

ЎЗБЕКИСТОН АЛОҚА ВА АХБОРОТЛАШТИРИШ АГЕНТЛИГИ
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ

Қўлёзма ҳуқуқида
УДК 681.31.:518.5

ХАМДАМОВ УТКИР РАХМАТИЛЛАЕВИЧ

СПЛАЙН – ФУНКЦИЯЛАР МЕТОДЛАРИ АСОСИДА КЎП ЎЛЧОВЛИ
СИГНАЛЛАРНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ЖАРАЁНЛАРИНИ МОДЕЛЛАШ ВА
ДАСТУРИЙ ТАДБИҚ ҚИЛИШ

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

Техника фанлари номзоди илмий даражасини
олиш учун тақдим этилган диссертация
А В Т О Р Е Ф Е Р А Т И

Тошкент - 2009

Иш Тошкент ахборот технологиялари университетида бажарилган.

Илмий раҳбар техника фанлари доктори, профессор
Қосимов Содиқжон Собирович

Расмий оппонентлар: техника фанлари доктори,
Усманов Ришад Ниязбекович

техника фанлари номзоди,
Тошпулатов Фарход Азатович

Етакчи ташкилот Тошкент давлат техника университети

Ҳимоя Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги бир марталик ихтисослашган кенгашнинг 2009 й. «___» _____ соат _____ да ўтказиладиган мажлисида бўлади. Манзил: 100084, Тошкент ш., Амир Темур кўчаси, 108.

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университетининг кутубхонасида танишиш мумкин.

Автореферат 2009й. «___» _____ да тарқатилди.

Ихтисослашган кенгаш
илмий котиби

А.А. Ганиев

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ УМУМИЙ ТАВСИФИ

Мавзунинг долзарблиги. Ахборот технологиялари шиддат билан ривожланиб бораётган бир вақтда илмий тадқиқотлар ўтказишнинг замонавий босқичи ютуқлари уларни ҳисоблаш техникаси воситалари асосида кенг автоматлаштиришдан иборат бўлиб, бу, ўз навбатида, катта ҳажмдаги маълумотларни қайта ишлаш билан боғлиқдир. Бунда ахборотларни ўз вақтида ва самарали қайта ишлашни таъминловчи янги методлар ва алгоритмлар муҳим ўрин тутуди.

Ҳозирги кунда стендли синовларни автоматлаштириш, геофизик маълумотларни қайта ишлаш ва тиклаш, тасвирларни қайта ишлаш ва таҳлил қилиш, сейсмик ҳодисаларни прогноз қилиш каби йўналишлар учун ўлчов маълумотларини йиғиш ва қайта ишлаш жараёнларини мослаштириш ҳамда дастур таъминотини такомиллаштириш масалалари долзарб ҳисобланади. Тизим самарадорлигини ошириш ҳамда реал вақт тизимида ҳисоблашларни бажариш масалаларини, фақатгина сигналларни қайта ишлашга мўлжалланган янги алгоритмлар ва дастурий воситаларни яратиш ва тадбиқ этиш орқали амалга ошириш мумкин.

Диссертация ишида кўрилган масалаларнинг долзарблиги стендли синовлар натижаларини қайта ишлаш, геофизика, экология, сейсмология, радиолокация, тасвирларни қайта ишлаш, филтрлаш каби кўпгина фан йўналишлари учун бир ва кўп ўлчовли сигналларни қайта ишловчи самарали воситаларни ишлаб чиқиш билан белгиланади.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ҳозирги вақтда сигналларни қайта ишлаш масалаларида қўлланилаётган мавжуд кўпгина сигналларни қайта ишлаш методлари ва воситалари чизиқли алгебраик тенгламалар системасини ечишни талаб қилади. Бу, ўз навбатида, ҳисоблаш ресурслари сарфининг сезиларли даражада ошиб кетишига, сигналларни қайта ишлаш тизимларида қайта ишлаш амалларини жорий қилиш ва бажаришнинг қийинлашишига олиб келади. Буларнинг барчаси реал вақт тизимида сигналларни қайта ишлаш назарияси ва амалиёти олдида содда ва осон жорий қилинувчи сигналларни қайта ишлаш методларини, алгоритмларини ва дастурий воситаларини яратиш ҳамда тадбиқ қилиш каби янги масалаларни қўяди.

Реал вақт режимида ишловчи тизимларда сигналларни рақамли қайта ишлаш учун математик амалларнинг тез бажарилиши ва командаларнинг бажарилиш вақти олдиндан аниқ маълум бўлиши жуда муҳимдир. Бунинг учун ҳам дастур, ҳам техник воситаларнинг жуда самарали бўлиши талаб қилинади. Жамловчи кўпайтириш амали рақамли сигнал процессорларининг муҳим математик амалларидан бири бўлиб, сигналларни рақамли қайта ишлаш алгоритмларининг ядроси ҳисобланади. Жамловчи кўпайтириш амалларининг тезкор бажарилиши реал вақт тизимида ишловчи рақамли филтрларни жорий қилиш, сигналларни қайта ишлаш, матрицаларни кўпайтириш ва график тасвирларни қайта ишлаш учун жуда муҳим ҳисобланади. Шунинг учун қўйилган масалаларнинг барчаси рақамли

тизимларнинг самарадорлигини ва сифатини белгиловчи сигналларни қайта ишлаш методларини, алгоритмларини ва дастурларини такомиллаштиришни талаб қилади.

Диссертация ишининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация иши Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги фан ва технологияларни ривожлантиришни мувофиқлаштириш кўмитасининг қарори билан тасдиқланган ДИТД-14 «Ахборот ва телекоммуникация технологияларининг кенг ривожланишини ва тадбиқини таъминловчи замонавий ахборот тизимларини, бошқариш ва ўқитишнинг интеллектуал воситаларини, маълумотлар базаларини ва дастурий маҳсулотларни ишлаб чиқиш» илмий-техник дастурлари ва БВ-Ф1-007 «Формалланиши қийин бўлган информацион структураларда қарор қабул қилишга кўмаклашувчи, маълумотларни қайта ишловчи ва тақдим қилувчи интеллектуал дастурий - техник тизимларни қуришнинг назарий – методик асослари» фундаментал тадқиқотлар лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқот мақсади. Диссертация ишининг мақсади сплайн – функциялар асосида сигналларни қайта ишлаш ва тиклаш жараёнларини моделлаш методларини тадқиқ қилиш, ҳамда алгоритмлар ва дастурий воситаларини ишлаб чиқишдан иборатдир.

Тадқиқот вазифалари:

- бир ва кўп ўлчовли сплайнлар асосида мавжуд сигналларни қайта ишлаш методларини тадқиқ қилиш;
- бир ва кўп ўлчовли сигналларнинг тиклаш коэффицентларини ҳисоблаш жараёнларини моделлаш;
- сигналларни рақамли қайта ишлаш процессорларидан фойдаланиб, сигналларни тиклашга асосланган самарали воситаларини ишлаб чиқиш;
- сплайн – функциялар методлари асосида кўп ўлчовли сигналларни қайта ишлаш жараёнларини моделловчи дастурий мажмуа яратиш;
- яратилган алгоритмларни ва дастурий мажмуани аниқ бир амалий соҳаларда қўллаш.

Тадқиқот объекти ва предмети. Полиномиал, базисли, интерполяцион ва силлиқловчи сплайнлар, кубик базисли сплайнлар, геофизикада ва темир йўл тизимларида фойдаланиладиган, ўзгаришларни аниқлаш, прогноз қилиш ва қайта ишлаш воситалари ва методлари.

Тадқиқот методлари. Олиб борилган тадқиқот методларига функционал таҳлил назарияси, умумлашган спектрал методлар, қаторлар ва матрицалар назарияси, сплайн-функциялар назарияси, моделлаш, параллел ҳисоблаш жараёнлари назарияси ва чизикли тенгламаларни ечиш усуллари киради.

