Generación de laberintos usando Autómatas Celulares

Ariel Cerón[1]

[1] *Posgrado en Ciencias e Ingienerias de la Computación, UNAM, México*

Fecha de publicación: 8 de mayo de 2022

Resumen— En este documento se combina un autómata celular dos-dimensional y un modelo no lineal de interacción entre dos poblaciones para generar laberintos.

Palabras clave— Laberinto, Autómatas celulares, Interacción poblaciones, No-lineal

Abstract— In the paper we combine a two-dimensional cellular automata and a parallel computation in nolinear active media using simultion in cellular automata to generate labyrinths.

Keywords— Labyrinths, Cellular Automaton, Interacting populations, nonlinear

Introducción

La generación de laberintos es un aspecto fundamental para muchos juegos, **pacman** o **maze runner** son ejemplo de ello. En este texto se explorara cómo los comportamientos observados en modelos de distribución de sistemas nolineales pueden ser la base para construir laberintos.

Autómatas Celulares

Los autómatas celulares son modelos matemáticos para sistemas en los cuales varios componentes simples actúan juntos para producir patrones de comportamiento complejos Packard y Wolfram (1985). Un autómata consiste en sitios presupuestos en una rejilla. Cada sitio tomara k posibles valores y será actualizada en una serie de pasos a tiempo discreto, conforme a una regla ϕ que depende de valor de ciertos sitios en la vecindad de este. Así el valor del sitio i, j en el tiempo siguiente ($a_{i,j}^{(t+1)}$) será descrito de la siguiente forma

$$a_{i,j}^{(t+1)} = \phi(\mathbf{v}) \tag{1}$$

Donde $\mathbf{v}$ es el vector de vecinos definido en el autómata. También puede darse el caso en el que el resultado es la suma de vecinos, en este caso se le denomina totalistico.

$$a_{i,j}^{(t+1)} = f(\sum v_i) \tag{2}$$

Datos de contacto: A. Cerón, 76284, Tel: 5545705527, arielcerong@gmail.com

Dinámica entre poblaciones

En la dinámica de poblaciones se estudia cómo varía el número de sus componentes a lo largo del tiempo y los factores que influyen en dicho número Alvarez Martinez (2016).

El tamaño de una población depende, entre otros factores, de la tasa de natalidad, de la tasa de mortalidad, así como de la interacción con las especies circundantes[1]. Las interacciones que se pueden establecer en él corresponden a dos grupos generales. El primer grupo serían las interacciones entre los seres vivos, como la simbiosis, depredación[2], entre otras; y el segundo grupo serían las interacciones establecidas entre los factores abióticos (físico-químicos) del biotopo y los seres vivos que caracterizan el ecosistema.

Metodología

Para la implementación del modelo se generó una malla cuadrada cuyas células adoptaron la misma forma. Sobre la malla se generó de forma aleatoria los estados iniciales.

Para el modelo se consideraron cuatro estados:

- • El cual simula un terreno infertil.
- + El cual simula un terreno fertil, que puede ser consumido por un autotrofo.
- A El cual simula a un organismo autotrofo
- B El cual simula a un organismo heterótrofo.

[1] Las interacciones entre dos o más especies se conocen como interacciones interespecíficas

[2] La depredación en un sentido amplio es aquella interacción en la que un organismo obtiene energía consumiendo parcial o totalmente a otro organismo, su presa.

El autótrofo (A) es un organismo que genera por sí mismo las sustancias orgánicas indispensables para su vida a partir de las sustancias orgánicas, pero el heterótrofo (B) se alimenta de otras criaturas. El autótrofo es una criatura competitiva ya que es un autótrofo obligado que ocupa sitios de suelo yermo (•) donde los organismos heterotrofos espacios no lo hacen. Cuando A y B compiten por sitios de suelo fértil, A es más activo y domina a B, es decir, tiene prioridad para la ocupación. Al mismo tiempo, B se come a A cuando al menos dos B son vecinos de A. Las reglas de interacción se muestran en la tabla 1.

