

Ricerche di Anomalie in stati finali adronici con GNN in ATLAS

Valerio Ippolito, Stefano Giagu, Graziella Russo

Francesco Cirotto, Francesco Conventi, Antonio D'Avanzo, Elvira Rossi

Le reti neurali a grafo sono una tecnica promettente per rilevare anomalie quando si riescono ad esprimere le informazioni del rivelatore in forma di grafo. Nel nostro approccio, i grafi possono essere utilizzati per rappresentare i *jet* di risonanze pesanti a due bosoni come nodi di *topocluster* interconnessi; sfruttando le informazioni del grafo e il *message passing*, la rete riesce ad identificare segnali inattesi dal Modello Standard.

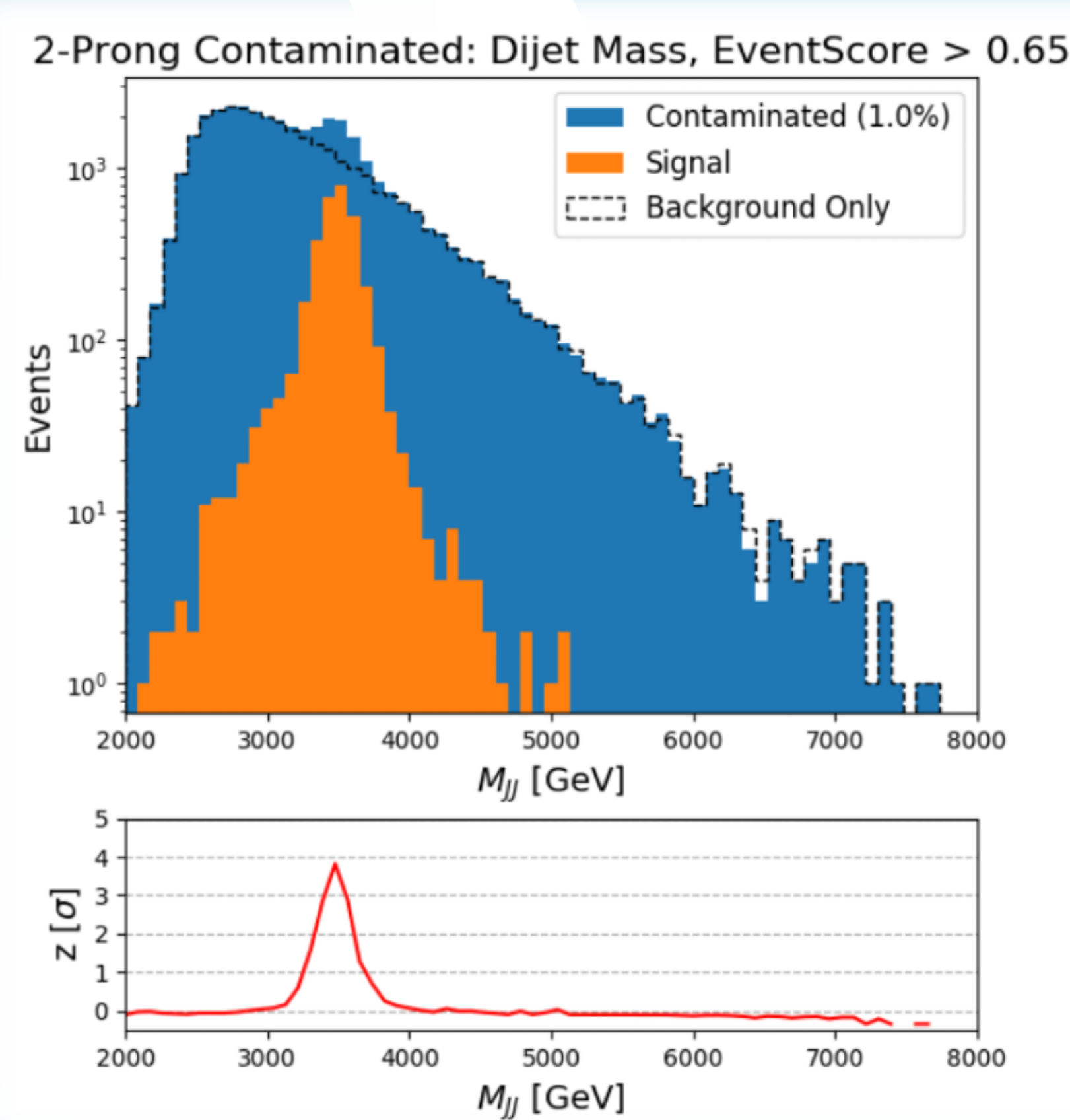
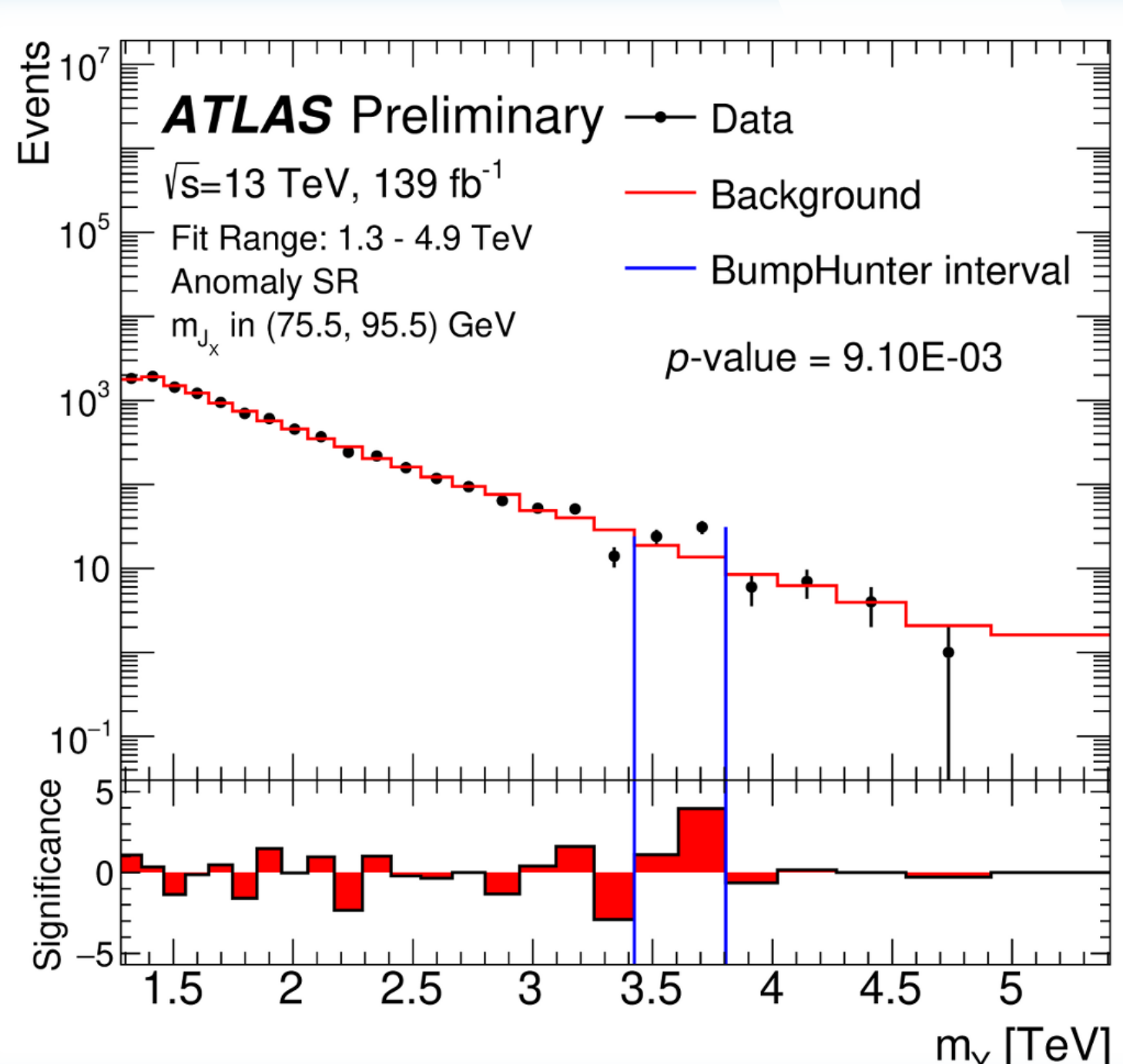
1. Anomalie

- Le anomalie sono tutti quegli eventi o situazioni che si discostano dalla norma.
- Esistono algoritmi di Intelligenza Artificiale detti di **Anomaly Detection** che sono pensati per individuare gli elementi anomali di un gruppo.
- In Fisica delle Alte Energie questi algoritmi possono essere utili nella ricerca di Nuova Fisica sotto forma di eventi *anomali* (= segnale) che sono inconsistenti con il Modello Standard (= fondo).

