

В Диссертационный Совет Д 212.092.03  
в Комсомольском-на-Амуре государственном  
техническом университете

### **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу  
Кудряшовой Екатерины Сергеевны  
на тему «Модели параллельных систем и их применение для трассировки и  
расчета времени выполнения параллельных вычислительных процессов»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук  
по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование,  
численные методы и комплексы программ»

#### **1. Актуальность темы диссертации**

Рост производительности современных параллельных вычислительных систем тесно связан с появлением многоядерных процессоров. Для создания математического обеспечения для таких систем и для разработки многопоточных приложений необходимы математические модели параллельных систем и процессов. С начала 60-х годов и до настоящего времени создавались различные математические модели параллельных систем: сети Петри, структуры событий, системы переходов, асинхронные системы, многомерные автоматы и т.д. Для большого класса задач особенно эффективны сети Петри, но для них существуют проблемы, связанные со строением их пространств состояний. Обилие математических моделей приводит к проблеме построения универсальной модели. Данная диссертация посвящена как раз решению этой проблемы – построена достаточно общая математическая модель параллельной системы, показано, что ее можно применять для исследования пространства состояний сетей Петри и для трассировки и расчета времени выполнения параллельных процессов. Теоретические исследования в области математического моделирования параллельных процессов в данной диссертации подводят к практическим ме-

тодам расчета производительности параллельных систем, и они очень своевременны.

## **2. Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации**

Основные результаты диссертации являются новыми. Проблемы и их решения последовательно раскрываются в трех главах. Работа изложена на 112 страницах, иллюстрирована примерами, рисунками, таблицами, графиками. В первой главе дан небольшой обзор математических моделей параллельных систем. Построены дистрибутивные асинхронные автоматы, обобщающие автоматы с отношением независимости и асинхронные системы. Они применены к волновым системам. Это приводит к методу построения маршрута в волновой системе, имеющего наименьшее количество блоков. Получено обобщение метода нормальных форм Фoaты – максимальные формы пути в дистрибутивном асинхронном автомате. Доказано, что максимальная форма состоит из минимального количества независимых блоков. Во второй главе изучаются вопросы, связанные с трассировкой и расчетом времени выполнения вычислительного процесса. Сначала для асинхронных систем с функцией времени. Доказано, что минимальное время выполнения трассы, соединяющей два состояния, равно высоте ее нормальной формы Фoaты. Найдены условия, когда преобразование асинхронных систем, сопоставляющее каждой операции первой системы разложение этой операции во второй системе, сохраняет минимальное время выполнения параллельного процесса. Это позволяет дать способ вычисления времени работы псевдо-конвейера и асинхронного конвейера. Для асинхронного конвейера, с помощью компьютерной модели, получена экспериментальная формула для нахождения ускорения. Один из основных результатов метода нормальных форм Фoaты – новый метод доказательства формулы для расчета времени обработки входных данных объема

*n* для асинхронного конвейера. Доказано, что количество блоков максимальной нормальной формы трассы в измельчении волновой системы равно минимальному времени выполнения этой трассы. На основе этого дан метод трассировки волновой системы с помощью построения ее таблиц занятости. Один из основных результатов диссертации - формула для расчета времени обработки входных данных объема *n* с помощью волновой системы. Третья глава посвящена временным дистрибутивным асинхронным автоматам. Установлено, что они обобщают временные сети Петри. Показано, что волновые системы с функцией времени можно рассматривать как временные дистрибутивные асинхронные системы. Это рассмотрение дает возможность получить некоторые результаты о трассировке и расчете времени выполнения волновых систем с помощью временных дистрибутивных автоматов. Построена математическая модель функционирования системы мониторинга с помощью временных сетей Петри. Рассмотрен алгоритм разработки программного обеспечения для отслеживания работы сети с возможностью получения результатов в режиме реального времени.

Таким образом, научные положения построены на основе практических экспериментов, и обоснованы с помощью введения определений и доказательства теорем, формулировки которых получены из гипотез.

Достоверность полученных в диссертации результатов поддерживается строгими математическими доказательствами всех предложений и теорем, представленных в работе.

