



Classificazione dei bosoni elettrodeboli con una rete neurale al Large Hadron Collider

6 Novembre 2024

Candidato:
Jacopo Lancione

Relatore:
Prof. Emanuele Roberto Nocera

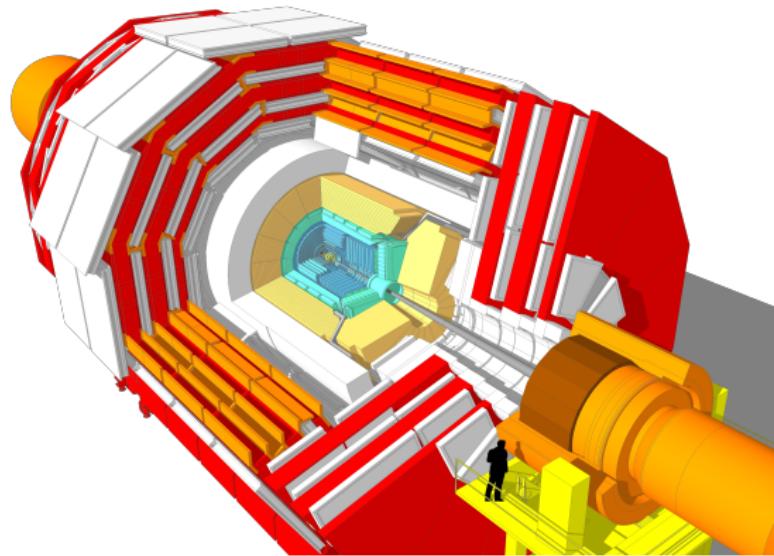
- Introduzione
 - LHC
 - Machine Learning
- Dataset
 - Produzione dei bosoni
 - Preprocessing
- Reti Neurali
 - Architettura e principi
 - Risultati dell'allenamento
- Conclusioni

