўлиши керак.

Таҳлил натижалари шуни кўрсатадики, кирувчи сигнални аналитик ифодасини олиш учун (1) кўринишидаги алгебраик кўбхадлардан фойдаланиш бир мунча қулай ҳисобланади. Бунда улар амалда умумий структура ва алгоритмни ўзгартирмасдан фақат A_k коэффициентнинг қийматини алмаштириш эвазига барча кўринишдаги функцияларни ва кўплаб сигналларни ҳосил қилиш имкониятини таъминлайди.

$$f(t) = \sum_{k=0}^m A_k t^k \quad (1)$$

(1) кўринишдаги кўбхаддан фойдаланиш сигналларни силлиқлаш (кўбхадли филтрлаш) ва интерполяция процедураларини амалга ошириш имкониятини яратади. Кўрсатилган масалаларни реал вақт тизимида ечиш учун юқори тезликни таъминловчи, алгоритмли ва аппарат воситали амалга оширишда содалик, аниқлик бўйича эса ананавий усуллардан қолишмайдиган усуллар талаб қилинади.

Шовқинли сигналларга ишлов бериш масалаларида классик интерполяцион кўбхадлар имконияти чекланган бўлади. Бу классик интерполяцион кўбхадлардан фойдаланганда шовқин ташкил этувчилари фойдали сигнални аппроксимациялаш хатолигидан ошиб текмаслиги кераклигини билдиради. Акс ҳолда ишлов бериш сифати шовқин катталигини ортишига пропорционал равишда ортади.

Шовқинли реал сигналларга ишлов бериш учун бир мунча маъқули ўртача квадратик яқинлаштириш усули, яъни энг кичик квадратлар усули,

Чебышев ортогонал тизими бўйича сигналларни ёйиш усули ва бошқалар. Бу усуллар амалда қўллаш учун мураккаб ҳисобланади, ҳамда кўп сонли кўпайтириш амалларини бажарилишини талаб қилади.

Сплайн-аппроксимация юқори аниқликни талаб қилувчи сигналлар ва тасвирларга ишлов бериш учун қулай инструмент ҳисобланади, бироқ у кўйидаги бир қатор камчиликларга эга: бутун эгри чизик учун умумий ифоданинг мавжуд эмалиги, узел нуқталар оралиғидаги турли интерваллар унун сплайн-функциялар тўпламидан фойдаланиш зарурлиги, алгоритмнинг ўзи эса мураккаблиги.

Ишда Адамара (W), аррасимон функция (P) и Хаара вейвлет-ўзгартириш системаси (V) дискрет базис системаларининг ўратилган минимум хатолик ва яқинлашиш элементларини қидиришда максимум соддалик шартлар нуқтаи назаридан афзалликлари кўрсатиб берилган. Бироқ Фурье-базисларда сигналларни тўғридан-тўғри спектр кўринишида тасвирлаш оптимал ечим эмас. Реал вақт масштаблари учун сигналларни бир мунча унумли формада тасвирлаш имкониятини берувчи алгоритмлар зарур.

Ушбу бобда яна сигналларга рақамли ишлов бериш процессорларининг синфлари тахлил қилинган. Ишлов бериш алгоритмларини амалга ошириш учун Analog Devices фирмасининг ADSP TigerSHARC процессори танланган. Бу процессорлар оиласи, уларнинг архитектураси ва дастурий имконияти тадқиқ қилинаётган усул ёрдамида танланган сигнал синфларига ишлов бериш учун бир мунча унумли ҳисобланади.

Диссератция ишининг иккинчи боби спектрал ёндошувга асосланган алгебраик кўбҳад коэффицентларини ҳисоблаш усулларини тадқиқ қилишга бағишланган. Сигналларга кўбҳадли ишлов беришнинг аппроксимацияловчи структураларини олишининг иккита усули таклиф қилинган. Биринчиси тенглама ечишга асосланган тўғри усул. Иккинчиси спектрларни кўпайтириш (свертка) усули Чебышев кўбҳадларидан фойдаланишга асосланган.

Иккала усулда ҳам мақсад (1) умумий кўринишдаги кўбҳад ифодаси кўринишида сигналларнинг математик моделини олиш бўлган масала кўрилади.

Сигнални $f(t)$ қийматлар кетма-кетлиги кўринишидан (1) кўринишдаги алгебраик кўбҳад кўринишига ўтказиш учун асос сифатида иккилик-ортогонал базис системалари Адамар, аррасимон P -базис, вейвлет-функцияси олинади.

Финит сигналлар ёки мураккаб сигнал қисмларини (қисм-кўбҳадли аппроксимациялашда) тасвирлашда амалиётда кирувчи сигналларни учинчи даражадан катта бўлмаган, яъни $k=1,2,3$ кўбҳадларни танлаш етарли ҳисобланади. Бу ишлов беришни сезиларли соддалаштиради ва шунга ўхшаш масалаларни ечишда ананавий ёндошувдарни бузмайди.

Аппроксимацияловчи структураларни шакллантиришнинг тўғри усули. Алгебраик кўбҳад коэффицентларини ҳисоблашда классик усулларда кирувчи ўзгарувчи сифатида кирувчи сигнал қийматлари эмас, балки унинг спектрал коэффиценталидан фойдаланиш таклиф қилинади. Бу эса

кўбхаднинг катта бўлмаган даражасида тенгламалар системасидан аппроксимацияловчи структурага ўтиш имкониятини беради.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, A_k қийматларини спектрал тасвирлаш ёрдамида олишни умумий ҳолда Фурье-анализининг барча иккилик-ортогонал базис тизимларида амалга ошириш мумкин. Пэли бўйича тартибланган Адамар (Адамара-Пэли базис системаси) базис функцияси мисолида шундай мисолнинг ечилишини кўриб чиқамиз.

