



¿VALE TU EXPERIENCIA ANTE LA INCERTIDUMBRE? LA LÓGICA Y SISTEMAS DIFUSOS

FRANCISCO JAVIER TREJO GARCÍA
Estudiante del Doctorado en Ingeniería Industrial.
Universidad Anáhuac México. Facultad de Ingeniería.
francisco_trejo@anahuac.mx

RAFAEL TORRES ESCOBAR
Profesor Investigador.
Universidad Anáhuac México. Facultad de Ingeniería.
rafael.torrese@anahuac.mx

La incertidumbre está presente en todo momento y en todos los tiempos. Una vez escuché lo que podría ser una aparente broma, se las platico: en cierta ocasión, al visitar el Museo de Historia Natural en la Ciudad de México, vi lo que en apariencia era una osamenta de un dinosaurio. Un vigilante muy atento a mi interés me dijo: "Sabes, este dinosaurio tiene aproximadamente 150 000 025 de años". Yo me dije: "¿Cómo es eso posible? ¡Qué precisión! ¡Qué impresionante!" Así que, acto seguido, le pregunté: "¿Cómo sabe usted exactamente que tiene esa edad?" Y él me contestó muy seguro, confiado y hasta orgulloso: "Cuando entré a trabajar en el museo, el dinosaurio tenía 150 000 000 de años. Eso me dijo el director del museo en ese entonces", me contestó el guardia y añadió: "Hace un mes cumplí 25 años de laborar aquí, así que hoy en día el dinosaurio tiene 150 000 025 de años de edad". ¿Cuál sería tu conclusión al saber con tal precisión la edad de ese dinosaurio? La realidad es que la incertidumbre se entromete en nuestros planes para el futuro, nuestra interpretación del pasado y las decisiones en el presente. Por lo

anterior, debes valorar qué es lo más importante realmente en tu proceso para tomar decisiones. Debes ser muy cuidadoso, requerir precisión en los modelos y productos o servicios, de lo contrario, esto se puede traducir en un alto costo y un largo tiempo de espera en la producción y el desarrollo. Quizá, el costo resulte tan alto que nadie: ni tu compañía, ni tu jefe, pero, sobre todo, ni tus clientes, estén dispuestos a pagar o esperar. Una respuesta exacta no es una garantía de éxito, ni de un resultado óptimo.

Desde una perspectiva científica, la incertidumbre es algo que se debe evitar a toda costa, sin embargo, este concepto ha evolucionado, por ejemplo, usando la teoría de probabilidad. Así, mientras el matemático construye una teoría en términos de objetos "perfectos", el científico experimental observa objetos cuyas propiedades exigidas por la teoría son, y pueden ser, en la naturaleza misma de la medición, sólo aproximadamente verdaderos (Black, 1937). Lo cierto es que la incertidumbre en la ciencia, la ingeniería o los fenómenos sociales puede



manifestarse de muchas formas: puede ser difusa (no nítida, poco clara, imprecisa o aproximada), vaga (no específica, amorfa), ambigua (tener demasiadas opciones o incluso ser contradictoria), también puede ser de la forma que represente la ignorancia o desconocimiento absoluto, o bien de la forma resultante simplemente de la variabilidad natural del comportamiento de un proceso.

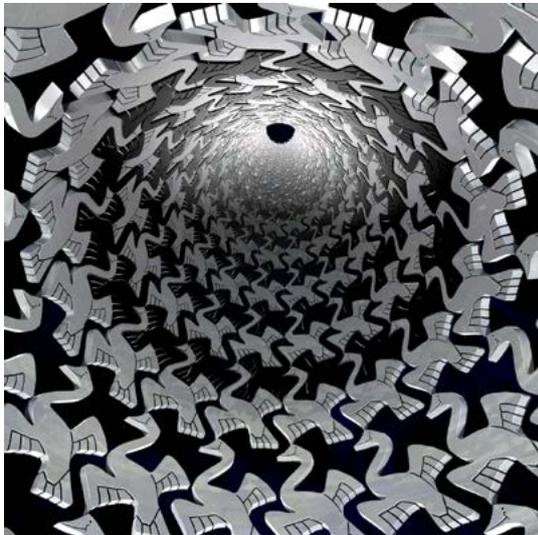


Imagen tomada de:
<https://www.cgtrader.com/gallery/project/mc-escher-interpretation>

