

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М.В.ЛОМОНОСОВА
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И КИБЕРНЕТИКИ

ГОДОВОЙ ОТЧЁТ - 2006

кафедры вычислительных технологий и моделирования

по бюджетной теме “Вычислительные технологии и методы моделирования в задачах геофизики, аэродинамики, электродинамики и медицины”

Заведующий кафедрой:

академик РАН Г.И. Марчук

Москва 2006

Содержание

| | |
|--|---|
| 1. Краткий аннотационный отчет | 2 |
| 1.2. Руководитель работы | 2 |
| 1.3. Источники и объемы финансирования, полученные и освоенные | 2 |
| 1.4. Результаты..... | 2 |
| 1.5. Ключевые слова..... | 4 |
| 2. Сведения о наиболее значимых результатах за год..... | 4 |
| 3. Список публикаций..... | 5 |
| 3.1. Монографии, учебные пособия..... | 5 |
| 3.2. Статьи в журналах..... | 5 |
| 3.3. Статьи в сборниках | 6 |
| 3.4. Препринты | 6 |
| 4. Участие в научных конференциях..... | 6 |
| 5. План НИР на 2007 год | 7 |

1. Краткий аннотационный отчет

1.1.1. НИР фундаментальная

1.1.2. УДК 519.6

1.1.3. № 0120.0601700

1.1.4. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, факультет вычислительной математики и кибернетики

1.1.5. Кафедра вычислительных технологий и моделирования

1.2. Руководитель работы

2.1 Марчук Гурий Иванович

2.2 Профессор, доктор наук

1.3. Источники и объемы финансирования, полученные и освоенные

| Источники | Объемы (тыс. руб.) | |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| | Получено | Освоено собственными силами |
| Раздел 01 11 госбюджета | — | — |
| Раздел 07 06 | — | — |
| Гранты (с названием фонда) | — | — |
| Программы | — | — |
| Договор (с названием организации) | — | — |

1.4. Результаты

На базе теории сопряженных уравнений, обратных задач, оптимального управления сформулирован класс обратных задач, задач управления и задач вариационной ассимиляции данных наблюдений для сложных систем (математические модели крупномасштабной геофизической гидродинамики, динамики приливных течений и др.). Осуществлен выбор функциональных пространств и формулировка задач в операторной фор-

ме. Исследованы основные свойства операторов. Доказаны теоремы существования решений для трехмерной модели динамики океана и задачи ассимиляции данных.

Построена конечно-разностная вихреразрешающая модель, адекватно воспроизводящая статистические характеристики крупномасштабной сдвиговой турбулентности при больших числах Рейнольдса. Алгоритмы модели, включая численную схему и турбулентное замыкание, выбраны таким образом, чтобы обеспечить ее применимость для расчетных областей произвольной конфигурации. Модель реализована на кластере ИВМ РАН и протестирована на примере расчета турбулентного потока в канале, ограниченного двумя шероховатыми пластинами. Сравнение результатов расчетов с данными лабораторных измерений и результатами прямого численного моделирования показало, что предложенная модель воспроизводит ряд особенностей, характерных для турбулентных потоков с большими числами Рейнольдса. В целях исследования взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью, покрытой густой сетью гидрологических объектов, проведены численные эксперименты с мезомасштабной атмосферной моделью, в которой учтены термодинамические процессы в водоемах. Разработана технология параметризации приповерхностных мезомасштабных потоков в условиях сильной гидрологической неоднородности суши.

Предложен вариант метода дискретных вихрей для численного решения интегрального уравнения первого рода с логарифмической особенностью на отрезке в периодическом и не периодическом случаях в классах “хороших” функций. Дано математическое обоснование предложенного численного метода. Метод применен для приближенного построения функции Грина для задачи Дирихле для уравнения Лапласа на нерегулярных областях. Для исследования вихревых следов за сложными телами построена модель отрыва вихревого слоя с гладкой поверхности в рамках идеальной жидкости без использования погранслоя и управления местом отрыва с помощью отсоса внешнего потока.

