

Generación de laberintos usando Autómatas Celulares

Ariel Cerón¹

¹ Posgrado en Ciencias e Ingenierías de la Computación, UNAM, México

Fecha de publicación: 19 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 estructuras que pueden ser aprovechadas 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 nonlinear active media using simulation in cellular automata to generate labyrinths like patterns.

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 explora cómo los comportamientos observados en modelos de distribución de sistemas no lineales pueden ser la base para construir laberintos, siguiendo la metodología descrita en el artículo de Adamatzky (1997).

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 tomará 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

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

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 totalístico.

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

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 circundantes¹. 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, depredación², 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 estableció de forma aleatoria uno de los siguientes estados:

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

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

²La 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 infértil (●) donde los organismos heterótrofos 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 (eq 3).

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

El autómata celular se deja evolucionar hasta que se observa un patrón que asemeje a un laberinto. 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

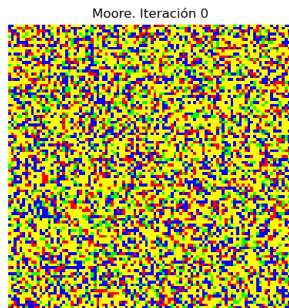


Fig. 2: Estados iniciales

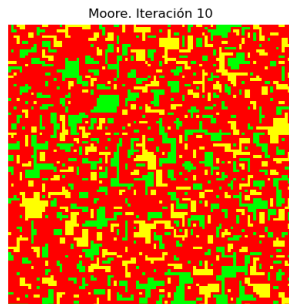


Fig. 3: Evolución después de 50 iteraciones

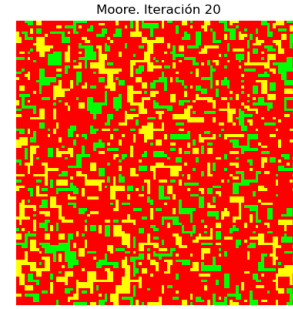


Fig. 4: Evolución después de 100 iteraciones



Fig. 5: Resultado final



Fig. 6: Resultado final

Moore adiabático

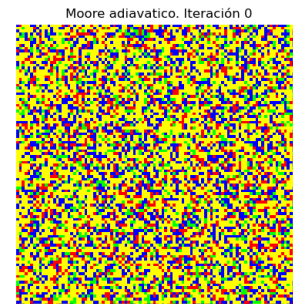
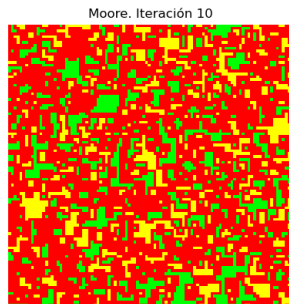


Fig. 7: Estados iniciales

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

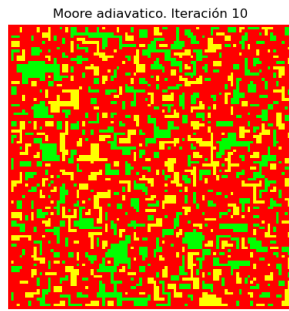


Fig. 8: Evolución después de 50 iteraciones

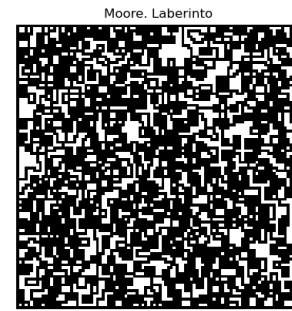


Fig. 10: Resultado final

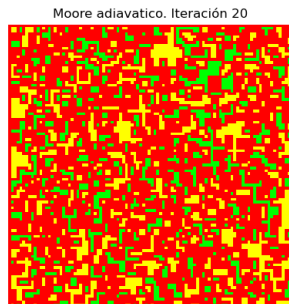


Fig. 9: Evolución después de 100 iteraciones

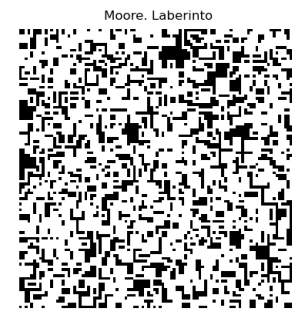


Fig. 11: Resultado final

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para los experimentos mostrados se generó una malla de 100×100 . 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 7, 8, 9 consideran una frontera adiabática, es decir algunos elementos de la malla no tendrán 8 vecinos.

Dentro de la configuración se aplica un vector de proba-

bilidades que permite tener una configuración inicial con un mayor número de elementos ●, como se muestra en la figuras 7 y 2 (color amarillo).

La evolución de las celdas rápido muestran una desaparición de espacio fértil (color azul) y para la iteración 50, en ambos casos (figuras 3,8) 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] Adamatzky, A. (1997). "Cellular automaton labyrinths and solution finding". *Computers & Graphics*, 21(4):519–522.
- [2] Alvarez Martinez, O. (2016). "Ecología, dinámica de las poblaciones, e interacciones en el ecosistema". *Publicaciones Didácticas*, 72:168–172.
- [3] Packard, N. H. y Wolfram, S. (1985). "Two-dimensional cellular automata". *Journal of Statistical physics*, 38(5):901–946.