



Propuesta de Trabajo Fin de Grado del Doble Grado en Física y Matemáticas

Responsable de tutorización: Bruno Zamorano García

Correo electrónico: bzamorano@ugr.es

Departamento: Física Teórica y del Cosmos

Área de conocimiento: Física Teórica

Responsable de cotutorización: José Luis Romero Béjar

Correo electrónico: jlrbejar@ugr.es

Departamento: Estadística e Investigación Operativa

Área de conocimiento: Estadística e Investigación Operativa

(Rellenar solo en caso de que la propuesta sea de un estudiante):

Estudiante que propone el trabajo: José Antonio Rosano Calvillo

Título: Técnicas multivariantes de clasificación y su aplicación para la identificación de sucesos de tipo cuasielástico en el experimento SBND

Número de créditos: 6 ECTS 12 ECTS

Tipología del trabajo (marcar las casillas que correspondan):

- 1. Revisiones y/o trabajos bibliográficos sobre el estado actual de aspectos específicos relacionados con la titulación
- 2. Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática de la titulación, a partir de material disponible en los centros
- 3. Trabajos experimentales, de toma de datos de campo, de laboratorio, etc.
- 4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio
- 5. Elaboración de un informe o un proyecto en el ámbito del grado de naturaleza profesional
- 6. Trabajos relacionados con las prácticas externas

Descripción y resumen de contenidos:

La elaboración de predicciones es una herramienta muy importante en muchas áreas de la física y en la ciencia en general. Los modelos de aprendizaje supervisado proporcionan una técnica muy útil en la que se entrena un modelo utilizando datos previamente etiquetados, lo que permite que el modelo aprenda a hacer predicciones o tomar decisiones en base a nuevas entradas de datos. La elección de la técnica de clasificación más adecuada dependerá de factores relacionados con la distribución de probabilidad conjunta de las variables explicativas así como su carácter cualitativo o cuantitativo, ya sea discreto o continuo. Existen otras técnicas de aprendizaje automático además del aprendizaje supervisado, como el aprendizaje no supervisado y el aprendizaje por refuerzo. Cada una de estas técnicas tiene sus propias fortalezas y debilidades, y la elección de la técnica adecuada dependerá del problema específico que se esté abordando. En general, el aprendizaje profundo o *deep learning* se ha convertido en una herramienta cada vez más popular en la física y en otras áreas de la ciencia, debido a su capacidad para manejar grandes conjuntos de datos y reconocer patrones complejos.

(Continúa en página siguiente)

Uno de los contextos en los que dichas técnicas se han usado con mayor éxito hasta la fecha corresponde al análisis de los sucesos registrados por detectores de Física de partículas. En este trabajo se propone aplicar técnicas de aprendizaje supervisado y análisis multivariable en el contexto del experimento de neutrinos SBND. Este experimento, cuyo objetivo primordial es confirmar o refutar la existencia de un cuarto neutrino estéril empleando para ello cámaras de deriva de argón líquido, proporciona una información muy granular y detallada acerca de las partículas en el estado final (es decir, tras la interacción del neutrino con el núcleo). Por ello, se trata de un escenario idóneo en el que aplicar técnicas de aprendizaje supervisado.

En este trabajo se pretende que el alumno, a partir de una discusión general sobre la problemática de la clasificación estadística, profundice en el análisis del modelo más adecuado según el carácter de las variables de entrada, dando una visión completa y actualizada de sus aspectos fundamentales, su implementación, su validación y su aplicación a la búsqueda de sucesos de tipo cuasielástico en el experimento SBND.

Actividades a desarrollar:

- Revisión bibliográfica sobre metodologías consolidadas de clasificación estadística, con especial referencia a su estado actual, y exposición sintética del conocimiento desde una perspectiva global en el contexto del análisis estadístico de datos multivariantes.
- Revisión bibliográfica sobre la técnica de detección de las cámaras de deriva de argón líquido (LArTPCs), así como de los objetivos experimentales de SBND y del programa de corto recorrido (“short-baseline”) de búsqueda de neutrinos estériles.
- Profundización en el análisis de datos según del modelo más adecuado a un problema concreto, según el carácter de los datos multivariantes usados como entrada, con una clara identificación de los elementos conceptuales, y exposición de sus fundamentos matemáticos y aspectos metodológicos.
- Aplicación para la clasificación de topologías de estado final mediante el uso y desarrollo eventual de procedimientos computacionales y gráficos relacionados.

Objetivos planteados

Objetivo 1

Identificación de los aspectos conceptuales inherentes a los enfoques de clasificación objeto de estudio y su formalización matemática.

Análisis pormenorizado de los fundamentos matemáticos que sustentan el desarrollo de la metodología objeto central del trabajo.

Desarrollo de un estudio aplicado e interpretación de resultados con referencia precisa a la fundamentación matemática de la metodología.

Bibliografía

- [1] Y. FUJIKOSHI, V. V. ULYANOV, R. SHIMIZU, *Multivariate Statistics. High-Dimensional and Large-Sample Approximations*, (John Wiley & Sons, New Jersey, 2010).
- [2] W. K. HARDLE, L. SIMAR, *Applied Multivariate Statistical Analysis*, (Springer, Berlin, 2015).
- [3] A. J. IZENMAN, *Modern Multivariate Statistical Techniques. Regression, Classification, and Manifold Learning*, (Springer, New York, 2008).
- [4] D. J. OLIVE, *Robust Multivariate Analysis*, (Springer, Switzerland, 2017).
- [5] E. PEKALSKA, R. P. W. DUIN, *The Dissimilarity Representation for Pattern Recognition. Foundations and Applications*, (World Scientific, Singapore, 2005).
- [6] A. C. RENCHER, W. F. CHRISTENSEN, *Methods of Multivariate Analysis*, (John Wiley & Sons, New Jersey, 2012).
- [7] N. H. TIMM, *Applied Multivariate Analysis*, (Springer, New York, 2002).
- [8] D. ZELTERMAN, *Applied Multivariate Statistics with R*, (Springer, New York, 2015).
- [9] <http://sbn-nd.fnal.gov/>
- [10] P. MACHADO, O. PALAMARA, D. SCHMITZ, *The Short-Baseline Neutrino Program at Fermilab*, *Ann.Rev.Nucl.Part.Sci.* 69 (2019) 363-387.
- [11] M. THOMSON, *Modern Particle Physics*, (Cambridge University Press, 2015)

(Firmar solo en caso de trabajos propuestos por estudiantes)

Firma del estudiante

Firma del responsable de tutorización

Firma del responsable de cotutorización

En Granada, a 16 de mayo de 2023.