Тадқиқот гипотезаси. Диссертация тадқиқотларининг гипотезаси шундан иборатки, объектлар ва ҳодисаларни ўрганишда ахборот ноаниқликлари даражасини камайтириш ва прогнозларнинг илмий асосланганлик даражасини ошириш учун сигналларни ҳамда тажриба

маълумотларини самарали қайта ишлаш методлари ва алгоритмлари зарурдир. Диссертация тадқиқотлари натижасида, сигналларни қайта ишлаш ва тиклаш аппарати сифатида сплайн функциялар методларининг таклиф этилиши олинадиган натижаларнинг аниқлигини ошишига ва ҳисоблаш ресурслари сарфининг сезиларли даражада камайишига олиб келади ҳамда ҳисоблаш жараёнларини параллеллаштириш принципларини кенг қўллаш имконини беради. Берилган методларнинг ушбу афзалликлари прогнозларнинг илмий асосланганлик даражасини оширишга имкон беради.

Ҳимояга олиб чиқиладиган асосий ҳолатлар:

- бир ва кўп ўлчовли сплайнлар асосида сигналларни тиклаш коэффициентларини ҳисобловчи самарали алгоритмлар;
- рақамли сигнал процессорлари асосидаги сигналларни тиклаш методлари ва дастурий воситалари;
- сплайн – функциялар методлари асосида сигналларни қайта ишлаш жараёнларини моделловчи дастурий мажмуа;
- рельсларнинг эксплуатацион мустаҳкамлигини прогноз қилиш, баҳолаш ва таҳлил қилиш сплайн методи.

Илмий янгилиги. Олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги асосий илмий натижаларга эришилди:

- локал базисли сплайнларнинг қўлланилишига асосланган методлар, ҳамда бир ва кўп ўлчовли сплайнлар асосида сигналларни тиклаш коэффициентларини ҳисобловчи самарали алгоритмлар таклиф этилди;
- рақамли сигнал процессорлари асосида сигналларни тиклаш алгоритмлари ва дастурий воситалари яратилди;
- сплайн – функциялар методлари асосида сигналларни қайта ишлаш жараёнларини моделловчи алгоритмлар ва дастурий мажмуа яратилди;
- рельсларнинг эксплуатацион мустаҳкамлигини прогноз қилиш, баҳолаш ва таҳлил қилиш сплайн методи таклиф этилди.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти:

- таклиф этиладиган сплайн – функциялар асосида сигналларни тиклаш коэффициентларини ҳисоблаш методлари ва алгоритмлари олинаётган натижалар аниқлигининг ошишига ва сезиларли даражада ҳисоблаш ресурслари сарфининг камайишига олиб келади;
- таклиф этиладиган кубик базисли сплайн асосидаги ҳисоблаш структураси, мавжуд тизимларга нисбатан хотира ҳажмини икки баробар тежаш имкониятини беради;
- яратилган, рақамли сигнал процессорлари асосидаги сплайн – функциялар методлари бўйича сигналларни қайта ишлаш жараёнларини моделлаш дастурий мажмуаси фан соҳаларида фойдаланиладиган турли сигналлар синфларини қайта ишлаш имкониятини беради;
- таклиф этилган рельсларнинг эксплуатацион мустаҳкамлигини прогноз қилиш, баҳолаш ва таҳлил қилиш сплайн – методи етарлича аниқликда

темир йўл рельсларининг мустаҳкамлигини ва бардошлилигини прогноз қилиш ва яроқлилигини баҳолаш имконини беради.

Натижаларнинг жорий қилиниши. Диссертация ишининг асосий назарий ва амалий натижалари «Ўзбекистон темир йўллари» давлат акциядорлик темир йўл компаниясида тадбиқ қилинган бўлиб, йиллик иқтисодий самараси 26 млн. сўмни ташкил этади. Диссертация иши натижалари Тошкент ахборот технологиялари университетининг «Ахборот технологиялари» ва «Компьютер тизимлари» кафедраларида ҳам ўқув жараёнига тадбиқ қилинган.

Ишнинг синовдан ўтиши. Диссертация ишининг асосий назарий ва амалий натижалари «Современное состояние и пути развития информационных технологий» республика илмий конференциясида (Тошкент, 2006й.); «Разработка, оценка эффективности и реализация инвестиционных и инновационных проектов» халқаро илмий-амалий конференциясида (Тошкент, 2006й.); «Intelligent Systems for Industrial Automation» IV халқаро конференциясида (Тошкент, 2006й.); «Ахборот – коммуникация технологиялари» аспирантлар, магистрлар ва иқтидорли талабаларнинг илмий – техник конференциясида (Тошкент, 2007й.); «Фантазм-ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот технологияларининг ўрни, аҳамияти ва истиқболлари» минтақавий илмий – амалий семинарида (Гулистон, 2007й.); «Information Technology Promotion in Asia 2007» халқаро конференциясида (Тошкент, 2007й.); «Mobile Computing, Communications, and Applications» II халқаро конференциясида (Тошкент, 2007й.), ҳамда «IT Promotion in Asia 2008» халқаро конференциясида (Тошкент, 2008й.) муҳокама қилинган.

Натижаларнинг эълон қилинганлиги. Диссертация ишининг асосий натижалари бўйича илмий журналларда – 4 та мақола, жумладан «ЎЗР ФА маърузалари» журналида 1 та, «ТАТУ хабарлари» журналида 1 та, «ТДТУ хабарлари» журналида 1 та ва «Техника юлдузлари» журналида 1 та, халқаро конференцияларнинг илмий ишлар тўпламларида – 4 мақола, республика илмий конференциялари тўпламларида – 2 та мақола, республика ва халқаро конференциялар тезислари тўпламларида – 4 та мақола чоп этилган ҳамда Ўзбекистон Республикаси Патент идорасининг 3 та гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, тўрт бўлим, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловадан иборат. Диссертация ишининг асосий қисми 130 бет материалдан таркиб топган бўлиб, 41 та расм ва 6 та жадвални ўз ичига олади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ.

Кириш қисмида диссертация иши мавзусининг долзарблиги қисқача асосланган, мақсад ва асосий тадқиқот масалалари аниқланган, ишнинг илмий янгилиги ва амалий аҳамияти келтирилган ҳамда муаллиф томонидан ҳимояга олиб чиқилаётган асосий натижалар ёритилган.

Диссертация ишининг биринчи бўлимида адабиёт манбалари асосида сплайн – функциялар билан бир ва кўп ўлчовли сигналларни ва тажриба маълумотларини қайта ишлаш методлари ва уларнинг таҳлили келтирилган ҳамда сплайн – функциялар асосидаги тиклаш методларини тадбиқ қилиш учун сигналларни рақамли қайта ишлаш процессорлари синфлари таҳлил қилинган.

Кейинги йилларда сигналларни таҳлил қилиш ва тиклаш масалаларининг ечимини топиш учун сплайн – функциялар методлари ва умумлашган спектрал методлар кенг қўлланилмоқда. Базисли сплайнлар ва спектрал методлар назарияси имкониятларининг бирлиги юқори самарадорлик ва аниқлик талабларига жавоб бера оладиган, янги, сигналларни қайта ишлаш ва тиклаш алгоритмларини ишлаб чиқиш имкониятини беради.

Мавжуд адабиётларнинг таҳлили шуни кўрсатадики, яқинлаштириш усули бўйича интерполяцион ва силлиқловчи сплайнлар, тасвирлаш тури бўйича эса полиномиал ва базисли сплайнлар ишлатилади. Интерполяцион сплайнлар шундай сплайнларки, улар берилган чегара шартлари тўпламларини ва функциянинг аниқланиш соҳаси ички нуқталаридаги шартларни қаноатлантиради, силлиқловчи сплайнлар эса турли кўринишдаги функцияларнинг оптимизация масалаларини ечиш билан боғлиқдир. Полиномиал сплайнлардан фойдаланиб математик моделларни куриш тенгламалар тизимини ечиш билан боғлиқдир. Бу, ўз навбатида, кўплаб ҳисоблаш ресурслари сарфини талаб қилади ҳамда улар асосида олинган алгоритмлар эса мураккаб ҳисобланади. Ушбу ҳолатда базисли сплайнлар локал яқинлаштиришнинг самарали воситаси ҳисобланади, қачонки улар берилган ўзгармас ораликда қурилса ва фақат яқинлаштириладиган функциянинг ушбу ораликдаги қийматларига боғлиқ бўлса.

B-сплайнларнинг муҳим хусусияти шундаки, уларнинг даражаси ошиши билан ташкил этувчиларининг қийматлари эгилиб боради: m даражали бир базисли функциянинг нолдан фарқли қийматлари майдони $(m + 1)h$ узунликдаги кесмани ташкил этади, бунда h - базисли сплайннинг иккита кўшни қийматлари орасидаги қадамдир. Яна бир муҳим хусусиятларидан бири шундаки, базисли функциялар ўқ бўйлаб бутун сондаги қадамларга силжитиш амали орқали бир – бирига ўзгартирилади.

