



Институт вычислительной математики и
математической геофизики СО РАН,
Новосибирский государственный университет

при поддержке

Федерального агентства научных организаций,
Российского фонда фундаментальных исследований,
Сибирского отделения РАН,

Института математики имени С.Л. Соболева СО РАН,
Института вычислительных технологий СО РАН,

Института гидродинамики имени М.А. Лаврентьева СО РАН,

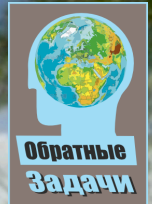
Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,

Института теоретической и прикладной механики имени С.А. Христиановича СО РАН,
Института цитологии и генетики СО РАН,

Института катализа имени Г.К. Борескова СО РАН,

Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН,

Конструкторско-технологического института вычислительной техники СО РАН



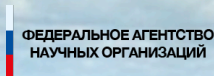
СБОРНИК ТЕЗИСОВ

седьмой международной молодёжной
научной школы-конференции

ТЕОРИЯ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ И НЕКОРРЕКТНЫХ ЗАДАЧ

посвященной 90-летию со дня рождения
академика Гурия Ивановича Марчука

Новосибирск, Академгородок
19-24 октября 2015 года



Международный программный комитет

Председатели: член-корр. РАН С.И. Кабанихин, профессор А.Г. Ягола

Академики РАН:

Б.Д. Аннин (ИГиЛ)
А.Л. Асеев (ИФП)
В.Б. Бетелин (НИИСИ, Москва)
С.К. Годунов (ИМ)
Е.П. Дымников (ИВМ, Москва)
Н.А. Колчанов (ИЦиГ)
А.Н. Коновалов (ИВМиМГ)
Р. З. Сагдеев (МТЦ)
И.А. Тайманов (ИМ)
В.М. Фомин (ИТПМ)
Ю.И. Шокин (ИВТ)
М.И. Эпов (ИНГГ)

Член-корреспонденты РАН:

С.В. Алексеенко (ИТ)
О.М. Алифанов (МАИ, Москва)
Л.А. Большов (ИБРАЭ, Москва)
В.В. Васин (ИИММ, Екатеринбург)
С.С. Гончаров (ИМ)
П.В. Логачев (ИЯФ)
Д.М. Маркович (ИТ)
Г.А. Михайлов (ИВМиМГ)
И.Б. Петров (МФТИ, Москва)
В.Г. Романов (ИМ)
Е.Е. Тыртышников (ИВМ, Москва)
А.М. Федотов (ИВТ)
В.В. Шайдуров (ИВМ, Москва)

Ю.Е. Аниконов (ИМ)	А.И. Ильин (РГП "НЦПП", Казахстан)	В.П. Пяткин (ИВМиМГ)
Д.С. Аниконов (ИМ)	В.П. Ильин (ИВМиМГ)	С.В. Рогазинский (ИВМиМГ)
С.С. Артемьев (ИВМиМГ)	К.Т. Исаков (ЕНУ, Астана)	К.К. Сабельфельд (ИВМиМГ)
О.Л. Бандман (ИВМиМГ)	В.Н. Касьянов (ИВМиМГ)	В.В. Сметлов (ИВМиМГ)
М.А. Бектемесов (КазНУ, Алматы, Казахстан)	Б.А. Каргин (ИВМиМГ)	В.Н. Снытников (ИК)
М.И. Белишев (ПОМИ, Санкт- Петербург)	А.Л. Карчевский (ИМ)	С.Б. Сорокин (ИВМиМГ)
Ю.Я. Белов (СФУ, Красноярск)	В.В. Ковалевский (ИВМиМГ)	Т.А. Сушкевич (ИПМ, Москва)
В.С. Белоносов (ИМ)	А.И. Кожанов (ИМ)	С.А. Ухинов (ИВМиМГ)
В.И. Васильев (СВФУ, Якутск)	М.Ю. Кокурин (МарГУ, Йошкар-Ола)	М.П. Федорук (НГУ)
А.Ф. Воеводин (ИГиЛ)	И.В. Коптюг (МТЦ)	М.В. Фокин (ИМ)
А.В. Войтишек (ИВМиМГ)	О.И. Криворотько (ИВМиМГ)	А.А. Фоменко (ИВМиМГ)
Ю.С. Волков (ИВМиМГ)	В.Н. Крупчатников (ИВМиМГ)	М.С. Хайретдинов (ИВМиМГ)
Ю.М. Волчков (ИГиЛ)	В.И. Кузин (ИВМиМГ)	А.И. Хисамутдинов (ИНГГ)
В.А. Вшивков (ИВМиМГ)	М.М. Лаврентьев-мл., (НГУ)	В.А. Черверда (ИНГГ)
Б.М. Глинский (ИВМиМГ)	Ю.М. Лаевский (ИВМиМГ)	А.П. Чупахин (ИГиЛ)
Е.Н. Голубева (ИВМиМГ)	В.А. Лихошвай (ИЦиГ)	Д.А. Шапиро, (ИАиЭ)
В.П. Голубятников (ИМ)	В.Э. Малышкин (ИВМиМГ)	М.А. Шишленин (ИМ)
С.К. Голушко (КТИ ВТ)	Ан.Г. Марчук (ИВМиМГ)	В.А. Шлычков (ИВМиМГ)
В.К. Гусяков (ИВМиМГ)	А.М. Мацокин (ИВМиМГ)	Э.П. Шурина (НГТУ)
В.А. Дебелов (ИВМиМГ)	В.А. Огородников (ИВМиМГ)	А.Л. Bugheim (Kansas, USA)
И.Е. Егоров (НИИМ, Якутск)	Ю.Л. Орлов (ИЦиГ)	J. Cheng (Shanghai, China)
И.Н. Ельцов (ИНГГ)	В.В. Пененко (ИВМиМГ)	A. Hasanoglu (Izmir, Turkey)
Г.Н. Ерохин (ЮНИИ ИТ, Калининград)	А.В. Пененко (ИВМиМГ)	O. Scherzer (Vienna, Austria)
Ю.Л. Ершов (ИМ)	В.В. Пикалов (ИТПМ)	S. Tordeux (France)
Ю.М. Зыбарев (ИВМиМГ)	И.В. Прохоров (ДВФУ, Владивосток)	Y.F. Wang (Beijing, China)

Организационный комитет

Председатель – С.И. Кабанихин

Заместители председателя: Х.Х. Имомназаров, О.И. Криворотько, А.В. Пененко,

М.А. Шишленин. **Ученый секретарь:** А.С. Плаксменко.

Д.А. Воронов, Е.И. Вострикова, А.А. Дучков, Д.В. Ермоленко, Н.Ю. Зятьков, М.А. Каменщиков, А.Л. Карчевский, Д.В. Ключинский, И.М. Куликов, И.Н. Медведев, Д.В. Нечаев, Н.С. Новиков, Н.Л. Подколodный, Э.А. Пьянова, А.Г. Усов, И.Г. Черных.

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

<http://conf.nsc.ru/tcmiip2015/ru>

седьмой международной молодежной
научной школы-конференции

“ТЕОРИЯ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ И НЕКОРРЕКТНЫХ ЗАДАЧ”

посвященной 90-летию со дня рождения
академика Гурия Ивановича Марчука

Новосибирск, Академгородок
19-24 октября 2015 года

Редакционная коллегия:

О.И. Криворотько (главный редактор), М.А. Шишленин (зам. гл. редактора),
М.А. Каменщиков (тех. редактор), А.С. Плаксиенко, Д.В. Ермоленко

Новосибирск, 2015

Содержание

Аблабеков Б., Дурмонбаева З. Обратная задача определения правой части в нелинейном уравнении Бенжамина – Бона-Махони с интегральным переопределением	10
Видайбеков Е.Ы., Корнилов В.С., Акимжан Н.Ш. Об обучении некорректным задачам линейной алгебры	11
Алексеев Д.В., Травин А.В. Численная реконструкция характеристик изотопных систем образцов при датировании: физическая регуляризация решения	12
Алимова А.Н. Численное решение обратной задачи для волнового уравнения	13
Антохин П.Н., Пененко А.В. Результаты применения алгоритма усвоения данных в фотохимической модели конвекции-диффузии	14
Апарцин А.С. О взаимосвязи неклассических уравнений Вольтерра I рода и классических с кусочно-гладкими ядрами	15
Арипов М.М., Садуллаева Ш.А., Сахобидинова О.И. К свойствам инвариантно групповых решений задачи Коши для вырождающихся параболических уравнений с двойной нелинейностью и источником	16
Артюшин А.Н., Кожанов А.И. Линейные обратные задачи для некоторых классов нестационарных уравнений	19
Бандман О.Л. Моделирование естественных явлений стохастическими клеточными автоматами	20
Белоног А.Ю., Воронов Д.А., Кабанихин С.И. Численное решение обратной задачи для модели секреции и кинетики С-пептида	21
Бобоев К.С. Прямые и обратные задачи для кинетического уравнения переноса нейтронов	22
Вабищевич П.Н. Прикладные вычислительные технологии	23

Винников В.А., Герасимов Д.О., Солодуша С.В., Суслов К.В. Математическое моделирование динамических режимов ветроагрегата	24
Витвицкий А.А. компьютерное моделирование процесса самоорганизации белков MinCDE во время роста и деления клетки	25
Воронов Д.А., Белоног А.Ю., Вострикова Е.И., Гродзь А.А. Численные методы решения обратных задач физиологии. Вопросы идентифици- руемости	26
Вострикова Е.И., Воронов Д.А., Кабанихин С.И. Численное решение обратной задачи методом Нелдера - Мида для двух фармако- кинетических моделей	27
Гласко Ю.В. Численный аспект алгоритма 3.5D концентрации масс	28
Годунов С.К., Ключинский Д.В., Воронов Д.А. Численное решение одномерных уравнений газовой динамики в лагранжевых ко- ординатах методом Годунова	29
Гродзь А.А., Воронов Д.А., Кабанихин С.И. Идентифицируемость математических моделей биологии	30
Гуш М.Н. Математическая модель и технология решения обратной задачи распространения упругих волн в двухмерной осесимметричной среде	31
Деревцов Е.Ю. Математические модели и численные методы в рефракционной тензорной томо- графии	32
Деревцов Е.Ю., Касымбеков А.С., Мальцева С.В., Светов И.Е., Султанов М.А. О задаче реконструкции множества точек сингулярного носителя функции по то- мографическим данным	33
Екимова М.А., Белоносов А.С. Численный алгоритм решения обратной кинематической задачи сейсмоки	34
Еремеева М.С. Сравнение итерационных методов решения обратной ретроспективной задачи урав- нения колебания	35
Ермоленко Д.В. Численное решение прямой и обратной задач для математической модели динами- ки ВИЧ	36
Ершова А.А. Приложение обобщенного метода невязки для решения задачи физики твердого тела	37

Зотов Л.В.	
МССА временных рядов по изменению климата и вращению земли	38
Зятыков Н.Ю., Айзенберг А.А., Айзенберг А.М.	
Реализация и оптимизация хранения матрицы тени для алгоритма дифракционного моделирования МНКВ	39
Икрамов Р.Д., Мустафина С.А.	
О реакции Белоусова-Жаботинского	40
Каденова З.А.	
Один класс линейных интегральных уравнений первого рода с двумя независимыми переменными	41
Каденова З.А., Орозмаматова Ж.Ш.	
Регуляризация систем линейных интегральных уравнений Фредгольма первого рода в неограниченных областях	42
Каденова З.А.	
Регуляризация систем линейных интегральных уравнений Фредгольма второго рода в неограниченных областях	43
Карчевский А.Л., Марчук И.В.	
Задача Коши для эллиптического уравнения при исследовании контактной линии „Твердое тело – Жидкость – Пар“	44
Касенов С.Е.	
Задача продолжения для уравнения акустики	45
Каштанова В.Н.	
Уточнение параметров математической модели распространения туберкулеза по статистическим данным города Москвы	46
Киприянов Я.А.	
Определение границы неоднородности по обобщенному преобразованию Радона	47
Коробов П.В., Имомназаров Х.Х., Няго В.А.	
Моделирование волновых полей в флюидоносной пористой среде	48
Кочнев В.А.	
Варианты постановки и результаты решения обратной задачи магнитометрии с целью определения источников поля в ядре земли	49
Кочнев В.А.	
Особенности постановки и решения задач геофизики с использованием адаптивного метода	50
Крянев А.В., Лукин Г.В., Удумян Д.К.	
Метрический анализ и некорректно поставленные задачи	51

Кулакова В.В., Филатова В.М. Численное исследование задачи граничного управления в условиях отсутствия управляемости	52
Куликов И.М., Шишленин М.А. Численное решение прямой и обратной задачи коллапса Эвварда	53
Курманбаева А.К. Задача Коши для одного нагруженного нелинейного псевдогиперболического уравнения	54
Кусаинова А.Т., Хасенова З.Т., Искаков К.Т. Комплекс экспериментальных исследований с лабораторного полигона для интерпретации радарограмм	55
Кусаинова А.Т. Муканова Б.Г. Приближенный метод интерпретации данных подповерхностных зондирований . .	56
Лазарева Г.Г. Реализация экономичного явно-разрешимого алгоритма для полностью консервативных дискретных моделей для трехмерных линейных задач теории упругости .	57
Латышенко В.А., Криворотько О.И., Кабанихин С.И. Численное решение обратной задачи для простейшей математической модели инфекционного заболевания с запаздыванием	58
Лашин С.А., Клименко А.И., Мустафин З.С., Матушкин Ю.Г. Многоуровневые компьютерные модели пространственно распределённых микробных сообществ	59
Маматкасымова А.Т., Сатыбаев А. Дж. Алгоритм решения обратной задачи для системы уравнений Максвелла	60
Марковский А.Н. О задаче дискретного равновесия плоского компакта	62
Марчук Ан.Г. Решение обратной кинематической задачи для очага цунами над наклонным дном	63
Михайлова Т.А., Мустафина С.А. Учет распределения по времени пребывания при моделировании сополимеризационных процессов методом Монте-Карло	64
Нафикова А.Р. О математическом моделировании процессов переноса радона в кусочно-постоянных анизотропных слоистых средах с включениями	65
Новиков Н.С. Определение двумерного коэффициента гиперболического уравнения с помощью стохастического проекционного метода	66

Нурсеитов Д.Б., Нурсеитова А.Т. Оценка условной устойчивости для задачи продолжения решения гиперболического уравнения	67
Пененко А.В., Зубаирова У.С., Николаев С.В. Определение параметров в модели процесса роста линейного листа	68
Пененко А.В., Бубликов А.А., Рахметуллина С.Ж., Турганбаев Е.М. Проверка алгоритмов поиска источников в модели транспорта атмосферной примеси	69
Перышкова Е.Н., Ефимов А.В., Мамойленко С.Н. Экспериментальное исследование эффективности решения масштабируемых задач на распределённых вычислительных системах	70
Петухова К.К. Анализ данных наблюдений распространения полидисперсной примеси от линейного источника	71
Пикалов В.В. Методы трехмерной интерференционной томографии живых клеток	72
Попов В.В. Математическое моделирование протаивания и промерзания грунта	73
Рамазанов М.Д. Современное состояние теории и приложений соболевских кубатурных формул . .	74
Рысбайлу Б., Акишев Т.Б., Сатыбалдина А.Н. Коэффициентная обратная задача в процессе переноса тепла и влаги в многослойной ограждающей конструкции	75
Сатыбаев А. Дж., Маматкасымова А.Т. Анализ применения метода обращения разностной схемы для обратной задачи уравнения Максвелла	76
Снытников Н.В. Параллельный алгоритм вычисления потенциала изолированных систем в задачах астрофизики и физики плазмы	78
Сушкевич Т.А. Достижения теории переноса излучения и дистанционное зондирование земли . .	79
Табаринцева Е.В. О решении одной обратной задачи для нелинейного параболического уравнения в классе кусочно-гладких функций	81
Талтыкина М.Ю., Каширин А.А. Реализация мозаично-скелетонного метода в программном комплексе решения задач дирихле для уравнения гельмгольца	82

Тарков М.С. Компьютерное моделирование импульсных нейронных сетей с мемристорными связями	83
Титов П.А. Использование многоядерных систем для моделирования 2D-упругих волн в средах с криволинейной поверхностью	84
Токманцев Т.Б., Субботина Н.Н. Сходимость решений обратных задач динамики управляемых систем	85
Фарафонов Д.С., Шкляев В.А. Алгоритм численного решения обратной задачи для уравнения Пуассона с использованием метода конечных элементов	86
Фартушная Е.О. Модификация метода Тихонова для линейных операторных уравнений первого рода	87
Фаязов К.С., Хажиев И.О., Фаязова З.К. Единственность и устойчивость граничных задач для дифференциально-операторного уравнения высокого порядка	88
Хайретдинов М.С. Алгоритмы обработки данных в решении обратных задач геофизики	89
Ханхасаева П.Н., Пененко В.В., Пененко А.В. Численный алгоритм размещения наблюдателей на примере двумерной задачи конвекции-диффузии примесей в атмосфере	90
Хасенова З.Т., Искаков К.Т., Рахметуллина С.Ж. Усвоение данных автоматизированной системы экологического мониторинга	91
Царьков И.Г. Локальная устойчивость приближения множеством в линейно нормированных пространствах	92
Червяков Н.И., Семенова Н.Ф., Бабенко М.Г., Крисина И.С. Разработка системы блуждающих ключей на базе криптосистемы XTR для концепции «Интернет вещей»	93
Червяков Н.И., Бабенко М.Г., Кучеров Н.Н. Разработка системы гомоморфного шифрования информации на основе полиномиальной системы остаточных классов	94
Черенков Д.М., Зуев С.В. Вероятностный подход к некорректной задаче Коши	95
Чиркунов Ю. А., Пикмуллина Е. О. Бесконечное множество решений уравнений мелкой воды с прямолинейным дном	96

Чистяков П.А. Модифицированный метод левенберга–марквардта для решения нелинейных операторных уравнений	97
Чубатов А.А., Кармазин В.Н. О последовательном алгоритме усвоения данных в задаче экспресс-мониторинга источника загрязнения атмосферы	98
Шарабарина А.С., Белоносов А.С. Прямая и обратная динамические задачи акустического зондирования дна водоемов	99
Шолпанбаев Б.Б., Кабанихин С.И., Шишленин М.А. Математические проблемы обработки данных георадара	100
Шумилов Б.М. Мультивейвлеты и алгоритмы с расщеплением	101
Щелик Г.С., Софронов И.Л. Использование приближения волнового поля в скважине нормальными модами для решения обратной задачи акустического каротажа	102
Ягола А.Г. Регуляризирующие алгоритмы обработки изображений и их применение	103
Яруллин А.Д., Бутнев О.И., Горев И.В., Дерюгин Ю.Н., Колесников С.С., Кузнецов В.Ю., Машенькин П.А., Пронин В.А., Сидоров М.Л. Программная платформа НИМФА на структуре данных ЛОГОС для моделирования многофазной фильтрации в геологических средах	104
G.V., Kushnir D.Yu., Makarov A.I., Sviridov M.V., Dashevsky Yu.A. Modeling and inversion of logging-while-drilling electromagnetic data in 2D formations	105
Mosin A.P., Sviridov M.V., Antonov Yu.E., Martakov S.V. Automated Construction of Initial Formation Model for Inversion Based on Resistivity Data Analysis: Application for Geosteering in Near-Horizontal Wells	106
Mosin A.P., Mogilatov V.S. Feasibility Study of TEM Tool with Collocated Sensors	107
Sabelfeld K.K. Stochastic projection methods for solving inverse problems of phase retrieval and X-ray reflectivity analysis	108
Sattorov E.N., Ermamatova F.E. On the continuation of the solution of a quaternionic Dirac equation	109
Sattorov E.N., Ermamatova Z.E. Problem Cauchy for the quaternionic time-harmonic Maxwell equations	111

Sviridov M., Antonov Y., Martakov S., Maurer H.M., Mosin A., Nikitenko M. Application of resolution analysis algorithm for accuracy evaluation of inversion results from LWD resistivity data	112
--	------------

**ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРАВОЙ ЧАСТИ В
НЕЛИНЕЙНОМ УРАВНЕНИИ БЕНЖАМИНА – БОНА-МАХОНИ С
ИНТЕГРАЛЬНЫМ ПЕРЕОПРЕДЕЛЕНИЕМ**

Аблабеков Б., Дурмонбаева З.

*Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова
ablabekov_63@mail.ru*

Рассмотрим обратную задачу определения пары функций $\{u(x, t), f(t)\}$, удовлетворяющих уравнению

$$u_t - \gamma^2 u_{xxt} + u_x + uu_x = f(t)h(x, t), (x, t) \in \Pi_T \quad (1)$$

начальным условиям

$$u(x, 0) = u_0(x), 0 \leq x \leq l, \quad (2)$$

граничным условиям

$$u_x(0, t) = u_x(l, t) = 0, 0 \leq t \leq T, \quad (3)$$

и дополнительному условию интегрального переопределения

$$\int_0^l u(x, t)\omega(x)dx = \varphi(t), 0 \leq t \leq T, \quad (4)$$

где $\Pi_T = \{(x, t) : 0 < x < l, 0 < t \leq T\}$, $u_0(x)$, $\varphi(t)$, $h(x, t)$ – заданные функции.

Будем говорить, что для обратной задачи (1)-(4) выполнены условия согласования, если

$$u'_0(0) = u'_0(l) = 0, \varphi(t) = \int_0^l u_0(x)\omega(x)dx. \quad (5)$$

Теорема. Пусть $f \in C(\bar{\Pi}_T)$, $\varphi \in C^{(2)}([0, T])$, $u_0, u_1 \in C^{(1)}([0, l])$, $\omega \in C^{(2)}([0, l])$, $\omega'(0) = \omega'(l) = 0$ и выполнены условия согласования (5). Тогда обратная задача (1)-(4) при достаточно малом $T > 0$ имеет единственное решение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аблабеков Б.С.* Обратная задача для псевдопараболических уравнений. Бишкек. – 2001. – 183 с.

ОБ ОБУЧЕНИИ НЕКОРРЕКТНЫМ ЗАДАЧАМ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫБидайбеков Е.Ы.¹, Корнилов В.С.², Акимжан Н.Ш.¹¹*КазНПУ имени Абая, Алматы*²*Московский городской педагогический университет, Москва*
esen_bidaibekov@mail.ru,

В настоящее время хорошо осознана роль теории некорректных и обратных задач (ТНОЗ) в естественных науках и их приложениях, несмотря на то, что интенсивно она развивается лишь последние полвека. Вопросы теории некорректных и обратных задач включены в учебные программы подготовки специалистов в области прикладной математики ведущих российских и казахстанских вузов, таких как МГУ им. М.В.Ломоносова, Новосибирский государственный университет, КазНУ им. Аль-Фараби, и др. А в отдельных педагогических вузах, в частности, в МГПУ специальные курсы по ней читаются будущим учителям математики, в КазНПУ им. Абая - будущим учителям информатики. Однако, в силу несформированности содержания данного курса для педагогических вузов, курс ТНОЗ читался по-разному.[1] Все это требует изучения научно-образовательного потенциала ТНОЗ и развитие содержательно-методической подготовки специалистов по ней в системе информатико-математического образования. Эффективная организация обучения их требует разработки и внедрения методической системы обучения на основе современных компьютерных технологий.[2] Поскольку почти все задачи сводятся к решению систем линейных алгебраических уравнений, одним из наиболее важных разделов ТНОЗ является раздел посвященный, некорректным задачам линейной алгебры. Исследование их является не только необходимым этапом численного решения линейных некорректных задач, математики решали практические задачи с переопределенными или недоопределенными системами уравнений задолго до появления термина „некорректная (или обратная) задача“ . Именно в линейной алгебре начали изучать нормальное решение, псевдорешение, плохо обусловленные системы, сингулярное разложение, которое, подобно рентгеновскому снимку, высвечивает степень некорректности задачи и подсказывает пути численного решения.[3]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Корнилов В.С.* Обучение обратным задачам для дифференциальных уравнений как фактор гуманитаризации высшего математического образования: Монография – М.:МГПУ, 2006. – с. 320.
2. *Bidaybekov E.I, Kornilov V.S., Kamalova G.B.* Inverse Problems for differential equations in education // Inverse problems: Modeling and Simulation (IPMS-2014): Abstracts of the 7th International conference (Fethiye, Turkey, May 26-31, 2014). – Fethiye, Turkey, 2014. – с. 69.
3. *Кабанихин С.И.* Обратные и некорректные задачи. Учебник для студентов вузов. - Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2009. – с. 457.

ЧИСЛЕННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗОТОПНЫХ СИСТЕМ ОБРАЗЦОВ ПРИ ДАТИРОВАНИИ: ФИЗИЧЕСКАЯ РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ

Алексеев Д.В., Травин А.В.

*Институт геологии и минералогии и.м. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск
a.daniil.v@yandex.ru*

Многие измеряемые характеристики изотопных систем образцов горных пород и минералов связаны с истинными уравнением Фредгольма первого рода. В некоторых случаях возникает необходимость в реконструкции данных характеристик. Например, при аргон-аргоновом датировании (один из наиболее востребованных методов определения возраста горных пород и минералов) образец поэтапно нагревают, анализируя на каждой ступени нагрева изотопный состав выделяемого газа. В результате получают зависимость значения возраста от доли выделенного газа - возрастной спектр. Измеряемый возрастной спектр является одной из основных характеристик образца и может существенно отличаться от истинного.

С учётом особенностей задачи предложен численный алгоритм решения указанного интегрального уравнения. Данное уравнение сводится к системе линейных алгебраических уравнений путём замены искомой функции разложением в ряд Фурье по функциональному базису и действия на обе части полученного равенства линейными функционалами. Такой подход обеспечивает повышение обусловленности получаемой системы уравнений и упрощает регуляризацию решения, а также позволяет снизить объём вычислений.

Представлена геометрическая интерпретация получаемого решения и предложен метод его регуляризации, основанный на накоплении экспериментальных данных и изменении вида усредняющей функции.

Строение земной коры Северного Ледовитого океана представляет большой интерес для геологов, в связи с перспективной оценкой запасов углеводородов, и политиков, в связи с установлением внешней границы континентального шельфа для арктических государств и подачей соответствующих заявок в Комиссию ООН [1]. В представленной работе выполнена реконструкция возрастного спектра амфибола из эскарпов поднятия Менделеева. Полученное значение возраста, а также геофизические данные позволяют предполагать докембрийский фундамент, то есть, наличие континентального блока.

Работа проводилась при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 14-05-00712а)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.А. Верниковский, А.Ф. Морозов, О.В. Петров, А.В. Травин, С.Н. Кашубин, С.П. Шокальский, С.С. Шевченко, Е.О. Петров Новые данные о возрасте долеритов и базальтов поднятия Менделеева: к проблеме континентальной коры в северном ледовитом океане. // Доклады академии наук, 2014. Том 454, № 4, с. 431-435.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ

Алимова А.Н.

*Национальная научная лаборатория коллективного пользования информационных и космических технологий
Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, Алматы, Казахстан
anic2002@mail.ru*

Рассмотрим обратную задачу для двумерного волнового уравнения [1]:

$$u_{tt} = u_{xx} + u_{yy}, \quad x \in (0, \pi), \quad y \in (0, \pi), \quad t \in (0, T), \quad (1)$$

$$u(0, y, t) = u(\pi, y, t) = 0, \quad y \in [0, \pi], \quad t \in [0, T], \quad (2)$$

$$u(x, 0, t) = u(x, \pi, t) = 0, \quad x \in [0, \pi], \quad t \in [0, T], \quad (3)$$

$$u(x, y, 0) = 0, \quad x \in [0, \pi], \quad y \in [0, \pi], \quad (4)$$

$$u_t(x, y, 0) = q(x, y), \quad x \in [0, \pi], \quad y \in [0, \pi], \quad (5)$$

$$u(x, y, T) = f(x, y), \quad x \in [0, \pi], \quad y \in [0, \pi]. \quad (6)$$

В обратной задаче требуется найти $q(x, y)$, по дополнительной информации (6), относительно решения прямой задачи (1)–(5)

Обратную задачу будем решать используя несколько градиентных методов:

- Метод итераций Ландвебера.
- Метод наискорейшего спуска.
- Схема «дискретизация-оптимизация».

При решении обратной задачи методом итерации Ландвебера и методом наискорейшего спуска используется схема «оптимизация – дискретизация» т.е. сначала аналитическим путем вычисляем градиент функционала и строим алгоритм решения, а потом для численного решения задачи мы используем дискретизацию задачи.

Суть схемы «дискретизация – оптимизация» заключается сначала в дискретизации задачи, а потом уже в оптимизации задачи.

Были получены численные результаты и графики для тестовых задач. Проведен сравнительный анализ методов сходимости решения обратной задачи для волнового уравнения в двумерном пространстве.