Large Hadron Collider - CMS

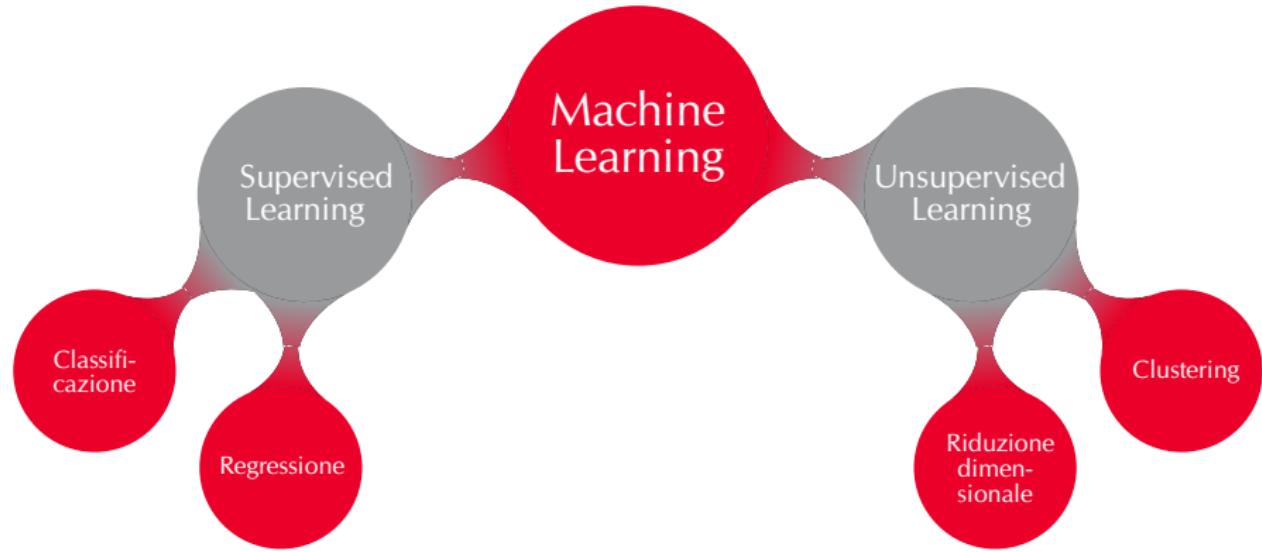


UNIVERSITÀ
DI TORINO

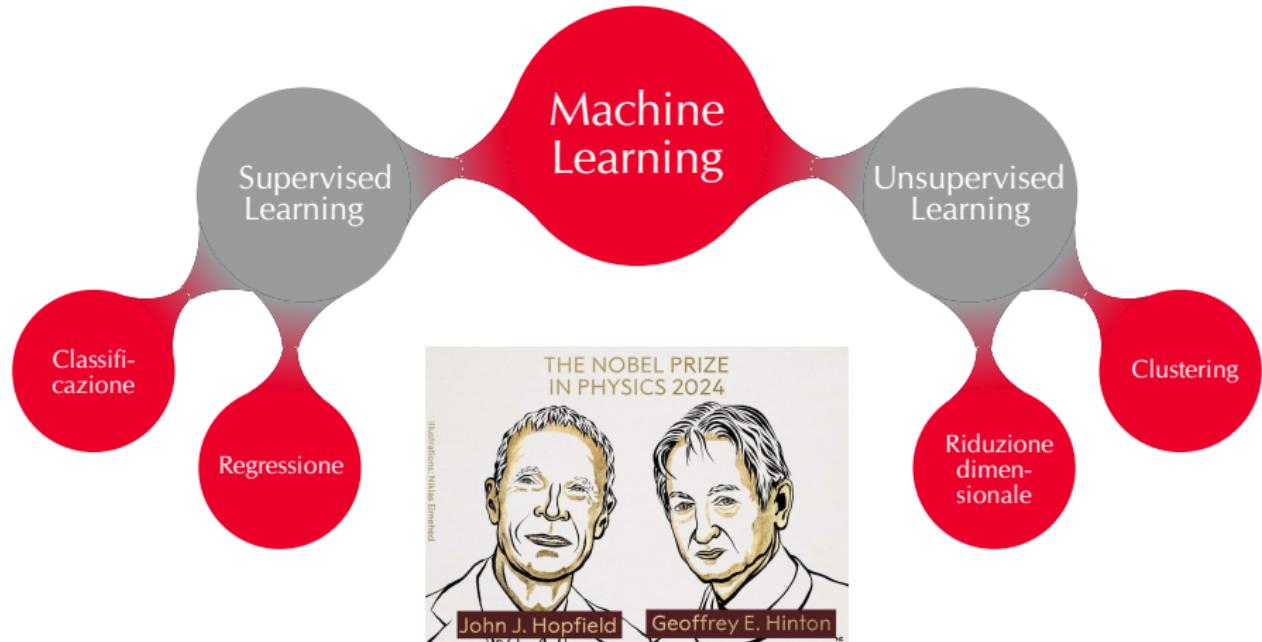
Il più grande acceleratore di particelle del mondo di cui il Compact Muon Solenoid (CMS) è uno dei quattro rivelatori principali.



