

# ИНФОРМАТИКА И СИНЕРГЕТИКА

---

Колесников Андрей Витальевич

Сиренко Светлана Николаевна

**СОВМЕСТНАЯ ЛЕКЦИЯ**

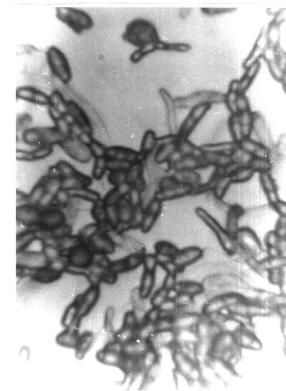
# Зачем изучают ИНФОРМАТИКУ

---

- Информатика как учебная дисциплина изучается студентами всех специальностей потому, что **ЭВМ или компьютер представляет собой не только главный элемент оснащения любого современного офиса, но и потому, что это принципиально новый универсальный инструмент научного познания.** *До изобретения компьютера все машины усиливали лишь ноги, руки, глаза, легкие и некоторые другие органы человека. ЭВМ впервые взяла на себя функции, исполняемые ранее исключительно человеческим мозгом.*

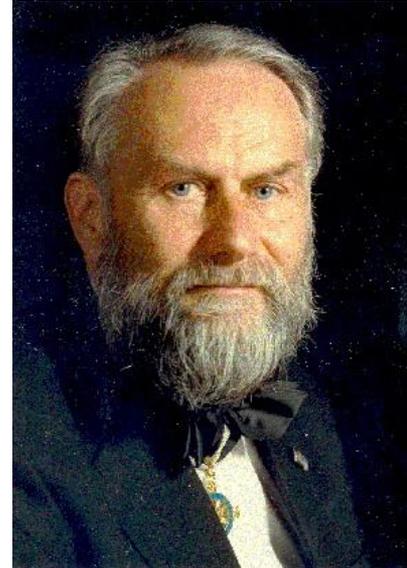
# Синергетика как компьютерная наука

- Появление нового инструмента в истории развития научного познания всегда приводит к возникновению новых научных дисциплин. Например, появление **микроскопа** привело к появлению *микробиологии*, а появление **телескопа** открыло эпоху *наблюдательной астрономии*.
- *Появление нового уникального инструмента познания – компьютера – сделало возможным* возникновение новой междисциплинарной науки – **синергетики**.



# Что изучает синергетика

- **Синергетика** (от греч. συν — «совместно» и греч. εργος — «действующий») *изучает хаос и процессы самопроизвольного упорядочивания (самоорганизации) в многоэлементных коллективных системах различной природы, а также возникающие в их результате сложные упорядоченные структуры.*
- Сам термин «Синергетика» предложил немецкий физик-теоретик **Герман Хакен** (Hermann Haken, род. 12 июля 1927 г.). Его одноименная книга вышла на русском языке в 1980 году.



# Почему синергетику необходимо знать всем

---

- **Синергетика** является **основой** *современного научного мировоззрения*. Без понимания идей синергетики невозможно разобраться и полноценно освоить ни одну из современных наук. Синергетика основана на компьютерных моделях. Поэтому идеи синергетики невозможно понять без использования *компьютера*. По этой причине элементы синергетики изучаются нами в рамках курса **информатики**.

# Синергетика и псевдосинергетика

- Из-за своей значимости и новизны **синергетика** стала в последние годы объектом *научной моды*, что привело к возникновению так называемой *псевдосинергетики*, основанной на чрезвычайно общих малосодержательных рассуждениях.
- *Критерием различения синергетики и псевдосинергетики является использование компьютеров и математики.* Если кто-то говорит о синергетике без компьютерных моделей и математики, то, скорее всего, речь на самом деле идет о *псевдосинергетике*, которая представляет собой *псевдо или лженауку*.



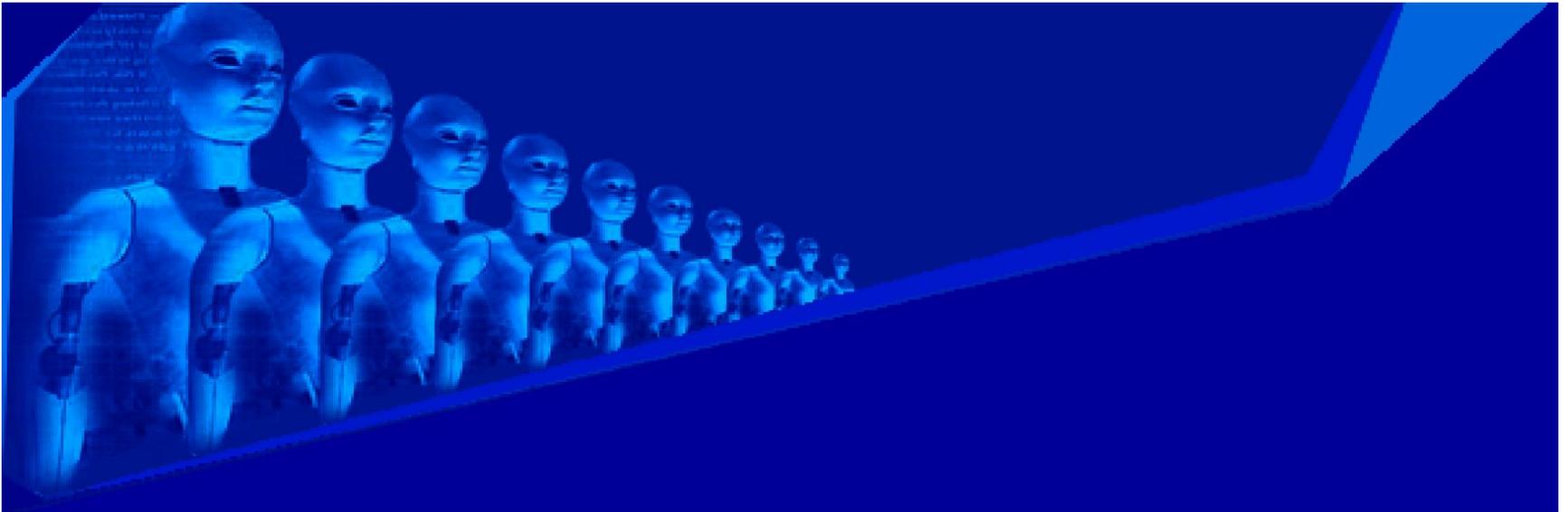
# Синергетика и социально-гуманитарные науки науки