Получены нетривиальные оценки тензорных рангов для обратных матриц или их приближений для матриц с произвольными кронекеровскими сомножителями в случае тензорного ранга $r = 2$ и матриц с циркулянтными сомножителями. Получены теорема существования тринейной крестовой аппроксимации на основе лишь малой части элементов трехмерного тензора и быстрый алгоритм, реализующий идею исключения элементов в трехмерном случае. Проведены работы по внедрению полученных методов тринейной аппроксимации для обработки данных из области финансовой математики.

Получена новая в тригонометрическом виде формула для отклонения от непрерывной функции многочлена наилучшего приближения с весом, определяющая необходимые и достаточные условия существования для такого многочлена. Получены явные формулы для весов и узлов интерполяционного типа квадратурной формулы для сингулярных интегральных операторов с ядром Гильберта. Получена новая асимптотическая формула для фазовой функции в тригонометрическом представлении экстремальных с весом многочленов. Предложен итерационный метод определения корней таких многочленов, основанный на итерировании фазовой функции.

В результате исследования предложенной ранее математической модели возрастных изменений Т-системы иммунитета дано теоретическое объяснение механизма развития инфекционной анергии с использованием принципа минимума диссипации энергии. Предложен метод оценки влияния антигенной нагрузки на скорость развития организма.

1.5. Ключевые слова

Пограничный слой, атмосфера, численные методы, сопряженные уравнения, вариационное усвоение данных, экстремальные многочлены, вариационные методы, интегральные уравнения с особенностью, большие матрицы, тензорный ранг, трilinearная аппроксимация, иммунная система.

2. Сведения о наиболее значимых результатах за год

На базе теории сопряженных уравнений, обратных задач, оптимального управления сформулирован класс обратных задач, задач управления и задач вариационной ассимиляции данных наблюдений для сложных систем (математические модели крупномасштабной геофизической гидродинамики, динамики приливных течений и др.). Осуществлен выбор функциональных пространств и формулировка задач в операторной форме. Исследованы основные свойства операторов. Доказаны теоремы существования решений для трехмерной модели динамики океана и задачи ассимиляции данных.

Построена конечно-разностная вихреразрешающая модель, адекватно воспроизводящая статистические характеристики крупномасштабной сдвиговой турбулентности при больших числах Рейнольдса.

Предложен вариант метода дискретных вихрей для численного решения интегрального уравнения первого рода с логарифмической особенностью на отрезке в периодическом и не периодическом случаях в классах “хороших” функций. Дано математическое обоснование предложенного численного метода. Метод применен для приближенного построения функции Грина для задачи Дирихле для уравнения Лапласа на нерегулярных областях.

Получены нетривиальные оценки тензорных рангов для обратных матриц или их приближений для матриц с произвольными кронекеровскими множителями в случае тензорного ранга $r = 2$ и матриц с циркулянтными множителями. Получены теорема существования трilinearной крестовой аппроксимации на основе лишь малой части элементов трехмерного тензора и быстрый алгоритм, реализующий идею исключения элементов в трехмерном случае. Проведены работы по внедрению полученных методов трilinearной аппроксимации для обработки данных из области финансовой математики.

Получена новая формула для отклонения от непрерывной функции многочлена наилучшего приближения с весом, определяющая необходимые и достаточные условия существования для такого многочлена. Получены явные формулы для весов и узлов интерполяционного типа квадратурной формулы для сингулярных интегральных операторов с ядром Гильберта. Получена новая асимптотическая формула для фазовой функции в тригонометрическом представлении экстремальных с весом многочленов. Предложен итерационный метод определения корней таких многочленов, основанный на итерировании фазовой функции.

В результате исследования построенной ранее математической модели возрастных изменений Т-системы иммунитета дано теоретическое объяснение механизма развития инфекционной анергии с использованием принципа минимума диссипации энергии. Предложен метод оценки влияния антигенной нагрузки на скорость развития организма.

