



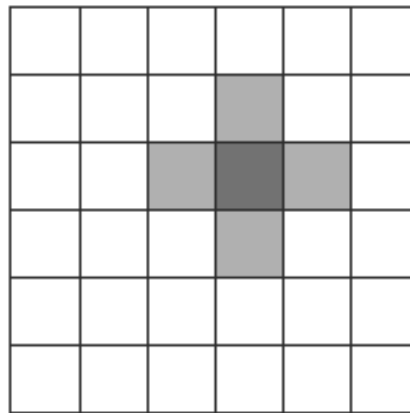
Algoritmos Bioinspirados

Unidad IV : Autómatas celulares

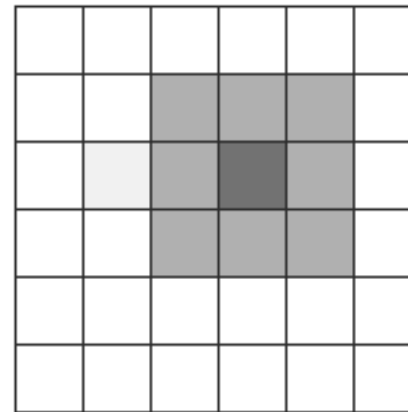
Programa: Ingeniería en Inteligencia Artificial

2D-AC

Los autómatas celulares en dos dimensiones evolucionan en el plano cartesiano. Exhiben varias de las características de los AC de 1 dimensión (estados, función de transición y vecindad). 2 tipos de vecindades se consideran para este tipo de AC: von Neumann y Moore



von Neumann



Moore

La notación para indicar el estado de la célula (i,j) en el paso de tiempo t será $c_{i,j}(t)$.

Para el caso de 1 dimensión existían solo $2^3 = 8$ posibles estados del vecindario. Para 2 dimensiones con $k = 2$ y $r = 2$, en un vecindario de Moore (9 células) tenemos $2^9 = 512$ posibles estados del vecindario.

Una función de transición dada tendría que especificar como actualizar la celda central para cada uno de esto 512 estados.

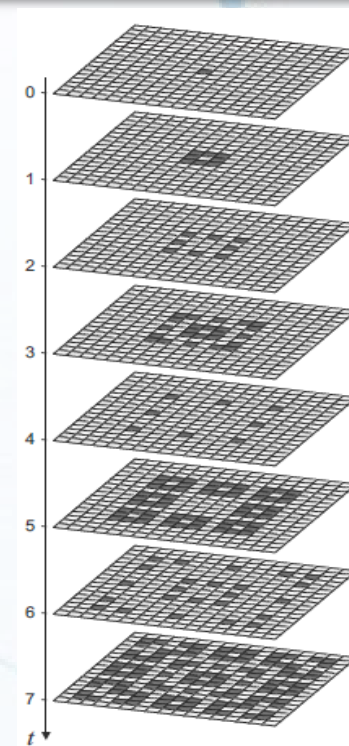
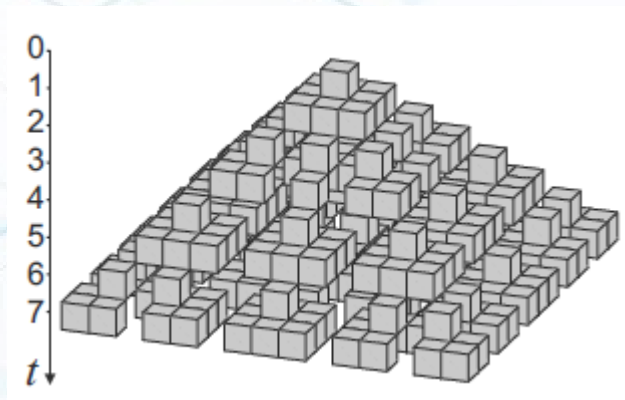
$$2^{512} = 10^{154}$$

Mas que todos los átomos en el universo !!!

