

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу

*Титовой Елены Евгеньевны*

«Конструирование изображений клеточными автоматами»,

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук по специальности

01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика.

Диссертация Е.Е.Титовой является исследованием в области теории клеточных автоматов. В классическом варианте клеточные автоматы представляют собой счетное множество одинаковых автоматов, расположенных в узлах целочисленной решетки. В данной работе исследуются клеточные автоматы, составленные из конечного числа одинаковых элементарных автоматов, расположенных в целочисленных узлах прямоугольника. Такой клеточный автомат назван экраном. Недействующие входы граничных элементарных автоматов экрана рассматриваются как управляющие, подавая на которые различные сигналы, осуществляется целенаправленное управление состоянием экрана, интерпретируемым как изображение. Исследуется вопрос, каким должен быть элементарный автомат, чтобы подавая на управляющие входы нужные последовательности, можно было строить на экране произвольные наперед заданные изображения. Также в работе разрабатываются алгоритмы построения на экране движущихся изображений. Работа носит теоретический характер.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Объем диссертации 92 страницы.

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируется постановка задачи, приводятся основные результаты.

В первой главе показано существование универсального элементарного автомата, т.е. такого автомата, что если из таких автоматов составить экран, то для любого изображения существует такая последовательность значений управляющих входов, что на экране появится данное изображение. Построен универсальный элементарный автомат, имеющий 3 состояния, и доказано, что универсальных автоматов с двумя состояниями не существует. Также в первой главе получены оценки времени построения изображений в зависимости от числа состояний элементарного автомата. Показано, что существуют универсальные экраны с одним управляющим входом. Кроме того рассмотрен случай, когда экран представляет собой параллелепипед в многомерном пространстве.

Во второй главе исследуется вопрос сложности управляющих автоматов. Управляющий автомат – это автомат, на вход которого в

некотором виде поступает изображение, которое надо построить на экране, а на выходе получается последовательность управляющих сигналов экрана, которая позволяет построить на экране требуемое изображение. Управляющий автомат предлагается собирать из некоторого набора стандартных преобразователей и еще одного автомата, специфичного для данного алгоритма построения изображений. Автоматы из стандартного набора (перестановщики, разреживатели, предобработчики) считаются бесплатными и необходимо оценить только число состояний специфичного автомата. Показано, что для автомата, строящего изображение за минимально возможное время, сложность специфичного автомата равна длине меньшей из сторон экрана, а для каждого из остальных алгоритмов, рассмотренных в первой главе, сложность специфичного автомата не превышает двух состояний.

В третьей главе исследуется задача построения движущихся изображений на одномерных экранах. Первый из рассмотренных экранов представляет собой конечное число элементарных автоматов с двумя входами, связанных в цепочку. Первый вход самого левого элементарного автомата интерпретируется как управляющий. Сначала рассматривается случай, когда движущееся изображение состоит из одной единственной точки. Закон движения задается как последовательность, состоящая из нулей и единиц, где ноль интерпретируется, как команда стоять на месте, а единица – как команда сдвинуться на единицу вправо. Тем самым, быстрым является закон движения, состоящий одних единиц. В этом случае точка каждый такт сдвигается на единицу вправо. Показано, что существует конечный универсальный экран, на котором может быть реализован любой закон движения. Оценено число состояний элементарного автомата для универсального экрана. Более интересным является случай бесконечного экрана, когда он представляет собой бесконечную последовательность элементарных автоматов, связанных в цепочку. При этом левый вход первого автомата является управляющим, правый вход первого автомата связан с левым входом второго автомата и т.д. Показано, что для любого бесконечного экрана существует закон движения, который на этом экране не реализуем. Более того построен закон движения, который не реализуем ни на одном бесконечном экране. Описаны некоторые классы движений, для которых существует универсальный экран. В частности, для класса движений, скорость которых не превышает  $\frac{1}{2}$ , построен экран, на котором реализуем любой закон движения из данного класса. Под скоростью закона движения понимается предел, при  $n$  стремящемся к бесконечности, отношения числа единиц в начальном отрезке длины  $n$  закона движения к числу  $n$ , если этот предел существует. Далее рассмотрены автономные

бесконечные экраны, т.е. такие экраны, на управляющий вход которых только конечное число раз может поступить сигнал единица. Показано, что для любого рационального числа  $v$  из отрезка  $[0,1]$  существует реализуемый непериодический закон движения со скоростью  $v$ . В частности, отсюда следует, что существуют реализуемые непериодические законы движения со сколь угодно большим числом подряд идущих единиц и нулей. Последний факт является неожиданным. Изучение последовательностей, реализуемых на автономных экранах, интересно еще тем, что кажется, что реализуемыми являются те последовательности, каждый член которых может быть быстро вычислен из предыдущих. Тем самым, возможно, реализуемые на автономном экране последовательности являются некоторым способом описания "быстро вычисляемых" алгоритмов.

На основе вышесказанного можно сделать вывод о том, что в работе получены представляющие интерес результаты, которые могут быть полезны как для дальнейших теоретических исследований, так и для практического применения (например, для перепрограммирования FPGA чипов).

Все результаты диссертации являются новыми. Они четко сформулированы и снабжены полными доказательствами. По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ (в том числе 4 в журналах из списка ВАК). Работ, написанных в соавторстве, нет. Результаты диссертации доложены на многих семинарах и нескольких конференциях.

Считаю, что диссертация «Конструирование изображений клеточными автоматами» удовлетворяет всем требованиям положения «О порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор, Титова Елена Евгеньевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика,

Научный руководитель,  
доктор физико-математических наук,  
профессор  
08.04.2015г.

Э.Э. Гасанов

Подпись Э.Э. Гасанова удостоверяю

Декан механико-математического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова  
доктор физико-математических наук,  
профессор  
08.04.2015г.

В.Н. Чубариков