

White paper: Autómatas celulares

Autor: Ramiro A. Gómez

Sitio web: www.peiper.com.ar

Introducción

La simulación por computadora es, hoy en día, una de las únicas estrategias de las que dispone la ciencia para predecir sucesos en sistemas con un alto grado de complejidad. Esta complejidad es tal que la matemática clásica no resulta

suficiente para expresar todos los fenómenos que ocurrirán en el sistema.

Hoy por hoy, la simulación es una de las herramientas más precisas de las que dispone la ciencia para ver los comportamientos de los sistemas deseados.

Los autómatas celulares son un tipo de simulación que se compone de elementos muy simples: una cuadrícula con cuadrados que pueden adoptar distintos colores y pasos discretos de tiempo. En cada paso de tiempo el autómata celular evoluciona en base a reglas muy simples. El nuevo valor (color) de una celda se calcula en base a la actual y a sus vecinas. Esto se hace para todas las celdas al mismo tiempo. Simple, no? Pero la complejidad que esconde este simple esquema es extrema. Créanme, realmente es mucha complejidad.



Elementos

Los autómatas celulares se componen de un espacio discreto, pasos de tiempo discretos, una condición inicial, condiciones de frontera y reglas.

Una condición inicial es el estado (colores o valores) de cada una de las celdas en el tiempo=0. La evolución del sistema dependerá de esta condición inicial.

Las condiciones de frontera se refieren a qué ocurre en las celdas que tocan los bordes del espacio. Se clasifican en:

- frontera abierta: se considera que todas las células fuera del espacio del autómata toman un valor fijo.
- frontera reflectora: las células fuera del espacio del autómata toman los valores dentro de este como si se tratara de un espejo.
- frontera periódica o circular: una celda que está en la frontera interacciona con sus vecinos inmediatos y con las celdas que están en el extremo opuesto del autómata, como si fuera en círculos.
- sin frontera: el autómata no tiene límites, es infinito.

Surgimiento

Los autómatas celulares surgen en los años 1950 con John Von Neumann. En primera instancia fueron interpretados como conjuntos de células que crecían, se reproducían y morían a medida que pasaba el tiempo (en pasos discretos). A esto se debe su nombre, a la similitud con el crecimiento de las células.



Complejidad

Los autómatas celulares pueden ser de una dimensión (una línea), bidimensionales (un plano), tridimensionales (un espacio), etc. De acuerdo a la cantidad de dimensiones que use tendrá tantos o menos vecinos. Por ejemplo, para un autómata celular 2D cada celda tiene 8 vecinos (si tomamos también las diagonales) o 4 vecinos (si tomamos el de arriba, abajo, izquierda y derecha). En el caso de un autómata 3D, cada celda tiene 26 vecinos ($3 \times 3 \times 3 - 1$). Uno de una sola dimensión tiene sólo 2 vecinos.

Como el siguiente paso se computa en base al anterior, el sistema es dinámico y tiene un comportamiento extraño, muy difícil de predecir. Esto quiere decir que el estado 2 se computa usando el estado 1, el estado 3 se computa con el estado 2, etc.

estado2 = C(estado1)

estado3 = C(estado2)

...

Patrones

La interacción de cada célula con sus vecinas produce extraños patrones.

Tal es así que en el “Juego de la vida” de Conway (un autómata celular especial) se han clasificado gran cantidad de éstos: como naves espaciales, deslizadores, cañones, etc. Se pueden encontrar en internet páginas enteras dedicadas a clasificarlos.

Estos patrones pueden o no repetirse cada cierto tiempo: según la complejidad de cada uno, tomará sólo algunos pulsos de tiempo que vuelva a repetirse o lo hará cada miles de millones de pulsos.

Stephen Wolfram clasificó los autómatas según la configuración a la que tienden. Esto es: qué configuración quedará al cabo de cierto tiempo de cómputo.

Las clases de autómatas celulares son:



1. Configuración estable y homogénea: todas las celdas terminan con el mismo valor.
2. Estructuras simples y periódicas: al cabo de cierto tiempo se forman estructuras que repiten sus “movimientos” en distintos períodos de tiempo.
3. Configuración caótica: los patrones son impredecibles y hay gran cantidad de variación en éstos en cada paso de tiempo. Casi o totalmente impredecibles sin realizar el cómputo. Presentan la mayor cantidad de “información” en el sentido computacional. Muy sensible a las condiciones iniciales (Teoría del caos).
4. Configuración compleja: los patrones formados no son ni completamente caóticos ni completamente ordenados.

