

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 Моделирование систем на базе клеточных автоматов	
Лабораторная работа № 2 Модель клеточных автоматов на базе дискретных событий.....	
Лабораторная работа № 3 Модель клеточных автоматов на базе дискретных событий с удалением событий	

Лабораторная работа № 1

Моделирование систем на базе клеточных автоматов

Цель работы

Целью данной лабораторной работы является получение студентом навыков реализации алгоритмов моделирования процессов с использованием математического аппарата клеточных автоматов.

Краткие теоретические сведения

Клеточный автомат – дискретная модель физических явлений, в которой время и пространство дискретизированы, а число состояний также дискретизировано и конечно.

Клеточные автоматы включают идентичные по структуре и вычислительному аппарату компоненты – ячейки. Геометрически они расположены на одномерной, двумерной (и более) сетке и соединены друг с другом одинаковыми способами. Пример простейшего клеточного автомата представлен на рис. 1.1.



исунок 1.1 –Простейший клеточный автомат

Было выявлено несколько характерных типов поведения одномерных клеточных автоматов:

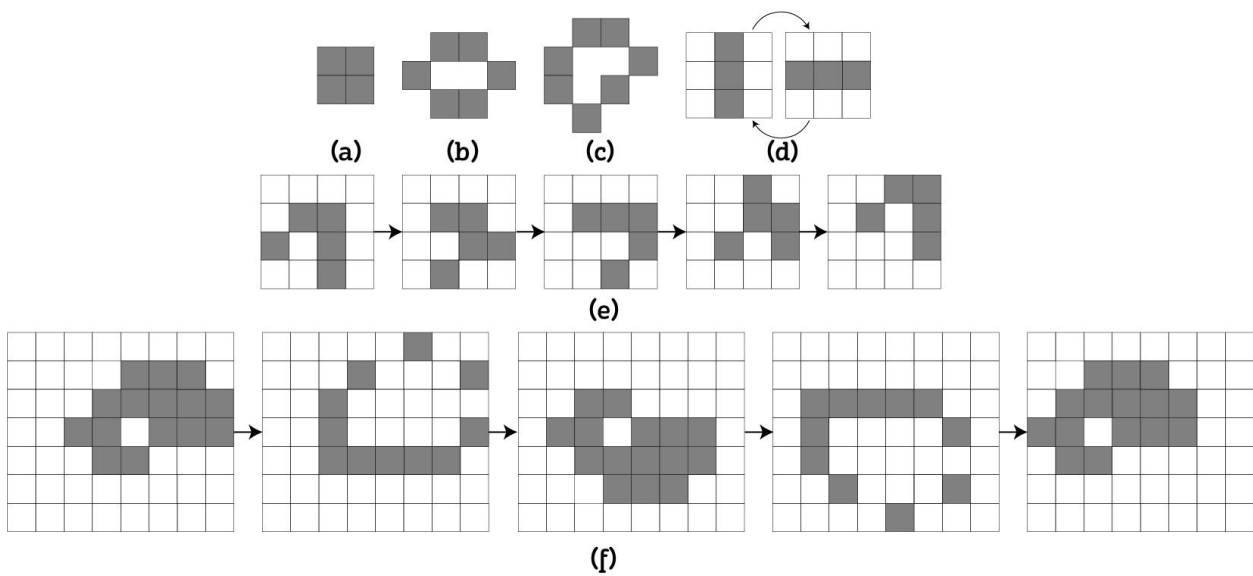
- быстрое угасание динамики, т.к. все автоматы “умирают”;
- периодическое поведение;
- хаотическое поведение;
- непредсказуемое – непериодическое, но демонстрирующее интересные повторяющиеся структуры.

Игра “Жизнь”. Игра проводится на двумерной сетке, возможно, бесконечного размера (рис. 1.2).

Основные правила:

- ячейка остается живой, если ее окружают две или три живые ячейки;
- ячейка умирает от перенаселения, если ее окружает более трех живых ячеек;
- ячейка умирает от изоляции, если у нее меньше двух живых соседей;

- мертвая ячейка становится живой, если она имеет ровно три живых соседа.



