

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОЦЕНОЧНИКА

доктора физико-математических наук Соколова Валерия Анатольевича на диссертацию Твардовского Александра Сергеевича «Конечно автоматные методы анализа и синтеза дискретных систем с одной временной переменной» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации).

Актуальность темы исследования. Развитие формальных методов анализа и синтеза дискретных и гибридных систем продолжает оставаться актуальной областью исследований, в том числе, при разработке и эксплуатации информационных систем. Конечно автоматные модели широко использовались для тестирования, верификации и оптимизации дискретных систем и получили новый виток развития с появлением неклассических автоматных моделей, таких как временные, недетерминированные и расширенные автоматы и др., для которых методы решения многих задач анализа и синтеза только начинают появляться. В диссертации исследуются задачи анализа и синтеза для модели временного автомата, как конечного автомата, расширенного единственной временной переменной и связанными с ней временными ограничениями, таймаутами и задержками на переходах. Такая модель является естественным расширением конечного автомата при его адаптации для описания современных телекоммуникационных систем, компонент интернет-сервисов, протоколов передачи данных и других систем, при описании поведения которых важное значение имеют временные аспекты.

Представленные в диссертации задачи анализа заключаются в адаптации классических конечно автоматных методов синтеза проверяющих тестов к временным автоматам с сохранением гарантированной полноты покрытия неисправностей таких тестов. Решаемые в диссертации задачи синтеза направлены на оптимизацию описания дискретных систем в форме временных автоматов или их композиций. Таким образом, диссертационное исследование Твардовского А.С. является актуальным.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка использованной литературы. **Во введении** определяется цель диссертационной работы, обсуждаются задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели, приводится краткое содержание

диссертации и формулируются основные положения, выносимые на защиту. **В первой главе** приводятся определения и обозначения, относящиеся к конечным и временным автоматам, а также вводятся основные понятия в области синтеза тестов с гарантированной полнотой на основе конечных автоматов, в частности, отношения конформности между автоматами, модели неисправности и понятие полного теста. Кроме того, первая глава содержит краткий обзор литературы по решаемым в диссертации задачам. В последнем разделе также демонстрируется, каким образом временные автоматы различных типов могут быть представлены в виде соответствующей конечно автоматной абстракции, что является известным фактом и используется автором на протяжении всего диссертационного исследования. **Вторая глава** посвящена вопросам оптимизации модели временного автомата относительно различных параметров с целью построения единственной с точностью до изоморфизма минимальной формы полностью определённого детерминированного неинициального временного автомата. Автор предлагает алгоритм построения приведённой по состояниям формы временного автомата, который основан на соответствующем алгоритме классической теории автоматов и использовании свойств конечно автоматных абстракций. В работе показывается, что в отличие от классических конечных автоматов, приведённая форма с минимальным числом состояний не является единственной с точностью до изоморфизма и предлагается оптимизировать не только число состояний временного автомата, но и временные аспекты, такие как величина таймаутов и количество переходов с временными ограничениями. Таким образом, в главе вводится понятие приведённой по времени формы временного автомата и доказывається, что приведённая по состояниям и времени форма временного автомата единственна с точностью до изоморфизма. **В третьей главе** предлагается алгоритм построения бинарной параллельной композиции временных автоматов, как процедуры описания поведения пары взаимодействующих в режиме диалога временных автоматов единственным автоматом. Алгоритм позволяет выявить осцилляции в моделируемой двухкомпонентной системе и демонстрирует, что описание такой системы не всегда может быть сведено к детерминированному временному автомату. Несмотря на то, что в общем случае множество детерминированных автоматов не является замкнутым относительно параллельной композиции, автор определяет несколько условий, при которых алгоритм построения композиции возвращает детерминированный временной автомат. **В четвёртой главе** исследуется возможность адаптации классических конечно автоматных методов синтеза

тестов к временным автоматам с сохранением гарантированной полноты таких тестов. Автор демонстрирует, что в отличие от неинициальных временных автоматов, приведённая форма инициального временного автомата не является единственной с точностью до изоморфизма, что нарушает известные условия полноты проверяющих тестов, построенных конечно автоматными методами. Соответственно, в работе предлагается модель неисправности, которая позволяет определить класс ошибок, описанных временными автоматами, гарантированно обнаруживаемых тестом, построенным по конечно автоматной абстракции. **Пятая глава** диссертации посвящена вопросам оптимизации проверяющих тестов, построенных адаптацией предложенного в предыдущей главе алгоритма для недетерминированных конечных автоматов. Автор акцентирует внимание на том, что проверяющие тесты с гарантированной полнотой для недетерминированных автоматов часто являются избыточными и рассматривают два подхода к их оптимизации. Первый подход заключается в предложенном в работе алгоритме синтеза кратчайших различающих последовательностей, необходимых для синтеза теста, как множества адаптивных входо-выходных последовательностей. Кроме того, автор предлагает подход, основанный на сокращении множества переходов недетерминированного автомата-спецификации, уменьшая опциональность описываемого поведения, для того чтобы построить тест меньшей длины.

