

Опыт применения гиперкодов в моделировании клеточных автоматов

Аноприенко А. Я., Коноплева А. П.
Кафедра ЭВМ ДонНТУ
anoprien@cs.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Anoprienko A., Konoplyova A., The experience of hypercode's application in the simulation of cellular automates. In this work alternative kinds of logic and codes and their application for the simulation of cellular automates are described. New variants of Conway's modelling game "Life" are proposed.

Введение

Появление концепции гиперкодов было обусловлено относительной ограниченностью возможностей современных бинарных кодов на фоне сложности и неоднозначности реального мира. В работе [1], например, идея гиперлогики и гиперкодов излагается, как одно из наиболее перспективных направлений развития алгоритмического базиса вычислительного моделирования. Одной из задач этого развития является разработка эффективных средств визуализации гиперкодов и соответствующих приложений. Для решения этой задачи в данной работе предлагается использование гиперлогики и гиперкодов применительно к клеточным автоматам, в частности к игре Дж. Конвея «Жизнь» [2], что дает возможность наглядно представить и оценить возможность и необходимость дальнейшего развития идеи гиперлогики и гиперкодов.

Гиперкоды и эволюция кодо-логического базиса

В работах [3] и [4] довольно подробно описана эволюция кодо-логического базиса, в том переход от монокодов к гиперкодам. С усложнением кодо-логического базиса усложняются и способы их представления. Т.е. существует определенная взаимосвязь: чем проще кодо-логический базис, тем проще способы его представления. Можно предположить, что это обусловлено особенностями восприятия окружающего мира в тот или иной период человеческой истории.

Так, на ранних этапах становления человеческого знания восприятие окружающей действительности оставалось конкретным, образным, отвлеченные и абстрактные понятия еще существенно не отделились от их реальных проявлений. Следы такого мировоззрения сохранились в

древних языках, во времена, когда начала формироваться письменность. В частности, музыка этого времени также не отличалась разнообразием. Например, вплоть до периода раннего средневековья единственным способом выражения музыкальной мысли служила «монодия» – музыка, которая состоит из одного голоса. На ранних этапах становления человечества применение монокодов было достаточно эффективным, так как оно опиралось на способность человека мыслить конкретно-образно.

Следующим этапом становления кодо-логического базиса являются дикоды, одним из основных вариантов которых является современные бинарные коды, на которых основана вся современная вычислительная техника. Можно объяснить появление двоичной логики усложнением человеческого сознания, мироощущения. В связи с тем, что двоичная логика более сложная логическая система, усложняются и способы ее представления: от классических временных диаграмм до карт Карно.

Но, несмотря на все достижения, современная двоичная математика не вполне соответствует вызовам времени. Одним из наиболее перспективных направлений в развитии кодо-логического базиса является переход к использованию гиперлогики и гиперкодов.

Поскольку расширенный кодо-логический базис является довольно сложным абстрактным понятием, для его визуализации необходим нестандартный инструментарий. С подобными задачами довольно эффективно справляются компьютерная когнитивная графика (ККГ) и когнитивное компьютерное моделирование (ККМ) [5]. С их помощью становится возможным создание таких моделей представления знаний, в которых была бы возможность единообразными средствами представлять как объекты, характерные для логического мышления, так и образы-картины, с которыми оперирует образное мышление.

Клеточные автоматы как способ визуализации гиперкодов

Для визуализации гиперкодов идеально подходят клеточные автоматы. Поскольку гиперкод в общем случае является не единичным значением на числовой оси, а множественным и вероятностным, для его достаточно наглядного представления необходимо графическое представление значений на числовой оси или, что еще нагляднее, на двумерной плоскости. В последнем случае изображение формируется парой гиперкодовых чисел. И, если пара традиционных бинарных чисел позволяет отобразить на плоскости только точечное значение, то пара гиперкодовых чисел позволяет задавать и отображать множественные значения. Одним из эффективных вариантов использования гиперкодов в связи с этим представляется задание начальных конфигураций для клеточных автоматов.

