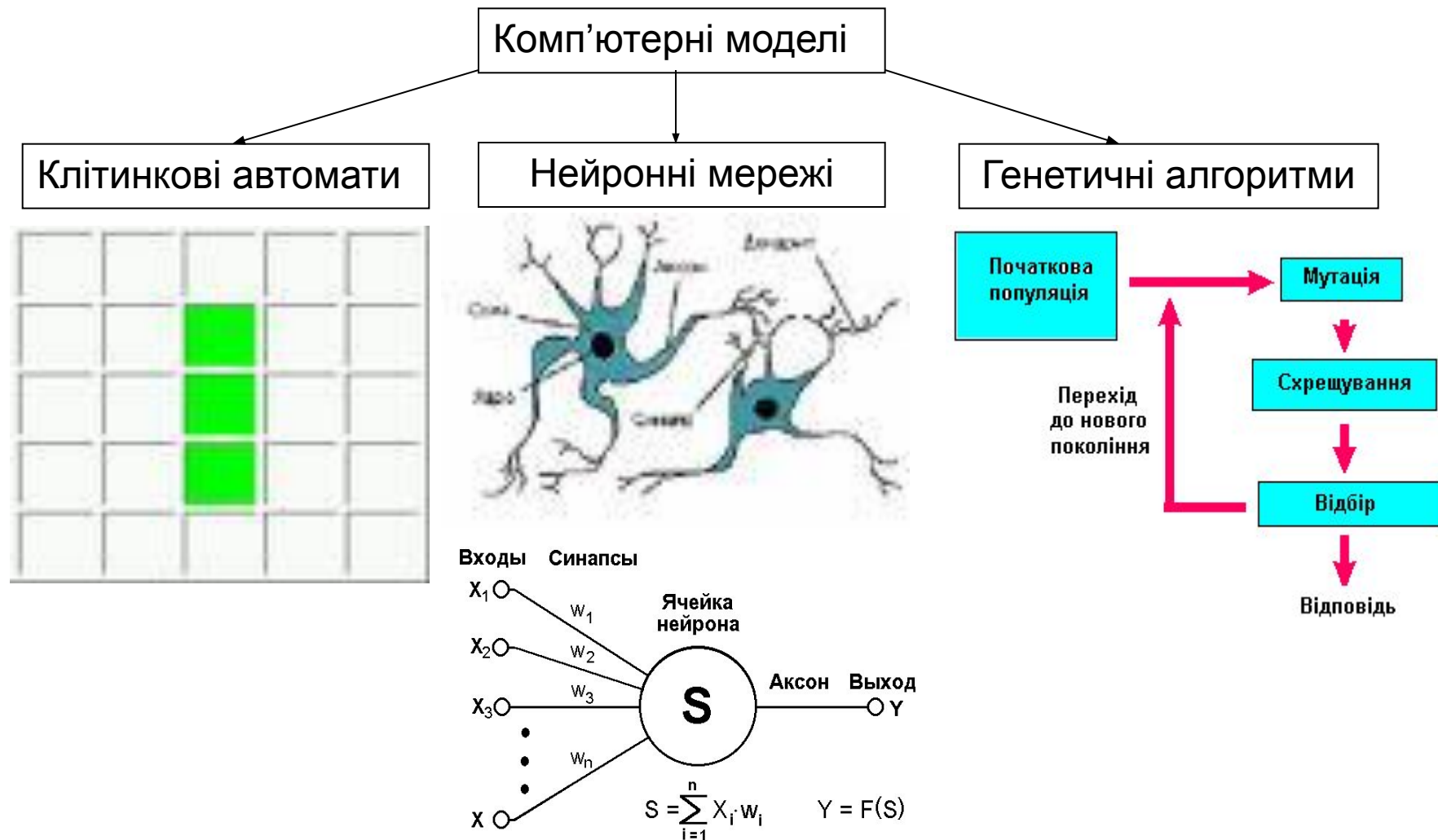


## Комп'ютерні моделі.

Комп'ютерна модель – це імітаційна модель реального процесу, або явища, виконана комп'ютерними засобами.



