Redes probabilísticas: la respuesta de la ciencia ante lo inesperado

Enrique Hernández Lemus describe las redes probabilísticas como herramientas para analizar el comportamiento azaroso de los fenómenos.

Elena Sánchez Ascencio
13 de febrero de 2025

Los fenómenos que suceden en la naturaleza, como la propagación de enfermedades o los terremotos, son tan difíciles de predecir que la ciencia ha desarrollado herramientas matemáticas para comprender mejor cómo es que se comportan.

De esto habló Enrique Hernández Lemus investigador de Ciencias Médicas en el área de Genómica Computacional del Instituto Nacional de Medicina Genómica de la Secretaría de Salud y del Centro de Ciencias de la Complejidad (C3) de la UNAM, en una conferencia en el Instituto de Fisiología Celular de la UNAM titulada “Confundidos y enredados: redes probabilísticas en biología y medicina”.

Para Hernández Lemus, los fenómenos biológicos tienen una naturaleza que podemos considerar estocástica, aleatoria, lo que indica, entre otras cosas, que no podemos predecir con certeza total lo que va a suceder. “Los sistemas biológicos hacen lo que se les da la gana, lo cual los científicos suelen atribuir al azar o variaciones aleatorias”, mencionó el investigador.

Por ejemplo, el clima es estocástico porque aunque se pueden hacer pronósticos, no se puede predecir con certeza total el clima exacto, ni siquiera para mañana.

Un proceso estocástico, en ese sentido, se considera tal cuando la forma en que evoluciona no es determinista, sino provocada por una serie de procesos azarosos con múltiples variables. Algunos ejemplos de fenómenos con variables aleatorias interrelacionadas pueden ser desde las interacciones

ecológicas entre especies hasta cómo funciona el tráfico en una red de transporte urbano.

> Aunque no se pueden predecir, Hernández Lemus explicó que sí es posible aproximarnos a su comportamiento mediante modelos matemáticos conocidos como redes probabilísticas, con las cuales se pueden obtener representaciones de los fenómenos biológicos. Estas redes probabilísticas permiten obtener variables entre interacciones complejas y mapearlas a cosas más entendibles.

Como diagramas en el área de salud que pueden interpretar la relación entre síntomas, enfermedades y resultados de pruebas. O también, modelos para analizar estrategias de mercado que conectan usuarios productos y características de los mismos.

Esto quiere decir que las redes probabilísticas forman parte de las herramientas que la ciencia ha desarrollado para representar cómo se comportan los fenómenos naturales desde un punto de vista probabilístico.

Las redes probabilísticas se pueden explicar con el ejemplo del teléfono descompuesto que desarrolla Hernández Lemus. Si una persona cuenta con una serie de cinco personas cercanas y les envía un mensaje a cada una de ellas, lo más probable es que el mensaje se "descomponga" y no llegue a su destino final como la versión original.

El investigador interpreta lo anterior como la naturaleza probabilística de los mensajes, pues resulta que no llegan de manera determinística, palabra por palabra.

"La comunicación entre humanos es una forma interesante de analizar las redes probabilísticas ya que tienen una estructura curiosa y difícil de predecir porque implica una ambigüedad en la comunicación y aún así nos seguimos entendiendo", dijo el investigador.

Entonces, a pesar de que la comunicación humana no está determinada a ser de una forma específica, sigue funcionando, y las redes probabilísticas pueden ayudar a interpretar los comportamientos de un sistema como éste.

Hernández Lemus menciona que las representaciones de las redes también conocidas como grafos se componen de otros elementos matemáticos como matrices de adyacencia o mapas de conectividad. "De forma que las distintas representaciones pueden hacer que ciertas características de un sistema complejo sean más fáciles de ver", aseguró.

Redes probabilísticas y complejidad

> En las últimas décadas, las redes complejas en física estadística han sido los principales métodos para estudiar los sistemas complejos. De tal manera que existe una sinergia entre las redes complejas y las redes probabilísticas para modelar y predecir el comportamiento de sistemas complejos a partir de datos.

Un ejemplo es un sistema de regulación génica, compuesto por miles de genes que interactúan entre

sí al activar o suprimir su expresión lo cual desempeña un papel clave en la dinámica y función del organismo.

La regulación génica se puede considerar un sistema complejo ya que involucra un comportamiento con variables interconectadas, interacciones no lineales y resultados emergentes que pueden modelarse mediante redes probabilísticas.

Durante la charla, el investigador mencionó aplicaciones de las redes probabilísticas a lo largo de su trayectoria, como la regulación genética en cáncer de riñón y cáncer de pulmón. También sobre su trabajo en redes de diferenciación de células y epidemiología e incluso se han usado en la pandemia de COVID-19, donde se utilizaron datos de telefonía celular para reproducir redes de contactos y diseñar estrategias de salida del confinamiento.

Las técnicas físicas y matemáticas ofrecen un marco valioso para explorar y comprender la complejidad de los sistemas biológicos. Al adoptar diferentes representaciones de los fenómenos naturales mediante modelos matemáticos, su comportamiento se puede hacer más comprensible.

Al final de su charla, Hernández Lemus enfatizó la importancia de la colaboración interdisciplinaria en su laboratorio compuesto por especialistas en física, matemáticas, ciencias de la computación, biología, genómica, medicina y biotecnología.

Y destacó que la ciencia más interesante de hoy es la colectiva, ya que un solo individuo no puede tener todo el conocimiento necesario para avanzar en áreas complejas.

“La idea de que un solo individuo va a tener todo el conocimiento para hacer ciencia en un área estaba muy bonita hace unos años, pero yo creo que la ciencia más interesante de este tiempo es la colectiva”, concluyó.

Ligas de interés

- Confundidos y enredados: redes probabilísticas en biología y medicina:

https://www.youtube.com/watch?v=zkxMwywzKvo

- Modelado de sistemas complejos con redes probabilísticas:

https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/26836

- Inferencia de redes complejas de regulación génica a partir de relevamientos transcripcionales de gran escala:

https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n7221_Rabinovich.pdf