(1) формулага тез ўзгартириш алгоритмини қўллаб, $f(t)$ сигнал қийматлари массивини W базис спектрига айлантирилиб, шу базис бўйича алгебраик полином қаторга ёйилиб тенглаштирилади:

$$\sum_{j=0}^{N-1} f(t_j) W_{ij} = \sum_{j=1}^{N-1} \left(\sum_{k=0}^m A_k t^k \right) W_{ij} \quad (2)$$

бу ерда $i=0, 1, 2, \dots, N-1$; $t \in [0, 1]$; N – сигнал қийматлари сони ($N=2^n$, $n=1, 2, 3, \dots$);

$W_{i,j}$ – ± 1 кўринишдаги базис функция системасининг матрица элементлари; $f(t_j)$ – кирувчи сигнал қийматлари ($j=0, 1, 2, \dots, N-1$); k – кўбхад даражаси.

Тенгикнинг икки томонини тўғри ўзгартириш қўйидаги кўринишни беради:

$$a_i = \sum_{k=0}^m s_{k,i} \cdot A_k, \quad i=0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (3)$$

бу ерда a_i – W базисдаги кирувчи сигнал спектри; $s_{k,i}$ – алгебраик кўбхад спектри.

Олинган (3) ифодани кирувчи сигнал спектрал коэффициентлари билан алгебраик кўбхад коэффициентларини боғловчи тенгламалар системаси кўринишида тасвирлаш мумкин. Системани ечиб, кирувчи сигнал спектри функция сифатида A_k ҳисоланади. Ўхшаш амалларни бажарган ҳолда бошқа базисларда ҳам аппроксимацияловчи структураларни олиш мумкин. 1-жадвалда $N=8$, $k=2$ ва 3 ҳолат учун W , P и V базис системалари асосида аппроксимацияловчи структуралар келтирилган. Жадвалда b_i – кирувчи сигналнинг P базисдаги i -спектри, v_i – кирувчи сигналнинг V базисдаги i -спектри.

Спектрал коэффициентлар (a_i , b_i ва v_i) ва A_k аппроксимацияловчи кўбхад коэффициентларини етарлича оддий аналитик боғлиқлик ҳосил бўлди. Ушбу аппроксимацияловчи структуралар сигнал процессорларида қулай аппаратли амалга ошириш билан ажралиб туради. Ишлаб чиқилган аппроксимацияловчи структуралардан фойдаланилганда талаб қилинган аниқликни таъминлаш учун юқорида частота ва сигнал/шум нисбати бўйича ўрнатилган чекловни ҳисобга олиш лозим.

Тўғри усул бўйича аппроксимацияловчи структуралар

Базис функциялар	Кўбхад коэффициентлари A_k			
	A_0	A_1	A_2	A_3
$W (k=2)$	$a_0 - \frac{35}{2^7} A_2 - \frac{7}{2^4} A_1$	$-2^4 a_4 - \frac{7}{2^3} A_2$	$2^4 a_3$	
$W (k=3)$	$a_0 - \frac{49}{256} A_3 - \frac{35}{128} A_2 - \frac{7}{16} A_1$	$-4a_1 - \frac{89}{128} A_3 - \frac{7}{8} A_2$	$16a_3 - \frac{21}{2^4} A_3$	$-\frac{2^8}{3} a_7$
$P (k=2)$	$b_0 - \frac{35}{2^7} A_2 - \frac{7}{2^4} A_1$	$-(\frac{7}{2} b_1 + 56b_2)$	$2^6 b_2$	
$P (k=3)$	$b_0 - \frac{49}{256} A_3 - \frac{35}{128} A_2 - \frac{7}{16} A_1$	$-\frac{7}{2} b_1 - \frac{8}{11} A_3 - \frac{7}{8} A_2$	$64b_2 - \frac{21}{16} A_3$	$-\frac{2^8}{3} b_5$
$V (k=2)$	$v_0 - \frac{35}{2^7} A_2 - \frac{7}{2^4} A_1$	$-4v_1 - \frac{7}{8} A_2$	$8(v_2 - v_3)$	
$V (k=3)$	$v_0 - \frac{49}{256} A_3 - \frac{35}{128} A_2 - \frac{7}{16} A_1$	$-16v_4 - \frac{1}{64} A_3 - \frac{1}{8} A_2$	$32(v_4 - v_5) - \frac{9}{16} A_3$	$-\frac{64}{3}(v_4 - v_5 - v_6 + v_7)$

Спектрларни кўпайтириш (свертка) усули сигнални тасвирлашнинг яна бир унумли усули ҳисобланади. Таклиф қилинаётган усул асосида кирувчи сигнал спектри орқали A_k кўбхад коэффициентларини тез ҳосил қилиш алгоритмларини яратиш ётади.

Аппроксимацияловчи структураларни ҳосил қилишнинг таниқли усуллари классик кўбхадлардан фойдаланиш ҳисобланади, бироқ тез ўзгартириш алгоритмларининг йўқлиги ва аналитик ёзувларни олишнинг мураккаблиги кўбхадларнинг бу турини кенг қўлланилишини кийинлаштиради. Ҳисоблаш алгоритмини соддалаштириш учун кирувчи сигнал спектри ва классик кўбхадни шу иккилик-ортогонал W , P ва V базислардаги коэффициентларини кўпайтиришга асосланган усул таклиф қилинади.

