



информации, позволяющий получать различные по времени и точности вычисления результаты. Плотность упаковки при увеличении степени дискретизации объектов приближается к общедоступным результатам. Также данные исследования показали фактическую независимость времени упаковки объектов от точности аппроксимации объектов полигонами, что оказывает значительное влияние на результат упаковки объектов в объектном пространстве. В дальнейшем предполагается проведение углубленного вычислительного эксперимента по исследованию эффективности применения различных методов оптимизации при реализации внешней (оптимизационной) и внутренней (геометрической) процедур.

### Литература

1. Мухачева, Э.А. Модели и методы расчета раскроя-упаковки геометрических объектов / Э.А. Мухачева, М.А. Верхотуров, В.В. Мартынов.- Уфа: УГАТУ, 1998.-216 с.
2. Верхотурова, Г.Н. Об одном решении задачи плотной упаковки выпуклых многогранников на основе годографа функции плотного размещения / Г.Н. Верхотурова, М.А. Верхотуров, Р.Р. Ягудин //Журнал «Информационные системы и технологии». Сер. Математическое и компьютерное моделирование.- Орел: ОрелГТУ, 2012.- № 4.-С. 31-39.
3. Ягудин, Р.Р. Решение задачи оптимизации упаковки многогранников в параллелепипедную область на основе построения годографа вектор-функции плотного размещения / Р.Р. Ягудин // Научно-технические ведомости. С.-Петербург. гос. политех. ун-т. Сер. Системный анализ и управление.-СПб.: СПбГПУ, 2012. – №5 (157).-С.58-63.
4. Stoyan, Yu. Packing non-convex polytopes into a parallelepiped / Yu. Stoyan, N. Gil, G. Scheithauer, A. Pankratov.-Dresden: TU, 2004.-32с.-Preprint MATH-NM-06-2004.

В.Г. Литвинов, С.В. Востокин

## ПРИМЕНЕНИЕ ТИПОВЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика  
С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

### Введение

Роль высокопроизводительной вычислительной техники в области математического моделирования очень важна. Её применение позволяет сократить время решения задач моделирования, повысить размерность решаемых задач, а в некоторых случаях получать решения, которые принципиально невозможно получить на последовательной ЭВМ или аналитически.

Переход от численного метода к реализации программы для высокопроизводительных вычислений на данный момент остается самостоятельной научной и инженерной проблемой. Данная проблема выделена академиком Г.И.



Марчуком как фундаментальное научное направление, называемое «проблемой отображения».

Одним из методов решения проблемы отображения является повторное использование имеющихся типовых решений (шаблонов) для распараллеливания алгоритмов разного назначения. Метод берет начало в работах Э. Гамма, Р. Хелма, Р. Джонсона и Дж. Влассидеса. В области типовых решений для параллельного программирования известны работы отечественных и зарубежных ученых: М.И. Коула, С. Макдональда, Д. Шмидта, П.К. Берзигиярова, В.Э. Малышкина и других. Описано около двух десятков типовых решений в области параллельного программирования. Однако актуальной является задача разработки удобного описания типовых решений и конструирования программ на их основе, учитывая, что такие типовые решения должны быть языково-нейтральными.

В качестве важного приложения методов синтеза параллельных программ на базе типовых решений в работе исследованы методы построения интеллектуальных систем на базе нейронных сетей, предложенных С. Осовским, С. Хайкиным, А.Н. Горбанём, с целью разработки эффективных параллельных методов обучения гиперрадиальных нейронных сетей для решения задач прогнозирования.

Цель исследований состоит в разработке методов и моделей представления объектно-ориентированных типовых решений вычислительных процессов и синтезе на их основе параллельных алгоритмов, которые позволяют снизить трудоёмкость постановки численных экспериментов на высокопроизводительных вычислительных системах.

### **Содержание исследований**

Приводится обзор актуальных проблем разработки параллельных программ. Рассматривается метод моделирования «Templet», предназначенный для описания типовых решений для распараллеливания численных алгоритмов, с использованием которого во второй главе выполнено построение моделей алгоритмов.

Рассматривается построение моделей типовых вычислительных процессов «портфель задач», «конвейер» и «метод переменных направлений» с использованием графического языка моделирования Templet.

Приводится обзор численных методов прогнозирования. На основании проведенного обзора, для решения задачи прогнозирования временного ряда, выбирается гиперрадиальная нейронная сеть. Для неё строится последовательный алгоритм обучения, затем по последовательному алгоритму и схеме «портфель задач» синтезируется параллельный алгоритм. Приводятся результаты численного моделирования.

Описываются программный комплекс численного моделирования на основе типовых решений; результаты его применения для решения различных задач численного моделирования (нелинейная динамика, моделирование световой волны, анализ многомерных динамических систем и процессов) с использованием суперкомпьютера «Сергей Королёв»; методика измерения трудоёмко-



сти кодирования и даются оценки её снижения при реализации параллельных численных методов с использованием типовых решений.

