

# Matemáticas para la eficiencia: simulaciones rápidas y modelos ligeros en ingeniería

*José Carlos García Merino*

*jc.garcia@scc.uned.es*

Departamento de Sistemas de Comunicación y Control. Universidad Nacional de Educación a Distancia

**Palabras Clave:** Modelos subrogados; Ciberseguridad; IoT; Ciencia de datos

**AMS:** 60J80

## Resumen

Uno de los principales objetivos de matemáticos, científicos e ingenieros es desarrollar modelos capaces de describir fielmente diferentes realidades físicas. El desarrollo acelerado en los últimos años de la informática en general, y de la Inteligencia Artificial en particular, ha hecho posible abordar muchos problemas que antes se consideraban intratables. Los enfoques computacionales se han aplicado con éxito en un amplio rango de disciplinas, como la ingeniería civil, la ciencia de materiales o la ciberseguridad, entre otras. Sin embargo, la implementación de técnicas computacionales avanzadas necesita de una gran cantidad de recursos informáticos que no siempre están disponibles. Mi línea de investigación se centra en el desarrollo y optimización de modelos matemáticos para la resolución de diversos problemas de ingeniería.

Un problema común en la práctica es que las simulaciones de sistemas complejos, como por ejemplo del comportamiento mecánico de materiales de construcción, requieren habitualmente de varias horas de computación para resolver una única configuración experimental. Cuando se desea estudiar cómo varía esta respuesta frente a múltiples escenarios es necesario realizar miles de simulaciones, lo que puede traducirse fácilmente en varias semanas o meses de tiempo de cálculo, limitando la realización de análisis probabilísticos como métodos Montecarlo. Una solución eficaz este problema consiste en el desarrollo de *modelos subrogados*, es decir, modelos matemáticos entrenados para aproximar el resultado de una simulación compleja en un tiempo muy reducido. Gracias a ellos realizar tareas de inferencia o análisis de sensibilidad de forma mucho más eficiente.

Otra necesidad de optimización viene dada por la incapacidad de desplegar modelos matemáticos en dispositivos de bajo coste. Por ejemplo, en el campo de la ciberseguridad son cada vez más frecuentes los sistemas de detección de intrusos (IDSs) basados en Inteligencia Artificial. Sin embargo, debido a sus limitaciones computacionales, es complicado desplegar este tipo de herramientas en dispositivos del Internet de las Cosas (IoT). Esta limitación es especialmente preocupante si se tiene en cuenta que muchos dispositivos IoT manejan datos sensibles o controlan procesos críticos, y al no contar con medidas de protección avanzadas, se convierten en puntos vulnerables dentro de la red. Por tanto, optimizar los modelos de detección para que puedan funcionar eficientemente en estos entornos es una necesidad urgente para garantizar la seguridad tanto de la información como de las operaciones que dependen de estos dispositivos.

**Agradecimientos:** Este trabajo cuenta con el apoyo del Gobierno de España (a través del Instituto de Ciberseguridad de España, INCIBE), mediante la Cátedra Internacional “Smart Rural IoT and Secured Environments”, en el contexto del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia financiado por la Unión Europea (NextGenerationEU/PRTR). El autor agradece también el apoyo de INTECCA, así como del grupo de investigación CiberCSI de la UNED.

### Referencias

- [1] García-Merino, J.C., Calvo-Jurado, C., & García-Macías, E. (2022). *Polynomial chaos expansion for uncertainty propagation analysis in numerical homogenization of 2D/3D periodic composite microstructures*. Compos. Struct., 300, 116130.
- [2] García-Merino, J.C., Calvo-Jurado, C., Martínez-Pañeda, E., & García-Macías, E. (2023). *Multielement polynomial chaos Kriging-based metamodelling for Bayesian inference of non-smooth systems*. Appl. Math. Model., 116, 510–531.
- [3] Li, J., Othman, M.S., Chen, H., & Yusuf, L.M. (2024). *Optimizing IoT intrusion detection system: feature selection versus feature extraction in machine learning*. J. Big Data, 11(1), 36.