$N=8$, $k=2$ ҳолат учун W базисида аппроксимацияловчи структураларни олишни кўриб чиқамиз. Қидирилаётган кўбхадни кўйидаги кўринишда тасвирлаш мумкин:

$$f(u) = c_0 T_0(u) + c_1 T_1(u) + \dots + c_k T_k(u) \quad (4)$$

$$u = \frac{x - \bar{x}}{h}, \quad \bar{x} = \frac{x_1 + x_N}{2}, \quad h = x_{i+1} - x_i, \quad x \in [0, 1] \text{ шағом } 1/(N-1), \\ (i=0, 1, 2, \dots, N-1)$$

бу ерда $T_k(u)$ - тенг оралик масофали аргумент учун Чебышев кўбхадлари;
 c_k - кўйидаги формула билан ҳисобланувчи кўбхад коэффициентлари:

$$c_k = \frac{1}{H_k} \sum_{i=0}^{N-1} f(u_i) T_k(u_i) \quad (k = 0, 1, 2, \dots, n; n < N) \quad (5)$$

Чебышев кўбхадлари даражали кўбхад бўлгани учун танланган.

(5) тенглик кирувчи сигнал $f(u_i)$ ва мос $T_k(u_i)$ Чебышев кўбхадларининг бир-бирига нисбатан қувватини аниқлайди. Агар (5) га умумий ҳолдаги

Парсеваль тенглигини кулласак ва уларнинг спектрлари қувватини тенгласак, у ҳолда қўйидаги ифодани олиш мумкин:

$$\frac{1}{H_k} \sum_{i=0}^{N-1} f(u_i) T_k(u_i) = \frac{N}{H_k} \sum_{i=0}^{N-1} a_i \tau_i^k,$$

бу ерда τ_i^k – танланган W базисда Чебышев кўбхадларининг спектрал коэффициентлари, a_i – W базисда кирувчи сигналнинг спектрал коэффициентлари. (5) ифодани ҳисобга оладиган бўлсак, W базисда сигналнинг ва классик кўбхаднинг спектрал коэффициентлари орқали c_k параметрларни ҳисоблаш формуласи олинади:

$$c_k = \frac{N}{H_k} \sum_{i=0}^{N-1} a_i \tau_i^k \quad (6)$$

Бу формулада H_k катталиги қўйидаги ифода билан ҳисобланади:

$$H_k = \sum_{i=1}^N T_k^2(u_i), \quad j=1,2,3,\dots \quad (7)$$

$k \leq 2$ учун $T_k(u)$ Чебышев кўбхадлари қўйидаги кўринишда бўлади:

$$T_0(u) = 1, \quad T_1(u) = u, \quad T_2(u) = u^2 - 21/4.$$

$k=2$ ва $N=8$ ҳолат учун олинган кўбхад аъзоларини (4) формулага қўйиб қўйидаги ифодани олиш мумкин:

$$f(u) = c_0 - 21c_2/4 + c_1u + c_2u^2 \quad (8)$$

Қўйидаги белгилашни киритамиз:

$$A_2 = c_2, \quad A_1 = c_1, \quad A_0 = c_0 - 21A_2/4 \quad (9)$$

(9) ифодадан фойдаланиб (8) ифодани қўйидаги кўринишда ёзиб оламиз:

$$f(u) = A_0 + A_1u + A_2u^2 \quad (10)$$

Давом этган ҳолда $T_k(u)$ ни W базисда ёйилмасидан фойдаланиб сигналларни аппроксимацияловчи кўбхад кўринишда тасвирлашга ўтиш мумкин.

$T_k(u)$ кўбхадни W базис бўйича ёйгандан сўнг τ_i^k спектрал коэффициентлар аниқланади. c_k ни ҳисоблаш учун (6) ифодада (7) ифодадан фойдаланиб H_k ни аниқлаш керак. Топилган τ_i^k ва H_k қийматларни (6) формулага қўйиб қўйидаги боғлиқлик олинади:

$$c_0 = a_0, \quad c_1 = 4(-2a_1 - a_2 - \frac{1}{2}a_4)/21, \quad c_2 = (4a_3 + 2a_5 + a_6)/21 \quad (11)$$

c_k катталиқни (9) формулага қўйилади ва A_k коэффициентлар билан кирувчи сигналнинг спектрал коэффициентларини боғловчи аналитик ифодани олиш мумкин. Худди шундай ўхшаш амалларини бажариб бошқа базисларда ҳам аппроксимацияловчи структураларни олиш мумкин. 2-жадвалда $N=8$, $k=2$ ва 3 ҳолатларда W , P ва V базис системалари асосида аппроксимацияловчи структуралар келтирилган. 2-жадвалда келтирилган аппроксимацияловчи структуралар кўбхад коэффициентлари билан сигнални W , P ва V базисларда ёйилган спектрал коэффициентларни (a_i , b_i ва v_i) бевосита боғлиқлигини беради.

Аппроксимацияловчи ифодаларни олиш сигнал процессорларида (СП) унумли амалга оширилувчи амалларни ўзида аск этиради. Бу амаллар иккита-иккита қилиб кўпайтириш билан қўшиш, бунда кўпайтирувчилардан бири олдиндан маълум сон (ўзгармас) бўлади. СП да бундай турдаги амаллар битта буйруқ орқали фойдаланилиб, СП ахриктураси шунга мўлжалланган, яъни АМҚ кўпайтирувчи ва масхус қўшувчи схемага эга.

