КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН УЛУТТУК ИЛИМДЕР АКАДЕМИЯСЫ

АВТОМАТИКА ЖАНА МААЛЫМАТТЫК ТЕХНОЛОГИЯЛАР ИНСТИТУТУ

Б.Н. ЕЛЬЦИН АТЫНДАГЫ КЫРГЫЗ-ОРУС СЛАВЯН УНИВЕРСИТЕТИ

Д.05.16.532 Диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунун негизинде
УДК 519.6: 625.7

КУДУЕВ АЛТЫНБЕК ЖАЛИЛБЕКОВИЧ

МУЛЬТИВЕЙВЛЕТТЕРДИ КОЛДОНУУ МЕНЕН САНАРИПТИК МААЛЫМАТТАРДЫ ИШТЕП ЧЫГУУНУН АЛГОРИТМДЕРИН ОПТИМАЛДАШТЫРУУ

Адистиктер: 05.13.01 – Тутумдук анализ, маалыматты башкаруу жана иштеп чыгуу
05.13.18 – Математикалык моделдөө, сандык усулдар жана программалардын жыйыны

Техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын изденип алуу үчүн диссертациясынын

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т Ы

БИШКЕК - 2016

Жумуш Ош мамлекеттик университетинин информациялык технологиялар жана автоматташтырылган системалар, мамлекеттик жогорку кесиптик билим берүү мекемеси болгон Томск мамлекеттик университетинин операцияларды изилдөө, мамлекеттик жогорку кесиптик билим берүү мекемеси болгон Томск мамлекеттик архитектура-курулуш университетинин колдонмо математика кафедраларында аткарылды.

Илимий жетекчилер:	физика-математика илимдеринин доктору, Россия Федерациясынын Томск шаарындагы ТМАКУ нун профессору **Шумилов Борис Михайлович**
	техника илимдеринин доктору, информациялаштыруу эл аралык академиясынын академиги **Укуев Бейшенбек Такырбашевич**
Официалдуу оппоненттер:	физика-математика илимдеринин доктору, профессор **Сатыбаев А.Дж.,**
	техника илимдеринин кандидаты, **Павленко П.Ф.**
Жетектөөчү уюм:	Федералдык мамлекеттик бюджеттик илимий мекеме болгон РИА СБ С.Л. Соболев атындагы математика Институту (Новосибирск шаары)

Коргоо « 23 » декабрь 2016-ж. саат 14.00 дө КР УИА автоматика жана маалыматтык технологиялар Институтунун **Д.05.16.532** диссертациялык кеңешинин отурумунда өтөт, Бишкек ш., Чүй проспектиси, 265.

Диссертация менен 720071, Бишкек ш., Чуй пр, 265 «а» дарегинде жайгашкан, Кыргыз Республикасынын Улуттук Илимдер Академиясынын китепканасында таанышууга болот.

Автореферат 21.11.2016-ж. таркатылган.

Диссертациялык кеңештин
Окумуштуу катчысы, ф.-м.и к. Керимкулова Г.К.

ЖУМУШТУН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациялык теманын актуалдуулугу. Санариптик маалыматты иштеп чыгуунун эффективдүүлүгүн жогорулатуу заманбап колдонмо математикананын актуалдуу маселеси болуп эсептелет. Айрыкча, бул комьютердик графика менен байланышкан аймактарда байкалат. Генерациалануучу сүрөттөлүштүн реалдуулугуна болгон талап дайыма өсүп баруудa, ал болсо акыбетинде эсептөө чыгымдарынын өсүшүнө алып келет. Ошол эле мезгилде, көпчүлүк тиркемелер үчүн (мисалы, автомобилдик жолдорду лазердик сканирлөөнүн берилгендерин визуалдаштыруу) маалыматты иштеп чыгуунун өтө жогорку ылдамдыгы зарыл болот. Санариптик маалыматты иштеп чыгуунун эффективдүүлүгүн жогорулатуу жолдорунун бири – бул графикалык объектердин көп масштабдуу көрсөтүлүшүнө негизделген методдорду колдонуу болуп эсептелет.

Көп масштабдуу көрсөтүлүш – бул көп катмарлуу структура, мында биринчи катмар объектти одоно (төмөнкү уруксат берүү мүмкүнчүлүгү менен) жакындаштыруу үчүн жетиштүү болгон маалыматты кармап турат, кийинки ар бир катмардан информацияны кошуу учурунда объект толук калыбына келтирилмейинче (максималдуу уруксат берүү мүмкүнчүлүгү менен) деталдаштыруу дайыма өсүп олтурат. Мисалы, Интернет үчүн белгилүү форматтардын бири CompuServe (1987-ж.) фирмасы тарабынан сунушталган GIF (Graphic Interchange Format) форматы эсептелет. GIF форматынын байкалаарлык айырмаларынын тобуна сүрөттөлүштүн бара-бара дааналаныш (прогрессивдүү берүү деген аталыштагы) режимин пайдалануу мүмкүнчүлүгү кирет. Бул режимде сүрөттөлүштүн бардык жолчолору катары менен чыкпайт, ал аныкталган ирээтте чыгат: алгач ар бир 8-чи, андан кийин ар бир 4-чү ж.у.с. Ошентип, сүрөттөлүш толугу менен төрт өтүүдө көрсөтүлөт, ал болсо сүрөттөлүштүн толук жүктөлүшүнө чейин эле анын маңызын түшүүнүгө, жана зарыл болгон учурда аны берүүнү үзгүлтүккө учуратууга мүмкүнчүлүк берет.

Көп масштабдуу көрсөтүлүштөрдүн математикалык негизи катары көпчүлүк учурларда вейвлет-анализ (же дабыш аркылуу анализ) кызмат кылат. Вейвлеттерге негизделген методдордун жардамында сандык маалыматтарды иштеп чыгуу менен байланышкан, ошонун ичинде чуулардан арылуу, графиктик объектерди визуалдаштыруу ж.у.с. маселелердин кеңири тобу чечилиши мүмкүн. Андан сырткары, бул усулдар ашыкча жана маанилүү эмес маалыматтарды алыстатуунун эсебинен берилгендердин көлөмүн кыскартууну жана ошону менен андан аркы иштеп чыгууга кеткен эсептөө чыгымдарын азайтууну камсыз кылат. Вейвлеттерге негизделген сандык маалыматтарды иштеп чыгуу

алгоритмдеринин ишке ашырылышы жетишээрлик жөнөкөй жана эффективдүү.

Алгач скалярдык вейвлеттер гана колдонулуп келген. Мультивейвлеттер скалярдык вейвлеттерге салыштырмалуу кээ бир артыкчылыктарга ээ. Мисалы, ташып жүрүүчүнүн (носителдин) компакттуулугу, ортогоналдуулугу, симметриясы, нөлдүк учурлардын саны сыяктуу касиеттер, белгилүү болгондой, сигналдарды иштеп чыгууда башкы касиеттер болуп эсептелет. Скалярдык вейвлет бир эле учурда ушул касиеттердин баарына ээ боло албайт. Экинчи жактан алып караганда, мультивейвлеттерге негизделген система, булардын ар бирине бир эле убакта ээ боло алат. Бул деген, мультивейвлеттер өркүндөтүлгөн реконструкцияны (ортогоналдуулуктун эсебинен), сигналдардын чектеринде жакшы эффективдүүлүктү (симметриянын эсебинен) жана жакындаштыруунун жогорку тартибин (нөлдүк учурлардын санынын чоң болушунун эсебинен) камсыз кылат дегендикти билдирет, демек алар скалярдыкка караганда сигналдарды жана талааларды иштеп чыгууда жакшы аракет эте алат.

Диссертациянын темасынын илимий долбоорлор менен байланышы. Диссертациялык жумуш Томск мамлекеттик архитектура-курулуш университетинин (Томск шаары, 2010, 2011, 2013) жана Томск мамлекеттик унивеситетинин (Томск шаары, 2012) илимий изилдөө долборлорунун чегинде, фундаменталдык изилдөөлөрдүн Россиялык фондунун каржылык колдоосу менен аткарылды.

Жумуштун максаты – санариптик маалыматты, мисалы, автомобилдик жолдорду лазердик сканерлөө жана бул алгоритмдерди жолдордун беттерин моделдөө үчүн пайдалануу учурунда алынуучу, маалыматтарды мультивейвлеттик-иштеп чыгуу алгоритмдерин тургузуу жана оптималдаштыруу менен байланышкан илимий жана практикалык маселелерди чечүү.

Диссертациялык изилдөөнүн маселелери:

• санариптик маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгуу алгоритмдерин тургузуу;

• санариптик маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгуу алгоритмдерин оптималдаштырууну жүргүзүү;

• автомобилдик жолдорду трассирлөө проблемаларын чечүүдө санариптик маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгууну колдонуунун теориялык негиздемесин иштеп чыгуу;

• санариптик маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгууну автомобилдик жолдордун үстүнкү катмарын моделдөө үчүн колдонуу мүмкүнчүлүктөрүн изилдөө;

Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңылыгы:

• Сплайндар менен орточо квадраттык аппроксимациялоо теориясынын негизинде маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгуу алгоритмдерин тургузуу схемасына тиешелүү даражадагы көп мүчөлөргө болгон ортогоналдуулук касиети киргизилген;

• Санариптик маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгуу алгоритмдерин катуу диоганалдык артыкчылыктарга ээ болгон сызыктуу теңдемелердин үч диагоналдуу системасынын көз каранды эмес чечилишине оптималдаштыруу жана параллелдештирүү аткарылды;

• Автомобилдик жолдорду трассирлөө көйгөйлөрүн чечүүдө санариптик маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгууну колдонуунун теориялык негиздемеси берилген;

• Лазердик сканерлөөнүн материалдарын мультивейвлет-иштеп чыгууну колдонуу менен автомобилдик жолдордун үстүнкү бетин моделдөө үчүн колдонмо программалардын пакети иштелип чыгылган;

• Берилиштерди бикубдук вейвлеттердин жардамында кысуу жолу менен беттердин моделдерин оптималдаштыруу мүмкүнчүлүгү көрсөтүлгөн.