Para cada célula se considera una vecindad de Moore que contempla ocho células vecinas 3

$$\begin{aligned} u(x_{ij}) = (&x_{i-1j-1}, x_{ij-1}, x_{i+1j-1}, x_{i-1j}, \\ &x_{i+1j}, x_{i-1j+1}, x_{ij+1}, x_{i+1j+1}) \end{aligned} \quad (3)$$

El autómata celular se deja evolucionar hasta que se observe un patrón que asemeje a un laberito. En ese momento se termina de iterar y se realiza una última transformación, la cual cambia a todos los elementos diferentes del estado B de la malla a un nuevo estado (#) que representa un muro.

RESULTADOS

Moore

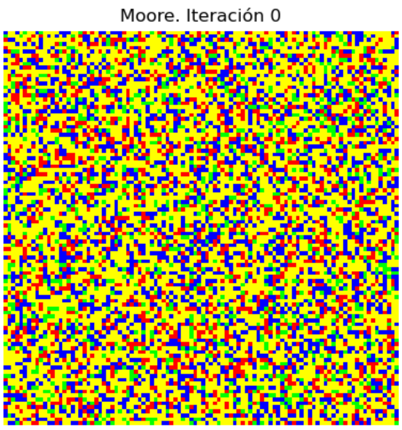

Fig. 2: Estados iniciales

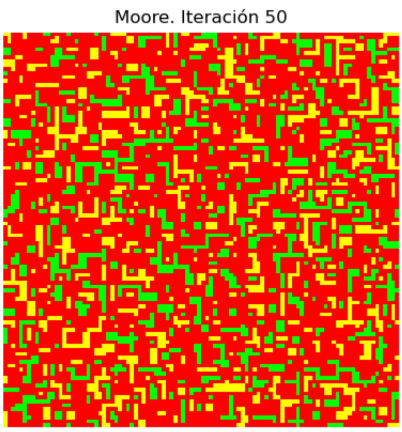

Fig. 3: Evolución después de 50 iteraciones

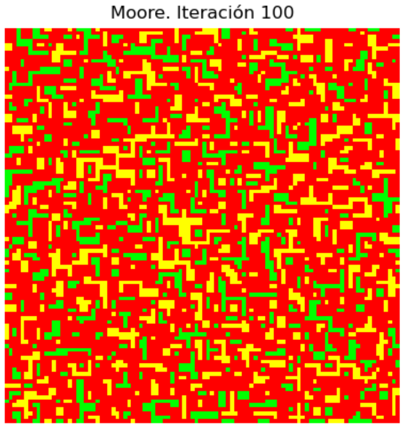

Fig. 4: Evolución después de 100 iteraciones

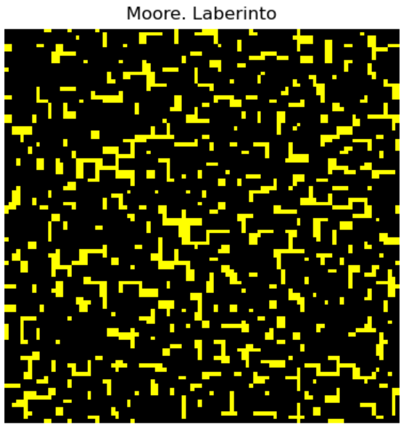

Fig. 5: Resultado final

Moore adiavatico

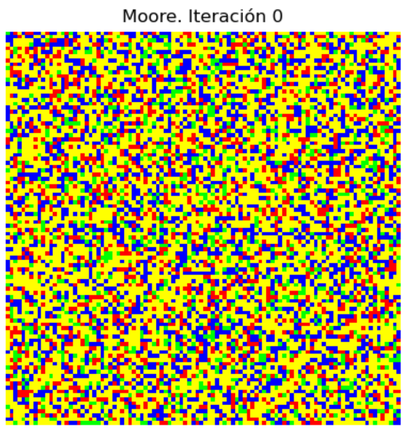

Fig. 6: Estados iniciales

Estados de transición	Estado de la vecindad
$x^t \to x^{(t+1)}$	$u(x)^t$
$\bullet \to A$	$\sum_{y\in u(x)} \chi(y^t, A) \geq 2$
$\bullet \to +$	$\sum_{y\in u(x)} \chi(y^t, A) < 2$
$+ \to A$	$\sum_{y\in u(x)} \chi(y^t, A) \geq 2$
$+ \to B$	$\sum_{y\in u(x)} \chi(y^t, A) < 2$ & $\sum_{y\in u(x)} \chi(y^t, B) \geq 2$
$A \to \bullet$	$\sum_{y\in u(x)} \chi(y^t, A) \leq 2$ & $\sum_{y\in u(x)} \chi(y^t, B) < 2$
$A \to B$	$\sum_{y\in u(x)} \chi(y^t, B) \geq 2$
$B \to \bullet$	$\sum_{y\in u(x)} \chi(y^t, B) = 2$ & $\sum_{y\in u(x)} \chi(y^t, A) = 0$
$A \to A$, $B \to B$, $\bullet \to \bullet$, $+ \to +$	else