2-жадвал

Спектрлар сверткаси усули бўйича аппроксимацияловчи структуралар

Базис функциялар	Коэффициентлар A_k			
	A_0	A_1	A_2	A_3
$W (k=2)$	$a_0 - \frac{21}{4} A_2$	$\frac{4}{21}(-2a_1 - a_2 - \frac{1}{2}a_4)$	$\frac{1}{21}(4a_3 + 2a_5 + a_6)$	
$W (k=3)$	$a_0 - \frac{21}{4} A_2$	$-\frac{2}{21}(4a_1 + 2a_2 + a_4) - \frac{37}{4} A_3$	$\frac{1}{21}(4a_3 + 2a_5 + a_6)$	$\frac{2}{99}(2a_1 - 3a_2 - 2a_4 - 4a_7)$
$P (k=2)$	$b_0 - \frac{21}{4} A_2$	$-\frac{37}{84} b_1$	$\frac{1}{21}(b_2 + \frac{9}{2} b_4)$	
$P (k=3)$	$b_0 - \frac{21}{4} A_2$	$-\frac{37}{4}(\frac{1}{21} b_1 + A_3)$	$\frac{1}{21}(b_2 + \frac{9}{2} b_4)$	$-\frac{1}{12} b_5 - \frac{2}{25} b_6$
$V (k=2)$	$v_0 - \frac{21}{4} A_2$	$-\frac{1}{42}(v_4 + v_5 + v_6 + v_7 + 4(4v_1 + v_2 + v_3))$	$\frac{1}{84}(v_5 - v_6 + 8(v_2 - v_3) + 3(v_4 - v_7))$	
$V (k=3)$	$v_0 - \frac{21}{4} A_2$	$-\frac{1}{41}(v_4 + v_5 + v_6 + v_7 + 4(4v_1 + v_2 + v_3)) - \frac{37}{4} A_3$	$\frac{1}{84}(v_5 - v_6 + 8(v_2 - v_3) + 3(v_4 - v_7))$	$\frac{1}{99}(v_5 + v_6 + 4v_1 - 3(v_2 + v_3 + v_4 + v_7))$

3-жадвалда энг кичик квадратлар усули (ЭККУ) ва таклиф қилинаётган усулларда олинган тест функциялар ва сигналларни аппроксимациялашда ($N=8$ да) ўртача квадратик хатоликлар келтирилган.

Таҳлиллар шуни кўрсатадики, таклиф қилинаётган усуллар, айниқса спектрлар сверткаси усули кўп позицияларда аниқлиги бўйича классик усуллардан қолишмайди, айрим позицияларда улардан ўтади. Тезкорлигини баҳолаш учинчи боб материалларида келтирилган.

Таклиф қилинаётган сигнални кўбхад куринишига ўтказишда фойдаланиш битта амалий дастур ёрдамида бир вақтнинг ўзида силлиқлаш (филтрлаш), сиқиш ва интерполяция масалаларини ечиш имконини беради.

Функциялар	k	ЭККУ (Matlab)	Тўғри усул			Спектрларни кўпайтириш усули		
			W -базис	P -базис	V -базис	W -базис	P -базис	V -базис
$f(x) = \ln(1+x)$	2	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$		
	3	$2,4 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$		
$f(x) = \sin\left(\frac{\pi}{4}x\right)$	2	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$		
	3	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$		
Юрак мускулидан олинган биосигнал	2	$10 \cdot 10^{-2}$	$10 \cdot 10^{-2}$	$11 \cdot 10^{-2}$	$10 \cdot 10^{-2}$	$10 \cdot 10^{-2}$		
	3	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$		
Аудиосигнал	2	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$		
	3	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$		

Диисертация ишининг учинчи бобида ишлаб чиқилган усуллар ва алгоритмларни даструли амалга оширишни асосий саволлари кўриб чиқилган.

Сигналларга рақамли ишлов бериш (СРИБ) унинг ишлов бериш усуллари ва алгоритмлари рақамли товуш ёзиш, биомедицина, мобил алоқа, аудио ва видеога ишлов бериш тизими каби муҳим технологик соҳаларга сезиларли таъсир кўрсатади. Кўрсатиб ўтилган тизимларда ҳозирги вақтда сигналлар параметрларининг таҳлили, филтрлаш, интерполяция ва сиқиш реал вақт масштабида сигнал процессорларида амалга оширилади.

Дунёда турли моделдаги кўплаб СП ишлаб чиқарилади. Уларнинг техник кўрсаткичлари сигналларга ишлов бериш масалаларининг аниқ синфини ечишга мўлжалланган. Analog Devices компанияси юқорида кўрсатилган соҳаларда мувофақиятли ишлаб келмоқда ва сигналларга ишлов бериш учун 50 дан ортиқ модификациядаги СП серияли ишлаб чиқаради. Дастурни созлаш ва ишлов бериш қулайлиги нуктаи назаридан ишлаб чиқилган ва юқорида тавсифи келтирилган усулларни амалга ошириш учун TigersSARC сериядаги ADSP-TS101 СП танланган.

Ишлаб чиқилган сигналларга ишлов бериш усулларини аппаратли амалга ошириш учун VisualDSP++ симуляторидан фойдаланилган. VisualDSP++ лойиҳаларни ишлаб чиқиш муҳити ишлаб чиқувчига проект яратиш ва иловаларни созлашни бажариш имкониятини яратади. Бу муҳит фойдаланишга қулай ассемблер, C/C++ компилятор ва C/C++ бажарилувчи функциялар библиотекасини ўз ичига олади.

СРИБ амалий дастурларини мувофақиятли ишлаб чиқиш учун ишлов бериш алгоритмлари СП архитектурасига мўлжалланган бўлиши керак.

СРИБда кўпайтириш ва қўшиш асосий сонли амаллар ҳисобланади. Кўпайтиришнинг дастурли формаси ўзининг мураккаблиги билан фарк қилади, агар сурилувчи вергулли арифметикадан фойдаланилса у янада мураккаб амалга айланади. Бунда махсус сурилувчи вергулли арифметикали аппаратли йиғувчи-кўпайтирувчидан фойдаланиш унумли бўлади.

Ишлаб чиқилган аппроксимацияловчи структураларда (1 ва 2 жадваллар) барча арифметик амаллар MAC амали (кўпайтириш билан

кўшиш) асосида аппарат даражасида бажарилади. TigerSHARC сигнал процессорларида бундай амаллар кўпайтириш ва суриш/кўшиш АМҚ курилмасида унумли бажарилади. Бундан ташқари, аппроксимацияловчи структуралардаги коэффициентлар (константалар) минимал сонли қиймат разрядига эга иккига қаррали сонлар ҳисобланади, шунинг учун кўпайтириш амали коэффициентларни одий суриш орқали бажарилиши мумкин. Ҳисоблашлар шуни кўрсатадики, A_k қийматини олиш 1 ва 2 жадвалларда келтирилган ифодаларни классик усуллар билан солиштирганда ютуқ 30-40% ни ташкил қилади.