Қадамларнинг бир текис берилган ҳолатлари учун *B*-сплайнларнинг анча соддароқ аналитик кўринишини ҳосил қилиш мумкин. Диссертация ишида базисли сплайнларнинг нолинчи, биринчи, иккинчи ва учинчи даражали кўринишлари кўрилган.

Мавжуд адабиётлар таҳлили шуни кўрсатадики, кўплаб ишлар кубик базисли сплайнларнинг хусусиятларини ва уларни турли соҳаларга амалий тадбиқ қилиш имкониятларини ўрганишга бағишланган.

Кубик сплайнлар жуда катта математик афзалликка эга. Улар берилган нукталарни интерполяцияловчи ва квадрат билан интегралланувчи иккинчи ҳосиласи мавжуд бўлган барча функциялар ичида минимал яссилик хусусиятига эга бўлган ягона функциядир.

$d = 1$ дефектли кубик базисли сплайнлар дастурларда анча кенгрок тарқалган. Бундай сплайнлар $[x_i, x_{i+1}]$ ораликларнинг ҳар бирида кубик кўпхадлар билан мос келади.

$f(x)$ функциясини яқинлаштириш учун кубик базисли сплайнлар тўртта жуфт кўпайтмаларнинг йиғиндиси кўринишида тасвирланади. Бундан, $f(x)$ функциясини базисли сплайнлар орқали яқинлаштириш формуласини қуйидагича кўринишда ёзиш мумкин:

$$f(x) \cong S_m(x) = \sum_{i=-1}^{n+1} b_i(f) B_{m,i}(x) \quad (1)$$

$$f(x) \cong S_3(x) = b_{-1} B_{-1}(x) + b_0 B_0(x) + b_1 B_1(x) + b_2 B_2(x)$$

бунда $S_m(x)$ - m даражали сплайн - функция; $b_i(f)$ - тиклаш коэффициенти; $B_{m,i}(x)$ - m даражали жорий B -сплайн.

Кўп ўлчовли базисли сплайнлар ҳар бири битта мустақил ўзгарувчига боғлиқ бўлган функциялар комбинациясидан иборат кўп ўзгарувчили функция кўринишида тасвирланади.

Ҳар бир аргументи бўйича тенг m даражали кўп ўлчовли базисли сплайнлар бир ўлчовли B -сплайнларнинг тензор кўпайтмаси кўринишида аниқланади. $f(x, y)$ функциясини яқинлаштириш учун бикубик базисли сплайнлар, кўпайтувчилари, коэффицентлар ва бир ўлчовли B -сплайнлардан иборат мос кўпайтмаларнинг жуфт йиғиндиси кўринишида тасвирланади. Бундан $f(x, y)$ функциясини B -сплайнлар ёрдамида яқинлаштириш формуласини қуйидагича кўринишда ёзиш мумкин:

$$S_m(x, y) = \sum_{i=-m}^{n_1+m} \sum_{j=-m}^{n_2+m} b_{ij} B_{m,i}(x) B_{m,j}(y) \quad (2)$$

$$\begin{aligned} f(x, y) \cong S_{3,3}(x, y) = & \\ = & b_{i-1, j-1} B_{i-1}(x) B_{j-1}(y) + b_{i-1, j+0} B_{i-1}(x) B_{j+0}(y) + \\ & + b_{i-1, j+1} B_{i-1}(x) B_{j+1}(y) + b_{i-1, j+2} B_{i-1}(x) B_{j+2}(y) + \\ & + b_{i+0, j-1} B_{i+0}(x) B_{j-1}(y) + b_{i+0, j+0} B_{i+0}(x) B_{j+0}(y) + \\ & + b_{i+0, j+1} B_{i+0}(x) B_{j+1}(y) + b_{i+0, j+2} B_{i+0}(x) B_{j+2}(y) + \\ & + b_{i+1, j-1} B_{i+1}(x) B_{j-1}(y) + b_{i+1, j+0} B_{i+1}(x) B_{j+0}(y) + \\ & + b_{i+1, j+1} B_{i+1}(x) B_{j+1}(y) + b_{i+1, j+2} B_{i+1}(x) B_{j+2}(y) + \\ & + b_{i+2, j-1} B_{i+2}(x) B_{j-1}(y) + b_{i+2, j+0} B_{i+2}(x) B_{j+0}(y) + \\ & + b_{i+2, j+1} B_{i+2}(x) B_{j+1}(y) + b_{i+2, j+2} B_{i+2}(x) B_{j+2}(y), \end{aligned}$$

Амалиётда сплайн – функциялар ёрдамида сигналларни тиклаш учун кубик базисли сплайнлар тизимидан фойдаланилади. Кубик базисли сплайнлар тизими тўртта базисли сплайндан таркиб топган бўлиб, улар $B_{3,-1}(x), B_{3,0}(x), B_{3,1}(x), B_{3,2}(x)$. Аниқланиш соҳасининг $[0,1]$ интервалида ҳар бир сплайн қийматларининг бир қисми жойлашган ва бу қийматлар қолган интерваллар учун базис бўлиб хизмат қилади.

Бундан ташқари ушбу бўлимда сплайн – функциялар асосидаги тиклаш методларини жорий қилиш учун сигналларни рақамли қайта ишлаш процессорлари синфлари ҳам таҳлил қилинган. Сплайн – функциялар методлари шуниси билан қулайки, улар жамловчи параллел кўпайтириш амалларини бажаришга асосланган сигналларни тиклаш ва параллеллаштириш принципларини кенг қўллаш имкониятини беради. Сплайн – функциялар методларининг бу афзалликлари уларни сигналларни рақамли қайта ишлаш масалаларида қўллаш имкониятини яратади. Сплайн – функциялар методлари асосида сигналларни рақамли қайта ишлаш учун Analog Devices фирмасининг ADSP Blackfin оиласидаги процессорлари танланган. Ушбу процессорлар оиласи танланган сигналлар синфини қайта ишлаш жараёнларига жуда мос келади. Ушбу процессорларнинг қиймати нисбатан паст бўлиб, улар жамловчи параллел кўпайтириш элементларига ва электр манбаини динамик бошқариш функциясига эга, тезлиги ва талаб қилинадиган хотира ҳажми сигналларни қайта ишлашга қўйиладиган талабларни қаноатлантиради. Барча BLACKFIN процессорлари VisualDSP++ интеграллашган яратиш воситасини ўз ичига олувчи Analog Devices CROSSCORE ишлаб чиқариш воситаларини тўлиқ қўллай олади.

Диссертация ишининг иккинчи бўлими сплайн – функциялар методлари асосида сигналларни тиклаш коэффициентларини ҳисоблаш методларини тадқиқ қилишга бағишланган. Кубик ва бикубик сплайнлар асосида тиклаш коэффициентларини ҳисоблаш моделлари ва алгоритмлари ҳамда кубик базисли сплайн асосида параллел ҳисоблаш структураси таклиф этилган.

Базисли сплайнлар тизимлари асосида функционал боғланишларни ва тажриба маълумотларини яқинлаштириш масалалари, охир – оқибат, коэффициентларни ҳисоблаш масаласига олиб келади. Ишда интерполяцион формулалар, энг кичик квадратлар методи ва нуқтали силлиқловчи формулалар каби тиклаш коэффициентларини ҳисоблашнинг турли методлари тадқиқ қилинган.

Интерполяцияловчи боғланишларни қуриш коэффициентлари матрицаси тасмали кўринишга эга бўлган алгебраик тенгламалар системаси ечиш билан ўзаро боғлиқдир. Базисли сплайнлар тўплами билан $f(x)$ функциясини интерполяциялаш масаласи $[a,b]$ кесмада (4) формулада келтирилган тенгликни қаноатлантирадиган қийматларни қабул қилувчи (3) формуладаги b_i коэффициентларни ҳисоблаш орқали амалга оширилади.

$$f(x) \cong S_m(x) = \sum_{i=-1}^{n+1} b_i(f) B_{m,i}(x) \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^n b_i B_{m,i}(x_i) = f(x_i) \quad (4)$$

Юқори даражали В-сплайнлар асосида интеполяцияловчи боғланишларни куриш муаммолари анча мураккаб кўринишда ҳал қилинади. Кўрсатилганидек, b – коэффициентларни топиш масаласи чизиқли алгебраик тенгламалар системасини ечишга олиб келади. Коэффициентлар матрицасидан иборат чизиқли алгебраик тенгламалар системасини ечиш учун ҳайдаш методини қўллаш самаралидир. Бундай тенгламаларни ечиш ҳисоблаш тизимларида ҳисоблаш ресурслари сарфининг ошиб кетишига олиб келади.