Жумуштун практикалык мааниси санариптик маалыматтарды мультивейвлет иштеп чыгуу алгоритмдерин алгачкы ирет автомобилдик жолдорду диагностикалоодогу көйгөйлөрдү чечүүдө жана автомобилдик жолдордун беттерин моделдештирүү үчүн, диагностиканы, реконструкция жана автомобилдик жолдорду оңдоп - түзөө долбоорлорун автоматташтыруу системаларын талдап иштеп чыгууда колдонууда турат.

Коргоого алынып чыгылуучу илимий жоболор:

• санариптик маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгуу алгоритмдери;

• санариптик маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгуу алгоритмдерин оптималдаштыруу;

• автомобилдик жолдорду трассирлөө проблемаларын чечүүдө санариптик маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгууну колдонууну теориялык негиздөө;

• автомобилдик жолдорду моделдөө үчүн санариптик маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгууну колдонуунун жыйынтыктары.

Диссертанттын **жеке салымы** болуп мультивейвлеттердин негизинде санариптик маалыматтарды-иштеп чыгуунун теориялык жыйынтыктарын чыгаруу, эсептөө алгоритмдерин талдап иштеп чыгуу, о.э. сандык моделдештирүү, колдонмо программалар пакетин иштеп чыгуу жана алынган жыйынтыктарды анализдөө эсептелет.

Диссертациянын жыйынтыктарынын апробацияциясы. Жумуштун негизги жыйынтыктары ТМУ нун механика-математикалык факультетинин эсептөө математика жана компьютердик моделдөө кафедрасынын (жетекчи проф. Старченко А.В.), ТМУ нун колдонмо математика жана кибернетика факультетинин (жетекчи проф. Горцев А.М.), ТМАКУ нун колдонмо математика кафедрасынын (жетекчи проф. Колупаева С.Н.) жана РИА СБ нүн Математика институтунун математикалык анализдин сандык методдорунун лабораториясынын (жетекчи доц. Мирошниченко В.Л.) илимий семинарларында, андан сырткары бир катар бүткүл россиялык жана эл аралык илимий конференцияларда: параллел жана жогорку өндүрүмдүү эсептөөлөр боюнча V, VI, VII сибир конференцияларында, Томск, 2009, 2011, 2013 - жж.; “Тең салмактуу эмес системаларды моделдөө” боюнча XIII, XIV, XV бүткүл россиялык семинарларда, Красноярск, 2010, 2011, 2012 - жж.; Аймактар аралык жетинчи мектеп-семинарда, Бөлүштүрүү жана кластердик эсептөөлөр, Красноярск, 2010; «Молодежь и современные информационные технологии» деген аталыштагы IX студенттердин, аспиранттардын жана жаш окумуштуулардын бүткүл россиялык илимий-практикалык конференциясында, Томск, 2011; ОшМУ нун 60 жылдыгына арналган Эл аралык илимий конференциясында, Ош ш., 2012; X студенттердин, аспиранттардын жана жаш окумуштуулардын “Молодежь и современные информационные технологии” деген аталыштагы бүткүл россиялык илимий-практикалык конференцияда, Томск, 2012, баяндалган жана талкууланган.

Диссертациялык жумушта алынган илимий жоболордун жана жыйынтыктардын **аныктыгы жана негиздемелүүлүгү** символдук эсептөө аппаратын колдонуу менен, жана назарияттык эсептөөлөрдүн жыйынтыгын камтыган сандык жыйынтыктар менен макулдукта, о.э. иштелип чыгылган теорияны колдонуу менен иштелинип чыгылган колдонмо программалардын пакети менен далилденген бүтүмдөргө негизделген.

Публикациялар. Аткарылган жумуштун жыйынтыктары боюнча 26 басма жумуш жарыкка чыккан, алардын ичинен 8 жумуш Кыргыз Республикасынын жана Россия Федерациясынын ЖАК тарабынан сунушталган журналдарда жарыяланган. Жумуштардын тизмеси авторефераттын аягында берилген.

Жумуштун структурасы жана көлөмү. Диссертациялык жумуш киришүүдөн, төрт баптан, жыйынтыктардан, адабияттар тизмесинен жана тиркемелерден турат. Материал 181 бетте баяндалган, 2 таблицаны, 48 сүрөттү жана 2 тиркемени камтып турат. Пайдаланган адабияттардын тизмеси 75 аталышты камтыйт.

ЖУМУШТУН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүүдө диссертациянын темасынын актуалдуулугу негизделген, мультивейвлеттердин негизинде санариптик маалыматтарды иштеп чыгуунун алгоритмин оптималдаштыруу зарылдыгы көрсөтүлгөн, изилдөөнүн максаттары, маселелери жана усулдары аныкталган, жумуштун илимий жаңылыктар жана иштин практикалык маанилүүлүгү, апробациялар, жумуштун мазмууну жана көлөмү келтирилген.

Биринчи бапта вейвлеттерди өзгөртүп түзүүнүн негизги түшүнүктөрү жана аныктамалары, Хаар вейвлеттеринин мисалында вейвлеттерди пайдалануунун перспективдүүлүгүн негиздөөгө карата өбөлгөлөр келтирилген жана аларды тургузуунун жана өзгөртүп түзүүнүн мисалдары берилген. Андан ары Добештин вейвлеттерин тургузуу жана өзгөртүп түзүү жана тигил же бул кырдаалдарда вейвлеттердин базисин конструкциялоо учурунда маанилүү болгон касиеттеринин ичнен кээ бирлери келтирилген. Ошону менен эле катар сплайн-вейвлеттерди негиздөө келтирилген - *B*-сплайндык масштабдоочу функциялар, *B*-сплайндык вейвлеттер, *B*-сплайндык блок фильтрлер, жарымортогоналдык вейвлеттерди конструкциялоо каралаган, жана ошондой эле конкреттүү мисалдарда *B*-сплайндык вейвлеттерди келтирип чыгаруу демонстрацияланган.

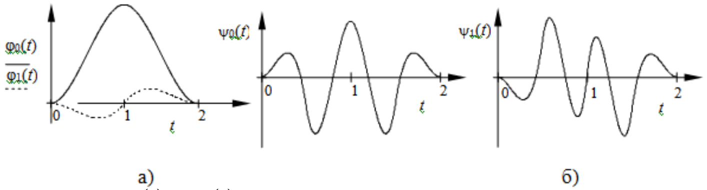
Биринчи баптын корутундусунда мультивейвлеттердин негизинде санариптик информацияларды иштеп чыгуу алгоритмдерин андан ары оптималдаштыруу үчүн перспективдүү делген биринчи даражадагы сплайн-вейвлеттерди тургузуунун мурда белгисиз болгон варианттары, жана ошондой эле сандык мисалдар каралган.

Экинчи бап 3-жана 5-даражадагы эрмиттик сплайндарды пайдалануу менен мультивейвлеттердин негизинде санариптик информацияларды иштеп чыгуу алгоритмдерин тургузууга жана оптималдаштырууга арналган. Эрмиттик кубдук сплайндарды (ЭКС) вейвлет өзгөртүп түзүү кенен каралган жана үчүнчү даражадагы базистик сплайн-вейвлеттердин системасы тургузулган. Вейвлет-анализдин матрицасынын структурасынын жана анын блоктук көрсөтүлүшүнүн конкреттүү өзгөчөлүктүрүн эсепке алуу менен санариптик информацияларды мультивейвлет–иштеп чыгуу ***алгоритмдерин оптималдаштыруу*** сунушталган, ал мындай иштеп чыгууну көп эсе тездеткенге жана аны баштапкы информациялардын алда канча көп көлөмүндө өткөрүүгө мүмкүнчүлүк берет.