Ишлаб чиқилган алгоритмларни сигнал процессорларида дастурли амалга оширишнинг умумий алгоритмлари ва кетма-кетлигини кўриб чиқамиз. Мисол сифатида кўйидаги характеристикага эга экспериментал ўлчов товуш сигнали танланган: давомийлиги – 38,7 мксек.; дискретлаш частотаси – 22,05 кГц; товуш сифати – 16 бит; қийматлар сони – 43; қисмлар сони – 6; ҳар бир қисм ўлчами – 8 қиймат (давомийлиги - 7,2 мксек.). Таҳлил ва солиштириш параметрлари сифатида бажарилиш вақти, оператив хотира ҳажми ва ишлов берилгандан сўнг олинган сиқиш коэффициенти.

V базис бўйича сертка усули асосидаги аппроксимацияловчи структуралардан фойдаланиб силлиқлаш процедурасини амалга оширишни VisualDSP++ муҳити ADSP TS-101 сигнал процессорларида кўриб чиқамиз.

Иккинчи ва учинчи даража кўдҳадлар учун ишлов бериш ($N=8$ да) натижалари 4-жадвалда келтирилган. Келтирилган қийматларда суратдаги маълумот A_k ни ҳисоблаш ва Горнер схемаси бўйича сигнални ҳосил қилиш кўрсаткичларига, махраждаги маълумотлар эса фақат A_k ни ҳисоблаш кўрсаткичларига мос келади.

4-жадвал

Кўрсаткичлар	k	ЮККУ	Тўғри усул			Спектрлар сверткаси усули		
			W -базис	P -базис	V -базис	W -базис	P -базис	V -базис
Бажарилиш вақти (мксек.)	2	87,6/77,5	11,3 /10			10,1/8,8	10,1/8,7	10,2/8,9
	3	91,5/80,1	11,7/10,1			10,6/8,9	10,5/8,8	10,6/9,0
Хотира ҳажми (Кбайт)	2	48,6/42,7	7,9/7,6			7,6/7,3	7,6/7,3	7,6/7,3
	3	51,0/44,8	8,0/7,6			7,7/7,3	7,7/ 7,2	7,7/ 7,3

Таҳлил натижалари шуни кўрсатадигки, классик усуллар билан солиштирилганда ишлаб чиқилган барча аппроксимацияловчи структураларда бажарилиш вақти кичик ва кирувчи товуш сигналининг келишининг реал вақтига мос келади, яъни юқори аниқликда берилган суъратда илов бериш бажарилади.

Дастур бажарилганда ADSP-TS101 процессорининг умумий оператив хотирасидан (0,75 Мбайт) тахминан 1,1% жойни эгаллайди.

Кўбхад кўринишга ўтиш ҳисобига сиқиш коэффициенти $k=2$ да 2,6 ни ташкил қилади, $k=3$ да 2 ни ташкил қилади. Кирувчи сигналнинг қийматлари сони (N) ошиши билан сиқиш коэффициентининг қиймати ошади.

Диссертация ишининг тўртинчи боби ишлаб чиқилган алгоритмлар асосида сигналлар ва экспериментал маълумотларга ишлов бериш учун амалий дастур пакетларини ишлаб чиқишга бағишланган. Бундан ташқари ишлаб чиқилган сигналларга ишлов беришнинг алгоритмлари ва амалий дастурларининг амалий қўллаш саволлари ҳам кўриб чиқилган. Амалиётда реал тизимларда сигналларга ишлов беришда кўп ҳолларда қўйидаги масалалар ечилади: шовқиндан тозалаш мақсадида сигналларни силлиқлаш (филтрлаш); интерполяциялаш (сигналнинг дискретлаш частотасини ўзгартириш); сигнални сиқиш; моделлаштириш ва бошқарувда бир ёки икки аргументли элементар функцияларни ҳисоблаш.

Расмда сигналларга кўбҳадли ишлов бериш амалий дастур пакетларининг структураси ва таркиби келтирилган. Амалий дастурларни ишлаб чиқишда MATLAB пакети, махсус VisualDSP++ муҳити ва объектга мўлжалланган Delphi 7.0 дастурлаш тилидан фойдаланилган.

