

Отзыв официального оппонента
на диссертацию Башкина Владимира Анатольевича
«Некоторые методы ресурсного анализа сетей Петри»,
представленную на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
по специальности 05.13.17 - Теоретические основы информатики

Актуальность темы диссертации

В настоящее время все большее значение приобретают проблемы анализа и верификации сложных параллельных и распределенных систем, примерами которых являются протоколы передачи данных, параллельные и многопоточные программы, компьютерные сети, модели технологических процессов, сложные системы логического управления ответственными объектами и т.п. Поэтому большой интерес представляют методы и средства для моделирования и анализа систем с параллельной и распределенной архитектурой.

Одной из самых распространенных математических моделей параллельных процессов являются сети Петри. Данный формализм является классическим инструментом для исследования фундаментальных свойств параллельных вычислений, но при этом он также широко используется при анализе реальных систем в самых разных сферах деятельности, от разработки сложных информационных комплексов и протоколов до бизнес-планирования.

В представленной диссертации рассматриваются вопросы анализа сетей Петри и моделей на их основе. Основное внимание уделено моделированию ресурсов системы. Предложены новые методы верификации семантических свойств систем с ресурсами, а также новые способы моделирования и анализа распределенных систем с гибкой структурой связей между исполнителями. Представлен ряд расширений теории сетей Петри, предназначенных для решения задач формализации современных классов распределенных систем.

Разработанные и исследованные в диссертации методы верификации и моделирования являются актуальным и своевременным вкладом в теорию параллельных и распределенных систем.

Новизна научных положений и выводов диссертации

При выполнении диссертационной работы автором был получен ряд результатов, обладающих несомненной научной новизной. К их числу можно отнести следующие.

- Разработана целостная теория подобных ресурсов в моделях систем, представленных в виде сетей Петри. С точки зрения внешнего наблюдателя замена ресурса подобным не изменяет поведения

системы. Показано, что, несмотря на то, что подобие двух ресурсов в общем случае неразрешимо, существуют способы приближенного построения множества пар подобных ресурсов. Это позволяет рассматривать эквивалентность ресурсов в качестве перспективной теоретической основы для разработки методов управления системой, не нарушающих её поведение.

- Исследованы вопросы, касающиеся анализа бисимуляционной эквивалентности в ограниченных сетях Петри. Представлено вычислимое отношение элементарного расширения бисимуляции ограниченных разметок, которое учитывает не только сами ограниченные разметки, но и бисимулярные им неограниченные.
- Рассмотрены проблемы анализа семантических свойств систем, представленных в виде сетей Петри с одномерным неограниченным ресурсом (односчётчиковых сетей). Доказано, что произвольное полулинейное множество натуральных чисел может быть полностью описано при помощи конечного множества и арифметической прогрессии. Этот факт позволил использовать в алгоритмах анализа односчётчиковых сетей эффективные символьные вычисления на основе так называемых однопериодических базисов. Кроме того, в диссертации решены проблемы проверки корректности построения односчётчиковых сетей и сетей потоков работ с одномерными ресурсами.
- Представлен и исследован новый формализм для описания распределённых систем, названный сетями активных ресурсов. По выразительности он эквивалентен классическим сетям Петри, однако обладает двойственным к ним способом графического представления. В рамках этого формализма возможно построение моделей распределённых систем, в которых каждый компонент может обладать как свойствами агента (преобразующего ресурсы), так и свойствами ресурса (преобразуемого агентами). Таким образом, в данной модели могут рассматриваться вопросы, не реализуемые при помощи обычных сетей Петри.
- Предложен ряд формализмов, являющихся расширениями сетей активных ресурсов. Большой интерес представляют модульные сети, при помощи которых доказывается ряд наследственных свойств сетей активных ресурсов. В диссертации также рассматриваются способы построения на базе сетей активных ресурсов моделей систем с ненадежными компонентами.
 - Разработан и исследован высокоуровневый формализм сетей, управляемых ресурсами (Р-сети). В отличие от сетей Петри и сетей активных ресурсов, здесь маркером сети может быть обладающий собственным поведением конечный автомат. Данный подход позволяет естественным образом разделить модель на два уровня –

системный и объектный. При этом возникают новые возможности моделирования, в частности, достаточно легко системный уровень сети может быть обобщён до бесконечной клеточной структуры, близкой по моделирующим возможностям асинхронным клеточным автоматам.

Степень обоснованности и достоверности положений и выводов диссертации

Положения работы представлены в виде теорем и утверждений, которые доказываются математическими методами, базирующимися на аппарате математической логики, теории алгоритмов и теории чисел. Методы, использованные при получении результатов работы, являются корректными, а выводы достаточно обоснованными.

Основные результаты диссертации отражены в 55 научных работах (из них 16 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, и одна монография), опубликованных в центральной и зарубежной печати.

Теоретическая и практическая значимость

Большинство полученных в диссертации результатов имеют теоретический характер. Однако многие из них могут быть использованы при решении практических задач верификации параллельных и распределенных систем. В частности, результаты по однопериодическим базисам и односчетчиковым сетям могут быть использованы при разработке прикладных алгоритмов символьной верификации. Алгоритм проверки бездефектности потоков работ может быть использован для выяснения корректности построения схем технологических и бизнес-процессов. Предложенный формализм AP-сетей может послужить теоретической основой для моделирования и анализа поведенческих свойств распределенных систем, в которых особое внимание уделяется отслеживанию изменений структуры множества исполнителей.

Замечания

1. В доказательстве теоремы 2.3 используется сведение к отношению слияния позиций, которое только упоминается (со ссылкой на литературу), но не определяется.
2. Сети на рисунках 3.12 и 3.15, строго говоря, не подходят под определение сетей потоков работ, поскольку в них присутствуют дуги, входящие в начальную позицию.
3. Раздел 3.5, посвященный потокам работ, следовало бы вынести из главы 3, так как в нём описываются и исследуются не только сети с одномерным ресурсом.

4. Для алгоритмов 2.1 и 2.2 (см. стр. 77 и 87) отсутствуют оценки временной сложности.
5. Приведенная темпоральная логика EF (см. стр. 130-133) не обоснована и поэтому утверждение, что «она является расширением логики Хеннесси – Милнера (каким?) и сужением логики CTL» (каким?), остается без ответа. Также не поясняется, что эта логика достаточно выразительна для большинства (!?) задач проверки свойств достижимости.
6. Отсутствуют выводы по главам.

Заключение

Диссертация В. А. Башкина является законченной научно-исследовательской работой, содержащей новые теоретические результаты в области моделирования и анализа параллельных и распределенных систем, совокупность которых можно квалифицировать как крупное научное достижение.

Содержание представленных результатов характеризует высокую математическую подготовку автора и его умение решать сложные научные проблемы. Отмеченные выше недостатки не являются принципиальными и не снижают значимости полученных в работе новых результатов. Автореферат соответствует содержанию работы.

Представленная работа полностью соответствует критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.17.- Теоретические основы информатики, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени.

Профессор кафедры прикладной математики
Национального исследовательского университета
«МЭИ», Лауреат премии Президента РФ в области
образования, доктор технических наук

В. Н. Вагин

Подпись В. Н. Вагина заверяю.

начальник управления

14.05.2014