3-чү даражадагы базистик сплайн-вейвлеттердин системасын тургузуу

Вейвлет-өзгөртүп түзүүнү түзүү үчүн алгач бизге $...V^{L-1} \subset V^{L} \subset V^{L+1}...$ мейкиндиктеринин системасы керек болот. Мейли ЭКС бар болгон болсун дейли. Алар үчүн $V^L - C^1$ жылмалыгына ээ болгон, б.а. $[a,b]$ чектүү кесиндисинде үзгүлтүксүз дифференцирленүүчү үчүнчү даражадагы Эрмиттик сплайндарынын мейкиндиги болот. Мейли, түйүндөрдүн бир калыптагы $\Delta^L : u_i = a + (b-a)i/2^L, i = 0,1,\ldots,2^L, L \ge 0$ торчосу берилсин. Базистик функциялар масштабдоочу функциялардын, б.а. “аталык” вейвлеттердин жылышуусу жана кысылуусу менен пайда болот (1. а - сүр.):

$$\varphi_0(t) = \begin{cases} t^2(3-2t), & 0 \le t \le 1, \\ (2-t)^2(2t-1), & 1 \le t \le 2, \\ 0, & t \notin [0,2]; \end{cases} \quad \varphi_1(t) = \begin{cases} t^2(t-1), & 0 \le t \le 1, \\ (2-t)^2(t-1), & 1 \le t \le 2, \\ 0, & t \notin [0,2]. \end{cases} \qquad (1)$$



1-сүр. а) $\varphi_0(t)$, $\varphi_1(t)$ масштабдоочу функциялардын графиктери;
б) $\psi_0(t)$, $\psi_1(t)$ “энелик” вейвлеттердин симметриялык жана симметриялуу эмес түрү

Анда базистик функциялар борборлору бүтүн сандарда болгон $N_{i,k}^L(v) = \varphi_k(v-i), k = 0,1 \; \forall i$, бул жерде $v = 2^L(u-a)/(b-a)+1$, көрүнүшүндөгү туюнтмалар менен берилет. V^L мейкиндигинде вейвлет – өзгөртүп түзүүнү пайдалануу менен функция V^{L-1} жана W^{L-1} деген эки аймакка проекциаланат, бул жерде W^{L-1} мейкиндиги V^{L-1} мейкиндигинин V^L мейкиндигине чейинки ортогоналдуу толуктоосу. Болгондо да V^{L-1} мейкиндигиндеги функциянын “бир топ одоно” көрсөтүлүшү функциянын V^L мейкиндигиндеги “бир топ кеңири” көрсөтүлүшүнөн экилик децимация каражаты (ар бир так, же ар бир жуп эсеп башталышын өчүрүү) аркылуу алынат. Тиешелүү формализмди түзүү үчүн, V^{L-1} мейкиндигиндеги ар бир базистик функция V^L мейкиндигиндеги базистик функциялардын сызыктуу комбинациясы катары анлитикалык түрдө туюнтулушу зарыл. Вейвлеттер назариятында бул касиет калибрдик катыш деп аталат. Үчүнчү даражадагы эрмиттик сплайндар жана 2

калибрдик катышы үчүн децимациянын коэффициенти төмөндөгү формулалардын системасы түрүндө белгилүү:

$$\varphi_0(t)=\varphi_0(2t-1)+\frac{1}{2}(\varphi_0(2t)+\varphi_0(2t-2))+\frac{3}{4}(\varphi_1(2t)-\varphi_1(2t-2)), \qquad (2)$$

$$\varphi_1(t)=\frac{1}{2}\varphi_1(2t-1)-\frac{1}{8}(\varphi_1(2t)+\varphi_1(2t-2)+\varphi_0(2t)-\varphi_0(2t-2)), 0\le t\le 2.$$

Биздин учурда V^{L-1} мейкиндиги үчүн базистик функциялар ташып жүрүүчүлөрү кеңдиги боюнча эки эсе чоң жана борборлору бүтүн сандарда болгон $N^{L-1}{}_{i,k}$ функциялар катары алынат. Вейвлеттердин мейкиндигин аныктоого келсек, анда эки тарабынан тең чексиз улантылган бир калыптагы торчодогу вейвлеттердин классикалык теориясында, бардык сандык окто бул үчүн бир гана "энелик" вейвлет кысылат жана жылышат, жана W^{L-1} деген сплайн вейвлеттердин сейрек торчодогу V^{L-1} мейкиндигин скалярдык көбөйтүүгө карата сплайндардын бир кыйла жыш торчодогу V^L мейкиндигине чейин ортогоналдуу толуктоо болуп саналат. Математикалык түрдө бул $V^L=V^{L-1}\oplus W^{L-1}$ деп жазылат. Бул иште[1] төмөнкү көрүнүштөгү "энелик" вейвлеттер алынган (1-б, сүр.):

$$\psi_0(t)=-2\varphi_0(2t)+4\varphi_0(2t-1)-2\varphi_0(2t-2)-21\varphi_1(2t)+21\varphi_1(2t-2), \qquad (3)$$

$$\psi_1(t)=\varphi_0(2t)-\varphi_0(2t-2)+9\varphi_1(2t)+12\varphi_1(2t-1)+9\varphi_1(2t-2),$$

алар үчүн төмөндөгү барабардык орун алат:

$$\int_{-\infty}^{\infty}\varphi_k'(x-i)\psi_l'(x-j)dx=0\forall i,j \text{ жана } k,l=0,1.$$

Эрмиттик кубдук сплайн вейвлеттер үчүн диссертацияда бир калыптагы торчонун жуп жана так түйүндөрү боюнча айрылма менен болгон ажыралманын айкын эмес чектүү катыштары алынган. Эрмиттик кубдук сплайн-вейвлеттер үчүн мисалдар келтирилген жана иргеме боюнча туундуларды эсетөөнүн туруктуу алгоритми сунушталган, ошондой эле түзүлгөн колдонмо программалардын пакетинин жардамында эрмиттик кубдук сплайн-вейвлеттер үчүн эксперименттердин жыйынтыктары келтирилген.

Төмөндөгү лемма далилденди.

1 – Лемма. Мейли ЭКСВ дин мүмкүндүк берүү деңгээли L жана L>1 үчүн

[1] Jia, R. Q. Wavelet bases of Hermite cubic splines on the interval [Text] / R. Q. Jia, S. T. Liu // Advances Computational Mathematics. – 2006. – Vol. 25. – P. 23-39.

$$G^1=\begin{bmatrix}16 & 0 & 0 & 0\\ 0 & -32 & 0 & 0\\ 8 & 0 & -48 & 8\\ 0 & 0 & 0 & 16\end{bmatrix},\ R^1=\begin{bmatrix}8 & -96 & 48 & 0\\ 0 & 96 & 48 & 8\\ 1 & 4 & -2 & 0\\ 0 & -4 & -2 & 1\end{bmatrix},\dots$$

$$\dots,G^L=\left[\begin{array}{ccccccccccccc}
16 &&&&&&&&&&&&\\
0 & -28 & 0 & 12 & 0 & 4 & 0 & 0 &&&&&\\
8 & 0 & -60 & 0 & 8 & 0 & 12 & 0 &&&&&\\
& 0 & 0 & 32 & 0 & 0 & 0 & 0 &&&&&\\
& 0 & 0 & 0 & 16 & 0 & 0 & 0 &&&&&\\
& 4 & 0 & 12 & 0 & -24 & 0 & 12 & \ddots &&&&\\
& 0 & 12 & 0 & 8 & 0 & -72 & 0 & \ddots &&&&\\
&&&& 0 & 0 & 0 & 32 & \ddots & 0 & 4 & 0 &\\
&&&& 0 & 0 & 0 & 0 & \ddots & 8 & 0 & 12 &\\
&&&& 0 & 4 & 0 & 12 & \ddots & 0 & 0 & 0 &\\
&&&& 0 & 0 & 12 & 0 & \ddots & 16 & 0 & 0 &\\
&&&&&&&& \ddots & 0 & -28 & 0 &\\
&&&&&&&& \ddots & 8 & 0 & -60 & 8\\
&&&&&&&&&&&& 16
\end{array}\right],$$

$$R^L=\left[\begin{array}{ccccccccccccc}
8 & -96 & 48 & 0 &&&&&&&&&\\
& -4 & -4 & 28 & 0 & -4 & 4 & 0 &&&&&\\
& 48 & 24 & 0 & 8 & -48 & 24 & 0 &&&&&\\
&&&& 0 & -4 & -4 & 28 & \ddots & 0 & -4 & 4 &\\
&&&& 0 & 48 & 24 & 0 & \ddots & 8 & -48 & 24 &\\
&&&&&&&& \ddots & 0 & 96 & 48 & 8\\
1 & 4 & -2 & 0 &&&&&&&&&\\
& 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & -1 & 0 &&&&&\\
& -2 & -1 & 0 & 1 & 2 & -1 & 0 &&&&&\\
&&&& 0 & 1 & 1 & 1 & \ddots & 0 & 1 & -1 &\\
&&&& 0 & -2 & -1 & 0 & \ddots & 1 & 2 & -1 &\\
&&&&&&&& \ddots & 0 & -4 & -2 & 1
\end{array}\right],$$

болсун, бул жерде, матрицанын диагоналы боюнча жайгаштырылган чекиттер матрицанын мамычалары бул учурда биринчи матрица үчүн төрт катарга, экинчи матрица үчүн 2 катарга төмөнгө жылдыруу менен кайталанат деген белгилөөнү билдирет.

Анда жыш торчодогу ЭКС мейкиндигинин базистик сплайн – функциялар, сейректелинген торчодогу базистик сплайн-функциялар жана вейвлеттер үчүн төмөндөгү матрицалык барабардык туура болот

$$\varphi^L G^L=\left[\varphi^{L-1}\mid\psi^{L-1}\right]R^L.$$

1 – Натыйжа. ЭКС дын вейвлет-ажыроолорунун матрицасы үчүн каалагандай L уруксат берүү деңгээли болгон учурда төмөндөгү матрицалык барабардык орун алат.

$$\left[\frac{A^L}{B^L}\right] G^L = R^L \text{, где } \left[\frac{A^L}{B^L}\right] = \left[P^L \mid Q^L\right]^{-1}.$$

Төмөнкү теорема далилденген.

