Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Кафедра автоматизованих систем обробки інформації і управління

Котолупов Олег Владиславович

УДК 004.924:004.021:515.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРИВИМІРНИХ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ

Спеціальність 8.05010301

Програмне забезпечення систем

Автореферат

дисертації на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня

магістр

Київ-2017

Робота виконана на кафедрі автоматизованих систем обробки інформації і управління КПІ ім. Ігоря Сікорського Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент

Фіногенов Олександр Дмитрович

доцент кафедри автоматизованих систем обробки інформації і управління КПІ ім. Ігоря Сікорського (м. Київ)

Рецензент: кандидат технічних наук, доцент

Яблонський Петро Миколайович

доцент кафедри нарисної геометрії, інженерної та комп’ютерної графіки КПІ ім. Ігоря Сікорського (м. Київ)

Захист відбудеться 21 червня 2017 р., на засіданні ДЕК кафедри АСОІУ КПІ ім. Ігоря Сікорського аудиторія 25-18

З дисертацією можна ознайомитись у методичному кабінеті кафедри АСОІУ КПІ ім. Ігоря Сікорського, аудиторія 422-18 .

Реферат підготовлено та представлено до розгляду „31” травня\_\_\_2017 р.

Робота рекомендована до захисту „31” травня\_\_ 2017 р.

В.о. завідуючого кафедри АСОІУ КПІ ім. Ігоря Сікорського,

кандидат технічних наук, доцент

Муха І.П.

Відповідальний за випуск магістрів

кафедри АСОІУ КПІ ім. Ігоря Сікорського,

кандидат технічних наук, доцент Ліщук К.І.

Реферат

Дисертацію виконано на 123 аркуші, вона містить 1 додаток на 27 листах та перелік посилань на використані джерела з 46 найменувань. У роботі наведено 51 рисунок та 3 таблиці.

**Актуальність теми.** Клітинні автомати є доволі розповсюдженою математичною моделлю, що може бути використана у багатьох розділах науки, наприклад, при моделюванні певних складних процесів. Найбільш дослідженими є двовимірні клітинні автомати, яскравими прикладами яких є гра “Життя” та мураха Ленгтона. Дані клітинні автомати відносяться до 4 класу. Це означає, що вони виявляють ознаки хаотичної поведінки, при цьому будучи здатними до формування стабільних структур.

Однак тривимірні клітинні автомати не є настільки дослідженими. Можлива сфера їх застосування включає, але не обмежується моделюванням поведінки газів та рідин у тривимірному просторі або квантових ефектів. Тим не менш, досліджень у цьому напряму доволі небагато. Це зумовлено зокрема відсутністю програмних засобів для проведення такого дослідження. Відображення тривимірних автоматів, їх задання та огляд процесу їх еволюції потребують спеціального функціоналу, який не надається засобами для роботи із двовимірними клітинними автоматами. Тому доцільним є створення програмного засобу для роботи із тривимірними автоматами та дослідження їх властивостей за допомогою створеної програми.

**Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась згідно з планом науково-дослідних робіт кафедри нарисної геометрії, інженерної та комп’ютерної графіки фізико-математичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» в рамках пошукової теми «Геометричне моделювання структур методами фрактальної геометрії», державний реєстраційний номер 0113U007912

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розробка програмного засобу для роботи із тривимірними клітинними автоматами та подальше їх дослідження за допомогою створеного застосунку.

Для досягнення вказаної мети було розв’язано такі задачі:

* систематизувати існуючі правила клітинних автоматів та засоби для роботи з клітинними автоматами та визначити їх переваги й недоліки;
* визначити функціонал, необхідний для всебічного дослідження тривимірних клітинних автоматів і надання зручного способу їх відображення та взаємодії з ними;
* розробити програмний засіб для роботи з тривимірними клітинними автоматами, який реалізує визначений функціонал, необхідний для їх дослідження;
* провести експериментальні дослідження властивостей тривимірних автоматів за допомогою розробленого застосунку, зробити висновки щодо подальшого напрямку дослідження.

*Об’єктом дослідження* є тривимірні клітинні автомати із правилами, що базуються на грі “Життя”.

*Предметом дослідження* є пошук тривимірних клітинних автоматів 4 класу, які знаходяться на границі хаосу та впорядкованості.