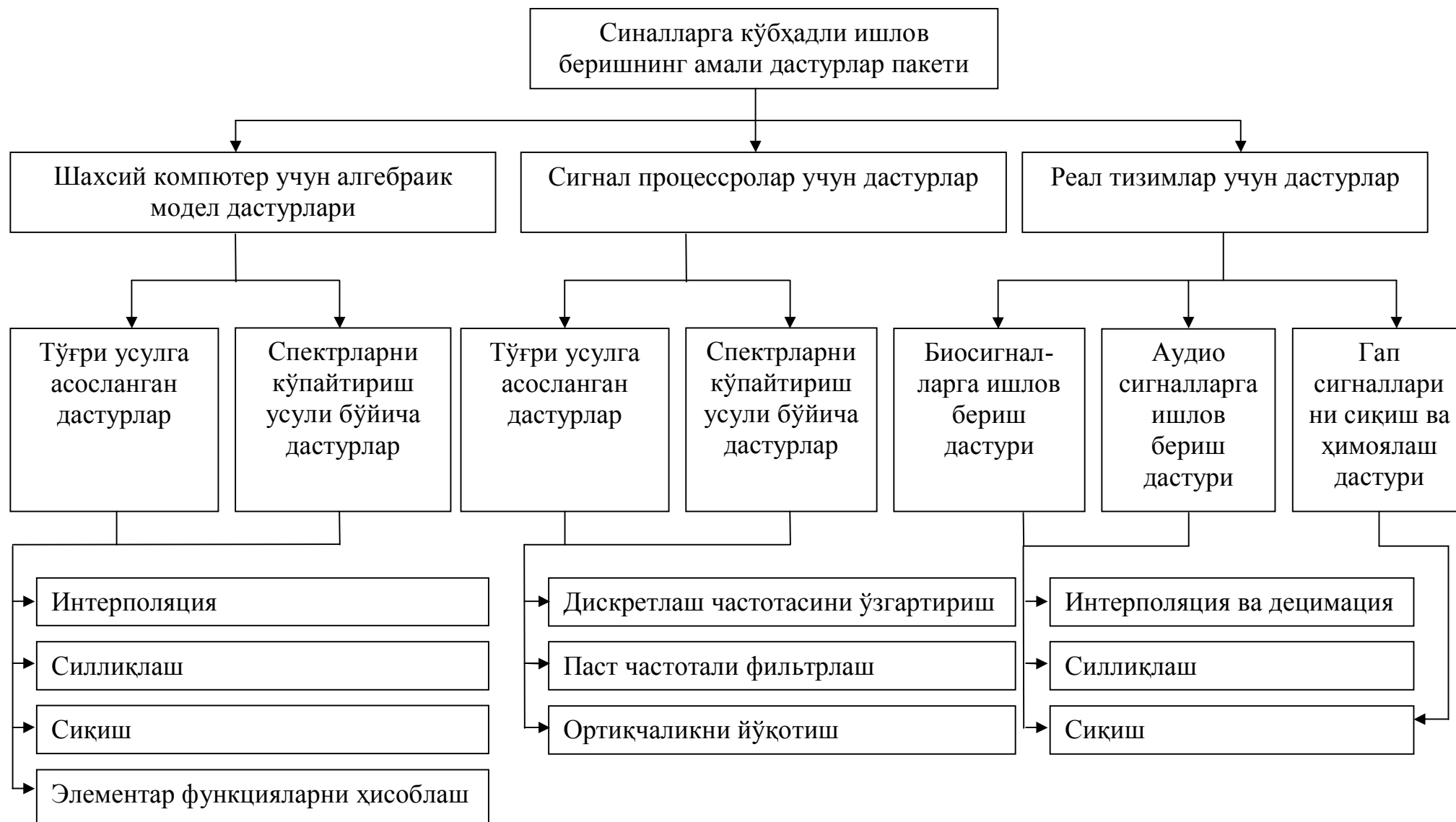
Амалий дастурлар пакети қўйидаги модуллардан ташкил топган: шахсий компьютер учун алгебраик модел дастурлари; сигнал процессролар учун дастурлар; реал тизимлар учун дастурлар.

«Шахсий компьютер учун алгебраик модел дастурлари» модулидан фойдаланиб ишлаб чиқилган алгоритмлар ва дастурларни реал ва модел сигнал ёзувларида тестдан ўтказилади, берилган чегарада хатолик катталиги ўрнатилади, хотира хажми баҳоланади. Амалга оширадиган ишлов бериш масалалари: шовқинли гармоник сигналларни интерполяция ва децимациялаш; силлиқлаш; сигналларни сиқиш. Дастур модули Matlab 7.0 муҳитида ишлаб чиқилган.

«Сигнал процессролар учун дастурлар» модулида ишлатиб кўрилган дастурлар сигнал процессорлари платформасига ўтказилади ва бу эса юқори даражадаги тиллар ва эмуляцияловчи дастур ёрдамида амалга оширилади. Реал сигнал ёзувларида текширув мисолларини амалга ошириш учун дискретлаш частотасини ўзгартириш, паст частотали филтрлаш ва ортиқчаликни йўқотиш масалалари ишлатилади.

«Реал тизимлар учун дастурлар» модулида қўйидаги дастурлар мавжуд: юрак мускулига алкалоидлар таъсирини урганиш бўйича эксперимент натижалари аниқлигини таъминловчи интерполяция ва силлиқлаш масалаларини амалга ошириувчи биосигналларга ишлов бериш учун дастур. Бу модуль тадбиқ қилинадиган дастурлар булиб, аниқ тизимларнинг компьютер техникасидан фойдаланилади.

Ўзаро боғлиқ модуллардан ташкил топган СРИБ амалий дастурлари битта дастурий пакет кўринишида расмийлаштирилган. Ушбу амалий дастурлардан аудио оқим канални зичлаш ва кодлаш учун коммуникацион қурилмаларда, гапни идрок этиш тизимларида, гап ва мусиқа сентизаторларида, спектр анализаторларида, технологик жараён ва экспериментал қурилмалар бошқарувда, ҳамда реал вақт масшбадида сигналларга тез ишлов бериш керак бўлган бошқа соҳаларда фойдаланиш мумкин.



Сигналларга кўбхадли ишлов бериш амалий дастурлар пакетининг структураси ва таркиби

ХУЛОСА

Ишнинг асосий натижалари қўйидагилардан иборат:

1. Сигналларни аппроксимациялашнинг мавжуд усуллари тадқиқ қилинган ва классик усулларнинг камчиликлари аниқланган, кўбхадли ишлов беришнинг асосий муаммолари ифодалаб берилган. Сигналларга рақамли ишлов беришнинг алгоритм ва аппарат воситаларига талаблар аниқланган. Ўзгартириш ядросининг базис системалари ва ишлов беришнинг усуллари ва алгоритмларини амалга ошириш учун техник восита танланган.

2. Бир вақтнинг ўзида силлиқлаш, интерполяциялаш ва аналитик тасвирлаш масалаларини ечиш имконини берувчи, сигнални вақт формасидан спектрга, кейин эса Фурье-базис асосида кўбхад кўринишига ўтказиш усули ифодаланган ва асослаб берилган.