Р

исунок 1.2 – Характерные шаблоны поведения в игре “Жизнь”:

(a)-(c) – неподвижный; (d) – осциллирующий; (e)-(f) – зацикленный и движущиеся

Ход работы

Пройти по всем ячейкам в сетке, применяя к каждой ячейке правила перехода между состояниями. Запомнить новые состояния и заменить старые состояния новыми после обхода всех ячеек.

Необходимо учитывать недостатки данного подхода:

- избыточный просмотр ячеек;
- избыточный объем памяти;
- невозможность моделировать на бесконечной сетке.

Пример визуализации сетки в *матричном виде* приведен на рис.1.3.

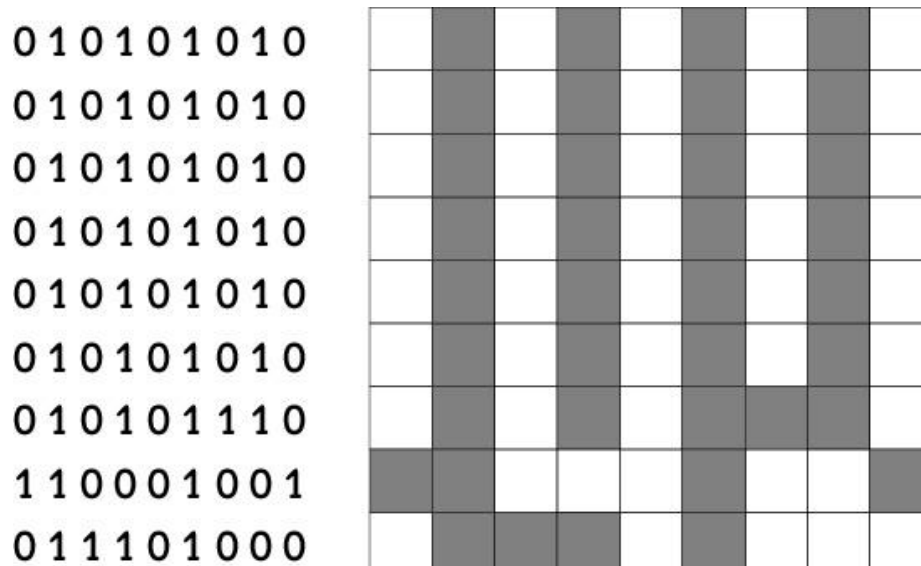


Рисунок 1.3 – Матричное представление сетки

Пример кода реализации сетки на С# представлен на рис. 1.4.

```

1  set terminal pngcairo
2  set output 'matrix.png'
3  set border linewidth 1
4  unset key
5  unset colorbox
6  set palette grey negative
7  rows = 10
8  cols =10
9  set size ratio rows*1.0/cols
10 set yrange [] reverse
11 set xtics autofred -0.5,1,cols
12 set ytics autofred -0.5,1,rows
13 set grid front linetype -1 linecolor rgb "grey"
14 set format x ""
15 set format y ""
16
17 plot 'data_example.dat' matrix with image
18 end

```

Рисунок 1.4 – Реализации сетки на С#

Пример кода для вызова визуализатора на С# приведен на рис. 1.5.

```

1  //читаем шаблон
2  StreamReader sr = new
3  StreamReader(patternSource);
4  string pattern = sr.ReadToEnd();
5  sr.Close();
6
7  //делаем замены в шаблоне
8  string plotPattern = pattern.Replace("TEXT in Script", new_text);
9
10 //записываем файлы и делаем картинку
11 File.WriteAllText(new_script, plotPattern);
12 ProcessStartInfo PSI = new ProcessStartInfo();
13 PSI.FileName = new_script;
14 using (Process exeProcess = Process.Start(PSI))
15 {
16     exeProcess.WaitForExit();
17 }

```

Ри

сунок 1.5 – Вызов визуализатора из программы

Вопросы:

1. Определение математической модели.
2. Системный подход к описанию моделей.
3. Разница между моделированием (modeling) и симуляцией (simulation).
Шаги моделирования. Является ли программа моделью?
4. Классы моделей.

Литература

1. Wolfram S. Cellular automata: collected papers. – 1994.
2. Тоффоли Т., Марголус Н. Машины клеточных автоматов. – Мир, 1991.
3. Hoekstra A. G. et al. Complex automata: multi-scale modeling with coupled cellular automata //Simulating complex systems by cellular automata. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. – С 29-57.