## Клітинкові автомати.

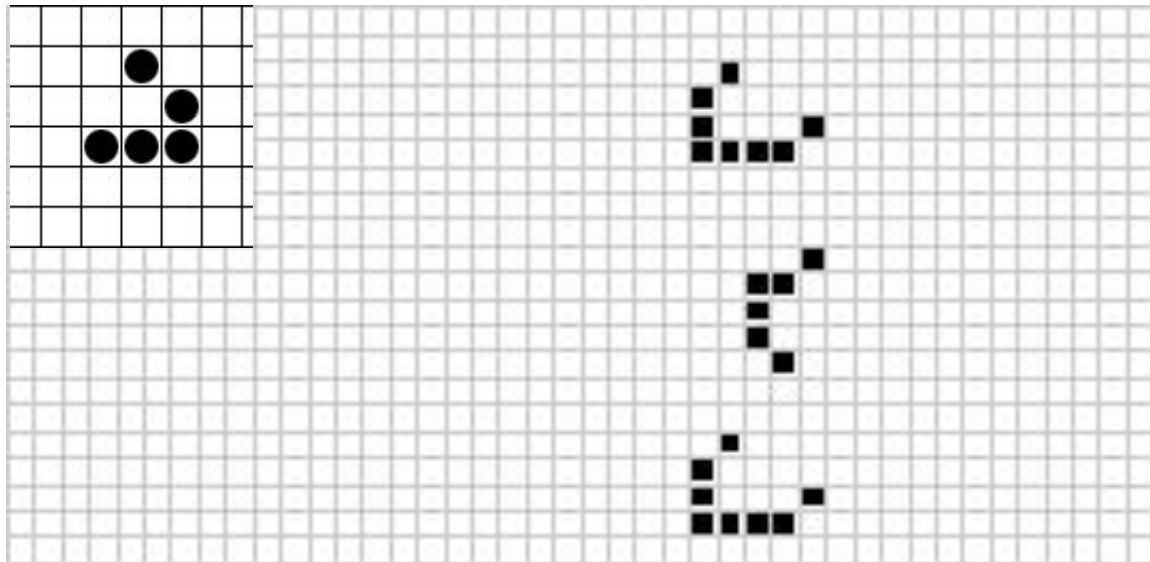
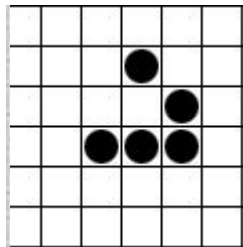
Якщо стан дискретної системи у певний момент часу залежить лише від попереднього її стану та правил переходу, то вона називається автоматом.

Клітинковий автомат – клас повністю дискретних геометричних моделей, поведінка яких визначається просторово локальними залежностями. У такий спосіб вдається зв'язати процеси на мікрорівні з макрорівневими змінами досліджуваного об'єкта.

### Гра “Життя” (Конвей, 1970).

“Всесвіт” поділено на клітинки, у кожній з яких є або немає життя. У кожний дискретний момент часу стан клітинки визначається станом восьми її сусідів за правилами:

- Пуста клітина, що має 3 “живих” сусіди – “оживає”;
- Якщо сусідів менше двох (“одинокість”), або більше трьох (“перенаселення”) “життя” у ній зникає.



Формально клітинковий автомат визначимо як модель  $A (\lambda, \varepsilon, \nu, \varphi)$ , що складається з:

$\lambda$  – регулярна просторова сітка однакових клітинок (сот). У двовимірному випадку найчастіше це сітка квадратів, або правильних шестигранників;

$\varepsilon$  – обмежена множина станів, у яких можуть знаходитись клітинки автомата по ходу його еволюції;

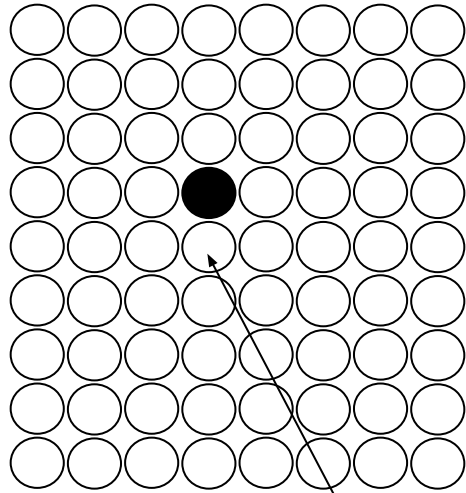
$\nu (c)$  – множина сусідів, які мають вплив на центральну клітину (c);

$\varphi$  – правила, які визначають спосіб переходу клітинки від поточного стану до наступного, відповідно до стану її сусідів з множини  $\nu$ . Ці правила можуть мати детермінований, або ймовірносний характер

$$\varphi: e_t (\nu (c) ) \rightarrow e_{t+1} (c), \quad \text{де } e \in \varepsilon.$$

Клітинковий автомат є імітаційною математичною моделлю, де дискретними є не тільки незалежні змінні, а й шукані розв'язки.