- **Человеческое общество** представляет собой **сложную многоэлементную коллективную систему**.
- **Синергетика** изучает *общие законы поведения коллективных многоэлементных систем различной природы*.
- Поэтому результаты синергетики полезны для обновления наук и сфер изучающих конкретные проявления общих системных закономерностей в человеческом обществе – социуме.



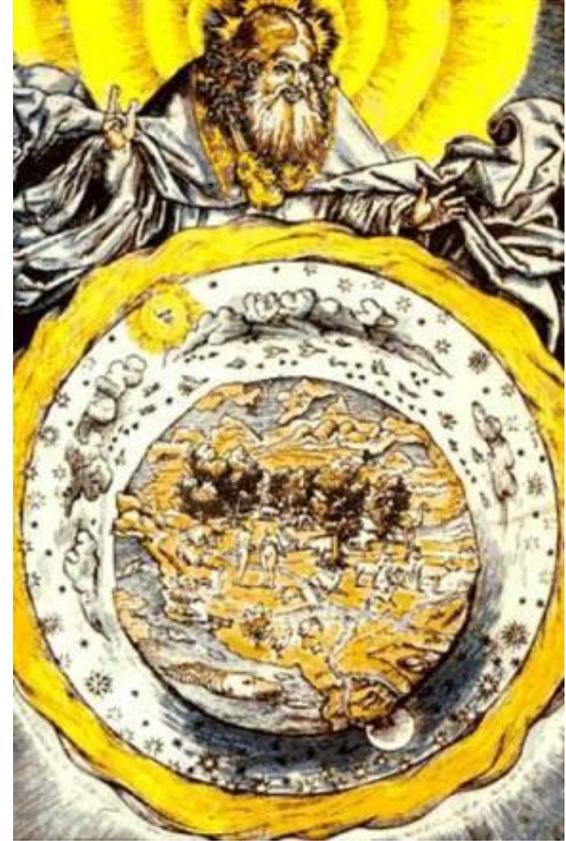
# Моделирование искусственных сообществ – новое направление компьютерной СОЦИОЛОГИИ

---



# Что изучает наука

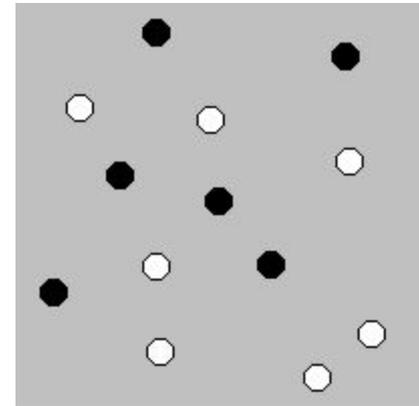
- На протяжении всей истории своего развития **наука** находит *естественные объяснения* происхождения *порядка и сложности* в окружающем нас мире.



# Как из хаоса возникает порядок

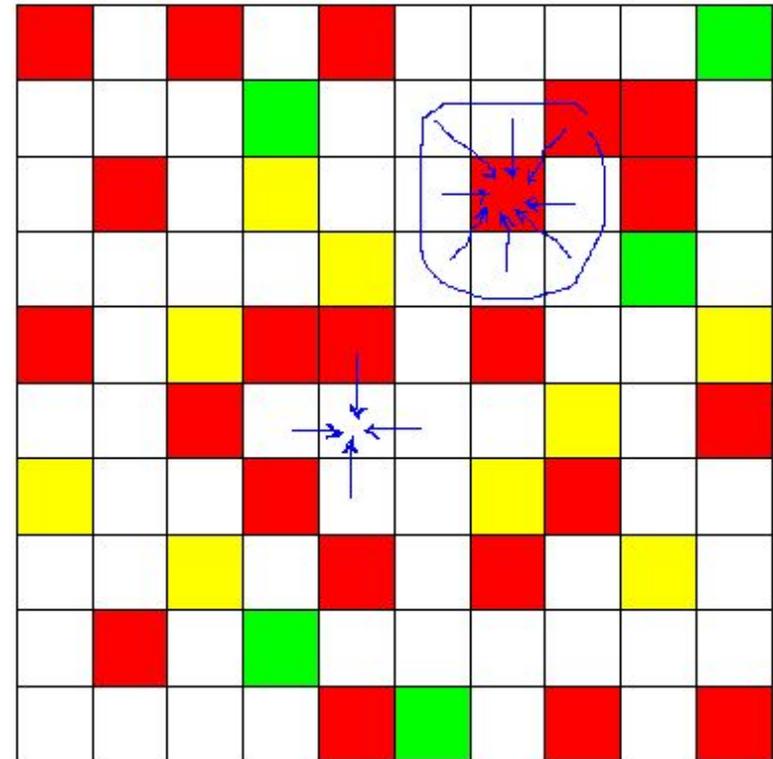
---

- Синергетика убедительно и математически точно отвечает на вопрос – как из хаоса самопроизвольно возникает порядок.
- Для этого вовсе не требуется вмешательства *внешних* и, тем более, *высших сил*.
- **Порядок самопроизвольно и вовсе не случайно** возникает в результате *простых и естественных взаимодействий между элементами систем* самой различной природы – от молекулярных до социальных.