Наиболее известным клеточным автоматом является игра «Жизнь» известного математика Дж. Конвея, предложенная им в 1970 году. Джон Конвей заинтересовался проблемой, сформулированной в 1940-х годах известным математиком Джоном фон Нейманом, который пытался создать гипотетическую машину, которая может воспроизводить сама себя. Джону фон Нейману удалось создать математическую модель такой машины с очень сложными правилами. Конвей попытался упростить идеи предложенные Нейманом, что в конечном итоге привело его к созданию игры «Жизнь». Впервые, описание этой игры было опубликовано в журнале “Scientific American” в рубрике «Математические игры» Мартина Гарднера. Игра вызвала широкий резонанс в кругах математиков и программистов [2].

В настоящее время существует множество различных реализаций этой игры. Однако, основные правила игры остаются неизменными: действие игры происходит на некой плоскости, разделенной на клетки, каждая из которых соседствует с 8-ю такими же клетками. Каждая клетка может находиться в «живом» или «мертвом» (т. е. пустом) состоянии, что на каждом шаге определяется состоянием соседних клеток. Классические «генетические законы» Конвея состоят из 3-х пунктов:

1. выживание или гибель: если живая клетка имеет меньше 2 или более 3 соседей в окрестности из 8-ми клеток, то в следующем поколении она умирает (моделирование реальных условий – недостатка питания или перенаселенности), в противном случае она выживает;
2. рождение: в пустой клетке появляется живая клетка, если у исходной клетки ровно 3 соседа.
3. гибель и рождение всех организмов происходят одновременно.

Возникающие в игре ситуации очень похожи на реальные процессы, происходящие при зарождении, развитии и гибели живых организмов. Поэтому игра «Жизнь» традиционно относится к категории так называемых моделирующих игр [6]. Основная идея игры состоит в том, чтобы, начав с какого-нибудь простого расположения живых клеток, проследить за эволюцией исходной позиции под действием упоминавшихся генетических законов Конвея, которые управляют рождением, гибелью и выживанием клеток [7].

Вариантов реализации алгоритма Конвея к настоящему времени существует множество. Самые простые из них реализуют классический вариант игры. Некоторые более сложные отображают различные поколения клеток, подсвечивая их разными цветами. В целом исследователями игры сформирована целая база стандартных структур, которые наиболее распространены при разных исходных расстановках. При этом разработчики двигались в направлении минимизации алгоритма, ускорения алгоритма, увеличения наглядности игры.

Авторами данной статьи впервые предложены и реализованы новые варианты игры «Жизнь», основанные на использовании гиперлогики и гиперкодов. Первый вариант реализации в основном соответствует правилам классической игры, но исходные данные задаются в виде шестизначных координат X, Y в формате гиперкода, как показано на рис. 1. Достаточно ввести лишь 2 числа для того, чтобы получить множественное поле точек. Это удобный, быстрый и компактный способ. Кроме того, он позволяет генерировать квазислучайные комбинации множества точек в случае, если хотя бы в одном разряде одного из гиперкодов, присутствует вероятностное значение A. При этой реализации логика алгоритма осталась прежней, приложение работало подобно своим классическим аналогам.