## Модель Вінера-Розенблюта.



Окіл Мура

Змоделюємо мережу нейронів двовимірною чотирикутною регулярною сіткою  $\lambda_{ij}$  ( $i = 1..n, j = 1..m$ )

Правила переходу:

$$\Phi_{ij}^{n+1} = \begin{cases} \Phi_{ij}^n + 1, & \text{якщо } 0 < \Phi_{ij}^n < \tau_e + \tau_r \\ 0, & \text{якщо } \Phi_{ij}^n = \tau_e + \tau_r \\ 0, & \text{якщо } \Phi_{ij}^n = 0 \text{ і } u_{ij}^n < h \\ 1, & \text{якщо } \Phi_{ij}^n = 0 \text{ і } u_{ij}^n \geq h \end{cases}$$

Правила зміни рівня активації:

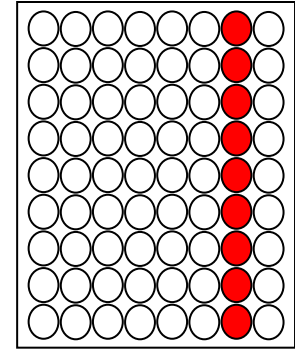
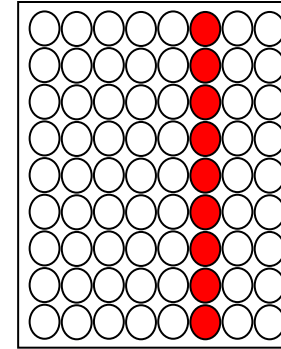
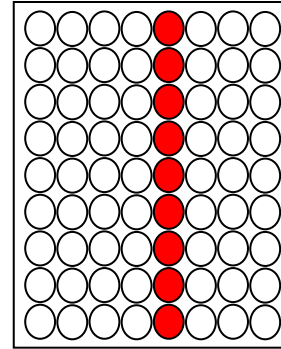
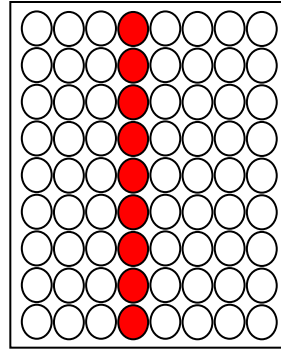
$$u_{ij}^{n+1} = qu_{ij}^n + \sum_{kl} C(k,l) I_{i+k,j+l}^n$$

де  $q$  – деякий параметр часової релаксації збудження, а коефіцієнт  $C_{kl}$  визначає величину сигнала активації від сусіда, наприклад у найпростішому випадку:

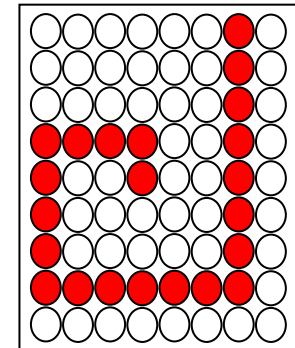
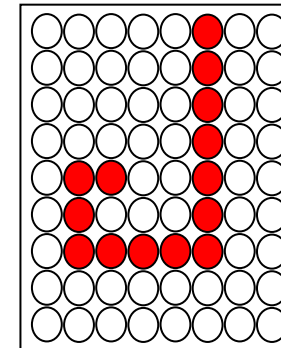
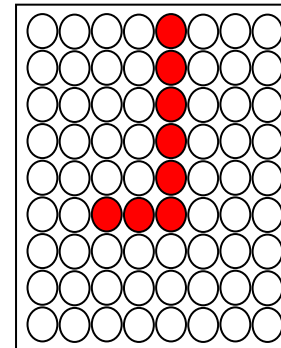
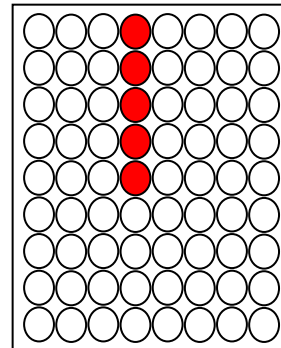
$$C(k,l) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } |k| \leq 1 \text{ і } |l| \leq 1 \\ 0 & \text{у решті випадків} \end{cases}$$

$$I_{i,j}^n = \begin{cases} 1, & \text{якщо } 0 < \Phi_{ij}^n < \tau_e \\ 0, & \text{якщо } 0 < \Phi_{ij}^n < \tau_e + \tau_r \text{ або } \Phi_{ij}^n = 0 \end{cases}$$