### **3. Практическая ценность полученных автором результатов**

В работе получены теоретические результаты. Тем не менее, они могут использоваться на практике. Во-первых, они могут быть применены при разработке конвейерных процессоров для оценки ускорения, которое дает конвейеризация. Эти процессоры можно строить на основе волновых систем. В диссертации получены таблицы занятости для волновых систем

с максимальным ускорением. Это дает метод трассировки для конвейерного процессора. Во-вторых, результаты работы могут быть применены для расчета времени работы и для трассировки многопоточных приложений.

#### 4. Список замечаний по диссертации и автореферату

Отметим достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации и выскажем мнение о научной работе соискателя в целом.

- 1) Существуют опечатки. Например, в п.1.1, при описании размеченных переходов, говорится, что «размеченным называется переход, в соответствие которому ставится функция», а правильно будет сказать, что в соответствие ставится метка.
- 2) Определение «Автоматы высшей размерности» (стр. 13) нуждается в более детальном пояснении введенных обозначений.
- 3) В определении отношения параллельности ( $a||_q b$ ) (по тексту изложения верно ( $a||_p b$ )) подразумевается нумерация (ii'), не указанная на стр. 13, но используемая в дальнейшем изложении (см. стр. 19).
- 4) Выводы по второй главе (стр. 83). Первый вывод неточен, опущены дополнительные условия на разложение операций.
- 5) Определения  $h'(b)$  и  $h'(a)$  на стр. 87 необходимо дополнить при  $s' \cdot b = *$  и при  $s \cdot a = *$ .
- 6) Выводы по третьей главе (стр. 102). Непонятен смысл вывода о том, что временные сети Петри подходят для моделирования систем, работа которых зависит от времени. Фактически это повторяет два первых пункта выводов.
- 7) В диссертации неплохо было бы присутствие доказательства того, что для вычисления времени работы конвейера можно использовать временные дистрибутивные асинхронные автоматы.

В целом научная работа производит хорошее впечатление. Соискатель рассматривает примеры, приводит сравнительный анализ сформули-

рованных теорем с компьютерными экспериментами. Эксперименты подтверждают теоретические выводы.

#### **5. Соответствие содержания диссертации указанной специальности**

Диссертационная работа соответствует специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Разработанная новая математическая модель параллельной системы, дистрибутивный асинхронный автомат, не привязана к какой-нибудь предметной области. Она обобщает асинхронные системы, пространства состояний сетей Петри и автоматы с отношением параллельности. Построенная модель может моделировать не только процессы вычисления, но и, например, процессы конвейерной сборки автомобилей или процессы, происходящие при строительстве.

Работа содержит оригинальные результаты из всех трех составляющих областей специальности 05.13.18. Математическое моделирование представляет новая математическая модель параллельной системы, обобщающая известные модели Беднарчука, Дросте, Шорта, Губо. Эта математическая модель, наряду с нормальной формой Фойты, применяется для разработки оригинальных численных методов расчета ускорения параллельной вычислительной системы. Представлены также комплексы программ для проведения компьютерного эксперимента, основанные на оригинальной идее имитации параллельной работы потоков многопроцессорной системы.

#### **6. Соответствие содержания автореферата и диссертации**

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации. Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих журналах, включенных в перечень ВАК. Статьи представлены в автореферате в списке публикаций.

**7. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Таким образом, диссертация Кудряшовой Екатерины Сергеевны «Модели параллельных систем и их применение для трассировки и расчета времени выполнения параллельных вычислительных процессов» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение задачи построения математических моделей параллельных систем и применения этих моделей для трассировки и расчета времени работы параллельных систем, имеющей существенное значение для специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент:

Главный научный сотрудник Вычислительного центра

Дальневосточного отделения

Российской академии наук

доктор физико-математических наук, профессор \_\_\_\_\_ Намм Р.В.  
(подпись)

Дата

Почтовый адрес: 680000, Россия, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65

Телефон: 89622206275

Email: namm@mail.khstu.ru