Работа выполнена при поддержке грантового финансирования научно-технических программ и проектов Комитетом науки МОН РК, грант №1746/ГФ4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кабанихин С.И.* Обратные и некорректные задачи, Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2009.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМА УСВОЕНИЯ ДАННЫХ В ФОТОХИМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНВЕКЦИИ-ДИФФУЗИИАнтохин П.Н.¹, Пененко А.В.²¹ *Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск*² *Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск
apn@iao.ru*

Разработка фотохимических моделей для прогноза загрязнения атмосферного воздуха представляет значительный интерес с точки зрения влияния малых газовых составляющих на здоровье человека. Особый интерес представляют модели с возможностью усвоения данных измерений концентрации малых газовых примесей [1], таких как озон, угарный газ, оксидов азота, с целью корректировки прогноза. Целью представленной работы является исследование влияния алгоритма усвоения данных на конечный прогноз, в случае если в модели усваиваются только данные о газах-предшественниках прогнозируемого вещества в определённой точке. В качестве прогнозируемого параметра был выбран озон (O_3), а в качестве газов-предшественников угарный газ (CO) и оксиды азота ($NO_x = NO + NO_2$).

Метеорологические данные в модели задавались из архива ECMWF ERA-Interim [2], а фотохимический механизм был взят из работы [3]. Данные о концентрации озона, угарного газа и оксидов азота с временным разрешением 1 час были получены на TOR-станции, которая расположена в Академгородке, находящемся в 10 км от г. Томска. Для задания граничных условий проведения расчётов были взяты источники эмиссии CO и NO_x из базы данных Edgar v4.2 [<http://edgar.jrc.ec.europa.eu/>].

Выбранный способ усвоения позволяет выявить периоды, когда в атмосфере реализуется фотохимический механизм, непосредственно заложенный в модели. Поскольку в атмосфере всегда имеется ряд конкурирующих фотохимических процессов, крайне важно знать какой из них будет доминировать в конкретном случае. Данный подход позволяет провести классификацию механизмов генерации заданной примеси в зависимости от внешних метеорологических условий и степени загрязнения воздуха в условиях реальной атмосферы. Что позволит в дальнейшем, опираясь на полученную классификацию выбирать наиболее подходящий механизм химической трансформации для проведения расчётов в модели, повысив качество моделирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 14-05-00526, №14-05-00590, №14-05-93108.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пененко А.В., Пененко В.В.* Прямой метод вариационного усвоения данных для моделей конвекции-диффузии на основе схемы расщепления // Вычислительные технологии. 2014. Т.19. №4. С. 69-83.
2. *Dee D.P. et. al.* The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 2011. Vol. 137. № 656. P. 553–597
3. *Stockwell, W., and W. Goliff,* Comment on “Simulation of a reacting pollutant puff using an adaptive grid algorithm” by R. K. Srivastava et al. J. Geophys. Res. 2002. Vol. 107. No.D22. Doi:10.1029/2002JD002164.

О ВЗАИМОСВЯЗИ НЕКЛАССИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ВОЛЬТЕРРА I РОДА И КЛАССИЧЕСКИХ С КУСОЧНО-ГЛАДКИМИ ЯДРАМИ

Апарцин А.С.

*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск
apartsyn@isem.irk.ru*

Удобным математическим аппаратом описания развития динамической системы, элементы которой принадлежат различным возрастным группам, являются неклассические уравнения Вольтерра I рода вида

$$\sum_{i=1}^n \int_{a_i(t)}^{a_{i-1}(t)} K_i(t, s)x(s)ds = y(t), \quad t \in [0, T], \quad n \geq 2, \quad (1)$$

где

$$a_0(t) \equiv t > a_1(t) > \dots > a_n(t) \equiv 0; \quad a'_i(t) \geq 0, \quad a'_1(0) < 1, \quad a_i(0) = 0 \quad \forall i,$$

$K_i(t, s)$ - коэффициент эффективности элементов i -той возрастной группы, в которую входят такие элементы $x(s)$, что $t - s \in [t - a_i(t), t - a_{i-1}(t)]$,

$y(t)$ - некоторый интегральный показатель уровня развития системы (например, в [1], [2] применительно к электроэнергетической системе России в качестве $y(t)$ принята суммарная располагаемая мощность электростанций).

Уравнение (1) можно трактовать как частный случай классического уравнения Вольтерра I рода

$$\int_0^t K(t, s)x(s)ds = y(t), \quad t \in [0, T], \quad (2)$$

ядро которого претерпевает разрывы I рода на линиях $s = a_i(t)$.

В докладе анализируется взаимосвязь (1) и (2); исследуются конечномерные аналоги, позволяющие понять специфику (1), (2); приводятся результаты численных экспериментов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 15-01-01425-а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апарцин А.С., Сидлер И.В. Применение неклассических уравнений Вольтерра I рода для моделирования развивающихся систем // Автоматика и телемеханика, 2013. №6. С. 3–16.
2. Апарцин А.С., Сидлер И.В. Интегральные модели развития систем электроэнергетики с учетом старения оборудования электростанций // Электронное моделирование, 2014. Т. 36, №4. С. 81–88.

К СВОЙСТВАМ ИНВАРИАНТНО ГРУППОВЫХ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ КОШИ ДЛЯ ВЫРОЖДАЮЩИХСЯ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ С ДВОЙНОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ И ИСТОЧНИКОМ

Арипов М.М.¹, Садуллаева Ш.А.², Сахобидинова О.И.¹

¹ *Национальный Университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, Механико-математический факультет, Ташкент, Узбекистан,*

² *Ташкентский Университет Информационных Технологий, Ташкент, Узбекистан*
mirsaidaripov@mail.ru

Рассматривается в $Q_T = \mathbb{R}^N \times (0, T)$, $T > 0$, $N \geq 1$, задача Коши для вырождающегося дважды нелинейного параболического уравнения с источником следующего вида:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \nabla \left(|\nabla u^m|^{p-2} \nabla u^l \right) - \operatorname{div}(v(t)u) + \gamma(t) u^\beta, \quad u_{t=0} = u_0(x) \geq 0, \quad x \in \mathbb{R}^N, \quad (1)$$

где $p, m, l, \beta > 0$, фиксированные постоянные; $0 \leq v(t), \gamma(t) \in C(0, \infty)$ $\nabla(\cdot) = \operatorname{grad}_x(\cdot)$.

Задача (1) встречается во многих приложениях и описывает, например процессы реакции-диффузии, нелинейной теплопроводности, фильтрации жидкости и газа при воздействии конвективного переноса со скоростью $v(t)$ и источника с мощностью $\gamma(t)u^\beta$ (см. [1], [2] и приведенную там литературу). Уравнение (1) без источника при $p = 2$ (в этом случае уравнение носит также название уравнение пористой среды) [9-10] используется как модель для описания распространения тепловых волн в плазме, где тепловые волны осуществляют механизм передачи энергии со сверхзвуковой скоростью, а в случае $l = m = 1$ оно носит название p -Лаплас уравнение [1]-[4]. (Исследованию частных случаев задачи (1) посвящено огромное количество работ [1-4].)

Из-за вырождения уравнения при $u = 0$, $\nabla u = 0$ в некоторой области естественно следует ожидать, что может иметь место явление *конечной скорости распространения возмущения* (КСРВ) и локализация решения [1-4].

В настоящей работе на основе инвариантно группового (приближенно автомодельного) анализа доказана глобальная разрешимость и не разрешимость задачи, дан способ установления значения критической экспоненты типа Фужита, получено асимптотическое поведение решения с компактным носителем и исчезающих на бесконечности решений. Исследовано влияние скорости конвективного переноса к эволюции процесса описываемой задачей (1). В зависимости от значения числовых параметров, предложены начальные приближения необходимых для проведения численных расчетов, приводящие к быстрой сходимости к точному решению.

Приведем некоторые результаты, справедливые для задачи (1) без источника.

Неожиданным результатом для решений задачи (1) без источника является разрушение носителя за конечное время (РНКВ), которое было установлено впервые при $p = 2$ и $N \geq 3$ в [3]. В этом направлении отметим еще результаты из [4], [5]. В случае $\gamma(t) = 1$ известно, что решение задачи (1) не всегда существует глобально во времени. Более точно: если $\beta > \beta_* = m(p-2) + l + p/N$ и начальная функция мала в некотором смысле, то решение существует глобально по времени [2]. Если же $\beta < \beta_* = m(p-2) + l + p/N$, $1 < \beta \leq \beta_*$, то любое нетривиальное решение задачи (1) взрывается за конечное время [2-6].

Определение Будем говорить, что $u(x, t)$ есть обобщенное решение задачи (1) в $Q_T = \mathbb{R}^N \times (0, T)$, если $0 \leq u(t, x)$, $u^{m-1}(t, x) |\nabla u|^{p-2} \nabla u \in C(Q_T)$ и удовлетворяет задаче (1) в смысле интегрального тождества.

Введем функции

$$u(t, x) = \bar{u}(t) w(t, \eta), \quad \eta = x - \int_0^t v(y) dy, \quad w(t, \eta) = f(\xi), \quad \xi = |\eta| / \tau(t)^{1/p}, \quad (2)$$

$$\bar{u}(t) = (T + (\beta - 1) \int_0^t \gamma(\eta) d\eta)^{-\frac{1}{\beta-1}}, \quad \tau(t) = \int_0^t \bar{u}^{p+m+l-3}(\eta) d\eta,$$

$$\bar{f}(\xi) = (a - b\xi^{\frac{p}{p-1}})^{\frac{p-1}{m(p-2)+l-1}}, \quad b = (m(p-2) + l - 1) / (p^{-p} / lm^{p-2})^{1/(p-1)},$$

$$(a)_+ = \max(0, a), \quad u_+(t, x) = \bar{u}(t) \bar{f}(\xi).$$

Теорема 1. Пусть выполнены условия

$$\gamma(t) \tau(t) \bar{u}^{\beta-(m(p-2)+l)} < \frac{N}{p}, \quad u(0, x) \leq u_+(0, x), \quad x \in R^N.$$

Тогда для глобального решения задачи (1) имеет место оценка

$$u(t, x) \leq u_+(t, x) \text{ в } Q_T = R^N \times (0, T), \quad T > 0. \quad (3)$$

Отметим, что критическое значение экспоненты типа Фужита определяется из выражения

$$\gamma(t) \tau(t) \bar{u}^{\beta-(m(p-2)+l)} = \frac{N}{p}. \quad (4)$$

Из (4) при $\gamma(t) = 1$ вытекают все ранее известные критические значения, полученные Х. Фужита ($\beta > 1 + \frac{2}{N}$) [1], Самарский А. А., Курдюмов С. П., Михайлов А. П., Галактионов В. А. ($\beta > m + \frac{2}{N}$) [1], Галактионов В. А. ($\beta > p - 1 + \frac{p}{N}$) [1], Pan Zheng, Chunlai Mu, Dengming Liu, Xianzhong Yao, Shouming Zhou ($\beta > m(p-2) + l + \frac{p}{N}$) [3], Арипов М [3], $\gamma(t) \tau(t) \bar{u}^{\beta-(m+p-2)} < \frac{N}{p}$.

Отметим, что из оценки (3) вытекает также свойство КСРВ для решения задачи (1).

Теперь изучим асимптотику инвариантно группового (автомодельного) решения. Учитывая преобразование (2) для функции $f(\xi)$ имеем следующее приближенно автомодельное уравнение

$$\xi^{1-N} \frac{d}{d\xi} \left(\xi^{N-1} \left| \frac{df^m}{d\xi} \right|^{p-2} \frac{df^l}{d\xi} \right) + \frac{\xi}{p} \frac{df}{d\xi} + \gamma(t) \tau(t) \bar{u}^{\beta-(m+p+l-3)} (f + f^\beta) = 0, \quad (4)$$

Пусть в (4) $\gamma(t) = 1$.

Теорема 2. Пусть $\beta > 1$, $m(p-2) + l - 1 > 0$. Тогда решение с компактным носителем уравнения (4) при $\eta \rightarrow \infty$ ($\eta = -\ln(a - b\xi^{p/(p-1)})$) имеет асимптотическое представление

$$f(\xi) = (1/p)(1/bp)^p [(m(p-2) + l)/(p-1)]^{p-1} \bar{f}(\xi) (1 + o(1)),$$

где $\bar{f}(\xi)$ – определенная выше функция.

Теорема 3. Пусть $b < 0$, $\beta > 1$, $m(p-2) + l - 1 < 0$. Тогда асимптотика исчезающих на бесконечности решений уравнения (4) при $\xi \rightarrow \infty$ имеет вид $f(\xi) = A \bar{f}(\xi) (1 + o(1))$, где постоянная A определяется из решения некоторого нелинейного алгебраического уравнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самарский А.А., Курдюмов С.П., Михайлов А.П., Галактионов В.А. Режим с обострением для квазилинейных уравнений параболического типа. Москва: Наука, 1987. – 487 с.
2. Zheng P., Mu Ch., Liu D., Yao X., Zhou Sh. Blow-Up Analysis for a Quasilinear Degenerate Parabolic Equation with Strongly Nonlinear Source // Abstract and Applied Analysis. Volume 2012, Article ID 109546, 19 p.
3. Aripov M. Method of the standard equation for the solution of the nonlinear value problem // Tashkent, Fan. – 1988. – 137 p.
4. Aripov M.M., Sadullaeva Sh.A. О глобальной разрешимости задачи Коши для уравнение реакции диффузии с двойной нелинейность // ДАН РУз. – 2011. – № 4. – С. 9-11.
5. Aripov M. Asymptotic of the Solution of the Non-Newton Polytrophic Filtration Equation // ZAMM. – 2000. – Vol. 80, suppl. 3. – P. 767-768.
6. Aripov M., Sadullaeva Sh. To solutions of one non divergent type parabolic equation with double nonlinearity // Advances and Progress in Analysis. – 2010. – P. 12-18.
7. Aripov M., Sadullaeva Sh.A. To Properties of Solutions to Reaction-diffusion Equation with Double Nonlinearity with Distributed Parameters // Journal Sib. Fed. Univ. Math. Phys. – 2013. – Vol. 6. – P. 157–167.
8. Тедеев А.Ф. Условия существования и несуществования в целом по времени компактного носителя решений задачи Коши для квазилинейных вырождающихся параболических уравнений // Сибирский математический журнал. – 2004. – Т. 45, № 1. – С. 189-200.
9. Wu Z.Q., Zhao J.N., Yin J.X., Li H.L. Nonlinear Diffusion Equations. World Scientific, Singapore, 2001. – 470 p.
10. Juan L.V. The Porous medium equation. Mathematical theory, Oxford Mathematical Monographs, Oxford University Press, 2007. – 183 p.

**ЛИНЕЙНЫЕ ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ КЛАССОВ
НЕСТАЦИОНАРНЫХ УРАВНЕНИЙ**

Артюшин А.Н, Кожанов А.И.

*Институт математики им. С.Л.Соболева СО РАН, Новосибирский государственный
университет, Новосибирск
kozhanov@math.nsc.ru*

В докладе излагаются новые результаты о разрешимости линейных обратных задач (задач определения вместе с решением также неизвестных внешних сил) для нестационарных уравнений типа параболических и гиперболических. Отличительной особенностью рассматриваемых задач является то, что в них используются новые, на взгляд авторов, вполне естественные условия переопределения.

Наряду с результатами о разрешимости обратных задач в докладе приводятся имеющие и самостоятельное значение результаты о разрешимости связанных с ними нелокальных задач, а также результаты о свойствах решений.

Работа проводилась при частичной поддержке РФФИ (проект 15-01-06582).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЯВЛЕНИЙ СТОХАСТИЧЕСКИМИ КЛЕТОЧНЫМИ АВТОМАТАМИ

Бандман О.Л.

*Институт вычислительной математики и
математической геофизики СО РАН, Новосибирск
bandman@ssd.sccc.ru*

Идея клеточного автомата восходит к работе фон-Неймана, в которой он показал, что можно построить вычислительную среду, состоящую из многих простых вычислителей с локальными взаимодействиями, совместное функционирование которых может моделировать любую пространственно-временную функцию. Математическое описание клеточного автомата состоит из дискретного пространства, каждая ячейка которого характеризуется состоянием из заданного конечного множества двоичных чисел или символов, а также набором функций перехода в новое состояние, аргументами которых являются состояния некоторой окрестности ячейки. При этом, вследствие двоичного представления данных, клеточные автоматы обладают абсолютной вычислительной устойчивостью и отсутствием ошибок округления. Среди множества существующих модификаций клеточных автоматов стохастический клеточный автомат (СКА) выделяется тем, что его функции перехода вероятностные, а ячейки, их вычисляющие, выполняют переход в новые состояния последовательно в случайном порядке. Главная проблема СКА моделирования состоит в том, чтобы по известному описанию моделируемого явления найти параметры СКА-модели. При этом главную трудность составляет определение значений вероятностей, которые не всегда известны, и для их подбора приходится выполнять многочисленные вычислительные эксперименты.

Лекция о СКА моделях в биологии состоит из следующих разделов: 1) основные понятия, формальные представления и поведенческие свойства СКА, 2) композиции СКА, для моделирования сложных биологических явлений (самоорганизация популяций, рост и деление клеток, эмерджентность), 3) методы построения моделей, и 4) особенности компьютерной и суперкомпьютерной реализации СКА моделей. Материал лекции является обобщением исследований и опыта моделирования сотрудников и аспирантов Лаборатории синтеза параллельных программ ИВМиМГ СО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шарафутдинов В. А.* Интегральная геометрия тензорных полей. // Новосибирск: Наука. — 1993.
2. *Деревцов Е. Ю.* Томография сложных сред: модели, методы, алгоритмы. Часть II. Модели векторной и тензорной томографии. // Горно-Алтайск: Горно-Алтайский государственный университет. — 2010. — 84 с.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ МОДЕЛИ СЕКРЕЦИИ И КИНЕТИКИ С-ПЕПТИДА

Белоног А.Ю.¹, Воронов Д.А.^{1,2}, Кабанихин С.И.^{1,2}

¹Новосибирский государственный университет, Новосибирск

²Институт Вычислительной Математики и Математической Геофизики, Новосибирск
anatolybelonog@gmail.com

В данной работе рассмотрена простейшая модель секреции и кинетики С-пептида [2], позволяющая оценить распространение инсулина в крови и тканях (1). Количественное описание процесса секреции инсулина не может быть получено как напрямую из анализов, так и непрямым вычислением из данных о концентрации инсулина в крови. Эту проблему можно решить измерением концентрации С-пептида – фрагмента, соединяющего А-цепь и В-цепь инсулина.

$$\begin{cases} \dot{c}p_1(t) = -[k_{01} + k_{21}]cp_1(t) + k_{12}cp_2(t) + mx(t), & t \in (0, T) \\ \dot{c}p_2(t) = k_{21}cp_1(t) - k_{12}cp_2(t) \\ \dot{x}(t) = -mx(t) + y(t) \\ \dot{y}(t) = -\alpha(y(t) - \beta[G - h]) \\ cp_1(0) = 0, \quad cp_2(0) = 0, \quad x(0) = x_0, \quad y(0) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Предложен итерационный алгоритм определения кинетических констант (k_{01} , k_{21} , k_{12}) и параметров секреции (m , α , β , h , x_0) по экспериментальным данным. Каждая итерация алгоритма состоит в линеаризации системы (1) относительно параметров, ее дискретизации и решения полученного матричного уравнения.

В докладе представлены результаты численных экспериментов с синтетическими данными (в том числе с зашумленными). Рассмотрен вопрос выбора начальных приближений параметров. Проведен сравнительный анализ алгоритма с методом итераций Ландвебера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.И. Кабанихин "Обратные и некорректные задачи"// Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2009
2. E. Carson, C. Cobelli "Modelling Methodology for Physiology and Medicine"// Academic Press, 2001
3. R. Eaton, R. Allen, D. Schade, K. Erickson, J. Standefer "Prehepatic Insulin Production in Man: Kinetic Analysis Using Peripheral Connecting Peptide Behavior"// Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, Vol.51, No. 3, 520-528, 1980
4. G. Toffolo, C. Cobelli, F. De Grandi "Estimation of β -Cell Sensitivity From Intravenous Glucose Tolerance Test C-Peptide Data: Knowledge of the Kinetics Avoids Errors in Modeling the Secretion"// Diabetes, Vol. 44, No.7, 845-854, 1995

ПРЯМЫЕ И ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ КИНЕТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА НЕЙТРОНОВ

Бобоев К.С.

*Новосибирский Государственный Архитектурно-Строительный Университет
(Сибстрин), Новосибирск, Россия
boboev@mail.ru*

Для нестационарного кинетического уравнения переноса нейтронов рассматривается вопрос об определении коэффициентов входящих в уравнение.

Изучается вопрос о решении прямой и обратной задачи на основе разложения решения в ряд по сферическим функциям. Доказывается теорема существования и единственности решения обратной задачи.

Предложен конечно-разностный метод решения обратной задачи для системы метода сферических гармоник (СМГ) на основе обращения разностной схемы. А также, оптимизационный метод определения коэффициентов системы МСГ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Султангазин У.М.* Метод сферических гармоник и дискретных ординат в задачах кинетической теории переноса. Алма-Атаж: Наука, 1979. – 267 с.
2. *Годунов С.К.* Уравнения математической физики. Москва: Наука, 1971. – 416 с.
3. *Романов В.Г., Кабанихин С.И., Бобоев К.С.* Обратная задача для P_n -приближения кинетического уравнения переноса // ДАН СССР. – 1984. – Т. 276, №2.
4. *Кабанихин С.И.* Проекционно-разностные методы определения коэффициентов гиперболических уравнений. Новосибирск: Наука, 1988/ – 166 с.
5. *Филатов А.Н., Шарова Л.Б.* Интегральные неравенства и теория нелинейных колебаний. Москва: Наука, 1976. – 152 с.

ПРИКЛАДНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Вабищевич П.Н.

*Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Москва
Северо-Восточный федеральный университет, Якутск
vabishchevich@gmail.com*

Современные научные и инженерные вычисления проводятся на основе численного исследования прикладных математических моделей. Математические модели включают в себя линейные и нелинейные уравнения, системы обыкновенных дифференциальных моделей. Ядром прикладных моделей являются системы уравнений в частных производных, причем уравнения являются нестационарными и нелинейными, уравнения системы сильно связаны друг с другом.

Программное обеспечение научных и инженерных исследований в значительной степени базируется на сторонних разработках. На основе модульного анализа прикладной математической модели выделяются базовые вычислительные задачи, организуется алгоритмический интерфейс между ними. Вычислительная реализация выделенных отдельных подзадач проводится с использованием стандартизованных вычислительных компонент. Компонентный подход может использоваться также при подготовке расчетной задачи (препроцессинг), при обработке и визуализации расчетных данных (постпроцессинг). Компонентное программирование, тем более, уместно при разработке самого программного продукта, например, с использованием компонент пользовательского графического интерфейса.

В исследовательских работах мы традиционно ориентируемся на использование свободного программного обеспечение. Второе требование касается кроссплатформенности, когда программное обеспечение должно работать более чем на одной аппаратной платформе и/или операционной системе. Кроссплатформенными должны быть используемые языки программирования (компиляторы для языка под различные платформы), библиотеки (компоненты) и прикладное программное обеспечение.

Еще один важный момент связан с многопроцессорностью вычислительной техники. Разработка прикладного программного продукта для многопроцессорных систем с общей памятью (многоядерные компьютеры) базируется на использовании OpenMP. Для систем с распределенной памятью (кластеры) де-юре стандартом программирования стал MPI. Основные особенности прикладных задач, которые описываются уравнениями с частными производными и решаются на параллельных компьютерах, учитываются библиотекой PETSc.

Все основные компоненты современных инженерных и научных вычислений (геометрическая и сеточная модели, конечно-элементная аппроксимация, решение дискретных задач и визуализация расчетных данных) представлены в пакете FEniCS.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ
ВЕТРОАГРЕГАТА**Винников В.А.¹, Герасимов Д.О.¹, Солодуша С.В.², Суслов К.В.¹¹*Иркутский национальный исследовательский технический университет*, ²*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск*
gerasimovdo@mail.ru

Работа посвящена применению интегро-степенных рядов Вольтерра к описанию нелинейных динамических систем типа "вход - выход". В работах [1], [2] в качестве реального физического объекта был взят автономный источник электрической энергии, реализованный на базе ветрогенератора с горизонтальной осью вращения.

Эталоном динамической системы послужила математическая модель ветроэнергетической установки, представленная в [3], [4] в виде нелинейной алгебро-дифференциальной системы первого порядка. Численные расчеты проведены в системе компьютерного моделирования Matlab.

На базе эталонной модели разработана методика набора тестовых сигналов, обеспечивающих идентификацию квадратичных и кубических полиномов Вольтерра.

Построены имитационные модели, описывающие нелинейную динамику угловой скорости вращения элементов ветроустановки от угла наклона лопастей и скорости ветра. В докладе приводятся результаты численных экспериментов.

Работа проводилась при частичной поддержке гранта РФФИ №15-01-01425-а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Герасимов Д.О., Солодуша С.В., Суслов К.В.* Алгоритмы управления элементами активно-адаптивных сетей, основанные на применении интегро - степенных рядов Вольтерры // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование.* 2015, №1(45), с. 97-101.
2. *Solodusha S.V., Suslov K.V., Gerasimov D.O.* A New Algorithm for Construction of Quadratic Volterra Model for a Non-Stationary Dynamic System // *Preprints, 1-st IFAC Conference of Modeling, Identification and Control of Nonlinear Systems (MICNON'15).* 2015, p. 992-997.
3. *Perdana A., Carlson O., Persson J.* Dynamic Response of Grid-Connected Wind Turbine with Doubly Fed Induction Generator during Disturbances // *Proc. of IEEE Nordic Workshop on Power and Industrial Electronics.* Trondheim. 2004.
4. *Sedaghat A., Mirhosseini M.* Aerodynamic design of a 300 kW horizontal axis wind turbine for province of Semnan // *Energy Conversion and Management.* 2012, vol. 63, p. 87-94.

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
САМООРГАНИЗАЦИИ БЕЛКОВ MINCDE ВО ВРЕМЯ РОСТА И
ДЕЛЕНИЯ КЛЕТКИ**

Витвицкий А.А.¹

¹*ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск*
vitvit@ssd.sccc.ru

Система белков MinCDE присутствует в бактериях *E. coli* и предотвращает неправильное деление клетки [1]. Механизмы этого взаимодействия до сих пор не до конца ясны, а их моделирование затруднено тем, что классические инструменты, используемые в таких моделях, обладают слабой эффективностью в задачах с динамикой структуры моделируемой поверхности. В этой работе предлагается метод построения трехмерной неоднородной решетки, позволяющий имитировать различные формы поверхности бактериальных клеток и моделировать их динамику (т.е. клеточный рост и деление). На основе предложенного метода разработана клеточно-автоматная модель процесса самоорганизации белков MinDE в бактериях *E. coli*. В отличие от существующих моделей [2], предлагаемая модель позволяет имитировать рост и деление клетки во время самоорганизации белков, что позволяет изучать двустороннюю связь между этими процессами. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (14-01-31425 mol_a).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Lutkenhaus J.* Assembly dynamics of the bacterial MinCDE system and spatial regulation of the Z ring // *Annu. Rev. Biochem.* 2007. № 76. P. 539-562.
2. *Bonny M., Fischer-Friedrich E., Loose M et al.* Membrane Binding of MinE Allows for a Comprehensive Description of Min-Protein Pattern Formation // *PLOS Computational Biology.* 2013. Т.9. №12. С.1–12

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ФИЗИОЛОГИИ.
ВОПРОСЫ ИДЕНТИФИЦИРУЕМОСТИ**Воронов Д.А.^{1,2}, Белоног А.Ю.¹, Вострикова Е.И.¹, Гродзь А.А.¹¹ Новосибирский государственный университет,² Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск, Россия
dmitriy.voronov.89@gmail.com

С помощью закона сохранения массы математические модели физиологии представляются в виде систем (нелинейных) дифференциальных уравнений (1):

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x(t), p) + \sum_{i=1}^n g_i(x(t), p)u_i(t) \\ x(0) = x_0 \\ y(t) = h(u(t), x(t), p) \end{cases} \quad (1)$$

где $x(t)$ – n -мерная функция состояния (масса, концентрация и т.д.), $y(t)$ – k -мерная функция выходных данных (экспериментальные данные), $u(t)$ – функция входных данных (например, в фармакокинетике – доза препарата), p – ν -мерный вектор искомых параметров.