3. Танланган базис тизимлари учун математик аниқ, алгоритмик унумли ва сигнал процессорларида қулай амалга ошириладиган кўбхад коэффициентларини кидиришнинг назарий саволлари қўйилган ва ечилган.

4. Ишлаб чиқиладиган ишлов бериш усуллари ва алгоритмларини амалга ошириш учун архитектура ва техник параметрлари ишлаб чиқилган алгоритмларга мослиги билан фарқланувчи Analog Devices компаниясининг TigerSHARC оиласидаги процессор танланган.

5. Ишлаб чиқилган кўбхадли аппроксимацияловчи структураларнинг унумлилик баҳолари олинган, шовқинли сигналларга ишлов берганда уларнинг сифат характеристикалари тахлили ўтказилган, уларнинг мавжуд усулларга нисбатан асосий афзалликлари аниқланган.

6. Кирувчи сигналларга ишлов берувчи амалий дастурлар пакети яратилган, у ўз ичига қўйидагиларни олади: алгебраик молделларни тадқиқ қилиш учун дастурлар; сигнал процессорлари учун дастурлар; реал тизимларда сигналларга ишлов беришнинг компьютер қурилмалари учун дастурлар.

7. Тадқиқот жараёнида қўйидагилар тадқиқ қилинди:

- спектрлар сверткаси усули асосида юрак мускули ишини моделлаштириувчи компьютер дастури (№DГУ01873, ЎзР Патент идораси гувоҳномаси);

- аудиосигналдаги сакрашларни силлиқлаш, реал овоз ёзиш тизимлари ва турли қурилмаларда сақлаш учун уларнинг дискретлаш частотасини ўзгартириш дастури (№DГУ02006, ЎзР Патент идораси гувоҳномаси).

8. «Вейвлет-тахлил» усули асосида гап хабарларини рухсатсиз эшитишдан ҳимоялаш дастури ишлаб чиқилган. Бу дастур ҳимоя даражасини оширади ва сигнал процессорларида, ҳамда телефон каналларидаги реал қабул қилиш/узатиш қурилмаларида амалга ошириш мумкин.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

1. Мусаев М.М., Рахматов Ф.А. Алгебраическая модель представления сигналов и ее реализация на DSP. // АІСТ2010, 12-14 октябрь 2010. - Ташкент, 2010. – с. 263-265.
2. Мусаев М.М., Рахматов Ф.А. Методы обработки аудио сигналов на базе сигнальных процессоров // Вестник ТУИТ. - Ташкент, 2010.-№1.-с.10-14.
3. Рахматов Ф.А. Метод ускоренной обработки на сигнальных процессорах // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». - Ташкент, 2010 г., №3. - с. 80-83.
4. Рахматов Ф.А. Цифровые сигнальные процессоры и их применение // Научно - техническая конференция докторантов, аспирантов, магистров и одаренных студентов «Фан ва таълимда ахборот-коммуникация технологиялари». 25-26 март, Ташкент, 2010, С. 5-8.
5. Рахматов Ф.А., Алманов И.С. Биосигнал параметрларини ҳисоблаш дастури. / Научно - техническая конференция докторантов, аспирантов, магистров и одаренных студентов «Фан ва таълимда ахборот-коммуникация технологиялари». 25-26 март, Ташкент, 2010, С. 12-14.
6. Рахматов Ф.А., Холмуродов М.Х. Хушматов Ш.С. Усманов П.Б. Применение компьютерных технологий для исследования сократительной активности миокарда // Биология – наука XXI века: 15-я Международная Пуцинская школа-конференция молодых ученых: Тез. докл. – Пушино, 2011. С. 218-219.
7. Musaev M.M., Rahmatov F.A. Method of signal analysis and its hardware realization. // Международная научная конференция «Проблемы развития информационно-коммуникационных технологий и подготовки кадров», 21-22 сентябрь, - Ташкент, 2009, С. 62-66
8. Musaev M.M., Rahmatov F.A. The method of interpolation and compression for DSP. // ICEIC2008, 24-27 June 2008. - Tashkent, 2008. - p.151-154.
9. Мусаев М.М., Рахматов Ф.А., Шеров Ж.Э. Программа «Audio COMPACT» // Государственное патентное ведомство РУ. Свидетельство №DGU 02006. 28.07.2010 г.
10. Мусаев М.М., Усманов П.Б., Рахматов Ф.А., Хушматов Ш.С. Программа «Анализ кинетики мышечного сокращения» / Государственное патентное ведомство РУ. Свидетельство №DGU 01873. 18.12.2009 г.

Техника фанлари номзоди илмий даражасига талабгор Рахматов Фурқат Абдираззоқовичнинг 05.13.11 – «Ҳисоблаш машиналари, мажмуалари ва компьютер тармоқларининг математик ва дастурий таъминоти» ихтисослиги бўйича «Рақамли сигнал процессорлари учун ишлов бериш усуллари ва амалий дастурларини ишлаб чиқиш» мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕСИ

Таянч сўзлар: алгебраик кўпхадлар, базис функциялар, аппроксимация қилувчи структуралар, силлиқлаш, сигнал процессорлари, сигналларга рақамли ишлов бериш, симулятор, амалий дастурлар мажмуаси, сигнал.

Тадқиқот объектлари: паст частотали рақамли сигналлар ва рақамли сигнал процессорларининг архитектуралари.

Ишнинг мақсади: сигнал спектри базасида алгебраик кўпхад кўринишида тақдим этилувчи, сигналларга ишлов беришининг тезкор усулини яратиш ва уларни замонавий сигнал процессорларида дастурли амалга ошириш.