3. Список публикаций

3.1. Монографии, учебные пособия

1. Agoshkov V.I., Dubovski P.B., Shutyaev V.P. *Methods for Solving Mathematical Physics Problems*. Cambridge, UK: Cambridge Intern. Sci. Publ., 2006. 330 p.
2. Лифанов И.К. *Особые интегральные уравнения и методы их численного решения*. М.: Макс-Пресс, 2006. 68 с.
3. Мартиросов Э.Г., Николаев Д.В., Руднев С.Г. *Технологии и методы определения состава тела человека*. М.: Наука, 2006. 248 с.

3.2. Статьи в журналах

4. Agoshkov V.I. Inverse problems of mathematical theory of tides: tide potential problem // *Russ. J. Numer. Anal. Math. Modeling*. 2006. V. 21. № 2. P. 95-110.
5. Agoshkov V.I., Gervasio P., Quarteroni A. Optimal control in heterogeneous domain decomposition methods for advection-diffusion equations // *Mediterr. J. Math*. 2006. V.3. № 2. P. 147-176.
6. Agoshkov V.I., Ipatova V.M. Study of variational data assimilation problem for a model of tide dynamics in adjacent seas // *Russ. J. Numer. Anal. Math. Modeling*. 2006. V.21. № 2. P. 111-138.
7. Agoshkov V.I., Quarteroni A., Rozza G. A mathematical approach in the design of arterial bypass using unsteady Stokes equations // *J. of Sci. Comput*. 2006. V. 28. № 2-3. P.139-166.
8. Agoshkov V.I., Quarteroni A., Rozza G. Shape design in aorto-coronary bypass anastomoses using perturbation theory // *SIAM J. Numer. Anal.* 2006. V. 44. № 1. P. 367-384.
9. Beckermann B., Goreinov S.A., Tyrtshnikov E.E. Some remarks on the Elman estimate for GMRES // *SIAM J. Matrix Anal. Appl.* 2006. V. 27. № 3. P. 772-778.
10. Chugunov V., Svyatski D., Tyrtshnikov E.E., Vassilevski Yu. Parallel iterative multilevel solution of mixed finite element systems for scalar equations // *Concurrency and Computation: Practice and Experience*. 2006. V. 18. № 5. P. 501-518.
11. Olshevsky V., Oseledets I., Tyrtshnikov E. Tensor properties of multilevel Toeplitz and related matrices // *Linear Algebra Appl.* 2006. V. 412. № 1. P. 1-21.
12. Oseledets I., Tyrtshnikov E.E. A unifying approach to construction of circulant preconditioners // *Linear Algebra Appl.* 2006. V. 418. № 2-3. P. 435-449.
13. Romanyukha A.A., Rudnev S.G., Sidorov I.A. Energy cost of infection burden: an approach to understanding the dynamics of host-pathogen interactions // *J. Theor. Biol.* 2006. V. 241. № 1. P. 1-13.
14. Гутников В.А., Лифанов И.К., Сетуха А.В. Метод численного решения задачи Неймана для уравнения Лапласа с подвижной границей // *Электромагнитные волны и электронные системы*. 2006. V. 11. № 6. С. 4-15.
15. Гутников В.А., Лифанов И.К., Сетуха А.В. Численное решение гиперсингулярных интегральных уравнений и обтекание зданий // *Известия РАН. Мех. жидкости и газа*. 2006. № 4. С. 78-92.
16. Замарашкин Н.Л., Оселедец И.В., Тыртышников Е.Е. О приближении теплицевой матрицы суммой циркулянта и матрицы малого ранга // *Докл. РАН*. 2006. Т. 73. №1. С. 100-101.
17. Лифанов И.К. К решению составных особых интегральных уравнений // *Успехи совр. радиотехники*. 2006. № 8. С. 62-67.
18. Лифанов И.К. Об обращении интегральных уравнений первого рода с логарифмической особенностью // *Дифференц. уравн.* 2006. Т. 42. № 4. С. 556-559.

19. Лифанов И.К. Об одном случае численного решения особых интегральных уравнений первого рода в периодическом случае // Дифференц. уравн. 2006. Т. 42. № 9. С. 1263-1271.