➔ [arXiv:2105.09274](https://arxiv.org/abs/2105.09274)

➔ [ATLAS-CONF-2022-045](https://arxiv.org/abs/2202.045)

➔ [arXiv:1903.02032v3](https://arxiv.org/abs/1903.02032v3)

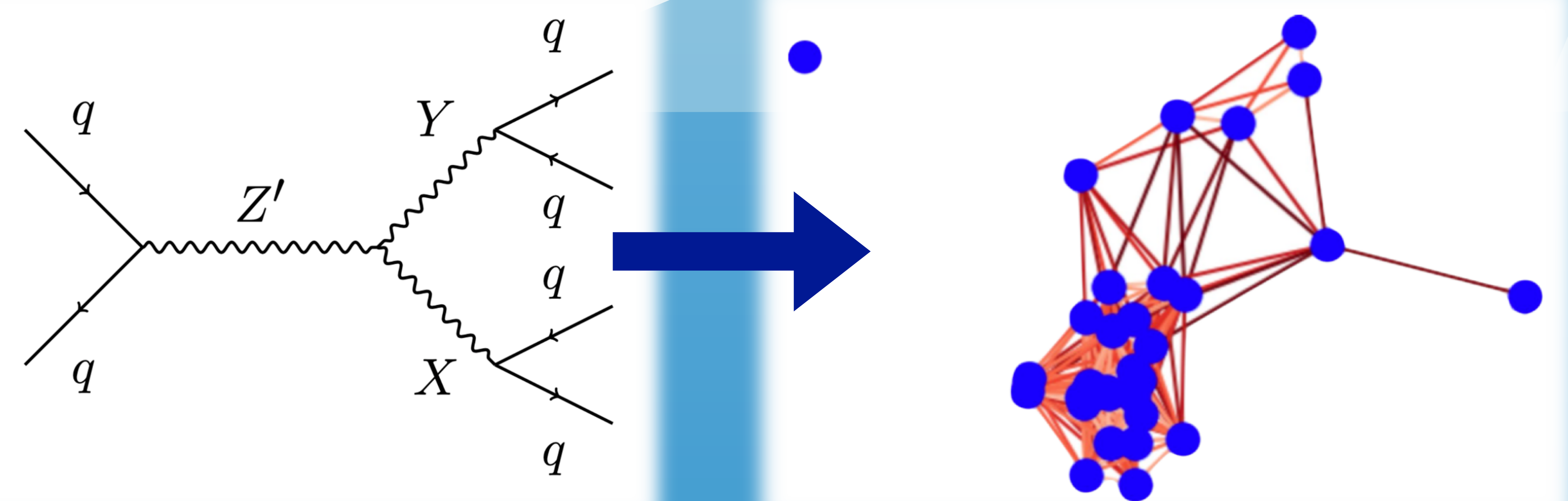


2. Eventi come grafi

- Un grafo è un modo di rappresentare dati come un insieme di oggetti (**nodi**) e delle **connessioni** tra di essi.
- La strategia dell'analisi è di rappresentare con dei grafi i *jet* che derivano dal decadimento di risonanze pesanti di due bosoni che a loro volta decadono in stati finali completamente adronici.
 - nodo = *topocluster*
 - caratteristiche del nodo = p_T frac, η , ϕ
 - criterio di connessione basato sulla distanza spaziale

3. Il dataset

- Gli eventi studiati finora provengono dal *dataset* R&D di simulazioni Monte Carlo **LHC Olympics 2020** (<https://lhco2020.github.io/homepage/>), ma stiamo già analizzando dati dell'esperimento ATLAS.
- Il *dataset* è composto da 1M di eventi di fondo QCD e 100k di eventi di segnale $Z' \rightarrow X + Y \rightarrow qq\bar{q}\bar{q}$



4. La rete neurale GNN

- Una rete neurale a grafo, o GNN, prende come *input* grafi con un numero di nodi variabile e può predire se il grafo è anomalo o meno.
- Ad ogni nodo viene passata l'informazione dai suoi nodi vicini, tramite il meccanismo detto di **message passing**.
- Durante la fase di apprendimento, la rete impara a predire una quantità, l'**anomaly score**, la cui distribuzione indica quanto è anomalo l'evento considerato.
- La rete utilizza solo dati di fondo e ottimizza i suoi parametri così che siano all'interno di un'ipersfera; successivamente alla rete vengono dati eventi di segnale che saranno rappresentati al di fuori dell'ipersfera e quindi riconosciuti come anomali.