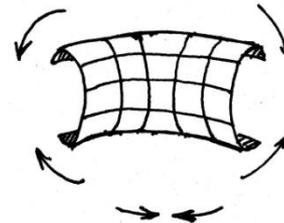
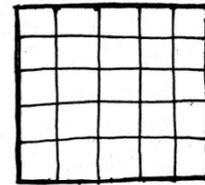
# Игры клеточных автоматов

- Одной из наиболее наглядных моделей синергетики, иллюстрирующих *механизм самоорганизации* в сложных многоэлементных *коллективных системах*, являются, так называемые, **игры клеточных автоматов**.
- Игры клеточных автоматов происходят на **клеточном поле**. Каждая *клеточка (ячейка)* поля в какой-либо момент времени может находиться в каком-то одном из нескольких состояний.
- *Время в играх клеточных автоматов течет дискретно (прерывисто)*. В момент смены дискретных тактов времени каждая клеточка *изменяет свое состояние* под влиянием состояния своих соседей – восьми (**восьми – окрестность Мура** или **четырёх – окрестность Фон-Неймана**) непосредственно связанных с ней клеток.
- **Правила взаимодействия** ячейки со своим окружением могут быть различными. *Наборы этих правил и определяют общий характер поведения всей системы в целом.*



# Сворачивание клеточного поля в Топ

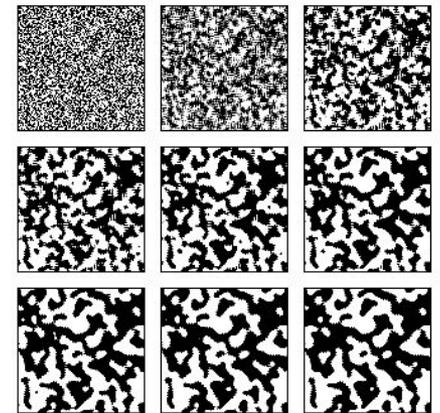
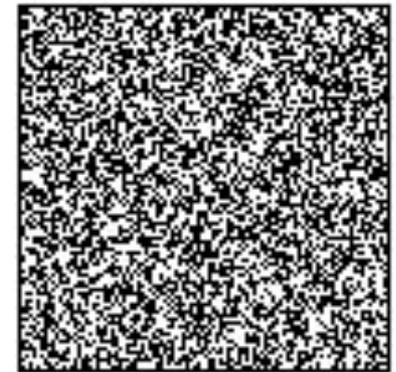
- Теоретически *клеточное поле* может быть *бесконечным*, но на практике его часто *мысленно сворачивают в топ* (бублик) для того, чтобы *правила взаимодействия между ячейками клеточного поля не нарушались на его границах*.



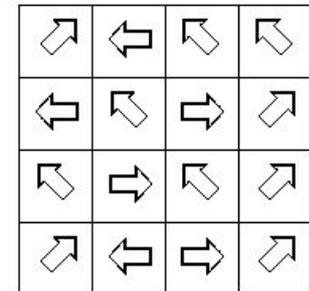
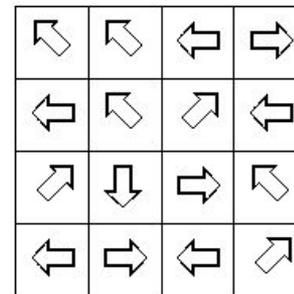
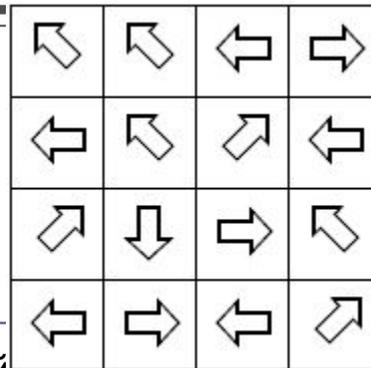
Топ (бублик)

# Правила взаимодействия ячеек

- Правила взаимодействия ячеек клеточных автоматов могут быть различными. Например, предположим, что каждая ячейка может находиться в *одном из двух* различных состояний. Их можно обозначить *черным и белым цветом*.
- Пусть *первоначально* клеточное поле заполнено *случайной* смесью черных и белых ячеек в *равной* пропорции.
- Далее в следующий момент времени каждая клеточка становится черной, если в ее окрестности (соседних восьми клетках) **больше черных ячеек**, чем белых; и становится белой, если в ее окрестности **больше белых, чем черных**.
- Что будет происходить? В системе с такими *простейшими* правилами взаимодействия ячеек уже будет происходить **самоорганизация**. Черные и белые клетки постепенно будут собираться в сгустки и образуют сплошные черные и белые зоны. То есть, из первоначального **хаоса** постепенно возникает **порядок**.



# Игра «Стрелки»



Рассмотрим еще один специфический *клеточный автомат*, все ячейки которого первоначально заполнены *стрелками* случайным образом ориентированными в *любом из восьми различных направлений*.

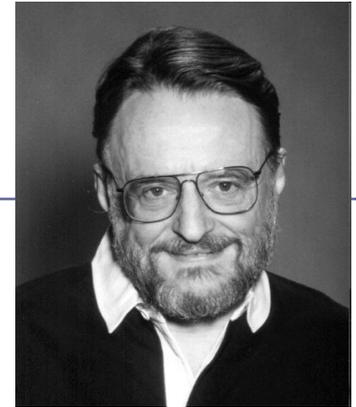
Существует правило заполнения стрелками следующего поля: каждая стрелка заменяется той, на которую она указывала.

Компьютерный эксперимент с таким клеточным автоматом показывает, что всякий раз случайная смесь стрелочек постепенно **самоорганизуется**.