1 – Теорема. $\Xi^L = \left[\xi_0^{L,1}, \xi_0^{L,0}, \xi_1^{L,1}, \ldots, \xi_{2^L}^{L,1}\right]^T, L \ge 1$ матрицалык белгилөөсүн кийиребиз, мында матрицанын элементтери төмөнкү түрдөгү теңдемелер боюнча эсептелген

$$\begin{bmatrix} -28 & 4 & & & \\ 4 & -24 & 4 & & \\ & \ddots & \ddots & \ddots & 4 \\ & & & 4 & -28 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \xi_1^{L,0} \\ \xi_3^{L,0} \\ \vdots \\ \xi_{2^L-1}^{L,0} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1^{L,0} - 12\xi_2^{L,0} \\ C_3^{L,0} - 12(\xi_2^{L,0} + \xi_4^{L,0}) \\ \vdots \\ C_{2^L-1}^{L,0} - 12\xi_{2^L-2}^{L,0} \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} -60 & 12 & & & \\ 12 & -72 & 12 & & \\ & \ddots & \ddots & \ddots & 12 \\ & & & 12 & -60 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \xi_1^{L,1} \\ \xi_3^{L,1} \\ \vdots \\ \xi_{2^L-1}^{L,1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1^{L,1} - 8(\xi_0^{L,1} + \xi_2^{L,1}) \\ C_3^{L,1} - 8(\xi_2^{L,1} + \xi_4^{L,1}) \\ \vdots \\ C_{2^L-1}^{L,1} - 8(\xi_{2^L-2}^{L,1} + \xi_{2^L}^{L,1}) \end{bmatrix};$$

$$\vdots$$

жана

$$\xi_i^{L,0} = \frac{1}{32} C_i^{L,0},\ i = 2,4,\ldots,2^L - 2; \quad \xi_i^{L,1} = \frac{1}{16} C_i^{L,1},\ i = 0,2,\ldots,2^L;$$

$$\xi_1^{1,0} = -\frac{1}{32} C_1^{1,0}, \quad \xi_1^{1,1} = -\frac{1}{48}\left(C_1^{1,1} - 8(\xi_0^{1,1} + \xi_2^{1,1})\right).$$

Бул жерде матрицанын диагоналындагы чекиттер матрицанын жолчосу бул учурда тиешелүү иретте оңго жылуу менен кайталанат дегенди билдирет деген белгилөө пайдаланылган.

Вейвлет-ажыроонун коэффициенттери төмөнкү матрицалык формула менен эсептелет.

$$\begin{bmatrix} C^{L-1} \\ D^{L-1} \end{bmatrix} = R^L \Xi^L.$$

1 – теорема апроксимациялоо кесиндисинин учтарында фиксирленген нөлдүк маанилерге ээ болгон үчүнчү даражадагы эрмиттик сплайндардын вейвлет-ажыроосунун алгоритмин толук аныктайт.

Жогоруда вейвлет-ажыроо катыштары формалдуу түрдө алынган. Кийинки ырастоодо алардын жашашы, жалгыздыгы жана тескериленүүчүлүгү далилденген.

1 – ырастоо. ЭКС үчүн 1 – теореманын катыштарына карата жашоо, жалгыздык жана тескериленүүчүлүк касиеттери орун алат.

Бул бөлүмдө көрсөтүлгөн биринчи туундусу менен скалярдык көбөйтүүгө карата жарым ортогоналдык, жана азайтылган ташып жүрүүчүгө ээ болгон үчүнчү даражадагы ЭСВ ди тургузуу алгоритмдери жана алар үчүн үч диагоналдуу эки матрицага ажыратуу менен айкын эмес ажыроо катыштарын алуу бир кыйла жогорку тартиптеги сплайндар үчүн деле ушундай эле жол менен түзүлгөн болушу мүмкүн, бул болсо ЭСВ ди тургузуу алгоритмдерин параллель бөлүштүрүү жана пайдалануу үчүн жаңы мүмкүнчүлүктөрдүн түзүлүшүн камсыз кылат.

Андан ары кубдук эрмиттик сплайн вейвлеттерди тургузуу схемасын оптималдаштыруунун баяндамасы каралган.

Төмөндөгү теорема далилденди.

2 – теорема. Мейли

$$M_{i,k}^{L}(x)=\psi_k(v-i),\, i=1,2,\ldots 2^L-1 (k=0,1),\; M_{0,1}^{L}(x)=w_1(v), M_{2^L,1}^{L}(x)=-w_1(2^L-v),$$

болсун, бул жерде $v=2^L(x-a)/(b-a)$,

$$\psi_0(t)=-2\varphi_0(2t+2)+4\varphi_0(2t+1)-2\varphi_0(2t)-15\varphi_1(2t+2)+15\varphi_1(2t),$$

$$\psi_1(t)=7\varphi_0(2t+2)-7\varphi_0(2t)+39\varphi_1(2t+2)+132\varphi_1(2t+1)+39\varphi_1(2t),$$

$$w_1(t)=\varphi_0(2t+1)-4\varphi_0(2t)+36\varphi_1(2t+2)+63\varphi_1(2t+1)+24\varphi_1(2t).$$

Анда функциялардын $\{M_{0,1}^{L}(x), M_{i,k}^{L}(x), i=1,2,\ldots,2^L-1\,(k=0,1), M_{2^L,1}^{L}(x)\}$ системасы төмөндөгү шартты канааттандырат

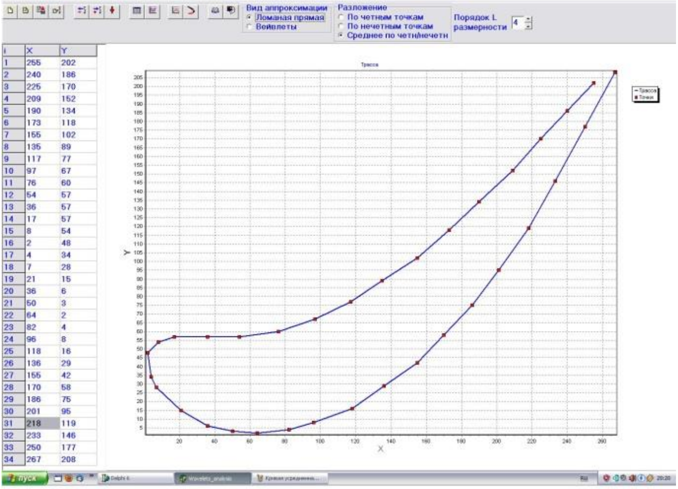
$$\int_a^b M_{i,k}^{L}(x)x^m dx=0,\quad k=0,1\quad \forall i\ (m=0,1,2,3)$$

жана $W^{L,0}, L\geq 0$ мейкиндигинде суперкомпакттык ташып жүрүүчүлөргө ээ болгон базисти түзөт.

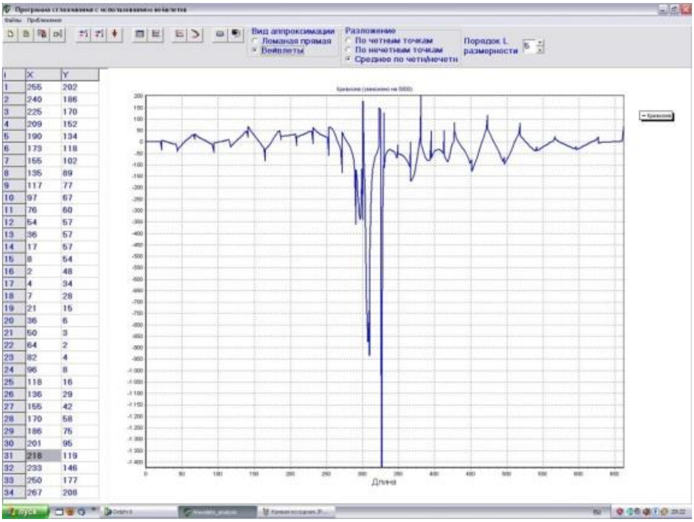
Убактылуу катарларды иштеп чыгуу үчүн алгоритмдерди тестирлөө. Программа түзүлгөндөн кийин, жогоруда көрсөтүлгөн эреже боюнча тургузулган эки үч диоганалдуу сызыктуу теңдемелердин системасына ажыратуу менен баштапкы катарлардын вейвлет-ажыралмаларын аткаруу мүмкүн болуп калат, жана болгондо да, текшерүү эксперименттери көрсөткөндөй, жогорку ылдамдык менен. Бул бапта иштелинип чыгылган алгоритм эки маселени чечүүдө колодонулган, атап айтканда, Хартен функциясын аппроксимациялоонун моделдик маселеси (биринчи маселе) үчүн жана автомобилдик жол трассаларын вариациялык моделдөө (экинчи маселе) маселесинде.