В докладе освещаются вопросы идентифицируемости математических моделей, ключевые при практическом решении биологических задач. Представлен сравнительный анализ численных методов решения обратных задач (определение вектора p) физиологии на примере различных моделей (фармакокинетические модели, модель контроля глюкозы-инсулина и т.д.). Представлены результаты численных экспериментов как с синтетическими (в том числе с зашумленными), так и с реальными экспериментальными данными. Рассмотрен вопрос выбора начальных приближений для итерационных методов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *С.И. Кабанихин* "Обратные и некорректные задачи" // Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2009
2. *E. Carson, C. Cobelli* "Modelling Methodology for Physiology and Medicine" // Academic Press, 2001

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ МЕТОДОМ НЕЛДЕРА - МИДА ДЛЯ ДВУХ ФАРМАКОКИНЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Вострикова Е.И.¹, Воронов Д.А.^{1,2}, Кабанихин С.И.^{1,2}

¹ Новосибирский государственный университет, Новосибирск

² Институт вычислительной математики и математической геофизики, Новосибирск
vostrikova-liza@inbox.ru

В работе рассмотрена фармакокинетическая модель, используемая для анализа профилей радиоактивности после внутривенной инъекции [¹²³I]IPEA крысам [1]:

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = A \cdot e^{-k_1 \cdot t} - (k_2 + k_3) \cdot x_1, X_1(0) = 0 \\ \frac{dX_2}{dt} = k_3 \cdot x_1 - k_4 \cdot x_2, X_2(0) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Здесь X_1 - исходное количество [¹²³I]IPEA в печеночной камере, X_2 - количество радиоактивных метаболитов в печеночной камере, $A \cdot e^{-k_1 \cdot t}$ - скорость переноса [¹²³I]IPEA из крови в печень, k_2 - константа скорости переноса [¹²³I]IPEA из печени, k_3 - постоянная скорости метаболизма в печени, k_4 - константа скорости переноса радиоактивных метаболитов из печени.

Задача заключается в нахождении параметров A, k_1, k_2, k_3, k_4 по дополнительной информации о функциях X_1, X_2 . В докладе представлены результаты численных экспериментов, полученные с помощью метода Нелдера - Мида.

Также данный алгоритм был применен для модели контроля глюкозы - инсулина [3]:

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = -p_2 \cdot X(t) + p_3 \cdot (I(t) - I_b), X(0) = 0 \\ \frac{dG}{dt} = -X(t) \cdot G(t) + p_1 \cdot (G_b - G(t)), G(0) = G_0 \end{cases} \quad (2)$$

Здесь X - количество инсулина во внутритканевом пространстве, I - концентрация инсулина в плазме, G - концентрация глюкозы в плазме. Определяются 4 параметра: G_0, p_1, p_2, p_3 , где p_3/p_2 - чувствительность к инсулину, p_1 - эффективность глюкозы.

Для модели (1) представлены результаты численных экспериментов для синтетических данных (в том числе и зашумленных), а для модели (2) - как для синтетических, так и для реальных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yamamura N. et al. Pharmacokinetic analysis of ¹²³I-labeled medium chain fatty acid as a radiopharmaceutical for hepatic function based on beta-oxidation // Annals of nuclear medicine. - 1999. - Т. 13. - №. 4. - С. 235-239.
2. Nelder J. A., Mead R. A simplex method for function minimization // The computer journal. 1965. - Т. 7. - №. 4. - С.308-313.
3. Kerner D. R. Minimal Models for Glucose and Insulin Kinetics.

ЧИСЛЕННЫЙ АСПЕКТ АЛГОРИТМА 3.5D КОНЦЕНТРАЦИИ МАСС

Гласко Ю.В.

*Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова,
Научно-исследовательский Вычислительный Центр, Москва
glaskoyv@mail.ru*

В [1] была представлена математическая модель процесса выметания масс и на ее основе модель обратного выметанию процесса концентрации масс. Первая модель есть смешанная краевая задача для параболического уравнения, вторая- получается из первой дополнением ее условием цели в конечный момент процесса выметания. Соответствующая проблема подбора при минимизации квадрата невязки между расчетной и целевой плотностями решается нами в кубе- трехмерной палетке. Цель концентрации заключается в определении 2-ух параметров: области (суть суммы областей) вызвавшей наблюдаемое поле и ее плотности.

При численной реализации модели выметания, мы подобно подходу практикуемому в сингулярных задачах уходим от решения непосредственно указанной краевой проблемы. В нашем случае, вместо метода конечных разностей мы используем численный аналог самого процесса, базируясь на модификации конечно-элементного метода предложенной Д.Зидаровым. Данный подход позволяет ослабить требования на искомую функцию-плотность, что в практических условиях георазведки УВ более точно отражает действительность.

Использование произведения отрезка допустимых плотностей (относительно искомой функции плотности) на куб (относительно координат области определения этой функции), позволяет рассматривать обратную задачу концентрации на компакте. Наряду с этим, мы можем сократить время счета, уточнить расположение областей, обеспечить устойчивость, увеличить априорную информацию. При моделировании плотностей мы используется метод Монте-Карло, таким образом численный метод приобретает статистическую характеристику. В то же время, мы уменьшали шаг сетки, для определения характерных для того или иного расположения источников всплесков выметанных на грани куба плотностей. Эта информация позволяет сократить время расчета.

Алгоритм показал приемлемое время расчета, точность определения плотностей, устойчивость. Задание сегмента искомым плотностей (в нашем случае нефти) позволяет в ряде случаев определить искомые области без дополнительной априорной информации.

Работа проводилась в рамках НИР N14 "Создание и развитие информационных систем учебного и административного назначения МГУ"(ЦИТИС 01201253080).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гласко Ю.В.* Задача концентрации масс.// Физика Земли. 2015. Т.51. N2. С. 37-43.

**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОДНОМЕРНЫХ УРАВНЕНИЙ ГАЗОВОЙ
ДИНАМИКИ В ЛАГРАНЖЕВЫХ КООРДИНАТАХ МЕТОДОМ
ГОДУНОВА**

Годунов С.К.¹, Ключинский Д.В.², Воронов Д.А.²

¹*Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Новосибирск*

²*Новосибирский государственный университет, Новосибирск dmitriy_klyuchinskiy@mail.ru*

В работе рассмотрена новая формулировка метода Годунова, гарантирующая неубывание энтропии. Сформулированы поправки правых частей в некоторых уравнениях одномерной системы газовой динамики в лагранжевых координатах, которые приводят к доказательному свойству неубывания энтропии численного решения.

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial m} &= -h^{2k-1} u \frac{1}{V^{2k+1}} \left(\frac{\partial p}{\partial m} \right)^{2k} \\ -\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial m} &= 0 \\ \frac{\partial S}{\partial t} &= h^{2k-1} \frac{u^2}{E_S} \frac{1}{V^{2k+1}} \left(\frac{\partial p}{\partial m} \right)^{2k} \\ \frac{\partial}{\partial t} \left(E(V, S) + \frac{u^2}{2} \right) + \frac{\partial(pu)}{\partial m} &= 0 \end{aligned}$$

Здесь $m(x, t)$ – массовая лагранжева координата; $u(m, t)$ – скорость газа, $p(m, t)$ – давление, $V(m, t)$ – объем, $S(m, t)$ – энтропия, $E(m, t)$ – внутренняя энергия газа; h – пространственный шаг разностной сетки, $k \geq 1$.

Экспериментальное обоснование рассматриваемой модели было проведено на нескольких задачах. На примере задачи Римана о распаде произвольного разрыва показано, что численное решение, полученное с помощью линейаризованной схемы Годунова-Куликова [1], стремится к аналитическому при достаточно большом измельчении расчетной сетки; выполняются соотношения на ударных волнах и волнах разрежения; ударная волна, вычисленная численно, идет с правильной (аналитической) скоростью. При решении задачи об одной ударной волне наблюдаются аналогичные результаты, однако в случае сильной ударной волны замечено, что её численная скорость меньше аналитической. Сформулированы предположения, объясняющие этот факт. Также в зоне ударной волны оценена погрешность от внесенного в уравнение дополнительного слагаемого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.К. Годунов, И.М. Куликов. Расчет разрывных решений уравнений гидродинамики с гарантией неубывания энтропии. // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. – 2014. – 54:6. – С. 1008-1021.

ИДЕНТИФИЦИРУЕМОСТЬ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ БИОЛОГИИ

Гродзь А.А.¹, Воронов Д.А.^{1,2}, Кабанихин С.И.^{1,2}

Новосибирский государственный университет, Новосибирск (1)

Институт Вычислительной Математики и Математической Геофизики, Новосибирск
(2)

nastya-grodz@yandex.ru

Динамические модели биологии и физиологии могут быть описаны системами дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = f(x(t), p) + \sum_{i=1}^n g(x(t), p)u_i(t) \\ y(t) = h(u(t), x(t), p) \end{cases} \quad (1)$$

где $x(t)$ - n -мерная функция состояния (например масса, концентрация и т.д.), $y(t)$ - k -мерная функция выходных данных (т.е. в момент времени t известна концентрация лекарства), $u(t)$ - функция входных данных (например доза препарата), p - ν -мерный вектор неизвестных параметров.

Определение Модель (1) называется *идентифицируемой*, если её параметры $p = [p_1, \dots, p_\nu]$ можно однозначно получить по данным измерений $y(t)$.

В докладе представлен обзор методов анализа идентифицируемости. Метод передаточной функции, который разработан для линейных моделей и основан на использовании отношения функции ввода к функции вывода. Метод разложения в ряд Тейлора, он основан на анализе разложения в ряд функции вывода в точке $t_0 = 0$. Метод, основанный на теореме о неявной функции. И последний метод, который основан на теории дифференциальной алгебры. Этот метод заключается в отождествлении системы дифференциальных уравнений с дифференциальными многочленами и отыскании из него характеристического набора, который несет информацию об идентифицируемости модели. Рассмотрены примеры с применением этих методов: модель глюкозы-инсулина, дыхательной системы, модель, описывающая липопротеиновую кинетику и т.д., определены условия идентифицируемости моделей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. E. Carson, C. Cobelli "Modelling Methodology for Physiology and Medicine"// Academic Press, 2001
2. E. Carson, C. Cobelli "Introduction to Modelling in Physiology and Medicine"// Elsevier Inc., 2008
3. G. Bellu, M. Saccomani, S. Audoly, L. D'Angio "Comput Methods Programs Biomed."// Elsevier Ireland Ltd. , 2007

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ТЕХНОЛОГИЯ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ
ЗАДАЧИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ ВОЛН В ДВУХМЕРНОЙ
ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ СРЕДЕ**

Гуш М.Н.

*Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск
mgush@mail.ru*

В работе рассматривается подход к решению обратной задачи распространения упругих волн в двухмерной неоднородной горизонтально-слоистой осесимметричной среде.

Источник упругих волн расположен на свободной границе среды на оси симметрии. На основе данных снятых на поверхности расчётной области и многократного решения прямой задачи осуществляется подбор толщин и упругих параметров слоёв.

Поиск неизвестных параметров задачи осуществляется путём решения задачи минимизации функционала, представленного в виде суммы квадратов отклонений практических данных от расчётных данных при выбранном наборе параметров [1].

Прямая задача распространения упругих волн описывается математической моделью представленной в [2] и решается с использованием метода конечных элементов [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жданов М.С.* Теория обратных задач и регуляризации в геофизике – Москва : Научный мир, 2007. – 272 с.
2. *Новацкий В.* Теория упругости – Москва : «Мир», 1975. – 872 с.
3. *Соловейчик Ю.Г., Рояк М.Э., Персова М.Г.* Метод конечных элементов для решения скалярных и векторных задач : учебное пособие – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2007. – 896 с.

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В
РЕФРАКЦИОННОЙ ТЕНЗОРНОЙ ТОМОГРАФИИ**

Деревцов Е.Ю.

*Институт математики им. С. Л. Соболева, Новосибирск
Новосибирский государственный университет, Новосибирск
dert@math.nsc.ru*

Принятые в томографии математические модели допускают включение в себя явления рефракции. Чаще всего это делается путем задания римановой метрики, которая в рамках возникающей *рефракционной томографии* предполагается известной. Большую общность приводит к усложнению математического аппарата. Кроме того, подавляющая часть численных методов и алгоритмов, разработанных в предположении прямолинейного характера распространения лучей, либо неприменима, либо нуждается в серьезном обобщении и переработке. Истоки рефракционной тензорной томографии лежат в интегральной геометрии тензорных полей [1].

Лучевые преобразования, действующие на тензорные поля, обладают ненулевыми ядрами [2], структура которых тесно связана с разложением поля на соленоидальную и потенциальные части. Таким образом, если известны не все лучевые преобразования, то однозначно восстановить можно лишь часть исходного поля. Отсюда возникают трудности при использовании численных методов в задачах тензорной томографии, поставленных даже в средах без рефракции.

Численные методы и алгоритмы, основанных на преобразованиях Фурье, Рисса и Гильберта, теореме о центральном сечении и формулах обращения в рефракционной томографии использовать практически невозможно, если не предполагать малость рефракции либо существенно сужать класс метрик. Привлечение метода наименьших квадратов возможно в двух вариантах. Применение специальных базисов приводит напрямую к построению аппроксимации соответствующей части поля, но построение таких базисов — сложная задача. Использование же покоординатных базисов приводит к необходимости численного решения краевых задач для эллиптических систем, но указанный подход универсален. Метод сингулярного разложения, по-видимому, применим в своем конечномерном варианте, но построение сингулярных разложений операторов лучевых преобразований (для сред с рефракцией) — нерешенная задача.

Работа проводилась при частичной поддержке Отделения математических наук РАН (проект 1.3.1-2015).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шарафутдинов В. А.* Интегральная геометрия тензорных полей. // Новосибирск: Наука. — 1993.
2. *Деревцов Е. Ю.* Томография сложных сред: модели, методы, алгоритмы. Часть II. Модели векторной и тензорной томографии. // Горно-Алтайск: Горно-Алтайский государственный университет. — 2010. — 84 с.

О ЗАДАЧЕ РЕКОНСТРУКЦИИ МНОЖЕСТВА ТОЧЕК СИНГУЛЯРНОГО НОСИТЕЛЯ ФУНКЦИИ ПО ТОМОГРАФИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Деревцов Е.Ю.^{1,2}, Касымбеков А.С.³, Мальцева С.В.^{1,2}, Светов И.Е.^{1,2}, Султанов М.А.³

¹*Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Новосибирск*

²*Новосибирский государственный университет, Новосибирск*

³*Международный казахско-турецкий университет им. Х.А. Ясави, Туркестан
dert@math.nsc.ru*

В классических математических дисциплинах, таких как математический и функциональный анализ, теория дифференциальных уравнений и функций комплексного переменного, уравнений математической физики и других, большая часть основных результатов получена в предположении дифференцируемости функций. С другой стороны, не менее важна и задача разработки методов исследования разрывных функции или функций с разрывными производными. В частности, это методы восстановления и анализа множества точек сингулярного носителя функции по данным томографического типа.

Известный алгоритм визуализации множества разрывов функции по ее преобразованию Радона был предложен в 1985 г. Суть алгоритма состоит в двойном дифференцировании по одной из переменных исходных томографических данных (преобразования Радона) с последующим использованием оператора обратной проекции. Применение указанного оператора позволяет визуально выделить множества точек разрыва исходной функции и/или ее первой производной. Позже были предложены и другие подходы к решению задачи восстановления разрывов. В частности последовательное применение к преобразованию Радона операторов обратной проекции и дифференцирования по пространственным переменным приводит к логарифмическому возрастанию значений результирующей функции при стремлении точки к линии разрыва.

В последние годы постановка задачи восстановления разрывов была существенно обобщена, и в настоящее время может трактоваться как задача восстановления сингулярного носителя функции по ее известному преобразованию Радона [1]. Обобщение постановки привело к разработке новых методов и алгоритмов для восстановления сингулярного носителя функции по различным данным томографического типа.

Работа проводилась при частичной поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан (проект 3630/ГФ4-2015).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деревцов, Е. Ю., *Некоторые подходы к задаче визуализации сингулярного носителя скалярных, векторных и тензорных полей по томографическим данным*, Сиб. Электронные Матем. Известия, **Т. 5**, 632-646 (2008).

ЧИСЛЕННЫЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ СЕЙСМИКИ

Екимова М.А.¹, Белоносов А.С.²

¹ *Новосибирский Государственный Университет, Новосибирск*

² *ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск*
ekimova.m.a@gmail.com

В сейсморазведке одним из основных методов обработки данных полевых измерений является метод многократных перекрытий. Наличие неоднородностей в верхней части разреза (ВЧР) геологической среды вносит искажения в данные и значительно затрудняет применение данного метода. Исключение искажающего влияния ВЧР возможно путем определения ее интегральных характеристик по области наблюдения – так называемых статических поправок. При этом важную роль играет достоверное определение низкочастотной составляющей статической поправки. Задача по определению таких составляющих сводится к решению обратной кинематической задачи (ОКЗ) для определения скоростного строения среды по временам первых вступлений рефрагированных волн.

В работе приведен итерационный алгоритм решения ОКЗ, основанный на методе сейсмотомографии. В качестве начального приближения используется скоростное строение среды, полученное посредством применения локально-линейного метода. Важно отметить, что функции скоростей распространения упругих колебаний в среде, восстановленные на каждой из итераций алгоритма, должны обладать свойством гладкости. Гладкая аппроксимация сеточных функций осуществляется с помощью базисных функций. Базисная функция представляет собой импульсную характеристику цифро-аналогового фильтра, которая строится с использованием окна Блэкмана.

Обращение матрицы линеаризованного оператора прямой кинематической задачи обычно производится с помощью LSQR алгоритма. В данной работе исследована возможность построения устойчивого приближенного решения путем обращения этой матрицы на основе сингулярного разложения. Алгоритм решения ОКЗ с использованием сингулярного разложения опробован на «сильно нелинейной» скоростной модели. Также проведена серия экспериментов по сравнению эффективности обоих методов.

СРАВНЕНИЕ ИТЕРАЦИОННЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ДИРИХЛЕ ДЛЯ ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ

Еремеева М.С.

Северо-Восточный федеральный университет, Якутск
maya.ermeeva@gmail.com

Итерационные методы широко используются для численного решения обратных задач математической физики. Решение обратной задачи сводится к минимизации целевого функционала, сопоставленного обратной задаче [1], задача минимизации функционала, в свою очередь, решается с помощью итерационных методов [2,3].

В поставленной задаче Дирихле волнового уравнения заданы граничные условия и смещения струны (мембраны) в начальный и конечный момент времени. Задача относится к классу условно корректных задач математической физики [4].

В работе проводится сравнение эффективности следующих итерационных методов: простых итераций, скорейшего спуска, минимальных невязок и сопряженных градиентов. Расчеты проводились для одномерной и для двумерной задач.

Рассмотрен расчет задачи с входными данными, заданными с погрешностью, и сглаживание подобных данных [5] для одномерной задачи.

Статья является продолжением работы, где проводилось сравнение эффективности итерационных методов для решения ретроспективной задачи уравнения теплопроводности [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакушинский А. Б., Гончарский А. В. Итеративные методы решения некорректных задач. Наука, 1989.
2. Самарский А. А., Вабичевич П. Н. Численные методы решения обратных задач математической физики. М.: URSS
3. Самарский А. А., Николаев Е. С. Методы решения сеточных уравнений. Наука, 1978.
4. Кабанихин С. И. Обратные и некорректные задачи // Москва, Издательский центр Академия. 2008.
5. Васильев В. И., Попов В. В., Еремеева М. С., Кардашевский А. М. Итерационное решение одной неклассической задачи для уравнения колебаний струны // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2015. № 3. С. 77–87.
6. Еремеева М. С. Сравнение итерационных методов решения обратной ретроспективной задачи теплопроводности // Вестник СВФУ. 2015. Т. 12. № 1. С. 15–24.

**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАДАЧ ДЛЯ
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ВИЧ**

Ермоленко Д.В.

Новосибирский государственный университет, Новосибирск

ermolenko.dasha@mail.ru

В работе разработан численный алгоритм решения обратной задачи для математической модели распространения внутриклеточной ВИЧ инфекции без врачебного вмешательства [1]:

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = \Lambda + rT\left(1 - \frac{T+T_1^*+T^*}{T_{max}}\right) - kVT - \mu T, \\ \frac{dT_1^*}{dt} = kVT - \mu_1 T_1^* - \alpha T_1^*, \\ \frac{dT^*}{dt} = \alpha T_1^* - \delta T^*, \\ \frac{dV}{dt} = N\delta T^* - cV - kVT, \\ T(0) = T_0, T_1^*(0) = T_{10}^*, T^*(0) = T^*_0, V(0) = V_0. \end{cases} \quad (1)$$

$$T(t_k) = T_k, T_1^*(t_k) = T_{1k}^*, T^*(t_k) = T^*_k, V(t_k) = V_k. \quad (2)$$

Здесь T – неинфицированные клетки-мишени, T_1^* – латентно инфицированные клетки, T^* – инфицированные, V – концентрация вируса, $\beta = (\Lambda, r, T_{max}, k, \mu, \mu_1, \alpha, \delta, N, c)^T$ – вектор неизвестных параметров, характеризующий особенности иммунитета и заболевания.

Обратная задача (1)-(2) заключается в определении вектора параметров β по дополнительной информации (2). Решение обратной задачи получено с помощью эволюционных методов [2]. Проведен анализ полученных численных результатов.

Работа проводилась при частичной поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Alan S. Perelson and Patrick W. Nelson *Mathematical Analysis of HIV-I: Dynamics in Vivo.* // SIAM Review, Vol. 41, No.1, 1999, pp. 3-44.
2. Goldberg D.E. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning* // Addison-Wesley, Reading, MA, 1989.
3. Кабанихин С.И. *Обратные и некорректные задачи.* Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2009.

**ПРИЛОЖЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО МЕТОДА НЕВЯЗКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ЗАДАЧИ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Ершова А.А.

*Южно-уральский государственный университет, Челябинск
anua.erugina@yandex.ru*

Связь энергетического спектра бозе - системы с ее теплоемкостью, зависящей от температуры, описывается интегральным уравнением первого рода

$$Sn(s) = \int_a^b K(s,t)n(s)ds = \frac{f(t)}{t}; 0 < t \leq \infty \quad (1)$$

Предполагается, что при $f(t) = f_0(t)$ существует точное решение $n_0(s)$ уравнения (1), которое принадлежит множеству M , где

$$M = \{n(s) : n(s), n'(s) \in L_2[a, b], n(a) = 0\}.$$

Предлагается, что точное значение f_δ нам неизвестно, а вместо него даны $f_\delta(s) \in L_2(0, \infty)$, $\delta > 0$ такие, что

$$\left\| \frac{f_\delta}{t} - \frac{f(t)}{t} \right\|_{L_2} < \delta.$$

По $f_\delta(t)$, δ и M определено приближенное решение $n_\delta(t)$ и получена оценка его отклонения от точного решения $n_0(t)$ в метрике пространства $L_2[a, b]$.

Для решения (1) использовался метод регуляризации Андрея Николаевича Тихонова первого порядка, а параметр регуляризации выбирался из обобщенного принципа невязки.

**МССА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ПО ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА И
ВРАЩЕНИЮ ЗЕМЛИ**

Зотов Л.В.

*ГАИШ МГУ, МИЭМ ВШЭ, Москва**wolftempus@gmail.com*

Методом многоканального сингулярного спектрального анализа (МССА) выполнен анализ данных по климату (глобальная температура на Земле и уровень моря) и вращению Земли (продолжительность суток LOD и Чандлеровское колебание полюса). Выявлено сходство на шкалах 70 и 20 лет. МССА обобщен для выявления дифференциальных взаимосвязей.

**РЕАЛИЗАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ МАТРИЦЫ ТЕНИ ДЛЯ
АЛГОРИТМА ДИФРАКЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНКВ**¹ Зятыков Н.Ю., ² Айзенберг А.А., ³ Айзенберг А.М.¹ Новосибирский государственный университет, Новосибирск² Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway³ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А.Трофимюка СО РАН,
Новосибирск
nikolay.zyatkov@gmail.com

В данной работе представлены алгоритмы вычисления и оптимизации хранения матрицы тени. Процедура построения этой матрицы является важной частью разрабатываемого высокооптимизированного пакета программ Метода Наложения Концевых Волн (МНКВ) [1, 2] для сейсмического и дифракционного моделирования в слоистых средах с границами произвольной формы. Алгоритм вычисления данной матрицы позволяет для заданной границы сложной формы определять её зоны геометрической тени, необходимые для моделирования каскадной дифракции. В докладе будут представлены алгоритмы построения семейства зон виртуальной тени для границ слоёв сложной формы, а также алгоритм оптимизации хранения подобных матриц в памяти ЭВМ. В качестве результата использования реализации данной матрицы в пакете МНКВ, будут показаны сейсмограммы для случая огибания сейсмических волн соляных навесов с границами сложной формы.

Работа проводилась при частичной поддержке министерства образования РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Aizenberg A.M., Ayzenberg A.A.* Feasible fundamental solution of the multiphysics wave equation in inhomogeneous domain of complex shape. *Wave Motion*, 2015, 53, 66-79.
2. *N. Zyatkov, A. Ayzenberg, A.M. Aizenberg, and A. Romanenko* Highly-optimized TWSM Algorithm for Modeling Cascade Diffraction in Terms of Propagation-absorption Matrices, *Proceedings of the 75th Conference and Exhibition, European Association of Geoscientists & Engineers, London, England (2013), Th-P02-11.*

О РЕАКЦИИ БЕЛОУСОВА-ЖАБОТИНСКОГО

Икрамов Р.Д., Мустафина С.А.

*Стерлитамакский филиал Башкирского Государственного Университета, Стерлитамак
rustam_ikramov@mail.ru*

Колебательные реакции – это реакции, в которых могут наблюдаться периодические изменения концентраций реагирующих веществ или скоростей реакции во времени. Изучение колебательных реакций остается актуальной задачей химической кинетики, т.к. позволяет понять суть явления катализа и закономерность периодических процессов, протекающих в живых организмах, а также дает возможность сформулировать принципы использования периодических процессов в химической технологии.

Особый интерес вызывают колебательные химические реакции в гомогенной жидкой среде. Наиболее известной является окисление органических кислот и их эфиров бромат-ионом, катализируемое ионами металлов. Подобный класс реакций был обнаружен Б.П. Белоусовым, в ходе проведения которых он заметил периодическое изменение цвета раствора при окислении лимонной кислоты броматом в растворе в присутствии ионов церия. Подобный класс реакций называется реакцией Белоусова-Жаботинского [1].

Полный механизм реакции Белоусова-Жаботинского был сделан Р. Нойесом, Е. Керешом, Р. Филдом [2]. Такой механизм насчитывает 18 реакций и 21 химическое соединение, принимающее в них участие. Упрощенный механизм реакции Белоусова-Жаботинского был предложен теми же авторами и назван «Орегонатором» со ссылкой на университет штата Орегон.

Данная реакция является типичным примером колебательных реакций, моделированием и численным исследованием которой занимаются многие ученые, но до настоящего времени остается открытым вопрос разработки методов и алгоритмов решения обратных задач поиска и уточнения кинетических параметров реакции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ikramov R.D., Mustafina S.A.* Numerical study of the Belousov-Jabotinsky's reaction models on the basis of the two-phase Rozenbrock's method with complex coefficients // *International Journal of Applied Engineering Research*, 2014, Vol. 9, Issue 22, p. 12797-12801.
2. *Икрамов Р.Д.* Численное исследование моделей реакции Белоусова-Жаботинского на основе двухстадийного метода Розенброка с комплексными коэффициентами // *Системы управления и информационные технологии*, 2014, №2, с. 11-14.

ОДИН КЛАСС ЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ПЕРВОГО РОДА С ДВУМЯ НЕЗАВИСИМЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ

Каденова З.А.

Ошский технический университет, Ош, Кыргызстан

kadenova71@mail.ru

На основе метода неотрицательных квадратичных форм для линейных интегральных уравнений первого рода с двумя независимыми переменными доказаны теоремы единственности решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Магницкий Н.А.* Линейные интегральные уравнения Вольтерра первого и третьего рода. // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1979. Т.19. №4. с. 970-989.
2. *Лаврентьев М.М.* Об интегральных уравнениях первого рода. // ДАН СССР. 1959. Т.127. №1. с. 31-33.
3. *Лаврентьев М.М., Романов В.Г., Шишатский С.П.* Некорректные задачи математической физики и анализа. М.: Наука, 1980. 286 с.
4. *Иманалиев М.И., Асанов А.* О решениях систем нелинейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода. // ДАН 2007. Т. 415. №1. с. 14-17.
5. *Асанов А.* О единственности решения операторных уравнений Вольтерра. // Известия АН Киргизской ССР. 1988. №1. с.13-18.
6. *Асанов А., Каденова З.А.* Регуляризация и устойчивость систем линейных интегральных уравнений Фредгольма первого рода. // Вестник Самарского Государственного Технического Университета. Серия физико-математические науки. Самара: Сам ГТУ. 2005. №38. с. 11-14.
7. *Денисов А. М., Коровин С. В.* // Вестник МГУ. Вычислительная математика и кибернетика. 1992. №3. с. 22-28.
8. *Aparstyn A.S.* Nonclassical linear Volterra Equations of the First Kind. Amsterdam: VSP, 2003. 168 p.
9. *Asanov A.* Regularization, Uniqueness and Existence of Solutions of Volterra Equations of the First Kind. Amsterdam: VSP, 1998. 276 p.
10. *Bukhgeim A. L.* Volterra Equations and Inverse Problems. Amsterdam: VSP, 1999. 204 p. а720071, Бишкек, Проспект Чуй 265а, Институт теоретической и прикладной математики Национальной академии наук кыргызской Республики.

**РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ
УРАВНЕНИЙ ФРЕДГОЛЬМА ПЕРВОГО РОДА В НЕОГРАНИЧЕННЫХ
ОБЛАСТЯХ**

Каденова З.А., Орозмаматова Ж.Ш.

Ошский технический университет, Ош, Кыргызстан

kadenova71@mail.ru

В настоящей статье рассмотрена регуляризация и получены оценки устойчивости решений систем линейных интегральных уравнений Фредгольма первого рода в неограниченных областях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лаврентьев М.М.* Об интегральных уравнениях первого рода. // ДАН СССР. 1959. Т.127, № 1. с. 31-33.
2. *Лаврентьев М.М., Романов В.Г., Шилатский С.П.* Некорректные задачи математической физики и анализа. М.: Наука, 1980.
3. *Иманалиев М.И., Асанов А.* О решениях систем нелинейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода. // ДАН СССР. 1989. Т. 309. № 5. с. 1052-1055.
4. *Asanov A., M. Haluk Chelik, Kadenova Z. A.* Uniqueness and Stability of Solutions of Linear Integral Equations of the First Kind with Two Variables - International journal of contemporary mathematical sciences Vol. 7, 2013, no. 19, 907 - 914.HIKARI Ltd.
5. *Asanov A., Kadenova Z. A.* Uniqueness and Stability of Solutions for Certain Linear Equations of the First Kind with Two Variables- Bulletin of Peoples Friendship of Russia. Moscow, Russia- 2013, №3- С. 30-36.

**РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ
УРАВНЕНИЙ ФРЕДГОЛЬМА ВТОРОГО РОДА В НЕОГРАНИЧЕННЫХ
ОБЛАСТЯХ**

Каденова З.А.

*Ошский технический университет, Ош, Кыргызстан
kadenova71@mail.ru*

В настоящей статье рассмотрена регуляризация и получены оценки устойчивости решений систем линейных интегральных уравнений Фредгольма первого рода в неограниченных областях.

Отметим, что интегральные уравнения первого рода или интегральные уравнения, сводящиеся к ним, ранее изучались частности в [1]-[4], где были получены теоремы единственности, устойчивости и регуляризации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лаврентьев М.М.* Об интегральных уравнениях первого рода. // ДАН СССР. 1959. Т.127, № 1. с. 31-33.
2. *Лаврентьев М.М., Романов В.Г., Шишатский С.П.* Некорректные задачи математической физики и анализа. М.: Наука, 1980. *Asanov A., M. Haluk Chelik, Kadenova Z. A.* Uniqueness and Stability of Solutions of Linear Integral Equations of the First Kind with Two Variables - International journal of contemporary mathematical sciences Vol. 7, 2013, no. 19, 907 - 914. HIKARI Ltd.
3. *Asanov A., Kadenova Z. A.* Uniqueness and Stability of Solutions for Certain Linear Equations of the First Kind with Two Variables- Bulletin of Peoples Friendship of Russia. Moscow, Russia- 2013, №3- С. 30-36.

**ЗАДАЧА КОШИ ДЛЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ПРИ
ИССЛЕДОВАНИИ КОНТАКТНОЙ ЛИНИИ „ТВЕРДОЕ ТЕЛО –
ЖИДКОСТЬ – ПАР“**

Карчевский А.Л.^{1,3}, Марчук И.В.^{1,2}

¹ *Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Новосибирск*

² *Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск*

³ *Новосибирский государственный университет, Новосибирск*

karchevs@math.nsc.ru

Процессы переноса в области динамической трехфазной контактной линии «твёрдое тело – жидкость – пар» являются одной из важнейших нерешенных проблем физики. Недостаточно полное понимание процессов переноса в области линии контакта трех фаз сдерживает развитие исследований целого ряда явлений, таких как, например, кипение, кавитация, ручейковые течения, разрушение пленок жидкости, растекание и испарение капель, капельная конденсация и др. Изучение процессов переноса в области контактной линии «твёрдое тело – жидкость – пар» требует более совершенной технологии определения потока тепла на недоступной для измерений части границы твёрдого тела - требуется усовершенствование метода нагреваемой тонкой фольги. В отличие от существующего варианта мы не предполагаем, что коэффициент теплопроводности фольги равен нулю, а предлагаем решать задачу продолжения теплового поля. В работе представлен экономичный алгоритм численного решения задачи Коши для эллиптического уравнения, основанный на методе сопряжённого оператора, с апробацией на экспериментальных данных. Результаты опубликованы в работах [1], [2].

Работа частично поддержана грантом РФФИ 14-01-00208.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Karchevsky A.L.* Reformulation of an inverse problem statement that reduces computational costs. // Eurasian Journal of Mathematical and Computer Applications. - 2013. - Vol. 1, № 2, p. 5-20.
2. *A.L. Karchevsky, I.V. Marchuk, O.A. Kabov* Calculation of the heat flux near the liquid-gas-solid contact line // Applied Mathematical Modelling, 2015, doi:10.1016 /j.apm.2015.06.018

ЗАДАЧА ПРОДОЛЖЕНИЯ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ АКУСТИКИ

Касенов С.Е.

Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы
syrym.kasenov@mail.ru

Постановка задачи продолжения для уравнения акустики

Рассмотрим задачу продолжения в области $\Delta(L_x) = \{(x, t) : x \in (0, L_x), t \in (x, 2L_x - x)\}$: Сделаем преобразование в виде $u(x, t) = v(x, t) \cdot e^{\frac{1}{2} \ln \rho(x)}$

Тогда мы получим следующую постановку

$$u_{tt} = u_{xx} - \frac{\rho_x}{\rho} u_x \quad (1) \qquad v_{tt} = v_{xx} - r(x)v \quad (4)$$

$$u_x(0, t) = g(t), \quad (2) \qquad v_x(0, t) = \phi(t), \quad (5)$$

$$u(0, t) = f(t). \quad (3) \qquad v(0, t) = f(t). \quad (6)$$

Прямая и обратная задача Рассмотрим некорректную задачу (4) — (6) как обратную к следующей прямой (корректной) задаче. В области $\Delta(L_x) = \{(x, t) : x \in (0, L_x), t \in (x, 2L_x - x)\}$ требуется определить $v(x, t)$ по заданным $q(x)$ и $\phi(t)$ из соотношений:

$$v_{tt} = v_{xx} - r(x)v \qquad (x, t) \in \Delta(L_x) \quad (7)$$

$$v_x(0, t) = \phi(t), \qquad t \in (0, 2L_x) \quad (8)$$

$$v(x, x) = q(x), \qquad x \in (0, L_x), \quad (9)$$

В прямой задаче (7) — (9) требуется определить $v(x, t)$ по заданным $q(x)$ и $\phi(t)$. Обратная задача заключается в определении функции $q(x)$ из соотношении (7) — (9) по дополнительной информации о решении прямой задачи (7) — (9)

$$u(0, t) = f(t). \quad (10)$$

Теорема 1. (существование обобщенного решения прямой задачи) Если $q, \phi \in H^1(\Delta(L_x))$ и $\|r(x)\|_{C^1((0, L_x))} \leq M$, то прямая задача (7) — (9) имеет единственное обобщенное решение $v \in H^1(\Delta(L_x))$ и верна оценка

$$\|v\|^2(t) \leq C_*(M) \cdot (\|q\|^2(L_x) + \|\phi\|^2(2L_x)) \quad (11)$$

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК №1746 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабанихин С.И., Бектемесов М.А., Нурсеитова А.Т. Итерационные методы решения обратных и некорректных задач с данными на части границы. — Алматы-Новосибирск: ОФ «Международный фонд обратных задач», 2006.

**УТОЧНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТУБЕРКУЛЕЗА ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ
ДАНЫМ ГОРОДА МОСКВЫ**

Каштанова В.Н.

*Новосибирский государственный университет, Новосибирск
VikaKashanova@yandex.ru*

Эпидемия туберкулеза сопровождается не только количественными, но и выраженными качественными изменениями этого заболевания, специфичными для разных регионов. Для разработки в отдельно взятом регионе эффективного плана мероприятий по выявлению и лечению больных необходимо с хорошей точностью спрогнозировать развитие эпидемии в этом регионе. Одним из наиболее эффективных методов является математическое моделирование, а именно разработка индивидуальной математической модели, описывающей процессы распространения инфекции в популяции и учитывающей региональные особенности. Такие модели описываются системами нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений, коэффициенты которых характеризуют особенности популяции и развития болезни.

Цель данной работы – постановка и исследование задачи определения коэффициентов системы нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений $A(q) = f$ по дополнительной статистической информации f о решении прямой задачи с помощью стохастических методов оптимизации целевого функционала $J(q) = \|A(q) - f\|^2$ [1].

В работе численно исследована задача уточнения параметров q математической модели распространения туберкулеза в городе Москве [2, 3] по статистической информации f о количестве инфекционных и неинфекционных индивидов за предшествующие 5 лет [4].

Работа частично поддержана Министерством образования и науки Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *S.I. Kabanikhin* Inverse and Ill-Posed Problems: Theory and Applications. Berlin: deGruyter, 2011.
2. *K.K. Avilov and A.A. Romanyukha* Mathematical modeling of tuberculosis propagation and patient detection // automation and remote control. – 2007. – Vol. 68, No. 9. – P. 1604-1617.
3. *E.A. Nosova and A.A. Romanyukha* Mathematical model of HIV-infection transmission and dynamics in the size of risk groups // Mathematical Models and Computer Simulations. – 2013. – Vol. 25, No. 1. – P. 45-64.
4. *K.K. Avilov, A.A. Romanyukha, S.E. Borisov, E.M. Belilovsky, O.B. Nechaeva and A.S. Karkach* An approach to estimating tuberculosis incidence and case detection rate from routine notification data // The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease. – 2015. – Vol. 19, No. 3. – P. 288-294.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ НЕОДНОРОДНОСТИ ПО ОБОБЩЕННОМУ ПРЕОБРАЗОВАНИЮ РАДОНА

Киприянов Я.А.

*Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия
yaroslav.kipriyanov@gmail.com*

Работа Радона 1917 г., в которой он решил задачу о восстановлении функции на плоскости по набору интегралов от этой функции вдоль всевозможных прямых, по праву считается началом развития интегральной геометрии как науки. В традиционной задаче интегральной геометрии даны интегралы от функции по некоторому семейству многообразий и требуется найти неизвестную подынтегральную функцию. В частности, если даны интегралы от функции по всем гиперплоскостям, т. е. задано преобразование Радона, то задача интегральной геометрии состоит в обращении этого преобразования. Полученные результаты успешно применялись в исследовании дифференциальных уравнений и в рентгеновской томографии. В данной работе рассматривается следующая задача интегральной геометрии. В трёхмерном евклидовом пространстве рассматриваются всевозможные плоскости. Известными данными являются интегралы (обобщенное преобразование Радона) по всем таким плоскостям от неизвестной кусочно-гладкой функции, зависящей как от пространственных переменных, так и от переменных, характеризующих плоскости. Искомым объектом в данной работе является поверхность разрыва подынтегральной функции, ввиду явной недоопределенности задачи о нахождении значений подынтегральной функции в каждой точке пространства при условиях, приведенных выше. Основным результатом работы – построение семейства специальных функций, определяемых данными задачи, каждая из которых имеет разрывы лишь в строго определённых точках, по которым искомую поверхность можно восстановить. Единственность решения сравнительно легко следует из свойств построенного семейства функций. Полученный результат является новым. Рассмотренная в данной работе задача интегральной геометрии представляет, прежде всего, самостоятельный интерес, однако автор имеет основание полагать, что полученный им результат найдет свое применение в решении задач математической физики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Evrard A. Beyond N-body: 3D cosmological gas dynamics // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 1988. – V. 235. – P. 911-934.*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ В ФЛЮИДОНАСЫЩЕННОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ²Коробов П.В., ² Имомназаров Х.Х., ¹Няго В.А.¹ *Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург*² *Новосибирский государственный университет, Новосибирск
korobov@mail.ru*

Была рассмотрена прямая и обратная динамическая задача распространения сейсмических волн в флюидонасыщенной пористой среде, описанные в [1], [2]. Для решения двумерной прямой динамической задачи пороупругости используется метод предиктор-корректор. Корректность классического решения прямой и обратной задачи для одномерной нелинейной системы исследована в [2]. В данной работе для численного решения прямой динамической задачи пороупругости используется явная разностная схема второго порядка точности по времени и по пространству. Исследованы области дилатансии для разных источников возбуждения. Представлена серия тестовых численных расчетов для пробной модели среды.

Работа проводилась при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 13-01-00689), грантом Президента РФ НШ-5666.2014.5 и грантом КН МОН РК (номер гранта 3328/ГФ4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Имомназаров Х.Х., Няго В.А.* Численное решение 2D задачи распространения сейсмических волн в упруго-пористой среде // *Естественные и технические науки*, 2013, No. 4, с. 42-46.
2. *Имомназаров Х.Х., Имомназаров Ш.Х., Коробов П.В., Холмуродов А.Э.* Прямая и обратная задача для нелинейных одномерных уравнений пороупругости // *Доклады Академии Наук*, 2014, том 455, № 6, С. 640-642.

ВАРИАНТЫ ПОСТАНОВКИ И РЕЗУЛЬТАТЫ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ МАГНИТОМЕТРИИ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПОЛЯ В ЯДРЕ ЗЕМЛИ

Кочнев В.А.

*Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск
kochnev@ict.krasn.ru*

Все рассматриваемые варианты решались по глобальному магнитному полю IGRF-2005 на высоте 1 км от поверхности шара. Использовалась Z-компонента в геоцентрической системе координат. Для решения обратной задачи использовалась математическая модель на основе интегрального уравнения Пуассона. Некоторые варианты постановки и результаты решения приведены в работах [1, 2, 3, 4]

В данной работе рассматриваются и сопоставляются результаты, полученные при различных вариантах априорной модели ядра. Кроме двухслойной модели ядра рассматривается четырехслойная, а также шестислойная, включающая литосферу, мантию и ядро. В результате делаются следующие выводы:

1. Модель источников ядра значительно отличается от модели центрального диполя (то есть от модели однородно намагниченного ядра).
2. Наиболее вероятной является модель, в которой основные источники располагаются в экваториальной области ядра.
3. Для получения большей сходимости необходимо включать в модель слои литосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кочнев В.А.* Изменения Z-компоненты геомагнитного поля IGRF в геоцентрической системе координат в период 1980-2005 г. // 41-я сессия Международного семинара им. Д.Г. Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей». Екатеринбург, 2014. С. 121–124.
2. *Кочнев В.А.* Обоснование тока кинематико-гравитационной модели геодинамо. // Седьмые научные чтения Ю.П.Булашевича. Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Екатеринбург, 2013. С. 162–164.
3. *Кочнев В.А., Гоз И.В.* Нераскрытые возможности магнитометрии // Геофизика. 2006. № 6. С. 51–55.
4. *Кочнев В.А.* Кинематико-гравитационная модель геодинамо // Геофизический журнал. 2013. Т. 35, № 4. С. 3–15.

**ОСОБЕННОСТИ ПОСТАНОВКИ И РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГЕОФИЗИКИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДАПТИВНОГО МЕТОДА**

Кочнев В.А.

*Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск
kochnev@ict.krasn.ru*

Постановка задачи. Имеется математическая модель, связывающая неизвестные значения параметров $X\{x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n\}$ с некоторыми наблюдениями, или преобразованными результатами наблюдений $U(u_1, u_2, \dots, u_j, \dots, u_n)$, представленная в виде системы линейных или нелинейных алгебраических уравнений $U = AX$ или $U = f(X)$.

Предполагается, что известны начальные приближения параметров модели и их погрешности и погрешности исходных данных. Ставится задача уточнения X , минимизируя $\sum \Delta u^2$. Такая постановка называется статистической. Известна полная статистическая постановка, в которой задаются не только априорные погрешности, но и ковариационные матрицы. Однако в реализации он, как и многие другие методы, связанные с обращением и умножением матриц, позволяет решать системы с небольшим числом неизвестных (до 100). Это обусловлено тем, что с ростом числа уравнений растут ошибки округления, связанные с умножением матриц.

Обоснование итерационного (адаптивного) метода впервые сделано в 1977 г. и в 1983 г. опубликовано в работе [1]. История дальнейшего развития приведена в [5].

Метод обобщает детерминированный метод проекций, известный математикам как метод Качмажа.

С использованием адаптивного метода удается решать многие сложные задачи геофизики, о чем будет сказано в лекционном докладе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочнев В.А. Адаптивное прослеживание сейсмических волн и оценка их параметров. Геология и геофизика, №2, 1983, с 95-104.
2. Кочнев В.А. Адаптивные методы интерпретации сейсмических данных (монография). Наука. Сиб.отд. Новосибирск., 1987, 152 с.
3. Кочнев В.А. Итерационный (адаптивный) подход к решению обратных геофизических задач. Математическое обеспечение и структура ЭВМ. Сб. научн. работ Красноярского технического ун-та. 1997. Красноярск.
4. Кочнев В.А. Адаптивный метод решения систем уравнений в обратных задачах геофизики. Труды Сиб.конференции по прикладной и индустриальной математике, посв. пам. Л.В.Канторовича, 1997. С. 129-137.
5. Кочнев В.А. Путь осознания возможностей математических моделей и алгебраических уравнений в геофизике. Геофизика, №5, 2001 г.

МЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И НЕКОРРЕКТНО ПОСТАВЛЕННЫЕ ЗАДАЧИ

Крянев А.В., Лукин Г.В., Удумян Д.К.

*Национальный исследовательский ядерный университет, Москва**avkryanov@therfi.ru*

Представлено описание методов и вычислительных схем метрического анализа для решения некорректно поставленных задач интерполяции, восстановления и экстраполяции (прогнозирования) функций одной и многих переменных (см. также в [1]). Даны примеры применения разработанных методов и вычислительных схем метрического анализа для решения задач обработки экспериментальных данных, восстановления распределения в активных зонах ядерных реакторов и других актуальных прикладных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Крянев А.В., Лукин Г.В., Удумян Д.К.* Метрический анализ и обработка данных. М.: Физматлит, 2012.

**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧИ ГРАНИЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ
В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ**

Кулакова В.В., Филатова В.М.

*Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград**Kulakovavera2007@rambler.ru*

В данной работе рассматривается задача граничного управления (ЗГУ) об определении граничных управлений, генерирующих акустические волны со специальными свойствами в постановке, близкой к ультразвуковой медицинской томографии.

Разрешимость задачи означает наличие граничной управляемости, которую достаточно сложно достичь в реальных медицинских задачах, имеющих большие размеры. Поэтому важно проанализировать влияние размеров задачи на граничную управляемость и научиться решать задачу в неуправляемом случае.

ЗГУ имеет важное значение в решении обратной динамической задачи для уравнения акустики методом граничного управления, являясь одним из этапов решения [1][2]. Одной из наиболее значимых областей применения такого типа задач является ультразвуковая медицинская томография.

В работе приведены результаты численного решения ЗГУ в условиях отсутствия граничной управляемости. Вычисления производятся на высокопроизводительном кластере БФУ им. И. Канта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белишев М. И., Благовещенский А.* Динамические обратные задачи теории рассеяния волн. // Санкт-Петербург: СПбГУ, 1999.
2. *Pestov L.N.* On reconstruction of the speed of sound from a part of boundary // Journal of inverse and ill-posed problems. 1999. Vol. 7, No 5, P. 481–486.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ КОЛЛАПСА ЭВРАРДА

Куликов И.М., Шишленин М.А.

ИВМумГ СО РАН, ИМ СО РАН, НГУ, Новосибирск

kulikov@ssd.sscs.ru

В большинстве астрофизических задач известны лишь наблюдения в настоящий момент времени, а основным вопросом является нахождения класса начальных данных, из которых данное решение может быть получено. Существенная трехмерность и нестационарность астрофизических задач осложняют численное решение таких задач, а зачастую и делают это невозможным. В основном такие задачи решаются методом подбора начальных данных, приводящих к качественному соответствию наблюдаемым данным.

В настоящей работе рассматривается обратная задача астрофизики по определению начальной конфигурации коллапсирующей звезды по наблюдаемому состоянию после коллапса. Рассматривается модельная задача коллапса самогравитирующего газа в постановке Эврарда [1]. Для решения прямой и обратной задачи коллапса Эврарда самогравитирующего газа в одномерных сферических координатах разработан численный метод решения, основанный на комбинации метода разделения операторов, метода крупных частиц, метода С.К. Годунова и кусочно-параболического метода на локальном шаблоне. В докладе будут представлены результаты численного моделирования прямой и обратной задачи коллапса Эврарда.

Работа проводилась при частичной поддержке грантов Российского Фонда Фундаментальных Исследований 15-31-20150 мол-а-вед, 15-01-00508, 14-01-00208 и 14-01-31199, грантом Президента РФ МК – 6648.2015.9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Evrard A.* Beyond N-body: 3D cosmological gas dynamics // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 1988. – V. 235. – P. 911-934.

**ЗАДАЧА КОШИ ДЛЯ ОДНОГО НАГРУЖЕННОГО НЕЛИНЕЙНОГО
ПСЕВДОГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ**

Курманбаева А.К.

*КРСУ и.м. Б.Н. Ельцина, Бишкек**ainura1971@mail.ru*

В работе рассматривается нелинейное нагруженное псевдогиперболическое уравнение вида

$$u_{tt} - u_{xxt} + u_{xx} + a(t)u + b(t)(u_t + u)(0, t)u = f(x, t), x \in R, t \in (0, T], \quad (1)$$

с начальным условием

$$u(x, 0) = u_0(x), u_t(x, 0) = u_1(x), x \in R. \quad (2)$$

Пусть C_b -пространство непрерывных и ограниченных функций на прямой, $C_b^k = \{u \in C_b | \partial^j u \in C_b, 1 \leq j \leq k\}$.

Теорема. Если $u_0(x), u_1(x) \in C_b(R), a(t), b(t) \in C([0, T]), f(x, t) \in C([0, T]; C_b(R))$, то для некоторого достаточно малого $\epsilon > 0$ задача (1),(2) имеет единственное решение.

Доказательство этой теоремы проводится методом сведения к нелинейной системе интегральных уравнений Вольтерра [1], с использованием фундаментального решения соответствующего псевдогиперболического оператора [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аблабеков Б.С. Интегральные уравнения Вольтерра и их приложение. – Бишкек: ИЦ «Техник», 2009. – 183 с.
2. Аблабеков Б.С., Асанов А.Р., Курманбаева А.К. Обратные задачи для дифференциальных уравнений третьего порядка. – Бишкек: Илим, 2011. – 156 с.

**КОМПЛЕКС ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С
ЛАБОРАТОРНОГО ПОЛИГОНА ДЛЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
РАДАРОГРАММ**

Кусаинова А.Т., Хасенова З.Т., Искаков К.Т.

*Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана
kazizat@mail.ru*

В данной работе представлен инженерно-технический подход для решения обратных задач в электроразведке. Проведены серии экспериментальных исследований с помощью георадаров «Лоза-В» и «Зонд-12С» для интерпретации радарограмм, полученных от искусственных объектов, расположенных на учебном лабораторном полигоне [1, 2].

С помощью полученных данных экспериментов появилась возможность выработать технологию по интерпретации реальных георадарных данных, и решить обратные задачи по определению геоэлектрических свойств сред; Были рассмотрены следующие задачи: геофизическое обследование структуры подстилающих слоев на предмет обнаружения объектов с помощью георадаров; определение глубины залегания объектов; интерпретация радарограмм, полученных в результате зондирования.

При проведении экспериментов принимали участие: профессор кафедры «Геофизические методы исследования земной коры» МГУ им. М. Ломоносова д.т.н. Модин И.Н., профессор КазНПУ им. Абая Бердышев А.С., PhD Шолпанбаев Б.Б., сотрудники кафедры «Вычислительная техника» ЕНУ Алимбаева Ж.Р., Турарова М.К., докторант кафедры «Вычислительная техника» Исин Б.Д.

Работа проводилась при поддержке МОН РК - договор № 46 от 12.02.2015.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кабанихин С.И., Искаков К.Т., Бектемесов М.А., Шишленин М.А.* Алгоритмы и численные методы решения обратных и некорректных задач. // 2011, Астана, с. 328.
2. *Iskakov K. T., A. Kussainova A. T.* Finite difference time-domain method for inverse problem of electrodynamics. // The International Program Committee of the International Conference "Inverse Problems: Modeling and Simulation 2014, Fethiye, с. 89.

**ПРИБЛИЖЕННЫЙ МЕТОД ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ
ПОДПОВЕРХНОСТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ**

Кусаинова А.Т. Муканова Б.Г.

*Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана
mbsha1@mail.ru*

Для большинства практических приложений радиолокации можно положить коэффициент относительной магнитной проницаемости постоянным и равным единице. На данном этапе пренебрежем диссипацией и будем решать рассматривать задачу в волновом приближении. В предположении одномерной структуры электрических свойств среды, мы имеем коэффициентную обратную задачу. Процесс георадиолокации описывается математической моделью [1, 2]. Требуется найти скорость распространения электромагнитных волн в среде $c(z)$ и поле $u(z,t)$, возбуждаемое в среде при $z>0$, $t>0$, если заданы измерения поля на поверхности среды. Для решения поставленной задачи использованы метод линеаризации и метод разделения переменных.

Для решения обратной задачи используется приближенный метод интерпретации данных подповерхностных зондирований. Проведены серии численных экспериментов.

Работа поддержана грантом МОН РК, договор № 755 от 11.06.2015

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вопросы подповерхностной радиолокации. Коллективная монография. // Под. ред. Ю.А. Гринева. Радиотехника, 2005, Москва, с.416
2. *Муканова Б.Г., Миргалыкызы Т.* Генерация синтетических радарограмм для задач георадиолокации. // Вестник ПГУ имени С.Торайгырова. Серия «Энергетическая». №2, 2014, Павлодар, с.149-156.
3. *Владимиров В.С.* Уравнения математической физики. // М.: Наука, 1988, Москва, с.512.
4. *Васильев Ф.П.* Методы решения экстремальных задач. // М.: Наука, 1981, Москва, с. 400.

**РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКОНОМИЧНОГО ЯВНО-РАЗРЕШИМОГО АЛГОРИТМА
ДЛЯ ПОЛНОСТЬЮ КОНСЕРВАТИВНЫХ ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ
ДЛЯ ТРЕХМЕРНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ**

Лазарева Г.Г.

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск
lazareva@ssd.sccc.ru*

С целью реализации общей теории построения и обоснования явно-разрешимых полностью консервативных сопряжено-согласованных дискретных моделей для статических и динамических задач теории упругости и вязкоупругости, созданной А.Н. Коноваловым [1, 2], разработана программная документация (задание на программирование). На основе этой теории возможна реализация на высокопроизводительных кластерах «классических» задач теории упругости. В качестве таковой рассматривается задача о построении теоретических сейсмограмм. В процессе создания программы проведено теоретическое обоснование используемых алгоритмов в трехмерных задачах динамики для сложнопостроенных сред [1, 2]. Алгоритм основан на использовании созданного адаптивного экономичного итерационного метода без привлечения априорной спектральной информации. Непрерывной модели поставлена в соответствие дискретная модель (разностная схема) как реализация одного из этапов триады А. А. Самарского: модель-алгоритм-программа на ЭВМ. Осуществлен переход от непрерывной операторной модели к операторной разностной схеме. В докладе представлен переход от операторной разностной схемы к заданию на программирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Коновалов А.Н.* Экономичные дискретные реализации для динамической задачи линейной теории упругости // Дифференц. уравнения. 2011. т. 47. № 8. с. 1140-1147.
2. *Коновалов А.Н.* Полностью консервативные разностные схемы для динамических задач линейной теории упругости и вязкоупругости // Дифференц. уравнения. 2013. т. 49. № 7. с.885-896.

**ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ПРОСТЕЙШЕЙ
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИНФЕКЦИОННОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ С
ЗАПАЗДЫВАНИЕМ**

Латышенко В.А.¹, Криворотько О.И.^{1,2}, Кабанихин С.И.^{1,2}

¹Новосибирский государственный университет, Новосибирск

²Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск

Latushenko_varia@mail.ru

В данной работе рассмотрена простейшая математическая модель инфекционного заболевания Г.И. Марчука [1], состоящая из четырех обыкновенных дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом, которые описывают изменение числа антигенов, рост плазматических клеток, баланс числа антител и характеристику пораженного органа:

$$\begin{aligned} \dot{V} &= (\beta - \gamma F(t))V(t), \quad t \in (0, T) \quad \dot{F} = \rho C(t) - (\mu_f + \eta\gamma V(t))F(t), \\ \dot{C} &= \xi(m)\alpha F(t - \tau)V(t - \tau) - \mu_c(C(t) - C^*), \quad \dot{m} = \sigma V(t) - \mu_m m(t). \end{aligned} \quad (1)$$

Для решения прямой задачи используется метод Рунге-Кутты-Фельберга четвертого порядка аппроксимации [2]. Обратная задача состоит в нахождении параметра запаздывания τ и характеристик организма $\alpha, \beta, \gamma, \rho, \mu_f, \eta, \mu_c, C^*, \sigma, \mu_m$ по известной функции $\xi(m)$ и по дополнительным измерениям в данный момент времени $t_k, k = 1, \dots, K$:

$$V(t_k) = V^k, F(t_k) = F^k, C(t_k) = C^k, m(t_k) = m^k \quad (2)$$

Первый шаг в решении обратной задачи (1)-(2) состоит в разложении функций $V(t), F(t), C(t), m(t)$ в ряд Тейлора до первого порядка и исследовании модифицированной системы (1). Второй шаг состоит в сведении обратной задачи (1)-(2) к задаче минимизации соответствующего функционала. В докладе представлены результаты численных экспериментов определения параметров запаздывания и характеристик организма градиентным методом итерации Ландвебера [3].

