

Отзыв официального оппонента  
на диссертацию Титовой Е.Е.

«Конструирование изображений клеточными автоматами»,

представленной на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук по специальности 01.01.09 – дискретная математика и  
математическая кибернетика.

В работе рассматривается следующая задача. Имеется прямоугольный экран, состоящий из  $m \times n$  клеток. В каждой клетке стоит конечный автомат. Кроме того, имеется внешний управляющий автомат, который подает на верхнюю и левую границы экрана последовательности сигналов. Представляющий собой конечную однородную структуру прямоугольник, внешний управляющий автомат и последовательности сигналов используются для построения черно-белых изображений на экране. В работе приводятся алгоритмы, с помощью которых данные изображения могут быть построены – находится их сложность и количества состояний однородных структур и внешнего управляющего автомата, необходимые для реализации данных алгоритмов. Основное внимание в этой части уделяется задаче нахождения универсального экрана, на котором может быть построено любое изображение. Кроме того, исследуется задача построения движущихся изображений – производится поиск законов движения, которые могут быть реализованы с помощью однородных структур, а также приводится такой закон движения, который, наоборот, не может быть реализован ни при каких условиях.

Задачи, связанные с однородными структурами являются важной темой в теории автоматов. Кроме того однородные структуры широко используются для моделирования различных реальных процессов. Отсюда можно сделать заключение, что тема диссертации является актуальной.

Подход, предлагаемый Е.Е. Титовой для построения изображений, может быть эффективно использован для наружной рекламы, поскольку он позволяет реализовать любое изображение, а также обширное множество законов движения. Дешевизна одинаковых элементов (однородных структур), из которых состоит экран, обеспечивается их малым числом состояний. Продемонстрированная в работе явная зависимость между числом состояний однородных структур и временем построения изображений, дает возможность производителю выбрать оптимальную для себя конфигурацию.

Исследование автономных (т.е. формирующихся с помощью конечного числа входных сигналов) законов движения имеет высокую научную ценность, поскольку, во-первых, представлен широкий класс непериодических законов движения, которые могут быть реализованы на бесконечном одномерном экране, а, во-вторых, приведен закон движения, элементы которого (отдельные точки) имеют разные скорости, и множество значений этих скоростей целиком заполняет отрезок от 0 до 1. Для построения данных законов движения используется особая техника, которая может найти применение в других областях математики, связанных с однородными структурами.

В первой главе приводятся нижние оценки времени построения универсальных экранов и нижняя оценка числа состояний однородных структур (эта оценка имеет значение 3). С учетом данных результатов приводятся три алгоритма - на первом из них достигается нижняя оценка по времени при большом

числе состояний, на втором – нижняя оценка по числу состояний при линейном от длины и ширины экрана времени построения изображений, а третий алгоритм выигрывает у второго по времени (время построения изображений зависит от только от ширины экрана), но незначительно проигрывает по числу состояний (4 состояний вместо 3). На основе данных алгоритмов была порождена целая серия алгоритмов, представляющих собой trade-off между временем построения изображений и числом состояний однородных структур. Оценки сложности этой серии алгоритмов приведены с параметром.

Кроме того, в первой главе исследована возможность построения изображений на экране с одним входом. Ограничение по числу входов порождает значительное увеличение сложности алгоритма – теперь время построения изображений линейно зависит от площади экрана.

В первой главе также приводятся алгоритмы построения многомерных изображений на основе алгоритмов для двумерного случая.

Вторая глава посвящена описанию внешнего управляющего автомата. По задумке автора управляющий автомат состоит из известных элементов – перестановки, разрежевателей и предобработчика. Число состояний внешнего автомата варьируется в зависимости от алгоритма построения изображений. При минимальном времени построения число состояний принимает значение порядка ширины экрана, а в остальных случаях оно не превышает 2.

В третьей главе исследуется возможность построения движущихся изображений на одномерном экране. В первую очередь приводятся ограничения на законы движений – на скорость в зависимости от количества точек в движущемся изображении. Автор описал алгоритм, в котором число состояний однородных структур экспоненциально зависит от числа движущихся точек.

Существенная часть третьей главы посвящена исследованию движения на одномерных бесконечных экранах. Е.Е. Титова показала, что для любого бесконечного экрана существует закон движения, который не может быть на нем реализован, а также существует закон движения, который не может быть реализован ни на каком экране. Приведены алгоритмы реализации законов движения с оценками числа состояний однородных структур.

В последней части третьей главы исследуются автономные законы движения, то есть такие, что начиная с некоторого момента они реализуются на одномерном экране без участия внешних сигналов. Е.Е. Титова показала, что существует такой закон движения, что для каждого возможного значения скорости имеется точка, движущаяся с данной скоростью.

В качестве замечаний стоит отметить следующие три момента.

1. В случае двумерного универсального экрана с одним входом приводится алгоритм со временем построения изображения (сложностью) пропорциональным площади экрана. Возможно, используя идею построения изображений на экране с большим количеством входов, можно придумать алгоритм со сложностью пропорциональной периметру экрана.
2. Во второй главе приводятся оценки сложности работы управляющего автомата. Очевидно, автор оценивает сложность работы составляющих управляющий автомат элементов (разрежевателей, перестановки и предобработчика) как низкую и не придает этому большое значение. Таким образом, реальная сложность работы управляющего автомата остается под вопросом.

3. В третьей главе приведены как законы движения, которые могут быть реализованы на бесконечном экране, так и законы движения, которые не могут быть реализованы ни на каком экране, но не ясно каким образом некоторый наперед заданный закон движения может быть отнесен к одному или другому классу.

Указанные недостатки не снижают общий высокий уровень работы. Работа Е.Е. Титовой является законченным научным трудом, содержащим решение важной актуальной задачи о построении изображений клеточными автоматами. Работа сочетает в себе существенные математические результаты и практическую ценность. Результаты получены автором самостоятельно и снабжены доказательствами. Автореферат диссертации отражает содержание работы.

Считаю, что работа Е.Е. Титовой «Конструирование изображений клеточными автоматами» удовлетворяет всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК Министерства образования и науки РФ» от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и ее автор, Титова Елена Евгеньевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика.

Официальный оппонент, кандидат физико-математических наук,  
Снегова Елена Александровна

Дом. адрес: 119311, Москва, ул. Строителей д.17к.2 кв. 67

Тел. +7(903)753-63-02, эл. почта: [lenasnegova@gmail.com](mailto:lenasnegova@gmail.com)

Место работы: ООО «Техкомпания Хуавэй», консультант

Кандидат физико-математических наук,  
консультант

*22.09.2015*

Е.А. Снегова

*Подпись Снеговой Е.А.  
завещаю.  
менеджер  
по персоналу*

*А.С. Андреев*