В-сплайнлар асосида тиклаш коэффициентлари энг кичик квадратлар методи бўйича ҳам топилиши мумкин. Ушбу ҳолатда қуйидаги кўринишдаги квазидиагонал чизиқли алгебраик тенгламалар системасини тузиш ва ечиш зарурдир:

$$\sum_{k=1}^n (B_i, B_k) b_k = (B_k, f) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

бунда $(B_i, B_k) (B_k, f)$ - скаляр кўпайтмалар.

Берилган тенгламалар системаси локал майдон ички қисмида, унинг чегараларида ва чегарасидан ташқарида b_i коэффициентларни аниқлаш учун қўлланилиши мумкин, аммо майдоннинг яқин чегараларида қўшимча нукталарни киритиш йўли билан тўрни кенгайтириш, ёхуд кесманинг боши ва охирида $f(x_i) = f_i$ функциянинг қийматларини интерполяцияловчи m даражали сплайнни куриш орқали қўшимча маълумотлардан фойдаланиш зарур.

Базисли сплайнлар асосида тиклаш коэффициентларини ҳисоблаш алгоритмлари алгебраик тенгламалар системасини ечишни талаб қилмайди, яъни аниқ характерга эга. Ушбу ҳолатдаги зарурий ҳисоблашлар ҳажми тўрнинг нукталари сонига боғлиқ бўлмасдан, фақатгина сплайн даражаси билан аниқланади. Шунинг учун у интерполяцияцион сплайнларни куришга нисбатан сезиларли даражада кичик ҳажмга эга бўлади.

Олиб борилган тадқиқотлар асосида учунчи даражали сплайнлар учун коэффициентларни ҳисоблашнинг қуйидаги нуктали силлиқловчи формулалар деб аталувчи кўриниши таклиф қилинди:

3-нуктали формула:

$$b_i = \frac{1}{6}(-f_{i-1} + 8f_i - f_{i+1}) \quad (6)$$

5-нуктали формула:

$$b_i = \frac{1}{36}(f_{i-2} - 10f_{i-1} + 54f_i - 10f_{i+1} + f_{i+2}) \quad (7)$$

7-нуктали формула:

$$b_i = \frac{1}{216}(-f_{i-3} + 12f_{i-2} - 75f_{i-1} + 344f_i - 75f_{i+1} + 12f_{i+2} - f_{i+3}) \quad (8)$$

Коэффициентларни ҳисоблашнинг нуқтали формулалари кўп ўлчовли аппроксимация масалаларига ҳам тадбиқ этилиши мумкин. Масалан, бир ўлчовли сплайнларнинг формулалари асосида бир хил ўзгармас қадамли Δx ва Δy тўрларида бикубик сплайнлар учун қуйидаги 3 нуқтали формулаларни ҳосил қилиш мумкин:

$$\begin{aligned} a_{ij} &= (-f_{i-1j} + 8f_{ij} - f_{i+1j})/6, & i &= 1, 2, \dots, n_1 - 1; \\ b_{ij} &= (-a_{i,j-1} + 8a_{ij} - a_{i,j+1})/6 & j &= 1, 2, \dots, n_2 - 1; \end{aligned} \quad (9)$$

Бу формулалар яқинлаштиришларнинг яссилик хусусиятларини сақлайди, коэффициентларнинг қийматлари эса жорий нуқтадан етарлича масофада бўлган нуқталарнинг қийматларига боғлиқ эмас.

1-жадвалда коэффициентларни ҳисоблашнинг 3 нуқтали формуласидан фойдаланиб, кубик базисли сплайнлар аппроксимация натижасида олинган функционал боғланишлар ва тажриба маълумотларини тиклаш ўртакватратик хатоликлари келтирилган. 2-жадвалда эса 3 даражали классик полиномлар ва кубик базисли сплайнлар имкониятларининг солиштирма натижалари келтирилган.

Коэффициентларни ҳисоблашнинг нуқтали формулаларига асосланган базисли сплайнлар билан сигналларни тиклаш аниқлиги қўлланиладиган формуладаги нуқталар сонига боғлиқ бўлиб ҳисобланади: формулада ишлатиладиган нуқталарнинг сони ошиши билан хатоликлар қийматлари камаяди, аммо ҳисоблаш амаллари сони кўпаяди.

1 - жадвал

Функционал боғланишлар ва тажриба маълумотлари аппроксимациясининг ўртакватратик хатоликлари

№	Функционал боғланишлар	Ўртакватратик хатоликлар			
		N=64x64	N=128x128	N=512x512	N=1024x1024
1	$z = \text{Sin}(x^2 + y^2)$	$2,98 \cdot 10^{-4}$	$5,81 \cdot 10^{-4}$	$13,21 \cdot 10^{-4}$	$31,14 \cdot 10^{-4}$
2	$z = x^2 * y^2$	$0,03 \cdot 10^{-4}$	$0,19 \cdot 10^{-4}$	$11,09 \cdot 10^{-4}$	$86,36 \cdot 10^{-4}$
3	$z = x^3 + y^3$	$0,45 \cdot 10^{-4}$	$1,72 \cdot 10^{-4}$	$25,53 \cdot 10^{-4}$	$100,7 \cdot 10^{-4}$
4	Электромагнит сигнал	0,025631	0,102020	0,075048	-

Учинчи даражали классик полиномлар ва кубик базисли сплайнлар имкониятларининг солиштирма натижалари.

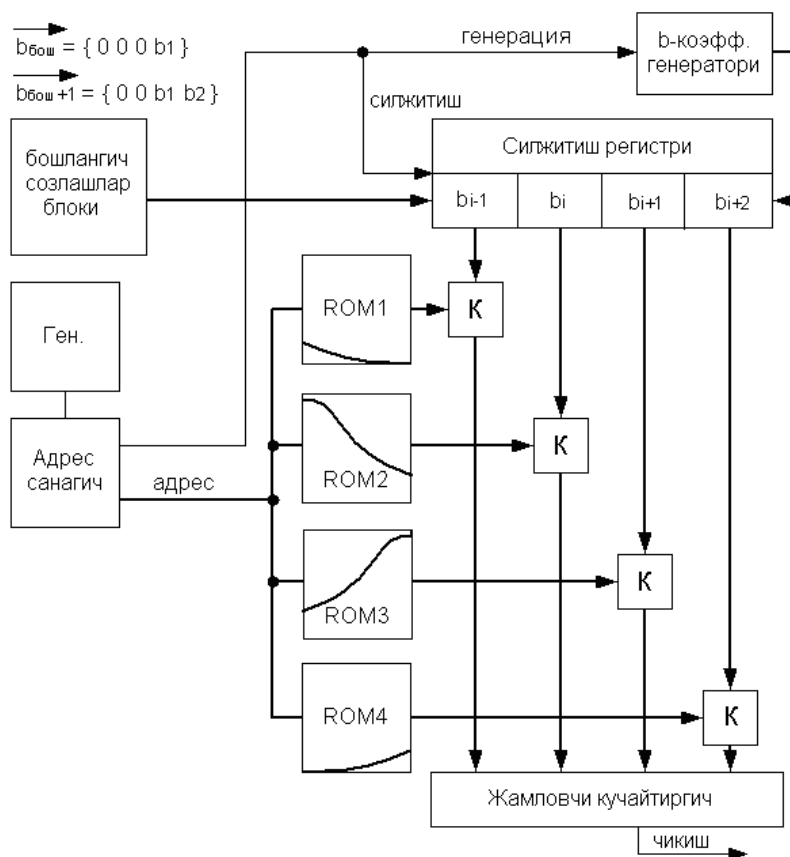
№	Кўрсаткичлар	Учинчи даражали классик полиномлар	Учинчи даражали базисли сплайнлар	Базисли сплайнлар афзаллиги
1	Команда цикли	7	3	2,33 марта кам
2	Яхлитлаш хатолиги	$\varepsilon \leq 25 \cdot 2^{-l}$	$\varepsilon \leq 18 \cdot 2^{-l}$	1,39 марта кам
3	Яқинлаштириш методик хатолиги	$\varepsilon \leq \frac{3}{128} \max f^{IV}(x) \cdot h^4$	$\varepsilon \leq \frac{5}{384} \max f^{IV}(x) \cdot h^4$	1,80 марта кам
4	Коэффициентларни ҳисоблаш алгоритми	Тенгламалар системасини ечиш талаб қилинади	Тенгламалар системасини ечиш талаб қилинмайди	Тенгламалар системасини ечиш талаб қилинмайди

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, сигналларни тиклаш учун кубик базисли сплайнларни қўллаш классик полиномларга нисбатан 1,39 марта кам яхлитлаш хатолигини ва 1,8 марта кам методик хатоликни беради. Кубик сплайнлар орқали функциянинг битта нуқтадаги қийматини аппроксимация қилиш вақти учинчи даражали классик полиномларга нисбатан 2,33 марта кам.