Тадқиқот методлари: олиб борилган тадқиқот усулларида функционал таҳлил назарияси, Фурье-базисларида спектрал таҳлил усуллари, кўпхадларни ва элементар функцияларини ҳисоблаш усуллари, қаторлар ва матрицалар назарияси киради.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: сигнални кўпхадли тақдим этиш соҳасига ўтказиш ва спектрал ёндашувдан фойдаланиб кўпхад коэффициентларини топиш усули ишлаб чиқилган; рақамли сигнал процессорларини қўллаган ҳолда сигналларга кўпхадли ишлов беришнинг алгоритмлари ва дастурий воситалари ишлаб чиқилган; яратилган алгоритмларнинг сифат кўрсаткичлари тадқиқ қилинган; биосигналнинг параметрларини ҳисоблаш учун ва аудиосигналларни сиқиш ва силлиқлаш масалаларини ечиш учун кўпхадли ёндашув таклиф қилинган.

Амалий аҳамияти: алгебраик кўпхадларнинг коэффициентларини ҳисоблаш алгоритмлари ишлаб чиқилди; сигналларга рақамли ишлов беришнинг амалий дастурлар мажмуаси яратилган; яратилган амалий дастурлар Ўзбекистон Республикаси Патент идорасининг гувоҳномаси билан ҳимояланган.

Тадбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: диссертация ишининг асосий назарий ва амалий натижалари ЎзР ФА Физиология ва биофизика институтида ва Микроэлектроника илмий текшириш институтида, бундан ташқари Тошкент ахборот технологиялари университети «Компьютер тизимлари» кафедрасининг ўқув жараёнида тадбиқ қилинди. Жами иқтисодий самарадорлик йилига 10 млн. сўмдан ортиқни ташкил қилади.

Қўлланиш соҳаси: диссертация ишида ишлаб чиқилган усуллар, алгоритмлар ва дастурий воситалар фаннинг тиббиёт, биология, геофизика, экология, сейсмология, гап ва товуш сигналларга ишлов бериш соҳаларида ишлатилиши мумкин.

РЕЗЮМЕ

диссертации Рахматова Фурката Абдираззоковича на тему «Разработка методов и прикладных программ обработки для цифровых сигнальных процессоров» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Ключевые слова: алгебраические полиномы, базисные функции, аппроксимирующие структуры, сглаживания, сигнальный процессор, цифровая обработка сигналов, симулятор, прикладные программы, сигнал.

Объекты исследования: низкочастотные цифровые сигналы и архитектура цифровых сигнальных процессоров.

Цель работы: разработка скоростных методов обработки сигналов, представляемых в виде алгебраического полинома на базе спектра сигнала, и их программная реализация на современных сигнальных процессорах.

Методы исследования: теория функционального анализа, методы спектрального анализа в Фурье-базисах, методы вычисления полиномов и элементарных функций, теория рядов и матриц.

Полученные результаты и их новизна: разработан метод перевода сигнала в область полиномиального представления и нахождения коэффициентов полинома с использованием спектрального подхода; разработаны алгоритмы и программные средства полиномиальной обработки сигналов с применением цифровых сигнальных процессоров; исследованы качественные характеристики разработанных алгоритмов; предложен полиномиальный подход для вычисления параметров биосигнала и для решения задач сжатия и сглаживания аудиосигналов.

Практическая значимость: разработаны алгоритмы вычисления коэффициентов алгебраических полиномов; создан прикладные программы цифровой обработки сигналов; разработанные прикладные программы защищены свидетельствами Патентного Ведомства Республики Узбекистан.

Степень внедрения и экономическая эффективность: основные теоретические и практические результаты диссертационной работы внедрялась в институте Физиологии и биофизики АН РУ и НИИ микроэлектроники, а также внедрены в учебный процесс на кафедре «Компьютерные системы» Ташкентского университета информационных технологий. Суммарный экономический эффект составляет более 10 млн. сум в год.

Область применения: разработанные в диссертационной работе методы, алгоритмы и программные средства могут быть использованы в медицине, биологии, геофизике, экологии, сейсмологии, обработке речевых и звуковых сигналов.

RESUME

Thesis of Furkat Rahmatov on the scientific degree competition of the doctor of philosophy in technical sciences on specialty 05.13.11 – «Mathematical and software of computers, complexes and computer networks» subject: «Development of methods and applications for processing digital signal processors».

Key words: algebraic polynomials, basic functions that approximate the structure, smoothing, signal processor, digital signal processing, simulation, complex applications, signal.

Subjects of research: low-frequency digital signals, and architecture of digital signal processors.

Purpose of work: To develop high-speed signal processing techniques to be submitted in the form of an algebraic polynomial on the basis of the signal spectrum, and their software implementation on modern signal processors.

Methods of research: a theory of functional analysis, spectral analysis in the Fourier bases, methods of calculating polynomials and elementary functions, theory of numbers and matrices.

The results obtained and their novelty: A method for transforming the signal in the area of polynomial representation, and finding the polynomial coefficients using the spectral approach, the algorithms and software for polynomial signal processing using digital signal processors; the qualitative characteristics of the developed algorithms was examined, A polynomial approach for calculating the biosignal parameters and to solve the problems of compression and audio signals smoothing.

Practical value: The algorithm for calculating the coefficients of algebraic polynomials, a set of digital signal processing was established applications, developed applications are protected by the Patent Office evidence of the Republic of Uzbekistan.

Degree of embed and economic effectivity: the basic theoretical and practical results of the thesis inculcated in the Institute of Physiology and Biophysics, Academy of Sciences of Uzbekistan and Institute of Microelectronics, as well as embedded in the learning process at the Department of «Computer Systems» Tashkent University of Information Technology. The total economic effect is 10 million sum in a year.

Field of application: the thesis methods, algorithms and software designed in dissertation work can be used in medicine, biology, geophysics, ecology, seismology, speech processing and audio signals.