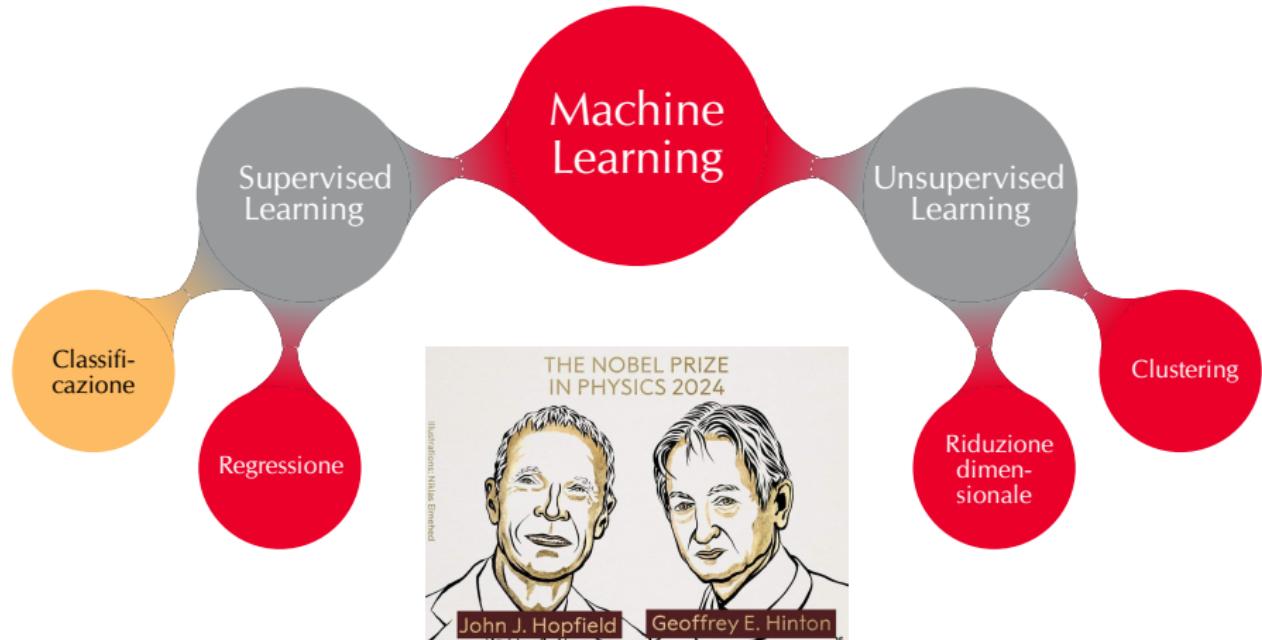
Riepilogo sul ML



Riepilogo sul ML



Riepilogo sul ML



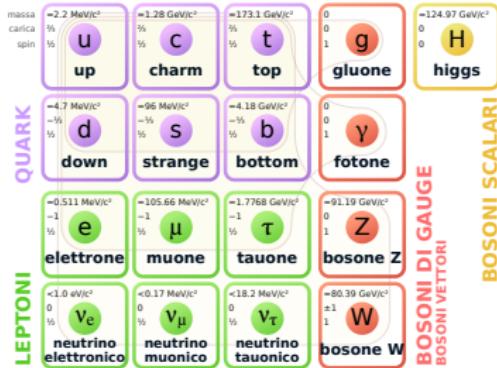
Il Progetto di tesi

Classificare

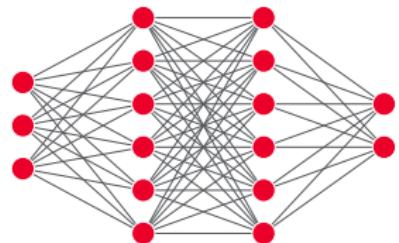
Bosoni elettrodeboli

con una

Rete neurale



BOSONI SCALARI





UNIVERSITÀ
DI TORINO

Il Dataset

Z e W all'LHC

Il processo Drell-Yan



UNIVERSITÀ
DI TORINO

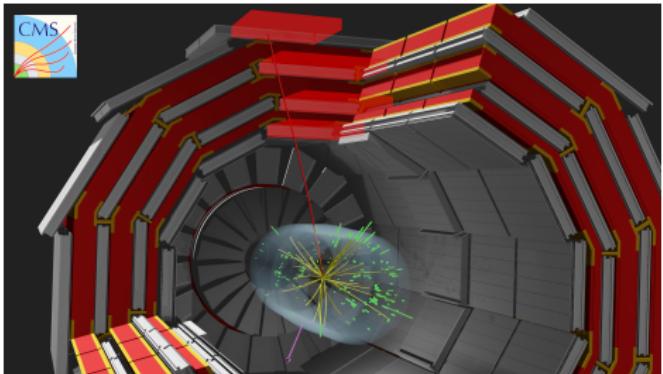
Riporto le masse

Diagrammi di Feynman dei decadimenti, anche uno con la produzione?
ie drell yan

La struttura del dataset

Energia nel centro di massa
7 TeV

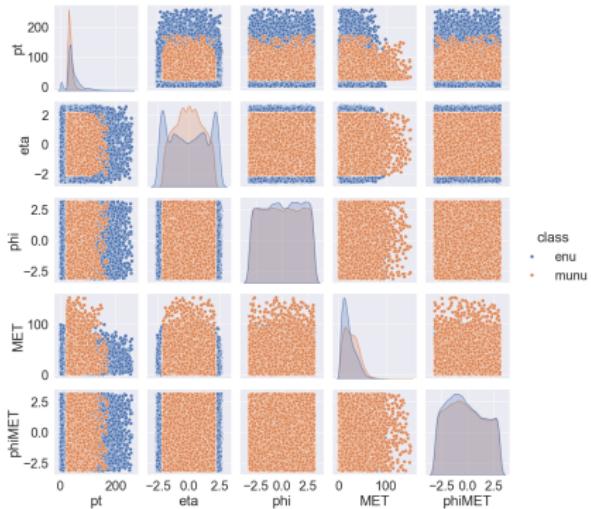
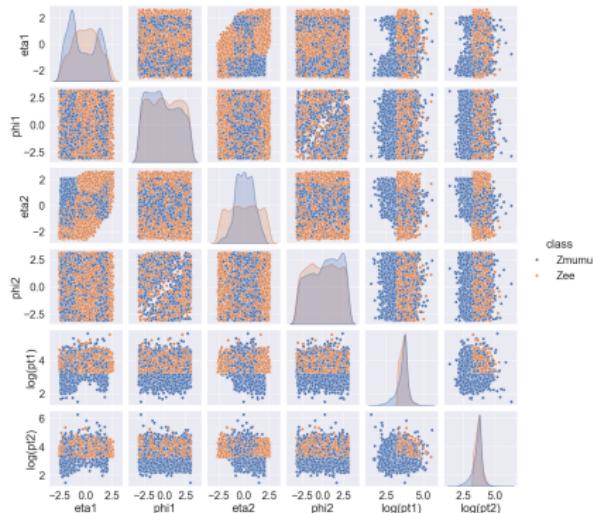
- Run
- Event
- Variabili cinematiche dei leptoni
 - momento p_t
 - rapidità η
 - angolo ϕ
- Parametri del detector



Datasets derived from the Run2011A:
<https://opendata.cern.ch/record/545>

Preprocessing

Qua scriviamo la ricetta finale dl preprocessing





Suddivisione del dataset

Dataset

Bisogna evitare di insegnare alla rete il rumore statistico dei dati

- Test per il generalisation check
- Validation per valutare l'allenamento della rete
- Train per allenare la rete



Suddivisione del dataset

T
e
s
t

Bisogna evitare di insegnare alla rete il rumore statistico dei dati

- Test per il generalisation check
- Validation per valutare l'allenamento della rete
- Train per allenare la rete



