

El Uso de Redes Neuronales Artificiales para la Estimación de la Energía de rayos γ cósmicos con Telescopios Èerenkov

A. Torres¹

for the MAGIC collaboration

¹ Grup de Física de les Radiacions, Dpt. Física, Universitat Autònoma de Barcelona, Campus de Bellaterra, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona

I. INTRODUCCIÓN

Las técnicas de análisis de datos empleadas por los Telescopios Èerenkov, las llamadas Imaging Techniques, se basan en la parametrización de la imagen que una cascada iniciada por un rayo γ deja en la cámara del telescopio. La nueva física asociada a las energías cercanas al umbral (5 – 30 GeV) hace que las técnicas clásicas de análisis puedan ser insuficientes para extraer toda la información necesaria de los datos. Presentamos aquí¹ el novedoso método de las redes neuronales artificiales como técnica para la estimación de la energía de rayos cósmicos primarios.

II. EL MÉTODO

Aunque clásicamente se ha relegado a las redes neuronales artificiales a tareas de clasificación o toma de decisiones, recientemente se ha empezado a explotar su capacidad para el ajuste de funciones N-dimensionales sobre un conjunto de puntos. La estructura de la red neuronal artificial consta de:

- Una capa de entrada con N neuronas de entrada (una para cada variable de la función que pretendemos ajustar). Esas neuronas de entrada recogerán los datos que representan nuestro conjunto de puntos a ajustar, el llamado training sample (TS).

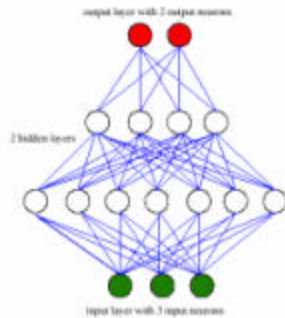


Figura 1. Ejemplo de estructura de una red neuronal artificial del tipo Multi-Layer Perceptron. Éste tipo de redes empiezan a demostrar su potencia para con el ajuste datos o *function mapping*.

- Una capa de salida con M neuronas de salida cuando ajustamos los datos a una función vectorial de M dimensiones; en nuestro caso, la energía es una función escalar de ciertos parámetros de imagen (M=1). Dispondremos también de un teaching output (TO), un conjunto de datos igual en tamaño al TS que utilizaremos para entrenar a la red neuronal. Dicho TO puede ser el resultado de simulaciones Monte Carlo.

- K capas intermedias u ocultas con distinto número de neuronas ocultas en ellas.

- Todas y cada una de las neuronas de una capa se unirán a todas y cada una de las neuronas de la capa superior mediante axones con pesos asociados a ellos que miden la influencia de una neurona (parámetro) en otra (parámetros derivados o la misma función a ajustar). Todas las neuronas poseen un umbral intrínseco que regula su activación en función de la intensidad del input recibido (los datos originales en neuronas de entrada o semi-procesados en las ocultas).

El proceso habitual será presentar los eventos del TS a la red neuronal como inputs. La red efectúa una serie de cálculos para devolvernos un output que compararemos con la respuesta conocida que *deberíamos* haber obtenido. La diferencia entre el valor que nos da la red neuronal y el valor real, el error cometido por la red, se utiliza para corregir los pesos interneuronales y los umbrales de modo que el error cometido se minimice. En un proceso iterativo, se van presentando a la red los distintos eventos para que al finalizar el proceso de entrenamiento, la red sea capaz de abordar datos nuevos con un error mínimo en sus respuestas.

III. LA IMPLEMENTACIÓN

En el caso particular que nos ocupa, la estimación de la energía de sucesos cósmicos para el análisis de datos del Telescopio Eerenkov MAGIC, se realizaron diversas simulaciones de cascadas generadas por rayos γ y de las imágenes que dichas cascadas dejaron en la cámara del Telescopio. Después de aplicar los métodos de reducción de datos (γ/h separation) para la supresión del ruido de fondo, aplicamos las rutinas de cálculo de los parámetros de imagen. Diversos estudios de correlaciones se llevaron a cabo con el objetivo de encontrar los parámetros óptimos para estimar la energía. También se realizaron distintos entrenamientos para encontrar la estructura (ver Tabla1) y configuración óptimas de la red neuronal artificial que deberá estimar la energía de los sucesos.

Tabla 1. Detalles de la estructura utilizada para la estimación de la energía de rayos gamma

Estructura de la red	Input	Ocultas	Output	Autoconexiones
# Neuronas	5	15	1	0
# Capas	1	1	1	0

IV. LOS RESULTADOS

El proceso descrito anteriormente ha demostrado ser competitivo con los métodos clásicos de estimación de la energía. La red neuronal artificial desarrollada implementó un algoritmo rápido y efectivo que estimaba la energía de los cósmicos con una resolución global del 28%, comparable al resto de métodos testeados para los mismos efectos. De las curvas de la Figura 2 podemos obtener una idea de la potencia del método.

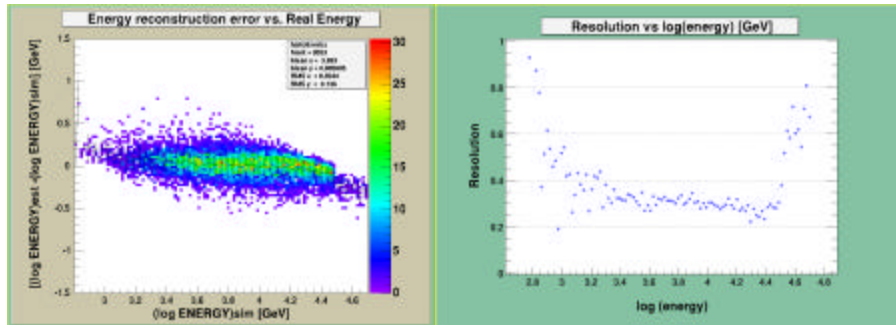


Figura 2. Error cometido por la red neuronal y resolución de la red en función de la energía del cósmico primario

Referencias

¹ *Extensive Air Shower Energy Estimation Using Artificial Neural Networks*, A. Torres (Master thesis available at <http://magic.uab.es/andreu/tesina>).