**Методи дослідження.** Для розв’язання поставленої задачі використовувалися такі методи: методи теорії автоматів (для дослідження клітинних автоматів); методи теорії алгоритмів та програмування (для програмної реалізації розроблених алгоритмів); методи теорії ймовірності та математичної статистики (для проведення експериментів).

**Наукова новизна одержаних результатів** складається з наступних положень:

* уперше поставлено задачу дослідження тривимірних клітинних автоматів за ймовірнісними правилами переходу до наступного стану;
* удосконалено методи дослідження тривимірних клітинних автоматів шляхом створення програмного засобу, що надає увесь необхідний для дослідження функціонал та зручний інтерфейс для роботи з ним;
* розширено потенційні області використання тривимірних автоматів шляхом надання інструменту наслідування кольору клітин при їх зародження під час еволюції системи.

**Практичне значення одержаних результатів.** Визначено типові властивості ймовірнісних тривимірних автоматів. Розроблено програмний засіб для дослідження тривимірних клітинних автоматів. Запропоновані подальші шляхи дослідження тривимірних автоматів.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення й результати роботи представлено на конференціях «Системний аналіз та інформаційні технології» (2017 р.) та «СПГМ-2017»

**Публікації.** Результати дисертації викладено в 3 наукових працях, зокрема:

* у одній статті у науковому журналі, включеному до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук;
* у двох публікаціях тез доповідей наукових конференцій (у соавторстві).

**Ключові слова:** клітинний автомат, еволюція, Unity, ітерація, тривимірне відображення

РЕФЕРАТ

Диссертация выполнена на 123 листах, она содержит 1 приложение на 27 листах и перечень ссылок на использованные источники из 46 наименований. В работе приведены 51 рисунок и 3 таблицы.

**Актуальность темы.** Клеточные автоматы являются довольно распространенной математической моделью, которая может быть использована во многих разделах науки, например, при моделировании определенных сложных процессов. Наиболее исследованными являются двумерные клеточные автоматы, яркими примерами которых являются игра "Жизнь" и муравей Ленгтона. Данные клеточные автоматы относятся к 4 классу. Это означает, что они проявляют признаки хаотического поведения, при этом будучи способными к формированию стабильных структур.

Однако трехмерные клеточные автоматы не столь исследованы. Возможная сфера их применения включает, но не ограничивается моделированием поведения газов и жидкостей в трехмерном пространстве или квантовых эффектов. Тем не менее, исследований в этом направлении довольно немного. Это обусловлено в частности отсутствием программных средств для проведения такого исследования. Отображение трехмерных автоматов, их задание и обзор процесса их эволюции требуют специального функционала, который не предоставляется средствами для работы с двумерными клеточными автоматами. Поэтому целесообразным является создание программного средства для работы с трехмерными автоматами и исследования их свойств с помощью созданной программы.

**Связь работы с научными программами, планами, темами.** Диссертационная работа выполнялась в соответствии с планом научно-исследовательских работ кафедры начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики физико-математического факультета Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» в рамках поисковой темы «Геометрическое моделирование структур методами фрактальной геометрии», государственный регистрационный номер 0113U007912

**Цель и задачи исследования.** Целью исследования является разработка программного средства для работы с трехмерными клеточными автоматами и дальнейшее их исследование с помощью созданного приложения.

Для достижения указанной цели были решены следующие задачи:

* систематизировать существующие правила клеточных автоматов и средства для работы с клеточными автоматами и определить их преимущества и недостатки;
* определить функционал, необходимый для всестороннего исследования трехмерных клеточных автоматов и предоставления удобного способа их отображения и взаимодействия с ними;
* разработать программное средство для работы с трехмерными клеточными автоматами, реализующее указанный функционал, необходимый для их исследования;
* провести экспериментальные исследования свойств трехмерных автоматов с помощью разработанного приложения, сделать выводы относительно дальнейшего направления исследования.

*Объектом исследования* являются трехмерные клеточные автоматы с правилами, основанными на игре "Жизнь".

*Предметом исследования* является поиск трехмерных клеточных автоматов 4 класса, которые находятся на границе хаоса и упорядоченности.

**Методы исследования.** Для решения поставленной задачи использовались следующие методы: методы теории автоматов (для исследования клеточных автоматов) методы теории алгоритмов и программирования (для программной реализации разработанных алгоритмов) методы теории вероятности и математической статистики (для проведения экспериментов).

