

Teoría de la autoorganización crítica

Teoría de la autoorganización crítica

La teoría de la autoorganización crítica es una teoría de la complejidad que permite estudiar cambios repentinos en el comportamiento de un [sistema](#). Esta teoría expresa que ciertos sistemas, compuestos por un gran número de elementos en [interacción](#) dinámica, evolucionan hacia un estado crítico, sin intervención externa y sin parámetros de control. El agrandamiento de una pequeña fluctuación interna puede conducir a un estado crítico y provocar una reacción en cadena que conduzca a una [cascata](#) (en el sentido de un cambio en el comportamiento de un sistema).

Esta teoría se basa en dos conceptos clave: autoorganización y criticidad. El término autoorganización designa la capacidad de los elementos de un sistema para producir y mantener una estructura en la [escala](#) del sistema sin que dicha estructura aparezca en el nivel de los componentes (J. L. Deneubourg, 2002) y sin que ella resulte de la intervención de un agente externo. El prefijo ["auto"](#) modifica el significado corrientemente dado al término organización. La autoorganización es un [proceso](#) de organización emergente (R.-A. Thietart, 2000). Pero se diferencia de esta última en el sentido de que la organización emergente no proviene de fuerzas externas (incluso si el sistema permanece abierto a su [entorno](#)), sino de la interacción de sus elementos. Si se aplica este concepto al estudio de las sociedades, esto significa que, además del principio regulador, no hay ni un líder, ni un centro organizador, ni una programación de un proyecto global a nivel individual. Estos fenómenos de autoorganización se pueden observar, por ejemplo, tanto en sociedades animales (organización de hormigueros, vuelos de pájaros), como en sociedades humanas (aplausos, pánico colectivo, intención de voto) o en sistemas geográficos ([redes](#) urbanas). En grupos humanos, por ejemplo, y en particular en el caso de la aparición de la propagación de un rumor o del pánico en multitudes (D. Provitolo, 2007), la autoorganización no es el resultado de una intención predeterminada. Los agentes o entidades en interacción, sin un objetivo común previamente definido, crean, sin saberlo y por imitación, una forma particular de organización. Lo que caracteriza por lo tanto a los sistemas autoorganizados es la aparición y el mantenimiento de un orden global sin que exista un conductor. Esta autoorganización significa que no se pueden observar las mismas propiedades en los niveles micro y macroscópicos.

En cuanto a la criticidad, ésta caracteriza los sistemas que cambian de fase, por ejemplo, el paso del agua al hielo, del pánico individual al pánico colectivo. De hecho, el sistema se vuelve crítico cuando todos los elementos se influyen mutuamente. Cuando se alcanza ese estado crítico, el sistema puede bifurcarse, es decir, cambia abruptamente su comportamiento para pasar de un atractor a otro. Ese estado crítico es un atractor del sistema [dinámico](#) alcanzado desde condiciones iniciales diferentes. Se dice que dicho estado crítico se autoorganiza porque el estado del sistema resulta de las interacciones dinámicas entre sus componentes y no de una perturbación externa. La autoorganización es, por lo tanto, un proceso que pasa por estados críticos.

La noción de criticidad autoorganizada fue propuesta por Per Bak, Chao Tang y Kurt Wiesenfeld en 1987. En su libro titulado *How Nature Works* ["The science of self-organized criticality"](#) [Cómo funciona la naturaleza ["La ciencia de la criticidad autoorganizada"](#)], Per Bak aplica esta teoría a numerosos fenómenos complejos, incluyendo la evolución filogenética de las especies vivientes, los mecanismos que desencadenan temblores de tierra, las avalanchas, los atascos de tráfico y, por poner un último ejemplo, las caídas de la bolsa de valores.

Para ilustrar esta teoría, P. Bak y otros utilizan un modelo simple: el montón de arena. El experimento consiste en añadir regularmente granos a un montón de arena. Poco a poco la arena forma un montón cuya pendiente, aumentando levemente, lleva al montón de arena a un estado crítico. El agregado de un grano puede entonces provocar una avalancha de cualquier tamaño, lo cual significa que una pequeña perturbación interna no implica necesariamente pequeños efectos. De hecho, en un sistema no lineal, una pequeña causa puede tener un gran impacto. Por lo tanto, las avalanchas experimentan diferentes amplitudes, todas ellas generadas por una misma perturbación inicial (un grano adicional de arena). Si bien no es posible predecir el tamaño y el momento de la avalancha, esta teoría nos proporciona información sobre la respuesta general del sistema cuando alcanza el estado crítico. El estado crítico autoorganizado de un sistema es, por lo tanto, un estado en el que el sistema es metaestable a nivel mundial, mientras que es inestable a nivel local. Esa inestabilidad local (pequeñas avalanchas en el modelo del montón de arena) puede generar una inestabilidad global (grandes avalanchas que conducen al colapso del montón) que lleva seguidamente al sistema a un nuevo estado metaestable: el montón de arena tiene una nueva base.

Según P. Bak, una de las particularidades de los sistemas autoorganizados críticos es que poseen una doble firma fractal: temporal y espacial. De este modo, las variables que describen el comportamiento del sistema siguen leyes de potencias y los

sistemas autoorganizados críticos construyen formas [fractales](#).

Aunque esta teoría ha sido objeto de numerosas aplicaciones en física, su utilización en ciencias sociales es más rara. En geografía, A. Dauphin (2003) aplicó la teoría de los sistemas autoorganizados críticos a las redes urbanas, vinculando su fractalidad funcional (Zipf) y espacial (Christaller) a esta teoría. De hecho, las ciudades de una red urbana se ordenan según una primera ley fractal, la ley rango-tamaño o la ley de Zipf (ley de potencias). Además, el ordenamiento de las ciudades en hexágono, demostrado por la teoría de los [lugares](#), es un ejemplo de organización territorial fractal. El sistema urbano metaestable (un sistema local, por ejemplo) alcanza de este modo un punto crítico antes de pasar hacia un nuevo estado metaestable (un sistema regional).

Ver también: [autoorganización](#)

Damienne Provitolo

Â

Â

Bibliographie

Bibliografía:

- Bak P. 1996, How Nature Works -The science of self-organized criticality, Springer Verlag
- Dauphin A., 2003, Les théories de la complexité chez les géographes, Economica, Paris.
- Dauphin A., Provitolo D., 2003, « Les catastrophes et la théorie des systèmes auto organisés critiques », p. 22-36, in : Les risques / sous la direction de V. Moriniaux. Nantes : Éditions du Temps
- Dauphin A., 2003, « Les réseaux urbains : un exemple d'application de la théorie des systèmes auto-organisés critiques », Annales de Géographie, n° 631, p. 227-242.
- Deneubourg J-L., 2002, « Emergence et insectes sociaux », p. 99-117, in : La complexité, vertiges et promesses sous la direction de Rida Benkirane, Le Pommier.
- Provitolo D., 2007, « A proposition for a classification of the catastrophe systems based on complexity criteria », 4th European Conference on Complex Systems (ECCS'07), - EPNACS'2007 - Emergent Properties in Natural and Artificial Complex Systems, Dresden, Germany, October 1-5, 2007. Actes du colloque.
<http://www-lih.univ-lehavre.fr/~bertelle/epnacs2007-proceedings/provitolo4epnacs07.pdf>
- Sornette D., 2006, Critical Phenomena in Natural Sciences: chaos, fractals, selforganization and disorders, Berlin, Springer Verlag, 2^e édition, 528 p.
- Thiart R.-A., 2000, « Management et complexité : concepts et théories », Cahier n° 282, Centre de Recherche DMSP.