Fig. 1: Reglas de transición de los estados de las células. $\chi(y^t, s) = 1$ si $y^t = s$, en otro caso es cero. s es un estado

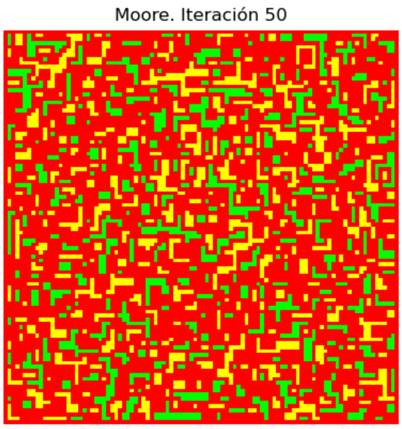

Fig. 7: Evolución después de 50 iteraciones

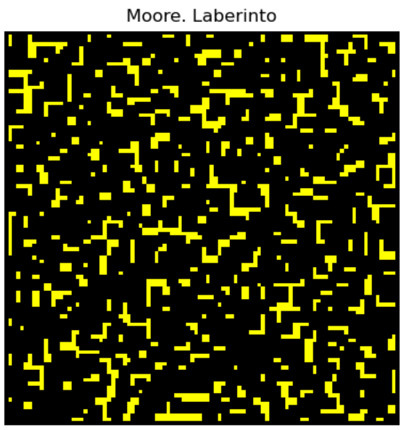

Fig. 9: Resultado final

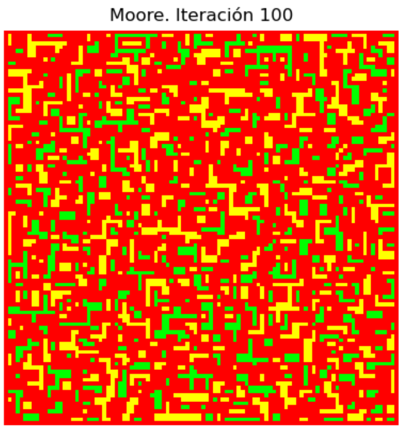

Fig. 8: Evolución después de 100 iteraciones

Análisis de resultados

Para los experimentos mostrados se generó una malla de $100\times$ 100. Los resultados que corresponden a las figuras 2, 3, 4 usan una vecindad de Moore que se encuentra en un toroide, así todos sus elementos tendrán 8 vecinos, las figuras 6, 7, 8 consideran una frontera adiabática, es decir algunos elementos de la malla no tendrán 8 vecinos.

Dentró de la configuración se aplica un vector de probabilidades que permite tener una configuración inicial con un mayor número de elementos $\bullet$, como se muestra en la figuras 6 y 2 (color amarillo).

La evolución de las celdas rápido muestran una desaparición de espacio fertil (color azul) y para la iteración 50, en ambos casos (figuras 3,7) el comportamiento llega a un estado al que ya no hay mucho cambio.

Conclusiones

Claramente existe un patrón que asemeja una separación entre diferentes espacios, sin embargo no es fácil visualizar un patrón de laberinto en ella. Además el procesamiento del autónoma muestra una carga computacional considerable después de la iteración 50, por lo que llevar este método a la implementación en juegos móviles podría no ser una tarea óptima

REFERENCIAS

[1] Alvarez Martinez, O. (2016). "Ecología, dinámica de las poblaciones, e interacciones en el ecosistema". *Publicaciones Didácticas*, 72:168–172.

[2] Packard, N. H. y Wolfram, S. (1985). "Two-dimensional cellular automata". *Journal of Statistical physics*, 38(5):901–946.