Работа частично поддержана Министерством образования и науки Российской Федерации

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марчук Г.И. Математическое моделирование в иммунологии. Вычислительные методы и эксперименты. - 3-е издание перераб. и доп. - Москва: Наука. Гл.ред.физ.-мат.лит. 1991.
2. Форсайт. Дж., Малькольм М., Моулер К. Машинные методы математических вычислений. Москва: Мир. 1980.
3. Кабанихин С.И. Обратные и некорректные задачи // Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2009.

МНОГОУРОВНЕВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЁННЫХ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ

¹ Лашин С.А., ¹ Клименко А.И., ¹ Мустафин З.С.,^{1,2} Матушкин Ю.Г.

¹ *Институт Цитологии и Генетики СО РАН, Новосибирск*

² *Новосибирский государственный университет, Новосибирск*
lashin@bionet.nsc.ru

Множество процессов в живой природе происходит благодаря микробам, в частности, бактериям и археям, многие виды которых используются для нужд человека, а также играют важную роль в протекании процессов в окружающей среде. В природе микробы существуют в основном в составе микробных сообществ различной структуры (бактериальные маты, биоплёнки и др.). Размеры этих сообществ, их видовой состав и пространственная организация варьируются в широких пределах [1]. Математическое и компьютерное моделирование является в настоящее время одним из широкоиспользуемых инструментов для исследования различных аспектов функционирования и эволюции микробных сообществ. Особой популярностью пользуются многослойные (multiscale, multilayer) модели, описывающие несколько (два и более) различных уровней иерархической организации сообщества в рамках единой модели.

В настоящей работе представлены результаты развития методов моделирования генетических, метаболических, популяционных и экологических процессов в сложноорганизованных микробных сообществах с учётом их пространственной организации, а также программный комплекс «Гаплоидный Эволюционный Конструктор» (ГЭК), реализующий данные методы [2]. В основе нашего подхода лежит иерархический принцип построения многоуровневых компьютерных моделей, разработанный и апробированный нами на множестве содержательных биологических задач. Особенностью методики по сравнению с аналогами является комплексный подход к описанию объекта исследования, позволяющий учесть как факторы пространственного распределения микробных клеток и веществ, так и генетическую изменчивость на уровне отдельных видов популяций. Архитектура ГЭК позволяет интегрировать его с существующими средствами моделирования генных сетей и базами данных с моделями молекулярно-генетических систем (Biomodels и др.). Сочетание молекулярно-генетических и экологических факторов в рамках единой модели позволило описать новые биологические закономерности функционирования и эволюции микробных сообществ [2].

Работа частично поддержана грантами РФФИ №13-04-00620, 15-07-03879.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Zavarzin G.A.* (2010). Microbial Cycles. In S. E. Jorgensen (Ed.), *Global Ecology* (1st ed., pp. 183–190). Academic Press.
2. *Klimenko A. I., Matushkin Yu. G., Kolchanov N. A., Lashin S. A.* (2015). Modeling evolution of spatially distributed bacterial communities : a simulation with the haploid evolutionary constructor // *BMC Evol. Biol.*, 15, S3.

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА

Маматкасымова А.Т., Сатыбаев А. Дж.

Ошский технологический университет, Ош, Кыргызстан

matatkasymova.1973@mail.ru

В статье построено решения одномерной обратной задачи для уравнения Максвелла с данными времени подобной поверхности. Разработан конечно-разностный алгоритм решения и проведена численная реализация решения поставленной задачи и получены графики решений прямых и обратных задач.

Ключевые слова: Система уравнений Максвелла, обратная задача, конечно-разностный метод, численный алгоритм, численная реализация, графики решений.

При некоторых преобразованиях и в случае точечного источника для системы уравнений Максвелла получим задачу [1, стр.189]:

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} + K \frac{\partial}{\partial z} + M\right)W + R\delta(z - z_0, t), z \neq 0, \quad (1)$$

$$W|_{t < 0} \equiv 0 \quad (2)$$

$$[(ZW)_j]_{z=0} = 0, j = 1, 2, 3, 4, 5, \quad (3)$$

Z, K, M - некоторые матрицы, R -вектор если раскрыть, то формула (3) имеет вид

$$\left[\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}}(W_{(1)} + W_{(2)})\right]_{z=0} = 0, \left[\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}}(W_{(1)} - W_{(2)})\right]_{z=0} = 0, \quad (4)$$

В монографии [1] данная задача рассмотрена во взаимосвязанных трех областях, что дает очень простой алгоритм, но при решении обратной задачи алгоритм решения переходит из одной в другой и обратно и.т. д. Это приводит к трудностям алгоритма и к затрате большего машинного времени для вычисления задачи.

В данной статье задача (1)-(3) приведена к задаче с данными на характеристиках с одной единственной области, и создан алгоритм решения обратной задачи, проведены численные расчеты, получены графики решения прямой и обратной задачи.

Обратная задача заключается в определении функции $p(t)$ - распределенный ток в кабеле, при известных функциях $\bar{\varepsilon}$, $\mu(z)$, $\sigma(z)$.

При решении одномерной обратной задачи Максвелла исследованы и проанализированы возможности разработанного алгоритма.

Для проверки устойчивости алгоритма мы последовательно увеличивали шага сетки $h_z = 0, 1; 0, 2; 0, 3$ и.т.д., при этом относительная погрешность в одинаковых соответствующих точках не различна, мало отличается друг от друга, следовательно, созданный нами алгоритм устойчив.

Проверка устойчивости также проводилась следующим образом:

1) измельчали шаги сетки и сравнивались полученные результаты и погрешность в соответствующих точках;

2) дополнительным информациям обратной задачи задавались малые ошибки и проводились расчеты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Маматкасымова А.Т., Сатыбаев А.Дж.* Численный алгоритм и реализация прямой и обратной задачи для системы уравнений Максвелла. Бишкек. Вестник Кыргызско-Российского Славянского Университета. Серия физико - математическая. Май-2015, N5, 10 стр.

О ЗАДАЧЕ ДИСКРЕТНОГО РАВНОВЕСИЯ ПЛОСКОГО КОМПАКТА

Марковский А.Н.

*Кубанский государственный университет, Краснодар
mark@kubsu.ru*

Рассматривается задача экстремального распределения точечных зарядов на плоском компакте; варьируются заряды и их интенсивности. Распределениям соответствуют комплексные произведения с неалгебраическими особенностями с минимальной равномерной нормой. Для разного числа зарядов возникает задача определения координат и интенсивностей таких зарядов. Рассматриваются некоторые свойства этой задачи и показывается ее некорректность для некоторых классов границы.

Пусть задан компакт K со связной границей ∂K . Обозначим $\mathfrak{M}^1(K)$ – множество всевозможных произведений

$$\pi_n(z) := \prod_{j=1}^n (z - z_j)^{a_j}, \quad (1)$$

с нулями z_j на K , где a_j – действительные положительные числа, такие что $a_1 + \dots + a_n = 1$. Введем в $\mathfrak{M}^1(K)$ равномерную норму $\|\pi(z)\|_K := \max_{z \in K} |\pi(z)|$ и рассмотрим задачу отыскания в $\mathfrak{M}^1(K)$ функции, наименее уклоняющейся от нуля на K ; задача аналогична известной задаче Чебышева [2] с тем отличием, что решение ищется в более «широком» классе. Обозначим $zr(\pi)$ – количество нулей π .

Задача $V_n(K)$. *Найти*

$$\mu_n(K) = \inf \{ \|\pi(z)\|_K : \pi \in \mathfrak{M}^1(K), zr(\pi) \leq n \},$$

и функции на которых этот инфимум достигается.

Геометрически задача $V_n(K)$ означает следующее. Для различных систем из m ($m \leq n$) точек z_1, z_2, \dots, z_m , принадлежащих компакту K и всех вариаций положительных чисел a_1, a_2, \dots, a_m , сумма которых равна единице, необходимо выбрать такие $z_j^{(n)}$ и $a_j^{(n)}$, что произведение (1) при $z_j = z_j^{(n)}$ и $a_j = a_j^{(n)}$ ($j = 1, 2, \dots, m$) даёт минимальную норму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Марковский А.Н* Дискретное равновесие и критерий регулярности плоского компакта. // Международная конференция «Современные методы и проблемы теории операторов и гармонического анализа и их приложения V», 2015, Ростов-на-Дону, с. 146–147.
Дзядык В. К. Введение в теорию равномерного приближения функций полиномами. – М.: Наука, 1977. – 512 с.

**РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ОЧАГА
ЦУНАМИ НАД НАКЛОННЫМ ДНОМ**

Марчук Ан.Г.

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск, Россия
tag@omzg.sscs.ru*

Найдено точное решение для траектории волнового луча цунами над наклонным дном, а также для времени движения волны вдоль него. Это позволяет найти местоположение центра источника и его границы по временам вступления волны в приемники на берегу или на некотором удалении от береговой линии. Изучена возможность оценки амплитуды цунами в рамках лучевого приближения. Сравнение этих оценок амплитуды с результатами численного моделирования распространения цунами по дифференциальной модели мелкой воды показало хорошее соответствие распределения максимумов высоты волны, найденных этими двумя методами.

**УЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ ПРИ
МОДЕЛИРОВАНИИ СОПОЛИМЕРИЗАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ
МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО**

Михайлова Т.А., Мустафина С.А.

*Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, Стерлитамак
Т.А.Mihailova@yandex.ru*

Промышленное производство бутадиен-стирольных каучуков представляет собой сложный технологический процесс, который производится непрерывным способом в батарее полимеризаторов при температуре 5-10 °С. Каждый полимеризатор каскада представляет собой реактор идеального смешения непрерывного действия. Для непрерывного процесса теряет смысл само понятие времени реакции; можно говорить лишь о некотором среднем времени пребывания как о случайной величине, которая характеризуется функцией распределения.

Вероятность того, что частица проводит время от t до $t + dt$ в текущем реакторе, равна $p(t)dt$. В случае реакторов идеального смешения непрерывного действия величина $p(t)$ рассчитывается по формуле:

$$p(t) = \left(\frac{n}{\tau}\right)^n \frac{t^{n-1}}{(n-1)!} e^{-\frac{nt}{\tau}}$$

где n – количество реакторов в системе, τ – среднее время пребывания реакционной смеси в одном реакторе (ч).

Для учета распределения по времени пребывания частиц продукта в каждый момент времени необходимо оценивать возможность перехода каждой частицы системы в следующий реактор: если время пребывания молекулы в текущем реакторе истекло, то необходимо перевести ее в следующий реактор и рассчитать новое время пребывания [1]. Так как на осуществление различных реакций требуется различное время, то помимо времени пребывания в реакторе частицы стоит характеризовать и временем пребывания в реакции, т.е. временем, необходимым для осуществления выбранной реакции. Но данная характеристика применима только к образуемым частицам: для рассматриваемого процесса ими являются свободные радикалы, растущие и мертвые цепи. При этом время осуществления реакции рассчитывается согласно формуле:

$$\Delta t = \frac{1}{\sum_{i=1}^n R_i} \ln \left(\frac{1}{r} \right)$$

где R_i – скорость протекания i -й реакции, r – случайное число отрезка $[0, 1]$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлова Т.А., Григорьев И.В., Мустафина С.А Исследование синтеза бутадиен-стирольного сополимера на основе метода Монте-Карло с учетом распределения по времени пребывания // *Фундаментальные исследования*, 2015. – № 5(3). – С. 517-520.

О МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА РАДОНА В КУСОЧНО-ПОСТОЯННЫХ АНИЗОТРОПНЫХ СЛОИСТЫХ СРЕДАХ С ВКЛЮЧЕНИЯМИ

Нафикова А.Р.

*Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, Стерлитамак
albinabikbaeva@gmail.com*

Математическое моделирование процессов распределения радона в грунте и его стока в приземный слой атмосферы связано с решением параболических краевых задач математической физики. Разработка математических моделей, алгоритмов решения подобного типа задач и программ расчета процессов распространения имеет практическое значение во многих научных направлениях: сейсмология, геохимия, разведочная геофизика и т.д.

Ранее в работе [1] построена математическая модель процессов диффузии-адвекции радона в слоистых анизотропных средах с анизотропными включениями, которая представляет краевую задачу математической физики параболического типа, и описан способ решения на основе методов интегральных преобразований, интегральных представлений и граничных интегральных уравнений.

В соответствии с предложенным алгоритмом решения поставленной задачи разработан программный комплекс расчета поля объемной активности радона средствами компьютерной системы Maple. Составляющими данного комплекса являются программные модули, реализующие: 1) численное обращение преобразования Лапласа; 2) вычисление функции нормального поля радона в кусочно-однородной горизонтально-слоистой среде с плоско-параллельными границами; 3) нахождение функции Грина в горизонтально-слоистой среде с плоско-параллельными границами; 4) определение функции аномального поля радона, учитывающей влияние включений.

Апробация разработанных вычислительных алгоритмов проведена на различных примерах. Полученные результаты соответствуют приведенным результатам в работах других авторов для случая кусочно-постоянных однородных сред.

Предложенные методы и алгоритмы позволяют решать задачи по исследованию процессов переноса радона в трехмерных кусочно-однородных горизонтально-слоистых средах с анизотропными включениями.

Полученные решения могут быть использованы для прогнозирования сейсмических событий, поиска урановых и ториевых руд, экологического картирования при выборе площадок под строительство промышленных и жилых сооружений, поиска и оконтуривания нефтяных и газовых месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кризский В.Н., Нафикова А.Р. Математическое моделирование процессов диффузии-адвекции радона в кусочно-постоянных анизотропных слоистых средах с включениями // Вестник ЮУрГУ. Математическое моделирование и программирование. 2014. №2. С. 38-45.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДВУМЕРНОГО КОЭФФИЦИЕНТА
ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ
СТОХАСТИЧЕСКОГО ПРОЕКЦИОННОГО МЕТОДА**

Новиков Н.С.

*Новосибирский государственный университет, Институт вычислительной
математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск
novikov-1989@yandex.ru*

Рассматривается коэффициентная двумерная обратная задача определения коэффициента $q(x, y)$ гиперболического уравнения:

$$u_{tt}(x, y) = \Delta_{x,y} u(x, y) - q(x, y)u.$$

Задачи подобного типа возникают, в частности, в акустике и сейсмике, где динамический характер постановок обратных задач позволяет получить ряд преимуществ по сравнению с кинематическими.

Для решения обратной задачи использован многомерный аналог метода Гельфанда-Левитана [1]. Использование данного подхода позволяет свести нелинейную обратную задачу к семейству линейных интегральных уравнений следующего вида:

$$\int_{-x}^x \sum_m f_m^k(t-s) w^m(x, s) ds = -\frac{1}{2} [f^k(t-x) + f^k(t+x)], |t| < x, k \in \mathbb{Z}$$

Кроме того, метод позволяет сформулировать необходимые и достаточные условия разрешимости обратной задачи.

В ходе численных экспериментов многомерный аналог уравнения Гельфанда-Левитана сводился, после дискретизации, к семейству линейных алгебраических уравнений. Для решения полученной системы уравнений был применен стохастический проекционный метод [2]. Метод представляет собой рандомизированный вариант алгоритма Качмажа. Метод имеет очень низкие требования к памяти и не связан условием сходимости ряда Неймана.

В докладе будут представлены результаты численных экспериментов, а также сравнение с другими численными методами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *S.I. Kabanikhin and M.A. Shishlenin* Numerical algorithm for two-dimensional inverse acoustic problem based on Gel'fand-Levitan-Krein equation. // Journal of inversed and ill-Posed problems, 18 (2010), 802–814.
2. *S. Kabanikhin, K. Sabelfeld, N. Novikov, M. Shishlenin* Numerical solution of an inverse problem of coefficient recovering for a wave equation by a stochastic projection methods. // Monte Carlo methods and applications, Volume 21, Issue 3, p. 189–203
3. *T. Strohmer and R. Vershynin* A randomized Kaczmarz algorithm with exponential convergence. // Journal of Fourier Analysis and Applications, vol. 15 (2009), 262–278.

**ОЦЕНКА УСЛОВНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ ЗАДАЧИ
ПРОДОЛЖЕНИЯ РЕШЕНИЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ**

Нурсейтов Д.Б., Нурсейтова А.Т.

Казахский национальный технический университет им. Сатпаева,

Казахский национальный педагогический университет им. Абая

ndb80@mail.ru

Была рассмотрена, описанная в [1], задача продолжения для гиперболического уравнения

$$u_{xx} = Au, \quad (x, y) \in \Omega, \quad t \in (0, T), \quad (1)$$

$$u(x, y, 0) = u(x, y, T) = 0, \quad x \in [0, h], \quad y \in \mathcal{D}, \quad (2)$$

$$u|_{\partial\mathcal{D}} = 0, \quad x \in [0, h], \quad t \in [0, T], \quad (3)$$

$$u(0, y, t) = f(y, t), \quad y \in \mathcal{D}, \quad t \in [0, T], \quad (4)$$

$$u_x(0, y, t) = g(y, t), \quad y \in \mathcal{D}, \quad t \in [0, T], \quad (5)$$

где $A(x)u = u_{tt}(x, y, t) - L(y)u(x, y, t)$, $x \in (0, h)$, $L(y)u = \sum_{i,j=1}^n D_i(a_{ij}(y)D_j u) - c(y)u$, $D_i u = \frac{\partial u}{\partial y_i}$, $i = \overline{1, n}$.

Теорема 2. Пусть для некоторых $g \in L_2((0, L) \times (0, T))$, $f \in H^1((0, L) \times (0, T))$ функция $u \in H^2(\Omega \times (0, T))$ является решением задачи (1)–(5), тогда имеет место неравенство

$$\begin{aligned} \|u\|^2(x) &\leq \left(\|q\|^2 + \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n \|a_{ij}\|_{C(\mathcal{D})} \cdot \|D_i f\| \cdot \|D_j \bar{f}\| + \frac{1}{2} C_2 \|f\|^2 + \frac{1}{2} \|f_t\|^2 + \frac{1}{2} \|g\|^2 \right)^{\frac{x}{h}} \\ &\times \left(\|f\|^2 + \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n \|a_{ij}\|_{C(\mathcal{D})} \cdot \|D_i f\| \cdot \|D_j f\| + \frac{1}{2} C_2 \|f\|^2 + \frac{1}{2} \|f_t\|^2 + \frac{1}{2} \|g\|^2 \right)^{\frac{h-x}{h}} \\ &\times e^{2x(h-x)} + \frac{1}{2} \|f_t\|^2 + \frac{1}{2} \|g\|^2 - \frac{1}{2} C_1 \sum_{j=1}^n \|D_j f\|^2, \end{aligned} \quad (6)$$

где $\|u\|^2(x) = \int_0^T \int_0^L u^2(x, y, t) dy dt$, $q(y, t) = u(h, y, t)$.

Работа проводилась при частичной поддержке гранта №174/ГФ4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабанихин С. И. Обратные и некорректные задачи. – Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2008, 460 с.
2. Лаврентьев М.М., Савельев Л.Я. Теория операторов и некорректные задачи. – 2 изд. – Новосибирск: Издательство Института математики, 2010.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ В МОДЕЛИ ПРОЦЕССА РОСТА
ЛИНЕЙНОГО ЛИСТА**Пененко А.В.^{1,2}, Зубаирова У.С.³, Николаев С.В.³¹ *Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск*² *Новосибирский государственный университет, Новосибирск*³ *Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск
a.penko@yandex.ru*

В работе рассматривается обратная задача уточнения параметров модели симпластного роста линейного листа [1]. В этой двумерной модели клетки объединены в линейные структуры, расположенные вдоль листа. Клетки состоят из фрагментов, растущих согласованно относительно поперечного сечения листа. Скорость роста фрагментов (и клеток) определяется рядом параметров. Наблюдаемыми величинами являются распределения размеров клеток на различных стадиях роста. Для уточнения ненаблюдаемых параметров процесса используется оптимизационный градиентный алгоритм. Градиент целевого функционала вычисляется на основе сопряженных уравнений.

Работа поддержана грантом РНФ № 14-14-00734 «Изучение молекулярных механизмов развития органов растений методами системной биологии».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *J.P., Issartel. U. Zubairova, S. Golushko, A. Penenko, S. Nikolaev: A computational model of the effect of symplastic growth on cell mechanics in a linear leaf blade. J. Bioinformatics and Computational Biology 13(1) (2015)*

**ПРОВЕРКА АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ В МОДЕЛИ
ТРАНСПОРТА АТМОСФЕРНОЙ ПРИМЕСИ**

Пененко А.В.^{1,2}, Бубликов А.А.³, Рахметуллина С.Ж.³, Турганбаев Е.М.³

¹ *Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск*

² *Новосибирский государственный университет, Новосибирск*

³ *Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д.
Серикбаева, Усть-Каменогорск
a.penenko@yandex.ru*

В работе рассматриваются вопросы использования алгоритма решения обратной задачи локализации источников загрязнения в оперативной автоматизированной системе мониторинга города Усть-Каменогорска. Проверка алгоритма осуществлена на реальных данных измерений автоматизированной системой мониторинга. В городе Усть-Каменогорске основные источники выбросов расположены на двух промышленных площадках, что позволило провести качественную проверку решения. Необходимыми параметрами для решения задачи поиска источников на основе модели конвекции-диффузии являются функции скоростей ветра, температуры, давления. Эти поля были получены посредством свободно-распространяемой модели прогноза погоды WRF. Результаты моделирования прогноза погоды были проверены на имеющихся данных метеонаблюдений.

Алгоритм поиска источников загрязнения основан на применении сопряженных уравнений. С их помощью обратная задача сводится к решению недоопределённой системы линейных алгебраических уравнений [1,2,3]. Полученная система имеет неединственное решение, поэтому в реализованном алгоритме используется коррекция “освещенности” из [1], позволяющая сместить максимумы восстанавливаемой функции источников от точек наблюдений.

Работа частично поддержана Программой № 4 Президиума РАН и № 3 ОМН РАН, грантами РФФИ 14-01-31482 мол и 14-01-00125, программами РАН № 18 и 43. Работа проводилась в рамках государственного заказа по бюджетной программе 120 «Грантовое финансирование», Комитет Министерства образования и науки Республики Казахстан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *J.P., Issartel.* Rebuilding source of linear tracers after atmospheric concentration measurements. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* (2003), 3173-3203.
2. *V. Penenko, A. Baklanov, E. Tsvetova.* Methods of sensitivity theory and inverse modeling for estimation of source term. *Future Generation Computer Systems* (2002), 661- 671.
3. *А.В. Пененко, С.Ж. Рахметуллина* Алгоритмы локализации источников загрязнения атмосферного воздуха на основе данных автоматизированной системы экологического мониторинга // Сибирские Электронные Математические Известия // Том 10, стр. с.35–54 (2013) .

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ МАСШТАБИРУЕМЫХ ЗАДАЧ НА РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Перышкова Е.Н., Ефимов А.В., Мамойленко С.Н.

*Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики,
Новосибирск
{alexandr.v.efimov@gmail.com я*

Рассмотрена задача организации функционирования распределённых вычислительных систем (ВС) при обработке наборов масштабируемых (moldable) задач. Обзор существующих менеджеров и систем управления ресурсами (СУР) показывает, что большинство из них не учитывает свойства масштабируемости задач при управлении ресурсами. Исследования показывают, что свойством масштабируемости обладают до 98 % задач, решаемых на высокопроизводительных ВС [2]. Коллективом авторов предложены и реализованы модификации СУР PBS TORQUE [3] и планировщика MAUI [4], реализующие политики и алгоритмы обработки масштабируемых задач.

Масштабируемые задачи генерировались на основе модели рабочей загрузки, предложенной в работе [2]. Для описания пользователем масштабируемой задачи в виде паспорта (скрипта) для оболочки (shell) определены атрибуты масштабируемого задания и правила описания требований к ресурсам, на которых может быть выполнен исходный код программы.

Экспериментальное исследование проводилось с помощью специально разработанного скрипта на языке ruby на ресурсах мультикластерной вычислительной системы [5]. В процессе исследования наблюдались следующие показатели: время выполнения всех задач набора, средний размер очереди, среднее время ожидания задач в очереди и эффективность загрузки ресурсов.

Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации (проект МД-2620-2014.9) и Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 15-07-00048, 13-07-00160).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Cirne W., Berman F.* A model for moldable supercomputer jobs. 15th Intl. Parallel & Distributed Processing Symp. 2001.
2. *Torque Resource Manager* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.adaptivecomputing.com/products/open-source/torque/> (дата обращения 01.09.2015).
3. *Maui Cluster Scheduler* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.adaptivecomputing.com/products/open-source/maui/> (дата обращения 01.09.2015).
4. *Ресурсы центра параллельных вычислительных технологий ФГО-БУ ВПО «СибГУТИ»* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cpct.sibsutis.ru/index.php/Main/Resources> (дата обращения 15.05.2015)

АНАЛИЗ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЛИДИСПЕРСНОЙ ПРИМЕСИ ОТ ЛИНЕЙНОГО ИСТОЧНИКА

Петухова К.К.

*Новосибирский государственный университет, Новосибирск
kkretukhova@gmail.ru*

В работе представлены численное решение и анализ полученных данных в обратных задачах для легкой примеси, моно- и полидисперсного аэрозоля. В задачах оцениваются параметры аэрозольных обработок и плотности осадка препарата по данным наблюдения на различном расстоянии от линейного источника. За целевую функцию принимается среднеквадратичное отклонение измеренной и вычисленной плотности осадка. Скорость ветра и коэффициент вертикального турбулентного обмена описываются с помощью теории подобия Момина-Обухова.

Процесс распространения аэрозольной примеси в атмосфере от мгновенного линейного источника высоты H описывается полуэмпирическим уравнением турбулентной диффузии [1]

$$u(z) \frac{\partial Q}{\partial x} - w \frac{\partial Q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} k(z) \frac{\partial Q}{\partial x} \quad (1)$$

с граничными и начальными условиями:

$$k(z) \frac{\partial Q}{\partial x} + wQ = 0|_{z=z_0}, k(z) \frac{\partial Q}{\partial x} = 0|_{z=h}, u(z)Q|_{x=0} = G\delta(z - H), \quad (2)$$

где x, z - горизонтальная и вертикальная координаты, $Q(x, z)$ - импульс концентрации примеси, $u(z)$ - скорость ветра (направление оси x совпадает с направлением ветра), $k(z)$ - коэффициент вертикального турбулентного обмена, w - скорость гравитационного оседания частиц, h - высота приземного слоя атмосферы, δ - дельта-функция, G - производительность непрерывного линейного источника (г/м). Импульс концентрации $Q(x, y)$ связан с плотностью осадка выражением

$$\Psi(x, C, H, w) = C \cdot Q(x, z, H, w)|_{z=h_0}, \quad (3)$$

где C - параметр взаимодействия примеси с подстилающей поверхностью, h_0 - высота растительности. Оцениваемыми параметрами являются: параметр C , эффективная высота источника H и средняя скорость оседания w .

Работа проводилась под руководством научного руководителя доктора ф.-м. наук Рапуты В.Ф., Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 6, raputa@sscc.ru

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Пестицидные аэрозоли. М.: Наука, 1982.
2. Федоров В.В. Теория оптимального эксперимента. М.: Наука, 1971.

МЕТОДЫ ТРЕХМЕРНОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ ТОМОГРАФИИ ЖИВЫХ КЛЕТОК

Пикалов В.В.

*Институт теоретической и прикладной механики им. С.С.Христиановича СО РАН,
Новосибирск
pickalov@itam.nsc.ru*

В работе дан обзор последних достижений в области трехмерной томографии живых биологических клеток, на основе фазовой дифференциальной микроскопии в видимой области света [1]-[4]. Рассмотрена техника получения изображений дифференциального интерференционного контраста (DIC) в оптическом микроскопе. Двумерные DIC изображения уже давно используются в биологических исследованиях, а в последние годы такие исследования активно проникают и в трехмерные изображения, когда техника томографии позволяет избежать внедрения маркеров в клетки. В этих исследованиях живых клеток возникает необходимость в решении как старых, так и новых математических задач: устранение шумов измерений, решение проблемы пропущенных угловых измерений при движении системы измерений томографической проекционной системы по прямой линии, устранение экспериментальных ошибок в определении фона, значений углов регистрации интерферограмм, небольших смещений системы координат на каждой проекции, и т.п. Освещается проблема заполнения конуса потерянной информации в Фурье-пространстве и ее решение на основе итерационного метода Гершберга-Папулиса. Показаны преимущества новой технологии «лазерного пинцета», позволяющей произвольно вращать в пространстве живую клетку и ставить задачи динамической четырехмерной томографии [1].