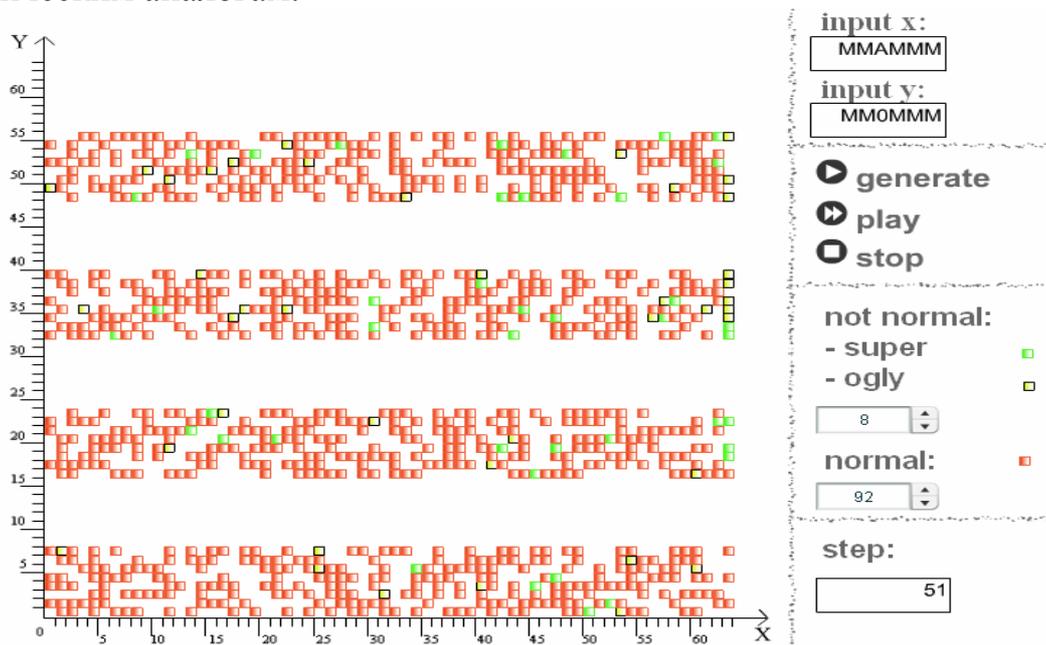


Рисунок 1 - Пример задания исходных значений гиперкодами

Однако, этого недостаточно, чтобы показать основные преимущества гиперлогики и гиперкодов. Для этих целей создано новое приложение, в котором кроме 2-х традиционных состояний (1 и 0) вводятся 2 дополнительных состояния, соответствующих значениям A и M гиперкодов. При этом каждая клетка может находиться в одном из следующих состояний:

- 0 – «мертвая» (пустая) клетка;
 - 1 – «живая» нормальная клетка;
 - M – «живая суперклетка», обладающая рядом специфических особенностей, которые делают ее сильнее остальных видов;
 - A – «больная живая» клетка, что делает ее слабее остальных видов.
- Такой выбор состояний обусловлен логикой самих гиперкодов:
- 0 – отсутствие информации;

1 – наличие информации, нормальное состояние, обычная особь;
М – множественность («и 0, и 1»), т.е. индивид более адаптирован к окружающим условиям, с биологической точки зрения - индивид с повышенным иммунитетом;
А – равновероятность («или 0, или 1»), т.е. значение не определено окончательно и существо в любой момент случайным образом может выжить или погибнуть (от болезни), с биологической точки зрения – индивид со слабым иммунитетом.

В соответствии с изменением набора состояний клеток пришлось видоизменить (дополнить и усложнить) правила функционирования клеточного автомата:

- 1) Выживание или гибель. Если живая клетка имеет меньше 2-х или более 3-х соседей в окрестности из 8-ми клеток или все живые соседи больны, то в следующем поколении она умирает, в противном случае выживает.
- 2) Рождение. В пустой клетке появляется живая клетка, если у исходной клетки ровно 3 соседа. Если все соседи нормальные, то родится нормальная клетка, если в окрестности из 8 клеток есть хоть одна суперклетка, родится суперклетка, если среди соседей нет суперклеток и большинство соседей больны, родится больная клетка.
- 3) Заболевание или выздоровление. Клетка и все ее соседи выздоравливают, если среди соседей есть хоть одна суперклетка, если же в окрестности есть хоть одна больная (и при этом нет суперклетки), клетка и все ее соседи заболевают.
- 4) Гибель, рождение, выздоровление и заболевание всех организмов происходит одновременно.

Подобные отличия очень существенны. С их помощью получается уже принципиально иной клеточный автомат, который по логике ближе к реальному миру. Например, если отслеживать все возможные комбинации соотношения суперклеток, обычных и больных, то могут получаться уже совершенно иные структуры, чем в классическом варианте игры. Кроме того, в варианте на базе гиперкодов более отчетливо прослеживаются реальные законы эволюции живого мира. Об этом свидетельствует, например, тот факт, что даже если исходное количество суперклеток не превышает 1% они в результате на некотором i -ом шаге заполняют практически все множество непустых клеток. И, наоборот, больные клетки в 90% случаев вымирают полностью за относительно короткое время. У нормальных же клеток остается довольно высокий шанс выжить, если они отстоят на достаточном расстоянии от колоний суперклеток.

На рис. 2 приведен пример заполнения клеточного поля по закону нормального распределения посредством гиперкодов. Отображены 3 вида

клеток, сгенерированные в том процентном соотношении, которое было задано пользователем:

1. темно-серые – нормальные;
2. двухцветные – суперклетки;
3. светло-серые – больные.