Incluso con una vecindad de 5 células tenemos 2^{32} que es aproximadamente 10 billones posibles reglas de transición

Diagrama espacio-temporales

El espacio celular en cada paso de tiempo se puede representar con un diagrama 3D como en la primera figura pero esto esconde mucho del comportamiento del AC. La representación en la segunda figura ilustra el comportamiento del AC mediante una pila vertical de regiones rectangulares que representan el estado del espacio celular en diferentes pasos de tiempo.



Dada la complejidad de representar una regla de transición en 2 dimensiones, es útil el uso de reglas semitotalistas para representar la función de transición.

Sea $k = \{0,1\}$ el conjunto de estados, N el conjunto de los vecinos con respecto a la célula central C_0 que se desea actualizar, donde $C_0 = c_{i,j}$ y las células $C_1, C_2, \dots, C_v = c_{i-1,j-1}, \dots, c_{i+1,j+1}$

$$f(C_0, C_1, \dots, C_v) = \begin{cases} 1 & \text{si } \begin{cases} C_0 = 0 \text{ y } n_{\min} \leq \sum_{i=1}^v C_i \leq n_{\max} \\ C_0 = 1 \text{ y } s_{\min} \leq \sum_{i=1}^v C_i \leq s_{\max} \end{cases} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Una regla semitotalística en 2 dimensiones se representa como $R(s_{\min}, s_{\max}, n_{\min}, n_{\max})$ donde n y s deben tomar valores entre 1 y 8 (vecindad de Moore) y entre 1 y 5 (vecindad von Neumann).

El juego de la vida

El Juego de la vida es un autómatas celular de 2 dimensiones diseñado por el matemático británico John Horton Conway en 1970.



Por su sencillez, se convirtió en un ejemplo prototípico de un sistema complejo formulado por un autómatas celular.

El Juego de la Vida representa un ejemplo simple, vital y ampliamente estudiado que muestra un comportamiento extremadamente complejo que surge de una regla local extraordinariamente simple

Juego de la vida

- ❖ Este AC se compone de una matriz cuadrada de celdas dada una de las cuales únicamente puede tener dos estados viva o muerta (1 o 0).
- ❖ Cada célula interactúa con sus 8 vecinos (vecindad de Moore).

La regla de transición consiste en la evaluación de cuatro condiciones lógicas independientes para cada celda actualizada por separado:

1. Una célula viva que tiene menos de 2 vecinos vivos muere (aislamiento)
2. Una célula viva que tiene más de 3 vecinos vivos muere (sobrepoblación)
3. Una célula viva que tiene 2 o 3 vecinos vivos permanecen viviendo (condición ideal)
4. Una célula muerta que tiene exactamente 3 vecinos vivos vuelve a la vida (descendencia).

Las función de transición se representaría por $R(2,3,3,3)$. Otra forma en que también se representa es 23/3.

$$f(C_0, C_1, \dots, C_v) = \begin{cases} 1 & \text{si } \begin{cases} C_0 = 0 \text{ y } 3 \leq \sum_{i=1}^v C_i \leq 3 \\ C_0 = 1 \text{ y } 2 \leq \sum_{i=1}^v C_i \leq 3 \end{cases} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Existen otras funciones de transición para este AC que generan comportamientos diferentes:

23/36 (caótico) «HighLife» - tiene replicante

5/345 (estable) «LongLife» - casi todo son osciladores

Comportamientos (Formas de vida)

