UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-158-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Clasificación de jets en Física de Partículas mediante redes neuronales profundas

Descripción general (resumen y metodología):

En la Física de Partículas experimental, una parte esencial del análisis de datos consiste en identificar correctamente la naturaleza de los objetos reconstruidos en el detector. Entre ellos, los jets desempeñan un papel central, ya que aparecen como consecuencia de la fragmentación y hadronización de quarks y gluones y contienen información relevante sobre el proceso físico subyacente. La clasificación de jets resulta, por tanto, de gran interés tanto en medidas de precisión del Modelo Estándar como en búsquedas de nueva física.

En los últimos años, las técnicas de aprendizaje automático (machine learning), y en particular las redes neuronales profundas, han adquirido una gran importancia en el análisis de datos en Física de Partículas. Estas herramientas permiten explotar relaciones complejas entre variables cinemáticas y patrones internos de los jets que no siempre son f´acilmente accesibles mediante métodos tradicionales.

En este trabajo se abordará el estudio de la clasificación multiclase de jets mediante redes neuronales profundas utilizando el dataset JetClass, un conjunto de datos público de gran tamaño diseñado específicamente para tareas de jet tagging. Este dataset incluye diez tipos de jets y constituye un benchmark abierto para investigación en aprendizaje profundo (deep learning) aplicado a Física de Partículas.

El trabajo se centrará en el análisis de distintas representaciones del jet. Por un lado, se considerarán variables globales del jet y por otro, se estudiará la información asociada a sus partículas constituyentes, con el fin de incorporar la subestructura interna del jet al proceso de clasificaci´on y analizar hasta qué punto esta representación más detallada del jet mejora su clasificación. De este modo, este trabajo combinará el estudio físico del problema con el desarrollo de modelos computacionales y el análisis crítico de los resultados obtenidos.

Tipología: Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

Objetivos planteados:

- Comprender el papel de los jets en Física de Partículas y su relevancia en el an´alisis de datos de colisionadores.
- Introducir los fundamentos físicos del problema de clasificación de jets y de los principales procesos incluidos en el dataset.
- Familiarizarse con la estructura del dataset JetClass y con el manejo de datos en formato ROOT.
- Identificar y describir las variables globales del jet y las variables asociadas a sus partículas constituyentes.
- Implementar un primer modelo de clasificaci´on multiclase basado en redes neuronales usando variables globales del jet.
- Estudiar posteriormente un enfoque más completo que incorpore información sobre la subestructura interna del jet.
- Comparar el rendimiento de ambos enfoques mediante métricas adecuadas de clasificación.

- Analizar la matriz de confusión para estudiar qué clases se distinguen mejor y cu´ales presentan mayores confusiones.
- Interpretar los resultados desde un punto de vista físico, relacionando los errores del modelo con las características de las distintas clases de jets.
- Valorar las ventajas y limitaciones del uso de redes neuronales en este tipo de problemas de Física de Partículas.

Bibliografía básica:

- H. Qu, C. Li, S. Qian, Particle Transformer for Jet Tagging, Proceedings of the 39th International Conference on Machine Learning (PMLR 162), 2022.
- Repositorio oficial de Particle Transformer / JetClass.
- M. Cacciari, G. P. Salam, G. Soyez, The anti-kt jet clustering algorithm, JHEP 04 (2008) 063.
- A. J. Larkoski, I. Moult, B. Nachman, Jet Substructure at the Large Hadron Collider: A Review of Recent Advances in Theory and Machine Learning, Physics Reports 841 (2020) 1–63.
- C. M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006.
- I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, Deep Learning, MIT Press, 2016.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Metodología

- Revisión bibliográfica inicial sobre jets, jet tagging y aplicaciones recientes de redes neuronales en Física de Partículas.
- Estudio del dataset JetClass y de su organizaci´on en archivos ROOT, incluyendo variables globales del jet, partículas constituyentes y etiquetas de clase.
- Preparación y preprocesado de los datos para su uso en modelos de machine learning.
- Implementación de un modelo base de clasificaci´on utilizando únicamente variables globales del jet.
- Implementación de un segundo enfoque que incorpore informaci´on de las part´ıculas constituyentes del jet.
- Entrenamiento, validación y evaluación de los modelos mediante métricas adecuadas.
- Comparación de resultados entre modelos y análisis de la matriz de confusi´on.
- Discusión física de los resultados y elaboración de conclusiones.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: JOSÉ LUIS BERNIER VILLAMOR

Ámbito de conocimiento/Departamento: ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA DE COMPUTADORES

Correo electrónico: jbernier@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos:

Ámbito de conocimiento/Departamento:

Correo electrónico:

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos: MANUEL JIMENEZ JAEN

Correo electrónico: mjimenezj765@correo.ugr.es