El juego de la vida

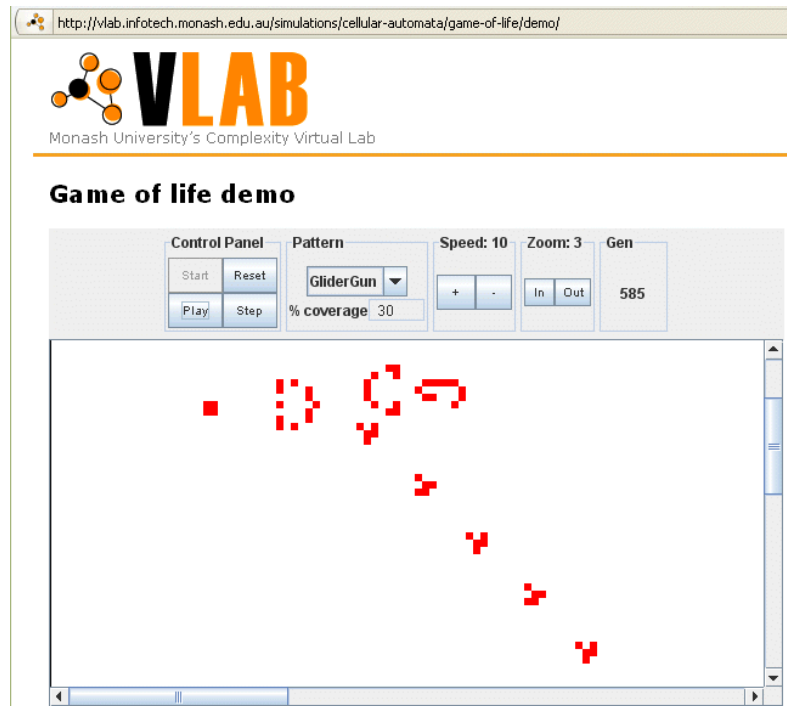
Este es quizás el autómata celular más conocido. Fue inventado por John Horton Conway en 1970 y en principio sólo se veía como un juego matemático.

Las reglas son simples:

- una celda muerta (blanca) con exactamente 3 vecinos vivos, nace (reproducción)
- una celda viva con 2 ó 3 vecinos vivos permanece viva
- una celda viva con 4 o más vecinos vivos muere (por superpoblación)
- una celda viva con menos de 2 vecinos vivos muere (por aislamiento)

Los investigadores rápidamente se dieron cuenta de la complejidad que surgía de estos autómatas. Algunos de los patrones clasificados son:





Conceptos relacionados con los autómatas celulares

Los autómatas celulares se relacionan con los conceptos de sistemas dinámicos, teoría del caos, sistemas no lineales. Pero quizás sean las ecuaciones diferenciales y las máquinas abstractas de Turing las que más se relacionan.

Ciertos autómatas celulares son universales. Esto quiere decir que son capaces de representar cualquier algoritmo (nadie dice que sea sencillo interpretarlo). Los autómatas universales son máquinas abstractas (autómatas) capaz de construir nuevos autómatas que a su vez también pueden generar otros. O en otras palabras, son capaces de procesar cualquier cosa computable.

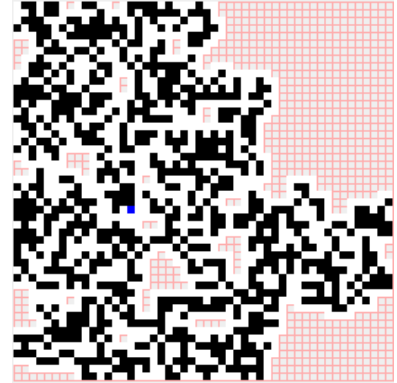
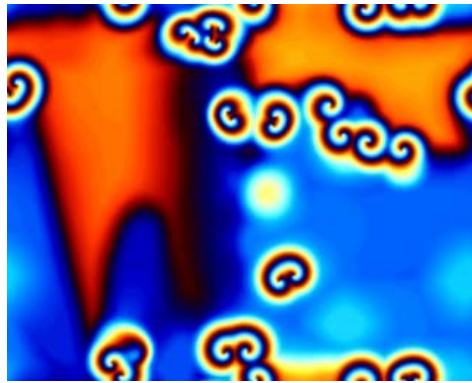
¿Hay cosas incomputables?

Esta es una pregunta difícil, es por eso que los autómatas universales son las máquinas abstractas (especie de concepto muy general de computadora) más potentes que se conocen.



Usos

Los usos de los autómatas celulares son muy variados. Simulación de evacuación de barcos y salas de cine, estudio de mercados y efectos de la publicidad, diversión, arte, investigación, simulación de procesos físicos, químicos y biológicos, etc.



También hay teorías que cohesionan la mecánica newtoniana con la relativista y con la cuántica utilizando autómatas celulares. ¿Sorprendidos? Bien, pues hay posibilidades de que nuestro mismo universo sea un gigantesco autómata celular (o algo parecido), siendo los objetos y hasta nosotros mismos fluctuaciones de información binaria codificándose a cada pulso de tiempo en una danza ilegible de datos, tramando futuros exactos, ya contados hace tiempo.

“¡Qué locura, no es posible!” dirá algún escéptico. Pero la ciencia avanza día a día. Tiempo al tiempo...

Autor: Ramiro A. Gómez (Ramix)



www.peiper.com.ar

Noticias, white papers y más!

