

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN
FACULTAD DE MATEMÁTICAS



MODELO DEL PROCESO DE COMPETENCIA DE
MARCAS EN UNA RED SOCIAL

Tesis que presenta
LCC Efrain Aurelio Canto Lugo
para obtener el grado de
Maestro en Ciencias Matemáticas

Directores de tesis
Dr. Gabriel Murrieta Hernández
Dr. Aarón Aguayo González

Mérida, Yucatán
Enero, 2010

Dedicatoria

A Dios, y a mis padres.

Agradecimientos

A Dios, por bendecirme y permitirme terminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, por su incondicional apoyo en todo momento.

A mis hermanos, por el ejemplo que me han dado con sus vidas.

A mis asesores, Dr. Gabriel Murrieta Hernández y Dr. Aarón Aguayo González; a mis asesores externos, Dr. Rodrigo Huerta Quintanilla y Dr. Manuel Rodríguez Achach. Por sus valiosos consejos y sugerencias para la elaboración de este trabajo, así como de su compañerismo y paciencia para conmigo.

A mi tutor, Dr. Arturo Espinosa Romero por su tiempo y consejos que siempre requerí durante mis estudios.

A mis compañeros, Tere, Dennis, Luis, Ivan, Ángel, Alejandro y Javier. Por su amistad, y por sus palabras de aliento.

A los maestros de la Facultad de Matemáticas, por haberme transmitido parte de sus conocimientos y disciplina durante los años de mi formación profesional.

Al CONACyT por el apoyo económico que me brindó para poder estudiar la maestría.

Al CINVESTAV por permitirme realizar parte de esta investigación en sus instalaciones.

A la Universidad Veracruzana por el apoyo que me brindó para realizar una estancia en ella durante mis estudios.

A la Universidad Autónoma de Yucatán que me abrigó en su programa de Maestría en Ciencias Matemáticas.

Índice general

Dedicatoria	3
Agradecimientos	5
1. Introducción	9
1.1. Motivación	9
1.2. Antecedentes	10
1.3. Importancia	11
1.4. Objetivo general	11
1.4.1. Objetivos específicos	12
1.5. Panorama general	12
2. Fundamentos Teóricos	15
2.1. Sistemas	15
2.2. Modelos	15
2.3. Simulación y el método de Monte Carlo	16
2.3.1. Generador congruencial mixto	18
2.3.2. Prueba de bondad de ajuste	19
2.3.3. Método de la transformada inversa	21
2.4. Sistemas complejos	22
2.4.1. Emergencia	23
2.5. Modelos basados en agentes	23
2.6. Autómatas celulares	24
2.6.1. Condiciones de frontera	24
2.6.2. Clases de Wolfram	25
2.6.3. Autómatas celulares unidimensionales	26
2.6.4. Extensiones de los autómatas celulares	26
3. Redes sociales complejas	29
3.1. Definición y representación	29
3.2. Redes aleatorias	30
3.3. Características y medidas	30
3.3.1. Conectividad	31

3.3.2.	Distribución de grado	31
3.3.3.	Distancia geodésica	32
3.3.4.	Clustering	33
3.4.	Redes small world	34
3.5.	Redes locales	35
3.6.	Difusión	36
3.7.	Avalanchas de difusión	37
3.8.	Innovación	37
4.	El modelo de estudio	39
4.1.	Sistema idealizado	40
4.1.1.	Supuestos y simplificaciones	40
4.2.	Red social del modelo	41
4.3.	Descripción del modelo	44
4.3.1.	Funciones de transición	45
4.4.	El algoritmo	46
4.5.	Pruebas estadísticas	48
4.6.	Paralelización en GPU	51
5.	Resultados y fenómenos encontrados	55
5.1.	Lattice vs red social del modelo	55
5.2.	Análisis cualitativo	58
5.2.1.	Análisis respecto a k_{max}	59
5.2.2.	Análisis respecto a n	60
5.2.3.	Análisis respecto a m	62
5.3.	El proceso de competencia en diferentes tipos de redes sociales	63
5.4.	Análisis del comportamiento del modelo	64
5.4.1.	Primer punto de inflexión	65
5.4.2.	Segundo punto de inflexión	68
5.4.3.	Análisis del extremo derecho	69
5.5.	Reglas adicionales de decisión	70
5.5.1.	Política anti-monopólica	70
5.5.2.	Fidelidad a las marcas	71
5.6.	Análisis multi-marcas	72
5.7.	Comparación entre algoritmos secuencial y paralelo	73
5.8.	Investigaciones futuras	74
A.		77
A.1.	Arquitectura CUDA	77
A.2.	Características de la tarjeta Tesla C1060	78
Bibliografía		79

Capítulo 1

Introducción

El objetivo de toda ciencia radica en brindar explicaciones para los fenómenos observados, el planteamiento de preguntas y la búsqueda de respuestas, preguntas que deben ser originadas de experimentos y observaciones, y las respuestas susceptibles de comprobación experimental.

