

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»

1. Актуальность работы

Диссертация В.А. Башкина посвящена проблеме верификации систем, заданных при помощи сетей Петри. Появившись в 60-е годы, этот формализм нашел как многочисленные приложения во многих разделах теоретической информатики, так и ряд интересных практических применений. Сети Петри позволяют достаточно адекватно описывать асинхронные параллельные процессы и распределенные системы, моделировать протоколы взаимодействия различных систем. Они активно изучаются на протяжении последних 50 лет, библиография работ, посвященных сетям Петри и их различным модификациям, включает более 8500 ссылок и постоянно расширяется. Среди теоретических задач в этой области одно из центральных мест занимают задачи, связанные с выразительностью различных моделей сетей Петри и алгоритмической разрешимостью их семантических свойств. Поэтому *актуальность тематики* диссертации не вызывает сомнений.

В диссертации автором получены существенные новые результаты о сетях Петри и о некоторых их сужениях и расширениях: ограниченных сетях, односчетчиковых сетях, сетях активных ресурсов и клеточных сетях. Основным инструментом исследования является новое понятие ресурса сети Петри, то есть подмножества её разметки.

Ресурсные методы являются центральным результатом диссертации. Автор последовательно исследует различные аспекты применения этой концепции. Доказана неразрешимость некоторых эквивалентностностей ресурсов, предложены ресурсные расширения обыкновенных сетей Петри. Отдельное внимание уделено односчетчиковым сетям (сетям с простым ресурсом), для которых автором предложены символьные алгоритмы анализа. Достижением является то, что теоретико-множественные операции на множествах достижимых конфигураций односчетчиковых сетей в этих алгоритмах выполняются с использованием простых базисов.

2. Краткий обзор результатов диссертации

Диссертация включает в себя введение, четыре главы, заключение и список литературы из 209 наименований. Её общий объем 268 стр.

Во **введении** излагается постановка задачи, обоснование её актуальности, научная и практическая значимость содержащихся в диссертации результатов.

Первая глава является вводной и включает основные определения теории сетей Петри. В ней вводятся ключевые для всей работы понятия ресурса и подобия ресурсов.

Во **второй главе** исследуются различные виды отношений эквивалентности ресурсов. Показано, что, несмотря на алгоритмическую неразрешимость фундаментального отношения подобия ресурсов, его можно аппроксимировать сверху и снизу при помощи других отношений, имеющих конструктивные свойства. В последнем разделе главы рассматриваются прикладные вопросы управления процессами на основе перераспределения эквивалентных ресурсов.

Третья глава посвящена сетям с простыми (конечными и одномерными) ресурсами. Основные результаты относятся к арифметическим свойствам одномерных полулинейных множеств и периодической структуре множества состояний односчётчиковой сети. Теорема 3.4 связывает оценки периодов односчётчиковой сети со свойствами её сильно-связных компонент. Важным результатом представляется предложенный автором способ представления односчётчиковой сети при помощи дерева однопериодических базисов её достижимых разметок (Алгоритм 3.1). Он позволяет, в частности, решить для таких сетей проблему верификации формул темпоральной логики EF. В разделе 3.5 рассматриваются одномерные сети потоков работ с ресурсами, для которых устанавливается разрешимость проблемы бездефектности.

Четвертая глава посвящена сетям со сложными ресурсами. Введены сети активных ресурсов, представляющие графы с производящими и потребляющими взвешенными дугами. Автор предлагает использовать новый язык для представления некоторых типов распределенных систем, в которых взаимодействуют агенты-вершины. Основное внимание уделено способам разбиения сетей на модули, в частности, получен важный результат о возможности «нормализации» произвольного модуля с точки зрения его роли в системе – в качестве активного агента или пассивного ресурса (Следствие 4.1).