Шундай қилиб, сплайн – функциялар методларининг функцияларни яқинлаштириш аппарати сифатида қўлланилиши барча маълум ҳолатларда классик полиномларга нисбатан сезиларли натижаларга эришишга олиб келади. Биринчидан, сплайнларга ўтиш натижалар аниқлигининг ошишига, иккинчидан, сезиларли даражада ҳисоблаш ресурслари сарфининг камайишига олиб келади, учинчидан, бу иккала самарага баробар эришилади.

Диссертация ишида кубик базисли сплайнлар асосида сигналларни тиклаш учун параллел ҳисоблаш структураси ҳам таклиф этилмоқда (1-расм). Берилган ҳисоблаш структураси кубик базисли сплайн асосида қурилган бўлиб, унинг қийматлари $[-2, 2]$ интервалда аниқланган. Кубик сплайннинг $[-2,0]$ ва $[0,2]$ интервалларидаги қийматлари бир бирига симметрик ҳисобланади, шунинг учун кейинги ҳисоблашлар учун хотирада сплайн қийматларининг ярмини сақлаш етарлидир. Бундан мавжуд тизимларга нисбатан хотира ҳажмини икки марта тежаш мумкин.

Таклиф этилаётган параллел ҳисоблаш структураси бошланғич созлашлар блоки, такт импульслари генератори (Ген.), адрес санагич, b -коэффициентлар генератори, силжитиш регистри, базисли кубик сплайн қийматларини сақлаш учун тўртта хотира блокидан (ROM1, ROM2, ROM3, ROM4), тўртта кўпайтириш элементи (К) ва битта жамловчи кучайтиргичлардан таркиб топган.



1 - расм. Кубик базисли сплайн асосидаги параллел ҳисоблаш структураси.

Диссертация ишининг учинчи бўлимида сигналларни қайта ишлаш жараёнларини моделлаш учун аппарат-дастурий воситалар, ҳамда базисли сплайнларнинг спектрал хусусиятларини қўллашга асосланган, рельслар структурасидаги ўзгаришларни аниқлаш, қайта ишлаш ва таҳлил қилиш сплайн методи таклиф этилган.

Ҳозирги вақтда ишлаб чиқарувчи мутахассисларнинг турли сигналларни қайта ишлаш қурилмаларида рақамли сигнал процессорлардан фойдаланишга бўлган қизиқишларининг узлуксиз ўсиб бориши кузатилмоқда. Бу процессорларнинг фойдаланиш учун қулайлиги, имконлилиги ва дастурлаш инструментларининг кенг имкониятлари билан асосланади. Ишда Blackfin оиласидаги сигналларни рақамли қайта ишлаш процессорлари учун бир ва кўп ўлчовли сигналларни тиклаш жараёнларини моделлаш инструментал воситалари таклиф этилган. VisualDSP++ лойихалар яратиш муҳити ишлаб чиқарувчиларга дастурларни яратиш ва ишлашини текшириш имкониятини беради. Ушбу муҳит фойдаланиш жиҳатидан қулай ассемблерни, C/C++ компиляторни, математик функциялар ва сигналларни рақамли қайта ишлаш процессорлари функцияларидан иборат C/C++ бажарилувчи функциялар библиотекасини ўз ичига олади. Дастурий таъминот ишлаб чиқариш воситасининг энг асосий афзаллиги C/C++ тилида ёзилган дастур коднинг самараси билан белгиланади.

Диссертация ишида рақамли сигнал процессорларида сигналларни ва тажриба маълумотларини силлиқлаш алгоритмлари таклиф қилинган. Таклиф этилаётган алгоритм силлиқловчи сплайнни қўллашга асосланган. Сплайн – функциялар методлари киритиш жараёнларини қайта ишлаш жараёнлари билан бирлаштириш орқали параллеллаштириш принципларини кенг қўллаш имкониятини беради. Сплайн – функциялар методлари билан сигналларни қайта ишлаш жамловчи параллел кўпайтириш амалларини бажаришга асосланади. Рақамли сигнал процессорларида жамловчи параллел кўпайтириш элементларининг, ихтиёрий мурожатли хотира қурилмасининг, ҳамда дастурлаш учун инструментал воситаларнинг мавжудлиги, уларни сплайн – функциялар методлари асосида сигналларни қайта ишлаш масалаларига қўллаш имкониятини беради.

Сигналларни рақамли қайта ишлаш процессорлари учун сплайн – функциялардан фойдаланиб тажриба маълумотларини тиклаш ва силлиқлаш жараёнларини моделлашда Analog Devices компанияси Blackfin ADSP-BF533 процессорининг VisualDSP++ симуляторидан фойдаланилди.

Олиб борилган тадқиқотлар натижаларидан келиб чиқиб тажриба маълумотларини силлиқлаш ҳисоблашларида қуйидаги 7 нуқтали формуладан фойдаланиш таклиф этилди:

$$S_i = \frac{1}{21}(7y_i + 6(y_{i-1} + y_{i+1}) + 3(y_{i-2} + y_{i+2}) - 2(y_{i-3} + y_{i+3})) \quad (10)$$

Амалга оширилган ҳисоблашлар натижасида тажриба маълумотларини силлиқлаш учун 7 нуқтали формулаларни қўллаш янада яхшироқ силлиқлаш эффектларини олиш имкониятини беради.

Темир йўл қурилишларида, машинасозликда, авиасозлик ва ракетасозликда, электрон техникада, асбобсозликда ва саноатнинг қатор бошқа соҳаларида янги материалларнинг ва мураккаб объектларнинг климатик, механик, акустик ва атроф муҳитнинг бошқа омиллари таъсирига нисбатан ўтказиладиган стендли синовлар тажриба тадқиқотларининг муҳим йўналиши ҳисобланади. Ушбу ишда турли структураларга ва механик хусусиятларга эга бўлган, турли кўринишда термик ишлов берилган рельс ва рельс материалларининг мустақамлигини баҳолаш методикаси таклиф қилинган. Баҳолаш критерияси сифатида бузилиш арафасида материалларнинг деформацияланган жойларида тўпланадиган деформацияларнинг яширин энергияси нисбий катталиги, яъни материал энергосиғими таклиф этилаяпти.

Эксплуатацион назоратнинг анъанавий методлари ва воситалари вужудга келган дефектларни аниқлаш имконини беради. Назоратнинг бу воситалари бузилиш арафасида бўлган рельсларни ва жуфт ғилдиракларни диагностикасини таъминлай олмайди. Шу сабабдан ҳам темир йўллардаги ҳаракат ҳавфсизлигига кафолат бера олмайди. Эксплуатацион назоратда ишлатиладиган магнитли вагон-дефектоскоплар пайдо бўлган бузилиш атрофида ҳосил бўладиган магнит майдонларининг қийматларини ўқишга мўжалланган.