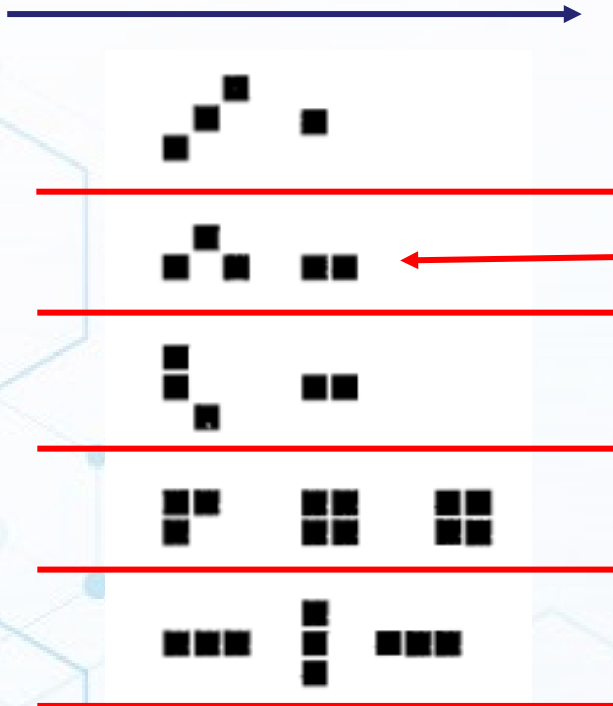
El estudio del comportamiento en la evolución del juego de la vida a lleva a identificar varios tipos de estructuras o patrones de celdas activas a lo largo del tiempo.

- ❖ Patrones estables
- ❖ Patrones cíclicos
- ❖ Patrones móviles.

Cualquier estructura de menos de 3 celdas vivas muere en una generación.

Para estructuras de 3 celdas vivas, pueden rápidamente evolucionar hacia la extinción o transformarse en bloques estáticos que permanecerán sin cambios en las siguientes generaciones, o se transforma en un oscilador

Evolución



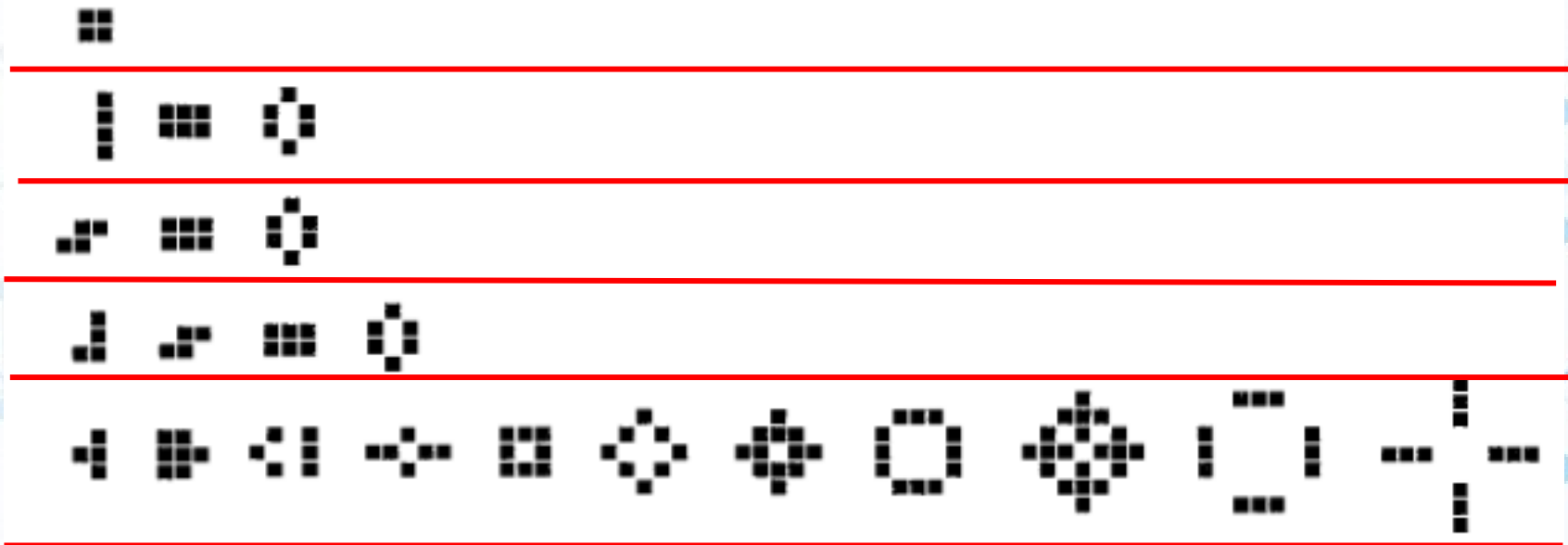
Observación:

Este esta mal pero así esta en el libro. Lo correcto es 2 celda verticales.