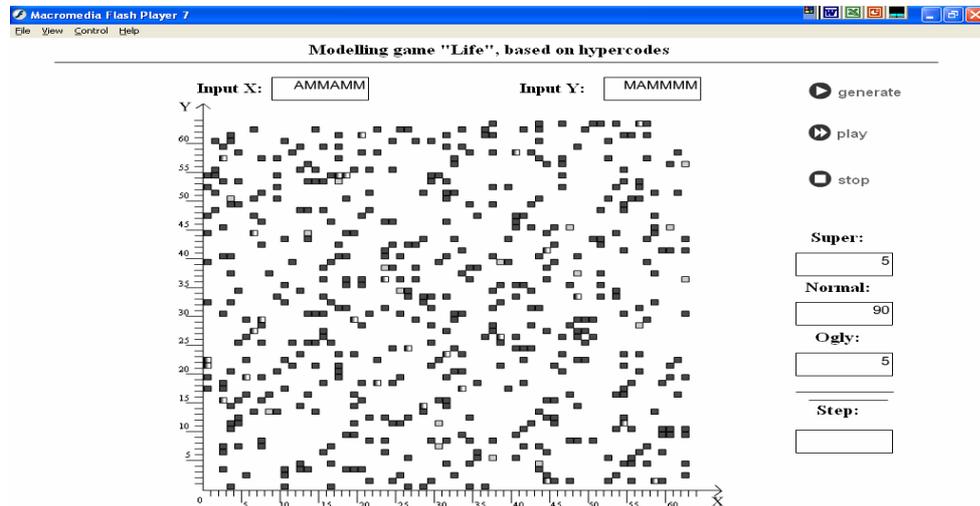


Рисунок 2 - Пример исходного заполнения клеточного поля

Уже на 8-ом шаге не осталось ни одной больной клетки. Что же касается суперклеток, то их количество продолжает расти, число нормальных клеток уменьшается (рис. 3).

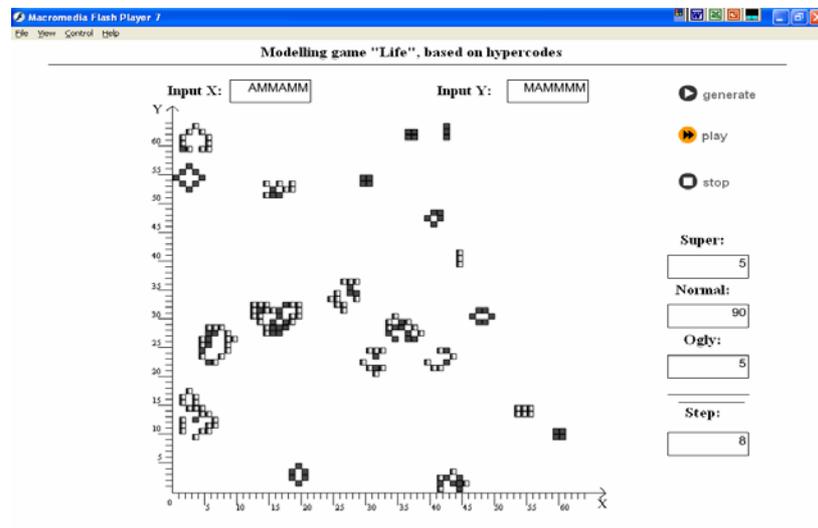


Рисунок 3 - Результаты, полученные на 8-ом шаге при заданных значениях

На 184-м шаге наблюдается интересная ситуация, когда колонии нормальных клеток, отстоящие от суперклеток на некотором расстоянии остаются статичными и в дальнейшем никак не видоизменяются (рис. 4). Подобные структуры есть и среди некоторых колоний суперклеток (эти

структуры похожи на описанные Конвеем и его последователями типовые стабильные структуры), однако в общем случае продолжает наблюдаться динамика роста численности суперклеток. Интерес представляет также случай с колонией из 4-х клеток, где сохраняется 1 нормальная клетка, окруженная 3-мя суперклетками. Этот случай можно отнести к исключениям.