Тадқиқот натижасида олинган сигналларни қайта ишлаш учун В-сплайнларнинг спектрал назарияси қўлланилди. В-сплайнларнинг локалик характери ва одатда узлуксиз сигналлар аниқланган кесмаларнинг финитлиги, дискретизация масалаларини ечишда финит спектрли сигналлар моделларидан частота аргументли бутун функциялар синфига тааллуқли бўлган сигналларни спектрал тасвирлашга ўтишга асос бўлиб хизмат қилади. В-сплайнларнинг ўзига хос хусусияти шундаки, уларнинг амплитуда спектрал характеристикаларига қуйидаги Котельников-Шеннон қатори билан кўпгина ўхшашликка эга бўлган аниқ ва етарлича содда аналитик кўриниш мос келади:

$$F_{B_0}(\omega) = hB_m(0) \left(\frac{\sin(\omega h / 2)}{\omega h / 2} \right)^{m+2} \quad (11)$$

бунда h – дискретизация қадами; $B_m(0)$ – m даражали В-сплайн амплитудаси.

Юқорида келтирилганидек $x \in [a, b]$ кесмада берилган ва $S_m(x)$ полиномиал сплайн билан аппроксимация қилинаётган ихтиёрий $f(x)$ функция қуйидаги чизиқли йиғинди кўринишида тасвирланиши мумкин:

$$f(x) \cong S_m(x) = \sum_{i=-1}^{n+1} b_i B_{m,i}(x) \quad (12)$$

бунда i – сплайн қийматларининг жорий рақами ($i = -1, 0, 1, \dots, n + 1$); b_i – функцияни аппроксимацияловчи В-сплайнлар коэффициенти.

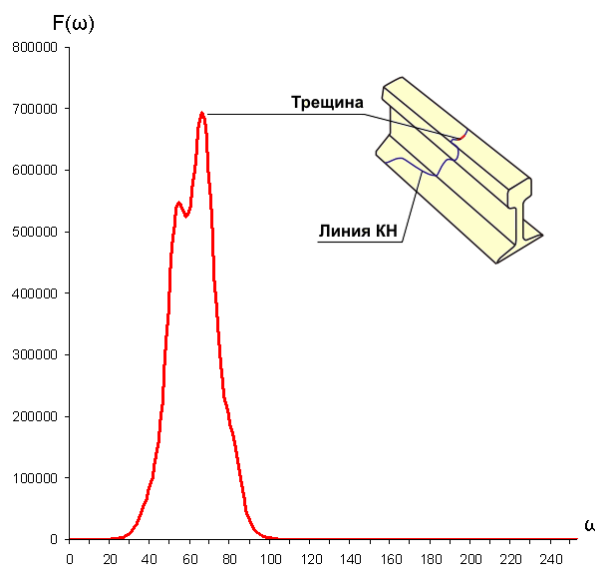
Тўғри бурчакли импульсларнинг якуний сонидан иборат кетма – кетликларнинг амплитудали спектрал зичлиги ифодаси ва жуфт кесишувчи учбурчакли импульслар якуний сонини ўз ичига олувчи кетма – кетликларнинг операторли ифодаси аналитик кўринишда осонгина ҳосил қилинади. Комплексли ўзгарувчи p ни $j\omega$ га алмаштириш орқали операторли ифодадан спектрал зичликка ўтиш мумкин. Агар ушбу ёндашувни ўзгарувчан амплитудали ихтиёрий бутун m даражали кесишмайдиган В-сплайнлар якуний кетма – кетликларига жорий қилиш орқали кенгайтирадиган бўлсак, у ҳолда бундай кетма кетликнинг амплитудали спектрал зичлиги қуйидаги формула ёрдамида ёритилиши мумкин:

$$F_{\Sigma B}(\omega) = F_{B_0}(\omega) \left| \sum_{i=0}^n b_i \exp(-ji\omega(m+1)h) \right| \quad (13)$$

У ҳар бир навбатдаги В-сплайннинг олдинги ҳар бирига нисбатан h қадамга ушланиб қолиш эффектларини ҳисобга олувчи комплекс экспоненциал кўпайтувчилардан таркиб топган.

Бажарилган иш янги диагностика методининг махсус магнитлашларсиз, икки-тўрт датчиклар ёрдамида, назорат қилинаётган юза билан тўғридан тўғри контактсиз рельс ҳолатини экспресс таҳлил қилиш ва бузилишлар вужудга келиши мумкин бўлган қисмларини аниқлаш каби алоҳида имкониятларини тақдим этди. Бунда сканерлашни поезд ҳаракати

тезлигида амалга ошириш мумкин. Магнит майдонининг кескин локал ўзгариши вужудга келаётган дефектни англатади (2-расм).



2 - расм. Кубик В-сплайнлар ёрдамида электромагнит сигнални қайта ишлаш натижалари.

Диссертация ишининг тўртинчи бўлими сплайн – функциялар методлари ёрдамида бир ва кўп ўлчовли сигналлар ва тажриба маълумотларини қайта ишлаш жараёнларини моделлаш учун дастурий мажмуа яратишга бағишланган. Илмий тадқиқотлар амалиётида тажриба маълумотлари бўйича бирор жараён ёки ҳодисанинг умумий характерини тиклаш каби масалаларга тез – тез дуч келинади. Бундай масалаларни ечиш йўлларида бири тажриба маълумотларини сплайн - функциялар ёрдамида аппроксимация қилиш ҳисобланади. Ушбу диссертация иши доирасида сплайн - функциялар методлари ёрдамида кўп ўлчовли сигналлар ва тажриба маълумотларини қайта ишлаш жараёнларини моделлаш алгоритмлари ҳамда дастурий мажмуаси ишлаб чиқилди. Ушбу дастурий мажмуани яратишда Ассемблер дастурлаш тилидан, Delphi 6.0 объектга йўналтирилган дастурлаш тилидан ва BLACKFIN туридаги рақамли сигнал процессорлари учун C ва C++ компиляторларини ўз ичига олган VisualDSP++ махсус дастурлаш муҳитидан фойдаланилган.

Дастурий мажмуа қуйидаги таркибий дастурларни ўз ичига олган: бир ва кўп ўлчовли сигналларни қайта ишлаш ва силлиқлаш; тиклаш хатоликларини баҳолаш; рельсларнинг эксплуатацион мустаҳкамлигини баҳолаш; базисли сплайнлар тизимлари орқали сигналларни спектрал қайта ишлаш.

Базисли сплайнлар асосида бир ва кўп ўлчовли сигналларни қайта ишлаш ва силлиқлаш жараёнларини моделлаш дастурлари сигналлар ва тажриба маълумотларининг тиклаш параметрларини аниқлаш, нуқтали формулалар ёрдамида сигналларни аппроксимация қилиш ва сигналларнинг турли синфларини силлиқлаш учун мўлжалланган.

Тиклаш хатоликларини баҳолаш дастури қайта ишлаш натижалари бўйича ўртакватрастик хатоликларни ҳисоблаш орқали бир ва кўп ўлчовли сигналлар ва тажриба маълумотларининг тиклаш аниқлигини баҳолаш имконини беради.

Сплайн – функциялар методларининг спектрал хусусиятлари асосидаги рельсларнинг эксплуатацион мустаҳкамлигини баҳолаш дастури темир йўл рельсларининг эксплуатацион мустаҳкамлигини таҳлил қилиш ва баҳолаш имконини беради. Дастурда рельслар мустаҳкамлигини баҳолаш учун магнитли вагон – дефектоскоп ёрдамида олинган магнит майдон қийматларидан фойдаланилган.

Дастурий мажмуа маълум параметрлари орқали ўзаро боғланган дастурий воситалардан иборат дастур пакети кўринишида яратилган. Ундан стендли синовлар натижаларини қайта ишлаш, геофизика, сейсмология, экология, радиолокация, тасвирларни қайта ишлаш ва бошқалар каби фаннинг кўпгина соҳаларида фойдаланиш учун, дастурий мажмуада бир нечта сигналларни қайта ишлаш методлари назарда тутилган. Дастур пакети ўрнатилаётганда унинг барча таркибий дастур модуллари биргаликда жорий қилинади. Бу эса, ўз навбатида, мукамал дастур бўлиш билан бирга, унинг барча имконли функцияларидан фойдаланиш имконини беради.

Дастурий мажмуа Windows операцион тизимли IBM PC туридаги компьютерларда ва Analog Devices компаниясининг Blackfin туридаги рақамли сигнал процессорларида фойдаланишга мўлжалланган. Дастур 731 Кбайт ҳажмга эга бўлиб, юкланганда оператив хотирадан 10 Кбайт жойни эгаллайди.

