

Институт вычислительных технологий СО РАН

**XVIII Всероссийская конференция
молодых учёных
по математическому моделированию
и информационным технологиям**

Программа

Тезисы докладов

Алфавитный указатель участников

Иркутск

21–25 августа 2017 г.

УДК 004, 519.6
ББК 22.19, 32.81
М34

Материалы XVIII Всероссийской конференции молодых учёных по математическому моделированию. г. Иркутск, Россия, 21–25 августа 2017 г. — Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2017. — 112 стр.

Целью конференции является обсуждение актуальных результатов исследований молодых научных сотрудников, аспирантов и студентов старших курсов в области вычислительной и прикладной математики и информатики. Участие в конференции дает возможность молодым ученым получить представление о результатах исследований в области современного математического моделирования, вычислительных и информационных технологий, установить научные контакты, а также познакомиться с широким кругом проблем, представленных в докладах участников.

В рамках работы конференции представлены следующие тематические направления: математическое моделирование; численные методы и методы оптимизации; высокопроизводительные и распределённые вычисления; информационные и геоинформационные системы; управление, обработка, защита и хранение информации; автоматизация и теория управления.

Организаторы конференции:

- Институт вычислительных технологий СО РАН
- Институт динамики систем и теории управления СО РАН
- Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН
- Институт вычислительного моделирования СО РАН
- Новосибирский национальный исследовательский государственный университет
- Новосибирский государственный технический университет
- Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики

Ответственные за выпуск: Есипов Д. В., Гусев О. И.

качественно согласуются с известными лабораторными экспериментами и исследованиями других авторов. Также приведены результаты расчёта для задачи о размыве грунта.

Список литературы

- [1] Иванов К. С. Использование итерационных схем при решении систем нестационарных уравнений Навье — Стокса / Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2015. — 118 с.
- [2] Сагдеева Ю. А., Копысов С. П., Новиков А. К. Введение в метод конечных элементов: Метод. пособие / Ижевск: «Удмуртский университет», 2011. — 44 с.
- [3] Белоцерковский О. М. Численное моделирование в механике сплошных сред / М.: Наука, 1984. — 520 с.

1.69. Семисалов Б.В. Разработка алгоритмов без насыщения в приложении к задачам динамики полимерной жидкости

В докладе обсуждаются аспекты теории приближения гладких функций элементами конечномерных пространств, приведшие к понятиям метода без насыщения и алгоритма без насыщения по К. И. Бабенко [1]. Проводится анализ влияния особенностей функции на точность её приближения в базисе Фурье и базисе, состоящем из полиномов Чебышёва. Рассматриваются аналогии между этими базисами, позволяющие строить новые методы приближения, в том числе для решения сингулярно-возмущённых краевых задач. Исследуются вопросы, связанные с вычислительной устойчивостью приближений. Описанные методы приближения используются для построения алгоритмов без насыщения, обладающих экспоненциальной скоростью сходимости при решении нелинейных уравнений эллиптического типа с краевыми условиями Неймана — Дирихле [2, 3].

Разработанные алгоритмы используются для решения задач о неизоотермическом течении несжимаемой вязкоупругой полимерной жидкости в каналах прямоугольной и эллиптической форм, а также в канале, образованном двумя соосными цилиндрами. Такие задачи связаны с развитием технологий аддитивного производства изделий (3D-печати). Для описания течений используется реологическая мезоскопическая модель Покровского — Виноградова [4]. Рассмотрены режимы течения, близкие по своим качественным свойствам к классическим течениям Пуазейля [5]. Получить стационарные численные решения указанных задач с контролем погрешности в диапазоне значений параметров, наиболее интересных инженерам-технологам, удалось исключительно благодаря высокой точности и устойчивости использованных приближений.

Список литературы

- [1] Бабенко К. И. Основы численного анализа / М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.
- [2] Семисалов Б. В. Нелокальный алгоритм поиска решений уравнения Пуассона и его приложения //

Журн. выч. мат. и мат. физ. — 2014. — Т. 54, № 7, С. 1110–1135.

- [3] Семисалов Б. В. Быстрый нелокальный алгоритм решения краевых задач Неймана — Дирихле с контролем погрешности // Выч. мет. Программирование. — 2016. — Т. 17, № 4, С. 500–522.
- [4] POKROVSKII V. N. The Mesoscopic Theory of Polymer Dynamics. 2nd ed / Berlin: Springer, 2010.
- [5] Блохин А. М., Семисалов Б. В., Шевченко А. С. Стационарные решения уравнений, описывающих неизотермические течения несжимаемой вязкоупругой полимерной жидкости // Мат. моделирование. — 2016. — Т. 28, № 10, С. 3–22.

1.70. Семёнов Е.В. Глубокие нейронные сети в решении обратной двумерной задачи электроимпедансной томографии в круге с неоднородностью

В работе рассматривается двумерная задача электроимпедансной томографии в круге с неоднородной проводимостью $\sigma(r, \varphi)$ внутри области

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[\sigma(r, \varphi) r \frac{\partial u(r, \varphi)}{\partial r} \right] + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left[\sigma(r, \varphi) \frac{\partial u(r, \varphi)}{\partial \varphi} \right] = 0$$

с граничными условиями

$$\begin{aligned} \frac{\partial u(r, \varphi)}{\partial r} \Big|_{r=R} &= 0, \text{ при } \varphi \notin [\theta_i - w, \theta_i + w], i = \overline{1, L} \\ \left[u(r, \varphi) + z_i \sigma(r, \varphi) \frac{\partial u(r, \varphi)}{\partial r} \right] \Big|_{r=R} &= U_i, \\ &\text{при } \varphi \in [\theta_i - w, \theta_i + w], i = \overline{1, L} \\ \sum_{i=1}^L U_i &= 0, \end{aligned}$$

где θ_i — середина электрода с номером i ; w — полуширина электрода; n — вектор нормали к поверхности границы в точке (R, φ) ; z_i — сопротивление соответствующего электрода; U_i — напряжение на соответствующем электроде; $u(r, \varphi)$ — потенциал; L — количество электродов.