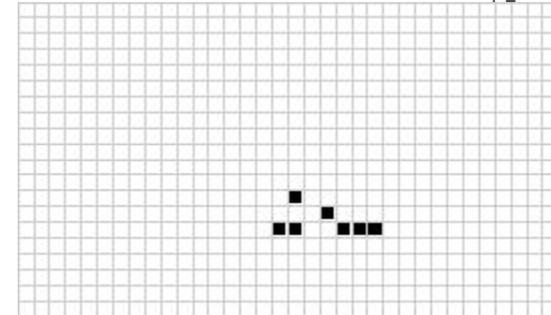
Стрелки *выстраиваются* всегда в *определенном порядке* и либо смотрят в одну сторону, либо друг на друга. При этом, напомним, что поведением стрелок *ничего извне не руководит*. Они упорядочиваются *сами собой*. Игру «Стрелки» вам необходимо будет воспроизвести на соответствующей *лабораторной работе*.



# Игра «Жизнь»

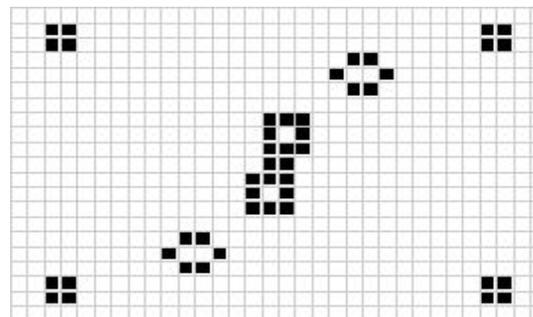
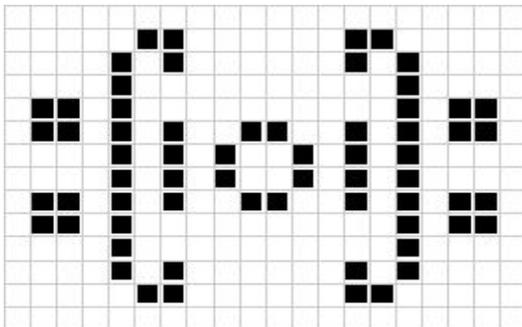
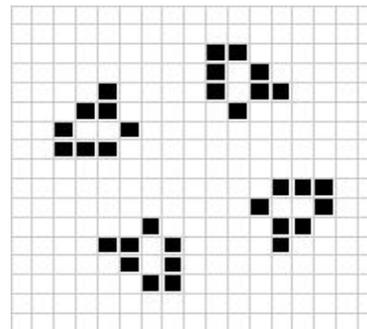
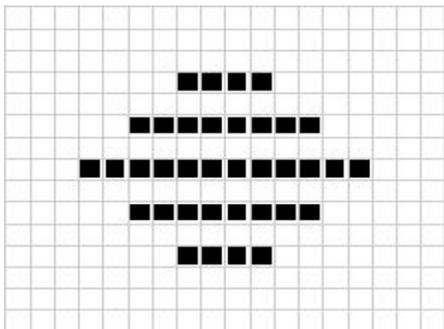


- **Игра «Жизнь»** - это один из самых известных клеточных автоматов. Этой игре посвящено множество статей, книг и сайтов в Интернете.
- Игра была придумана **Джоном Конвеем** в 70-е годы прошлого века. Правила игры «Жизнь» таковы. Каждая клетка может находиться в одном из двух различных состояний – быть пустой или быть заселенной. *В следующий момент времени пустая клетка становится заселенной, если в соседних с ней соседних восьми клетках обитают ровно три живых соседа.*
- *Заселенная клетка остается заселенной, если в соседних с ней соседних восьми клетках обитает не менее двух, но и не более трех живых соседа. В противном случае клеточка умирает или от одиночества или от тесноты.*
- Поведение игры «Жизнь» чрезвычайно разнообразно и внешне очень напоминает поведение колоний реальных живых организмов. Поэтому игра получила свое название. *Данную игру также необходимо воспроизвести в процессе выполнения лабораторной работы.*