En el mundo real, la mayoría de los fenómenos que se observan muestran estructuras o patrones de comportamientos que desde el principio el hombre ha tratado de explicar, desde un proceso biológico, como la evolución de las enfermedades, hasta el proceso de competencia de marcas en el mercado, uno de los fenómenos estudiado por la econofísica. Hasta hace unos años estos sistemas eran difíciles, y algunos imposibles, de ser estudiados, sin embargo, con los recientes avances tecnológicos se han retomado los desarrollos teóricos y junto con una nueva metodología científica se elaboran modelos que buscan representar el mundo real. Por ejemplo, la econofísica y la sociología, ahora cuentan con una nueva herramienta para llevar a cabo investigaciones, las redes sociales complejas, un nuevo campo de investigación que ha tenido una gran aceptación entre los investigadores en la última década. Con estas teorías y metodologías, los fenómenos que se producen en estas disciplinas pueden ser estudiados para sacar conjeturas de las causas que producen estos fenómenos.

En esta tesis se aborda el problema de analizar los fenómenos que emergen en un sistema económico donde las marcas compiten por el mercado, construyendo una red social donde, desde el punto de vista social, ciertos individuos persuaden unos a otros para cambiar de marca, y a su vez, desde el punto de vista económico, estableciendo reglas de decisión de tal forma que los individuos reaccionan de diferente manera según les convenga.

1.1. Motivación

Muchas son las motivaciones para realizar esta tesis, las más importantes se enuncian a continuación.

- Adquirir conocimientos para llevar a cabo simulaciones de sistemas complejos, entender las metodologías científicas y las teorías que las sustentan.
- Comprender como se aplica un modelo físico a disciplinas como la economía y sociología para resolver un problema, especialmente cuando se trata de un campo de investigación reciente, y de interés actual, como lo son las redes sociales complejas.
- Aprender a utilizar la tecnología de la unidad de procesamiento gráfico (GPU) para paralelizar los procesos durante las simulaciones, y a su vez, verificar los pros y contras de esta tecnología que para la mayoría de los investigadores es aún totalmente desconocida.
- Y la principal razón para realizar esta tesis fue el poder trabajar con otros investigadores para aprender a hacer ciencia.

1.2. Antecedentes

En 1983 Wolfram [1] estudia los autómatas celulares estableciendo lo que hoy se conoce como las clases de Wolfram, unos años después se popularizan las redes complejas como modelos que se basan en parte de la teoría de los autómatas celulares, y usan las metodologías de simulación basada en agentes y el método de Monte Carlo con el objetivo de llevar a cabo investigaciones científicas, muchas de éstas en disciplinas como la biología, sociología y econofísica. A continuación se enlistan obras y acontecimientos importantes que anteceden y motivaron esta investigación, teniendo como base común las redes complejas.

- A principio de los 90's, el campo de la biología se convierte en un área fértil para la aplicación de redes complejas, éstas son utilizadas en estudios de biología molecular con el objetivo de comprender procesos moleculares tales como: reacciones metabólicas y regulación genética. Además, en éste mismo campo, se emplean para estudios de redes neuronales y ambientes predador-presa.
- En 1991 y 1994, Maddison [2] y Freeman [3], respectivamente, realizan investigaciones acerca de los efectos de la innovación tecnológica en los ambientes económicos.
- En 1998 Kwasnicki [4] estudia el potencial de los modelos basados en agentes para predecir y evaluar comportamientos, bajo ciertas condiciones económicas, de los modelos económicos evolutivos.
- Las redes sociales de Internet empiezan a popularizarse en el año 2002 y los investigadores las ven como fuente de estudio.

- En 2003 DeMarzo et al. [5] estudian el comportamiento de la evolución de las redes sociales, analizando la persuasión que unos individuos ejercen sobre otros.
- En 2006 Casillas et al. [6] analizan el proceso de competencia de marcas en un mercado bipartito en una red lineal.