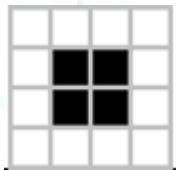
Configuraciones de 4 células vivas evolucionan hacia forma estables así como a secuencias de varias formas.

Evolución

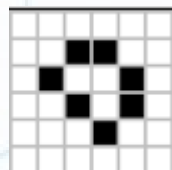


Patrones estables: son aquellos compuestos por conjuntos de celdas que no cambian a lo largo del tiempo.

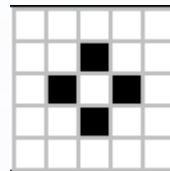
Bloque
(block)



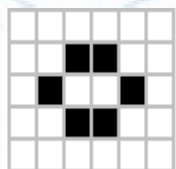
Hogaza
(loaf)



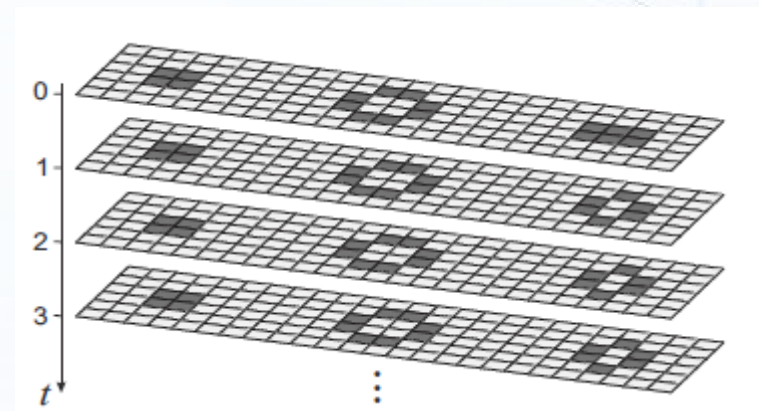
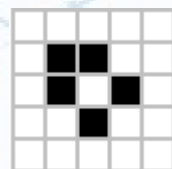
Cesta
(tub)



Colmena
(Beehive)

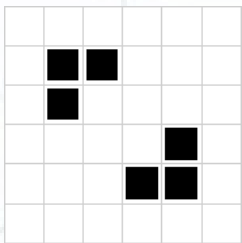


Bote
(Boat)



Patrones cíclicos: son aquellos que presentan un comportamiento periódico, oscilando indefinidamente entre un número fijo de configuraciones.

Faro
(beacon)



Intermitente
(blinker)

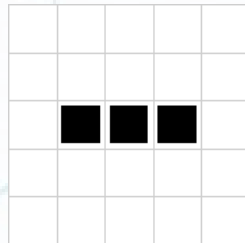
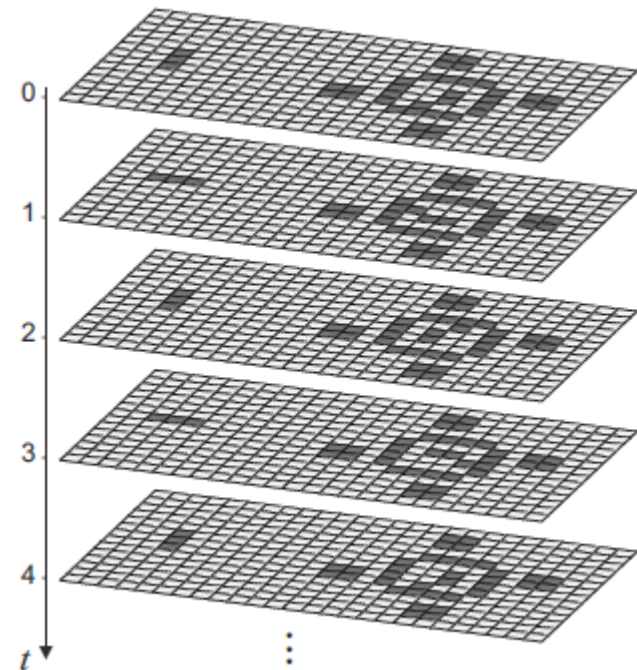
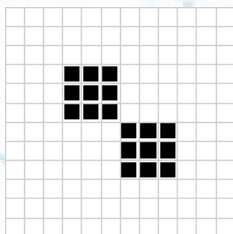