Для решения прямой задачи используется метод конечных объемов, т.к. благодаря его свойству консервативности учитываются законы сохранения энергии. В начале область покрывается неструктурированной сеткой, состоящей из непересекающихся треугольных элементов. В качестве конечного объема выбирается ячейка, ограниченная ломаной, соединяющей барицентрические центры соседних треугольников. После чего каждому конечному объему ставится в соответствие определенный коэффициент проводимости и задается вектор напряжений или токов, приложенных к электродам.

В результате решения прямой задачи [1] формируется выборка векторов, состоящих из вектора напряжений, вектора токов и вектора значений проводимости, характеризующего проводимость отдельных участков круга. Подготовленная выборка нормируется и подается на вход многослойной нейронной сети, которая методом глубокого обучения должна

выявить зависимость между значениями проводимости внутри области и значениями электрических величин, полученных при решении прямой задачи. *Научный руководитель — д.ф.-м.н. Старченко А. В.*

Список литературы

- [1] СЕМЁНОВ Е. В. Решение обратной задачи электроимпедансной томографии в круге с использованием многослойной искусственной нейронной сети // Тр. VIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. — Красноярск: Сиб. федер. ун-тет, 2016. — С. 181–186.

1.71. Семёнова А.А. Расчёт турбулентного течения с плавучестью в каверне

Уличный каньон — это пространство между зданиями относительно узкой улицы. С возрастанием городского населения городской каньон становится одним из основных источников загрязнения атмосферы. Вредные вещества от автомобильных выхлопов, систем отопления и охлаждения зданий, внезапные пожары и т.д. могут причинить вред человеческому здоровью в загрязнённых областях. Для уменьшения загрязнения необходимо понимать и предсказывать распространение вредных выбросов в городских каньонах.

В данной работе исследуется микромасштабная атмосферная модель, учитывающая температурную неоднородность воздушных масс, и метод ее численного решения на модельных задачах [1], характерных для исследования структуры турбулентного течения в городской застройке. Были рассмотрены примеры как кубической каверны, так и несколько тестовых примеров с каверной в виде параллелепипеда.

Разработана микромасштабная трехмерная модель турбулентного течения для исследования аэродинамики и процессов переноса в городских кварталах, учитывающая влияние естественной конвекции [2]. Представление турбулентности осуществлялось с использованием двухпараметрической $k-\epsilon$ модели турбулентности с нелинейной зависимостью тензора анизотропии турбулентности от компонент тензоров скорости деформации и завихренности. Получены результаты параметрических расчетов: оценка влияния свойств набегающего потока и температурной неоднородности на структуру турбулентного течения и формирование неблагоприятных условий в городском каньоне.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 16-41-700178 р_а.

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Старченко А. В.

Список литературы

- [1] ПОЛЕЖАЕВ В. И. Математическое моделирование конвективного теплообмена на основе уравнения Навье — Стокса / М: Наука, 1987. — 271 с.

- [2] СТАРЧЕНКО А. В., НУТЕРМАН Р. Б., ДАНИЛКИН Е. А. Численное моделирование турбулентных течений и переноса примеси в городских каньонах / Томск: Издательство Томского государственного университета, 2015. — 252 с.

1.72. Сергеева Е.И. Особенности проектирования программного обеспечения многопроцессорных систем обработки гидроакустических сигналов линейной антенной решетки

Неотъемлемой частью современных гидроакустических комплексов (ГАК) являются многопроцессорные системы обработки информации. Производительность процессоров, на базе которых строятся такие системы, постоянно увеличивается [1]. Её эффективное использование при создании программного обеспечения (ПО) дает возможность расширять функциональность ГАК и ГАС.

В работе рассматриваются подходы к проектированию и разработке ПО системы пространственно-частотно-временной обработки (СПЧВО) сигналов линейной эквидистантной антенной решетки (АР), в основном, на отечественных сигнальных процессорах «Комдив-128 РИО» (К128). Предложенные алгоритмы и схемы организации вычислений могут быть адаптированы и для других процессоров, что показано на примере их использования на процессорах ADSP-TS201 Tiger SHARC (TS201).

Одним из подходов является выбор вычислительных алгоритмов с учетом архитектурных особенностей процессоров. Так, наибольшая эффективность использования К128 достигается при вычислении быстрого преобразования Фурье (БПФ) [3]. Для некоторых основных ресурсоемких задач СПЧВО сигналов линейной АР предложены вычислительные алгоритмы с использованием БПФ. К примеру, такая реализация задачи формирования характеристик направленности на процессоре К128 дала выигрыш почти в 17 раз по сравнению с традиционной реализацией [4].

Помимо выбора эффективных алгоритмов, при проектировании ПО в многопроцессорной системе встает вопрос распределения задач между процессорами. При решении этого вопроса важно учитывать иерархию памяти данных вычислительных средств. Типовой особенностью архитектуры многих процессоров является наличие некоторого небольшого объема накристалльной памяти с быстрым доступом и достаточно большой объем глобальной памяти с медленным доступом. Загрузка из глобальной памяти достаточно дорогая операция и может занимать больше времени, чем сами вычисления. Доступ к глобальной памяти, как правило, осуществляется с помощью контроллера прямого доступа в память (DMA), который работает на фоне работы процессора. Следовательно, целесообразно совмещать вычисления на процессоре и операции работы с гло-