

II семинар. Клеточные автоматы. Игра “Жизнь”.

Игра «Жизнь» (Conway's Game of Life) — клеточный автомат, придуманный английским математиком Джоном Конуэем в 1970 году.

Клеточный автомат

- это математический объект с дискретным пространством и временем. Каждое положение в пространстве представлено отдельной клеткой, а каждый момент времени - дискретным временным шагом или поколением. Состояние каждой клетки (или пространственного локуса) определяется очень простыми правилами взаимодействия. Эти правила предписывают изменения состояния каждой клетки в следующем такте времени в ответ на текущее состояние соседних клеток.

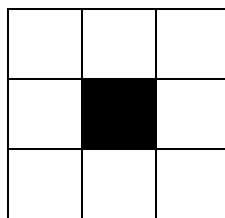
Свойства:

- параллельность
- локальность
- однородность

Параллельность означает то, что обновления всех клеток происходят независимо друг от друга.

Под *локальностью* подразумевается то, что новое состояние клетки зависит только от старого состояния клетки и её окрестности.

И, наконец, *однородность* означает, что все клетки обновляются по одним и тем же правилам.



Две окрестности клетки имеют именные названия:

- *окрестность Мура* — соседями являются все восемь окружающих клеток;
- *окрестность фон Неймана* — соседями являются только ближайшие клетки слева, справа, сверху и снизу.

Существует множество типов клеточных автоматов: одномерные, двумерные и автоматы больших размерностей, детерминированные и стохастические, локальные и автоматы с глобальным параметром, статичные и подвижные и т.д.

История создания

Всё началось в 1940 - 1950 годах, когда Джон фон Нейман поставил перед собой задачу доказать возможность существования самовоспроизводящихся автоматов.

Если такую машину снабдить надлежащими инструкциями, она построит точную копию самой себя. Эта модель известна как кинематическая.

Разработав её, фон Нейман осознал сложность создания самовоспроизводящегося робота и, в частности, обеспечения необходимого «запаса частей», из которого должен строиться робот. Позднее, воспользовавшись идеей, высказанной его другом химиком Станиславом Уламом, фон Нейман дал более изящное и абстрактное доказательство возможности существования самовоспроизводящихся машин.

Фон Нейман, применяя правила перехода к пространству, каждая клетка (или ячейка) которого могла находиться в 29 состояниях и имела четыре соседние клетки, доказал существование самовоспроизводящейся конфигурации, состоящей примерно из 200 000 клеток.

Клетки соответствуют основным частям автомата с конечным числом состояний, а конфигурация из «живых» клеток — идеализированной модели автомата. Именно в таком клеточном пространстве и развёртывается действие придуманной Конуэем игры «Жизнь». Клетка может находиться в двух состояниях (либо на ней стоит фишка, либо клетка пуста). Правила перехода определяются генетическими законами Конуэя.

Правила классической игры «Жизнь»

Есть «вселенная», представленная в виде квадрата, разбитого на квадратные поля. Поле может быть пустым, либо на нём может жить клетка. Каждый «день» игры рассчитывается новое поколение клеток по следующим правилам:

- *Зарождение*: на пустом поле, рядом с которым ровно 3 живые клетки, зарождается новая клетка;
- *Выживание*: если у живой клетки есть 2 или 3 живые соседки, эта клетка продолжает жить;
- *Гибель*: если соседей меньше 2 или больше 3, клетка умирает (от «одиночества» или от «перенаселённости» соответственно).

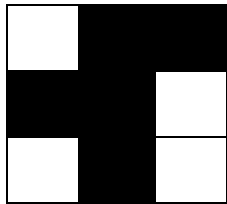
Важно понять, что рождение и гибель всех «организмов» происходит одновременно. Вместе взятые, они образуют одно поколение или, как мы будем говорить, один ход в эволюции начальной конфигурации. Ходы Конуэй рекомендует делать следующим образом:

1. начать с конфигурации, целиком состоящей из черных фишек;
2. определить, какие фишки должны погибнуть, и положить на каждую из обреченных фишек по одной черной фишке;
3. найти все свободные клетки, на которых должны произойти акты рождения, и на каждую из них поставить по одной фишке белого цвета;
4. выполнив все эти указания, ещё раз внимательно проверить, не сделано ли каких-либо ошибок, затем снять с доски все погибшие фишки (то есть

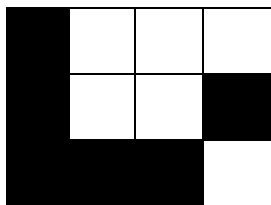
столбики из двух фишек), а всех новорожденных (белые фишки) заменить черными фишками.

Фигуры

Вскоре после публикации правил, было обнаружено несколько интересных шаблонов (вариантов расстановки живых клеток в первом поколении), в частности: *r*-пентамино и планер (*glider*).



r-пентамино



планер

После второго хода планер немного сдвигается и отражается относительно диагонали. В геометрии такой тип симметрии называется скользящей симметрией, отсюда и название фигуры.

Некоторые такие фигуры остаются *неизменными во всех* последующих поколениях, состояние других периодически повторяется, в некоторых случаях со смещением всей фигуры. Существует фигура (*Diehard*) всего из семи живых клеток, потомки которой существуют в течение 130 поколений, а затем исчезают.

К настоящему времени более-менее сложилась следующая классификация фигур:

- *Устойчивые фигуры*: фигуры, которые остаются неизменными
- *Мафусаилы*: фигуры, которые долго меняются, прежде чем стабилизироваться.
- *Периодические фигуры*: фигуры, у которых состояние повторяется через некоторое число поколений

- *Двигающиеся фигуры*: фигуры, у которых состояние повторяется, но с некоторым смещением
- *Ружья*: фигуры, у которых состояние повторяется, но дополнительно появляется двигающаяся фигура
- *Паровозы*: двигающиеся фигуры, которые оставляют за собой следы в виде устойчивых или периодических фигур
- *Пожиратели*: устойчивые фигуры, которые могут пережить столкновения с некоторыми двигающимися фигурами
- *Сорняки* (паразиты): фигуры, которые при столкновении с некоторыми фигурами дублируются.

http://life.written.ru/nice_patterns_review



Реализация:

При программировании игры "Жизнь" возможны **два подхода**:

1. Представление пространства Игры в виде двухмерного массива элементов.
Достоинства: наглядность
Недостатки: необходимость подавления краевых эффектов на границах массива значительно усложняет алгоритм
2. Множество организмов игры представляет из себя динамически изменяемый список живых организмов и соседних с ними пустых клеток. Эта модель

напрямую не моделирует дискретное множество клеток Конуэя, но только такой подход позволяет просчитать поведение колонии на практически бесконечном игровом поле и свободен от каких-либо краевых эффектов.

Чтобы не связываться с бесконечными сетками, будем рассматривать клеточные автоматы на конечной четырёхугольной сетке, а чтобы не было проблем с границами, завернём сетку в тор, отсюда вселенная называется «тороидальная»: при выходе за её правый край, окажешься на левом и так далее.

Итак, либо есть два квадратных массива - текущее поколение и следующее. Это простейший вариант.

Либо алгоритм составляет списки клеток для просмотра в последующем поколении.