Работа проводилась при частичной поддержке Интеграционного проекта СО РАН МИП № 14 «Обратные задачи и их приложения: теория, алгоритмы, программы».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Habaza M., Gilboa B., Roichman Y., Shaked N.T. Tomographic phase microscopy with 180° rotation of live cells in suspension by holographic optical tweezers. // *Optics Letters*, 2015, vol.40, No.8, pp. 1881-1884.
2. Lim J., Lee K., Jin K. H., Shin S., et al. Comparative study of iterative reconstruction algorithms for missing cone problems in optical diffraction tomography. // *Optics Express*, 2015, vol.23, No.13, p. 16933.
3. Levin G.G., Vishnyakov G.N., Minaev V.L., Latushko M.I., Pickalov V.V., et al. Shearing interference microscopy for tomography of living cells. // *Proc. SPIE (European Conferences on Biomedical Optics)*, 2015, vol. 9536, pp. 95360G-1-95360G-5.
4. Atkin-Smith G. K., Teixeira R., Paone S., Mathivanan S., et al. A novel mechanism of generating extracellular vesicles during apoptosis via a beads-on-a-string membrane structure. // *Nature Communications*, 2015, vol.6, p. 7439.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТАИВАНИЯ И ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТА

Попов В.В.

*Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск
itirtrvv@mail.ru*

Интенсивное освоение Северных территорий предполагает развитие строительства инженерных сооружений, что порождает множество задач теплопереноса в их основаниях. Более часто для математического моделирования процессов промерзания и протаивания грунтов применяется задача Стефана. Основным недостатком этих моделей является невозможность учета влияния примесей содержащихся в воде насыщающей почву. Математические модели с фазовыми переходами в протяженной области разработаны В.М.Ентовым и его сотрудниками. Они базируются на фундаментальных законах механики многофазных сред и предполагают присутствие двухфазной зоны, в которой соленый раствор воды и лед сосуществуют в состоянии термодинамического равновесия. В настоящей работе представлена более простая математическая модель – модель не учитывающая диффузионный перенос соли в воде. Учитывается только изменение концентрации соли в растворе. Дано сравнение решения предлагаемой математической модели с решением задачи Стефана с температурой фазового перехода, соответствующей начальной концентрации соли.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕОРИИ И ПРИЛОЖЕНИЙ
СОБОЛЕВСКИХ КУБАТУРНЫХ ФОРМУЛ**

Рамазанов М.Д.

*Институт математики с ВЦ УНЦ РАН, Уфа, Россия**ramazanovmd@yandex.ru*

Приводятся результаты достижений теории и приложений соболевских кубатурных формул.

Описаны новые результаты ненасыщаемых алгоритмов таких формул.

В работе приведены:

- критерий асимптотической оптимальности формул с ограниченным пограничным слоем;
- контрпример: формула прямоугольников не является асимптотической оптимальной на конкретном соболевском пространстве;
- асимптотика нормы функционала погрешности на соболевском пространстве периодических функций;
- достаточное условие асимптотической оптимальности формулы прямоугольников на соболевском пространстве периодических функций;
- объяснение «парадоксов» и постановки задач теорий и приложений формул с ограниченным пограничным слоем.

**КОЭФФИЦИЕНТНАЯ ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕНОСА
ТЕПЛА И ВЛАГИ В МНОГОСЛОЙНОЙ ОГРАЖДАЮЩЕЙ
КОНСТРУКЦИЙ**

Рысбайлу Б.¹, Акишев Т.Б.², Сатыбалдина А.Н.³

¹ *International Information Technology University, Almaty*

² *Экибастузский техникумический институт им. Сампаева, Экибастуз*

³ *International Information Technology University, Almaty*

b.rysbaiuly@mail.ru

Энергосбережение возведено в ранг государственной политики практически во всех развитых странах. Одним из направлений по энергосбережению является совершенствование и ужесточение норм проектирования. В связи с этим государственные стандарты, предъявляют повышенные требования к теплозащите зданий. Конструктивное расположение слоев должно обеспечивать нормальный режим эксплуатации, при котором влажность материалов конструкции не должна превышать определенного уровня. Повышенное содержание влаги в стенах можно отнести к дефектному состоянию, так как влага существенно снижает физико-механические и теплофизические характеристики материалов. Отсутствие на стадии проектирования моделирования процессов, протекающих в конструкциях, и прогнозирования поведения конструкций при работе их в реальных условиях приводит к увеличению потери тепла и к преждевременному старению конструкций. Для решения этой проблемы широко используется метод математического моделирования тепло и масса переноса в материалах. За основу математического моделирования взяты уравнения взаимосвязанного тепло-массообмена в слое [1]. В зимнее время теплофизические и теплопроводные характеристики материалов становятся нелинейными и зависят от температуры и влаги материала. В этом случае экспериментальный способ определения коэффициента замерзающего или оттаивающего материала становится сложной задачей. В связи с этим в настоящей работе предлагается приближенный метод расчета теплопроводных и теплопроводных характеристик замерзающего или оттаивающего материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Williams, P. J.* The frozen earth. Fundamentals of geocryology. // P. J. Williams, M. W. Smith. Cambridge : Cambridge University Press, 1991. - 328 p.
2. *Rysbaiuly B.* Newton's method to solve the problem of heat transfer in the freezing soil // France, Paris, Pensee Journal, Jan 2014, Volume 76, Issue 1, 261-275 pp.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ОБРАЩЕНИЯ РАЗНОСТНОЙ СХЕМЫ ДЛЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ УРАВНЕНИЯ МАКСВЕЛЛА

Сатыбаев А. Дж., Маматкасымова А.Т.

Ошский технологический университет, Ош, Кыргызстан

mamatkasyмова1973@mail.ru

В данной статье проанализировано применение метода обращения разностных схем (МОРС) к обратной задаче уравнения Максвелла.

В предыдущих статьях авторов был построен численный алгоритм и было реализована на компьютере решение прямой и обратной задачи для уравнения Максвелла [1] (см. Рис. ??).

При решении одномерной обратной задачи Максвелла исследованы и проанализированы следующие возможности разработанного алгоритма и программы.

А. Какие возможны функции $p(t)$ – распределенный ток в кабеле, который определяется при решении обратной задачи.

Относительно функции $p(t)$ мы взяли в виде косинусообразной, ступенчатой и мгновенной функцией. Относительные погрешности составляют от 1% до 11%.

Б. Допустимые ошибки в дополнительной информации для обратной задачи.

При вычислении обратной задачи последовательно задавали ошибки в виде процентах: 1–3%, 5%, 7%, 8%, 10%. Анализ показал, что в дополнительной информации обратной задачи уравнения Максвелла ошибки должны составлять от 1% до 5%.

В. Глубина вычисления по z .

Переменная $z \in [0, T]$, T – время, а шаг сетки по z равно $h_z = T/N$, N – фиксированное положительное число. В численных расчётах мы относительно T взяли 4 условных единиц (у.е.), т.е. T у.е. Значение T можно увеличивать, но при этом необходимо увеличивать значение N , что и дает увеличение машинной времени.

Г. Численная устойчивость алгоритма.

Для проверки устойчивости алгоритма мы последовательно увеличивали шаг сетки $h_z = 0.1; 0.2; 0.3$ и т.д., при этом относительная погрешность в одинаковых соответствующих точках не различна, мало отличается друг от друга, следовательно, созданный нами алгоритм устойчив.

Проверка устойчивости также проводилось следующим образом:

- 1) измельчали шаги сетки и сравнивались полученные результаты и погрешность в соответствующих точках;
- 2) в качестве дополнительной информации обратной задачи задавались малые ошибки и проводились расчеты.

Д. Разрешающая способность алгоритма.

Оценка между точным p_i и приближенным pv_i решениями обратной задачи уравнения Максвелла имеет вид:

$$\max_{i=0, N} |p_i - pv_i| \leq 0.5h_z \|V\|_{C^4(\overline{\Delta(T)})}. \quad (1)$$

Т.о. точность относительной погрешности $|p_i - pv_i|/p_i \cdot 100\%$ зависит от величины шага дискретизации h_z и от нормы решения прямой задачи $\|V\|_{C^4(\overline{\Delta(T)})}$.

Указанная зависимость изучена нами при различных расчетах составленной программы. Анализа показал, что уменьшение шага дискретизации положительно влияет на точность

решения обратной задачи. Например, уменьшение шага h_z в 10 раз, дает уменьшение относительной погрешности 8-10 раз. Увеличение значение решение прямой задачи отрицательно влияет на точность решение обратной задачи уравнение Максвелла, что и подтверждает оценку (1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Маматкасымова А. Т., Сатыбаев А. Дж.* Численный алгоритм и реализация прямой и обратной задачи для системы уравнения Максвелла. // Бишкек: Вестник Кыргызско-Российского Славянского Университета. Серия физико – математическая. – 2015. – №5. – 10 стр.

**ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА
ИЗОЛИРОВАННЫХ СИСТЕМ В ЗАДАЧАХ АСТРОФИЗИКИ И ФИЗИКИ
ПЛАЗМЫ**

Снытников Н.В.

*Институт вычислительной математики и математической геофизики, Новосибирск
nik@ssd.ssc.ru*

Для решения некоторых задач астрофизики и физики плазмы необходимо вычислять потенциал (гравитационный или электростатический), создаваемый изолированной системой точечных масс (зарядов). В этом случае значения потенциала на границе расчетной области заранее неизвестны, и необходимо либо аппроксимировать его значения для постановки задачи Дирихле для уравнения Пуассона, либо вычислять его непосредственно с помощью фундаментального решения уравнения Пуассона. Для второго способа существует эффективный метод свёртки [1, 2], позволяющий выполнить вычисление потенциала за $O(N \log N)$ действий (где N — общее количество узлов расчетной области).

В данной работе предложен параллельный алгоритм для метода свертки в двумерном и трехмерном случаях, использующий многомерное быстрое преобразование Фурье и транспозицию блоков сеточных значений потенциала [3]. Алгоритм имеет хорошую производительность на сетках среднего размера (8192^2 для 2D и 512^3 для 3D) с числом процессоров $P = 64 \div 256$. Вычисление потенциала составляет $0.1 \div 1$ секунды, при этом объем коммуникационных расходов приемлем (менее 30%). Применение алгоритма перспективно для проведения серийных экспериментов по моделированию нестационарных процессов с десятками и сотнями тысяч временных шагов. В отдельных расчетах возможно использование сеток большего размера (32768^2 и 1024^3 с 1024 процессорами).

Тестовые эксперименты проводились на суперкомпьютерах ССКЦ, МСКЦ и «Ломоносов» (МГУ). Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (коды проекта 14-01-31088, 14-07-00241).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Стояновская О.П., Снытников Н.В., Снытников В.Н.* Алгоритм для решения нестационарных задач гравитационной газовой динамики: комбинация метода SPH и сеточного метода вычисления гравитационного потенциала // Вычислительные методы и программирование. V.16. P.52-60. 2015.
2. *Eastwood J.W., Brownrigg D.R.K.* Remarks on the Solution of Poisson's Equation for Isolated Systems // Journal of Computational Physics, Vol. 32, pp.24-38, 1979.
3. *O. Ayala, L.P. Wang.* Parallel implementation and scalability analysis of 3D Fast Fourier Transform using 2D domain decomposition // Parallel Computing. 2013. Vol.39. P. 58-77.

ДОСТИЖЕНИЯ ТЕОРИИ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ

Сушкевич Т.А.

*Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва
tamaras@keldysh.ru*

В 2015 году мировая научная общественность отмечает дни памяти крупнейших ученых, которые стояли у истоков создания великого научного наследия теории переноса излучения в природных и искусственных средах и её приложений в космических проектах, а также в астрофизике, климатологии, метеорологии, дистанционном зондировании Земли, глобальном мониторинге опасных объектов и последствий природных и техногенных катастроф и т.д. Особое место занимают 90-летие со дня рождения академика Гурия Ивановича Марчука (08.06.1925–24.03.2013), 100-летие со дня рождения академика Виктора Викторовича Соболева (02.09.1915–07.01.1999) и 95-летие со дня рождения академика Кирилла Яковлевича Кондратьева (14.06.1920–01.05.2006) — выпускников Ленинградского университета. Основопологающими являются работы профессора Евграфа Сергеевича Кузнецова (13.03.1901–17.02.1966), создавшего 60 лет назад в Институте Келдыша в 1955 году уникальный отдел "Кинетические уравнения", академика Виктора Амазасповича Амбарцумяна (18.09.1908–12.08.1996), академика Василия Сергеевича Владимировича (09.01.1923–03.11.2012), академика Владимира Евсеевича Зуева (29.01.1925–06.06.2003), профессора Кузисэя Соломоновича Шифрина (26.07.1918–02.06.2011), профессора Георгия Владимировича Розенберга (29.04.1914–09.12.1982), профессора Матвея Семеновича Малкевича и др.

Среди зарубежных ученых следует отметить Нобелевского лауреата Субрахманьяна Чандрасекара (Subrahmanyan Chandrasekhar (19.10.1910–21.08.1995)) [1]. Повышенный интерес к научным результатам и к личности С. Чандрасекара возник в связи с его монографией "Radiative Transfer", изданной в 1953 году на русском языке [2] под редакцией Е.С. Кузнецова, одного из первых советских специалистов по теории переноса излучения, нейтронов, заряженных частиц и численному решению кинетических уравнений [3]. Монографии С. Чандрасекара [2] и В.В. Соболева [4] были первыми в мире книгами, в которых системно излагались основы кинетической теории переноса излучения и лучистой энергии.

В докладе пойдет речь об отечественных достижениях мирового уровня в теории переноса излучения в природных средах и о современном развивающемся в России научном потенциале [5], который в должной мере обеспечивает методические основы теоретико-расчетных исследований радиационных процессов и радиационных полей в дистанционном зондировании Земли и региона Арктики с использованием суперкомпьютеров и массового параллелизма. Несомненно, что для решения столь масштабной задачи как освоение Арктики без ущерба для планеты требуется международная кооперация.

В 2015 году покорители космоса, научная и политическая общественность отметили 40-летие исторического события, когда ВПЕРВЫЕ в истории человечества космические корабли СССР и США осуществили сближение и стыковку, образовав единый орбитальный комплекс. 15 июля 1975 года в 15 часов 20 минут московского времени стартом корабля "Союз-19" с космодрома Байконур (СССР) начался ПЕРВЫЙ в истории пилотируемый космонавтами международный космический полет по программе ЭПАС "Союз-Аполлон", в научной части которого участвовала автор.

Исследование посвящается 90-летию с основания в 1925 году Академии наук СССР и 60-летию с основания в 1965 году Института Космических исследований РАН, а также "Международному году света и световых технологий (IYL 2015)". "Свет — это символ единения, символ мудрости", — подчеркнул глава ООН на церемонии открытия в Юнеско.

Исследования проводились при частичной поддержке Грантов РФФИ 14-01-00197, 15-01-00783.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сушкевич Т.А.* Субрахманьян Чандрасекар (к 105-летию со дня рождения) // Земля и Вселенная. 2015. Вып. 4.
2. *Чандрасекар С.* Перенос лучистой энергии / Пер. с англ. издания Oxford, 1950, под ред. Е.С. Кузнецова. — М.: Изд-во иностранной литературы, 1953. 432 с.
3. *Кузнецов Е.С.* Избранные научные труды / Отв. ред. и составитель Т.А. Сушкевич. — М.: Физматлит, 2003. 784 с.
4. *Соболев В.В.* Перенос лучистой энергии в атмосферах звезд и планет. — М.: Изд-во ГИТТЛ, 1956. 391 с.
5. *Сушкевич Т.А.* Математические модели переноса излучения. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 661 с.

**О РЕШЕНИИ ОДНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОГО
ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ В КЛАССЕ КУСОЧНО-ГЛАДКИХ
ФУНКЦИЙ**

Табаринцева Е.В.

*Южно-Уральский государственный университет, Челябинск
eltab@rambler.ru*

Рассмотрим задачу вычисления функции $u_0(x) = u(0, x) \in L_2(-\infty; \infty)$ (начального распределения температуры), где $u(x, t)$ удовлетворяет условиям

$$\frac{\partial u(x, t)}{\partial t} = \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} + f(u(x, t)), \quad -\infty < x < \infty, \quad t \in (0; T); \quad u(x, T) = \chi(x) \quad (1)$$

Здесь $\chi(x) \in L_2(-\infty; \infty)$ - заданная функция, $u(\cdot, x) \in C^1[0; T]$; $u(t, \cdot) \in W_2^2[-\infty; \infty]$; $f : L_2(-\infty; \infty) \rightarrow L_2(-\infty; \infty)$ - отображение, заданное с помощью непрерывной числовой функции, удовлетворяющее условию Липшица. Предположим, что при $\chi = \chi_0(x)$ существует решение поставленной задачи $u_0(x)$ такое, что производная $u'_0(x)$ является кусочно-непрерывной функцией и $u_0(x), u'_0(x) \in L_2[-\infty; \infty)$, но точное значение $\chi_0(x)$ не известно, вместо него дано δ -приближение $\chi_\delta(x) \in L_2(-\infty; \infty)$ такое, что $\|\chi_\delta - \chi_0\| \leq \delta$. Элементарные асимптотические оценки показывают, что существует постоянная $a > 0$ такая, что для любого достаточно малого числа $\varepsilon > 0$ выполняется неравенство

$$\int_{-\infty}^{\infty} (1 + |\lambda|)^3 (1 - \varepsilon) |\bar{u}_0^2(\lambda)| d\lambda \leq \frac{a}{\varepsilon}, \quad (2)$$

где $\bar{u}_0(\lambda)$ - образ Фурье функции $u_0(x)$, следовательно, для любого достаточно малого числа $\varepsilon > 0$ точное решение $u_0(x)$ принадлежит множеству

$$M_\varepsilon = \left\{ u \in W_2^{\frac{3}{2}-\varepsilon} : \|u\|_{W_2^{\frac{3}{2}-\varepsilon}} \leq \frac{a}{\varepsilon} \right\}$$

Применим к решению нелинейной задачи (1) метод проекционной регуляризации (см., напр., [1]). Показано, что погрешность построенного приближенного решения оценивается величиной

$$\|u_\delta(x) - u_0(x)\| \leq C \sqrt{\ln \ln(1/\delta)} \ln^{-3/4}(1/\delta)$$

Обсуждается также вопрос о выборе параметра регуляризации при решении данной задачи в классе кусочно-гладких функций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Табаринцева Е.В.* О решении некорректно поставленной задачи для нелинейного дифференциального уравнения. // Труды ИММ УрО РАН, т. 21.1 (2015), с. 231-237.

**РЕАЛИЗАЦИЯ МОЗАИЧНО-СКЕЛЕТОННОГО МЕТОДА В
ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДИРИХЛЕ ДЛЯ
УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА**

Талтыкина М.Ю., Каширин А.А.

ВЦ ДВО РАН, Хабаровск

taltykina@yandex.ru

Рассматриваются трёхмерные задачи Дирихле для уравнения Гельмгольца. Исходные задачи сводятся к слабо сингулярным граничным интегральным уравнениям Фредгольма первого рода [1]. Рассматриваемые уравнения аппроксимируются системами линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с плотными матрицами больших порядков. СЛАУ решаются с помощью обобщённого метода минимальных невязок (GMRES) [2], который имеет сложность $O(M^2)$, где M – порядок СЛАУ. После нахождения решения систем решения исходных задач восстанавливаются в любой точке пространства с помощью интегральных представлений.

Основную сложность в GMRES вносит многократное применение матрично-векторного умножения. При этом для снижения сложности используется мозаично-скелетонный метод [3]. Он является одним из методов приближённого быстрого матрично-векторного умножения. Идея метода заключается в аппроксимации больших блоков плотной матрицы суммами одноранговых матриц (скелетонов). Приближение хранится в виде строк и столбцов, что позволяет умножать его на вектор за почти линейное число операций. Кроме того, для хранения такого приближения требуется меньше ресурсов компьютера.

Численное решение исходных задач реализовано в виде программного комплекса для многопроцессорных вычислительных систем с общей памятью на языке Fortran 90. Параллельная версия написана с помощью реализации стандарта OpenMP 3.0. Тестирование проводилось на вычислительном кластере ВЦ ДВО РАН. В качестве тестовых задач были выбраны задачи Дирихле для уравнения Гельмгольца на единичной сфере и трёхосном эллипсоиде. Эксперименты показали, что мозаично-скелетонный метод позволяет сократить время решения задач при той же точности расчётов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каширин А.А., Смагин С.И.* О численном решении задач Дирихле для уравнения Гельмгольца методом потенциалов // ЖВМиМФ, 2012. Т. 52, № 8. С. 1492–1505.
2. *Saad Y., Schultz M.* GMRES: A generalized minimal residual algorithm for solving nonsymmetric linear systems // SIAM J. Sci. Statist. Comput., 1986. Vol. 7. P. 856–869.
3. *Tyrtshnikov E.E.* Mosaic-skeleton approximations // Calcolo, 1996. Vol. 33(1-2). P. 47-57.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С МЕМРИСТОРНЫМИ СВЯЗЯМИ

Тарков М.С.

*Институт физики полупроводников и.м. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск, Россия
tarkov@isp.nsc.ru*

В лекции рассматривается текущее состояние раздела нейронауки, занимающегося построением и изучением компьютерных моделей импульсных нейронных сетей, класса нейросетевых моделей, наиболее близко соответствующих нейрофизиологической реальности. Обсуждаются различные модели импульсных нейронов, а также построенных из них сетевых структур. Существенное внимание уделяется использованию новых элементов энерго-независимой памяти – мемристоров – для создания межнейронных соединений.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОЯДЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ
МОДЕЛИРОВАНИЯ 2D-УПРУГИХ ВОЛН В СРЕДАХ С
КРИВОЛИНЕЙНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ**

Титов П.А.

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск
tarawel@gmail.com*

Для численного моделирования распространения упругих волн в 2D-средах с криволинейной свободной поверхностью используются метод конечных разностей по пространству и пошаговый метод Лагерра по времени. Также для наилучшего согласования с границей области используются адаптивные разностные сетки.

Ввиду затратности алгоритма по времени, необходимо использование многоядерных вычислительных комплексов. В работе использовались многопроцессорные системы на основе процессоров Intel, а также системы с наличием сопроцессоров Intel Xeon Phi. Приведены сравнительные тесты ускорений и масштабируемости алгоритма на разных вычислительных системах.

СХОДИМОСТЬ РЕШЕНИЙ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ

Токманцев Т.Б., Субботина Н.Н.

Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН, Екатеринбург
subb@uran.ru

Была рассмотрена [1] управляемая система вида:

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(t, x(t)) + G(t, x(t))u(t), \quad t \in [0, T], \quad (1)$$

где $x \in \mathbb{R}^n$ — фазовый вектор, управление $u \in \mathbb{R}^n$ стеснено ограничениями

$$u \in U = \{u_i \in [a_i^-, a_i^+], a_i^- < a_i^+, i = 1, 2, \dots, n\}. \quad (2)$$

Пусть $x_*(\cdot): [0, T] \rightarrow \mathbb{R}^n$ — некоторая неизвестная фазовая траектория системы (1) (базовая траектория), а $u_*(\cdot)$ — наименьшее по норме L_2 управление, порождающее траекторию $x_*(\cdot)$. Предполагается, что известна непрерывная функция $y(\cdot): [0, T] \rightarrow \mathbb{R}^n$ — история замеров фазовой переменной $x_*(t)$, причем

$$(t, x_*(t)) \in \{(t, x): t \in [0, T], \|x - y(t)\| \leq \delta\}, \quad (3)$$

где параметр погрешности измерений $\delta > 0$ — известен, а символ $\|z\|$ означает евклидову норму конечномерного вектора z .

Возмущенная обратная задача состоит в том, что нужно построить управление $u^\delta(\cdot): [0, T] \rightarrow U$ и порождаемую им траекторию $x^\delta(\cdot): [0, T] \rightarrow \mathbb{R}^n$ системы (1), такие что при $\delta \rightarrow 0$ выполняются соотношения $\|x^\delta(\cdot) - x_*(\cdot)\|_C \rightarrow 0$, $\|u^\delta(\cdot) - u_*(\cdot)\|_{L_2}^2 \rightarrow 0$, где $\|\cdot\|_C$ — норма в пространстве непрерывных функций, $\|\cdot\|_{L_2}$ — норма в пространстве L_2 . Задача решается с помощью вспомогательных задач оптимального управления системой (1),(2), минимизирующих функционал невязки

$$I_{t_0, x_0}(u(\cdot)) = \int_{t_0}^T \left[-\frac{\|x(t) - y(t)\|^2}{2} + \frac{\alpha}{2} \|u(t)\|^2 \right] dt, \quad (4)$$

где $\alpha > 0$ — параметр, $t_0 \in [0, T]$, $\|x_0 - y(t_0)\| \leq \delta$, $x(t) = x(t; t_0, x_0, u(\cdot))$.

Доказано, что функционал со знаком минус перед невязкой обеспечивает колебательный характер решений задач оптимального управления, что обеспечивает стабильность решения относительно возмущения входных данных. Амплитуда колебаний прямо пропорциональна α , частота обратно пропорциональна α .

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 14-01-00168).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Субботина Н.Н., Токманцев Т.Б.* Исследование устойчивости решения обратных задач динамики управляемых систем по отношению к возмущениям входных данных // Труды Института математики и механики Уральского отделения РАН, т.20, No 3, с.218–233, Екатеринбург: УрО РАН, 2014.

АЛГОРИТМ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Фарафонов Д.С.¹, Шкляев В.А.²

¹ ЗАО "Элекард Девайсез" , Томск

² Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск
dmfff@mail.ru

Обратная задача – расчет конфигурации профиля электрода по заданному распределению потенциала – уже рассматривалась авторами [1]. Предложенный алгоритм решения задачи показал ограниченную, но, тем не менее, удовлетворительную для практики точность. Алгоритм, не смотря на то, что имеет возможности улучшения производительности, возможностей качественного улучшения практически лишен. Попытки качественного улучшения приводили к резкому росту затрат машинного времени и сравнительно небольшому улучшению точности по сравнению с изначальным вариантом алгоритма.

В связи с этим предложен алгоритм расчета конфигурации профиля электрода, основанный на решении обратной задачи для уравнения Пуассона. Поскольку источниками электрического поля являются электрические заряды, то любой конфигурации электрического поля соответствует некоторое пространственное распределение заряда, притом - не единственное. Обратная задача заключается в поиске распределения заряда, соответствующему заданному распределению поля в некоторой области пространства с дополнительным условием: потенциал границы области, содержащей заряды, должен быть не меньше некоторого заданного значения.

В алгоритме используются преобразования пространственного расположения зарядов, которые оставляют заданное распределение поля в выбранной области пространства неизменным.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №13-08-01314.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фарафонов Д.С., Шкляев В.А.* Расчет конфигурации профиля электрода по заданному распределению напряженности электрического поля методом конечных элементов // Известия высших учебных заведений. Физика. 2014. Т. 57, №12/2. с. 304-309.

МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА ТИХОНОВА ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ОПЕРАТОРНЫХ УРАВНЕНИЙ ПЕРВОГО РОДА

Фартушная Е.О.

ИММ УрО РАН, Екатеринбург

rumpkinsoul@yandex.ru

Рассматривается модификация метода регуляризации Тихонова для поиска решения линейного операторного уравнения первого рода $Au = f$. Предполагается, что точное решение представлено в виде суммы трех компонент. Первая компонента отвечает за разрывы в решении, вторая — за изломы, а третья — за гладкую часть решения. Для построения устойчивого приближенного решения предлагается следующая модификация метода регуляризации Тихонова:

$$\begin{aligned} & \min\{ \|A(u_1 + u_2 + u_3) - f_\delta\|_{L_2}^2 + \alpha(\|u_1\|_{BV} + \|u'_2\|_{BV} + \|u_3\|_{L_2[0,1]}^2) : \\ & \|f - f_\delta\|_{L_2} \leq \delta, u_1 \in BV[0, 1], u_2(0) = 0, u'_2 \in BV[0, 1], u_3 \in L_2[0, 1] \}, \end{aligned} \quad (1)$$

Лемма. A — линейный непрерывный оператор из $L_p[0, 1]$ в F — банахово пространство. Исходное уравнение имеет единственное решение $\hat{u} = A^{-1}f$. Тогда существует возможно неединственное решение $(\hat{u}_1, \hat{u}_2, \hat{u}_3)$ задачи минимизации

$$\begin{aligned} & \min\{ \|u_1\|_{BV} + \|u'_2\|_{BV} + \|u_3\|_{L_2[0,1]}^2 : A(u_1 + u_2 + u_3) = f, \\ & u_1 \in BV[0, 1], u_2(0) = 0, u'_2 \in BV[0, 1], u_3 \in L_2[0, 1] \} \end{aligned} \quad (2)$$

такое, что $\hat{u} = \hat{u}_1 + \hat{u}_2 + \hat{u}_3$.

