**“Игра жизнь и клеточные автоматы”**

**Индивидуальный проект**

**Зарубин Фёдор 10А**

**Содержание:**

1. Определение и принцип работы
2. Направление исследования
3. История клеточных автоматов
4. Классификация клеточных автоматов
5. История и правила игры “Жизнь”
6. Практическое применение клеточных автоматов

**Определение и принцип работы**

**Клеточный автомат** — дискретная модель, изучаемая в математике, физике, теоретической биологии и микромеханике.

Основой является пространство, состоящее из прилегающих друг к другу клеток, образующих решётку. Каждая клетка может находиться в одном из конечного множества состояний (например, 1 и 0). Решётка может быть любой размерности, бесконечной или конечной, для решётки с конечными размерами часто предусматривается воспроизведение результата с другого края при достижении границы поля.

Для каждой клетки определено множество клеток, называемых **окрестностью.** Например, **окрестность Фон Неймана** включает все клетки на расстоянии не более 2 от текущей.

Устанавливаются правила перехода клеток из одного состояния в другое. Обычно правила перехода одинаковы для всех клеток. Один шаг автомата подразумевает **одновременную обработку** всех клеток поля. И на основе полученных данных о текущем состоянии клетки и её окрестности определяется новое состояние клетки, которое будет у неё при следующем шаге.

Перед стартом автомата задаётся **начальное состояние клеток**, которое может устанавливаться целенаправленно или случайным образом.

**Основное направление исследования**

Основное направление исследования клеточных автоматов — нахождение алгоритмов для решения тех или иных задач. Также рассматриваются вопросы построения начальных состояний, при которых клеточный автомат будет решать заданную задачу.

**История клеточных автоматов**

[**Станислав Улам**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B0%D0%B2_%D0%A3%D0%BB%D0%B0%D0%BC), работая в [Лос-Аламосской национальной лаборатории](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%BE%D1%81-%D0%90%D0%BB%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BD%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BB%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F) в 1940-е годы, **изучал рост кристаллов**, используя простую решёточную модель. В это же время [**Джон Фон Нейман**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B6%D0%BE%D0%BD_%D1%84%D0%BE%D0%BD_%D0%9D%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D0%B0%D0%BD), коллега Улама, работал над проблемой самовоспроизводящихся систем.

Первоначальная концепция Фон Неймана основывалась на идее **робота, собирающего другого робота**. Такая модель известна как кинематическая. Разработав эту модель, Фон Нейман осознал сложность создания самовоспроизводящегося робота и, в частности, обеспечения необходимого «запаса частей», из которого должен строиться робот.

Улам предложил фон Нейману использовать более абстрактную математическую модель, подобную той, что Улам использовал для изучения роста кристаллов. Таким образом возникла **первая клеточно-автоматная система**. Подобно решётке Улама, [клеточный автомат Фон Неймана](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82_%D1%84%D0%BE%D0%BD_%D0%9D%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0) двухмерный, а самовоспроизводящийся робот описан алгоритмически. Результатом явился универсальный конструктор, работающий «внутри» клеточного автомата с окрестностью, включающей непосредственно прилегающие клетки, и имеющего 29 различных состояний. Фон Нейман доказал, что для такой модели существует паттерн, который будет бесконечно копировать самого себя.

**Классификация клеточных автоматов**

* **Класс 1:** Результатом эволюции начальных условий является быстрый переход к гомогенной стабильности. Любые негомогенные конструкции быстро исчезают.
* **Класс 2:** Результатом эволюции начальных условий является быстрый переход в неизменяемое негомогенное состояние либо возникновение циклической последовательности. Большинство структур начальных условий быстро исчезает, но некоторые остаются. Локальные изменения в начальных условиях оказывают локальный характер на дальнейший ход эволюции системы
* **Класс 3:** Результатом эволюции почти всех начальных условий являются псевдо-случайные, [хаотические](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%85%D0%B0%D0%BE%D1%81) последовательности. Любые стабильные структуры, которые возникают почти сразу же уничтожаются окружающим их [шумом](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%83%D0%BC). Локальные изменения в начальных условиях оказывают неопределяемое влияние на ход эволюции системы.
* **Класс 4:** Результатом эволюции являются структуры, которые взаимодействуют сложным образом с формированием локальных, [устойчивых структур](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B9%D1%87%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_(%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B)). В результате эволюции могут получаться некоторые последовательности Класса 2. Локальные изменения в [начальных условиях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%87%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B8_%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%83%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%8F) оказывают неопределяемое влияние на ход эволюции системы.

