

interesse e selezione degli eventi Selezione dei jet

Measurements of the CKM matrix elements in single top events at CMS with machine learning techniques

Valeria D'Amante

Università degli studi di Napoli "Federico II"

106° Congresso Nazionale Società Italiana di Fisica





Il quark top

ll quark top

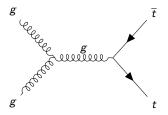
roccasi di nteresse e elezione degli venti elezione dei jo strazione del egnale Particella elementare più massiva nel Modello Standard: $m \approx 173 \, \text{GeV}/c^2 \, \rightarrow \, \text{fenomenologia singolare:}$

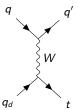
- non subisce il processo di adronizzazione;
- può decadere in un bosone W reale e un quark di tipo down;
- sensibile a processi di nuova fisica.

Principali canali di produzione del top a LHC:

produzione top-antitop tramite la fusione gg

produzione elettrodebole di top singolo in canale t







Produzione elettrodebole di top singolo

Il quark top

Processi di interesse e selezione deg

Estrazione de segnale

Misura di $|V_{td}|$, $|V_{ts}|$ e $|V_{tb}|$

- diretta
- indipendente dal modello

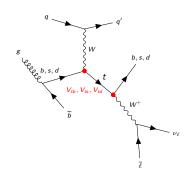
$$V_{CKM} = egin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix}$$

$$|V_{td}| \sim 10^{-3} \quad |V_{ts}| \sim 10^{-2} \quad |V_{tb}| \sim 1$$

Verso HL-LHC

Uso di tecniche di machine learning per:

- classificare degli oggetti all'interno dell'evento;
- riconoscere i segnali più rari.





Preselezione e data sample utilizzato

Processi di interesse e selezione degli eventi

Estrazione del segnale

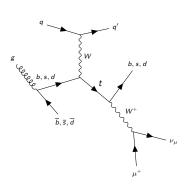
Preselezione:

- Muoni: alto p_T , isolati, $|\eta| \le 2.4$;
- Jet: alto p_T , ricostruiti in $\Delta R = 0.4$;
- Jet da un quark b, o *b*-jet: CMVA.

Configurazioni di stato finale:

- eventi 3j1t: 1 muone + 2 jet + 1
 b-jet + MET;
- eventi 2j1t: 1 muone + 1 jet + 1
 b-jet + MET;

Simulazioni Monte Carlo di processi di segnale e fondi.



Dati del Run 2 (2016)

$$E_{CM} = \sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$$

 $L = 35.9 \text{ fb}^{-1}$.



Processi di fondo

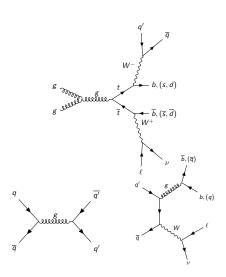
Processi di interesse e selezione degli eventi

Estrazione del segnale Principali sorgenti di fondo:

- processi $t\overline{t}$;
- processi W/Z + jets;
- processi QCD multi-jet.

Sorgenti minori di fondo:

- processi di-bosonici;
- produzione di top singolo in canale s;
- produzione associata tW.





Fondo combinatorio

Ordinamento dei jet secondo la probabilità che essi provengano da un decadimento del quark top.

Sono state considerate due strategie:

- La costruzione di un likelihood ratio basato sulla distribuzione
 2D delle variabili che operano la separazione migliore;
- Tecniche di machine learning: Boosted Decision Trees e Artificial Neural Network.



Selezione dei jet con il likelihood ratio

nteresse e selezione degli eventi Selezione dei iet

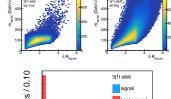
Selezione dei je

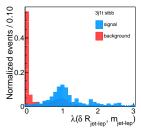
estrazione de segnale 1. Variabili di interesse:

- $m_{lep-jet}$
- $\delta R_{lep-jet}$
- 2. Distribuzione 2D per segnali e fondi
- 3. Valutazione del likelihood ratio:

$$\lambda \big(\delta R_{lep-jet}, m_{lep-jet}\big) = \frac{\mathcal{L}\big(\delta R_{lep-jet}, m_{lep-jet} | H_1\big)}{\mathcal{L}\big(\delta R_{lep-jet}, m_{lep-jet} | H_0\big)}$$

4. Assegnazione dello score a ciascun jet.





Problema della dimensionalità \to metodi di che approssimano il likelihood ratio in più dimensioni per la classificazione.