Теорема. Пусть выполнены условия Леммы и пространство F — строго выпукло. Тогда для любого $\alpha > 0$ найдется возможно неединственное решение $(u_1^\alpha, u_2^\alpha, u_3^\alpha)$ задачи минимизации (1), для которого при $\delta \rightarrow 0$, $\alpha(\delta) \rightarrow 0$, $\frac{\delta^2}{\alpha(\delta)} \rightarrow 0$ справедливо:

- 1) $\{u_1^\alpha\}$, $\{u_2^\alpha\}$, $\{u_3^\alpha\}$ относительно компактны в $L_p[0, 1]$, $W_p^1(0, 1)$, $L_2[0, 1]$ соответственно;
- 2) для любой тройки $(u_1^\alpha, u_2^\alpha, u_3^\alpha)$, являющейся решением задачи (1), сумма $u^\alpha = u_1^\alpha + u_2^\alpha + u_3^\alpha$ одна и та же;
- 3) $\tilde{u}_1, \tilde{u}_2, \tilde{u}_3$ — это соответствующие предельные точки, тогда $(\tilde{u}_1, \tilde{u}_2, \tilde{u}_3)$ является решением (2), а значит $\hat{u} = \tilde{u}_1 + \tilde{u}_2 + \tilde{u}_3$ является решением исходного уравнения.

Были проведены численные эксперименты на примере интегрального уравнения Фредгольма первого рода.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №15-01-00629.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васин, В. В., Соболева, Е. О. Раздельное восстановление компонент решения с различными типами особенностей для линейных операторных уравнений первого рода. //Труды института математики и механики УрО РАН. Том 20 №2, 2014 —С. 1–11.

ЕДИНСТВЕННОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ГРАНИЧНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ОПЕРАТОРНОГО УРАВНЕНИЯ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА

Фаязов К.С.¹, Хажиев И.О.¹, Фаязова З.К.²

¹ *Национальный университет Узбекистана, Узбекистан, Ташкент*

² *Центр высоких технологий, научный сотрудник, Узбекистан, Ташкент*
kfayazov@yahoo.com

В настоящей работе мы изучаем вопросы о корректности некоторых граничных задач для дифференциально-операторного уравнения n -го порядка в гильбертовом пространстве. Устанавливается, что исследуемые граничные задачи корректны в классе решений (и их производных) равномерно ограниченных в метрике некоторого Гильбертова пространства. Теоремы о корректности задачи Коши в классах решений, ограниченных в некотором смысле, для других уравнений рассматривались Карлеманом, М.М. Лаврентьевым, Е.М. Ландисом, Ф. Джоном, Х. Левиным, С.Г. Крейном [1] и другими. Для уравнения четвертого порядка аналогичная задача было исследовано в работе [2]. Соответствующие уравнения в частных производных мы трактуем как обыкновенные дифференциальные уравнения в гильбертовом пространстве.

Пусть H -гильбертово пространство; и линейные (неограниченные) операторы, действующие в этом пространстве. Область определения операторов и соответственно обозначим $D(A)$ и $D(B)$ а их общая область определения D . Будем рассматривать решения дифференциального уравнения

$$B \frac{d^n u}{dt^n} - Au(t) = 0 \quad (1)$$

при начальных условиях

$$\left. \frac{d^i u}{dt^i} \right|_{t=0} = \varphi_i, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n-1, \quad (2)$$

где $n = 2^k$, $k = 1, 2, 3, \dots$

В работе доказано условная корректность в соответствующим множестве корректности задача (1)-(2) при определенных условиях на линейные операторы A и B , а именно доказаны единственность и условная устойчивость решения исследуемой задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Крейн С. Г.* Линейные дифференциальные уравнения в Банаховом пространстве. М.: Наука, 1967. 464 с.
2. *Фаязов К.С., Хажиев И.О., Фаязова З.К.* Некорректная краевая задача для дифференциально- операторного уравнения четвертого порядка. // Тезисы докладов Международной конференции "Дифференциальные уравнения и математическое моделирование Улан-Удэ, 2015.

**АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В РЕШЕНИИ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ
ГЕОФИЗИКИ**

Хайретдинов М.С.

*Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск, Россия
marat@org.sscs.ru*

Рассматриваются вычислительные алгоритмы определения параметров сейсмических волн в шумах в режимах on-line и off-line. Приводятся сравнительные точности работы алгоритмов и примеры их использования в решениях некоторых обратных задач геофизики.

**ЧИСЛЕННЫЙ АЛГОРИТМ РАЗМЕЩЕНИЯ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ НА
ПРИМЕРЕ ДВУМЕРНОЙ ЗАДАЧИ КОНВЕКЦИИ-ДИФФУЗИИ
ПРИМЕСЕЙ В АТМОСФЕРЕ**

Ханхасаева П.Н., Пененко В.В., Пененко А.В.

Новосибирский государственный университет, Новосибирск

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,

Новосибирск, Россия

polina8134@mail.ru

В данной работе рассматривается алгоритм оптимизации расположения наблюдателей в двумерной области, в которой находятся несколько источников примесей. Предполагается, что перемещение примеси описывается моделью адвекции-диффузии с известными скоростями переноса и коэффициентами диффузии. Наблюдатели измеряют концентрацию загрязняющего вещества в точке своего расположения для того, чтобы решить задачу о поиске мощностей источников выбросов. Требуется оптимизировать расположение наблюдателей по критерию устойчивости результата решения обратной задачи к погрешности наблюдения.

Для решения задачи применяется вариационный подход с использованием прямых и сопряженных задач конвективно-диффузионного переноса примесей в атмосфере[1]. Таким образом, функция источника связывается с результатами наблюдений посредством матрицы, составленной из сопряженных функций, соответствующих размещениям наблюдателей. В этих терминах критерием качества размещения наблюдателей является число обусловленности данной матрицы. Поиск оптимального расположения источника происходит для 8 сценариев, соответствующих 8 направлениям ветра. Причем частота ветра в каждом направлении берется как весовая функция для числа обусловленности вышеупомянутой матрицы.

Неявные разностные схемы, полученные после дискретизации расширенного функционала из условия стационарности при произвольных независимых вариациях сеточных функций, приведены к схемам расщепления. Построен и реализован алгоритм локальной оптимизации расположения наблюдателя на введенной сетке. Проведены численные эксперименты, иллюстрирующие работоспособность алгоритма.

Работа проводилась при поддержке гранта РФФИ 14-01-00125 А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.В. Пененко Методы численного моделирования атмосферных процессов // Ленинград: гидрометеоздат, 1981

УСВОЕНИЕ ДАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Хасенова З.Т., Искаков К.Т., Рахметуллина С.Ж.

*Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилёва, г.Астана
Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д.
Серикбаева, г. Усть-Каменогорск
zhasenova@mail.ru*

Данная работа посвящена вопросам разработки программного обеспечения автоматизированных систем экологического мониторинга. Выполнен обзор результатов разработки информационно-аналитической системы экологического мониторинга «Эко Прогноз» [1-6]. Рассмотрены методы усвоения данных автоматизированной системы экологического мониторинга. Поставлена задача оценки влияния инструментальной погрешности газоанализаторов и их местоположения на результаты усвоения данных экологического мониторинга и предложены методы решения поставленной задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *А.В. Пененко, А.А. Бубликов, С.Ж. Рахметуллина* Integrated information system for ecological monitoring of atmospheric air of an industrial. //Международная конференция «Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики - 2014», Академгородок, Новосибирск, Россия, 8-11 июня 2014, с.38.
2. *А.А. Нетесов, С.Ж. Рахметуллина, А.А. Бубликов, З.Т.Хасенова* Разработка подсистемы «Метео» информационной системы «ЭКО прогноз». // Вестник ВКГТУ №3 2014 г.
3. *С.А. Бельгинова, С.Ж. Рахметуллина* Computer Modeling Of Air Pollution Using The Model Data Assimilation. // International Scientific and Practical Conference «Green economy is the future of humanity», EKSTU, Ust-Kamenogorsk, May, 2014.
4. *V.V. Penenko* Variational data assimilation methods and inverse problems to study atmosphere, ocean and environment. // Sib. Zhur. Comp. Math., 2009, 12(4):341–351.
5. *A.V. Penenko, V.V. Penenko* Direct data assimilation method for convection-diffusion models based on splitting scheme. // Computational technologies, 2014, 19(4):69–83
6. *S. Belginova, S. Rakhmetullina* Modeling Of Air Pollution Using The Model Data Assimilation. // International Scientific and Practical Conference «Green economy is the future of humanity», Ust-Kamenogorsk: 39-53, 2014.

ЛОКАЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИБЛИЖЕНИЯ МНОЖЕСТВОМ В ЛИНЕЙНО НОРМИРОВАННЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

Царьков И.Г.

Обозначим через $K(x, \varepsilon, \tau) = K_M(x, \varepsilon, \tau)$ класс (возможно пустой) всех непрерывных аддитивных ε -выборок для множества M , заданных на шаре $B(x, \tau)$, т.е. $K_M(x, \varepsilon, \tau) = \{\varphi \in C(B(x, \tau), M) \mid \|\varphi(y) - y\| \leq \varrho(y, M) + \varepsilon (y \in B(x, r))\}$, где $\varrho(x, M) = \inf_{z \in M} \|z - x\|$.

Введем следующую величину: $c_x(\tau) = \inf_{\substack{\varphi \in K(x, \varepsilon, \tau), \\ \varepsilon > 0}} \frac{\varepsilon}{\tau}$ – модуль аппроксимативной непрерывности (в точке x). Через $P_M x$ ($P_M^\varepsilon x$) обозначим множество всех ближайших точек (ε -ближайших точек) для точки $x \in X$ в множестве $M \subset X$, т.е. множество $\{y \in M \mid \varrho(x, M) = \|x - y\|\}$ ($\{y \in M \mid \varrho(x, M) = \|x - y\| + \varepsilon\}$).

Определение. Точка $x \in X \setminus M$ называется точкой δ -солнечности для M , если существует последовательность $\{v_n\} \subset X \setminus \{x\} : v_n \rightarrow x$ ($n \rightarrow \infty$), и $\frac{\varrho(v_n, M) - \varrho(x, M)}{\|v_n - x\|} \rightarrow 1$ ($n \rightarrow \infty$).

Определение. Точка $x \in X$ по отношению к множеству $M \subset X$ называется точкой аппроксимативной компактности ($x \in AC(M)$), если любая минимизирующая последовательность $\{y_n\} \subset M : \|x - y_n\| \rightarrow \varrho(x, M)$ ($n \rightarrow \infty$) имеет сходящуюся в M подпоследовательность. Если $AC(M) = X$, то множество M называется аппроксимативной компактности.

Теорема 1. Пусть M – непустое множество в строго выпуклом линейном нормированном пространстве $(X, \|\cdot\|)$, $x \in AC(M) \setminus M$; $\lim_{\tau \rightarrow 0+} c_x(\tau) = 0$. Тогда точка x является точкой δ -солнечности, $P_M x = \{y_0\}$ одноточечно, и $\sup_{y \in P_M^\varepsilon x} \|y - y_0\| \rightarrow 0$ при $\varepsilon \rightarrow 0+$.

Следствие 1. Аппроксимативно компактное множество M в строго выпуклом пространстве X является чебышевским множеством с непрерывной метрической проекцией. В случае, когда дополнительно X^* строго выпукло, множество M выпукло.

Отметим, что отсюда, в случае, когда X и X^* строго выпуклые пространства, для невыпуклого множества $M \subset X$ и некоторой точки x_0 выполняется хотя бы одно условие: или $x_0 \notin AC(M)$, или $\lim_{\tau \rightarrow 0+} c_x(\tau) > 0$.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (13-01-00022).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ БЛУЖДАЮЩИХ КЛЮЧЕЙ НА БАЗЕ КРИПТОСИСТЕМЫ XTR ДЛЯ КОНЦЕПЦИИ «ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ»

Червяков Н.И., Семенова Н.Ф., Бабенко М.Г., Крисина И.С.

ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь
k-fmf-primath@stavsru.ru

Криптосистема XTR, предложенная в работах [1,2], является альтернативой системам защиты данных, построенных на точках эллиптической кривой. Криптосистема XTR является наиболее применимой, однако при длительном использовании криптосистемы с открытым ключом XTR требуется регулярное обновление секретного ключа, для этой цели подходит концепция блуждающих ключей позволяющая обновлять секретную информацию в заданном интервале и переходить от одного секретного ключа к другому. Из всего вышесказанного актуальность приобретает разработка концепции блуждающих ключей для криптосистемы XTR.

Криптосистема XTR построена с использованием неприводимого кубического многочлена $F(c, x) = x^3 - cx^2 + c^p x - 1$ неприводимым в $F_{p^2}[x]$.

Теорема 1. Пусть β' корни $G(x) = x^3 - atx^2 + bx + a$ неприводимый многочлен в $F_p[x]$, где t – квадратичный невычет по простому модулю p , тогда выполняются следующие условия:

1. $F(c, x) = x^3 - cx^2 + c^p x - 1$ неприводим в $F_{p^2}[x]$, где $c = \frac{3-tb+4at\alpha}{1+tb}$ и $t = \alpha^2$.
2. Корни β многочлена $F(c, x) = x^3 - cx^2 + c^p x - 1$ связаны с корнями многочлена $G(x) = x^3 - atx^2 + bx + a$ следующим соотношением $\beta = (1 + \beta'\alpha)^{p^3-1}$.

Теорема 2. Если $(a + bx)$ – общий примитивный элемент, принадлежащий первообразному корню μ , в поле $F_{p^2} = \{a + bx | a, b \in F_p, x^2 = \alpha\}$, где α – квадратичный невычет в F_p , и принадлежащий первообразному корню γ в поле $F_{p^2}^1 = \{a + bx | a, b \in F_p, x^2 = \beta\}$, где β квадратичный невычет в F_p , то $a^2 = \frac{\beta\mu - \alpha\gamma}{\beta - \alpha}$ и $b^2 = \frac{\mu - \gamma}{\beta - \alpha}$.

Использование доказанных теорем 1 и 2 позволяет построить метод периодического обмена ключами для криптосистемы XTR, который позволяет длительное время производить обмен секретных ключей и не требует вычислительно сложных операций для его построения, что позволяет применять его при построении систем защиты информации для концепции «Интернет вещей».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lenstra A.K., Verheul E.R. Fast irreducibility and subgroup membership testing in XTR // Proceedings of PKC 2001, LNCS 1992, Springer-Verlag, 2001 – pp. 73-86
2. Page D., Stam M. On XTR and Side-Channel Analysis // Selected Areas in Cryptography 2004, LNCS 3357, Springer-Verlag, 2005 – pp. 54-68.

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ГОМОМОРФНОГО ШИФРОВАНИЯ
ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ**

Червяков Н.И., Бабенко М.Г., Кучеров Н.Н.

ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь
k-fmf-primath@stavsu.ru

Использование облачных вычислений позволяет получать существенные функциональные и экономические преимущества при решении вычислительно сложных задач [1]. С другой стороны, облачные технологии требуют особых подходов к построению системы защиты, с необходимостью обеспечивать конфиденциальность, целостность и корректность полученных результатов. Гомоморфные шифры используют для обеспечения конфиденциальности информации [2]. Для решения вопросов защиты информации, определения и исправления ошибок применим полиномиальный СОК. В качестве оснований СОК предлагается использовать двучлены вида $m_{i,\alpha}(x) = x^{2^i} - \alpha$ из $F_p[x]$.

Для этого: 1. Найдены попарно взаимно простые многочлены $m_{i_1,\alpha_1(x)}, m_{i_2,\alpha_2(x)}, \dots, m_{i_n,\alpha_n(x)}$ из $F_p[x]$; 2. Предложен алгоритм нахождения остатков от деления многочлена $c(x)$ из $F_p[x]$ на многочлены $m_{i,\alpha}(x)$; 3. Получены многочлены $m_{i,\alpha}^{-1}(x) \pmod{m_{j,\beta}(x)}$, где $m_{i,\alpha}(x) \neq m_{j,\beta}(x)$.

Утверждение 1. Многочлен, $m_{n,\alpha}(x) = x^{2^n} - \alpha$, где $n \in N/\{1\}$ неприводим над F_p тогда и только тогда, когда α является квадратичным невычетом в F_p^* и p простое число вида $p = 4k + 1$.

Утверждение 2. Остаток от деления многочлена x^n на многочлен $m_{i,\alpha}(x) = x^{2^i} - \alpha$ над F_p равен $r_{i,\alpha}(x) = \left| \alpha^{\lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor} \right|_p \cdot x^{n - \lfloor \frac{n}{2^i} \rfloor \cdot 2^i}$.

Утверждение 3. $m_{i,\alpha}^{-1}(x) \pmod{m_{j,\beta}(x)}$, где $m_{i,\alpha}(x) \neq m_{j,\beta}(x)$ равно:

1. Если $i \geq j$, то $i = j + k$ и $\left| (\beta^{2^k} - \alpha)^{-1} \right|_p$
2. Если $i < j$, то $j = i + k$ и $\left| (\beta - \alpha^{2^k})^{-1} \sum_{r=0}^{2^k-1} x^{2^i \cdot r} \alpha^{2^k-1-r} \right|_p$.

Использование утверждений 1-3 позволяет построить систему гомоморфного шифрования информации на базе полиномиальной системы остаточных классов, обладающую свойствами контроля ошибок по средствам использования кодов исправления ошибок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Craig Gentry*. Computing arbitrary functions of encrypted data. Commun. ACM, 53(3):97–105, 2010.
2. *Albakri S.H., Shanmugam B., Ganthan N.S., Norbik B.I. and Azuan A.* Security risk assessment framework for cloud computing environments, Security and Communication Networks, 2014, DOI: 10.1002/sec.923.

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД К НЕКОРРЕКТНОЙ ЗАДАЧЕ КОШИ

Черенков Д.М., Зуев С.В.

*БГТУ, Белгород**jokcik@yandex.ru*

Для некорректной (неустойчивой или имеющей более одного решения) задачи Коши строится модель динамической системы в терминах вероятности нахождения в определенном состоянии. Такое описание может оказаться полезным в задачах прогнозирования и обеспечения безопасности там, где система имеет нелинейную природу и, в особенности, в случае наличия динамического хаоса. Рассматривается динамическая система, описываемая дифференциальным уравнением $\dot{x} = f(x, t)$. Предполагается, что единственная наблюдаемая $x(t)$ этой системы измеряется прибором, точность которого равна $\xi/2$, а также время измеряется с некоторой погрешностью $\tau/2$. Рассматривается случай отсутствия особых точек вблизи начального и конечного состояний системы. В этих предположениях строится вероятностная модель поведения системы: вычисляется вероятность для системы быть в окрестности точки (x_n, t_n) , если в начале система была в окрестности точки (x_0, t_0) .

БЕСКОНЕЧНОЕ МНОЖЕСТВО РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ МЕЛКОЙ ВОДЫ С ПРЯМОЛИНЕЙНЫМ ДНОМ

Чиркунов Ю. А., Пикмуллина Е. О.

*Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск
chr101@mail.ru*

Показано, что однопараметрическое семейство уравнений, описывающих в рамках одномерной модели мелкой воды распространение поверхностных волн над прямолинейным дном, параметром которого является угловой коэффициент наклона дна, порождается уравнениями одномерной модели мелкой воды с горизонтальным дном методом замены переменных. Для отыскания всех нетривиальных законов сохранения нулевого порядка используется предложенный в [1, 2] метод А - операторов. С помощью этого метода установлено, что однопараметрическое семейство уравнений, описывающих в рамках одномерной модели мелкой воды распространение поверхностных волн над прямолинейным дном, параметром которого является угловой коэффициент наклона дна, порождаемого уравнениями одномерной модели мелкой воды с горизонтальным дном имеет бесконечное множество нетривиальных законов сохранения нулевого порядка, порождаемых системой линейных дифференциальных уравнений. К этой же линейной системе, в результате специального выбора преобразования годографа, приведена и сама система уравнений мелкой воды с прямолинейным дном. Получено бесконечное множество невырожденных решений уравнений мелкой воды с прямолинейным дном. Применение к этим решениям формул производства («размножения») решений, полученных из группового свойства системы, дает дополнительные невырожденные точные решения. Найдены все вырожденные решения этих уравнений. Указан физический смысл некоторых найденных решений [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Chirkunov Yu. A.* Method of A-operators and Conservation Laws for the Equations of Gas Dynamics. J. of Appl. Mech. and Techn. Phys. 2009. Vol. 50. No. 2. P. 213 – 219. DOI:10.1007/s10808-009-0029-7.
2. *Chirkunov Yu. A.* Conservation Laws and Group Properties of Equations of isentropic Gas Motion. J. of Appl. Mech. and Techn. Physics. 2010. Vol. 51. No. 1. P. 1 – 3. DOI:10.1007/s10808-010-0001-6.
3. *Chirkunov Yu. A., Pikmullina E. O.* Symmetry Properties and Solutions of Shallow Water Equations. Universal J. of Appl. Math. HRPUB (USA). 2014. Vol. 2, No 1, pp. 10 – 23. DOI: 10.13189/ujam.2014.020103.

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ЛЕВЕНБЕРГА–МАРКВАРДТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ОПЕРАТОРНЫХ УРАВНЕНИЙ

Чистяков П.А.

*Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН, Екатеринбург
p_a_v_e_l@isnet.ru*

Рассматривается задача решения нелинейного операторного уравнения

$$F(x) = y, \quad (1)$$

где $F : \mathcal{D}(F) \subseteq X \rightarrow Y$ — нелинейный дифференцируемый по Фреше оператор, действующий из гильбертова пространства X в гильбертово пространство Y . Классический метод Левенберга–Марквардта для решения нелинейных уравнений имеет вид

$$x_{k+1} = x_k + (F'(x_k)^* F'(x_k) + \alpha_k I)^{-1} F'(x_k)^* (y - F(x_k)). \quad (2)$$

В данной работе мы исследуем два модифицированных варианта этого метода:

$$x_{k+1} = x_k + (F'(x_0)^* F'(x_0) + \alpha_0 I)^{-1} F'(x_0)^* (y - F(x_k)). \quad (3)$$

$$x_{k+1} = x_k + (F'(x_0)^* F'(x_0) + \alpha_0 I)^{-1} F'(x_k)^* (y - F(x_k)). \quad (4)$$

Преимущества этих модификаций очевидны: трудоёмкая с вычислительной точки зрения операция по обращению оператора производится только один раз — на первом шаге итерации. Пусть существует точное решение уравнения (1) (обозначим его через \hat{x}). Пусть на каждом шаге итерации для некоторых значений параметров $0 < q < 1 < \gamma$ выполняется неравенство $\|y - F(x_k) - F'(x_k)(\hat{x} - x_k)\| \leq \frac{q}{\gamma} \|y - F(x_k)\|$, так что параметр шага для (3) и (4) однозначным образом определяется из уравнения $\|y - F(x_k) - F'(x_k)(x_{k+1}(\alpha) - x_k)\| = q \|y - F(x_k)\|$. Тогда итерационный метод (3) обладает свойством \hat{x} -фейеровости, т.е. $\|x_{k+1} - \hat{x}\| < \|x_k - \hat{x}\|$ для любого $k = 0, 1, \dots$. В условиях \hat{x} -фейеровости метода (4) и оценки остаточного члена в разложении Тейлора вида $\|F(x) - F(\tilde{x}) - F'(x)(x - \tilde{x})\| \leq c \|x - \tilde{x}\| \|F(x) - F(\tilde{x})\|$ метод (4) генерирует сходящуюся к решению (1) последовательность.

Работа проводилась при поддержке РФФИ, грант № 15-01-00629.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васин В.В* Метод Левенберга–Марквардта и его модифицированные варианты для решения нелинейных уравнений с приложением к обратной задаче гравиметрии / В.В. Васин, Г.Я. Пересторонина // Тр. Ин-та математики и механики УрО РАН.— 2011.— Т.17, № 2.— С.53–61.
2. *Kaltenbacher B., Neubauer A., Scherzer O.* Iterative Regularization Methods for Nonlinear Ill-Posed Problems. Berlin–New York: De Gruyter, 2008. 194 p.

**О ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ АЛГОРИТМЕ УСВОЕНИЯ ДАННЫХ В
ЗАДАЧЕ ЭКСПРЕСС-МОНИТОРИНГА ИСТОЧНИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ
АТМОСФЕРЫ**

Чубатов А.А.¹, Кармазин В.Н.²

¹ Армавирский государственный педагогический университет, Армавир

² Кубанский государственный университет, Краснодар

¹ *chaa@inbox.ru*,

Работа продолжает исследования представленные в [1, 2]. Задача идентификации источника загрязнения атмосферы сводится к решению плохообусловленной СЛАУ

$$\Phi \cdot g = q, \quad \Phi \in R^{n \cdot J \times n}, \quad q \in R^{n \cdot J}, \quad g \in R^n, \quad (1)$$

где Φ – Теплицева блочно-треугольная матрица коэффициентов чувствительности; q – вектор замеров концентрации q_{ji} , $j = 1, \dots, J$, $i = 1, \dots, n$; g – искомая интенсивность источника; n – число замеров по времени; J – число датчиков.

Данные о замерах концентрации q поступают от датчиков последовательно. Рассмотрен алгоритм решения (1) с последовательно увеличивающимся n

1) первые r моменгов времени будем только накапливать данные о замерах. Число r связано с наличием временного лага (сдвига) между изменением интенсивности и максимумом отклика концентрации на это изменение [1].

2) в момент времени t_{r+k-1} , $k = 1, 2, \dots$ оцениваются g_i , $i = 1, \dots, k + r - 1$. Из-за явления запаздывания только g_i , $i = 1, \dots, k$ могут быть оценены достаточно точно на $r + k - 1$ шаге, а g_i , $i = k + 1, \dots, k + r - 1$ будут переопределены на следующих шагах.

Оценка интенсивностей на шаге $r + k - 1$ производилась 2 способами:

Glob) переопределяются g_i , $i = 1, \dots, k - 1$ и оцениваются g_i , $i = k, \dots, k + r - 1$;

Seq) ранее найденные g_i , $i = 1, \dots, k - 1$ не переопределяются, а подставляются в систему (1), уменьшая ее порядок, и оцениваются g_i , $i = k, \dots, k + r - 1$.

Для решения системы (1) использовался метод регуляризации по Тихонову [3]. Итеративный подбор параметра регуляризации приводит к многократному решению СЛАУ. SVD разложение матрицы Φ позволяет уменьшить количество вычислений: для seq алгоритма SVD делается 1 раз, для glob – используется модифицированный QR алгоритм при увеличении числа строк и столбцов [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чубатов А.А., Кармазин В.Н. Устойчивая оценка интенсивности источника загрязнения атмосферы на основе метода последовательной функциональной аппроксимации // Компьютер. исслед. и моделир., 2009, Т. 1, № 4. С. 391–403.
2. Чубатов А.А., Темердашев М.З., Кармазин В.Н. Экспрессный метод мониторинга источника загрязнения атмосферы // Наука Кубани, № 3, 2013. С. 11-16.
3. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М., 1986.
4. Лоусон Ч., Хенсон Р. Численное решение задач метода наименьших квадратов. М., 1986.

ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДНА ВОДОЕМОВ

Шарабарина А.С., Белоносов А.С.

Новосибирский государственный университет, Новосибирск

sharabarina.alyona@gmail.com

Математическая постановка задачи возникла в связи с необходимостью интерпретации данных полевых измерений на акваториях глубоководных озер Сибири. Для этого используется высокочастотный импульсный источник колебаний, действующий на небольшой глубине у водной поверхности. Измерения проводятся гидрофоном, погруженным на глубину 50 – 100 м. Интерпретацию экспериментальных данных предполагается проводить на основе решения обратной задачи путем обращения интегрального уравнения первого рода типа свертки с использованием регуляризационного подхода.

Для решения обратной задачи по разработанным алгоритмам применительно к реальным данным необходимо произвести предварительное тестирование на модельных примерах. Поэтому разработан алгоритм решения прямой динамической задачи в полной постановке, составлена программа на языке С для моделирования синтетических сейсмограмм лучевым методом, в которой поиск всех энергетически значимых волн организован на основе рекурсивного алгоритма без привлечения кодировки лучей.