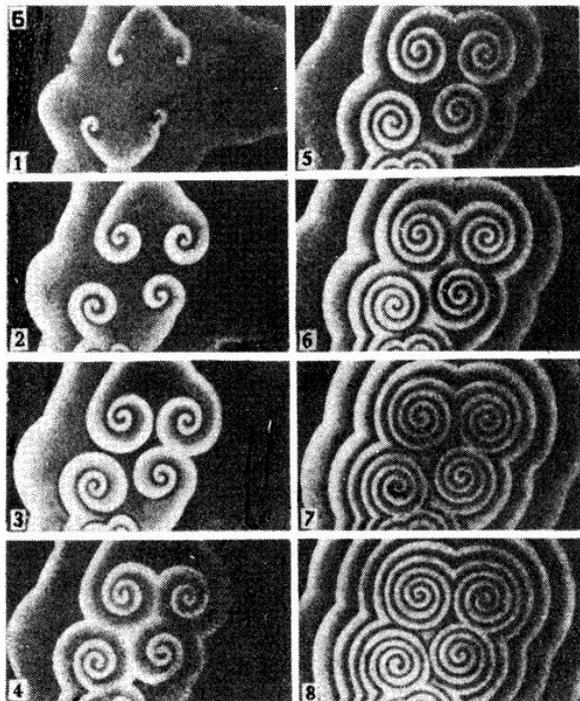


# Примеры эволюции различных конфигураций игры «Жизнь»

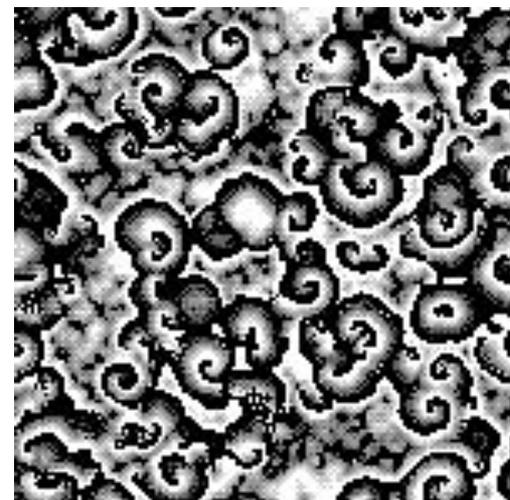
---



# Более сложные клеточные автоматы. Моделирование реакции Белоусова-Жаботинского

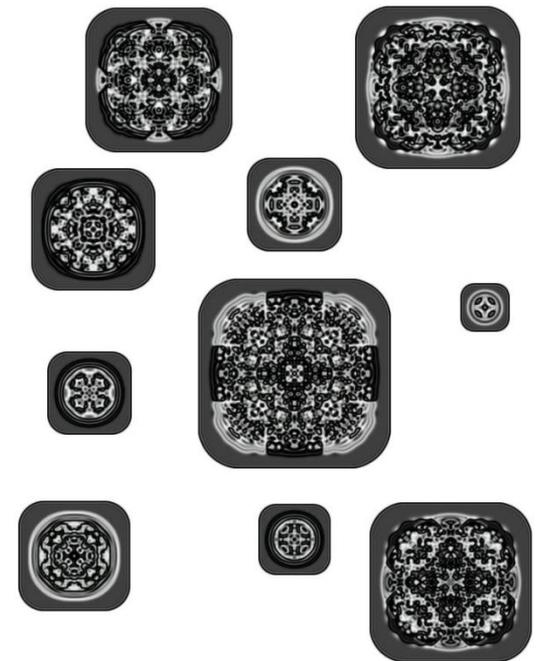


Борис Павлович  
Белоусов



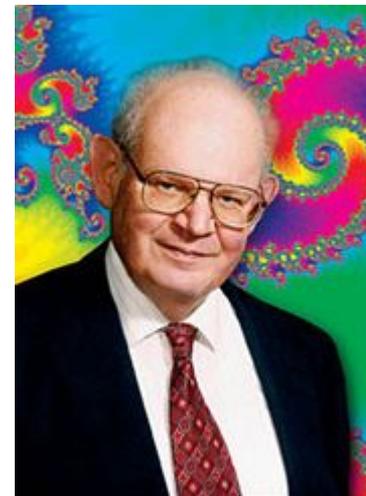
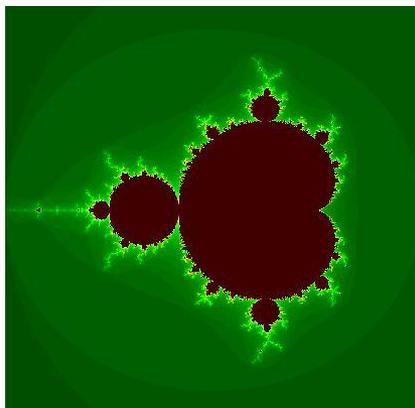
# Развитие клеточных автоматов из одной исходной клетки. Клеточные симметроиды

- Один из наиболее сложных вопросов естествознания, имеющий ключевое мировоззренческое значение, состоит в том, что управляет развитием *сложнейших структур живого организма из одной единственной клетки*. Ответ на данный вопрос также можно получить в процессе экспериментирования с компьютерными моделями клеточных автоматов. Многие элементарные правила взаимодействия ячеек клеточных автоматов позволяют выращивать их конфигурации из одной единственной исходной клетки и получать при этом сложнейшие высокоупорядоченные геометрические структуры, которые можно назвать **симметроидами**. *Симметроиды* в силу своего происхождения обладают одним очень важным свойством **самоподобия** всех элементов на *разных масштабных уровнях рассмотрения*.



# Как устроены сложные структуры в природе

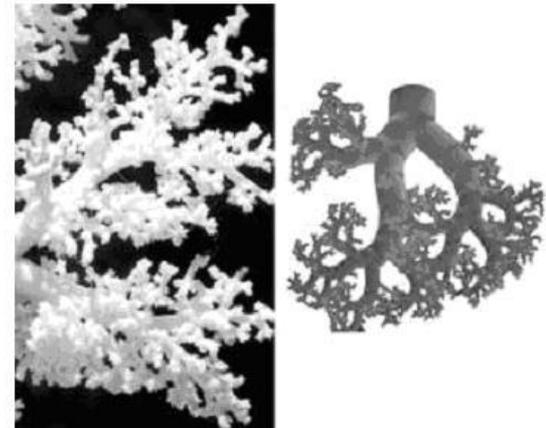
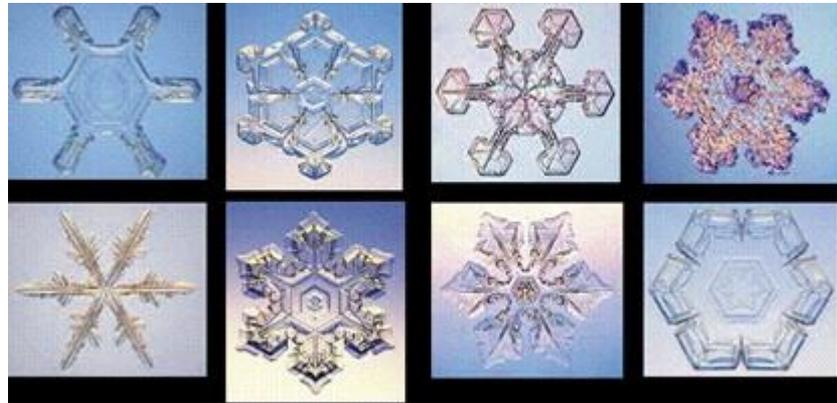
- *Самоподобие* – это свойство, которым обладают в той или иной степени все природные объекты. В природе очень часто *часть подобна целому, и целое повторяет формы образующих его частей*. Таковы природные кристаллы, горные массивы, береговые линии, снежинки, облака, языки пламени и так далее. Геометрия самоподобных природных объектов получила название **фрактальной геометрии** и начала развиваться совсем недавно. Ее открытие и изучение стало возможным только благодаря возможностям *вычислительной техники и компьютерной графики*.