20. Лифанов И.К., Мельников Ю.А., Ненашев А.С. Функция Грина для областей нерегулярной формы и сингулярные интегральные уравнения // Докл. РАН. 2006. Т.410. № 3. С. 313-317.

3.3. Статьи в сборниках

21. Gordov E.P., Begni G., Heimann M., Kabanov M.V., Lykosov V.N., Shvidenko A.Z., Vaganov E.A. Siberia integrated regional study as a basis for international scientific cooperation // Вычислительные технологии, Т.11. Новосибирск: Институт вычислительных технологий СО РАН, 2006.

22. Гордов Е.П., Кабанов М.В., Лыкосов В.Н. Информационно-вычислительные технологии для наук об окружающей среде: подготовка научной смены // Вычислительные технологии, Т.11. Новосибирск: Институт вычислительных технологий СО РАН, 2006.

23. Лебедев В.И. О методе нахождения многочленов наилучшего с весом приближения // Труды математического центра им. Н.И.Лобачевского. № 33. Казань: Изд-во КГУ, 2006. С. 3-18.

24. Марчук Г.И. Сопряженные уравнения и их применения // Труды Института математики и механики УрО РАН. № 1. Екатеринбург: Институт Математики и Механики УО РАН, 2006. С. 184-195.

25. Степаненко В.М., Миранда П.М., Лыкосов В.Н. Численное моделирование мезомасштабного взаимодействия атмосферы с гидрологически неоднородной сушией // Вычислительные технологии, Т.11. Новосибирск: Институт вычислительных технологий СО РАН, 2006.

3.4. Препринты

26. Rudnev S.G., Romanyukha A.A., Yashin A.I. Modeling of immune life history and body growth: the role of antigen burden. Preprint WP-2006-042. Rostock, Germany: Max Planck Institute for Demographic Research, 2006. 34p.

4. Участие в научных конференциях

| | | |
|--|----------------|-----------------------|
| Проведено конференций в МГУ, организованных подразделением | | |
| число конференций | Число Докладов | Количество Участников |
| 1 | 2 | 3 |
| 4 | 13 | 7 |

| Участие в работе конференций, симпозиумов и съездов | | | | | |
|---|------------------|---|------------------|----------------------------|------------------|
| российских (в том числе включенных в гр. 1) | | международных (в РФ) (в том числе включенных в гр. 1) | | международных (за рубежом) | |
| количество участников | сделано докладов | количество участников | сделано докладов | количество участников | сделано докладов |
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 4 | 5 | 5 | 9 | 4 | 10 |

5. План НИР на 2007 год

Создание основ теории задач вариационной ассимиляции данных в сложных системах и методов их решения: для математических моделей крупномасштабной динамики океана (задачи о функциях источников, потоках тепла и влажности с поверхности океана, граничных функциях, начальных состояниях), для систем уравнений динамики приливов и др. Разработка итерационных алгоритмов решения этих задач.

Математическое моделирование процессов мезомасштабного взаимодействия атмосферы и гидрологически неоднородной суши для решения задач теории климата и охраны окружающей среды.

Исследование характеристических особых интегральных уравнений (с логарифмической особенностью, сингулярных и гиперсингулярных) в периодическом случае и на отрезке, когда в правой части функция в некоторой точке имеет особенность вида $1/x$. Приложение полученных результатов для описания процесса излучения тонкой проволочной антенны.

Исследование эффективности предложенного “фазового” метода построения многочлена наилучшего приближения с весом на различных классах функций.

Разработка итерационных методов с использованием малопараметрической тензорной структуры матриц и векторов и их применение при решении интегральных уравнений в задачах акустики.

Идентификация модели развития Т-системы иммунитета по отношению к чувствительности иммунной системы под действием различной антигенной нагрузки. Изучение связей между эффективностью иммунной защиты и процессом роста организма человека.

Оформление отчета:

Руднев С.Г., ученый секретарь кафедры

Email: rudnev@inm.ras.ru