

# Autómatas celulares y su aplicación

Univ. Guido Gorostiaga Marin  
Universidad Mayor de San Andrés

Teoría de la Información y Codificación  
Carrera de Informática gorostiaga362@hotmail.com

## RESUMEN

En el presente trabajo se da una definición de los autómatas celulares de manera general y simple; se da a conocer los avances tecnológicos con la aplicación de los autómatas celulares por cuanto es posible mejorar las actividades manuales morosas que se realizan en distintas aéreas de investigación. La aplicación de los autómatas celulares es amplia por cuanto sedara a conocer los más importantes en nuestro ambiente.

## PALABRAS CLAVE

Simulación, autómatas celulares, comportamiento complejo

## 1. INTRODUCCIÓN

El mundo en el que habitamos es extremadamente complejo lo que lo habitamos también lo somos en especial el ser humano; los cambios que ocurren en ella son infinitamente variados, la humanidad en las últimas décadas ha cambiado radicalmente la faz de la tierra tanto por el crecimiento poblacional como por el desarrollo de la industria y la explotación de materias primas por lo cual surgen problemas que nos afectan. Esto nos lleva a tratar de comprender lo que pasa a nuestro alrededor los cambios que ocurren y darles soluciones. Es tos problemas tienen un comportamiento complejo como ser el crecimiento poblacional en las metrópolis o el crecimiento de la mancha urbana de distintas ciudades, la propagación de enfermedades ,plagas en el mundo, hasta la predicción de tormentas o desastres naturales, etc. A todo esto se aumenta lo desordenado que son las distintas sociedad el tratar de comprenderlos es casi imposible pero podemos acercarnos por medio de simulaciones a través de autómatas celulares ya que su simplicidad su capacidad de poder simular cualquier sistema en el universo leda una gran ventaja a la simulaciones por medio de ecuaciones diferenciales ya que estos modelos matemáticos suelen ser muy complejos de analizar y crear por lo que los (AC) tienden a ser los más convenientes para poder comprender los diversos problemas que existe a nuestro alrededor.

La aplicación de un autómatas celular a diversos problemas es tan variada como nuestro mundo, entonces los (AC) se convierten en una herramienta muy útil para conocer y comprender el mundo real mejorando sus condiciones favorables en cuanto a tiempo y recurso.

## 2. AUTÓMATAS CELULARES

La idea de autómatas celulares apareció a finales de los cuarenta gracias a Stanislaw Ulam (1909-1984) y John von Neumann (1903-1957).

Ulam fue principalmente matemático, inventó el método de simulación Monte Carlo y aportó importantes contribuciones a la teoría de los números y al análisis matemático. Junto con Eduard Teller inventó la bomba de hidrógeno.

Von Neumann trabajó en los más variados campos. Colaboró en los fundamentos de la teoría de la mecánica cuántica, incursionó en economía y en la teoría de los juegos. Junto con Herman Goldstine diseñó la arquitectura lógica de la primera computadora electrónica.

En 1948, Von Neumann presentó a la comunidad científica un trabajo donde se preguntaba si una máquina podía realizar copias de sí misma partir de elementos simples o si había algo mágicamente extra mecánico en la auto reproducción (Feymann inició el debate en los sesenta y Drexler retomó la idea en los ochenta originando la fiebre de la nanotecnología). Von Neumann luego demostró matemáticamente que sí era posible la existencia de tales robots. Junto a Ulam, en Los Álamos, desarrolló los primeros autómatas celulares para modelar el concepto. Ulam sugirió que en vez de piezas elementales se consideraran diferentes estados numéricos representando las distintas partes de la máquina autorreplicante. Los autómatas celulares estaban naciendo.

### 2.1 Definición

Un autómatas celular es una máquina de estados finitos que consiste en una cuadrícula de células en la cual la evolución o (cambio de estado) de cada célula depende de su estado actual y de los estados de sus vecinos inmediatos. En un autómatas celular todos los autómatas simples o células pasan a la siguiente generación al mismo tiempo y según un mismo algoritmo de cambio que puede hacer variar su estado dentro de un conjunto limitado de estados. Pero la complejidad que esconde este simple esquema es extrema.

