

УДК 514.18

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ РОЗВИТКУ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТРИВИМІРНИХ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ

Ванін В.В., д.т.н.,

Залевська О.В., к.т.н.,

Чередніченко В.О.

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

В роботі розглядаються клітинні автомати, як інструмент відображення поведінки динамічної системи, що визначається локальними взаємозв'язками. Вперше подібний клітинний автомат був відкритий в 1940-х роках Станіславом Уламом і Джоном фон Нейманом. Деякі автомати вивчалися протягом 1950-х і 1960-х років, однак вони не були популярними до 1970-х років. Підвищення обчислюваної потужності комп'ютерної техніки та її розповсюджене застосування обумовлює розширення використання клітинних автоматів звичайним користувачем. Модель клітинного автомату може використовуватись, як в моделюванні найпростіших ігор, так і в моделях штучного інтелекту.

Тривимірні клітинні автомати досить мало досліджені, це спричинено певними технологічними проблемами, що виникають при спробі візуалізації процесу розвитку. Перша причина – складність дослідження автоматів та зберігання тривимірного стану автомату. Крім того, відсутні програмні засоби 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.

Перевагами використання тривимірних клітинних автоматів є їх універсальність в сфері застосування: від генерації тривимірних об'єктів до моделювання складних молекулярних процесів, фізичних, хімічних явищ та квантових ефектів. Така гнучкість досягається за допомогою дискретності розміру автомату та часу його еволюції, а також у вільній можливості формулювати власні правила еволюції, залежно від контексту дослідження.

Ключові слова: клітинний автомат, динамічна система, фрактальна структура.

Постановка проблеми. Прикладом динамічної структури є тривимірні клітинні автомати, на базі яких створено значну кількість програмних. Сукупність цих програм не в повній мірі описує структури, що виникають при генерації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Порівняно з дослідженням двовимірних клітинних автоматів дослідження трьох вимірних клітинних автоматів дозволяє надати візуалізацію більшості кількості стійких структур [1-4]. Аналіз деяких таких структур в цьому випадку є більш якісним. [5] Існуючі реалізації тривимірних клітинних автоматів не надають достатнього функціоналу для їх дослідження та пошуку автоматів 4 класу, що мають ознаки хаотичності та формування стабільних структур [6-7].

Формування цілей статті. Основною метою роботи є дослідження еволюції тривимірних клітинних автоматів, на яку впливають зовнішні фактори. Обрахунок такого процесу має надати апарат дослідження еволюції клітин.

Основна частина. Розглянемо трьохвимірні клітинні автомати, що підтримують ймовірносну складову процесу розвитку. Цю складову визначимо наступним чином: клітина може зародитись, тоді коли вона має кількість сусідів, що дорівнює випадково визначеному числу з певного діапазону. Границі загибелі клітини визначаються випадково в кожному окремому випадку на основі заданих меж значень (самотність та перенаселення). Окрім цього, автомат може мати різний розмір, хоча й завжди матиме лише кубічну форму.

При обрахунку кожної наступної ітерації будемо використовувати умови:

- зміни, що відбуваються при переході не впливають на кінцевий результат;
- можливість візуалізації поточного стану автомату.

При реалізації алгоритму, що задовольняє зазначені потреби, виникають наступні питання:

- необхідність візуалізації поточного стану структури та будь-якого етапу її розвитку;
- велика кількість клітин з декількома можливими станами ускладнює розуміння структури поточної ітерації та її зміни при переході до наступної ітерації;
- розпізнавання кінцевого стану клітинного автомату та критеріїв за якими стан вважається кінцевим;
- клітинні автомати 4 класу припиняють свій розвиток переходячи до стабільного стану, який містить лише стійкі структури, проте процес еволюції має продовжуватись.

Покажемо можливість вирішення цих питань. Відображення поточного стану тривимірного автомату виконується за допомогою

тривимірних моделей, що зображують окремі клітини. Наявність на позиції такої моделі вказує на “живий” стан відповідної клітини, а відсутність — на “мертвий”. Для чіткого розпізнавання меж заповнених клітин ребра кубу позначаємо чорним кольором (рис.1).