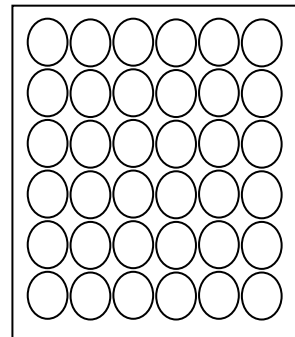
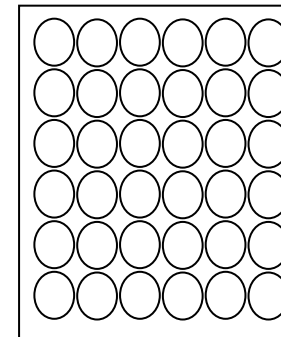
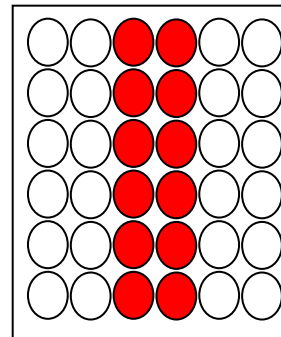
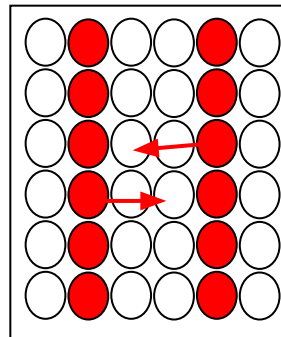
Проходження фронту автохвилі в однорідному нейронному середовищі



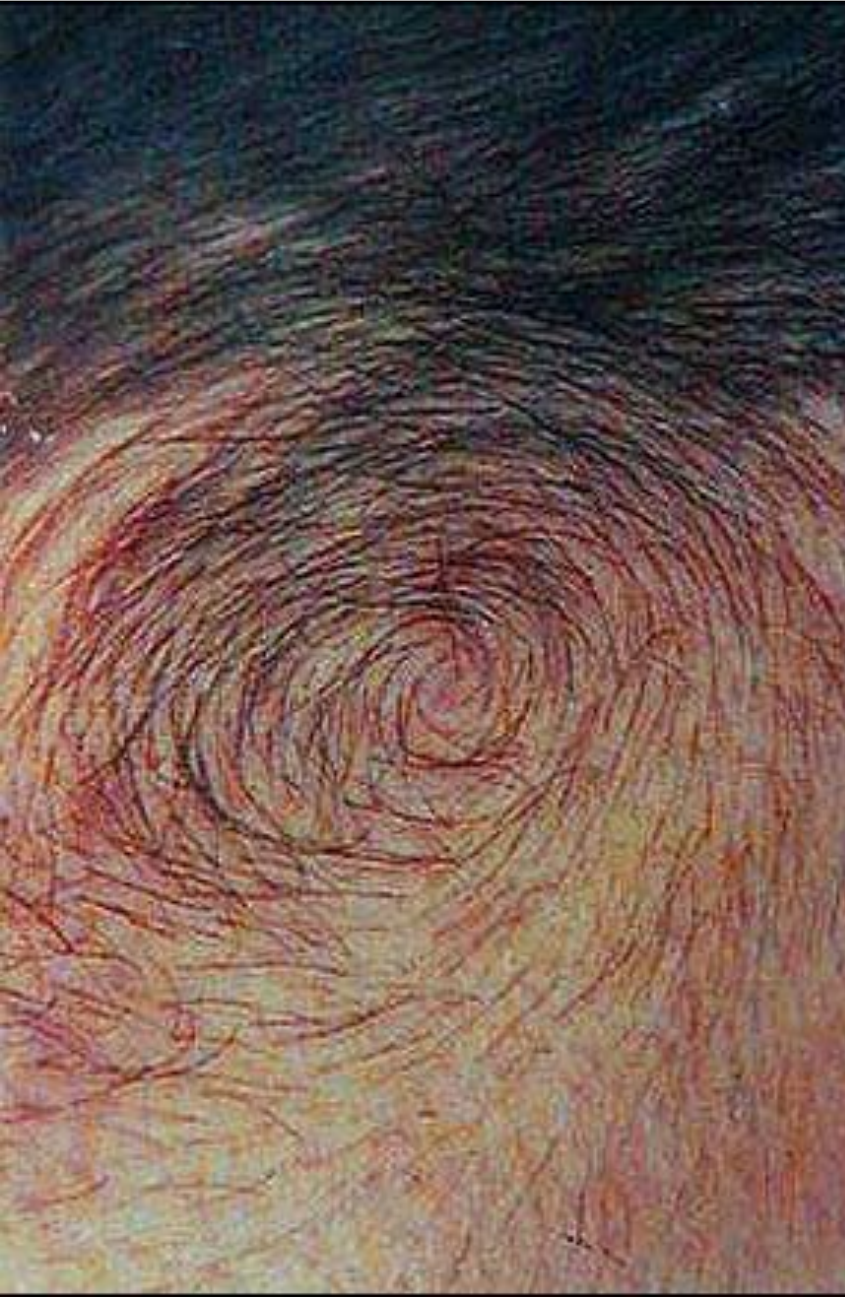
Спіральні автохвилі (ревербератори)



Анігіляція автохвиль



## Застосування в медицині.



## Література.

1. Т. Тоффоли, Н. Марголус, *Машины клеточных автоматов*, М.: «Мир», 1991.
2. <http://www.fizmat.vspu.ru/books/model-m5/>