### 2.2 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 (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:

- Fronteras abiertas: se establece que todas las células fuera del espacio del autómatas toma 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

## 2.3 Complejidad

La complejidad se da de acuerdo a su dimensión 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 de una sola dimensión tiene sólo 2 vecinos, para un (AC) de 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. Es así que 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.

## 2.4 Patrones

La interacción de cada célula con sus vecinas produce extraños patrones. En tal caso 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. E 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.

## 3. APLICACIÓN

Los autómatas celulares se relacionan con una variedad de conceptos como ser 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 pero no es nada sencillo interpretarlos. Los autómatas universales son máquinas

abstractas (autómatas) capaces de construir nuevos autómatas que a su vez también pueden generar otros.

Por todo esto su aplicación es muy variada como ser 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, crecimiento y propagación de células cancerosas, epidemiología, finanzas y economía, crecimiento de cristales, patrones de pigmentación en caracoles, biología del desarrollo, dispersión de árboles dentro de un ecosistema, teoría de la relatividad, reacciones químicas, dinámica de poblaciones, coevolución, geología, puntos cuánticos, tráfico vehicular, redes neuronales e inteligencia artificial, criptografía, termodinámica e hidrodinámica. Etc.

Para los fines del artículo yo lo clasificaré en dos clases como ser: aplicación artística o de juegos y la aplicación científica o aplicada a la sociedad

### 3.1 Artística o de juegos

En esta parte se hablara de los (AC) aplicados al arte o a los juegos estos AC son de dicados a resolver problemas que benefician solo a una pequeña población de personas o simplemente para diversión, claro que tiene su grado de importancia ya que son nuevos campos de aplicación variados pero el grado de contribución a la sociedad será muy poca.

Las artísticas son tanto o más variadas que las científicas. Desde "efectos" implementados en los más conocidos programas comerciales de diseño gráfico (blur, emboss, detección de bordes y emulación de estilos como Seurat, Sezanne, Monet, etc). Hasta gráficos tipo "plasma", que recuerdan vaporosas nubes, música sintética y efectos especiales utilizados en películas como Final Fantasy, Matrix y El Señor de los Anillos I, II y III, etc.

En estos autómatas se desarrollaron con un interés más económico pero no dejan de ser sorprendentes e interesantes en su análisis como puede cambiar todo el comportamiento al cambiar las reglas de interacción de los estados el algoritmo que proponen no deja de ser rico en información útil para generar otros autómatas celulares.

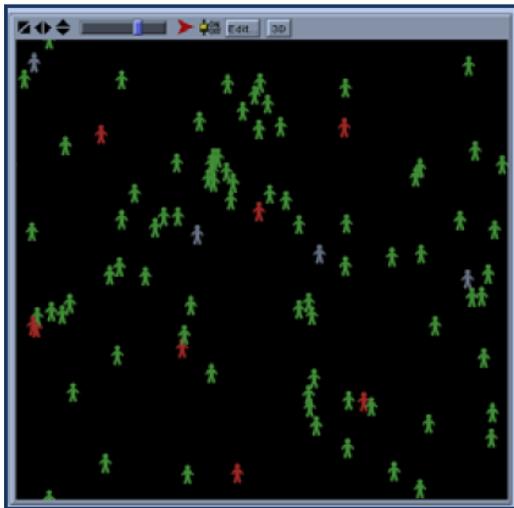
### 3.2 Científica o útil a la sociedad

En esta sección se tratara de los AC dedicados a un estudio científico, los que resuelven un problema de la sociedad o de una gran cantidad de personas, en esta sección hay AC muy interesantes para un estudio más extenso pero nos limitaremos a explicar cuáles son los más útiles para nuestra sociedad.