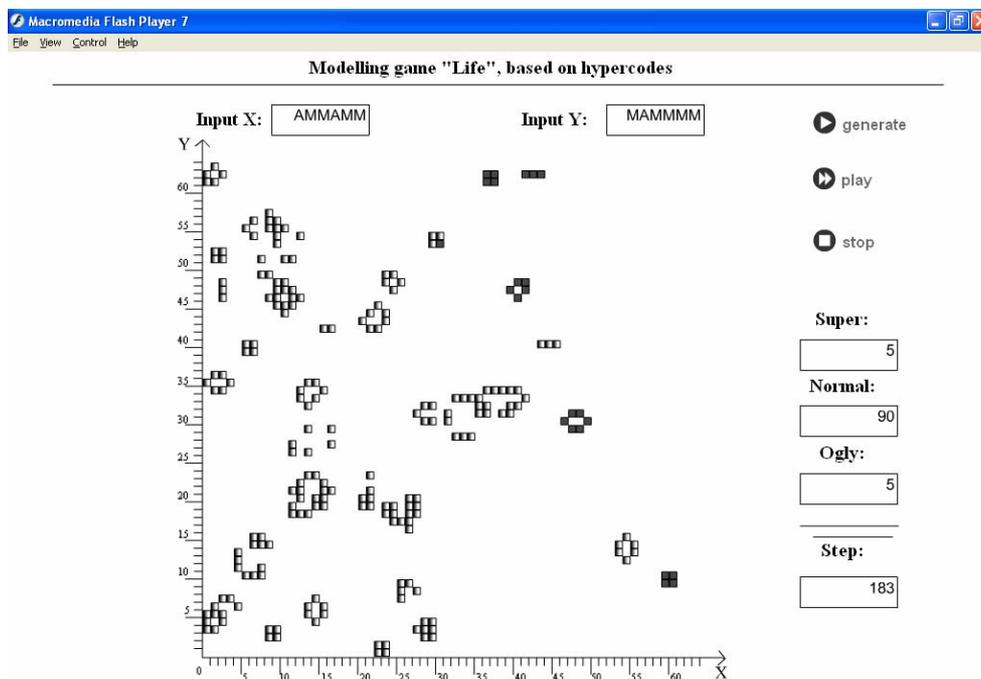


Рисунок 4 - Результаты, полученные на 183 шаге

Заключение и перспективы исследований

Таким образом, с одной стороны данная работа не просто раскрывает преимущества использования гиперлогики и гиперкодов в компьютерном моделировании, но и доказывает возможность перехода к расширенному кодо-логическому базису, что даст возможность построения новых моделей, более приближенных к реальным процессам.

Последующие исследования могут вестись в нескольких направлениях:

- теоретическое развитие идей расширенного кодо-логического базиса;
- анализ и повышение быстродействия моделей, построенных на основе гиперлогики;
- разработка новых видов приложений на базе гиперкодов;
- разработка универсальной среды моделирования для работы с расширенным кодо-логическим базисом.

Литература

1. Аноприенко А. Я. Эволюция алгоритмического базиса вычислительного моделирования и сложность реального мира // Научные труды Донецкого национального технического университета. Выпуск 52. Серия “Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем” (ИКВТ - 2002). – Донецк: ДонНТУ. – 2002. – С. 6-9.
2. Callahan P. What is the Game of Life? // Math.com - World of Math Online, <http://www.math.com/students/wonders/life/life.html>.
3. Аноприенко А. Я. Расширенный кодо-логический базис компьютерного моделирования // Научные труды Донецкого национального технического университета. Выпуск 1. Серия “Информатика, кибернетика и вычислительная техника” (ИКВТ - 97). – Донецк: ДонГТУ. – 1997. – С. 59-64.
4. Аноприенко А. Я. Восхождение интеллекта: эволюция монокодовых вычислительных моделей // Научные труды Донецкого национального технического университета. Выпуск 15. Серия “Информатика, кибернетика и вычислительная техника” (ИКВТ - 2000). – Донецк: ДонГТУ. – 2000. – С. 36 - 47.
5. Аноприенко А.Я. От вычислений к пониманию: когнитивное компьютерное моделирование и опыт его практического применения на примере решения проблемы Фестского диска // Научные труды Донецкого государственного технического университета. Выпуск 6. Серия "Информатика, кибернетика и вычислительная техника" (ИКВТ-99). Донецк: ДонГТУ. С. 36-47
6. Брайан Хэйес. Клеточный автомат создает модель мира и мир вокруг себя, <http://www.famlife.narod.ru>.
7. Тофоли Т., Марголюс Н. Машины клеточных автоматов // Издательство “Мир” Москва, 1991. – 280 с.

Дата надходження до редакції 28.12.2007 р.