Лабораторная работа № 2

Модель клеточных автоматов на базе дискретных событий

Цель работы

Целью данной работы является получение студентом навыков реализации алгоритмов моделирования процессов с использованием математического аппарата клеточных автоматов на базе дискретных событий.

Краткие теоретические сведения

Все дискретно-событийные имитационные модели имеют ряд общих компонентов. Их логическая организация позволяет обеспечить и упростить типовые операции при программировании, отладке и последующем изменении имитационной модели. Типовая дискретно-событийная модель (рис.2.1), написанная на универсальном языке программирования, включает следующие компоненты:

состояние системы – совокупность переменных состояния, необходимых для описания системы в определенный момент времени;

часы модельного времени – переменная, указывающая текущее значение модельного времени;

список событий – список, содержащий время возникновения каждого последующего типа событий;

статистические счетчики – переменные, предназначенные для хранения статистической информации о характеристиках системы;

программа инициализации – подпрограмма, устанавливающая в исходное состояние имитационную модель в момент времени, равный нулю;

синхронизирующая программа – подпрограмма, которая отыскивает следующее событие в списке событий и затем переводит часы модельного времени на время возникновения данного события;

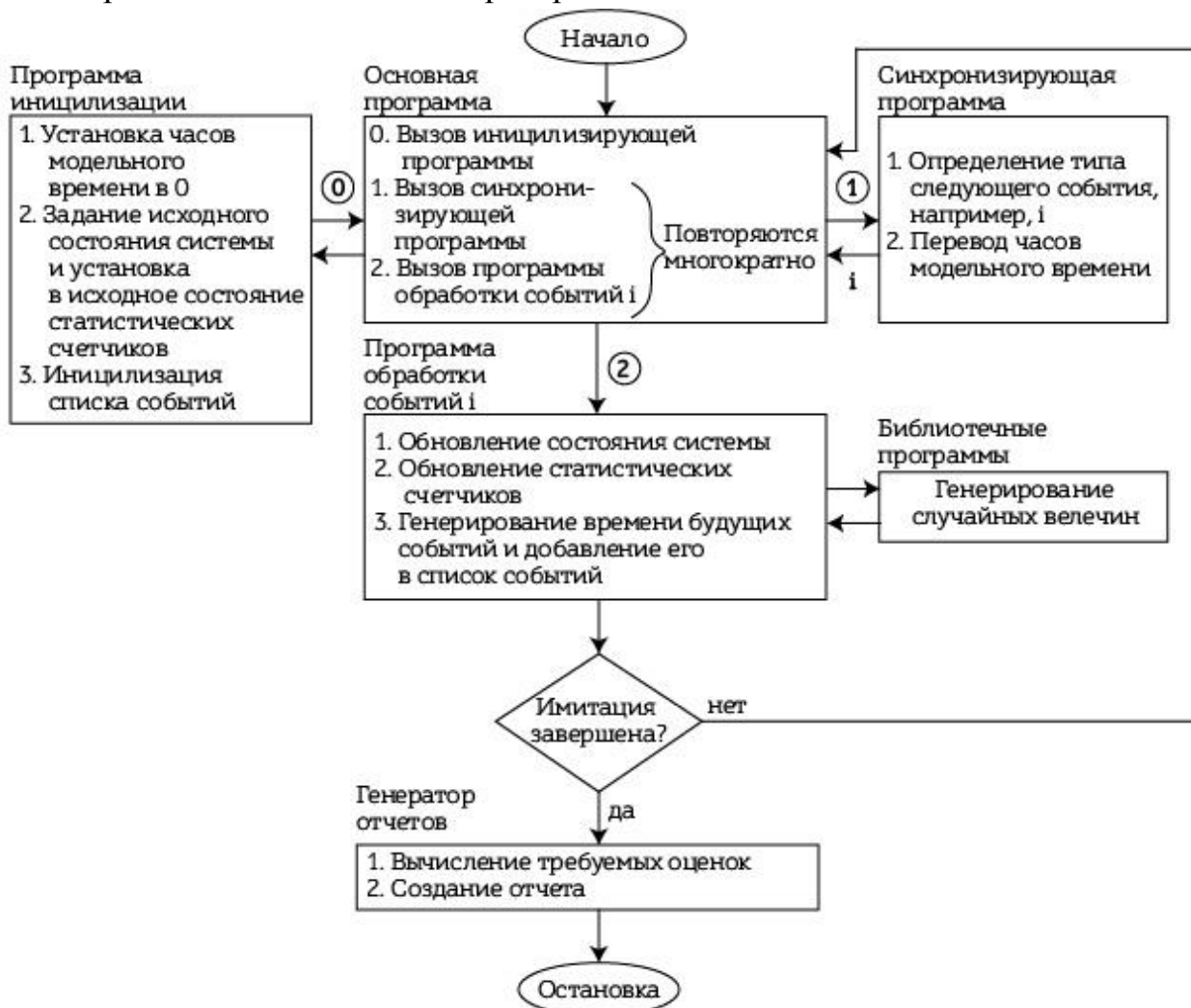
программа обработки событий – подпрограмма, обновляющая состояние системы, когда происходит событие определенного типа (для каждого типа событий реализуется своя программа обработки событий);