Бенуа Манделъброт

# Рекурсия в природе. Фрактальные свойства живых организмов

■ **Рекурсия** – это понятие информатики, которое означает решение задачи путем *многократного повторения* одного и того же простого действия, всякий раз *применяемого к результату, полученному на предыдущем шаге*. Рекурсивные программы отличаются лаконичностью, но, вместе с тем, позволяют решать часто крайне сложные задачи. **Фрактальные свойства** особенно ярко проявляются в *формах живых организмов*. Это является убедительным доказательством их *эволюционного происхождения*, а также указывает на **рекурсивный** характер алгоритмов их построения.





*How full of the creative genius is the air in which these are generated!  
I should hardly admire more if real stars fell and lodged on my coat.  
Nature is full of genius, full of the divinity; so that not a snowflake  
escapes its fashioning hand.*

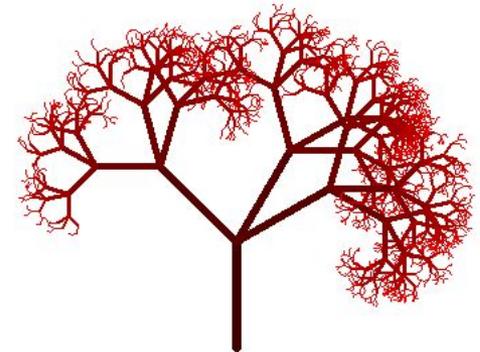
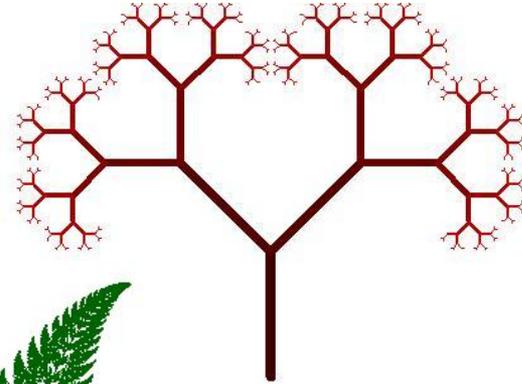
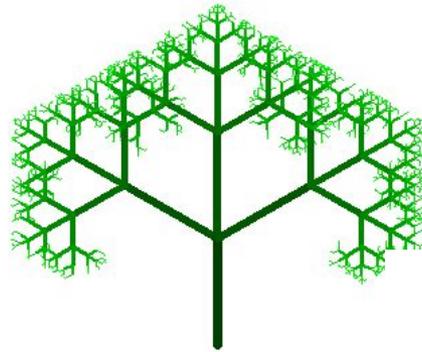
*—Henry David Thoreau (1817–1862)*



Out of the bosom of the Air,  
 Out of the cloud-folds of her garment shaken,  
 Over the woodlands brown and bare,  
 Over the harvest-field forsaken,  
 Silent, and soft, and slow  
 Descends the snow.

- Henry Wadsworth Longfellow (1807-1882)

# Примеры фрактальных форм

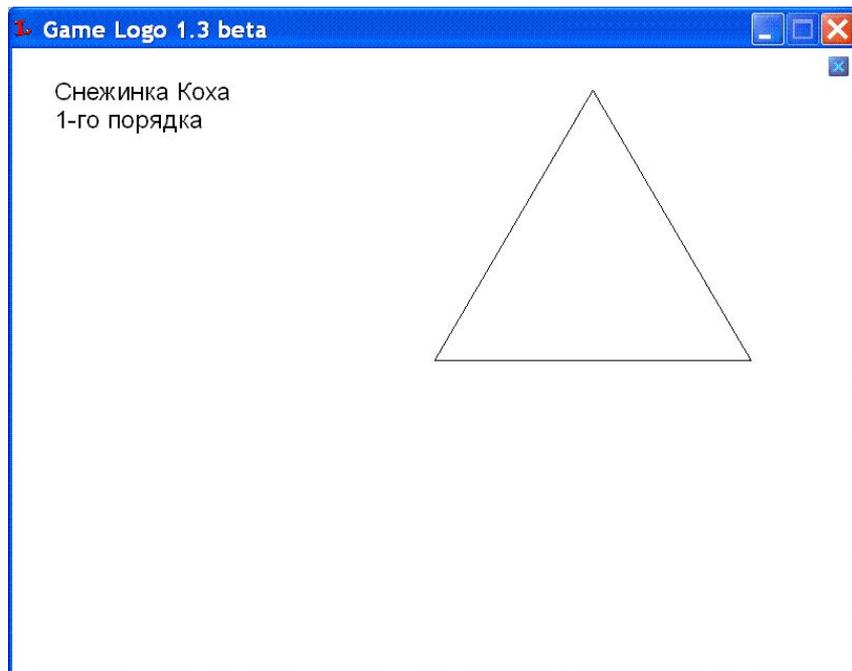
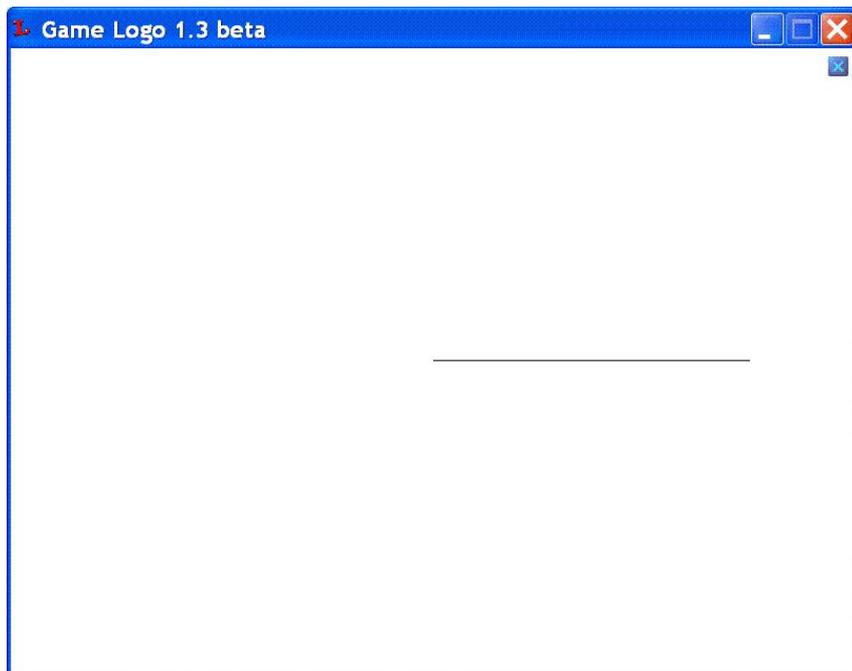


