

# **ПРИМЕНЕНИЕ ТИПОВЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

## ***1 Моделирование типовых решений для распараллеливания численных алгоритмов***

В первой части первой главы приводится обзор известных приёмов моделирования и организации параллельных вычислений, на основе которых далее строится метод моделирования параллельных вычислений. Этими приёмами являются: модель процессов, типовые алгоритмические структуры или паттерны, методы автоматизированного распараллеливания и визуализации графовых моделей параллельных вычислений.

Во второй части с использованием темпоральной логики Лампорта строится модель, на базе которой выполняется точное описание типовых решений. Показано, как на основе предложенной модели построить монитор моделирования, позволяющий воспроизвести исполнение параллельного процесса на последовательном компьютере. Рассмотрен простейший вариант его распараллеливания.

В третьей части главы с использованием графической нотации Templet [по Templet, ссылка есть в реферате] и построенной модели даётся описание часто используемых в практике численного моделирования типовых решений: «метод переменных направлений», «конвейер» и «портфель задач».

Материалы главы опубликованы в работах [из реферата]

### ***1.1 Метод моделирования параллельных вычислений***

#### ***1.1.1 Обзор моделей параллельных и распределённых вычислений***

#### ***1.1.2 Применение типовых решений для организации параллельных вычислений***

#### ***1.1.3 Автоматизированное распараллеливание***

#### ***1.1.4 Визуализация параллельных вычислений***

### ***1.2 Метод формального представления типовых решений***

#### ***1.2.1 Описание дискретных систем с использованием темпоральной логики***

#### ***1.2.2 Метод Лампорта для спецификации дискретных систем***

#### ***1.2.3 Построение модели типовых решений на основе метода Лампорта***

#### ***1.2.4 Дискретно-событийное имитационное моделирование типовых решений***

### ***1.3 Построение визуальных моделей типовых решений***

#### ***1.3.1 Определение графической нотации на примере алгоритма «разветвление-слияние»***

#### ***1.3.2 Графическая модель «метод переменных направлений»***

#### ***1.3.3 Графическая модель «конвейер»***

#### ***1.3.4 Графическая модель «портфель задач»***

### **Выводы по главе 1**

1. Рассмотрены методы моделирования параллельных вычислений. Показано, что для современных средств реализации параллельных вычислений применительно к задачам численного моделирования целесообразно использовать модель процессов, типовые решения, автоматизированное распараллеливание и визуализацию моделей.
2. С использованием темпоральной логики Лампорта построена модель процессов для описания типовых решений.
3. Для модели типовых решений выполнено построение монитора моделирования, позволяющего воспроизвести исполнение параллельного типового процесса на последовательном компьютере.
4. Продемонстрирован простейший вариант распараллеливания работы монитора п.3 в многопоточной модели исполнения.
5. Для проверки описательных возможностей предложенной модели с использованием

метода визуализации Templet выполнено построение имитационных моделей типовых решений «портфель задач», «конвейер», «метод переменных направлений».

## ***2 Синтез параллельного алгоритма обучения гиперрадиальной нейронной сети на основе типового решения «портфель задач» для решения задач прогнозирования числовых рядов***

В первой части второй главы приводится обзор классических методов прогнозирования в сравнении с методами на основе нейронных сетей радиально-базисного типа. Обосновывается использование нейронных сетей в качестве универсального математического аппарата для решения задач прогноза. Приводится постановка задачи прогноза числовых рядов биржевых котировок.

Основным недостатком применения радиально-базисных нейронных сетей является высокая вычислительная сложность алгоритмов обучения. Во второй части главы выполнен синтез параллельного алгоритма обучения гиперрадиальной нейронной сети на основе последовательного алгоритма с использованием типового решения «портфель задач», решающий данную проблему.

В третьей части главы в серии вычислительных экспериментов демонстрируется высокое качество прогноза, сочетающееся с высоким быстродействием параллельных алгоритмов обучения на примерах решения задачи прогноза числовых рядов биржевых котировок.

Материалы главы опубликованы в работах [из реферата].