Разработан алгоритм решения обратной задачи. Алгоритм позволяет определить достаточно точно значения коэффициентов отражения, если падающая волна регистрируется с погрешностью до 15% и имеет широкополосный спектр.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГЕОРАДАРАШолпанбаев Б.Б.², Кабанихин С.И.¹, Шишленин М.А.¹¹ *Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН,
Новосибирск, Россия*² *Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан,
bahtygeray@mail.ru*

В работе рассмотрены математические проблемы обработки данных георадара. Принцип работы георадара приближается двумерным уравнением для горизонтальной компоненты напряженности электрического поля E_z . В качестве источника выбран дельтаобразный источник, так как в георадаре используется аналогичный вид источника. Георадар – это прибор для определения подземных структур и объектов. Принцип работы георадара заключается в излучении электромагнитного сигнала в исследуемую среду и регистрации отраженных сигналов. Для экспериментов использован сверхмощный Георадар "Лоза-В". Разработан алгоритм и проведены численные расчеты для уравнения электродинамики по обнаружению местоположения подземного локализованного объекта для модельных данных. Проведен анализ полученных численных результатов в сравнении с данными полученными георадаром.

Для уточнения сведений, применена задача продолжения электромагнитного поля в сторону локализованного объекта [1]. Задачи продолжения решений уравнений математической физики с части границы во многих случаях являются сильно некорректными задачами. Задача продолжения формулируется в виде операторного уравнения $Aq = f$. Задача продолжения сведена к эквивалентной обратной задаче по отношению к некоторой прямой корректной задаче. Рассмотрены корректность: существование, единственность и устойчивость прямой задачи. Для решения обратной задачи применяются градиентные методы минимизации целевого функционала $J(q) = \langle Aq - f, Aq - f \rangle$. Целевой функционал минимизирован методом Ландвебера. Вычислен градиент функционала и приведен алгоритм решения обратной задачи. Численные расчеты проведены для трех различных сред: с одной неоднородностью, с двумя неоднородностями и тремя неоднородностями, расположенными на глубине 6 м.[2] Приведенные результаты численных расчетов помогают точнее определить количество локализованных объектов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК №1746/ГФ4 "Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач естествознания"

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *S. I. Kabanikhin, D. B. Nurseitov, M. A. Shishlenin, B. B. Sholpanbaev* Inverse problems for the ground penetrating radar. // *Journal of Inverse and Ill-posed Problems*. – 2013. – V. 21, №6. – P. 885-892.
2. *Кабанихин С.И., Нурсейтов Д.Б., Шолпанбаев Б.Б.* Задача продолжения электромагнитного поля в сторону залегания неоднородностей // *Сибирские электронные математические известия*. <http://semr.math.nsc.ru/v11/c1-171.pdf> – 2014. – Том 11(2014). – С. 85-102.

МУЛЬТИВЕЙВЛЕТЫ И АЛГОРИТМЫ С РАСЩЕПЛЕНИЕМ

Шумилов Б.М.

Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск
sbm@tsuab.ru

Пусть на интервале $[a, b]$ задана сетка $\Delta^L : x_i = a + hi, i = 0, 1, \dots, 2^L, h = (b - a)/2^L, L \geq 1$. Определим систему эрмитовых базисных функций $N_{i,k}^L(x)$ [1] нечетной степени $2r + 1$ с центрами в узлах x_i как $\varphi^L = [N_{0,0}^L, N_{0,1}^L, \dots, N_{0,r}^L, \dots, N_{2^L,r}^L]$. Тогда интерполяционный сплайн может быть представлен как $S^L(x) = \varphi^L(x)C^L$, где $C^L = [C_0^{L,0}, C_0^{L,1}, \dots, C_0^{L,r}, \dots, C_{2^L}^{L,r}]^T$, тогда как коэффициенты $C_i^{L,k}, k = 0, 1, \dots, r, i = 0, 1, \dots, 2^L$, обозначают значения и соответствующие производные аппроксимируемой функции в узлах сетки. Будем искать базисные вейвлеты $M_{i,k}^L(x)$ с центрами в серединах между узлами как линейные комбинации базисных сплайнов на сетке Δ^{L+1} , удовлетворяющие условиям ортогональности всем многочленам $2r + 1$ -го порядка [2]. Запишем полученные вейвлет-функции в виде матрицы-строки $\psi^L = [M_{1,0}^L, M_{1,1}^L, \dots, M_{1,r}^L, \dots, M_{2^L,r}^L]$. Соответствующие вейвлет-коэффициенты будем собирать в вектор, $D^L = [D_1^{L,0}, D_1^{L,1}, \dots, D_1^{L,r}, \dots, D_{2^L}^{L,r}]^T$. Тогда с использованием обозначений для блочных матриц процесс получения C^L из C^{L-1} и D^{L-1} может быть записан как: $C^L = [P^L | Q^L] \begin{bmatrix} C^{L-1} \\ D^{L-1} \end{bmatrix}$. Блоки матриц P^L, Q^L составлены из коэффициентов калибровочных соотношений $\varphi^{L-1} = \varphi^L P^L, \psi^{L-1} = \varphi^L Q^L$. Разрешимость относительно C^{L-1}, D^{L-1} гарантируется линейной независимостью базисных функций. Для вычислений при больших L матрицу $[P^L | Q^L]$ можно сделать блочной трехдиагональной, изменив порядок неизвестных так, чтобы блоки матриц P^L и Q^L перемежались.

В лекции описаны проблемы моделирования поверхности автомобильных дорог с использованием данных лазерного сканирования. Представлены результаты численных экспериментов и наложения запроецированной дороги на обработанные лазерные значения. Однако предложенные вейвлеты не формируют устойчивого решения. Чтобы построить устойчивый метод обработки временных сигналов и случайных полей мы представляем новую идею – для нечетного r переместить мультивейвлеты согласно центрам в узлах, чтобы расщепить алгоритм обращения блока фильтров на параллельное решение $r + 1$ ленточных систем линейных уравнений со строгим диагональным преобладанием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л. Методы сплайн-функций. 1980, М.: Наука, 352 с.
2. Han B., Kwon S.-G., Park S.S. Riesz multiwavelet bases // Appl. Comput. Harmon. Anal., 2006, 20, P. 161-183.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИБЛИЖЕНИЯ ВОЛНОВОГО ПОЛЯ В
СКВАЖИНЕ НОРМАЛЬНЫМИ МОДАМИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ
ЗАДАЧИ АКУСТИЧЕСКОГО КАРОТАЖА**

Щелик Г.С., Софронов И.Л.

Московский физико-технический институт, Москва;

Московский научный центр Шломберже, Москва;

german.schelik@phystech.edu

Современные методы обработки данных акустического каротажа на основе дисперсионного анализа кросс-дипольных измерений малоприспособлены для пород с сильной анизотропией и при нарушении геометрии ствола скважины. В таких случаях естественно рассмотреть полную постановку обратной задачи определения основных параметров упругой среды по акустическим измерениям в скважинах с некруговым сечением.

В предположении отсутствия зависимости геометрии и свойств породы от z , прямая задача распространения упругих волн в породе со скважиной, заполненной жидкостью, сводится к набору двумерных задач в плоскости (r, θ) . Для её решения использован полуаналитический метод конечных элементов [1]. Следуя [2], сформулирован алгоритм решения обратной задачи определения упругих постоянных породы. В качестве целевого функционала взята невязка вектора измерений с решением, аппроксимированным суммой небольшого числа «элементарных» волн (мод), распространяющихся вдоль направления ствола скважины. Проведённые численные оценки показали достаточную точность такой параметризации решения, а также хорошую чувствительность к изменению искомым коэффициентов упругости. В качестве исходных данных каротажных измерений были использованы результаты 3D моделирования методом спектральных элементов для скважин в различных породах. Получены оценки эффективности работы метода по определению упругих свойств в тестовых примерах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Treysede, F., Laguerre, L.* Numerical and analytical calculation of modal excitability for elastic wave generation in lossy waveguides. // The Journal of the Acoustical Society of America, 133(6), 3827-3837, 2013.
2. *Plessix, R.-E.* A review of the adjoint-state method for computing the gradient of a functional with geophysical applications // Geophysical Journal International, 167(2), 495-503, 2006.

РЕГУЛЯРИЗИРУЮЩИЕ АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Ягола А.Г.

Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

yagola@physics.msu.ru

В докладе будут рассмотрены некорректно поставленные задачи, возникающие при обработке изображений, и регуляризирующие алгоритмы их решения:

- 1) Обработка астрономических изображений на примере «Креста Эйнштейна».
- 2) Обработка изображений в цифровой фотографии (устранение дефокусировки и смазывания).
- 3) Построение магнитного изображения корабля.
- 4) Подавление кольцевых артефактов в компьютерной томографии.
- 5) Неразрушающий контроль методом отраженных электронов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (коды проектов 14-01-00182 и 14-01-91151-ГФЕН).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *E. Koptelova, E. Shimanovskaya, B. Artamonov, M. Sazhin, A. Yagola, V. Bruevich, O. Burkhonov.* Image reconstruction technique and optical monitoring of the QSO 2237+0305 from Maidanak Observatory in 2002-2003 // *Monthly Notices of Royal Astronomical Society.* – 2005. – V. 356. – P. 323-330.
2. *А.Г. Ягола, Н.А. Кошев.* Восстановление смазанных и дефокусированных цветных изображений // *Вычислительные методы и программирование.* – 2008. – Т. 9. – С. 207-212.
3. *Д.В. Лукьяненко, А.Г. Ягола.* Использование многопроцессорных систем для решения обратных задач, сводящихся к интегральным уравнениям Фредгольма 1-го рода // *Труды Института математики и механики УрО РАН.* – 2012. – Т. 18, №1. – С. 222-234.
4. *S. Titarenko, Philip J. Withers, A. Yagola.* An analytic formula for ring artefact suppression in X-ray tomography // *Applied Mathematics Letters.* – 2010. – V. 23, №12. – P. 1489-1495.
5. *Н.А. Кошев, Ф.А. Лукьянов, Э.И. Рау, Р.А. Сеннов, А.Г. Ягола.* Повышение пространственного разрешения в режиме отраженных электронов в сканирующей электронной микроскопии // *Известия РАН, серия физическая.* – 2011. – Т. 75, №9. – С. 1248-1251.

ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА НИМФА НА СТРУКТУРЕ ДАННЫХ ЛОГОС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ

Бутнев О.И., Горев И.В., Дерюгин Ю.Н., Колесников С.С., Кузнецов В.Ю., Машенькин П.А., Пронин В.А., Сидоров М.Л., Яруллин А.Д.

*Российский федеральный ядерный центр-Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров
a.d.yarullin@itm.vniief.ru*

Представляются материалы по моделированию крупных нефтяных месторождений с помощью пакета программ НИМФА [1]. Разработка новых технологий повышения коэффициента извлечения нефти без использования современных гидросимуляторов с применением суперкомпьютерных технологий невозможна. Пакет программ НИМФА предназначен для численного моделирования процессов фильтрации флюидов в процессе эксплуатации нефтегазовых месторождений. Главной особенностью пакета является использование суперкомпьютерных технологий на всех основных стадиях моделирования. Архитектура пакета основана на технологии клиент-сервер с использованием «тонкого» клиента и выполнении в параллельном режиме всех стадий обработки больших объемов данных на Супер-ЭВМ, начиная с этапа генерации неструктурированных сеток и заканчивая стадией обработки результатов счета. Пакет программ НИМФА позволяет проводить расчеты на сетках с количеством счетных блоков более 1 млрд. с использованием тысяч вычислительных ядер.

В пакете программ реализована модель Black Oil, описанная в [2], позволяющая моделировать 1, 2-х и 3-х фазные течения в пористой среде, процессы вытеснения нефти водой или газом, процессы разгазирования и газирования нефти. Аппроксимация дифференциальных уравнений по пространству основана на применении полностью неструктурированных сеток и конечно-объемном подходе, аппроксимация потоковых слагаемых осуществляется методом отложенной коррекции или градиентным методом. Для аппроксимации по времени применяется явно-неявный метод IMPES и полностью неявный метод SS. В состав пакета входит препроцессор, позволяющий в интерактивном режиме создавать расчетные модели с учетом начальных и граничных условий, задавать параметры сетки, историю разработки, а также параметры счета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутнев О.И., Пронин В.А., Сидоров М.Л., Колесников С.С., Кузнецов В.Ю. Пакет программ НИМФА-2 для решения задач многофазной фильтрации с применением суперкомпьютерных технологий // Труды XIV международной конференции «Супервычисления и математическое моделирование», РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров, 2012, С.112-119
2. Яруллин А.Д. Методика расчета трехфазной фильтрации на многопроцессорных ЭВМ // Ученые записки УлГУ. Сер.: Математика и информационные технологии. 2013. Вып. 1(5) под ред. проф. А. А. Смагина. С. 144-164.

**MODELING AND INVERSION OF LOGGING-WHILE-DRILLING
ELECTROMAGNETIC DATA IN 2D FORMATIONS**

Dyatlov^{1,2} G. V., Kushnir¹ D. Yu., Makarov¹ A. I., Sviridov¹ M. V., Dashevsky^{1,2} Yu. A.

¹*Baker Hughes Inc., Novosibirsk Technology Center, Novosibirsk*

²*Novosibirsk State University, Novosibirsk*

Gleb.Dyatlov@bakerhughes.com

Propagation and azimuthal resistivity tools are widely used for proactive geosteering while drilling horizontal wells, since real-time inversion and interpretation of their data makes it possible to determine the location of the drill string with respect to the reservoir boundaries.

Currently, interpretation of the logging-while-drilling data is carried out within the 1D layered model which is done for two reasons. First, the layered model gives a good local description of most real formations. Second, forward simulation of the electromagnetic field in 1D layered model is rather fast which enables one to build the optimization inversion routines for real-time interpretation.

However, in some situations, for example, near faults, the formation is not adequately described by the 1D layered model; especially, for extra deep tools whose domain of investigation may reach several tens of meters. The next complexity level is the 2D formation model with planar boundaries. For this model we have developed the forward solver based on the method of boundary integral equations [1].

Creation of the industry-standard software based on the mentioned method faces a number of computational challenges. One of them arises when the transmitter is close to one of the boundaries and a very fine grid is required to get good approximation of the sought boundary values of the field. To overcome this difficulty, we find explicitly the solution for the two-layered model with the corresponding boundary and then solve the modified integral equations for the anomalous field.

Using our software we simulate the responses of real tools in the pre-well jobs. Also, we study the sensitivity of various signals to the approaching 2D structures. The corresponding examples will be demonstrated.

REFERENCES

1. *Dyatlov G. V., Onegova E. V., and Dashevsky Yu. A.* Efficient 2.5D electromagnetic modeling using boundary integral equations // *Geophysics* 80 (3), E163–E173. (doi: 10.1190/geo2014-0237.1)

**AUTOMATED CONSTRUCTION OF INITIAL FORMATION MODEL FOR
INVERSION BASED ON RESISTIVITY DATA ANALYSIS: APPLICATION
FOR GEOSTEERING IN NEAR-HORIZONTAL WELLS**

Mosin A.P.¹, Sviridov M.V.¹, Antonov Yu.E.¹, Martakov S.V.²

¹*Novosibirsk Technology Center, Baker Hughes*

²*Houston Technology Center, Baker Hughes*

Anton.Mosin@BakerHughes.com

Successful geosteering relies on the determination of formation layer interfaces and their orientation relative to the wellbore location. This information as well as other geo-electrical parameters is usually recovered from LWD (logging while drilling) resistivity measurements and used for real-time correction of the drilling direction. Often, a preliminary pre-well 2D formation model is constructed as a continuous set of merged 1D models and theoretical tool responses are calculated before drilling begins.

The formation model is based on the data from nearby offset wells and other available information such as seismic surveying, geologic maps of basin, etc. A borehole trajectory is planned to be placed based on the model to hit the desired geological targets. During drilling, the pre-well 2D model is updated using real-time interval-by-interval inversion and providing a set of local 1D formation models. A geosteering decision is made after an analysis of the inversion results.

Effective construction of the initial formation model is one of the key parts of the inversion. A simple formation model with few inversion parameters may not enable the preset criteria to be achieved (such as misfit value between measured and simulated data). However, a complex expected model contains too many inversion parameters that make the equivalence domain too large.

A method for analyzing complex LWD resistivity data was developed and can be applied to build the initial formation model that can be further refined by the inversion. For example, azimuthal signals are used to determine the orientation of layer bedding planes and to estimate the distance from the wellbore to geoelectric formation layers' interfaces. In addition, conventional coaxial signals give information about the bulk distribution of resistivity in the medium drilled.

The paper describes the basic principles of approximate formation model construction using the joint analysis of real-time LWD data obtained from deep and extra-deep azimuthal resistivity tools.

REFERENCES

1. *Sviridov, M.V., Mosin, A.P., Antonov, Yu.E., Nikitenko, M.N., Martakov, S.V., Rabinovich M.B.* New Software for Processing of LWD Extradep Resistivity and Azimuthal Resistivity Data, Society of Petroleum Engineers (SPE), May 1, 2014.

FEASIBILITY STUDY OF TEM TOOL WITH COLLOCATED SENSORSMosin A.P.¹, Mogilatov V.S.²¹*Novosibirsk Technology Center, Baker Hughes*²*Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk
Anton.Mosin@BakerHughes.com*

Surface electromagnetic sounding, the method of transient electromagnetic sounding, enables more complex problems to be solved than frequency induction sounding.

In well logging investigations, the motivation for using transient soundings was low. It is well-known how to compensate the primary field in the frequency tool where transmitter and receiver coils have fixed positions and the transmitter is always switched on. Furthermore because of the small scale of investigation, when the nanosecond time ranges are considered, the hardware implementation of transient electromagnetic logging is a difficult engineering task.

Nevertheless, the application of transient electromagnetic soundings in well logging is the target direction of induction logging development. The capabilities of resistivity tools to compensate the primary electromagnetic field are limited (for example, because of temperature gradient) and thus affect the depth of investigation (DOI) and resolution of formation parameters. Subsurface transient sounding implies having the transmitter switched off during measurement, thus the DOI can be extraordinary deep because of the registration of very small signals on a wide range of times.

Another advantage of subsurface transient sounding is the capability of spatially matching the transmitter and receiver into one coil (e.g. collocation). This is impossible in frequency resistivity tools; all known resistivity tools have sufficient spacing between transmitter and receiver coils which makes it difficult to obtain accurate apparent resistivity data binding to depth.

Radical reduction of the size of the transmitter-receiver array enables for a better quality visual signal, which is crucial to making quick estimates of log data. Having single coil for transmitter and receiver also enables the reduction of the tool dimensions (length) while preserving the DOI. One solution to technical problems related to the measurement of signals on early times includes using various shapes of the current impulse for medium excitation before switching off the transmitter and acquiring the integral signal.

This paper validates the developed software and presents the capabilities of a transient tool with collocated sensors in comparison with a frequency tool in a realistic multilayered media and inclined tool position. The work advances ideas published in patents PCT/RU2009/000023 and US 5955884 and paper [1].

REFERENCES

1. *Mogilatov, V.S., Zlobinsky, A.V.* Software for pulsed induction electromagnetic sounding, Journal of Applied and Industrial Mathematics, b. IX, 1(25), pp. 91-105, Novosibirsk 2006

**STOCHASTIC PROJECTION METHODS FOR SOLVING INVERSE
PROBLEMS OF PHASE RETRIEVAL AND X-RAY REFLECTIVITY
ANALYSIS**

Sabelfeld K.K.

ICMMG, NSU, Novosibirsk

karl@osmf.sccc.ru

The phase retrieval generally, and X-ray reflectivity in particular, have become an in-valuable tool for studying the structure and the organization of materials that are grown layer by layer in thin films and hetero-structures at the nano- and atomic scales. We develop a stochastic based approach which uses random projections on convex subspaces to solve nonlinear inverse problems. The method is compared against the randomized Kaczmarz method which is commonly used in many large scale inverse problems.

ON THE CONTINUATION OF THE SOLUTION OF A QUATERNIONIC DIRAC EQUATION

Sattorov E.N., Ermamatova F.E.
Samarkand State University
e-mail: Sattorov-e@rambler.ru

We shall consider continuously differentiable $H(C)$ - valued functions depending on three real variables $x = (x_1, x_2, x_3)$. On this set the well known (see, [1],[2],[3]) Moisil-Theodoresco operator is defined by the expression $D := \sum_{k=1}^3 i_k \partial$, where $\partial_k = \partial/\partial x_k$. The action of the operator D on an $H(C)$ -valued function f can be written in a vector form:

$$Df = -div \vec{f} + grad f_0 + rot \vec{f}. \quad (1)$$

That is, $Sc(Df) = -div \vec{f}$ and $Vec(Df) = grad f_0 + rot \vec{f}$. In a good number of physical applications (see [2] and [3]) the operators $D_\alpha = D + M^\alpha$ and $D(-\alpha) = D - M^\alpha$ are needed, where α is a complex quaternion and M^α denotes the operator of multiplication by α from the right-hand side: $M^\alpha f = f\alpha$. We will be interested when α is a vector $\alpha \rightarrow (\alpha)$ case to the Dirac equation. Consider the Dirac equation (see [5]) for a free particle with a spin 1/2 and nonzero rest mass

$$\left(\sum_{k=0}^3 \gamma_k \partial / (\partial X_k) + im \right) \Psi = 0, \quad (2)$$

where γ_k are the usually used Dirac matrices [4, p.64] $\Psi : R^4 \rightarrow C^4; m \in R; x_0 = t$. Consider the harmonic-in-time solution Ψ to equation (2) (for $m = 0$):

$$\Psi(t, x) = \psi(x) e^{i\omega t}, \omega \in R. \quad (3)$$

For the amplitude ψ of the harmonic spinor field (3), obtained the following equation:

$$(D\psi)(x) = (i\omega\gamma_0 + \sum_{k=0}^3 (\gamma_k \partial / \partial X_k) \psi(x) = 0. \quad (4)$$

We consider the problem of describing the quaternion-function given on a part of the boundary of a three dimensional domain Ω can be continued to this domain as a solution of system (4). Following M.M.Lavrent'ev and Sh.Yarkhamedov, we call the fundamental solution of equation (4) of solutions with this property the Carleman matrix for the half-space [6], [7]. After the construction of the Carleman function in explicit form, the continuation and regularization formulas for the solution of the Cauchy problem can be written out as Cauchy integral formula.

REFERENCES

1. Brackx F., Delanghe K., Sommen F. Clifford analysis. L.: Pitman, 1982. V.76. 308 pp.
2. K. Gurllebeck, W. Sprobig Quaternionic analysis and elliptic boundary value problems, Akademie-Verlag, 1989.
3. V. V. Kravchenko, M. V. Shapiro Integral representations for spatial models of mathematical physics, Addison Wesley Longman Ltd., Pitman Research Notes in Mathematics. Series, v.351, 1996.
4. Bogolyubov, N.N. and Shirkov, D.V. Vvedenie v Teoriyu Kvantovannykh Polei (Introduction to Quantum Fields Theory), Moskow:Nauka, 1984.

5. V.V.Kravchenko Quaternion-Valued Integral Representations of the Harmonic Electromagnetic and Spinor Fields Dokl.Akad.Nauk, vol 341, No.5, 1995, pp.603-605.
6. *Lavrent'ev M.M.* Some Ill-Posed Problems of Mathematical Physics, Novosib., 1962, 92 pp.
7. *Yarmukhamedov Sh.*// Dokl. Ross. Akad.Nauk 357(3), 320-323 (1997)

**PROBLEM CAUCHY FOR THE QUATERNIONIC TIME-HARMONIC
MAXWELL EQUATIONS**

Sattorov E.N., Ermamatova Z.E.

Samarkand State University

e-mail: Sattorov-e@rambler.ru

In [1] consider of Cauchy problem in bounded domain, for the system of equations

$$\alpha_0 f_0 - \operatorname{div} f - \langle f, \vec{\alpha} \rangle = 0, \quad \operatorname{grad} f_0 + \operatorname{rot} f + [f \times \vec{\alpha}] + f_0 \vec{\alpha} + \alpha_0 f = 0, \quad (1)$$

where $\vec{\alpha} := (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$; $f := (f_1, f_2, f_3)$, $\alpha_k \in C$, $f_k : R^3 \rightarrow C$, $k = 0, 1, 2, 3$. Ω is a bounded simply connected domain in R^3 with boundary $\partial\Omega$ composed of a compact connected part T of the plane $y_3 = 0$ and a smooth Lyapunov surface S lying in the half-space $y_3 > 0$, with $\bar{\Omega} = \Omega \cup \partial\Omega$, $\partial\Omega = S \cup T$. As to S , we assume that each ray issuing from any point x of the domain Ω intersects this surface at most l points. If, system (1) coincides with the known Moisyl-Teodoresku system, which is a spatial analog of the Cauchy-Riemann equations. Various physical applications of the latter has led to far reaching generalizations [2]-[4]. In [5], obtained that the solutions to (1) with some fixed values of the parameter α_0 are closely connected to the harmonic (with respect to time) solution to the Maxwell equation. This fact allows one to consider these different physical objects from the common point of view, and, in particular, to derive for them analogs of the Cauchy integral formula and the Sokhotskii formulas (see, [6]), as well as solutions to the boundary problems that are analogous to the problems of analytical continuation in the theory of complex-valued functions.

In this paper, we present an explicit formula for the continuation of the solution of the Cauchy problem for harmonic electromagnetic fields are described by the equations

$$\operatorname{rot} E = i\omega\mu H, \quad \operatorname{rot} H = \sigma E, \quad (2)$$

where $E, H : R^3 \rightarrow C^3$; $\omega, \mu, \sigma \in C$. A set of pairs (E, H) of solutions (1) are designated as M . Let $\nu \in C$ and $\nu^2 = i\omega\mu\sigma$.

Statement of the problem. Find a regular solutions to the Maxwell equations (2) in the domain Ω using its Cauchy data on the surface S :

$$[n \times H] = f(y), \quad [n \times E] = g(y), \quad y \in S \quad (3)$$

where S is a part of the boundary of the domain, where $f(y), g(y)$ is a given continuous quaternion-valued functions on the part S of boundary.

REFERENCES

1. Sattorov E., Ermamatova Z.E. Regularization of the solution the Cauchy problem on the generalized system of Cauchy-Riemann with a quaternion parameter Dokl.Akad.Nauk RUz, 2014, no.3, pp.13-18
2. F. Brackx, R. Delanghe and F.Sommon, *Clifford analysis, Pitman Res. Notes in Math., 1982.*
3. Vladimirov, V.S. and Volovich, I.V. *Teor.Mat.Fiz., 1984, vol.59, no. 1, pp.3-27.*
4. Vladimirov, V.S. and Volovich, I.V. *Teor.Mat.Fiz., 1984, vol.60, no. 1, pp.169-198.*
5. Kravchenko V.V. *Quaternion-Valued Integral Representations of the Harmonic Electromagnetic and Spinor Fields Dokl.Akad.Nauk, 1995, vol 341, No.5, pp.603-605.*
6. Kravchenko V.V. and Shapiro, M.V. *On the generalized system of Cauchy-Riemann equations with a quaternion parameter Dokl.Akad.Nauk, 1993, vol 329, No.5, pp.547-549.*

**APPLICATION OF RESOLUTION ANALYSIS ALGORITHM FOR
ACCURACY EVALUATION OF INVERSION RESULTS FROM LWD
RESISTIVITY DATA**

Sviridov M.¹, Antonov Yu.¹, Martakov S.², Maurer H.M.², Mosin A.¹, Nikitenko M.¹

¹*Novosibirsk Technology Center, Baker Hughes*

²*Houston Technology Center, Baker Hughes*

Mikhail.Sviridov@bakerhughes.com

Modern LWD resistivity tools utilized in the oil industry for reservoir navigation and real-time formation evaluation provide a wide range of multicomponent, multispacing, and multifrequency electromagnetic measurements. This data is subsequently used for resolving parameters of the surrounding formation through sophisticated multiparametric inversion techniques. However, the question of inversion results accuracy remains undecided very often. In some unfavorable cases, it can lead to the erroneous perception of reservoir structure and incorrect decisions while navigating the reservoir.

Mathematically, inverse problems are very often ill-posed, which means the solution can be non unique and difficult to find. To resolve the ambiguity and find a solution that approximates reality in the best way, modern inversion algorithms take into account all available a priori information through special regularization or through restrictions on formation parameters. Thus, the accuracy and reliability of formation parameter determination depends on the availability and the quality of a priori information. Moreover, the total amount of available a priori information is often limited and cannot be reliably verified.

On the other hand, the accuracy of LWD resistivity data inversion results can be evaluated by means of the recently developed resolution analysis algorithm. This advanced algorithm takes into account the misfit value between the measured and simulated signals obtained as an inversion result and quantifies the uncertainty ranges for each determined formation parameter. For instance, if the range is small, an appropriate formation parameter was reliably recovered. On the contrary, a large range means that the inversion cannot resolve the value of the appropriate parameter, and it is based on a priori information only.

The approach presented is used for real-time reservoir navigation and formation evaluation analysis. The efficiency is demonstrated on a series of both synthetically simulated measurements and field measurements of LWD propagation resistivity tools with significant depth of investigation. For each formation parameter recovered by inversion, the uncertainty ranges are computed. The uncertainty analysis enables the identification of accurately resolved formation parameters that can be used for reservoir navigation decision making and subsequent formation evaluation procedures.