# Простейшие геометрические фракталы и рекурсия

---

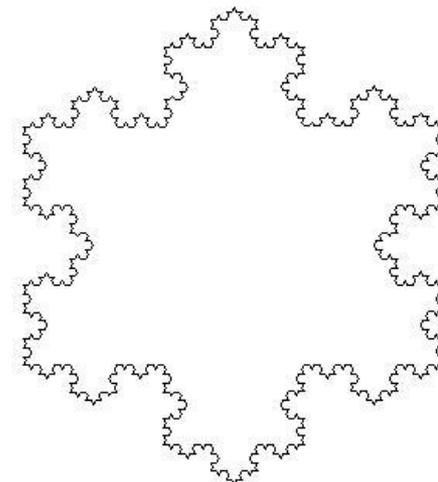
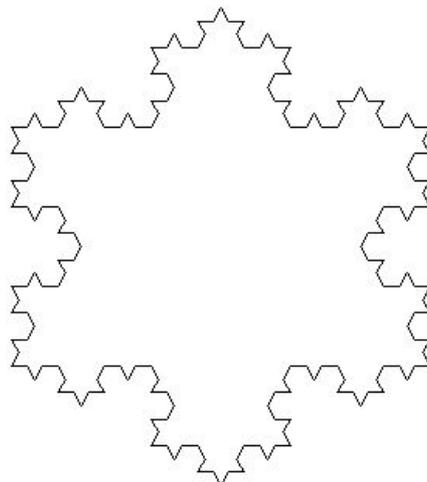
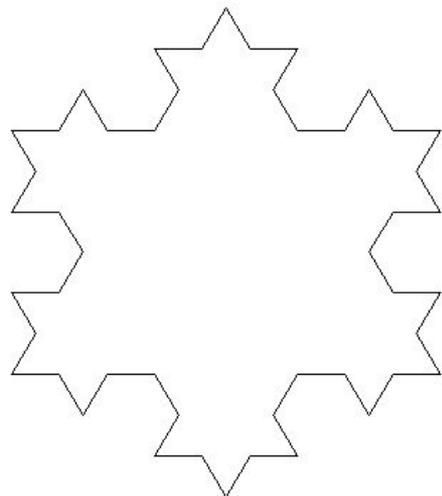
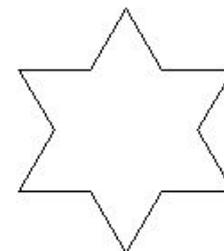
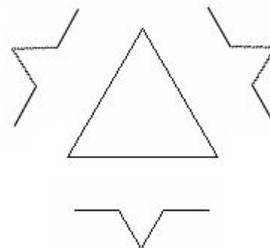
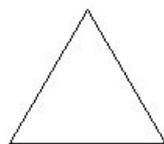
- В качестве примера рассмотрим процесс построения *простейших геометрических фракталов*, таких как *снежинка и остров Коха, кривая Пеано* и так далее. Построение простейших геометрических фракталов начинается с элементарной геометрической фигуры – отрезка, треугольника или квадрата. Затем каждая сторона исходной геометрической фигуры, называемой *инициатором*, заменяется на какой-либо геометрический элемент, называемый *генератором*. Затем процесс повторяется *рекурсивно*.