библиотечные программы – набор подпрограмм, применяемых для генерации случайных наблюдений из распределений вероятностей, которые были определены как часть имитационной модели;

генератор отчетов – подпрограмма, которая считывает оценки (со статистических счетчиков) критериев оценки работы и выдает отчет по окончании моделирования;

основная программа – подпрограмма, которая вызывает синхронизирующую программу, для того чтобы определить следующее

событие, а затем передает управление соответствующей событийной программе с целью обеспечения заданного обновления состояний системы. Основная программа может также контролировать необходимость прекращения моделирования и вызывать генератор отчетов по его окончанию.



Р

исунок 2.1 – Компоненты дискретно-событийной имитационной модели и их организация

Ход работы

- Смоделировать поведение ячеек в игре “Жизнь” на основе дискретных событий;
- При визуализации делать промежуточные шаги, помечая серым ячейки, которые просматриваются на очередном шаге;
- Для “планеров” (glider) сделать “прозрачные” края, т.е. если фигура уходит, например, за правую границу, она должна появляться из-за левой границы получается тороидальная сетка (зацикливание);
- Ввести два поля ячеек – текущее и следующее;
- Ввести два типа событий:

- а) просмотр одной ячейки поля и модификация ячеек в следующем;
- б) просмотр всего поля и выбор ячеек для просмотра и модификации.

Моделирование начинается с добавления события второго типа и некоторого начального текущего поля.

Событие второго типа порождает события первого типа и в конце добавляет одно событие второго типа, что обеспечивает цикл моделирования. События первого типа новых событий не порождают.

Продвижение по времени обеспечивается за счет реализации события второго типа. Для данной модели время не играет роли, важна только последовательность событий. Считается, что для каждого поля происходит смещение виртуального времени на единицу (по смыслу – это номер итерации моделирования). Все события просмотра и модификации ячеек на одной итерации считаются одновременными (т.е. имеют одинаковое модельное время). На рис. 2.2 и 2.3 приведены два примера реализации дискретных событий на языке C#:

<pre> /// <summary> /// Класс для дискретно-событийного моделирования /// </summary> public class DEVS { /// <summary> /// Внутренняя очередь для моделирования /// </summary> static EventsQueue EQ = new EventsQueue(); public static double GlobalTime... /// <summary> ... public static void AddStartEvent(ModelEvent ME)... /// <summary> /// Обработать очередное событие /// </summary> public static void ProcessNextEvent()... /// <summary> /// Класс для модельного события /// </summary> public abstract class ModelEvent... } </pre>	<pre> public abstract class ModelEvent { /// <summary> /// Добавить данное событие в очередь /// </summary> protected void Enqueue()... /// <summary> /// Добавить другое событие в очередь /// </summary> /// <param name="ME">Добавляемое событие</param> protected static void Enqueue(ModelEvent ME)... double _eTime; /// <summary> /// Время наступления события /// </summary> public double eTime... /// <summary> /// Вывести отладочную информацию /// </summary> public void Debug()... /// <summary> /// Выполнить полезное действие /// </summary> public abstract void Execute(); } </pre>
---	---