Los sistemas difusos

En esta ocasión te platicaré algo sobre los sistemas difusos, algo que te permite descubrir un sinnúmero de oportunidades, partiendo de toda su base matemática, que es igual de rica que los sistemas “exactos tradicionales”, y un poco más, pues integra no solo las bases numéricas o algebraicas, sino también todo tipo de información y conocimiento no numérico, integra un valiosísimo elemento para la toma de decisiones, que te pido mantengas en secreto... la experiencia. Sí, la experiencia es integrada en estos sistemas; viéndolo bien, los sistemas difusos pueden considerarse, en una forma rudimentaria, como un sistema experto. Así, una de las principales aportaciones y beneficios de la teoría de los sistemas difusos

es la de aproximar el comportamiento de un sistema en el que no existen funciones analíticas o relaciones numéricas, o son demasiado complejos para modelarlos, o bien un sistema demasiado nuevo, que no ha sido probado, o del que no se tiene suficiente información, quizás no conoces ninguno, ¿verdad?

Para algunos problemas, las soluciones exactas no siempre son necesarias. Una solución aproximada, pero rápida, puede ser útil para tomar decisiones preliminares, o como una estimación inicial en una técnica numérica más precisa (Zadeh, 1965).

¿Cuándo puedes usar la lógica o sistemas difusos?

Puedes usar un sistema o lógica difusa cuando quieres trasladar la experiencia humana hacia una computadora, o bien procesar información con un alto grado de incertidumbre, pero del que cuentas con suficientes criterios para estructurar un sistema. ¿Qué ocupas?:
 a) un módulo de procesamiento de parámetros de entradas, b) establecer una función de membresía o relación entre variables y los resultados de tu sistema, c) un módulo que traduzca esas entradas a tu sistema (un fusificador), d) reglas de control (que traduzcan esa experiencia en acciones o parámetros que permitan tomar o sugerir las decisiones), e) un traductor de los resultados de la aplicación de esas reglas (un defusificador) y f) un módulo de post-procesamiento que te permita controlar, retroalimentar o tomar decisiones de la salida de tu sistema.



Imagen tomada de:
<https://www.ceupe.com/blog/logica-difusa-en-la-inteligencia-artificial.html>



¿Y esto será suficiente?

Históricamente, la probabilidad y los sistemas difusos se han presentado como teorías o fundamentos de razonamiento y decisión donde existe una incertidumbre. Si revisamos los axiomas que sustentan a ambas, encontraremos que solo 1 de 16 axiomas difieren entre ambos, o bien las propiedades de las operaciones en la teoría de conjuntos clásicos tienen casi por completo su representación en las propiedades de los conjuntos difusos. Así, mientras un resultado certero o *crispy* posee una sola función de membresía, en la lógica o sistemas difusos pueden poseer un número infinito de estos; las posibilidades son pues infinitas, paradójico, ¿no? Por si te preocupan mucho las matemáticas, te comparto, por ejemplo, lo siguiente: mientras en la lógica clásica una sentencia puede ser verdadera (1) o falsa (0), en la lógica o los sistemas difusos una sentencia verdadera puede tomar valores entre 0 y 1, es decir, tiene un grado de certeza. Eso es todo. Esto quiere decir que un sistema difuso te permite “jugar” múltiples grados de verdad o certidumbre, te permite “jugar” con tu experiencia o enriquecerla con la experiencia de los demás, explorar, innovar, indagar (Ross, 2017).



Imagen tomada de:
<https://www.pinterest.es/pin/477240891773809568/>

¿Y hay algo nuevo?