Suddivisione del dataset



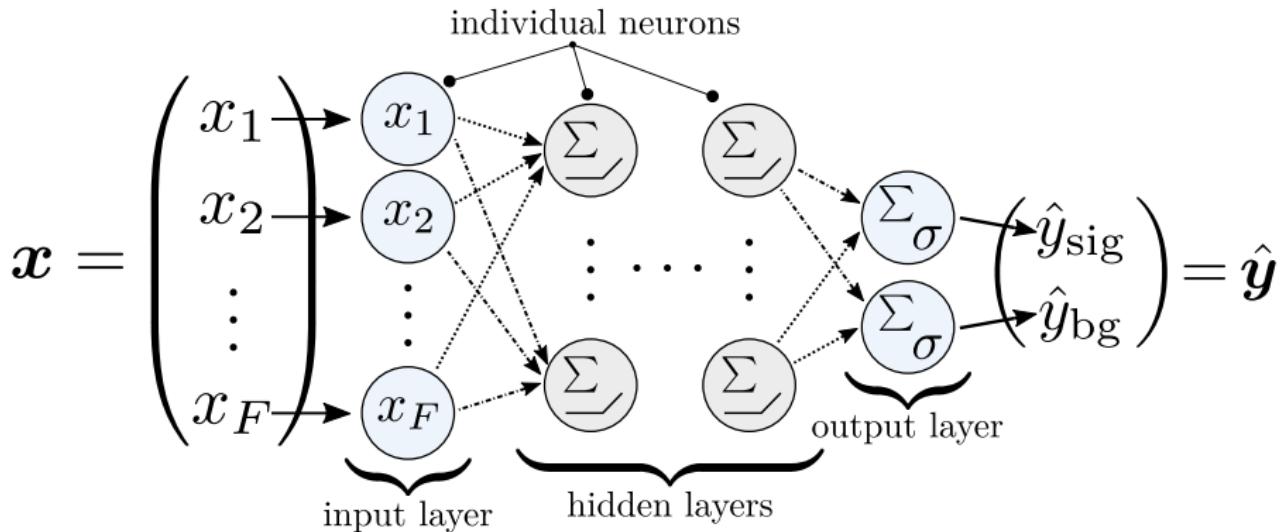
Bisogna evitare di insegnare alla rete il rumore statistico dei dati

- Test per il generalisation check
- Validation per valutare l'allenamento della rete
- Train per allenare la rete



UNIVERSITÀ
DI TORINO

Reti Neurali

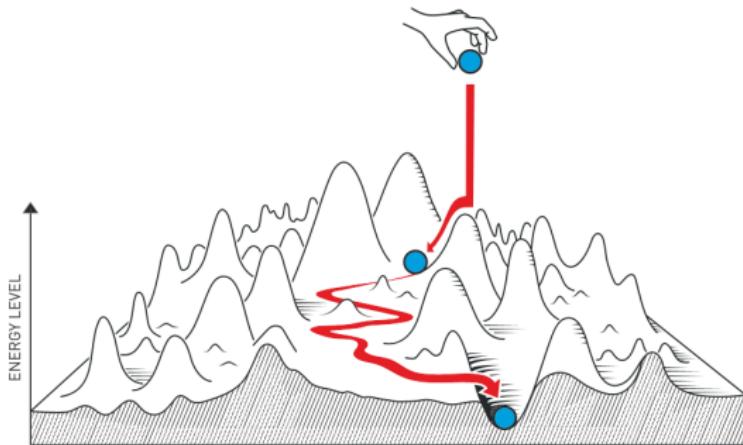


Loss function

Algoritmi di ottimizzazione



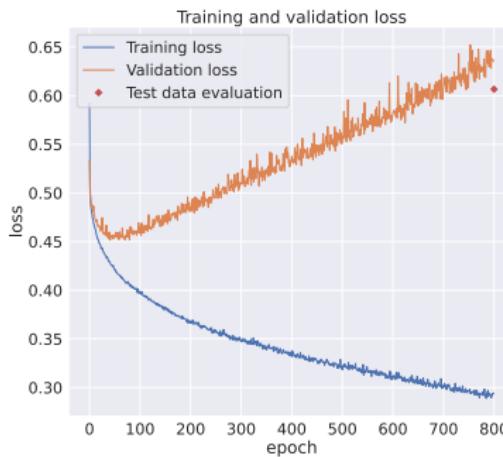
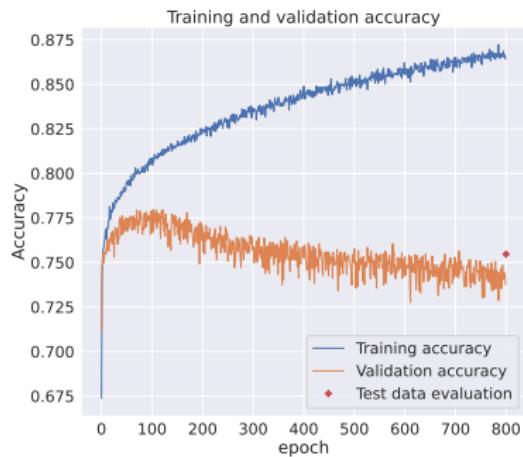
$$H(p, q) = - \sum p(x) \log q(x)$$



