

Отзыв официального оппонента
Гутермана Александра Эмилевича
на диссертационную работу Касаса Торреса Давида Фернандо
«Исследования вполне достижимых автоматов»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.2.3 — Теоретическая информатика, кибернетика

Диссертационная работа Касаса Торреса Давида Фернандо посвящена изучению вполне достижимых конечных автоматов. 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 обусловлена существованием как целого ряда актуальных приложений результатов, получаемых в этой области, так и наличием большого числа открытых проблем.

В работе рассматривается сравнительно недавно введенный класс вполне достижимых конечных автоматов. Синхронизируемым называется детерминированный конечный автомат, для которого существует слово, называемое синхронизирующим, т.е. под действием которого все состояния переходят в одно какое-то состояние. Подмножество состояний данного конечного автомата называется достижимым, если оно является образом некоторого слова, то есть, если существует такое слово, которое переводит автомат во все состояния из этого подмножества. Говорят, что автомат является вполне достижимым, если достижимо каждое непустое его подмножество. Заметим, что автомат является синхронизируемым, если достижимо некоторое подмножество размера один. Вот почему полная достижимость является специализацией концепции синхронизации. В то же время, класс вполне достижимых автоматов довольно широк, например, содержит всю серию автоматов Черни. Поэтому этот класс очень важен и требует пристального внимания.

Вполне достижимые автоматы активно изучаются, и наиболее актуальными являются вопросы их характеристики. В частности, известно, что связность так называемого графа Рысцова является достаточным, но не необходимым условием полной достижимости. Другое важное условие достижимости было сформулировано в так называемой гипотезе Дона, опровергнутой впоследствии, но оказалось, что большой интерес представляют классы или

семейства автоматов, для которых она выполняется. Таким образом, рассматриваемые в работе задачи безусловно являются важными и при этом труднорешаемыми.

В качестве основных результатов диссертации хочу отметить следующие:

1. Найдена полная характеристизация бинарных, то есть двубуквенных, вполне достижимых автоматов. На основе этой характеристизации построен квазилинейный алгоритм, определяющий, является ли заданный бинарный автомат вполне достижимым.

2. Построено новое семейство стандартизированных бинарных вполне достижимых автоматов, для которых справедлива гипотеза Дона.

3. Рассмотрено понятие, двойственное к полной достижимости: автоматы, для которых все возможные разбиения множества состояний задаются ядерными эквивалентностями преобразований, заданных некоторыми словами. Для таких автоматов получена полная характеристизация, конструктивно проверяемая за полиномиальное время от размера автомата.

4. Полученные результаты обобщены на небинарный случай. В частности, найдена частичная характеристизация вполне достижимых почти групповых автоматов и описана структура и алгоритмы построения графов Рысцова для таких автоматов.

Совокупность полученных результатов о конечных автоматах является новым крупным научным достижением в теоретической информатике и кибернетике. Решены открытые проблемы и предложены новые оригинальные методы исследования вполне достижимых автоматов.

Работа состоит из введения и 5 глав. Рассмотрим содержание работы по главам.

Глава 1 содержит основные определения и некоторые предварительные результаты. В частности, алгоритм исследования графа Рысцова данного автомата за время, являющееся полиномиальной функцией от размера автомата. Более точно, доказано, что для конечного автомата с n состояниями и m буквами для каждого $k < n$ существует алгоритм, который строит промежуточный граф Рысцова Γ_k за время $O(mn^{2k} \log n)$. Это актуальный важный результат, существенно упрощающий проверки условия полной достижимости автомата, поскольку все известные ранее алгоритмы являлись переборными.

Глава 2 посвящена изучению бинарных автоматов, то есть автоматов с алфавитом из 2 букв. Введено понятие стандартизированного автомата и получена полная характеристизация бинарных вполне достижимых автоматов в терминах отсутствия инвариантных собственных подгрупп группы $\mathbb{Z}_n$ для

синтаксически эквивалентных им стандартизованным автоматам, здесь n — число состояний автомата. Как результат этой характеристики, автором построен почти линейный по времени алгоритм, позволяющий определить полную достижимость для такого рода автоматов. Установлена связь между графами Рысцова и некоторыми подгруппами группы $\mathbb{Z}_n$.

Основным результатом главы 3 является доказательство важного и нетривиального факта: для любого n для каждого стандартизованного автомата с n состояниями, орбитальная подгруппа которого совпадает с полной циклической группой порядка n , справедлива гипотеза Дона. Для этого автором разработан метод n -расширений, хорошо зарекомендовавший себя в работе и, видимо, имеющий интересные перспективы.

В главе 4 исследования из главы 2 обобщаются на небинарные автоматы, имеющие определенную групповую структуру.

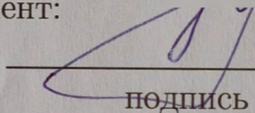
В главе 5 введено понятие вполне совместимого автомата и охарактеризованы все такие автоматы. Также получено новое достаточное условие полной достижимости в терминах полной совместимости и транзитивности некоторых подгрупп.

К недостаткам диссертации можно отнести техническое условие на транзитивность действия стабилизатора группы на возможных классах импримитивности, в дальнейшем целесообразно или отказаться от этого условия, или охарактеризовать удовлетворяющие ему группы, и наличие нескольких незначительных опечаток. Отмеченные недостатки не снижают общей положительной характеристики работы, содержащей важные и полезные теоретические результаты, имеющие несомненное практическое применение. Хочу подчеркнуть значимость развития автором новых групповых методов исследования конечных автоматов.

Таким образом, в диссертационной работе Касаса Торреса Давида Фернандо 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. Полученные результаты являются новыми, актуальными, достоверными, все материалы своевременно опубликованы и прошли всестороннюю квалифицированную апробацию. Система предложенных и доказанных автором теоретических положений несомненно является новым научным достижением в дискретной математике и теоретической информатике — исследование и характеристика вполне достижимых автоматов и проверка гипотезы Дона для определенных типов автоматов.

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 Касаса Торреса Давида Фернандо «Исследования вполне достижимых автоматов» в целом является законченным научным достижением и соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» в УРФУ, а ее автор, Касас Торрес Давид Фернандо, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 — Теоретическая информатика, кибернетика.

Официальный оппонент:
д.ф.-м.н., доцент


подпись

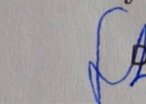
А.Э. Гутерман

профессор факультета математики
Университета имени Бар-Илана,
alexander.guterman@biu.ac.il,
+97235318407,
5290002, Израиль, Рамат-Ган

28.04.2025г.

Подпись профессора А.Э. Гутермана заверяю:

профессор


Department of Mathematics
Bar-Ilan University
Ramat-Gan, Israel
подпись

Гиль Ариэль

декан факультета математики
университета имени Бар-Илана.