**Научная новизна исследования** состоит из следующих положений:

* впервые поставлена ​​задача исследования трехмерных клеточных автоматов с вероятностными правилами перехода к следующему состоянию;
* усовершенствованы методы исследования трехмерных клеточных автоматов путем создания программного средства, предоставляющего весь необходимый для исследования функционал и удобный интерфейс для работы с ним;
* расширены потенциальные области применения трехмерных автоматов путем предоставления инструмента наследования цвета клеток при их зарождении в ходе эволюции системы.

**Практическое значение полученных результатов.** Определены типичные свойства вероятностных трехмерных автоматов. Разработано программное средство для исследования трехмерных клеточных автоматов. Предложены дальнейшие пути исследования трехмерных автоматов.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения и результаты работы представлены на конференции «Системный анализ и информационные технологии» (2017) и «СПГМ-2017»

**Публикации.** Результаты диссертации изложены в 3 научных трудах, в частности:

* в одной статье в научном журнале, включенном в Перечень научных профессиональных изданий Украины по техническим наукам;
* в двух публикации тезисов докладов научных конференций (в соавторстве).

**Ключевые слова:** клеточный автомат, эволюция, Unity, итерация, трехмерное отображение

ABSTRACT

The thesis is presented in 123 pages. It contains 1 appendix in 27 pages and bibliography of 46 references. 51 figures and 3 tables are given in the thesis.

**Topic relevance.** Cellular automata is quite common mathematical model that can be used in many branches of science, such as the simulation of complex processes. The most researched ones are two-dimensional cellular automata, bright examples of which are Game of Life and Langton’s Ant. These cellular automata belong to the class 4. This means that they show signs of chaotic behavior, although being able to form stable structures.

However, three-dimensional cellular automata are not as studied. Their field of application includes but is not limited to modeling the behavior of gases and liquids in three-dimensional space or quantum effects. However, there are only a few researches in this area. This is particularly due to the lack of software for such research. Display of three-dimensional automata, their setting and reviewing of their evolution need special functionality that is not provided with applications for two-dimensional cellular automata. Therefore, it is appropriate to create the software to work with three-dimensional cellular automata and study their properties using this software.

**Thesis connection to scientific programs, plans, and topics.** The thesis was carried out according to the plan of scientific research by the Descriptive geometry, engineering and computer drawing department, Faculty of Physics and Mathematics at National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" as part of the topic «Geometric modeling of structures using fractal geometry methods», state registration number 0113U007912

**Research goal and objectives.** The aim of the thesis is the development of software tools for working with three-dimensional cellular automata and their further studies using the created application.

To achieve the aforementioned goals the following problems were solved:

* systematizing existing rules of cellular automata and tools for working with cellular automata and identify their strengths and weaknesses;
* determining the functionality required for a comprehensive study of three-dimensional cellular automata and provide a convenient way of displaying and interacting with them;
* developing a software tool to work with three-dimensional cellular automata, which implements forementioned functionality required for their research;
* conduct experimental studies of the properties of three-dimensional automata using developed application, draw conclusions on the further direction of research.

*The object of the research* are three-dimensional cellular automata with rules based on the Game of Life.

*The subject of the research* is to find three-dimensional cellular automata Class 4, located on the edge of chaos and order.

**Methods of research.** To solve this problem the following methods were used: methods of automata theory (for the research of cellular automata); methods of the theory of algorithms and programming (for software implementation of the developed algorithms); methods of probability theory and mathematical statistics (for the experiments).

**Scientific contribution** consists of the following:

* for the first time the task was posed to study three-dimensional cellular automata with probabilistic rules of the transition to the next state;
* improved methods of the research of three-dimensional cellular automata by creating a software tool that provides all the functionality required for such research and user-friendly interface to work with it;
* expanded the potential scope of the three-dimensional automata implementation by providing color inheritance for the spawning cells during the evolution of the system

**Practical value of obtained results.** Determined typical properties of three-dimensional stochastic automata. Developed software tool for the research of three-dimensional cellular automata. Proposed further possibilities to study three-dimensional automata.

**Approbation of the thesis results.** Key position and results presented at the conferences "System Analysis and Information Technologies" (2017) and "СПГМ-2017"

**Publications.** The results of the thesis outlined in 3 scientific papers including:

* in one article in a scientific journal, included in the list of scientific professional publications of Ukraine for Technical Sciences;
* in two publication abstracts of scientific conference (in co-authorship).

**Keywords:** cellular automata, evolution, Unity, iteration, three-dimensional display