Моделирование процессов образования устойчивых структур с помощью самоорганизующихся клеточных автоматов

Шарифулина Анастасия

Летняя школа 2012

Цель занятия:

Знакомство с самоорганизующимися клеточными автоматами.

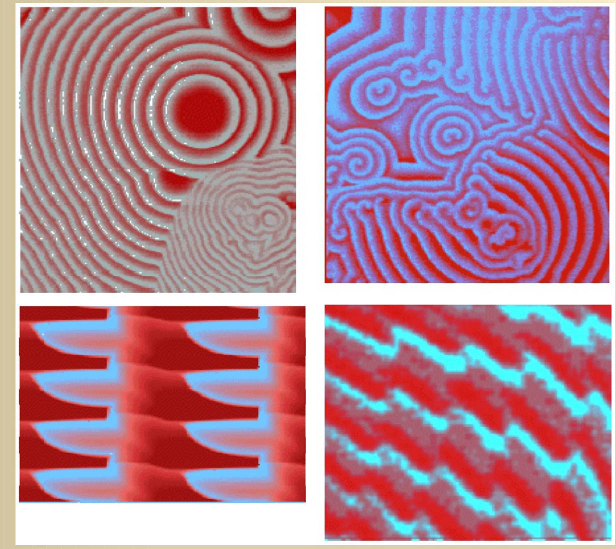
Изучение устойчивых структур, формирующихся с помощью самоорганизующихся клеточных автоматов.

Исследование влияния начальных данных и весовых коэффициентов на эволюцию клеточного автомата.

Самоорганизация

Самоорганизация — процесс упорядочения элементов одного уровня в системе за счёт внутренних факторов, без внешнего воздействия. В результате такого упорядочения система переходит на новый качественный уровень.

Примеры устойчивых структур в естественной среде:



Поверхностные волны в химии

Концентрические кольца на минералах

пигментные пятна и полосы на шкурах животных

Клеточный автомат со взвешенными шаблонами

Клеточный автомат определяется множеством клеток (a, x), где

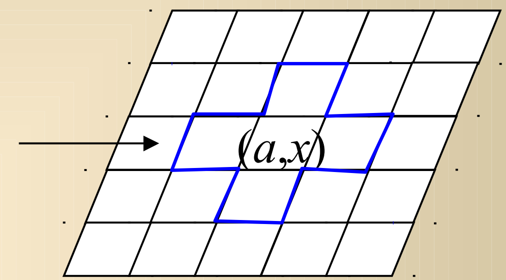
a – это состояние клетки, $a \in A = \{0, 1\}$

x – имя клетки (координата), $x \in X = \{(i, j): i = 1\ldots X_i, j = 1\ldots X_j\}$

Новые состояния клеток вычисляются по правилам переходов:

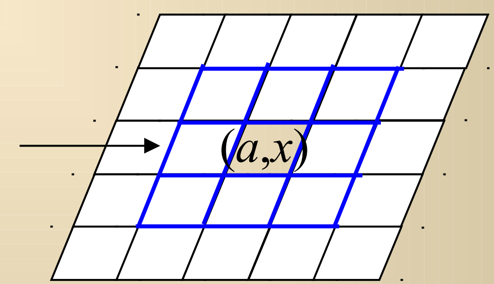
$$\Theta(i, j) : \{(a, x)\} \to \{(a', x)\}$$

$T_5(x)$



$$a' = \begin{cases} 0, \text{если} & s \le 0, \\ 1, \text{если} & s > 0, \end{cases} \qquad s = \sum_{k \in T(x)} w_k \cdot a_k$$

$T_9(x)$



$T(x)$ – шаблон моделирования, определяет координаты соседних клеток, в зависимости от которых вычисляется новое состояние клетки (a, x).

w_k – весовые коэффициенты

Параметры клеточно-автоматного моделирования

Структура матрицы весов

$W_{B\times B} =$

n	n	n	n	n	n	n
n	p	p	p	p	p	n
n	p	p	p	p	p	n
n	p	p	$\boxed{p}$	p	p	n
n	p	p	p	p	p	n
n	p	p	p	p	p	n
n	n	n	n	n	n	n

$$w_{kl} = \begin{cases} n, & \text{если } |k| = \frac{B}{2},\ |l| = \frac{B}{2}, \\ p, & \text{если } |k| < \frac{B}{2},\ |l| < \frac{B}{2}, \end{cases}$$

$n < 0$ – ингибитор

$p > 0$ – активатор

B – размер шаблона $T(x)$

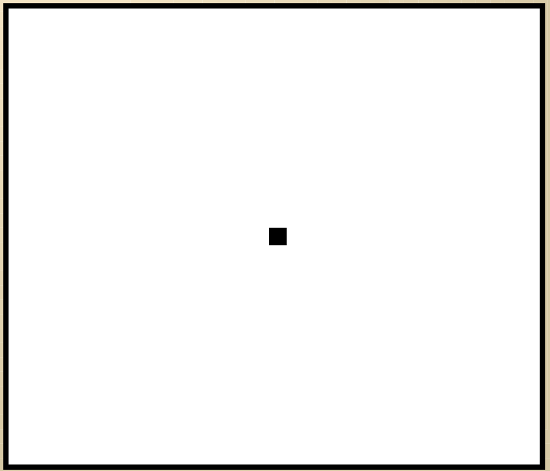
Размер клеточного массива:

$X_i \times X_j = 200\times200$ клеток

Начальное состояние:

в центре массива один зародыш

Зародыш – это клетка с состоянием $a = 1$



Режимы функционирования клеточного автомата

Синхронный режим предполагает, что аргументы функции переходов - это состояния клеток-соседей на текущей итерации *t*. На каждой итерации клетки вычисляют значения нового состояния и, затем все клетки одновременно заменяют старые состояния на новые.

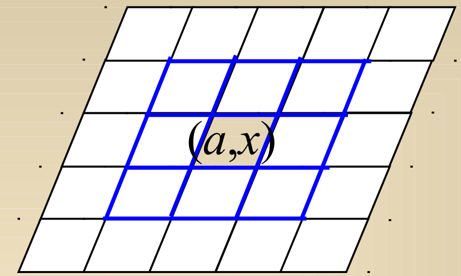
$$a'(t+1) = \begin{cases} 0, \text{если} \quad s \le 0, \\ 1, \text{если} \quad s > 0, \end{cases} \qquad s = \sum_{k \in T(x)} w_k \cdot a_k(t)$$

При **асинхронном режиме** каждая клетка вычисляет функцию перехода от текущих значений состояний соседей и сразу меняет свое состояние. Итерация разбивается на $X_{\mathrm{i}} \cdot X_{\mathrm{j}}$ шагов, на каждом шаге τ правила переходов вычисляются только для одной клетки. Порядок выбора клеток – случайный.

$$a'(t+1) = \begin{cases} 0, \text{если} \quad s \le 0, \\ 1, \text{если} \quad s > 0, \end{cases} \qquad s = \sum_{k \in T(x)} w_k \cdot a_k(\tau)$$

Разделение фаз

$A = \{0, 1\}$



$X = \{(i, j): i = 1 \ldots X_i, j = 1 \ldots X_j\}$

$$\Theta(i, j) : \{(a, x)\} \to \{(a', x)\}$$

$$a' = \begin{cases} 1, \text{если} \quad s = 4 \quad \text{или} \quad s > 5, \\ 0, \text{иначе}, \end{cases} \qquad s = \sum_{k=0}^{k=8} w_k \cdot a_k \qquad w_k = 1$$