### **Основные выводы и результаты, полученные в работе**

1. Построены модели типовых решений «портфель задач», «конвейер», «метод параллельных направлений» в объектно-ориентированной нотации Templet. Показано, что данная техника моделирования позволяет наглядно представить декомпозицию параллельного алгоритма на процедуры и обрабатываемые ими типы данных, а также представить протоколы взаимодействия процессов, абстрагируясь от конкретной реализации параллельного алгоритма.

2. Разработан последовательный алгоритм обучения гиперрадиальной нейронной сети. Продемонстрирована возможность оптимизации количества нейронов скрытого слоя в структуре нейронной сети, позволяющая сократить время вычисления без снижения точности прогноза.

3. Представлена методика синтеза параллельного алгоритма с использованием типового решения «портфель задач» для построения параллельной версии алгоритма обучения гиперрадиальной нейронной сети.

4. Получены результаты прогнозирования временных рядов в экономических задачах с использованием разработанных в диссертационной работе алгоритмов, численных методов обучения гиперрадиальной нейронной сети и комплекса программ численного моделирования на высокопроизводительных вычислительных системах. Результаты моделирования показали высокое качество прогноза.

5. Разработан и передан в эксплуатацию на суперкомпьютер «Сергей Королев» программный комплекс решения поисково-переборных задач с использованием типового решения «портфель задач».

6. Показано снижение трудоёмкости применения типового решения «портфель задач» при организации вычислительных экспериментов. Уменьшение объема ручного кодирования при разработке параллельных программ численного моделирования на рассмотренных в работе примерах составило 15-20 раз.

Основные результаты работы представлены в публикациях [1-3]. Исследования выполнены в рамках работ по проекту «Разработка комплекса технологий использования ресурсов суперкомпьютера «Сергей Королёв» в целях развития инновационной и научно-образовательной среды университета» (мероприятия 3.3 Программы развития национального исследовательского университета).

Результаты работы внедрены в научной деятельности факультета летательных аппаратов СГАУ и применялись при выполнении НИР для анализа многомерных динамических систем и процессов с использованием суперкомпьютера «Сергей Королёв» [4].

### **Литература**

1. Программный комплекс параллельного программирования Graphplus templet [Текст] / С.В. Востокин, В.Г. Литвинов, А.Р. Хайрутдинов / Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Серия: Физ.-мат. науки. 2011. №4(25). С. 146-153.



2. Применение комплекса параллельного программирования Graphplus templet в моделировании [Текст] / С.В. Востокин, В.Г. Литвинов, А.Р. Хайрутдинов / Программные продукты и системы. 2012. №3(99). С.12-16.

3. Визуальное моделирование параллельных алгоритмов в процессно-ориентированной нотации Templet [Текст] / С.В. Востокин, В.Г. Литвинов, Д.Д. Макагонова, А.Р. Хайрутдинов / Параллельные вычисления и задачи управления: Тр. Шестой Международн. конф-ции. М.: ИПУ РАН, 2012. Том 1. С.260-269.

4. Востокин С.В., Дорошин А.В., Артамонов Ю.С., Назаров Ю.П. Программный комплекс анализа многомерных динамических систем и процессов на суперкомпьютере «Сергей Королёв» // Управление движением и навигация летательных аппаратов: сборник трудов XVI Всероссийского семинара по управлению движением и навигацией летательных аппаратов. - Самара: Издательство СНЦ РАН, 2013. - с.60-63.

М.Р. Богданов, А.В. Захаров, В.Ю. Горбунова

## РАСПОЗНАВАНИЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ МЕТОДОМ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА

(Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акумлы)

Ключевые слова: Электрокардиограмма, THEW, вейвлет-анализ, диагностика сердечно-сосудистых заболеваний

Обоснование проекта. Сердечно-сосудистые заболевания являются одной из основных причин смертности и потери трудоспособности в развитых странах. Обычно врачи ставят диагноз, анализируя форму зубцов на электрокардиограмме. В работе предлагается распознавать электрокардиограммы методом вейвлет-анализа. Было разработано соответствующее программное обеспечение, пригодное для использования в качестве телемедицинского сервиса.

Методы. На наш взгляд, традиционные методы диагностики сердечно-сосудистых заболеваний имеют некоторые недостатки. В частности, современные электрокардиографы выдают относительно высокочастотные сигналы (200, 500 и даже 1000 Гц), в то время как врачи используют только сглаженные низкочастотные диаграммы. На наш взгляд при этом может теряться ценная информация. Для распознавания различных цифровых сигналов (звук, данные сейсмографов и т.д.) применяется вейвлет-анализ. Вейвлет – это функция, определенным образом характеризующая сигнал. В работе были использованы образцы электрокардиограмм (холтеровское мониторирование: 3 канала, 200 Гц, 24 часа), предоставленные Рочестерским университетом (штат Нью-Йорк, США). ECG-файлы имеют объем порядка 100 Мб и содержат три одномерных массива по 16-17 миллионов двухбайтовых целых чисел в каждом. Рочестерский университет является частью международного консорциума THEW (Telemedicine and Holter Electrocardiogram Warehouse). Консорциумом собрана