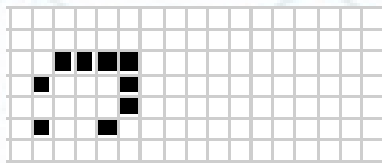
Figura 8
(figure 8)



Patrones móviles: son aquellos que migran entre las celdas pareciendo desplazarse. Es importante destacar que lo que se desplaza es el patrón, no las celdas.

**Nave
(spaceship)**

Se refiere a cualquier patrón que se mueve sin dejar rastro.

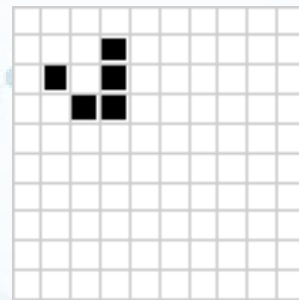
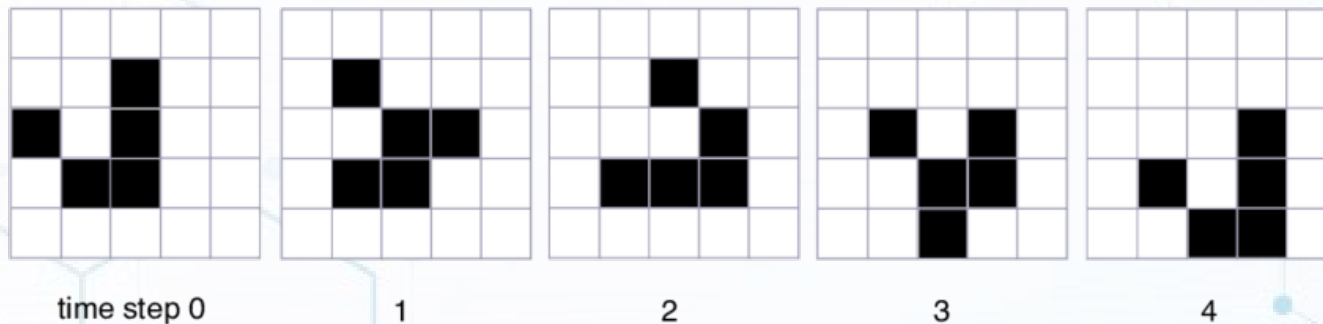


Nave ligera: un patrón que viaja a $c/2$ en la dirección $(2,0)$, donde c es la velocidad de la luz. Por lo tanto, la forma se repite con periodicidad 4.

Velocidad de la luz: la máxima velocidad de traslación c alcanzable por una forma de vida, una célula por generación. Las velocidades más lentas generalmente se escriben como fracciones de c .

