

Отзыв официального оппонента
на диссертационную работу Шабаны Ханан Магди Дарвиш
«Синхронизация частичных и недетерминированных автоматов:
подход на основе SAT-решателей»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 05.13.17 – теоретическая информатика.

Диссертационная работа Ханан Магди Дарвиш Шабаны посвящена изучению синхронизации конечных автоматов при использовании SAT-решателей. Теория конечных автоматов является одним из быстро и интенсивно развивающихся разделов математики, не только в силу ее многочисленных приложений, но и благодаря связям с другими областями математики, в частности, с абстрактной и линейной алгеброй и комбинаторикой. Рассматриваемый класс задач представляет большой теоретический и практический интерес. Актуальность темы диссертационной работы Ханан Шабаны обусловлена наличием как целого ряда приложений результатов, получаемых в этой области, так и наличием большого числа открытых проблем.

В работе рассматриваются два типа конечных автоматов: так называемые частичные детерминированные автоматы (ЧКА) и недетерминированные автоматы (НКА). Синхронизируемым называется детерминированный конечный автомат, для которого существует слово, называемое синхронизирующим, т.е. под действием которого все состояния переходят в одно какое-то состояние. Для ЧКА и НКА в совокупности рассматривается пять различных типов синхронизируемости: бережная синхронизируемость, точная синхронизируемость, D_1 -, D_2 -, D_3 -синхронизируемость. Для каждого из этих пяти вариантов задача проверки данного автомата на синхронизируемость оказывается PSPACE-полной (т.е. полной в классе таких задач, что объем занимаемой в ходе решения памяти полиномиален относительно величины входа) и существуют серии автоматов с неограниченно растущим числом состояний, для которых минимальная длина соответствующего синхронизирующего слова для автоматов данной серии экспоненциально зависит от числа состояний. Тем самым, рассматриваемые задачи безусловно являются важными и при этом труднорешаемыми.

В качестве основных результатов диссертации хочу отметить следующие:

1. Масштабируемые сведения задач о существовании синхронизирующего слова данной длины к задаче выполнимости булевых формул, т.е. использо-

вание SAT-решателей, и экспериментальное подтверждение их применимости для всех разновидностей синхронизации ЧКА и НКА.

2. Экспериментальные исследования бережной и точной синхронизируемости ЧКА и D_1 -, D_2 -, D_3 -синхронизируемости НКА.

3. Доказательство того, что для случайного частичного детерминированного автомата с n состояниями и одним неопределенным переходом вероятность точной синхронизируемости при $n \rightarrow \infty$ равняется $1 - O(\frac{1}{n})$, а вероятность бережной синхронизируемости растет намного медленней.

4. Нахождение длин кратчайших бережно синхронизирующих слов (как функций от числа состояний) для двух новых бесконечных серий медленно синхронизируемых ЧКА с двумя входными буквами и одним неопределенным переходом.

Совокупность полученных результатов о частичных детерминированных автоматах и недетерминированных автоматах является новым крупным научным достижением в дискретной математике и теоретической информатике. Решены открытые проблемы и предложены новые оригинальные методы их исследования, в том числе метод использования SAT-решателей в задачах такого рода.

Рассмотрим содержание работы по главам.

В главе 1 содержатся предварительные сведения.

Глава 2 посвящена синхронизации ЧКА. Рассмотрены две задачи распознавания: наличие бережно синхронизирующего слова данной длины (CSW) или точно синхронизирующего слова данной длины (ESW). Показано, что ответ ДА на входе каждой из задач получается тогда и только тогда, когда соответствующий набор кловов, т.е. дизъюнкций конечного множества переменных или их отрицаний, не содержащих одновременно переменную и ее отрицание, выполним. В заключение этой главы показано, как при помощи стандартных алгоритмов уменьшать количества используемых кловов.

Глава 3 представляет экспериментальные результаты по бережной и точной синхронизируемости ЧКА, полученные при применении SAT решателя MiniSat 2.2.0 к экземплярам задачи выполнимости булевых формул, кодирующим экземпляры задач CSW и ESW методом главы 2. Тем самым, продемонстрировано, что построенные сведения позволяют даже при использовании простейшего SAT-решателя и скромных вычислительных ресурсов находить кратчайшие синхронизирующие слова для всех разновидностей синхронизации частичных детерминированных автоматов в пределах до 100 состояний. Для каждого числа состояний генерировалась 1000 случайных автоматов.

Глава 4 посвящена синхронизации НКА. Рассмотрены задачи D_iW распознавания существования в данном НКА D_i -синхронизирующего слова, $i = 1, 2, 3$, и построено сведение задач D_iW , $i = 1, 2, 3$, к задаче выполнимости булевых формул. Основным результатом, как и в главе 2, являются теоремы, устанавливающие, что предложенные сведения решают поставленную задачу.

В главе 5 автор собрала экспериментальные результаты по синхронизируемости случайных НКА, полученные при помощи того же решателя. Рассмотрены равномерная и пуассоновская модели случайного НКА.

Отдельно отметим, что теоретическое исследование доведено до практической реализации, а именно разработано программное обеспечение для вычисления порога синхронизации для НКА и нахождения оптимального синхронизирующего слова для ЧКА, и автором получены два Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. В текст диссертации программные коды и наборы исходных данных не включены, они, как и дополнительные экспериментальные результаты, размещены в открытом доступе на сайте <https://github.com/hananshabana/SynchronizationChecker>.

В качестве недостатка диссертации отмечу отсутствие единого списка обозначений в начале или в конце работы и наличие некоторого количества опечаток. В частности, на стр. 123 в строке 2 снизу предложение начинается со строчной буквы. Отмеченные недостатки не снижают общей положительной характеристики работы, содержащей важные и полезные теоретические результаты, имеющие несомненное практическое применение.

Таким образом, в диссертационной работе Ханан Шабаны предложен абсолютно новый метод решения серии важных и актуальных задач, чем обусловлена научная новизна представленной диссертационной работы. Практическое значение работы состоит в полном и всестороннем исследовании рассматриваемых теоретических проблем, а также в разработке новых программ для ЭВМ и их экспериментальной апробации. Полученные результаты являются новыми, актуальными, достоверными, все материалы своевременно опубликованы в центральной печати в России и за рубежом и прошли всестороннюю квалифицированную апробацию. Система предложенных и доказанных автором теоретических положений несомненно является новым научным достижением в дискретной математике и теоретической информатике — построены и исследованы масштабируемые сведения задач о существовании синхронизирующего слова данной длины к задаче выполнимости булевых формул.

Автореферат достаточно полно и правильно отражает основные результаты диссертации, которые являются новыми и с надлежащей полнотой опубликованы в ведущих научных рецензируемых журналах из списка ВАК и приравненных к ним. Содержание диссертации соответствует специальности, по которой она рекомендована к защите. Диссертационная работа Шабаны Ханан Магди Дарвиш «Синхронизация частичных и недетерминированных автоматов: подход на основе SAT-решателей» в целом является законченным научным достижением и соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней: в УРФУ, а ее автор, Шабана Ханан Магди Дарвиш, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 — теоретическая информатика.

16.06.2020г.

Официальный оппонент:

д.ф.-м.н., доцент

Александр Эмилевич Гутерман

профессор кафедры высшей алгебры ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
guterman@list.ru, 8(495)-939-16-11, 119991, ГСП-1, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, ГЗ МГУ, механико-математический факультет, каф. высшей алгебры

Подпись профессора А.Э. Гутермана заверяю:

Отдел кадров Механико-математического факультета МГУ

Подпись подтверждаю. Начальник отдела кадров

(Соколова Т.А.)