Р

исунок 2.2 – Пример реализации дискретных событий №1


```

// Реализация пользовательского класса события
class myEvent : DEVS.ModelEvent
{
    public override void Execute()
    {
        // .....
        AnotherEvent AE = new AnotherEvent();
        AE.eTime = this.eTime + 1; // продвижение по времени
        DEVS.ModelEvent.Enqueue(AE); // Добавление нового события в очередь
    }

    // Запуск процесса моделирования
    myEvent ME = new myEvent();
    ME.eTime = 0; // для начала моделирования добавим одно событие типа
    DEVS.AddStartEvent(ME);
    while(...)
    {
        DEVS.ProcessNextEvent();
    }
    // Вывод результата

```

Ри

сунок 2.3 – Пример реализации дискретных событий №2

Вопросы

1. Основные шаги при построении модели.
2. Роль визуализации при построении модели и анализе результатов моделирования.
3. Преимущества моделирования как способа решения задач. Недостатки моделирования.

Литература

1. Wolfram S. Cellular automata: collected papers. – 1994.
2. Тоффоли Т., Марголус Н. Машины клеточных автоматов. – Мир, 1991.
3. Hoekstra A. G. et al. Complex automata: multi-scale modeling with coupled cellular automata //Simulating complex systems by cellular automata. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. – С 29-57.

Лабораторная работа № 3

Модель клеточных автоматов на базе дискретных событий с удалением событий

Цель работы

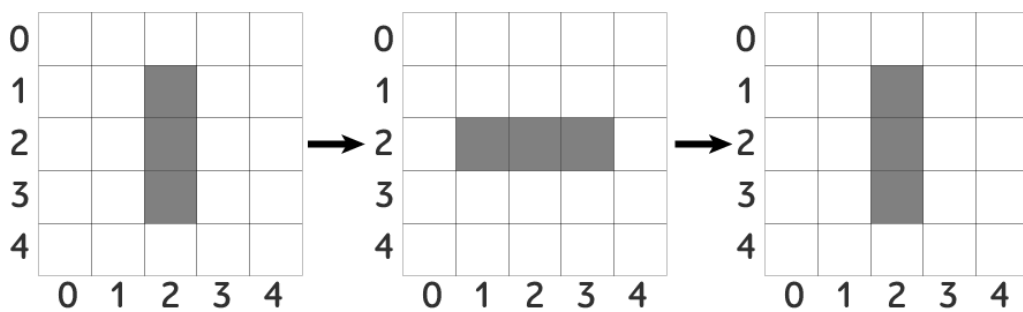
Целью данной работы является получение студентом навыков реализации алгоритмов моделирования процессов с использованием математического аппарата клеточных автоматов на базе дискретных событий и механизма удаления из очереди части событий для повышения эффективности процедуры моделирования.

Краткие теоретические сведения

Варианты реализации игры “Жизнь”:

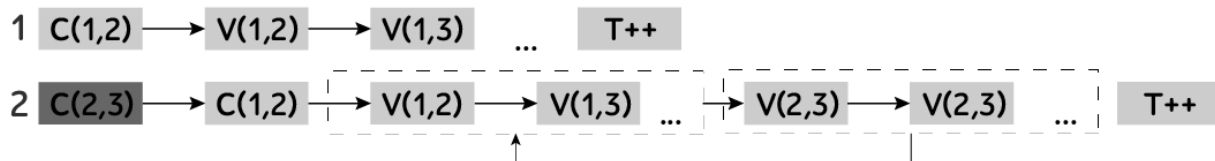
- с константным временем: сканирование на каждом шаге всего поля с применением правил к живым ячейкам и их соседям;
- с константным временем, усовершенствованная (без сканирования всего поля):
 - записать в массив координат живых ячеек;
 - на каждом шаге применять правила к живым ячейкам и их соседям;
- событийная с константным временем (вариант 1): событие – просмотр и изменение состояния ячейки в подменном поле, замена текущего поля подменным;
- событийная с константным временем (вариант 2): разбиение событий на три типа – просмотр, изменение, сдвиг по времени. Событие приводит к тому, что на следующем шаге просматриваются только измененные ячейки и их соседи. Сдвиг по времени просто фиксирует факт прохождения очередной итерации.

На рис. 3.1 и 3.2 схематически представлены стандартная событийная модель и модель с удалением.