Предложены методы двухуровневого моделирования систем при помощи ещё одного нового языка – Р-сетей, в которых в роли фишек выступают конечные автоматы. По выразительной мощности они эквивалентны обыкновенным сетям Петри (Теорема 4.20), но более удобны для представления ряда параллельных систем. Для Р-сетей также определён и исследован бесконечномерный «клеточный» вариант («гибрид» сетей Петри и клеточных автоматов).

В **заключении** еще раз перечисляются основные полученные в работе результаты.

3. Новизна, степень обоснованности и достоверности научных положений. Теоретическая и практическая значимость

Перечислим основные **новые** научные результаты, полученные в диссертации.

- 1) Исследованы возможности выявления эквивалентных ресурсов в сетях Петри. Показана неразрешимость данной проблемы в общем случае, при этом предложены методы, позволяющие решать её приближенно.
- 2) Разработан новый способ символьных вычислений, позволяющий эффективно работать с односчётчиковыми сетями.
- 3) Изучена периодическая структура пространства достижимости односчётчиковых сетей, построена оценка его арифметических характеристик.
- 4) Представлены алгоритмы проверки корректности сетей потоков работ с ресурсами.
- 5) Разработан ряд новых языков моделирования систем с ресурсами (сети активных ресурсов, Р-сети и клеточные сети). Исследованы их свойства, предложены методы анализа.

Научная значимость результатов исследований заключается в том, что теоретические выводы существенно расширяют возможности использования сетей Петри в качестве формальных моделей распределенных систем. Кроме того, при помощи предложенных в работе приемов могут быть построены новые методы моделирования и анализа поведенческих свойств распределенных систем.

Практически значимыми являются разработанные в диссертации технологии моделирования при помощи ресурсных сетей, а также способы адаптивного управления на основе замен эквивалентных ресурсов.

Теоретические результаты работы строго доказаны, изложение достаточно последовательное и хорошо проиллюстрировано примерами. Результаты диссертации докладывались на многочисленных международных и отечественных конференциях и семинарах. Они опубликованы в 55 публикациях автора. 16 из них вышли в изданиях из списка ВАК. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

4. Замечания по работе

Имеются следующие замечания по содержанию и оформлению текста:

- 1) Во введении не приведён общий исторический обзор, отражающий состояние рассматриваемой области (хотя небольшие тематические обзоры имеются в началах глав).
- 2) Диссертации явно недостает предметного указателя и указателя обозначений. В ряде случаев автор использует нестандартные обозначения (например, для усечённого вычитания, наибольшего общего делителя и наименьшего общего кратного).
- 3) Имеются терминологические неясности: в ряде теорем речь идёт об эквивалентности формализмов, но только из контекста становится понятно, что имеется в виду эквивалентность относительно изоморфизма систем переходов.

- 4) В работе введено много новых понятий. Ряд результатов, связанных с ними, носит начальный характер. Вполне уместно было бы в заключении указать направления дальнейших исследований и сформулировать представляющие интерес открытые проблемы.

Указанные замечания не снижают значимости полученных в работе новых результатов, но автору следует их учесть в своей дальнейшей деятельности.

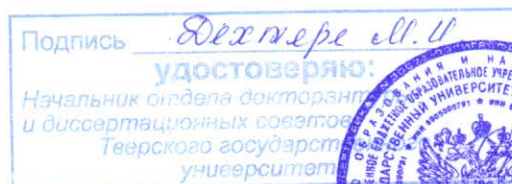
5. Общая оценка диссертации

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что в диссертации Башкина Владимира Анатольевича «Некоторые методы ресурсного анализа сетей Петри» разработаны теоретические положения, совокупность которых составляет новое крупное достижение в развитии теоретических основ информатики. Она представляет собой законченное научное исследование на актуальную тему, отвечает критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.17 - «Теоретические основы информатики».

Профессор кафедры информатики
Тверского государственного университета
доктор физ.-мат. наук, доцент

Дехтярь

М.И.Дехтярь



Дехтярь