Para finalizar, es importante mencionar que aunque desde hace unas décadas han habido esfuerzos para programar en GPU's, es en el año 2006 que se da a conocer como una nueva metodología de programación científica, y poco tiempo después, los investigadores de diversas áreas empiezan a utilizarla.

1.3. Importancia

En años recientes, los investigadores de las disciplinas que parecían ser ajenas a las teorías físicas y matemáticas, ahora han comprendido la gran ventaja que éstas proveen. La biología, economía, sociología y muchas otras, ahora usan modelos matemáticos como los autómatas celulares para comprender los fenómenos que suceden en algunos sistemas. Igualmente, gracias a la tecnología moderna, ahora se tienen metodologías de programación como la simulación basada en agentes para llevar a cabo experimentos que ayudan a entender los sistemas complejos, mas aún, con la programación paralela se pueden realizar experimentos en horas, que tan sólo unos años atrás habrían tomado meses en concluir.

En la última década las redes sociales se han vuelto un fundamento para los estudios sobre economía, en este tiempo las publicaciones de artículos e investigaciones sobre econofísica ha crecido notablemente, y la gran mayoría de éstas incluyen las redes sociales como dinámica de interacción, todas estas investigaciones tienen como gran propósito generar conocimiento que pueda ser aplicado para sus diversas disciplinas o en nuestra vida cotidiana. En esta tesis se pretende de igual forma aportar conocimientos, específicamente, de las topologías de las redes sociales, así como de los patrones de comportamientos que se dan en el ambiente económico de la competencia de marcas, igualmente, aportar pruebas que demuestren las ventajas y desventajas de utilizar programación en GPU, para realizar las simulaciones numéricas, en el modelo de estudio.

1.4. Objetivo general

Se pretende estudiar un modelo simplificado de la realidad que represente un sistema económico donde las marcas compiten por el mercado, analizando los fenómenos y patrones de comportamientos que emergen, así como la forma en que se vinculan con las variables del sistema, con el fin de establecer conjeturas sobre las causas socio-económicas que generan estos comportamientos.

1.4.1. Objetivos específicos

- Abstracter las variables de interés del sistema, así como las relaciones internas que se dan en éste, con el fin de elaborar un modelo que lo represente.
- Observar los comportamientos que se producen durante la evolución del modelo, así como los que se dan ante cambios en las variables, y establecer cuales son las causas que originan estos comportamientos.
- Realizar pruebas estadísticas que validen los resultados obtenidos en la investigación.
- Analizar la robustez del modelo, observando los cambios cualitativos y cuantitativos que se producen en éste al modificar los parámetros involucrados.
- Comparar los resultados, del proceso de competencia de marcas, obtenidos en la red social propuesta, que llamaremos red social del modelo o simplemente red del modelo, con otros tipos de redes, esto para observar los diferentes comportamientos que se dan entre ellas y explicar las causas de estas diferencias.
- Implementar un algoritmo para simular el modelo utilizando la nueva tecnología de programación paralela en GPU, y de esta forma comparar los tiempos de ejecución secuencial y paralelo.

1.5. Panorama general

A continuación se realiza una descripción breve de los capítulos que componen este documento.

- En el capítulo 2 se enuncian las definiciones, los conceptos y la teoría general, en la cual está basada esta investigación, que dan validez a la metodología seguida para cumplir los objetivos. De la misma manera, en el capítulo 3 se describe la teoría de las redes sociales complejas.
- En el capítulo 4 se expone el sistema que se pretende modelar, la abstracción realizada para construir el modelo que es objeto de estudio, así como los supuestos y simplificaciones que se han realizado. Aquí también se describe la metodología seguida para alcanzar los objetivos propuestos. Se presenta la descripción algorítmica que se ha seguido para llevar a cabo la simulación, se exponen las pruebas estadísticas que validan los resultados y se describe el proceso seguido para poder paralelizar el algoritmo.
- El capítulo 5 contiene los resultados de la simulación, los fenómenos encontrados y la interpretación de cada uno de ellos, aquí también se realiza una comparación del proceso de competencia en la red del modelo, con otros tipos de redes

sociales, exponiendo los comportamientos que se producen en cada una de éstas. Se presenta un análisis de la robustez del modelo, y por último, comparaciones entre los tiempos de ejecución algorítmicos secuencial y paralelo.