

Modelado de bosques con autómatas celulares de dos dimensiones

Leonardo Yamasaki Maza
leyama@alumni.uv.es

Junio/2008

Resumen

Se presenta el modelo de dos tipos de bosques con el uso de autómatas celulares. Se utilizó el lenguaje Java y se realizaron *appletas* para modelar los autómatas celulares de los dos bosques. Se modeló tanto un bosque que sufre el embate de las llamas (Forest fire), así como un bosque que es azotado por viento en una única dirección (Wind Forest Shimagore).

1. Introducción

Modelar de sistemas dinámicos complejos puede ser una labor ardua si se toman ecuaciones complejas que describan todos y cada uno de los estados del mismo. Sin embargo es posible obtener un modelo sencillo de simulación utilizando autómatas celulares. Con unas pocas reglas de transición entre estados, es posible simular las dinámicas complejas de un sistema biológico.

2. Autómatas celulares

Un autómata celular (AC) es un objeto matemático, compuesto de células dispuestas en una rejilla de una forma determinada. Cada celda en la rejilla se modifica en pasos discretos de tiempo, siguiendo un conjunto de reglas basadas en el estado de las células vecinas. Las reglas del autómata son aplicadas iterativamente a un número deseado de unidades de tiempo. El estado inicial de las células en la rejilla puede ser definido de manera determinada o de manera aleatoria.[1]

El AC más conocido es el llamado *Juego de la vida* (Game of Life) el cual simula el crecimiento de bacterias unicelulares que forman colonias y se agrupan para sobrevivir.[2]

3. Bosque en llamas (Forest Fire)

El modelo de bosque en llamas es un AC probabilístico. Para el modelado se siguieron las reglas definidas por Drossel y Schwabl [3] las cuales se citan a continuación.

- Una celda con un árbol ardiendo pasa a ser una celda vacía

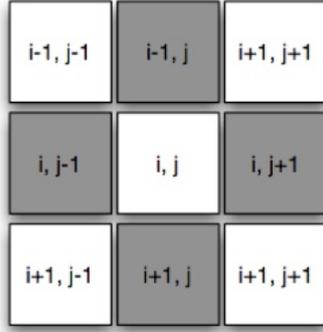


Figura 1: Vecindad de Von Neumann para el Forest Fire[4]

- Una celda con un árbol pasa a arder si al menos un vecino cercano esta ardiendo
- En una celda vacía, con la probabilidad p , se establece un nuevo árbol
- En una celda con un árbol, con la probabilidad f , este pasa a ser un árbol ardiendo

Los estados posibles de cada celda de AC son:

1. Celda con árbol ardiendo
2. Celda con árbol normal
3. Celda vacía, sin árbol

Los valores de probabilidad del AC se fijaron en $p = 0,001$ y $f = 0,00001$ en el programa, teniendo una relación de $\frac{f}{p} = 0,01$ para las dos variables. El sistema se vuelve crítico cuando $p \rightarrow 0$ y cuando $\frac{f}{p} = 0,1$ se tiende a un estado estable.[3]

Para definir las celdas vecinas se tomaron las definidas por Von Neumann [4], se presentan en la figura 1.

4. Bosque de viento (Wind Forest Shimagore)

El AC del bosque de viento es un modelo tomado de los bosques en Japón, en los cuales el viento juega un papel muy importante en la vida del bosque.[5] Las reglas de transición de AC son las siguientes:

- Una celda con un árbol pasa, ya sea a morir (celda vacía) o a crecer en altura una unidad en función de la ecuación $S_t^*(i, j) = \frac{1}{1+2\alpha}[S_3 + \alpha(S_1 + S_2)]$ definidos $S_1 = S(i-1, j-1)$, $S_2 = S(i+1, j+1)$, $S_3 = S_t(1+1, j)$ (ver figura 2) donde $S_t(i, j)$ es la altura del árbol de la celda en el momento t . Si $S_t(i, j) - S_t^*(i, j) \leq d$ entonces $S_{t+1}(i, j) = S_t(i, j) + 1$ si $S_t(i, j) - S_t^*(i, j) > d$ entonces el árbol muere y la celda queda vacía en $t+1$

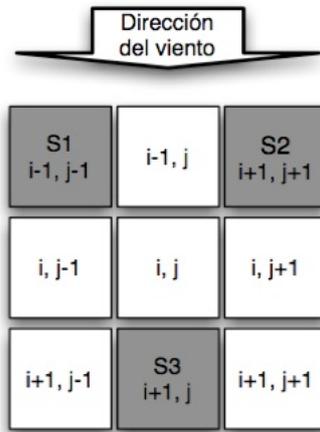


Figura 2: Vecindad del bosque de viento

- En una celda vacía, con la probabilidad p , pasa a tener un nuevo árbol con altura $S(i,j)=0$
- Una celda con un árbol con altura máxima pasa a morirse (celda vacía), con una probabilidad m

Los posibles estados del AC son:

1. Celda vacía (sin árbol)
2. Celda con árbol creciendo

Para el modelo se tomó para $\alpha = \frac{1}{2}$ y para $d=3$, con $p=0.001$ y $m=0.00001$ estos valores se establecen en el programa.

5. Conclusiones

Los AC son objetos matemáticos muy sorprendentes. Aun cuando las reglas de transición son unas pocas y sencillas, pueden simular la complejidad de un sistema biológico complejo como lo es un bosque. Los AC pueden no modelar en su totalidad al sistema, pero si pueden presentar la forma básica del comportamiento complejo. Diseñar y escribir un programa que modele un AC tiene una labor centrada en el desempeño gráfico y de ejecución del mismo. Los ordenadores actuales tienen el suficiente poder de cómputo para mostrar AC con carga computacional ardua.

Referencias

- [1] E. W. Weisstein, "Cellular automaton." [Online]. Available: <http://mathworld.wolfram.com/CellularAutomaton.html>

- [2] P. Callahan. What is the game of life? [Online]. Available: <http://www.math.com/students/wonders/life/life.html>
- [3] B. Drossel and F. Schwabl, "Self-organized critical forest-fire model," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 69, no. 11, pp. 1629–1632, Sep 1992.
- [4] J. von Neumann, *Theory of self-reproducing Automata (edited and completed by A. W. Burks)*. Univerity of Illinois Press, 1966. [Online]. Available: <http://www.walenz.org/vonNeumann/index.html>
- [5] L. Ferrer, "Apuntes para la clase "sistemas complejos caos y autoorganización" del autómatas celular "bosque de viento"(shimagore)," Febrero 2008.