



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ciencias

Dinámica de paradigmas científicos: un MBA

Proyecto I

Profesor: Luis Guillermo García Jácome

Alumno: Navarro Castillo Rafael Alberto Carlos - 319001718

6 de diciembre de 2024

Contenido

Introducción	3
Pregunta de investigación	3
Objetivos	3
Descripción del modelo	4
Exploración y análisis	5
Conclusiones y perspectivas.....	6
Referencias	8

Introducción

Este proyecto explora un modelo basado en agentes sobre la dinámica de paradigmas científicos, basado en el trabajo de Thomas Kuhn y la aproximación de Rogier De Langhe en “*An Agent-Based Model of Thomas Kuhn's The Structure of Scientific Revolutions*” (2018).

En 1962 Thomas Samuel Kuhn, un físico, filósofo de la ciencia e historiador estadounidense, publica el que sería uno de sus trabajos más relevantes: “*La estructura de las revoluciones científicas*” (Kuhn, 1962). En dicho ensayo, Kuhn reflexiona sobre el desarrollo de la ciencia a lo largo del tiempo.

Entre otras cosas, se interesa en explicar la manera en que científicos independientes se autoorganizan para acumular conocimiento en un área sin una autoridad central. Introduce un concepto clave, *paradigma*, que De Langhe (2018) explica, revisando el mismo artículo de Kuhn, como «coordinación local y endógena sobre una serie de compromisos compartidos sobre cuáles son los enigmas, cómo resolverlos y qué cuenta como una solución aceptable» (p. 4). Es decir, podemos reconocerlos por las ideas a priori que un grupo de científico acepta como hipótesis para construir conocimiento.

Por ejemplo, Blánquez (1980) reconoce tres paradigmas centrales en las matemáticas: el griego clásico, con bases platónicas que perdura hasta la edad media; el paradigma lagrangiano, que en el siglo XVIII está representado por figuras como Euler y Lagrange; y finalmente el paradigma hilbertiano, cuando a finales del siglo XIX aparecen geometrías no euclidianas, conjuntos infinitos y en general nociones que desafían la intuición, por lo que se prioriza la validez lógica.

Así, De Langhe construye un modelo basado en agentes retomando las ideas de Kuhn. Dicho modelo será la principal fuente, pues se buscará replicar y extender con dos sencillas modificaciones para obtener resultados un poco más complejos.

Pregunta de investigación

Con estos elementos, guiaremos el trabajo preguntando: ¿Cómo emergen, evolucionan y se reemplazan los paradigmas científicos de forma descentralizada a partir de las interacciones locales entre agentes autónomos?

Objetivos

Son principalmente tres:

1. Replicación: Como primer acercamiento, se busca replicar la aproximación de De Langhe en el artículo antes mostrado.
2. Parámetro dinámico: Una extensión del modelo original será variar el parámetro α en función de los paradigmas activos, a diferencia de mantenerlo fijo.

3. Cambio espontaneo: Añadimos un parámetro de ruido, queremos evitar la estacionalidad del modelo para replicar la constante innovación en la ciencia. Con ambas extensiones buscamos conseguir comportamientos más interesantes.

Descripción del modelo

Tendremos una látilice cuadrada, donde cada casilla representará un científico, estos serán los únicos agentes del modelo. Cada uno tendrá como variable el paradigma al que están suscritos, representado por el color de su celda, y en cada tiempo se considera que hacen una publicación (como un paper). Con cada científico se puede calcular la función de “fe” en su paradigma actual como:

$$F(t) = \frac{(A(t) + 1)^\alpha}{P(t) + 1},$$

donde $A(t)$ es la cantidad de vecinos con el mismo paradigma, $P(t)$ es la cantidad de papers publicados, y α es un parámetro de retornos crecientes por adopción de un paradigma.

En cada tiempo, se realizarán N interacciones. Se selecciona un agente al azar, y se compara la función de fe con uno de sus ocho vecinos (objetivo), también elegido al azar. De esta interacción hay tres opciones: el objetivo adopta el paradigma del agente inicial, se mantiene en el mismo o se crea un nuevo paradigma.

Cada caso está dado por las probabilidades siguientes:

- Convertir al objetivo en mi paradigma: $\frac{F_{propio}}{F_{propio} + F_{vecino}}$
- Fallar la conversión: $\frac{F_{vecino}}{F_{propio} + F_{vecino}}$
- Crear nuevo paradigma en el vecino: $\frac{1}{F_{propio} + F_{vecino}}$

Respecto al parámetro α hay dos observaciones. Si $\alpha > 1$, amplifica la influencia de A , haciendo que los paradigmas con alta adopción sean mucho más atractivos. Si $\alpha < 1$, disminuye esta influencia, promoviendo mayor exploración de paradigmas menos adoptados.