### ***2.1 Задача прогнозирования числовых рядов***

#### ***2.1.1 Обзор классических методов прогнозирования***

#### ***2.1.2 Применение радиально-базисных нейронных сетей в задачах прогнозирования***

#### ***2.1.3 Постановка задачи прогноза числовых рядов биржевых котировок***

### ***2.2 Параллельный алгоритм обучения HRBF сети***

#### ***2.2.1 Принцип работы и подбора начальных параметров алгоритма обучения***

#### ***2.2.2 Последовательный алгоритм обучения***

#### ***2.2.3 Синтез параллельного алгоритма обучения на основе типового решения «портфель задач»***

### ***2.3 Вычислительные эксперименты с параллельным алгоритмом обучения HRBF сети***

#### ***2.3.1 Исследование зависимости качества прогноза от шага обучения***

#### ***2.3.2 Исследование качества прогноза от количества нейронов в скрытом слое***

#### ***2.3.3 Исследование ускорения и эффективности распараллеливания***

Выводы по главе 2

1. Приведен обзор численных методов прогнозирования временных рядов. Показано, что универсальными методами прогнозирования, наиболее удобными для адаптации под конкретную задачу, являются методы на основе радиально-базисных нейронных сетей.
2. Рассмотрены методы обучения гиперрадиальных нейронных сетей. Показано, что основными проблемами обучения являются высокая трудоемкость и необходимость подбора оптимальной структуры сети.
3. На основе типового решения «портфель задач» синтезирован параллельный алгоритм обучения гиперрадиальной нейронной сети, позволяющий уменьшить время обучения с использованием параллельной ЭВМ и решающий проблему подбора оптимальной структуры сети.
4. В вычислительных экспериментах с разработанным параллельным алгоритмом обучения выполнены: анализ зависимости качества прогноза от шага обучения и количества нейронов в скрытом слое; анализ эффективности и ускорения в зависимости от числа параллельных

процессов.

5. Параллельный алгоритм позволил добиться сокращения времени вычисления примерно в 7 раз на восьмидерной системе. Численные эксперименты показали хорошую достоверность методов прогноза на примере числовых рядов биржевых котировок: знак тренда котировок был достоверен на интервале до 9-ти дней, а тренд с точностью до 2% был достоверен в течении 5-ти дней.

### ***3 Построение программного комплекса численного моделирования на основе типовых решений и описание его применений***

В первой части третьей главы дается обзор программного обеспечения параллельных вычислений. В обзоре показано, с использованием каких программных средств желательно выполнять параллельные реализации типовых решений.

Во второй части главы рассматривается предложенная архитектура программного комплекса для применения типовых решений в численном моделировании. Описывается web-сервис и структура библиотеки типовых решений.

В третьей части главы показано применение программного комплекса на примерах распараллеливания программ численного моделирования предоставленных авторами работ [1] из разных предметных областей. Рассмотрено применение моделей типовых решений «метод переменных направлений», «конвейер», «портфель задач», реализованных в библиотеках программного комплекса, в задачах исследования нелинейных динамических процессов, распространении плоской световой волны, моделирования фазовых траекторий динамических систем.

Основные результаты главы опубликованы в работах [1].

#### ***3.1 Обзор программного обеспечения параллельных вычислений***

##### ***3.1.1 Прикладные интерфейсы операционных систем***

##### ***3.1.2 Стандартные библиотеки (Open MP, MPI, PVM, RTL языков программирования)***

##### ***3.1.3 Промежуточное программное обеспечение***

#### ***3.2 Архитектура программного комплекса***

##### ***3.2.1 Назначение и функциональные возможности программного комплекса***

##### ***3.2.2 Архитектура web-сервиса на базе суперкомпьютерного центра СГАУ для организации вычислительных экспериментов с использованием типовых решений***

##### ***3.2.3 Описание библиотеки типовых решений***

#### ***3.3 Экспериментальная оценка эффективности распараллеливания задач математического моделирования с использованием типовых решений***

##### ***3.3.1 Оценка сложности реализации численных моделей по объему ручного и автоматического кодирования***

##### ***3.3.2 Результаты применения типового решения «метод переменных направлений» в задаче исследования нелинейных динамических процессов***

##### ***3.3.3 Результаты применения типового решения «конвейер» в задаче о распространении плоской световой волны***

##### ***3.3.4. Результаты применения типового решения «портфель задач» в задаче моделирования фазовых траекторий динамических систем***

Выводы по главе 3

1. На основе обзора программного обеспечения параллельных вычислений показано, что наиболее целесообразным методами реализации типовых решений в виде параллельных библиотек являются: Windows API, POSIX threads, MPI.

2. Предложена и рассмотрена реализация программного комплекта автоматизации параллельных вычислений в виде web-сервиса для суперкомпьютерного центра СГАУ. Описан состав и характеристики библиотеки программного комплекса.
3. Продемонстрировано снижение трудоемкости кодирования численных методов при использовании библиотеки типовых решений по сравнению с ручным кодированием.
4. В вычислительных экспериментах обоснована практическая целесообразность применения предложенного в работе подхода. При распараллеливании задачи нелинейной динамики с использованием типового решения «метод переменных направлений» на рабочей станции получено ускорение 2,28 и эффективность 57,1%; на узле суперкомпьютера — ускорение 3,36 и эффективность 42%. В задаче о распространении плоской световой волны на рабочей станции получено ускорение 1,91 и эффективность 95,5%; на узле суперкомпьютера — ускорение 4,92 и эффективность 61,5%. В задаче моделирования фазовых траекторий динамических систем на суперкомпьютере с использованием типового решения «портфель задач» достигнуто 120 кратное ускорение при вычислении 160 траекторий на 20 восьмиядерных узлах (эффективность 75%).