

Ottimizzazione e Calibrazione degli algoritmi di Flavour Tagging per l'esperimento LHCb

Antonio Falabella

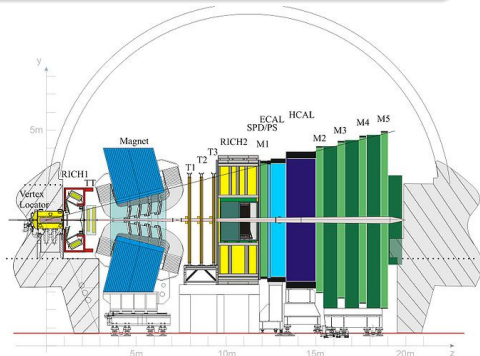
Università di Ferrara - INFN(BO)
IFAE 2013 - Cagliari

4 Aprile 2013

L'esperimento LHCb

L'esperimento LHCb

misure di precisione dei decadimenti dei mesoni B e D (violazione di CP e decadimenti rari)



Il rivelatore di LHCb

- Tracciamento: rivelatore di vertice, sistema di tracciamento, magnete
- PID: $\pi/K/p$ (RICH), $\pi/e/\gamma$ (ECAL), μ (MUON)

Caratteristiche

- Trigger efficiente e flessibile
- Buona risoluzione in massa ed identificazione di particelle (PID)
- Eccellente risoluzione dei vertici e del tracciamento

Flavour tagging

Flavour tagging

Determinare del flavour iniziale del mesone B ricostruito. Fondamentale in tutte le misure di asimmetria di CP dipendente dal tempo

Algoritmi Opposite Side - OS

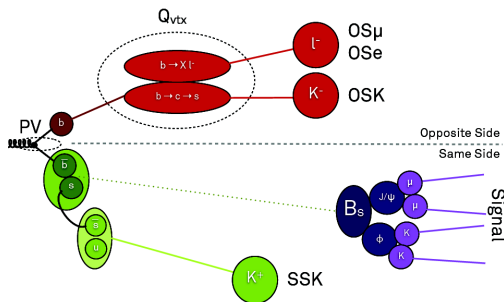
Determinano il flavour del B di segnale dai prodotti di decadimento del B opposto:

- $\mu - e$: $b \rightarrow c l^- \bar{\nu}_l$
- K : $b \rightarrow c \rightarrow s$
- Q_{vtx} : ricostruzione del vertice secondario

Algoritmi Same Side - SS

Determinano il flavour dai prodotti di frammentazione del B di segnale

- $SS\pi$: per B_d e B^+
- SSK : per B_s



Flavour Tagging

Gli output di ciascun algoritmo sono:

- $d_i \rightarrow$ decisione di tagging $d_i = \pm 1$ nel caso il B contenga un \bar{b} o b .
 $d_i = 0$ se l'algoritmo non fornisce una decisione
- $\eta_i \rightarrow$ una stima della probabilità che la decisione sia sbagliata attraverso un algoritmo basato su rete neurale definita su dati simulati
 - Input: proprietà dell'evento e del tagger (p_T del B , nPV , ...)
 - Training: dati MC, identificazione della decisione corretta
 - Output: richiede calibrazione sui dati
- Nel caso più algoritmi forniscano una decisione viene calcolata la combinazione

Prestazioni del tagging

$$\epsilon_{tag} = \frac{R + W}{R + W + U}, \quad \omega = \frac{W}{R + W}, \quad \epsilon_{eff} = (1 - 2\omega)^2 \epsilon_{tag} = D^2 \epsilon_{tag}$$

- η utilizzata come stima di ω (mistag) evento per evento

$$\epsilon_{eff}^{ev-per-ev} = \frac{1}{N} \sum_i^{R+W} D_i^2 > \langle D \rangle^2 \epsilon_{tag} = \epsilon_{eff}$$

Ottimizzazione

- I singoli algoritmi sono stati messi a punto studiando dati MC
- Selezione delle particelle di tagging (taggers) attraverso:
 - Tagli cinematici, geometrici e di PID (IP/σ , p , p_T, \dots)
 - Per i SS anche variabili angolari
 - In caso di più taggers viene scelto quello con p_T maggiore
- Ottimizzazione \rightarrow tagli di selezione che massimizzano ϵ_{eff} per i singoli tagger e per la combinazione
- Viene fatto sui **dati** in specifici canali di controllo "flavour specific":

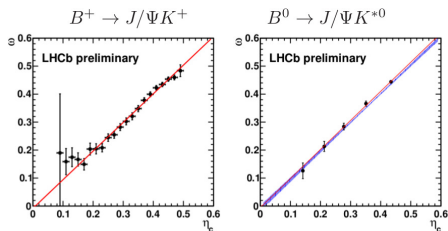
Canali di controllo

- $B^+ \rightarrow J/\psi K^+ (SS\pi, OS)$
 - $B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0} (SS\pi, OS)$
 - $B_d^0 \rightarrow D^{*-} \mu^+ \nu_\mu (SS\pi, OS)$
 - $B_s^0 \rightarrow D_s^- \pi^+ (SSK, OS)$
- Per i canali carichi ω può essere misurato
 - Per i canali neutri ω viene estratto dal fit dell'oscillazione $A(t) \propto (1 - 2\omega)\cos(\Delta mt)$