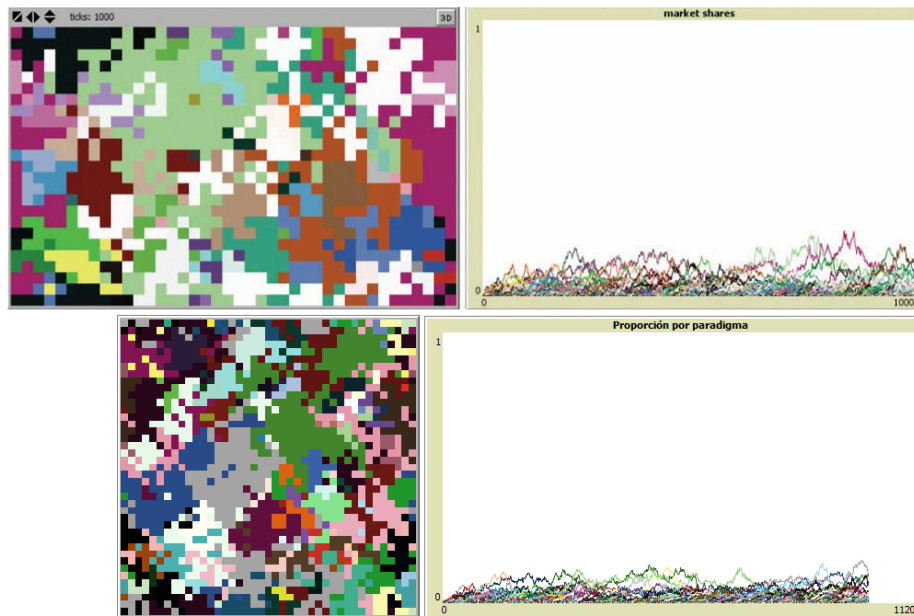
Con esta idea, durante la simulación se disminuirá el valor de α si se reconoce un estancamiento, es decir, un periodo largo de tiempo con la misma cantidad de paradigmas, para incentivar la exploración de los científicos.

Finalmente, el valor del parámetro *ruido* define la probabilidad de que ocurra una transformación de paradigma espontánea.

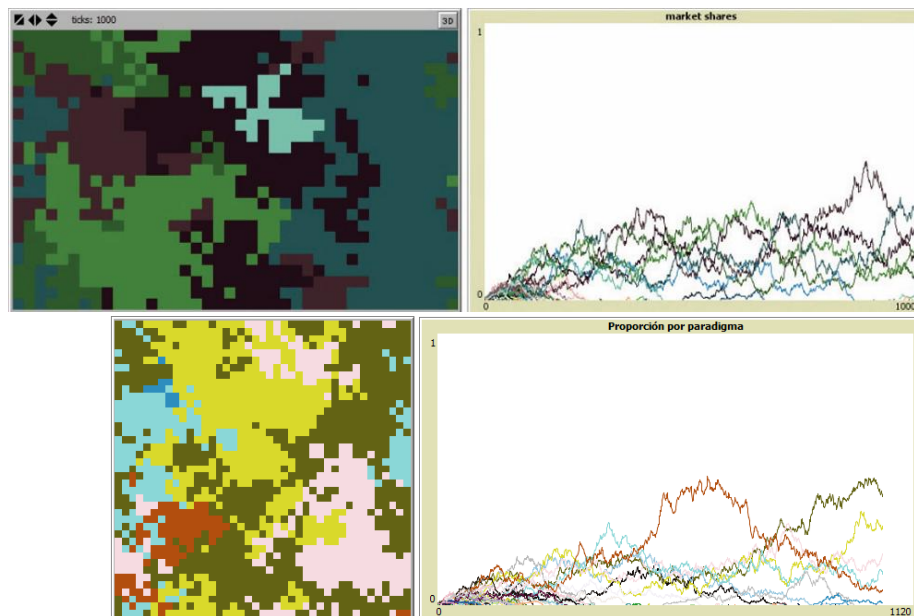
Exploración y análisis

Primero, veremos algunas comparaciones entre el desempeño del modelo de De Langhe y el nuestro, con los mismos parámetros. En la parte superior, el modelo del artículo, debajo nuestra implementación.