Достоверность и обоснованность. Полученные в работе выводы основаны на утверждениях и теоремах, корректно доказанных с использованием аппарата дискретной математики, и не противоречат известным результатам в области автоматных моделей. В ряде случаев применимость предложенных методов анализа и синтеза демонстрируется компьютерными экспериментами. Качество полученных результатов также подтверждается их публикацией в рецензируемых журналах и сборниках рейтинговых конференций.

Научная новизна. Метод построения единственной с точностью до изоморфизма приведённой формы временного автомата является новым результатом. Предложенная операция параллельной композиции автоматов с временными ограничениями и исследование замкнутости класса детерминированных автоматов относительно этой операции также являются новыми. Несмотря на то, что методы синтеза тестов по соответствующей конечно автоматной абстракции рассматривались в ряде публикаций, автором была формально определена область неисправности для таких

тестов и доказана их полнота относительно предложенных моделей неисправности.

Теоретическая и практическая ценность результатов. Теоретическая значимость диссертации заключается в расширении теории автоматов новыми методами анализа и синтеза для временных автоматов. В работе демонстрируется, что классические конечно автоматные методы могут быть достаточно эффективно адаптированы к временным автоматам. Теория автоматов расширяется методами минимизации, построением параллельной бинарной композиции, а также новыми моделями неисправностями и методами синтеза и оптимизации проверяющих тестов для временных автоматов. Предложенные в работе методы построения проверяющих тестов позволяют строить тесты с гарантированной полнотой покрытия неисправностей для систем, функционирование которых существенно зависит от временных аспектов. Кроме того, предложенные в работе методы синтеза способствуют приведению моделируемой системы к тестопригодной форме, расширяя область применения тестирования на основе конечно автоматных моделей для различных практических приложений.

Полнота изложения и опубликованность материала. Полученные в диссертации результаты были представлены на международных конференциях и в полной мере опубликованы в журналах различного уровня, в том числе 6 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК и 5 публикаций, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science. Основные результаты диссертационного исследования достаточно внятно и полно изложены в тексте диссертации и корректно отражены в автореферате.

Диссертация А. С. Твардовского соответствует специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации) по областям исследования «Теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации», «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации», «Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества и надежности сложных систем».

Замечания по работе

1. Насколько оправдано рассмотрение в работе только полностью определённых автоматов? Что изменится, если автор рассмотрит те же постановки задач для частичных автоматов?
2. Чем обусловлено рассмотрение временного автомата с вещественными значениями временной переменной? Если автор искал компромисс между сложностью и выразительностью модели, то возможно, стоило остановиться на дискретном времени.
3. Несмотря на достаточно грамотное изложение материала, в работе имеются опечатки и присутствуют грамматические и синтаксические ошибки.
4. Нам кажется, что выходные задержки не расширяют выразительность модели: целые числа можно было приписывать к выходным символам конечного автомата, расширяя выходной алфавит. С точки зрения практических приложений, наверное, было бы интереснее рассмотреть, когда выходной символ выдается в некотором интервале.

Заключение

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку данной диссертационной работы и носят, в большей степени, редакционный характер. На основании изучения диссертации, автореферата и работ, опубликованных Твардовским Александром Сергеевичем в печати по теме диссертации, можно сделать следующие выводы:

- тема диссертации является актуальной;
- научные положения и выводы обоснованы и достоверны;
- диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации) и содержит новые результаты;
- содержание опубликованных работ соискателя и автореферата соответствует основным положениям диссертации.

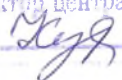
Считаю, что диссертационная работа Твардовского Александра Сергеевича «Конечно автоматные методы анализа и синтеза дискретных систем с одной временной переменной» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ,

управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации) удовлетворяет Положению о порядке присуждения ученых степеней и всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.13.01, а её автор Твардовский Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент – Соколов Валерий Анатольевич,
доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой теоретической информатики
Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова

21.01.2020



Подпись заверяю:
Заместитель начальника управления
директор центра кадровой политики
 Л.Н. Куфирина

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова»
150003, г. Ярославль, ул. Советская, 14;
(4852) 79-77-02; <https://www.uniyar.ac.ru>; rectorat@uniyar.ac.ru