

Mazzoni Tommaso

Identificazione di muoni nell'esperimento LHCb mediante ricostruzione di tracce con reti neurali ricorsive

Relatore: Dott. Giovanni Passaleva giovanni.passaleva@fi.infn.it
Correlatore: Prof. Gregorio Landi landi@fi.infn.it

L'esperimento LHCb (*Large Hadron Collider beauty experiment*), installato presso l'acceleratore circolare di adroni LHC, ha come obiettivo lo studio dei mesoni B . Fondamentale per le misure di precisione nel programma scientifico è l'identificazione dei muoni, particelle elementari in grado di attraversare grandi rivelatori e presenti negli stadi finali di decadimenti rari, o utili nelle misure di violazione di CP.

Il processo di identificazione proposto in questo lavoro di Tesi si basa sulla ricostruzione delle tracce nel rivelatore di muoni, rappresentando un'evoluzione del sistema attuale che si limita alla ricerca di segnali rilasciati nel rivelatore di muoni (*hit*) e compatibili con l'estrapolazione delle tracce ricostruite nel tracciatore.

Le reti neurali ricorsive sono una classe di algoritmi particolarmente vantaggiosi nella ricerca di soluzione ai problemi di ottimizzazione combinatoriale, che puntano alla minimizzazione di una funzione di "costo" mediante la scelta di una configurazione di elementi appartenenti ad un insieme discreto (tipicamente molto grande).

Specializzando l'algoritmo alla ricostruzione delle tracce è stato definito ciascun neurone come il segmento geometrico delimitato da una coppia di *hit*. Per ogni neurone è definita una variabile reale, detta stato, funzione della probabilità che il segmento sia parte di una traccia da ricostruire. Gli stati dei neuroni e l'accoppiamento geometrico tra i segmenti consecutivi determinano la funzione di "costo".

Il codice sviluppato in linguaggio C++ implementa la ricostruzione di tracce come problema di ottimizzazione mediante una rete neurale di Hopfield ed è costituito da tre parti: la creazione dei neuroni, l'evoluzione della rete verso il minimo della funzione di "costo" e la costruzione delle tracce. La ricerca del minimo è stata affrontata implementando una dinamica neurale nata dall'analogia tra reti di Hopfield e sistemi magnetici di *spin*, noti in letteratura come Vetri di *spin*. L'algoritmo di minimizzazione si basa sull'approssimazione di campo medio, comune in meccanica statistica. Una volta raggiunto il minimo della funzione di "costo", i segmenti associati ai neuroni con stato sopra soglia costituiscono una traccia.

Una traccia ricostruita che superi le selezioni cinematiche e geometriche identifica un muone. La qualità della ricostruzione è stata verificata su un campione di eventi simulati con metodo Monte Carlo e su un campione di dati, mediante la misura dell'efficienza di identificazione e della probabilità di errore.

Le informazioni sulla natura delle particelle generate nel campione Monte Carlo sono state sfruttate per determinare il numero di muoni correttamente identificati e il numero di altre particelle identificate erroneamente.

Selezionando un campione puro di decadimenti della particella J/ψ in due muoni è stata stimata l'efficienza di identificazione con il metodo di *tag and probe*. L'identificazione certa di uno dei due muoni (*tag*) permette di identificare il secondo (*probe*) senza sfruttare le informazioni del rivelatore di muoni. Contando il numero di tracce *probe* identificate come muoni dall'algoritmo sviluppato è stata misurata l'efficienza dell'algoritmo stesso.

Le prestazioni dell'algoritmo sviluppato sono confrontabili con quelle del metodo attualmente in uso nell'esperimento LHCb, consentendo l'identificazione dei muoni con un'efficienza superiore al 95% e una probabilità di errore corrispondente inferiore al 10%.

La procedura di identificazione proposta in questo lavoro di Tesi offre una maggiore robustezza rispetto al metodo attuale, aspetto rilevante in prospettiva dell'aumento della luminosità previsto per una futura evoluzione di LHCb.