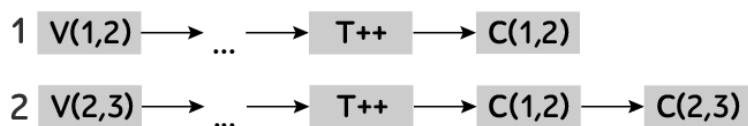


Формирование событий

C - изменение V - просмотр T - сдвиг по времени

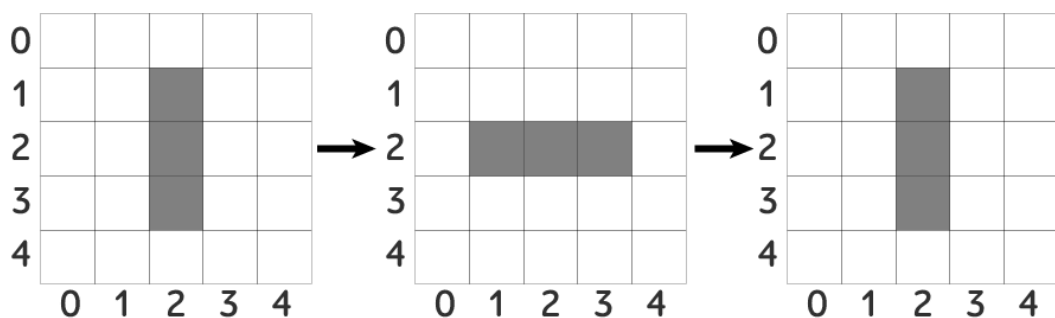


Исполнение очереди



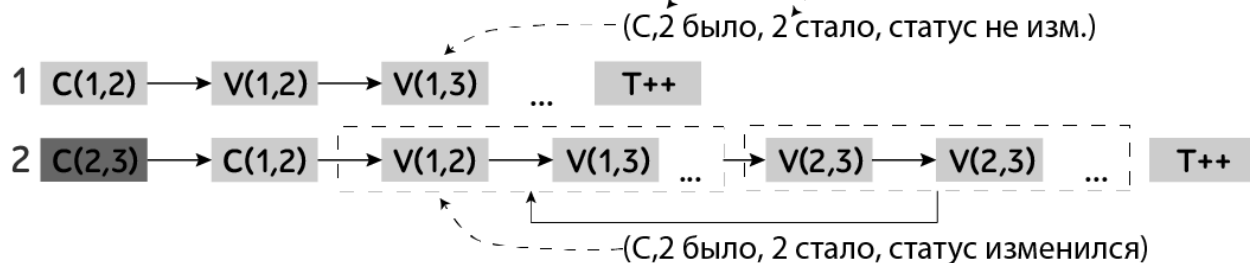
Рис

унок 3.1 – Событийная модель (истинная)

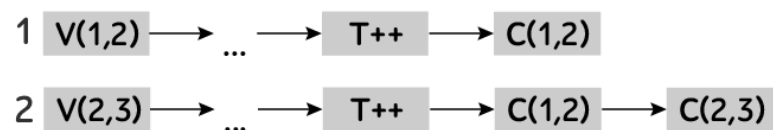


Формирование событий

C - изменение V - просмотр T - сдвиг по времени



Исполнение очереди



Новое событие

Если при последнем событии «С» число живых соседей в событии «V» не поменялось и у события не поменялся статус, то оно удаляется из очереди

Р

исунок 3.2 – Событийная модель с удалением событий

Ход работы

Реализовать оба варианта событийных моделей:

- а. при исполнении событий 'С' подсвечивать события 'V' для следующего шага;
- б. удалять подсветку с удаленных событий.

Вопросы

1. Отличие систем с дискретным временем от моделей с непрерывным временем.
2. Интерактивная визуализация. Назовите ее отличия и преимущества относительно статической визуализации.
3. Для чего применяется дискретно-событийная модель (стандартная)?
4. Дискретно-событийная модель с удалением события.

Литература

1. Лобанов А. И. Модели клеточных автоматов // Компьютерные исследования и моделирование. – 2010. – Т. 2. – №. 3. – С. 273-293.
2. Wolfram S. Cellular automata: collected papers. – 1994.
3. Тоффли Т., Марголус Н. Машины клеточных автоматов. – Мир, 1991.