*“Практически при всякой попытке классификации будут возникать ситуации, когда по одному свойству предмет можно отнести к одному классу, а какому-либо другому свойству — к другому классу. Такая же ситуация и с клеточными автоматами: встречаются правила, которые показывают свойства, присущие одновременно одному и другому классу.”* ***- Стивен Вольфрам***

**История и правила игры “Жизнь”**

В 1970-е получила известность двухмерная клеточно-автоматная модель с двумя состояниями клеток, известная как игра «[Жизнь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D1%8C_(%D0%B8%D0%B3%D1%80%D0%B0))». Изобретённая [**Джоном Конвеем**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D0%B9,_%D0%94%D0%B6%D0%BE%D0%BD_%D0%A5%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%BE%D0%BD) и популяризованная [**Мартином Гарднером**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B8%D0%BD_%D0%93%D0%B0%D1%80%D0%B4%D0%BD%D0%B5%D1%80), она использует следующие правила: *на квадратной решётке каждая клетка имеет 8 соседей; если клетка имеет двух «живых» соседей, она остаётся в прежнем состоянии. Если клетка имеет трёх «живых» соседей, она переходит в «живое» состояние. В остальных случаях клетка «умирает».*

Несмотря на свою простоту, система проявляет огромное разнообразие поведения, колеблясь между хаосом и порядком. Одним из феноменов игры «Жизнь» являются **планеры (Glider)** — сочетания клеток, «движущиеся» по сетке как единое целое и взаимодействующие с другими статичными или подвижными конструкциями. Возможно установить стартовое состояние клеток, при котором планеры будут выполнять некоторые вычисления.

11-го ноября 2002 года Пауль Чепмен построил вариант «Жизни», который является **РММ** (Регистровой Машиной [Минского](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8,_%D0%9C%D0%B0%D1%80%D0%B2%D0%B8%D0%BD)). Первая версия образца была большой (268’096 живых ячеек на площади 4,558 x 21,469 клеток) и медленной (20 поколений/сек при использовании Life32 Иогана Бонтеса). Таким образом было доказано, что в игре «Жизнь» можно выполнить любой вычислительный алгоритм.

**Практическое применение клеточных автоматов**

1. **Компьютерные процессоры:** *Процессоры на клеточных автоматах — физическая реализация идей клеточного автомата. Элементы процессора размещены на равномерной сетке одинаковых ячеек. Состояние ячеек определяются взаимодействием со смежными клетками-соседями. В свою очередь соседство может определяться*[*по Фон Нейману*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%84%D0%BE%D0%BD_%D0%9D%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0)*. Взаимодействие частиц может быть реализовано с помощью электрического тока, магнетизма, вибрации. Передача информации может быть осуществлена несколькими способами, которые не предусматривают использования проводников для передачи информации между элементами. Такой способ устройства процессора очень отличается от большинства процессоров, используемых на сегодняшний день.*
2. **Криптография (шифрование информации):** *Двумерные клеточные автоматы используются для*[*генерации случайных чисел*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BF%D1%81%D0%B5%D0%B2%D0%B4%D0%BE%D1%81%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%B5%D0%BB)*. Клеточные автоматы предложены для использования в*[*криптосистемах с открытым ключом*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D0%BF%D1%82%D0%BE%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D1%81_%D0%BE%D1%82%D0%BA%D1%80%D1%8B%D1%82%D1%8B%D0%BC_%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D1%87%D0%BE%D0%BC)*. В этом случае*[*односторонняя функция*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8F%D1%8F_%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F)*является результатом эволюции конечного клеточного автомата, первоначальное состояние которого*[*сложно найти*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)*. По заданному правилу легко найти результат эволюции клеточного автомата, но очень сложно вычислить его предыдущие состояния.*
3. **Фундаментальная физика:** *если бы вы не знали, как получено конечное изображение эволюции автомата, вы могли бы предположить, что рисунок, полученный в ходе работы клеточного автомата, отражает неупорядоченное движение каких-либо частиц. Тогда делается следующее предположение: возможно, наш мир, хорошо описываемый*[***физикой элементарных частиц***](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86)*, может быть клеточным автоматом на фундаментальном уровне.*  *Увлекаясь и развивая эту гипотезу, исследователи приходят к интересным заключениям, как можно использовать эту теорию для описания мира вокруг.*[***Марвин Минский***](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9,_%D0%9C%D0%B0%D1%80%D0%B2%D0%B8%D0%BD_%D0%9B%D0%B8) *разработал способ для изучения взаимодействия частиц с помощью четырёхмерного клеточного автомата.*[***Эдвард Фредкин***](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%B4%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B4_%D0%A4%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BA%D0%B8%D0%BD)*представил то, что он называет* ***«гипотезой конечной вселенной».*** *Смысл гипотезы заключается в том, что всякая величина в физике, включая время и пространство, является конечной и дискретной.*