Жогоруда баяндалгандарга таянып, вейвлет-өзгөртүп түзүүнүн алгоритми талданып иштелип чыгылган жана вейвлеттердин негизинде

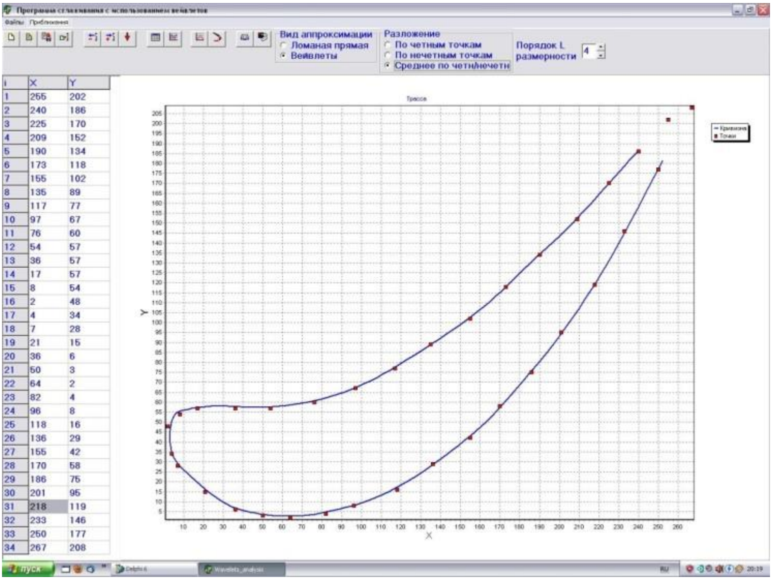
тургузулган ийрилер менен иллюстрацияланган вейвлет-өзгөртүп түзүүнүн мисалы келтирилген. Жыйынтыктар төмөнку сүрөттө келитирлген.



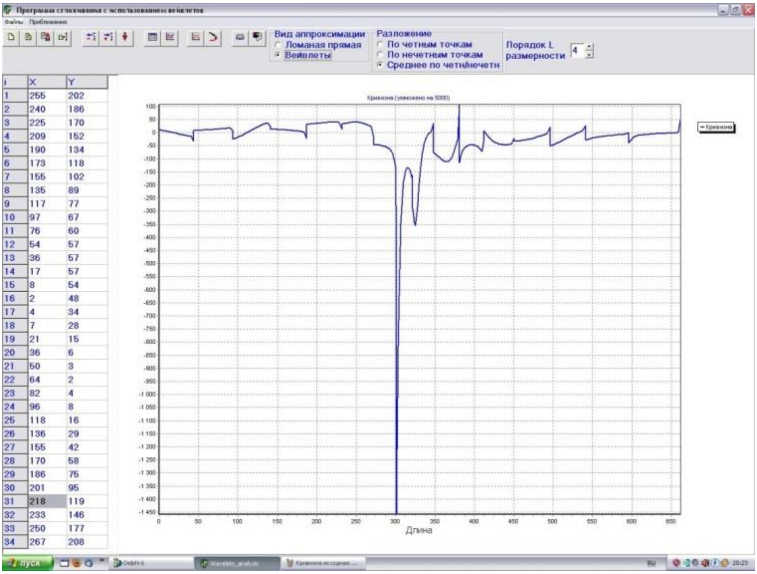
2 - сүр. Баштапкы ийринин графиги



3 - сүр. Баштапкы ийринин ийрилениши



4 - сүр. Орточолонгон (усредненной) ийрининин графиги



5 – сүр. Орточолонгон ийринин ийрилениши

2-5 – сүрөттөрдө Delphi программалоо чөйрөсүндө программанын интерфейси жана жалпак туюк эмес ийрини – автомобилдик жолдун трассасынын планын жакшыртуунун удаалаш баскычтары көрсөтүлгөн.

Оптималдаштыруудан кийин баштапкы ийриге салыштырмалуу ийринин ийриленишинин графиги алда канча аз монотондук аймактарды камтыйт. Башкача айтканда, оптималдаштырылган ийри жакшырып калат.

Экинчи баптын корутундусунда 5-даражадагы эрмиттик сплайндарды вейвлет-өзгөртүп түзүүнү оптималдаштыруу каралган жана 5-даражадагы базистик сплайн-вейвлеттердин системасы тургузулган.

Төмөнкү теорема далилденген.

3-ТЕОРЕМА. Мейли

$$\mathrm{M}^{0}_{1,0}(x)=M_0(v),\ \mathrm{M}^{0}_{1,1}(x)=M_1(v),\ \mathrm{M}^{0}_{1,2}(x)=M_2(v),$$

$$\mathrm{M}^{L}_{1,0}(x)=w_0(v),\ \mathrm{M}^{L}_{1,1}(x)=w_1(v),\ \mathrm{M}^{L}_{1,2}(x)=w_2(v),$$

$$\mathrm{M}^{L}_{2^L,0}(x)=w_0(2^L-v),\ \mathrm{M}^{L}_{2^L,1}(x)=-w_1(2^L-v),\ \mathrm{M}^{L}_{2^L,2}(x)=w_2(2^L-v),\ L\ge 1,$$

$$\mathrm{M}^{L}_{i,0}(x)=\psi_0(v+3/2-i),\ \mathrm{M}^{L}_{i,1}(x)=\psi_1(v+3/2-i),\ \mathrm{M}^{L}_{i,2}(x)=\psi_2(v+3/2-i),$$

$$i=2,3,\ldots,2^L-1,\ L\ge 2,$$

болсун, бул жерде $v=2^L(x-a)/(b-a)$, жана

$$M_0(t)=\varphi_0(2t)-4\varphi_0(2t+1)-4\varphi_0(2t-1)+84(\varphi_1(2t+1)-\varphi_1(2t-1))-$$
$$-828(\varphi_2(2t+1)+\varphi_2(2t-1)),$$

$$M_1(t)=35\varphi_1(2t)-200(\varphi_1(2t+1)+\varphi_1(2t-1))+8\varphi_0(2t+1)-$$
$$-8\varphi_0(2t-1)+2280(\varphi_2(2t+1)-\varphi_2(2t-1)),$$

$$M_2(t)=35\varphi_2(2t)-251(\varphi_2(2t+1)+\varphi_2(2t-1))-\varphi_0(2t+1)-$$
$$-\varphi_0(2t-1)+23(\varphi_1(2t+1)-\varphi_1(2t-1)),$$

$$w_0(t)=1296\varphi_0(2t+1)+(7990\varphi_0(2t)-538\varphi_0(2t-1)-41545\varphi_1(2t)-$$
$$-41140\varphi_1(2t-1)-924040\varphi_2(2t)+438040\varphi_2(2t-1)),$$

$$w_1(t)=432\varphi_1(2t+1)+(283\varphi_0(2t)-12\varphi_0(2t-1)-1161\varphi_1(2t)-$$
$$-1288\varphi_1(2t-1)-32372\varphi_2(2t)+13520\varphi_2(2t-1)),$$

$$w_2(t)=2160\varphi_2(2t+1)+(77\varphi_0(2t)-2\varphi_0(2t-1)-245\varphi_1(2t)-$$
$$-320\varphi_1(2t-1)-8900\varphi_2(2t)+3320\varphi_2(2t-1)),$$

$$\psi_0(t)=164\varphi_0(2t)+(28\varphi_0(2t+1)+28\varphi_0(2t-1)+115\varphi_1(2t+1)-$$
$$-115\varphi_1(2t-1)-13200\varphi_2(2t)),$$

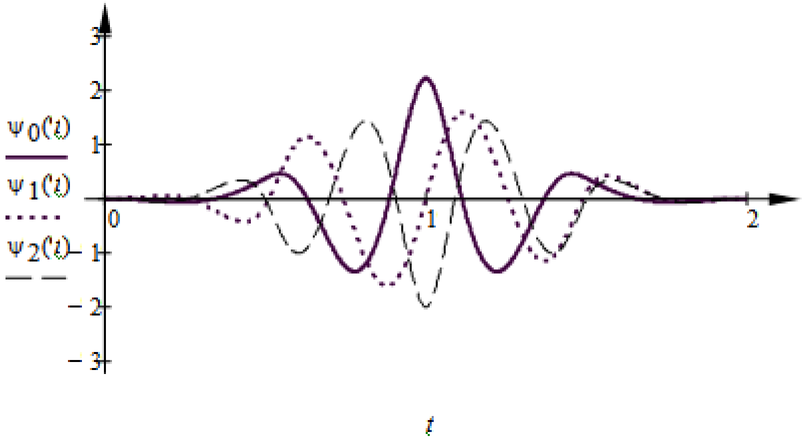
$$\psi_1(t)=80\varphi_1(2t)+(-\varphi_0(2t+1)+\varphi_0(2t-1)+37\varphi_1(2t+1)+$$
$$+37\varphi_1(2t-1)+412\varphi_2(2t+1)-412\varphi_2(2t-1)),$$

$$\psi_2(t)=464\varphi_2(2t)+(-4\varphi_0(2t)-11\varphi_1(2t+1)+11\varphi_1(2t-1)-$$
$$-112\varphi_2(2t+1)-112\varphi_2(2t-1)).$$

Анда функциялардын $\left\{ \mathrm{M}_{i,k}^{L}(x), i = 1, 2, ..., 2^{L}\ (k = 0, 1, 2) \right\}$ системасы төмөнкү шарттарды канааттандырат

$$\int_a^b \mathrm{M}_{i,k}^{L}(x) x^m dx = 0, \quad k = 0, 1, 2 \quad \forall i\ (m = 0, 1, \ldots, 5)$$

жана W_L , $L \geq 0$ мейкиндигинде базисти түзөт.



6 – сүр. Эки симметриялык жана бир антисимметриялык $\psi_0(t)$, $\psi_1(t)$, $\psi_2(t)$ "энелик" вейвлеттердин көрүнүшү

Ушунун негизинде бешинчи даражадагы эрмиттик сплайн-вейвлеттер үчүн ажыратуу катыштары алынган жана эксперименттердин жыйынтыктары менен сандык мисалдар келтирилген.