Aparte de los ya mencionados anteriormente se encuentran los siguientes: predicción del crecimiento urbano mediante sistemas de información geográfica y modelos basados en autómatas celulares; Desarrollo de un modelo probabilístico de la actividad eléctrica cardíaca basado en un autómata celular; algoritmos de grafos y autómatas celulares: autómatas celulares sobre grafos de nodos irregulares: aplicación a la simulación de escurrimientos superficiales en zonas de llanura; Simulación de la propagación de una epidemia utilizando un autómata celular de difusión bidimensional; autómatas celulares en vascularización renal; Modelado de bosques con autómatas celulares de dos dimensiones; variación de densidad de tráfico utilizando autómatas celulares; Modelo de crecimiento de la

mancha urbana mediante autómatas celulares ;utilización de un autómatas celular en el modelado de un proceso de descontaminación de aguas; autómatas celulares que podan arboles en grafos 8-regulares(instituto de investigaciones en informática. René V. Reynaga b.); Desarrollo de un modelo probabilístico de la actividad eléctrica cardíaca basado en un autómatas celular; autómatas celulares y redes neuronales; inteligencia artificial con autómatas celulares; Simulación del choque desmesurado basado en la Teoría de Autómatas Celulares (Suntura Jiménez, Ivan 21-Sep-2009), etc. Este campo es igualmente de extenso existen cientos de investigaciones en diversos campos cada uno con propio mundo de aplicación lo que más resalta es la aplicación a la medicina como por ejemplo:

Simulación de la propagación de una epidemia utilizando un autómatas celular:



(fig. 1)Modelado de virus en humanos

Este modelo simula la transmisión y resistencia de un virus en una población humana. Los biólogos y ecólogos han hecho pensar en varios factores que pueden influir en la supervivencia de un virus directamente transmitido dentro de una población (fig. 1). El modelo se inicializa con 150 personas de las que se infectan 10. las personas se mueven al azar sobre la pantalla en uno de tres estados saludables pero susceptible a infección (verde), enfermo (rojo), saludable e inmune (gris). Las personas pueden morir de infección o vejez. La densidad de la población se afecta a menudo con el infectado los individuos inmunes y susceptibles entran entre sí en el contacto.

Este modelo simple da grandes resultados al modelar la transmisión de virus en humanos que nos da a conocer cómo puede comportarse y la propagación del virus.

La mayoría de las aplicaciones de los AC son modeladas para diversos fenómenos físicos y en diferentes áreas de la ciencia para predecir el comportamiento de estos y darles una solución con buenos resultados

#### 4. CONCLUSIÓN

En este mundo cuando la tecnología avanza vertiginosamente nos asombra Arthur Clarke escribió "Cualquier tecnología lo suficientemente avanzada es indistinguible de la magia" estas palabras describen bien como la ciencia y la tecnología deja de ser una simple investigación que solo interesa a muy pocos y llega a formar algo mas como los autómatas celulares que son herramientas útiles para modelar cualquier sistema en el universo. Pueden considerarse como una buena alternativa a las ecuaciones diferenciales y han sido utilizados para modelar sistemas físicos. De diferente índole des de los más simples hasta lo más complejo y como estos ayudan a comprender lo que nos rodea y darles soluciones que antes era muy difícil de hacer; su desarrollo y avances nos corresponde a todos nosotros los que estamos metidos en este fantástico mundo de la informática. A si nuestro propio universo puede ser simulado por un gigantesco autómatas celular 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.

Todo esto nos deja claro que la aplicación de los autómatas celulares están limitados tan solo por nuestra imaginación; cuan amplia, libre, alocada y extensa se nuestra imaginación si será nuestro AC y afectaremos a nuestro alrededor contagiándolos con nuestro espíritu emprendedor.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- DE LA CUADRA, M. y FERNÁNDEZ, B. Modelación Espacio-Temporal de sequías regionales mediante Autómatas Celulares. En: XV Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica. Concepción: Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción, 2001.
- S. WOLFRAM ed., Theory and Applications of Cellular Automata (World Scienti\_c, 1986)
- RAMIREZ, M., MARTIN, M. Modelado y Simulación del tráfico Vehicular Empleando Autómatas Celulares. FCC, BUAP, Pue. México, Abril 2004.