# Примеры построения снежинки Коха и кривой Пеано



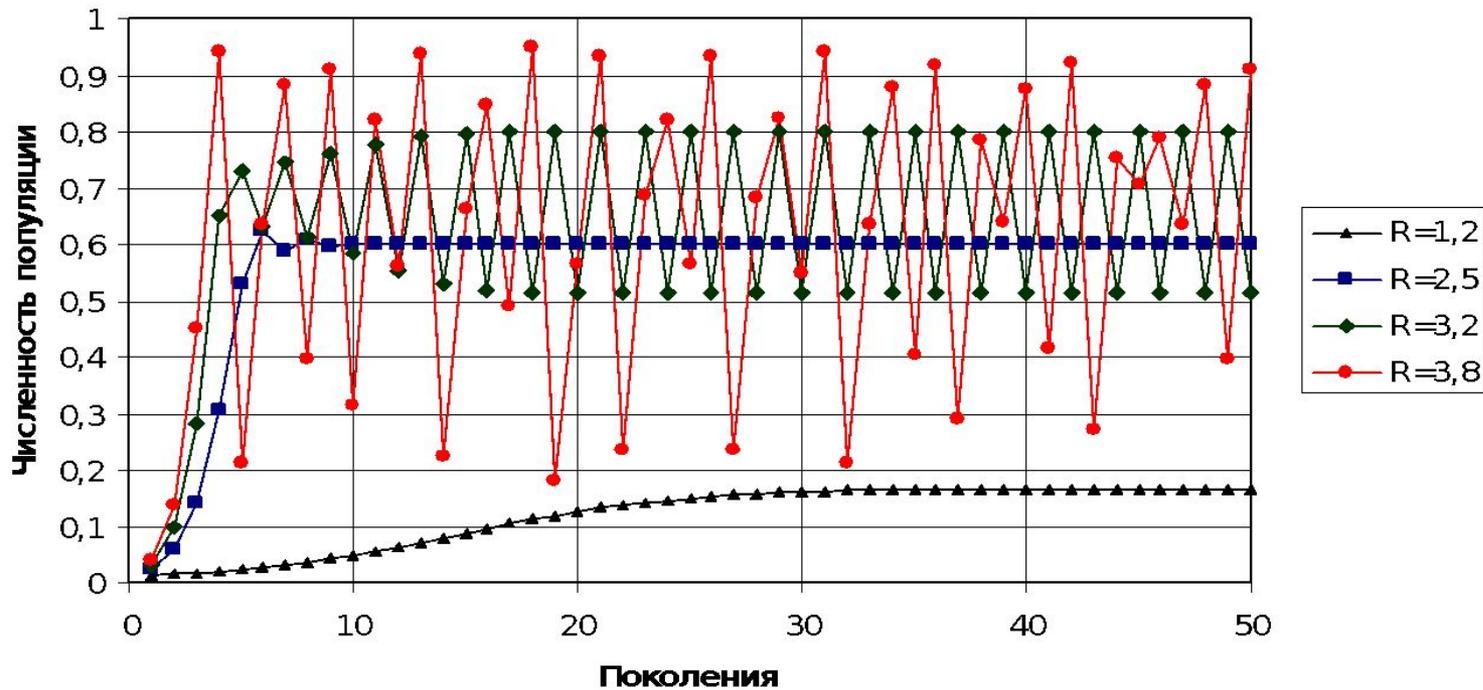
# Построение Снежинки Коха

---

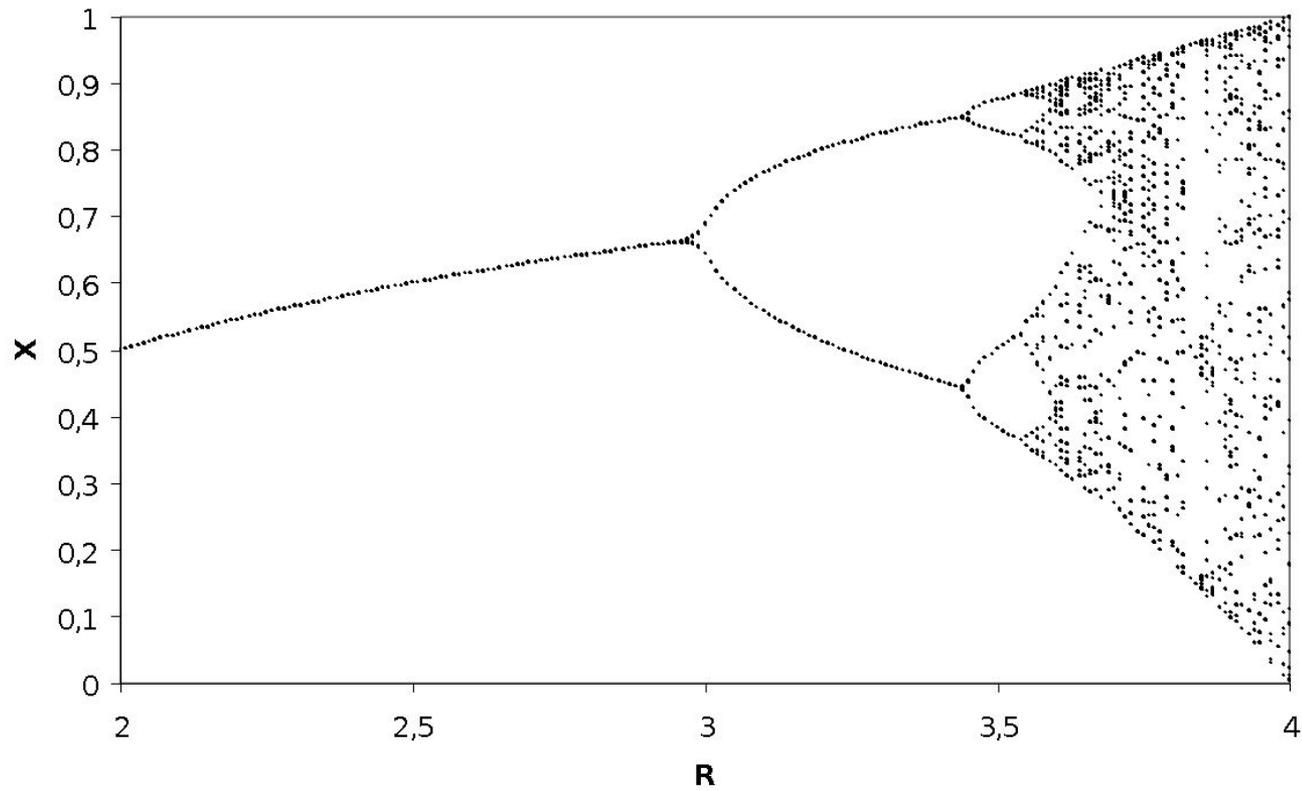


$$X_{i+1} = R * X_i * (1 - X_i)$$

Эволюция численности популяции



## Дерево Фейгенбаума



# Что доказывают результаты и модели синергетики

---

- Синергетика не доказывает, что в мире нет высших сил. Синергетика убедительно доказывает, что **в этом нет необходимости**. Наш мир прекрасно развивается **самостоятельно и самопроизвольно**. Простые межэлементные взаимодействия в системах самой различной природы способны породить самые невероятные сложнейшие и красивейшие структуры, которыми насыщена наша *удивительная саморазвивающаяся Вселенная*