Үчүнчү бап автомобил жолдорунун беттерин моделдешитрүүгө карата колдонуудагы мультивейвлет иштеп чыгуу алгоритмдерине арналган. Эки өлчөмдүү учур үчүн вейвлет-өзгөртүп түзүү каралган. Атап айтканда кубдук мультивейвлеттердин негизинде эки өлчөмдүү вейвлет-өзгөртүп түзүүлөр каралган. Баптын негизги бөлүгү кичирейтилген ташып жүрүүчүгө ээ болгон кубдук мультивейвлеттердин жардамында беттерди моделдештирүүгө арналган – сандык эксперименттердин жыйынтыктары келтирилген. Эки өлчөмдүү вейвлет кысуунун алгоритми программалык түрдө реализацияланган жана апробацияланган.

Автомобилдик жолдорду моделдештирүү үчүн сунушталган алгоритмдерди колдонуу жолдрду лазердик сканирлөө берилиштерин алдын ала иштеп чыгууну жана берилиштердин тик бурчтуу иргемесин алууну талап кылат. Ушул максатта лазердик сканирлөө берилиштеринен айрым скандарды бөлүп алуу, трассанын четиндеги ашыкча чекиттерди жоготуу, эки скандын ортосундагы корреляция усулун колдонуу, сканды

сүрүүнү (гребня) локалдаштыруу, автомобилдик жолду лазердик сканирлөө берилиштериндеги боштуктарды табуу жана толтуруу маселелери каралган. Вейвлет-анализа үчүн пайдасы тие турган берилиштерди иргөө – жадыбалын алуу үчүн Брезенхэмдин алгоритмин колдонуу сунушталган. Сунушталган алгоритмдер программалык түрдө реализацияланган жана апробацияланган.

Төртүчү бапта Delphi платформасынын негизинде автомобил жолдорун моделдештирүү учурунда мультивейвлет иштеп чыгууну реализациялоочу программалардын пакетинин баяндамасы берилген. Пакетте графиктик тездетүүнүн (Open GL технологиясы) аппараттык каражаттары да колдонулган. Колдонмо программалардын пакетинин блок схемаларынын функциялары, ошондой эле туурасынан кеткен скандарды аппракцимациялоо үчүн эки ченемдүү мультивейвлет-өзгөртүп түзүүлөрдү колдонуунун жана лазердик сканерлөөнүн материалдары боюнча автомобилдик жолдордун үстүнкү бетин моделдөөнүн сандык жана практикалык жыйынтыктары келтирилген. Иштелип чыгылган программа төмөндөгүдөй маселелерди чечкенге мүмкүнчүлүк берет:

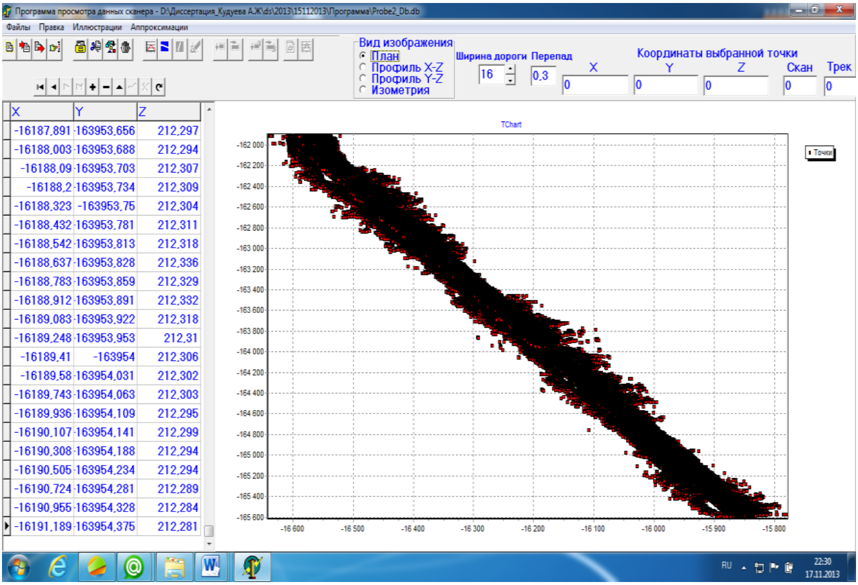
1. Тексттик файлдарда берилген лазердик сканирлөөнүн берилиштерин импорттого;
2. Берилгендердин булутун (облака данных) скандарга ажыратууну жүргүзүүгө;
3. Эгер кайталануучу скандар бар болсо, аларды жоготууга.
4. Берилиштер булутунан жол тилкесинин бетин бөлүп көрсөтүүгө жана жол бетинин моделин тургузуу үчүн пайдасы тие турган берилиштерди иргөөнү жүргүзүүгө;
5. Тандалган профилдерде жана пландарда каалагандай деталдаштыруу даражасы менен скандардын, тректердин жана жолдун бетинин графиктик сүрөттөлүшүн көрсөтүүгө;
6. OpenGL технологиясын пайдалануу менен жолдун бетинин үч өлчөмдүү визуалдык көрсөтүлүшүн берүүгө;
7. Каалагандай тандалган сканды жана жолдун каалагандай трегин вейвлет-анализ жүргүзүүгө;
8. Информацияны кысуу учурунда пайда болуучу каталыктарды статистикалык баалоону алуу менен бисызыктуу да бикубдук да мультивейвлеттерди пайдалануу менен беттерди вейвлет анализ жүргүзүүгө.

Бисызыктуу же бикубдук мультивейвлеттердин жардамында берилиштерди кысуу жолу менен беттердин моделдерин оптимаалдаштыруу мүмкүчүлүгү мисалдарда көрсөтүлгөн. Айта турган болсок, берилиштерди 3,97 кысуу коэффициенти менен бисызыктуу мультивейвлеттердин жардамында кысууда пайда болуучу, бетти

аппроксимациялоонун орточо квадраттык каталыгы 7.44 мм ден ашпайт. Ушундай эле кысуу коэффициенти менен бикубдук мультивейвлеттердин жардамында кысууда пайда болуучу бетти аппроксимациялоонун орточо квадраттык каталыгы 5.7 мм ден ашпайт. Эки учурда тең четтөөнүн математикалык күтүүсү биринчи учурду $8{,}5 \cdot 10^{-4}$ м ге, ал эми экинчи учурда $9{,}4 \cdot 10^{-4}$ м ге бир аз жылышкан болуп калат.

Сандык эксперименттердин жыйынтыктары вейвлет өзгөртүп түзүүнүн автомобилдик жолдордун беттеринин моделдеринде колдонуу үчүн практикалык жактан пайдалуу экендигин көрсөтөт. Иштелип чыгылган модел автомобил жолдорун оңдоп-түзөөнү долбоорлоо учурунда чыгып кеткен жерлерди кесүү жана чуңкурларды толтуруу боюнча иштердин көлөмүн практикалык жактан эсептеп чыгуу үчүн пайдалуу болот.

Колдонмо программалардын талданып иштелинип чыгылган пакети РФ нын Томск шаарындагы «Индор-Мост» долбоордук уюмунун практикалык ишинде ишке киргизилген.



7-сүр. Негизги программанын сырткы көрүнүшү

НЕГИЗГИ ЖЫЙЫНТЫКТАР ЖАНА КОРУТУНДУУЛАР

• Санариптик информацияларды мультивейвлет-иштеп чыгуунун эсептөө алгоритмдери сунушталган;

• Санариптик информацияларды мультивейвлет-иштеп чыгуу алгоритмдерин оптималдаштырууну жүргүзүүгө мүмкүнчүлүк берүүчү илимий жыйынтыктар алынган;

• Санариптик маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгууну автомобилдик жолдорду трассирлөө проблемаларын чечүүдө пайдалануунун теориялык негиздемеси аткарылды жана изилденди;

• Автомобилдик жолдордун үстүнкү бетин моделдөө үчүн санариптик маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгууну колдонуу менен болгон колдонмо программалардын пакети иштелип чыгылды;

• Бисызыктуу же бикубдук мультивейвлеттердин жардамында берилиштерди кысуу жолу менен беттердин моделдерин оптималдаштыруу мүмкүнчүлүгү көрсөтүлгөн.

Диссертациянын жыйынтыктары Томск, Красноярск, Новосибирск, Бишкек, Ош шаарларынын эл аралык илимий конференцияларында жана семинарларында апробацияланган жана [1]-[26] чейинки жумуштарда жарыяланган. РФ нын Томск шаарындагы «Индор-Мост» долбоорлук уюмунун практикалык жумушуна колдонмо программалардын пакетин ишке киргизүү аткарылды (ишке киргизүү акты тиркелген).

ЖАРЫЯЛАНГАН ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕСИ

1. **Кудуев, А.Ж.** Развитие теории сплайн-вейвлетов и оптимизация алгоритмов обработки числовой информации [Текст] / А.Ж. Кудуев, Б.М. Шумилов, З.М. Сулайманов // Труды междун. конф., Актуальные проблемы вычис. и прик. математики - 2015. Академгородок, Новосибирск, 2015. – С. 402-408.

2. **Кудуев, А.Ж.** Обработка данных лазерных измерений на основе рекуррентных кубических сплайнов [Текст] / А.Ж. Кудуев // Вестн. Ош. гос. ун-та. – 2015. – № 1. – С. 198-205.