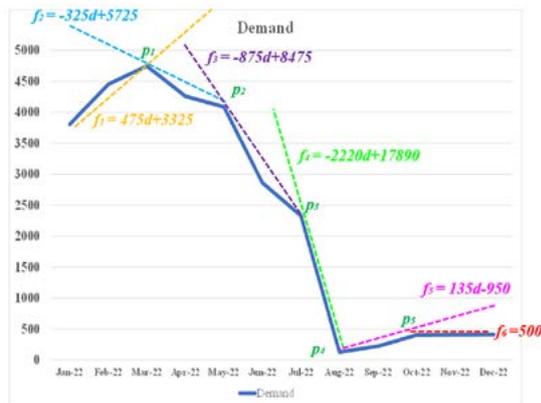
Sí. Pese a que la lógica y los sistemas difusos o conceptos sobre la vaguedad de los sistemas han estado presentes desde el siglo pasado, hay muchas aplicaciones que no se han explorado. Una de ellas muy importante, en la cadena de suministro, que, usando una analogía del cuerpo humano, representa la sangre que lleva el oxígeno y los nutrientes a todo el cuerpo (que sería tema de otro artículo completo). A través del modelo de Sugeno y Takagi (1985), puedes hacer uso del mismo para el pronóstico de demanda con un perfil de temporalidad. Estableces un grupo de funciones lineales en las que, a través de las mismas, puedes inferir el pronóstico de la demanda de un producto o servicio, y lo más interesante, puedes integrar en la resolución de tu modelo la información que tienes sobre el comportamiento de productos o servicios similares, basado en experiencia de los usuarios, expertos o el comportamiento de los mercados, todo esto con una sorprendente mínima cantidad de información y datos, que puede darte mejor resolución que por otros métodos como: los índices de temporalidad u otros en los que, por la poca cantidad de información, sería imposible, como la minería de datos. Así que no te sorprendas de encontrar un método tan sencillo con resultados sorprendentes (Pilevari, SeyedHosseini y Jassbi, 2008).

Así, cuando buscas por ejemplo medir la exactitud de un método de pronóstico, usas, entre otros, el error porcentual absoluto medio (MAPE, por sus siglas en inglés). Los resultados obtenidos a través de un modelo basado en la lógica difusa superan a los de otros modelos y metodologías como los ya mencionados: índice de estacionalidad o incluso minería de datos, que apenas llegan a obtener mejores resultados (5.1%) pero con un enorme esfuerzo. ¡La simplicidad sí paga! Los resultados muestran que la capacidad de predicción con el modelo de pronóstico de series temporales



difusas es mejor que el enfoque tradicional, especialmente si consideramos la cantidad de datos disponibles.

Te comparto un ejemplo: tienes un producto en el que cuentas con muy pocos registros de demanda (<20), con base en ese comportamiento, defines una serie de funciones lineales f_1, f_2, \dots, f_n , donde puedes formular reglas de control matemático (lineales, por ejemplo) y, en función de estas, traducirlas posteriormente en reglas lingüísticas, que entiendan tu modelo y que le digan a tu sistema qué hacer o cómo pensar; aquí es donde tú o la persona experta puede determinar la función de membresía que más se apegue al comportamiento que conoces (normal, triangular, sigmoide, etc.), estableces las reglas que servirán para modelar tu sistema y, con base en estas, determinas la superficie de respuesta de tu modelo. Con esto puedes hacer prácticamente cualquier interpolación de resultados. Combinas el comportamiento de la demanda, la experiencia, la modelación matemática y, finalmente, el pronóstico.



Fuente: Imagen proporcionada por los autores.

¿Tienes de qué preocuparte?

No. Siempre tendrás la oportunidad de hacer un sistema, un proceso de toma de decisiones o una elección tan complejos como lo requieras. Puedes incursionar en modelos de

ciencia de datos, inteligencia artificial, modelos y simulación... Claro, primero debes preguntarte si puedes hacerlo o si tienes tiempo. Puedes incursionar en otros modelos predictivos para sistemas incompletos, como el análisis estocástico, conjuntos aproximados (*rough sets*) (Pawlak, 1982) o sistemas grises (Deng, 1982), pero ¿por qué no empiezas explotando y valorando tu experiencia?



Imagen tomada de: https://www.freepik.es/foto-gratis/primer-plano-dardo-blanco_6951312.htm#query=tiro%20al%20blanco&position=19&from_view=keyword&track=ais

Referencias

- Black, M. (1937). Vagueness. An empirical in logical analysis. *Philosophy of Science*, 4(4), 427-455.
- Deng, J. L. (1982). Control problems of grey systems. *Systems & Control Letters*, 1(5), 288-294.
- Pawlak, Z. (1982). Rough sets. *International Journal of Computer & Information Sciences*, 11(5), 341-356.
- Pilevari, N., SeyedHosseini, S., y Jassbi, J. (2008). Fuzzy Logic Supply Chain Agility Assessment Methodology. En N. Pilevari, S. SeyedHosseini y J. Jassbi, *Fuzzy Logic Supply ChalIEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, pp. 1113-1117.
- Ross, T. (2017). *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. Nueva Jersey: John Wiley & Sons.
- Sugeno, M., y Takagi, T. (1985). Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control. *IEEE Transactions on Systems, man, and Cybernetics*, 15(1), 116-132.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.