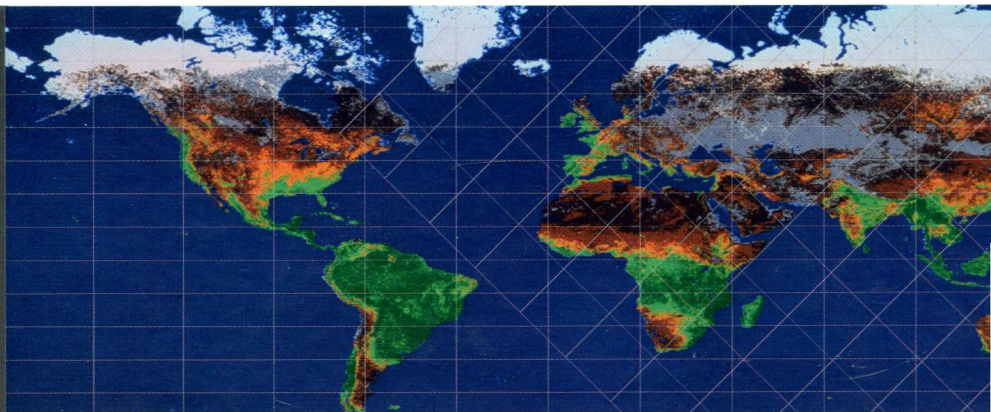




Серия
Суперкомпьютерное
Образование

Модели глобальной атмосферы и Мирового океана

АЛГОРИТМЫ И СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



Суперкомпьютерный
консорциум
университетов России



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА

Модели глобальной атмосферы и Мирового океана: алгоритмы и суперкомпьютерные технологии

Допущено

УМО по классическому университетскому образованию
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлениям ВПО
010400 «Прикладная математика и информатика»
и 010300 «Фундаментальная информатика
и информационные технологии»



Издательство Московского университета

2013

Авторы:

М. А. Толстых, Р. А. Ибраев, Е. М. Володин, К. В. Ушаков,
В. В. Калмыков, А. В. Шляева, В. Г. Мизяк, Р. Н. Хабеев

М74 Модели глобальной атмосферы и Мирового океана: алгоритмы и суперкомпьютерные технологии: Учеб. пособие / М. А. Толстых, Р. А. Ибраев и др.; Предисл.: В. А. Садовничий. – М.: Издательство Московского университета, 2013. – 144 с., илл. – (Серия «Суперкомпьютерное образование»)

ISBN 978-5-211-06481-2

В книге рассматривается современное состояние применения суперкомпьютеров в задачах прогноза погоды и исследованиях климата Земли. Представлены параллельные реализации и тенденции развития моделей атмосферы, океана и совместных моделей. Особое внимание уделяется опыту разработки и реализации глобальных моделей атмосферы, океана и Земной системы в Институте вычислительной математики РАН. Модель земной системы состоит из двух основных блоков: моделей гидротермодинамики атмосферы и океана, а также может включать в себя блоки эволюции морского льда, углеродный цикл, химию атмосферы. Полнота описания основных климатообразующих процессов позволяет проводить с моделью земной системы численные эксперименты по воспроизведению современного климата, его прошлых и вероятных будущих изменений при различных предположениях. Также приводится обзор применяемых методов усвоения данных метеонаблюдений, обосновывается выбор наиболее подходящих для реализации на массивно-параллельной архитектуре алгоритмов.

Ключевые слова: модель атмосферы, модель океана, совместные модели, модель Земной системы, реализация моделей атмосферы и океана на суперкомпьютерах.

УДК 007 (075)

ББК 32.973.2

© Коллектив авторов, 2012

ISBN 978-5-211-06481-2 © Издательство Московского университета, 2013

Оглавление

Введение.....	9
Глава 1. Компоненты моделей Земной системы и их реализация на современных вычислительных системах.....	10
1.1. Модели глобальной атмосферы и океана	10
1.1.1. Вычислительная сложность моделирования атмосферы и океана	10
1.1.2. История высокопроизводительных вычислений в моделировании атмосферы и океана	11
1.1.3. Модели атмосферы с высоким разрешением... ..	14
1.1.4. Модели океана с высоким разрешением.....	15
1.1.5. Модели Земной системы	17
1.2. Численные методы, применяемые в моделях глобальной атмосферы и океана	18
1.2.1. Сетки.....	18
1.2.2. Аппроксимация уравнений в моделях атмосферы и океана	25
1.2.3. Особенности вычислительных алгоритмов моделей океана.....	30
1.3. Основные проблемы реализации параллельных моделей	33
1.3.1. Проблемы реализации моделей атмосферы.....	33
1.3.2. Проблемы реализации моделей океана.....	34
1.3.3. Проблемы реализации многокомпонентных моделей Земной системы	35

1.4. Зарубежный опыт моделирования глобальной атмосферы и океана	37
1.4.1. Глобальные модели прогноза погоды	37
1.4.2. Модели океана	42
1.4.3. Модели Земной системы	43
1.5. Системы усвоения данных для моделей Земной системы	59
Глава 2. Опыт моделирования Земной системы и ее компонент...	64
2.1. Полулагранжева модель атмосферы	64
2.2. Массивно-параллельная модель Мирового океана ИВМ-ИО	71
2.3. Модель Земной системы ИВМ РАН	84
2.4. Система совместного моделирования глобальной атмосферы и Мирового океана	97
2.5. Опыт параллельной реализации ансамблевой системы усвоения данных.....	102
Глава 3. Основные тенденции в развитии моделей, перспективные направления и задачи	110
Заключение	113
Указатель основных понятий, законов, алгоритмов.....	115
Список часто употребляемых сокращений и понятий	119
Литература	123