3. **Кудуев, А.Ж.** Исследование метода моделирования дорожной поверхности, основанного на данных лазерного сканирования и новом типе приближения мультивейвлетами эрмита [Текст] / А.Ж. Кудуев // Изв. Кырг. гос. техн. ун-та им. Раззакова. – 2015. -№ 1 (34), – С. 68-77.

4. **Кудуев, А.Ж.** Вейвлет-преобразование и вариационное трассирование автомобильных дорог [Текст] / А.Ж. Кудуев, Б.М. Шумилов, Абдыкалык кызы Ж. // Первая всерос. науч. конф. молодых учен. с межд. участием 21-25 окт. Том. гос. архитектур.-строит. ун-та. – 2013. – С. 163-165.

5. **Кудуев, А.Ж.** Optimization of the wavelet transformations of hermite quintic splines: «lazy» wavelets [Текст] / А.Ж. Кудуев, Б.М. Шумилов, У.С. Ыманов // Моделирование неравновесных систем: материалы XVI Всерос. семинара / под ред. В.В. Слабко; отв. за вып. М.Ю. Сенашова. – Красноярск, 2013. – С. 197-202.

6. **Кудуев, А.Ж.** Optimization of the wavelet transformations of hermite quintic splines: algorithm with splitting [Текст] / Абдыкалык кызы Ж., Кудуев, Б.М. Шумилов, А.Ж. Кудуев // Моделирование неравновесных систем: материалы XVI Всерос. семинара / под ред. В.В. Слабко; отв. за вып. М.Ю. Сенашова. – Красноярск, 2013. – С. 202-208.

7. **Кудуев, А.Ж.** Бешинчи даражадагы көп мүчөлүү, ортогоналдуу жаңы типтеги мультивейвлеттер [Текст] / А.Ж. Кудуев // Вестн. Ош. гос. ун-та. – 2012. – № 3 (5). – С. 45-51.

8. **Кудуев, А.Ж.** Визуализация данных лазерного сканирования автомобильных дорог с использованием ортогонального GHM-мультивейвлет-преобразования [Текст] / А.Ж. Кудуев, Э.А. Эшаров, Н.К. Аркабаев // Вестн. Том. гос. архитектур.-строит. ун-та. – 2014. – № 3 (43). – С. 156-166.

9. **Кудуев, А.Ж.** Мультивейвлет пятой степени [Текст] / Б.М. Шумилов, Э.А. Эшаров, А.Ж. Кудуев, У.С. Ыманов // Изв. Том. политехн. ун-та. Математика и механика. Физика. – 2013. – Т. 323, № 2. – С. 11-15.

10. **Кудуев, А.Ж.** Кубические мультивейвлеты, ортогональные многочленам, и трассирование автомобильных дорог [Текст] / АЖ. Кудуев, Ж. Абдыкалык кызы, Б.М. Шумилов // Вестн. Ош. гос. ун-та. – 2012. – Спец. вып.: Международная науч. конф., посвящ. 60-летию Ош. гос. ун-та. – С. 105-110.

11. **Кудуев, А.Ж.** Новый тип мультивейвлетов пятой степени, ортогональных многочленам пятой степени [Текст] / Б.М. Шумилов, А.Ж. Кудуев // Вестн. Том. гос. ун-та. Управление, вычисл. техника и информатика. – 2012. – № 4 (21). – С. 108-116.

12. **Кудуев, А.Ж.** Мультивейвлеты седьмой степени, ортогональные с производными второго порядка [Текст] / Д.А. Турсунов, Б.М. Шумилов, А.Ж. Кудуев, Э.А. Турсунов // Вестн. Ош. гос. ун-та. – 2012. – Спец. вып.: Международная науч. конф., посвящ. 60-летию Ош. гос. ун-та. – С. 147-152.

13. **Кудуев, А.Ж.** Вейвлет-моделирование поверхностей автомобильных дорог [Текст] / У.С. Ыманов, Г.А. Онопенко, А.Ж. Кудуев // Моделирование неравновесных систем: материалы XIII Всерос. семинара / под ред. В.В. Слабко; отв. за вып. М.Ю. Сенашова. – Красноярск, 2012. – С. 235-240.

14. **Кудуев, А.Ж.** Вейвлет-преобразование и вариационное трассирование автомобильных дорог [Текст] / Ж. Абдыкалык кызы, Н.В. Лаходынова, А.Ж. Кудуев // Нейроинформатика, её приложения и анализ данных: материалы двадцатого Всерос. семинара / под ред. А. Н. Горбаня, Е. М. Миркеса; отв. за вып. Г. М. Садовская. – Красноярск, 2012. – С. 179-185.

15. **Кудуев, А.Ж.** Алгоритм и программа улучшения кривых с помощью кубических мультивейвлетов [Текст] / А.Ж. Кудуев, Н.В. Лаходынова, Ж. Абдыкалык кызы // Молодежь и современные информационные технологии: сб. тр. X Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 15-16 нояб. 2012 г. – Томск, 2012. – С. 138-140.

16. **Кудуев, А.Ж.** Новый тип кубических мультивейвлетов, ортогональных кубическим многочленам [Текст] / А.Ж. Кудуев, Б.М. Шумилов // Моделирование неравновесных систем: материалы XIII Всерос. семинара / под ред. В.В. Слабко; отв. за вып. М.Ю. Сенашова. – Красноярск, 2012. – С. 93-99.

17. **Кудуев, А.Ж.** Метод эрмитовых кубических сплайн-вейвлетов для решения дифференциальных уравнений третьего порядка [Текст] / Д.А. Турсунов, Э.А. Эшаров, А.Ж. Кудуев, Ш.М. Матанов // Вестн. Кырг. нац. ун-та им. Жусупа Баласагына. – 2011. – Спец. вып. – С. 249.

18. **Кудуев, А.Ж.** Использование пакета PETSc для решения задачи сжатия эрмитовых кубических сплайн-кривых [Текст] / Э.А. Эшаров, Б. М. Шумилов, А.Ж. Кудуев // Молодежь и современные информационные технологии: сб. тр. IX Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии». Томск, 11-13 мая 2011 г. – Томск, 2011. – Ч. 1. – С. 202-203.

19. **Кудуев, А.Ж.** Вейвлет-преобразование и сжатие данных лазерного сканирования автомобильных дорог [Текст] / А.Т. Бекмуратов, Г.А. Онопенко, А. Ж. Кудуев, Б.М. Шумилов, Э.А. Эшаров // Вестн. Том. гос. архитектур.-строит. ун-та. – 2011. – № 4. – С. 228-238.

20. **Кудуев, А.Ж.** Вейвлет-метод сжатия двумерных данных [Текст] / А.Ж. Кудуев, В.Н. Бойков, Э.А. Эшаров, У.З. Эркебаев // Моделирование неравновесных систем: материалы XIV Всерос. семинара / под ред. В.В. Слабко; отв. за вып. Г.М. Садовская. – Красноярск, 2011. – С. 141-146.

21. **Кудуев, А.Ж.** Вариационное трассирование автомобильных дорог с помощью нового типа эрмитовых кубических сплайн-вейвлетов [Текст] / А.Ж. Кудуев, Н.В. Лаходынова, Б.М. Шумилов, Э.А. Эшаров // Вестн. Том. гос. архитектур.-строит. ун-та. – 2011. – № 3 (32). – С. 176-183.

22. **Кудуев, А.Ж.** Применение билинейных сплайн-вейвлетов для аппроксимации поверхностей [Текст] / А.Ж. Кудуев, Б.М. Шумилов // Шестая

Сиб. конф. по параллел. и высокопроизвод. вычислениям: программа и тез. докл. (15-17 нояб. 2011 г.). – Томск, 2011. – С. 60-61.

23. **Кудуев, А.Ж.** Метод эрмитовых кубических сплайн-вейвлетов для решения дифференцияльных уравнений третьего порядка [Текст] / [А.Ж. Кудуев, Д.А. Турсунов, Э.А. Эшаров и др.] // Россий. гос. соц. ун-та, филиал в г. Ош. Вестн. Россий. гос. соц. ун-та. – 2011. – С. 141-144.

24. **Кудуев, А.Ж.** Вариационное моделирование пространственных кривых с помощью нового типа эрмитовых кубических сплайн-вейвлетов [Текст] / Н.К. Аркабаев, Б.М. Шумилов, Э.А. Эшаров, А.Ж. Кудуев // Пятая Сиб. конф. по паралел. и высокопроизводит. вычислениям / под ред. проф. А.В. Старченко. – Томск, 2010. – С. 92-96.

25. **Кудуев, А.Ж.** Использование пакета PETS с для решения задачи сжатия сплайн-кривых [Текст] / А.Ж. Кудуев, Б.М. Шумилов, Э.А. Эшаров, Ш.М. Матанов // Распределенные и кластерные вычисления: тез. докл. седьмой Межрегион. школы-семинара / Краснояр. учреждение РАН, Ин-т вычисл. моделирования Сиб. отд-ния РАН. – Красноярск, 2010. – С. 34-35.

26. **Кудуев, А.Ж.** Вариационное моделирование эрмитовых пространственных сплайн-кривых [Текст] / А.Ж. Кудуев, Б.М. Шумилов, Ш.М. Матанов, Э.А. Эшаров // Моделирование неравновесных систем – 2010: материалы тринадцатого Всерос. семинара 15-18 окт. 2010 г. – Красноярск, 2010. – С. 91-96.