ХУЛОСА

Диссертация ишида олинган асосий назарий ва амалий натижалар қуйидагилардан иборат:

1. Мавжуд сигналларни қайта ишлаш методлари тадқиқ қилинди ва классик полиномиал сплайнларнинг камчиликлари аниқланди ҳамда сигналлар ва тажриба маълумотларини тиклаш масалаларига базисли сплайнларни тадбиқ қилиш, рақамли сигнал процессорларига осон ва самарали жорий қилинадиган тиклаш параметрларини аниқлаш алгоритмларини яратиш имконини бериши кўрсатилди.

2. Кўп ўлчовли сплайнлар асосида сигналларни қайта ишлаш методлари тадқиқи натижасида шу нарса аниқландики, бир ўлчовли сплайнларнинг локал ва финитлик хусусиятларини тўлиқ кўп ўлчовли сплайнларга ҳам қўлланилади ва тиклаш параметрларини аниқловчи содда, осон жорий қилинадиган алгоритмларни яратиш имконини беради. Бундан ташқари, улар ҳисоблашларни параллеллаштириш жиҳатидан ҳам қулай ҳисобланади.

3. Сигналларни рақамли қайта ишлаш процессорлари синфлари таҳлил қилинди ва сплайн – функциялар асосида сигналларни тиклаш методларини жорий қилиш учун қулай дастурлаш имкониятлари ва такомиллашган

эмуляция воситалари билан фарқланувчи Analog Devices компаниясининг ADSP Blackfin процессорлари таклиф қилинди. Гарвард архитектураси ва техник жорий қилинган махсус кўпайтириш, жамловчи параллел кўпайтириш командаларининг мажудлиги, сигналларни тиклашнинг сплайн методларини тадбиқ қилиш учун замонавий рақамли сигнал процессорларидан кенг фойдаланиш имкониятини беради.

4. Танланган сигналлар синфларини қайта ишлаш учун классик полиномлар ва полиномиал сплайнларга нисбатан тенгламалар системасини ечишга олиб келмайдиган нуқтали формулалар методи таклиф қилинган, нуқтали формулалар асосида бир ўлчовли сигналларни тиклаш коэффициентларини ҳисоблаш учун самарали алгоритмлар яратилди, ҳамда бикубик базисли сплайнлар асосида сигналларни тиклаш коэффициентларини ҳисоблаш учун ҳам нуқтали формулалар таклиф қилинди.

5. Кубик базисли сплайнлар асосида сигналларни тиклаш учун самарали параллел ҳисоблаш структураси ва таклиф қилинган методлар асосида сигналларни қайта ишлаш ва силлиқлаш дастурлари яратилди. Яратилган алгоритмлар ва дастурлар VisualDSP++ симуляторига тўлиқ самарали жорий қилинди.

6. Базисли сплайнларнинг спектрал хусусиятларини тадбиқ қилишга асосланган рельслар структураларидаги ўзгаришларни аниқлаш, қайта ишлаш ва таҳлил қилиш сплайн методи таклиф этилди. Ўтказилган тажрибалар шуни кўрсатадики, таклиф этилган методни жорий қилиш етарлича аниқликда темир йўл рельсларининг яроқлилигини баҳолаш, мустаҳкамлигини ва бардошлилигини прогноз қилиш имконини беради.

7. Сплайн – функциялар методлари асосида сигналларни қайта ишлаш жараёнларини моделлаш дастурий мажмуаси таклиф этилган. Дастурий мажмуа маълум параметрлари орқали ўзаро боғланган дастурий воситалардан иборат дастур пакети кўринишида яратилган бўлиб, Blackfin оиласидаги рақамли сигнал процессорларига жорий қилинган. Ундан стендли синовлар натижаларини қайта ишлаш, геофизика, сейсмология, экология, радиолокация, тасвирларни қайта ишлаш ва бошқалар каби фаннинг кўпгина соҳаларида сигналларни қайта ишлаш учун фойдаланиш мумкин.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ.

1. Зайнидинов Х.Н., Хамдамов У.Р. Сравнительный анализ ошибок восстановления функциональных зависимостей с использованием локальных сплайнов. // ТЕХНИКА YULDUZLARI. - Тошкент, 2006. - №4. 28-32б.

2. Зайнидинов Х.Н., Хамдамов У.Р. Применение многомерных базисных сплайнов для обработки результатов аэромагнитных измерений. //«Современное состояние и пути развития информационных технологий» республика илмий конференцияси материаллари. 2006 йил 11-13 октябрь. -Тошкент, 2006. - 228-232б.

3. Зайнидинов Х.Н., Хамдамов У.Р., Рахимов Б.С. Программный комплекс для обработки одномерных и многомерных геофизических сигналов в кусочно-полиномиальных базисах. // «Современное состояние и пути развития информационных технологий» республика илмий конференцияси материаллари. 2006 йил 11-13 октябрь. - Тошкент, 2006. - 205-207б.

4. Зайнидинов Х.Н., Хамдамов У.Р. Кусочно-базисные методы восстановления многомерных сигналов. //«Фан – таълим – ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот технологияларининг ўрни, аҳамияти ва истиқболлари» минтақавий илмий амалий семинар материаллари тўплами. 2007 йил 12 июнь. - Гулистон, 2007. - 25-27б.

5. Зайнидинов Х.Н., Хамдамов У.Р. Сглаживание экспериментальных данных с помощью S-сплайнов. // ЎзР ФА маърузалари. - Тошкент, 2008. - №1. - 30-32б.

6. Қосимов С.С., Зайнидинов Х.Н., Хамдамов У.Р. Программа для восстановления многомерных сигналов методами сплайн - функций. //ЎзР Давлат патент идораси. Гувоҳнома DGU 01319. 05.07.2007й.

7. Қосимов С.С., Зайнидинов Х.Н., Хамдамов У.Р. Программа сглаживания экспериментальных данных на цифровых процессорах сигналов ADSP-BF533 методами сплайн - функций. // ЎзР Давлат патент идораси. Гувоҳнома DGU 01320. 05.07.2007й.

8. Хамдамов У.Р. Кусочно-базисные методы в задачах разработки информационных систем. // «Инвестицион ва инновацион лойиҳаларни ишлаб чиқиш, самарадорлигини баҳолаш ва уларни амалга ошириш» Ҳалқаро илмий – амалий конференция материаллари. 2006 йил 14-16 ноябрь. - Тошкент, 2006. - 316-317б.

9. Хамдамов У.Р. Восстановление функциональных зависимостей методами базисных сплайнов. // ТошДТУ хабарлари. - Тошкент, 2006. - №4. - 23-25б.

10. Хамдамов У.Р. Программирование цифровых сигнальных процессоров в среде VisualDSP++. // «Ахборот – коммуникация технологиялари» аспирант, магистр ва иқтидорли талабалар илмий – техник конференцияси маърузалар тўплами. 2007 йил 4-5 май. - Тошкент, 2007. - 63-64б.

11. Хамдамов У.Р. Применение процессора цифровой обработки сигналов ADSP-BF533 в задачах восстановления сигналов. // «Фан – таълим – ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот технологияларининг ўрни, аҳамияти ва истиқболлари» минтақавий илмий амалий семинар материаллари тўплами. 2007 йил 12 июнь. - Гулистон, 2007. - 15-16б.

12. Хамдамов У.Р. Программные средства для обработки сейсмических сигналов методами сплайн – функций. // ТАТУ хабарлари. - Тошкент, 2007. - №4, - 12-14б.

13. Хачатурьян С.В., Хамдамов У.Р., Джумабаев Д.А., Махмудов С.С., Нурматов М, Тураев М.У. Программа оценки эксплуатационной стойкости рельсов. // ЎзР Давлат патент идораси. Гувоҳнома DGU 01219. 30.01.2007й.

14. Қосимов С.С., Зайнидинов Х.Н., Хамдамов У.Р., Рахимов Б.С. Piecewise basic methods of the analysis and processing of many-dimensional signals. // «Intelligent Systems for Industrial Automation (WCIS 2006)» тўртинчи бутунжаҳон конференцияси материаллари тўплами. 2006 йил 21-22 ноябрь. - Тошкент, 2006. - 274-275б.