Calibrazione e prestazioni degli algoritmi OS

- Calibrazione sul canale $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$ (verifica sugli altri canali di controllo)
- Funzione di calibrazione lineare $\omega(\eta) = p_0 + p_1(\eta - \langle \eta \rangle)$
- Sistematici \rightarrow Condizioni di presa dati, Flavour del B, funzione di fit per η

Calibrazione degli algoritmi OS con i dati del 2011 (errore statistico + sistematico)



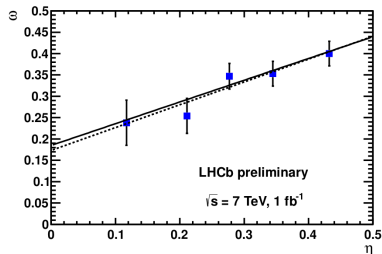
	p_0	p_1	η_c
$B^+ \rightarrow J/\psi K^+$ OS	$0.392 \pm 0.002 \pm 0.009$	$1.035 \pm 0.021 \pm 0.012$	0.391

Prestazioni degli algoritmi OS

$B^+ \rightarrow J/\psi K^+$ ($1.0fb^{-1}$ LHCb 2011 data sample)			
	$\epsilon_{tag}(\%)$	$\omega(\%)$	$\epsilon_{eff}(\%)$
μ	5.20 ± 0.04	30.8 ± 0.4	0.77 ± 0.04
e	2.46 ± 0.03	30.9 ± 0.6	0.36 ± 0.03
K	17.67 ± 0.08	39.33 ± 0.24	0.81 ± 0.04
Q_{vtx}	18.46 ± 0.08	40.31 ± 0.24	0.70 ± 0.04
OS	33.2 ± 0.09	36.7 ± 0.2	2.35 ± 0.06

Calibrazione e prestazioni dell'algorithmo SS Kaon

- Ottimizzazione e calibrazione nel canale $B_s^0 \rightarrow D_s^- \pi^+$
- $A_{mix}^{meas}(t) \propto D_{tag} D_t A_{mix}$
- Rapide oscillazioni del B_s richiedono corretta misura della risoluzione temporale



	p_0	p_1	η_c
$B_s^0 \rightarrow D_s^- \pi^+$ SSK	$0.349 \pm 0.015 \pm 0.012$	$1.00 \pm 0.30 \pm 0.02$	0.350

- Prestazioni dell'algorithmo SS Kaon

$B_s^0 \rightarrow D_s^- \pi^+$ (1.0 fb^{-1} LHCb 2011 data sample)			
	$\epsilon_{tag}(\%)$	$\omega(\%)$	$\epsilon_{eff}(\%)$
SSK	16.3 ± 0.4	34.8 ± 2.1	1.5 ± 0.4

- e la combinazione di SS kaon con OS

$B_s^0 \rightarrow D_s^- \pi^+$ (1.0 fb^{-1} LHCb 2011 data sample)			
	$\epsilon_{tag}(\%)$	$\omega(\%)$	$\epsilon_{eff}(\%)$
SSK + OS	49.1 ± 0.3	36.1 ± 1.4	3.8 ± 0.4

Prestazioni nei canali di fisica

- Gli algoritmi di flavour tagging ottimizzati e calibrati su $1fb^{-1}$ di dati raccolti nel 2011 nelle misure di violazione di CP e di asimmetria dipendenti dal tempo
- La misura più precisa della fase di violazione di CP ϕ_s nei decadimenti $B_s^0 \rightarrow J/\Psi K^+ K^-$ e $B_s^0 \rightarrow J/\Psi \pi^+ \pi^-$
 - $\phi_s = 0.07 \pm 0.09(\text{stat}) \pm 0.01(\text{syst})\text{rad}$ [LHCb-PAPER-2013-002]
 $\rightarrow \epsilon_{\text{eff}} = (3.13 \pm 0.12 \pm 0.20)\%$ (SSK + OS) (preliminary)
- La misura della fase di violazione di CP nel decadimento $B_s^0 \rightarrow \phi\phi$
 - $\phi_s [-2.46, -0.76]\text{rad}$ [LHCb-PAPER-2013-007]
 $\rightarrow \epsilon_{\text{eff}} = (3.29 \pm 0.48)\%$ (OS + SSK)
- Le più precisa misura della frequenze di oscillazione Δm_s
 - $\Delta m_s = 17.768 \pm 0.023(\text{stat}) \pm 0.006(\text{syst})\text{ps}^{-1}$ [LHCb-PAPER-2013-006]
 $\rightarrow \epsilon_{\text{eff}} = (3.5 \pm 0.5)\%$ (SSK + OS)
- La prima misura degli osservabili di violazione di CP dipendente dal tempo nel decadimento $B_s^0 \rightarrow D_s^\mp K^\pm$ [LHCb-CONF-2012-029]
 - $\rightarrow \epsilon_{\text{eff}} = 1.9\%$ (OS)
- e nei decadimenti dei B a due corpi senza charm [LHCb-CONF-2012-007]
 - $\rightarrow \epsilon_{\text{eff}} = 2.3 \pm 0.1\%$ (OS)

BACKUP

Combinazione

Combinazione

$$p(b/\bar{b}) = \prod_i \left(\frac{1 \pm d_i}{2} \mp d_i p_i \right), \quad P(b) = \frac{p(b)}{p(b) + p(\bar{b})}, \quad P(\bar{b}) = 1 - P(b)$$