Кудуев Алтынбек Жалилбековичтин 05.13.01 – Системалык анализ, башкаруу жана маалыматтарды иштеп чыгуу жана 05.13.18 – Математикалык моделдөө, сандык методдор жана программалардын комплекси адистиктери боюнча техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн **“Мультивейвлеттерди колдонуу менен санариптик маалыматтарды иштеп чыгуу алгоритмдери оптималдаштыруу”** деген темадагы диссертациясына

РЕЗЮМЕ

Урунттуу сөздөр: сплайндар, вейвлеттер**,** Эрмиттик сплайндар, мультивейвлеттер, вейвлет-өзгөртүп түзүү.

Изилдөө объекти: автомобилдик жолдорду трассирлөө жана диагноздоонун автоматташтыруу системасын иштеп чыгуунун жана автомобилдик жолдордун үстүңкү бетин моделдөөнүн, автомобилдик жолдорду оңдоо жана түзөтүү проектирлөөсүндөгү көйгөйлөрдү чечүүдө сандык маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгуу алгоритмдери.

Жумуштун максаты – сандык маалыматтарды мультивейвлет- иштеп чыгуу алгоритмдерин тургузуу жана оптималдаштыруу менен байланышкан илимий жана практикалык маселелерди чечүү, мисалы, автомобилдик жолдорду лазердик сканерлөө жана бул алгоритмдерди автомобилдик жолдорун үстүнкү бетин моделдөөдө колдонуу.

Изилдөө усулдары: коюлган маселелерди чечүүдө вейвлеттер теориясы, *B* - сплайндар жана эрмиттик сплайндар теориясы, айырмалык теңдемелердин теориясы, ошондой эле ЭЭМде сандык моделдөө методдору колдонулду.

Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңылыгы:

• Сплайндар менен орточо квадраттык аппроксимациялоо теориясынын негизинде маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгуу алгоритмдерин тургузуу схемасына тиешелүү даражадагы көп мүчөлөргө болгон ортогоналдуулук касиети киргизилген;

• Сандык маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгуу алгоритмдерин катуу диоганалдык артыкчылыктарга ээ болгон сызыктуу теңдемелердин үч диагоналдуу системасынын көз каранды эмес чечилишине оптималдаштыруу жана параллелдештирүү аткарылды;

• Автомобилдик жолдорду трассирлөө көйгөйлөрүн чечүүдө санариптик маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгууну колдонуунун теориялык негиздемеси берилген;

• Лазердик сканерлөөнүн материалдарын мультивейвлет- иштеп чыгууну колдонуу менен автомобилдик жолдордун үстүнкү бетин моделдөө үчүн колдонмо программалардын пакети иштелип чыгылган;

• Берилиштерди бикубдук вейвлеттердин жардамында кысуу жолу менен беттердин моделдерин оптималдаштыруу мүмкүнчүлүгү көрсөтүлгөн.

Пайдаланууга карата сунуштар: Диссертациялык жумуштун жыйынтыктары лазердик сканерлөөнүн берилгендер аймагын жана бөлүнгөн басып өткөн бөлүктүн берилгендер аймагын алдын ала иштеп чыгуу алгоритмдерин жана өтмө бөлүктү бөлүп алууну программалык реализациялоого жана апробациялоого мүмкүнчүлүк берет. Эки ченемдүү вейвлет – кысуунун алгоритми иштелип чыгылган жана апробацияланган. Сандык эксперименттердин жыйынтыктары автомобилдик жолдордун үстүнкү бетин оңдоп түзөө долбоорлорун автоматташтырууда бисызыктуу да, ошондой эле бикубдук да эрмиттик сплайн – вейвлеттерди пайдалануу үчүн вейвлет-өзгөртүп түзүүлөрдүн практикалык жактан пайдалуулугун көрсөтөт.

Колдонуу аймагы: Санариптик маалыматтарды мультивейвлет-иштеп чыгуу алгоритмдерин оптималдаштыруу, автомобилдик жолдорду трассирлөө, автомобилдик жолдордун үстүңкү беттерин моделдөө.

РЕЗЮМЕ

диссертации Кудуева Алтынбека Жалилбековича на тему: **«Оптимизация алгоритмов обработки цифровой информации с использованием мультивейвлетов»** на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации и 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Ключевые слова: сплайны, вейвлеты**,** Эрмитовы сплайны, мультивейвлеты, вейвлет-преобразование.

Объект исследования: алгоритмы мультивейвлет-обработки цифровой информации в решении проблемы трассирования автомобильных дорог и для моделирования поверхностей автомобильных дорог при разработке систем автоматизации диагностики, проектирования реконструкции и ремонта автомобильных дорог.

Цель работы – решение научных и практических задач, связанных с построением и оптимизацией алгоритмов мультивейвлет-обработки цифровой информации, получаемой, например, при лазерном сканировании автомобильных дорог, и использование этих алгоритмов для моделирования поверхностей дорог.

Методы исследования: при решении поставленных задач применялись методы теории вейвлетов, теории *B*-сплайнов и эрмитовых сплайнов, теории разностных уравнений, а также численное моделирование на ЭВМ.

Полученные результаты и их новизна:

- На основе теории среднеквадратической аппроксимации сплайнами в схему оптимизации алгоритмов мультивейвлет-обработки цифровой информации заложено свойство ортогональности многочленам соответствующей степени.
- Выполнено распараллеливание алгоритмов мультивейвлет-обработки цифровой информации путем сведения вычислительного процесса к независимому решению трехдиагональных систем линейных уравнений со строгим диагональным преобладанием.
- Дано теоретическое обоснование использования мультивейвлет-обработки цифровой информации в решении проблемы трассирования автомобильных дорог.
- Разработан пакет прикладных программ для моделирования поверхностей автомобильных дорог с применением мультивейвлет-обработки материалов лазерного сканирования.
- Показана возможность оптимизации моделей поверхностей путём сжатии данных с помощью бикубических мультивейвлетов.

Рекомендации по использованию: Результаты диссертационной работы позволяют программно реализовать и апробировать алгоритмы предварительной обработки облака данных лазерного сканирования и выделения проезжей части. Алгоритмы двумерного вейвлет-сжатия программно реализованы и апробированы. Результаты численных экспериментов показывают практическую пригодность вейвлет-преобразования для использования как билинейных, так и бикубических эрмитовых сплайн-вейвлетов при автоматизации проектирования ремонта поверхностей автомобильных дорог.

Область применения: Оптимизация алгоритмов мультивейвлет-обработки цифровой информации, трассирование автомобильных дорог, моделирование поверхностей автомобильных дорог.

SUMMARY

of dissertation research of Kuduev Altynbek Zhalilbekovich on the subject: **"Optimization of algorithms of processing of digital information with use of multiwavelets"** for the academic degree of Candidate of Technical Sciences on competition in the specialties 05.13.01 - the System analysis, management and information processing and 05.13.18 – Mathematical modeling, numerical methods and complexes of programs.

Keywords: splines, wavelets, Hermite splines, multiwavelets, wevelet-transformation.

Object of research: algorithms of multiwavelet-processing of digital information in the solution of the problem of tracing of highways and for modeling of surfaces of highways for development of systems of automation of diagnostics, design of reconstruction and repair of highways.

The work purpose – the solution of the scientific and practical tasks connected with construction and optimization of algorithms of multiwavelet-processing of the digital information obtained, for example, at laser scanning of highways and use of these algorithms for modeling of surfaces of roads.

Research methods: at the solution of objectives the methods of theory of wavelets, theories of *B*-splines and Hermite splines, theories of the differential equations, and also numerical modeling on the computer were applied.

The received results and their novelty:

• On the basis of the theory of mean square approximation by splines in the scheme of creation of algorithms of multiwavelet-processing of digital information the property of orthogonality to polynomials of the corresponding degree has put.

• Optimization and parallelization of algorithms of multiwevelet-processing of digital information on the independent solution of three-diagonal systems of the linear equations with strict diagonal prevalence are executed

• Theoretical justification of use of multiwavelet-processing of digital information in a solution of the problem of tracing of highways is investigated.

• The package of application programs for modeling of surfaces of highways for application of multiwavelet-processing of materials of laser scanning is developed.

• The possibility of optimization of models of surfaces by compression of given data by means of bicubic multiwavelet is shown.

Recommendations about use: Results of dissertation work allow to realize and approve programmatically algorithms of preliminary processing of a cloud of data of laser scanning and allocation of the carriageway. Algorithms of two-dimensional wavelet-compression are programmatically realized and approved. Results of numerical experiments show practical suitability of wavelet-transformation for use both bilinear, and bicubic Hermite spline-wavelets for optimization of surfaces of highways.

Employment: Optimization of algorithms of multiwavelet-processing of digital information, tracing of highways, modeling of surfaces of highways.

Кудуев Алтынбек Жалилбекович

МУЛЬТИВЕЙВЛЕТТЕРДИ КОЛДОНУУ МЕНЕН САНАРИПТИК МААЛЫМАТТАРДЫ ИШТЕП ЧЫГУУНУН АЛГОРИТМДЕРИН ОПТИМАЛДАШТЫРУУ

Басууга кол коюлду : 16.11.2016
Форматы: 60х84/16. Офсет кагазы.
Көлөмү: 1,75 б.т. Нускасы: 25

«Maxprint» басмасында басылды.

Дарек: 720045, Бишкек шаары, Ялта көчөсү 114
Тел.: (+996 312) 36-92-50
e-mail: maxprint@mail.ru