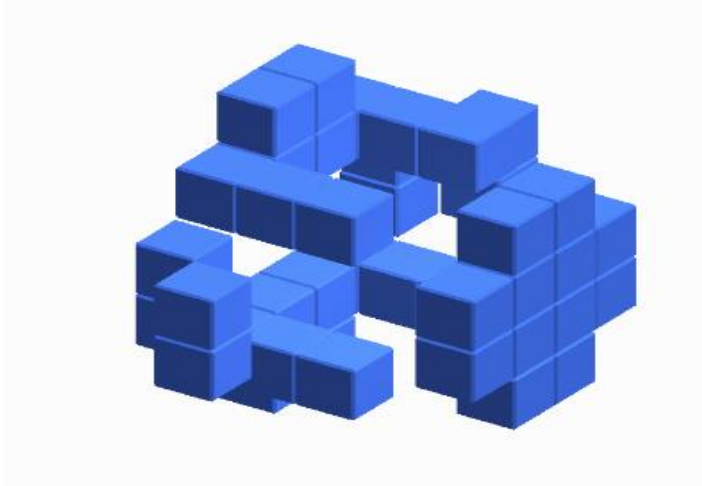


Рис. 1. Зображення динамічної структури за допомогою візуалізації отриманої на основі тривимірного клітинного автомату

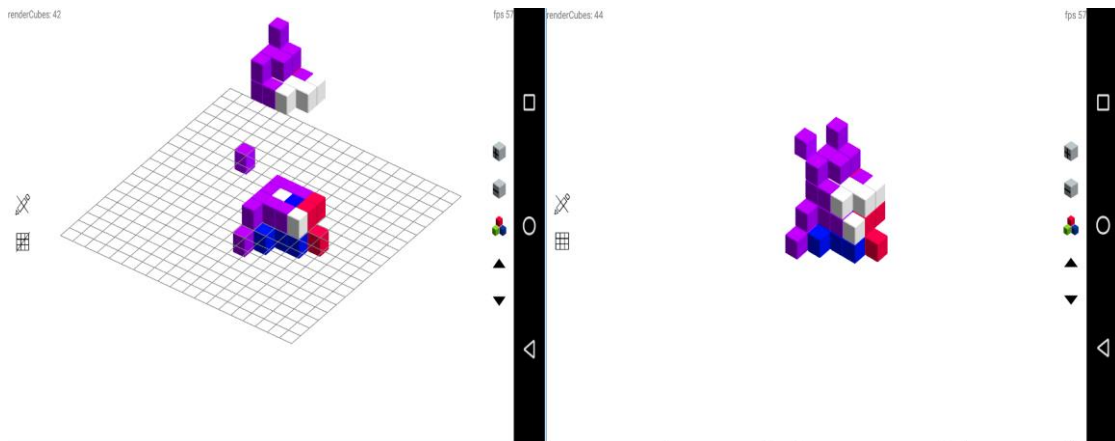


Рис. 2. Зображення кольорової (градації сірого кольору) моделі при наявності решітки проекційної площини та без решітки

Використання системи кольорової ідентифікації клітин, за допомогою середнього арифметичного кодів кольорів та деякої випадкової величини, що характеризує зсув по коду кольору, показує на якому етапі розвитку знаходиться система (рис.2). Кольорова характеристика процесу, задана таким чином, відображається за допомогою фрактального зображення. Цей фактор використовуємо для тривимірних графічних структур, що відображають випадковий результат еволюції початкової конфігурації. Подібну кольорову систему можна використовувати для імітації різноманітних тривимірних процесів, наприклад, змішування різнорідних речовин

(рис 3). У цьому випадку кожна речовина буде позначена окремим кольором, а клітини проміжних кольорів відобразатимуть пропорції та ступінь змішування речовин у даному регіоні .

При дослідженні властивостей клітинного автомату критерієм оцінки може слугувати час еволюції конфігурації, що забезпечує кількість ітерацій від початкового до кінцевого тривіального стану. Тривіальним станом зазвичай називають стан, при якому подальша еволюція системи є легко передбачуваною. Наприклад, автомат знаходиться в тривіальному стані, якщо він містить лише стабільні структури, що не змінюються з часом (“натюрморти” в термінах гри “Життя”), осцилятори та циклічні структури, що розвиваються в певному напрямку (“космічні кораблі”). Для детермінованого автомату перевірку тривіальності системи визначаємо з умови зміни стану хоча б однієї клітини автомату та порівняння поточного стану структури з попереднім. Якщо поточний стан повністю відповідає одному з попередніх, то для детермінованого автомату це означитиме зациклювання еволюції. Управління станом клітин дозволяє досліджувати окремі, заздалегідь задані конфігурації на предмет їх стабільності та відповідності певним критеріям (наприклад, великий час еволюції).