©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

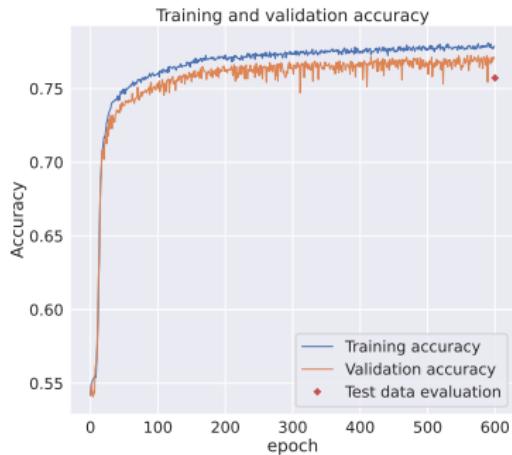
- Gradient Descent
- RMS
- Adam
- Nadam
- ...

Overfitting



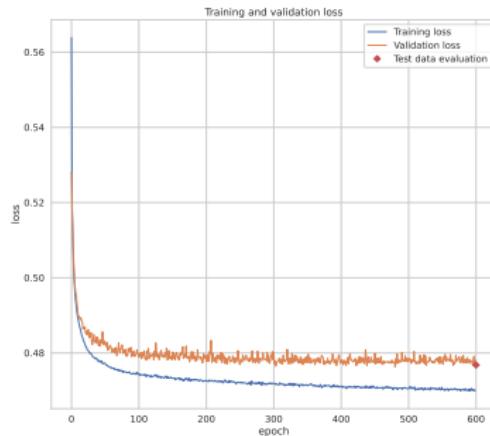
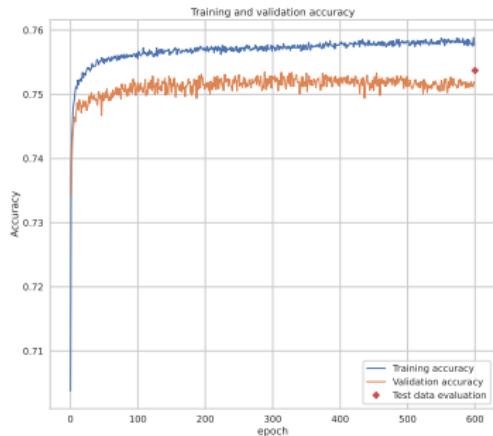
Risultati

I modelli generalizzano sul test set



Risultati

I modelli generalizzano sul test set





Conclusioni

- Le reti neurali si prestano molto bene all'identificazione di particelle
- L'allenamento è efficace perché **generalizza** al test set
- Ho identificato una classe di **modelli equivalenti**

Ulteriori sviluppi:

- combinare i dataset rimuovendo le labels per allenare una rete a distinguere i bosoni tra loro
- utilizzare una di queste reti come modello generativo per fare simulazioni



Conclusioni

- Le reti neurali si prestano molto bene all'identificazione di particelle
- L'allenamento è efficace perché **generalizza** al test set
- Ho identificato una classe di **modelli equivalenti**

Ulteriori sviluppi:

- combinare i dataset rimuovendo le labels per allenare una rete a distinguere i bosoni tra loro
- utilizzare una di queste reti come modello generativo per fare simulazioni

Grazie