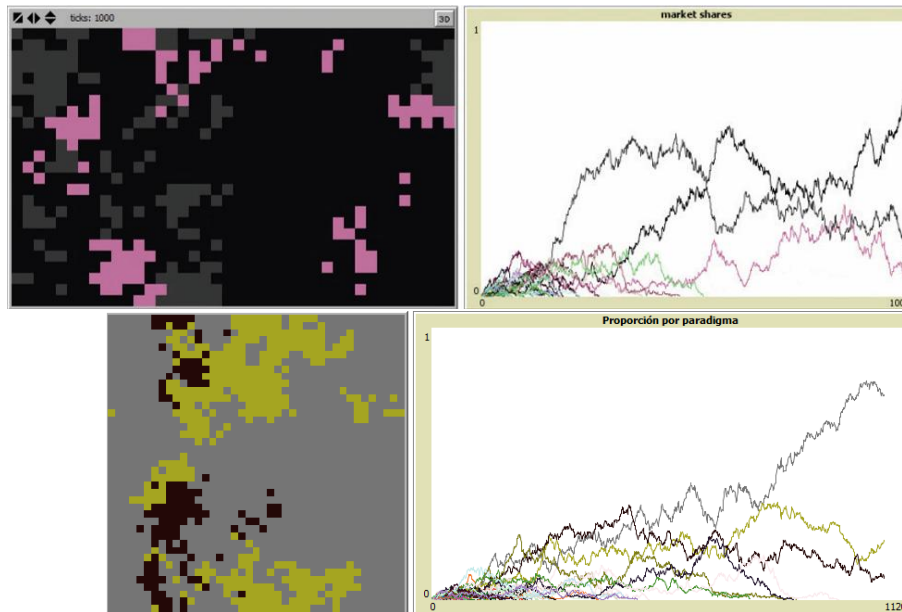
$$\alpha = 2.5$$



$$\alpha = 2.5$$

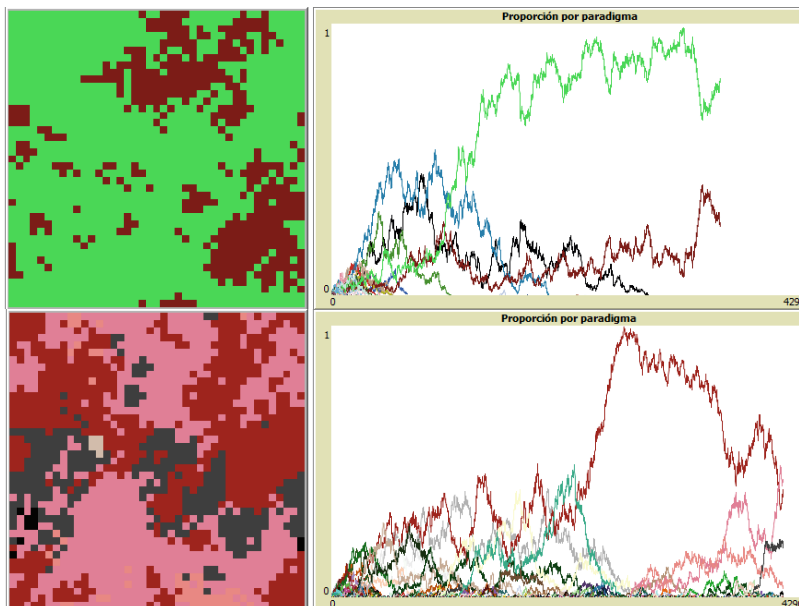


$$\alpha = 10$$



Vemos que los resultados son muy similares. Mientras más alta es α observamos menos paradigmas en las partes finales de la simulación.

Ahora, vamos a comparar un sin extensiones (como el modelo original) en la parte superior, y uno con ellas ($ruido = .4$ y α dinámica) en la parte inferior, ambas con $\alpha = 6$.



Observamos que en el modelo sin extensiones, el periodo en el que hay una gran variedad de paradigmas dura considerablemente menos que con extensiones. En el ejemplo superior, desde que

el verde gana una proporción considerable, ya nunca parece decaer; al contrario que en el inferior, pues a pesar de que el rojo también creció mucho, aún hay tendencias de cambio.

Conclusiones y perspectivas

Retomando los objetivos, parece que se cumplieron todos. El modelo original se replica bastante bien, y las extensiones añaden la complejidad buscada en las partes avanzadas de la simulación. Si la idea es representar el avance de la ciencia, parece más verosímil que se mantenga la variedad de supuestos, y no se estanque en solo unos cuantos.

Respecto a la pregunta de investigación, tal como se ha visto a lo largo del curso, es un ejemplo más de comportamientos emergentes interesantes a través de interacciones locales descentralizadas. Con sencillas reglas de interacción se consigue observar patrones complejos.

También, hay algunos problemas que se pueden señalar. En diversas ocasiones criticaron el concepto de *paradigma* de Kuhn por ser muy vago (Scheffler, 1982; Shapere 1984). Ciertamente, aunque se pueda tener una noción de lo que significa, es complicado definirlo de forma precisa para evitar ambigüedades. Este problema complica la interpretación de los resultados del modelo, pues es demasiado general para poder encontrar correspondencias directas con la realidad.

Probablemente el supuesto menos creíble es considerar a los científicos como entes independientes. Futuros trabajos podrían considerarlo y modificarlo con el propósito de formar grupos de agentes más unidos, por ejemplo, representando universidades o laboratorios. También que las interacciones sean solo con vecinos físicos puede cambiarse, para ahora tener redes más complejas de intercambio de información.

Aún así, no deja de ser interesante que las ideas de Kuhn puedan ser representadas por un modelo de este tipo, usando herramientas que en su momento no eran posibles considerar.

Referencias

- De Langhe, R. (2018). An agent-based model of Thomas Kuhn's «The Structure of Scientific Revolutions». *Historical Social Research*, 43(1), 28-47.
<https://doi.org/10.12759/hsr.43.2018.1.28-47>
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press.
- Blánquez, M. H. (1980). Paradigmas y matemáticas. *Publicacions de la Secció de Matemàtiques*, 51
- Scheffler, Israel. 1982. Science and subjectivity. New York: Hackett Publishing Company.
- Shapere, Dudley. 1984. Meaning and scientific change. *Boston Studies in the Philosophy of Science* 78: 58-101.