

Redes neuronales en la optimización aerodinámica de perfiles de ala de avión

Guillem Pérez, Victoria Muerza, Fernando Pascual y Emilio Larrodé

Afiliación: *Smart and Sustainable Logistics & Supply Chains*
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.
Tel. +34-976762707, e-mail: guillem.perez@unizar.es

Resumen

En este trabajo se desarrolla la implementación de dos tipos de redes neuronales que se van a usar posteriormente en optimización aerodinámica de perfiles de ala de avión: las *graph neural networks* (GNNs) y las *neural ordinary differential equation* (neural ODEs).

Introducción

Las redes neuronales son una familia de modelos matemáticos para la predicción de patrones con aplicación a una gran cantidad de cambios. En este trabajo se estudia la implementación de dos tipos distintos de redes neuronales en dos fases de un algoritmo de optimización aerodinámica sobre perfiles de ala de avión.

En primer lugar se usa una GNN para la predicción de los coeficientes aerodinámicos de los perfiles de ala de avión. Esto es lo que se llama modelo sustituto, un modelo que evita emplear simulación numérica CFD para reducir el coste computacional del algoritmo.

En segundo lugar, se emplea una Neural ODE como método de propuesta de nuevas geometrías. Es decir, la Neural ODE es la manera de explorar el espacio de diseños

Graph neural networks (GNNs)

Las GNNs son una subfamilia de redes neuronales que trata con grafos. Los datos de entrada de la red son magnitudes características (*features*) que se definen sobre cada uno de los nodos de la red. Y, la conectividad dentro de la red se define con una convolución que sigue los vértices del grafo. De esta manera, a medida que se aplican capas, las magnitudes características en cada nodo se van actualizando con los datos de los vecinos.

En este caso, la malla del perfil de ala de avión dado es el grafo que estudia la red. Y se usa la GNN para la predicción de los coeficientes aerodinámicos

Neural ordinary differential equations (Neural ODEs)

Las neural ODEs son un tipo de redes neuronales que en lugar de definirse por capas son continuas. En concreto, se tiene una ecuación diferencial que codifica un campo de deformación. El campo resultante depende de unos parámetros que controlan la deformación.

De esta manera, si se tiene una geometría inicial de perfil de ala de avión, al aplicar el campo de deformación se obtiene una geometría nueva.

Una ventaja importante del campo de deformación obtenido por la neural ODE es que, bajo ciertas condiciones, mantiene las características topológicas. Es decir, por ejemplo si la geometría inicial no intersecta consigo misma, la geometría nueva tampoco lo hará. Esto permite explorar el espacio de geometrías de una manera más eficiente al evitar geometrías no deseadas.

Conclusiones

En este trabajo se presentan enfoques de redes neuronales para su aplicación en un algoritmo de optimización aerodinámica en el caso particular de los perfiles de ala de avión.

REFERENCIAS

- [1]. CHEN, Ricky T. Q. et al. Neural Ordinary Differential Equations. En *arXiv.org* [en línea] [cit. 25.05.2026]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/1806.07366v5>
- [2]. FEY, Matthias et al. SplineCNN: Fast Geometric Deep Learning with Continuous B-Spline Kernels. En

arXiv.org [en línea] [cit. 25.05.2026]. Disponible en:
<https://arxiv.org/abs/1711.08920v2>

- [3]. SCARSELLI, Franco et al. The Graph Neural Network Model. En *IEEE Transactions on Neural Networks* [en línea]. 2009, vol. 20, n° 1, pp. 61-80. ISSN 1941-0093. DOI: [10.1109/TNN.2008.2005605](https://doi.org/10.1109/TNN.2008.2005605)

- [4]. SUN, Shanlin et al. Topology-Preserving Shape Reconstruction and Registration via Neural

Diffeomorphic Flow. En *arXiv.org* [en línea] [cit. 25.05.2026]. Disponible en:
<https://arxiv.org/abs/2203.08652v2>

- [5]. DUPONT, Emilien, DOUCET, Arnaud, TEH, Yee Whye. Augmented Neural ODEs. En *arXiv.org* [en línea] [cit. 25.05.2026]. Disponible en:
<https://arxiv.org/abs/1904.01681v3>