Висновки. Запропонований підхід відтворення розвитку динамічних систем дозволяє проводити дослідження динамічних структур на будь-якому етапі її розвитку.

Література

1. Hedlund, G. A. (1969). Endomorphisms and automorphisms of the shift dynamical system. *Math. Systems Theory*. 1969. Vol.3. Is.4. P.320–375. doi:10.1007 / BF01691062.
2. Burton H. Voorhees. Computational analysis of one-dimensional cellular automata. *World Scientific*. 1996. P.8. ISBN 978-981-02-2221-5.
3. Weinberg, Steven.. "Is the Universe a Computer?". *The New York Review of Books*. Rea S. Hederman. (24 October 2002). Retrieved 12 October 2012.
4. Crutchfield J. P. "The Calculi of Emergence: Computation, Dynamics, and Induction", *Physica D.*, 1994. Vol. 75, P.11–54.
5. Paul Chapman. Life universal computer. DOI: <http://www.igblan.free-online.co.uk/igblan/ca/November 2002>.
6. Max Garzon. Models of massive parallelism: analysis of cellular automata and neural networks. Springer. 1995. P. 149. ISBN 978-3-540-56149-1.
7. Залевська О.В. Геометричне моделювання процесів нелінійної динаміки методом фрактальної апроксимації : автореф. дис. ...

канд. техн. наук : 15.09.2016. Мелітополь : Мелітопольський держ. пед. ун-т ім. Богдана Хмельницького, 2016. – 20 с.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ТРЕХМЕРНЫХ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

Ванин В.В., Залевская О.В., Чередниченко В.А.

В работе рассматриваются клеточные автоматы, как инструмент отражения поведения динамической системы, определяется локальными взаимосвязями. Впервые подобный клеточный автомат был открыт в 1940-х годах Станиславом Уламом и Джоном фон Нейманом. Некоторые автоматы изучались в течение 1950-х и 1960-х годов, однако они не были популярны до 1970-х годов. Повышение вычислительной мощности компьютерной техники и ее распространенное применение обуславливает расширение использования клеточных автоматов обычным пользователем. Модель клеточного автомата может использоваться как в моделировании простых игр, так и в моделях искусственного интеллекта.

Трехмерные клеточные автоматы довольно мало исследованы, это вызвано определенными технологическими проблемами, возникающими при попытке визуализации процесса развития. Первая причина - сложность исследования автоматов и хранения трехмерного состояния автомата. Кроме того, отсутствуют программные средства для проведения такого исследования. Отображение трехмерных автоматов, их задания и обзор процесса их эволюции требуют специального функционала, который не предоставляется средствами для работы с двумерными клеточными автоматами. Преимуществами использования трехмерных клеточных автоматов является их универсальность в сфере применения: от генерации трехмерных объектов моделирования сложных молекулярных процессов, физических, химических явлений и квантовых эффектов. Такая гибкость достигается с помощью дискретности размера автомата и времени его эволюции, а также в свободной возможности формулировать собственные правила эволюции, в зависимости от контекста исследования.

Ключевые слова: клеточный автомат, динамическая система, фрактальная структура.

VISUALIZATION OF THE DEVELOPMENT OF DYNAMIC SYSTEM WITH THREE-DIMENSIONAL CELLULAR AUTOMATES

Vanin V., Zalevskaya O., Cherednichenko V.

Cellular automata are discrete dynamic systems whose behavior is fully determined in terms of local interactions. It was first discovered in the 1940s by Stanislaw Ulam and John von Neumann. Although some machines were studied during the 1950s and 1960s, they were not popular until the 1970s and Conway's "Life" games. Interest in the subject has expanded beyond the limits of academic science, due to the increase in computer computing power and availability. However, by this time, three-dimensional cellular automata are still little investigated, although they have tremendous potential for use. The first reason is the complexity of the study of automata and the storage of a three-dimensional state of the machine. In addition, there are no software tools for conducting such research.

The reflection of three-dimensional automata, their task and review of the process of their evolution need a special functional that is not provided with tools for working with two-dimensional cellular automata. Therefore, there is a need to create a software tool for working with three-dimensional cellular automata and study their properties with the help of the created program.

The advantages of using three-dimensional cellular automata are their versatility in the application field: from the generation of three-dimensional objects to the simulation of complex molecular processes, physical, chemical phenomena and quantum effects. This flexibility is achieved by the discreteness of the size of the machine and its evolutionary time, as well as the free ability to formulate its own rules of evolution, depending on the context of the study.

Key words: cellular automata, dynamic system, fractal structure.