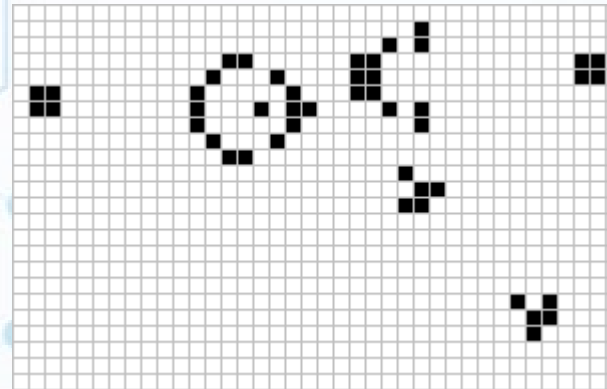
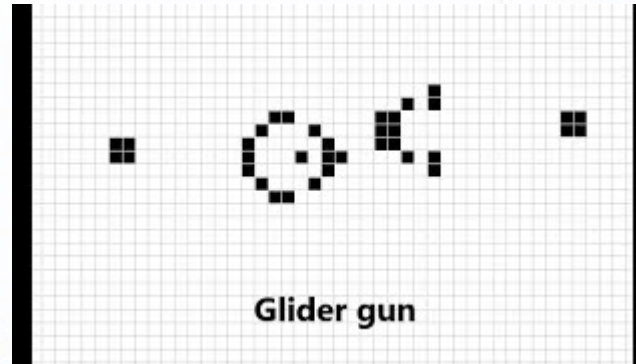
Planeador (glider)

Es un tipo especial de nave, formada por 5 células vivas que se desplaza una celda diagonal en el 4to paso de tiempo, es decir que viaja a velocidad $c/4$ en la dirección (1,1). En ocasiones el término planeador se usa como sinónimo de nave.



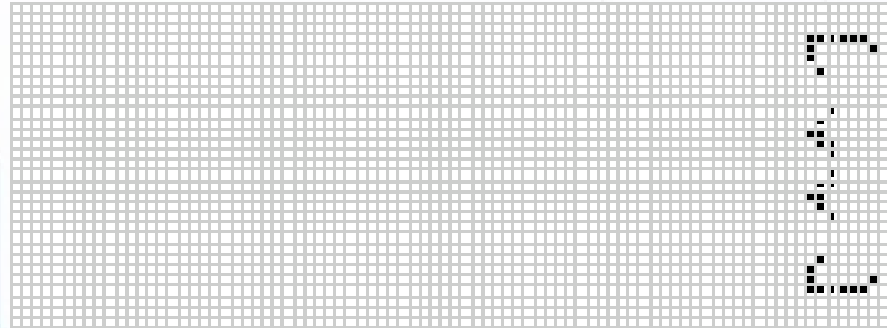
Glider gun

Una de las configuraciones más notables pues es una forma que puede generar vida indefinidamente.

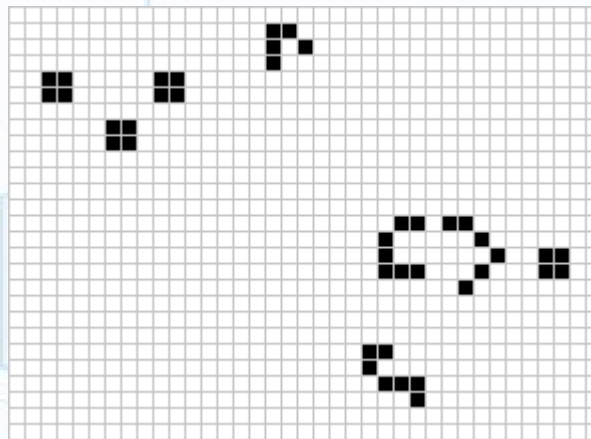


Puffers

Otro patrón que produce crecimiento ilimitado de vida. Estos objetos viajan en dirección vertical y van dejando tras de si “humo” o “escombros”



Glider eater



Bibliografía

1. Rozenberg, G., Bäck, T., & Kok, J.N. (2012). Handbook of Natural Computing (1st. ed.). Springer Publishing Company, Incorporated.
2. Haderer, K.P., & Müller, J. (2017). Cellular automata: analysis and applications. Springer.
3. Schiff, J.L. (2008). Cellular Automata: A Discrete View of the World. Wiley.
4. Li, W. & Packard, N. (1990). The structure of the elementary cellular automata rule space. Complex Systems, vol. 4, pp. 281-297.
5. Wolfram, S. (2002). A new kind of science. Wolfram Media.





¡ Gracias !

Thanks !

Obrigado

Xie xie ni

Domo arigatou

Спасибо

Merci

Grazie

Alfa Beta