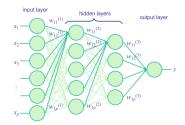
Selezione dei jet con il machine learning

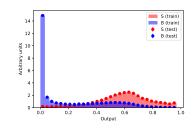
Arti

Selezione dei jet

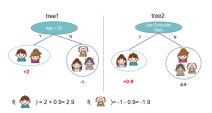
segnale Conclusioni

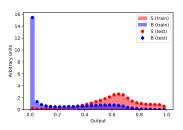
Artificial Neural Network





Boosted Decision Tree - XGB Classifier





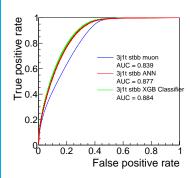


Risultati

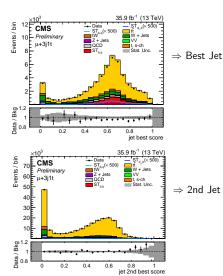
Processi di nteresse e selezione degl eventi

Selezione dei jet

segnale



Output del XGB Classifier per tutti i campioni Monte Carlo e confronto con i dati.





Caratteristiche dei segnali

Processi di nteresse e selezione degl eventi

Estrazione de segnale

Conclusioni e futuri svilupp

$S1 \circ ST_{bb}$

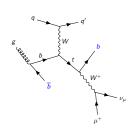
- Regione: 2j1t;
- Selezione di base;
- Variabile di fit: $|\eta_{forward}|$.

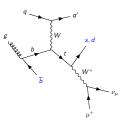
S2 o ST_{bq}

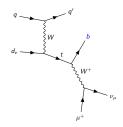
- Regione: 3j1t;
- Selezione di base;
- Best jet NON b-jet;
- Secondo jet b-jet;
- Variabile di fit: BDT output.

S3 o
$$ST_{d_vb}$$

- Regione: 3j1t;
- Selezione di base;Best jet b-jet;
- Variabile di fit: BDT output.







$$|\textit{V}_{td}| \sim 10^{-3} \quad |\textit{V}_{ts}| \sim 10^{-2} \quad |\textit{V}_{tb}| \sim 1$$



Variabili di fit

Processi di interesse e selezione deg eventi

Selezione dei je Estrazione del

Conclusioni e

S1 o ST_{bb}

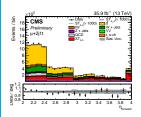
- Regione: 2j1t;
- Selezione di base;
- Variabile di fit: $|\eta_{forward}|$.

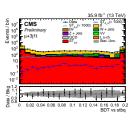
S2 o ST_{bq}

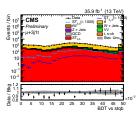
- Regione: 3j1t;
- Selezione di base;
- Best jet NON *b*-jet;
- Secondo jet b-jet;
- Variabile di fit: BDT output.



- Regione: 3j1t;
- Selezione di base;
- Best jet *b*-jet;
- Variabile di fit: BDT output.









Risultati del fit

Processi di interesse e selezione degl eventi

Estrazione del

Conclusioni e futuri sviluppi

$$\begin{split} |\textbf{V}_{tb}| &= 1.031 \pm 0.013 \\ |\textbf{V}_{td}|^2 + |\textbf{V}_{ts}|^2 &= 0.20 \pm 0.12 \end{split}$$

Il valore della somma $|V_{td}|^2 + |V_{ts}|^2$ trovato è compatibile con zero a meno di 2σ . Pertanto è stato posto un limite superiore ad essa.

$$|V_{td}|^2 + |V_{ts}|^2 < 0.41$$
 at $84\% \ CL$



Conclusioni e futuri sviluppi

È stata effettuata una misura diretta degli elementi della matrice CKM legati al quark top sfruttando per la prima volta tecniche di machine learning per migliorare la reiezione del fondo combinatorio.

Dopo aver definito diverse regioni arricchite di segnale, è stato effettuato un fit per la prima volta su variabili ottenute allenando *ad hoc* un algoritmo di machine learning a riconoscere i segnali più rari.

Possibili miglioramenti all'analisi:

- estendere l'analisi su tutti i dati del Run 2, considerando oltre ai muoni anche gli elettroni nello stato finale;
- introdurre altre configurazioni di stato finale (ad esempio 3j2t) per ottenere una migliore discriminazione dei segnali;
- migliorare l'algoritmo di machine learning per l'ordinamento dei jet e per il riconoscimento dei segnali.





Processi di interesse e selezione degl eventi

Selezione dei je

Estrazione de

Conclusioni e futuri sviluppi

Grazie per l'attenzione!