15. Зайнидинов Х.Н., Хамдамов У.Р. Parallelizing of Evaluations at Restoring Signals by Systems of Cubic Splines. // «Information Technology Promotion in Asia 2007 (ИТРА 2007)» халқаро конференцияси материаллари тўплами. 2007 йил 24-28 сентябрь. – Тошкент, 2007. - 190-194б.

16. Зайнидинов Х.Н., Хамдамов У.Р. Roundoff Errors at a Parallelizing of Evaluations by Systems of Basic Splines. // «Mobile Computing, Communications and Applications (ICMOCCA2007)» иккинчи халқаро конференцияси материаллари тўплами. 2007 йил 26-28 сентябрь. – Тошкент, 2007. - 95-98б.

17. Зайнидинов Х.Н., Хамдамов У.Р., Элов Д., Иминов А. Spline – Method of the Analysis, Processing and Definition of the Change Anomalies of Rails Structure. // «IT Promotion in Asia 2008 (ИТРА 2008)» халқаро конференцияси материаллари тўплами. 2008 йил 22-26 сентябрь. – Тошкент, 2008. - 185-188б.

Техника фанлари номзоди илмий даражасига талабгор Хамдамов Уткир Рахматиллаевичнинг 05.13.11 – «Ҳисоблаш машиналари, мажмуалари ва компьютер тармоқларининг математик ва дастурий таъминоти» ихтисослиги бўйича «Сплайн – функциялар методлари асосида кўп ўлчовли сигналларни қайта ишлаш жараёнларини моделлаш ва дастурий тадбиқ қилиш» мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕСИ

Таянч сўзлар: сплайн, базисли функция, базисли сплайн, нуқтали формула, силлиқлаш коэффициенти, сплайн – функция, кубик базисли сплайн, сигнал процессори, сигналларни рақамли қайта ишлаш, симулятор, дастурий мажмуа, сигнал, рельс.

Тадқиқот объектлари: полиномиал, интерполяцион ва силлиқловчи сплайнлар, кубик базисли сплайнлар, геофизика ва темир йўл тизимларида қўлланиладиган сигналларни қайта ишловчи ва ўзгаришларни прогноз қилувчи усуллар ва воситалар.

Ишнинг мақсади: Сплайн – функциялар асосида сигналларни қайта ишлаш ва тиклаш жараёнларини моделлаш усулларини тадқиқ қилиш, алгоритмларини ва дастурий мажмуасини ишлаб чиқиш.

Тадқиқот методлари: олиб борилган тадқиқот усулларига функционал таҳлил назарияси, умумлашган спектрал усуллар, қаторлар ва матрицалар назарияси, сплайн функциялар назарияси ва моделлаш, параллел ҳисоблаш жараёнлари назарияси ва чизиқли тенгламаларни ечиш усуллари киради.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: бир ўлчовли ва кўп ўлчовли сплайнлар асосида сигналларни тиклаш усуллари ва коэффицентларни ҳисоблашнинг самарали алгоритмлари таклиф қилинди; рақамли сигнал процессорларини қўллаш орқали сплайн - функциялар усуллари билан сигналларни қайта ишлаш жараёнларини моделловчи алгоритмлар ва дастурий мажмуа ишлаб чиқилди; рельсларнинг эксплуатацион мустаҳкамлигини аниқлаш, баҳолаш ва таҳлил қилиш сплайн методи таклиф қилинди.

Амалий аҳамияти: Blackfin оиласидаги рақамли сигнал процессорларига қўлланиладиган сигналларни тикловчи дастурий воситалар ишлаб чиқилди; кубик базисли сплайн асосида параллел ҳисобловчи структура таклиф қилинди; сплайн – функциялар методлари асосида сигналларни тиклаш жараёнларини моделловчи дастурий мажмуа яратилди.

Тадбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: диссертация ишининг асосий назарий ва амалий натижалари «Ўзбекистон темир йўллари» давлат акциядорлик темир йўл компаниясида тадбиқ қилинди. Жами иқтисодий самарадорлик йилига 26 млн. сўмни ташкил қилади.

Қўлланиш соҳаси: диссертация ишида ишлаб чиқилган усуллар, алгоритмлар ва дастурий воситалар фаннинг геофизика, экология, сейсмология ва радиолокация соҳаларида сигналларни қайта ишлашда, ҳамда темир йўл тизимларида рельсларнинг мустаҳкамлигини баҳолаш масалаларида ишлатилиши мумкин.

РЕЗЮМЕ

диссертации Хамдамова Уткира Рахматиллаевича на тему: «Моделирование процессов обработки многомерных сигналов на базе методов сплайн – функций и программная реализация» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»

Ключевые слова: сплайн, базисная функция, базисный сплайн, точечная формула, коэффициент сглаживания, сплайн – функция, кубический базисный сплайн, сигнальный процессор, цифровая обработка сигналов, симулятор, программный комплекс, сигнал, рельс.

Объекты исследования: полиномиальные, интерполяционные и сглаживающие сплайны, кубические базисные сплайны, методы и средства обработки сигналов и прогнозирования аномалий, используемых в геофизике и железнодорожных системах.

Цель работы: исследование методов и разработка алгоритмов и программного комплекса моделирования процессов обработки и восстановления сигналов на основе сплайн - функций.

Методы исследования: теория функционального анализа, обобщенные спектральные методы, теория рядов и матриц, теория сплайн функций и моделирования, теория параллельных вычислительных процессов и численные методы решения линейных уравнений.

Полученные результаты и их новизна: предложены методы и эффективные алгоритмы вычисления коэффициентов восстановления сигналов на основе одномерных и многомерных сплайнов; разработаны алгоритмы и программный комплекс для моделирования процессов обработки сигналов методами сплайн - функций с применением цифровых процессоров сигналов; предложен сплайн - метод анализа, оценки и прогнозирования эксплуатационной стойкости рельсов.

Практическая значимость: разработаны программные средства восстановления сигналов с применением цифровых сигнальных процессоров семейства Blackfin; предложена параллельная вычислительная структура на основе кубического базисного сплайна; разработан программный комплекс для моделирования процессов восстановления сигналов методами сплайн – функций.

Степень внедрения и экономическая эффективность: основные теоретические и практические результаты диссертационной работы внедрялись в государственной акционерной железнодорожной компании «Ўзбекистон темир йўллари». Суммарный экономический эффект составляет 26 млн. сум в год.

Область применения: разработанные в диссертационной работе методы, алгоритмы и программные средства могут быть использованы в геофизике, экологии, сейсмологии и радиолокации для обработки сигналов, а также для решения задач прогнозирования стойкости рельсов железнодорожных систем.

RESUME

Thesis of Utkir Hamdamov on the scientific degree competition of the doctor of philosophy in technical sciences on speciality 05.13.11 - «Mathematical and software of computers, complexes and computer networks» subject: «Simulation of processes of many-dimensional signals processing on the basis of methods a spline – functions and software implementation»

Key words: a spline, basic function, basic spline, dot formula, smoothing factor, spline - function, cubic basic spline, signal processor, digital signal processing, simulator, program complex, signal, rail.

Subjects of research: polynomial, interpolation and smoothing splines, cubic basic splines, methods and resources of signal processing and prediction of anomalies used in geophysics and railway systems.

Purpose of work: development of methods, algorithms and program complex for simulation of processes of processing and restoring of signals on a basis a spline - functions.

Methods of research: the theory of the functional analysis, generalized spectral methods, theory of numbers and matrixes, theory a spline of functions and simulation, theory of parallel computing processes and numerical methods of solution of simple equations.

The results obtained and their novelty: the methods and effective algorithms of calculation of signal restitution coefficients on the basis of one-dimensional and many-dimensional splines are offered; the algorithms and program complex for simulation of processes of signal processing by methods a spline - functions with application of digital data processors of signals are developed; the spline - method of the analysis, estimation and prediction of operation stability of rails is offered.

Practical value: the software of the signals restoring with application of digital signal processors of the set Blackfin are developed; the parallel computing structure is offered on the basis of a cubic basic spline; the program complex for simulation of processes of restoring of signals by methods a spline - functions is developed.

Degree of embed and economic effectivity: the main theoretical and practical results of dissertation work took root in the state joint-stock railway company «Uzbekistan temir yo'llari». The summarized economic benefit makes 26 mln. sum in a year.

Field of application: the methods, algorithms and software designed in dissertation work can be used in geophysics, ecology, seismology and radiolocation for signal processing, and also for problem solving of prediction of stability of rails in railway systems.