

MUON ÇİFTİ BOZUNUM KANALINDA AUTOENCODER  
İLE PROMPT VE NON-PROMPT  $J/\Psi$  TANIMLAMA  
ANALİZİ

Eda Erdoğan

Bora Işıldak

Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yıldız Teknik Üniversitesi

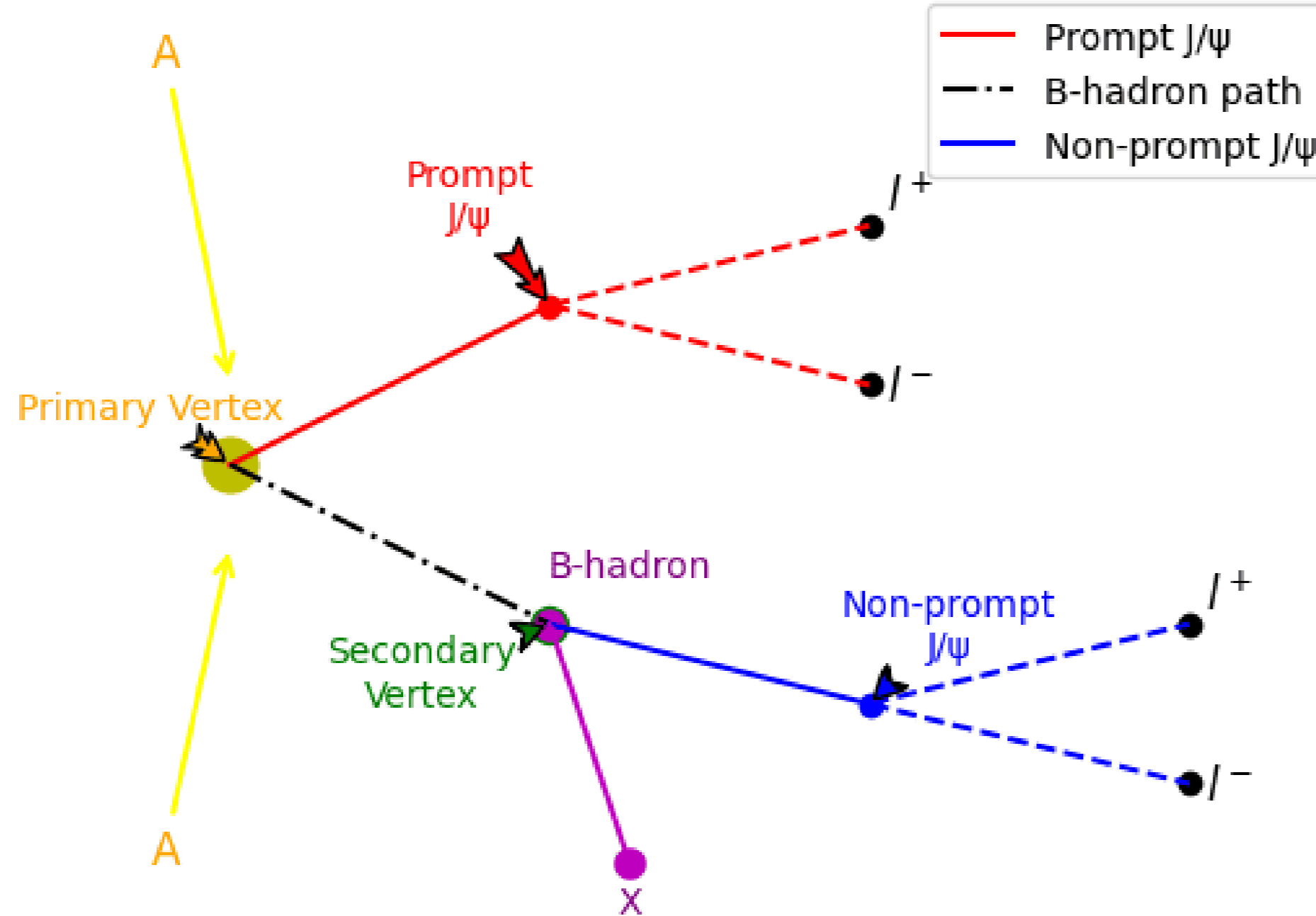
19 Mayıs, 2024

YEFIST 2024



# Prompt ve Non-Prompt $J/\psi$ Nedir?

Prompt and Non-Prompt  $J/\psi$  Production



- **Prompt  $J/\psi$ :** Proton-proton çarpışmasında doğrudan veya yüksek statelerdeki bazı parçacıkların ( $\psi(2S)$  gibi) bozunmasıyla oluşan, birincil tepe noktasına yakın olan  $J/\psi$  mezonlarıdır.
- **Non-Prompt  $J/\psi$ :** B-hadronlarının bozunması sonucu oluşan ve birincil tepe noktasından uzakta, belirgin bir bozunma uzunluğuna (decay length) sahip olan  $J/\psi$  mezonlarıdır.

# Prompt ve Non-prompt $J/\psi$ tespiti neden önemli?

- QCD Çalışmaları
- B-Hadron fiziđi ve hadronizasyon
- Tesir kesiti hesaplarının doğrulanması ve anomali tespiti
- Dedektör performans ölçümü

# Deneylerde Prompt/Non-prompt J/ψ Tespiti

- B-hadron Proper Decay Length ( $c\tau$ )
- Integrated Luminosity
- Diferansiyel Tesir Kesiti
- Rapidite ( $y$ )
- Değişmez kütle
- Enine momentum ( $p_T$ )
- Kabul edilirlilik (acceptance)
- Vertex fit

$$c\tau = \frac{c \cdot m_{J/\psi} \cdot \vec{L} \cdot \vec{p}_T}{|\vec{p}_T|^2}$$

$$\frac{d^2\sigma}{dp_T dy}(J/\psi) \cdot \text{BR}(J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-) = \frac{N_{\text{corr}}(J/\psi)}{\int L dt \cdot \Delta p_T \cdot \Delta y}$$

$$A(p_T, y; \lambda_\theta) = \frac{N_{\text{det}}(p_T, y; \lambda_\theta)}{N_{\text{gen}}(p_T, y; \lambda_\theta)}$$



# Veri Seti

- Pythia 8310'da  $\sqrt{s} = 13$  TeV'de 2 milyon olay (17773 prompt, 943 non-prompt J/ $\Psi$ ) üretimi
- HardQCD süreçleri (2->2,3 parton süreçleri)
- Hadron seviyesi süreçleri
- 4C Tune parametreleri
- $|V_z < 10 \text{ cm}|$  limitli olay üretimi



# Autoencoder eğitimi

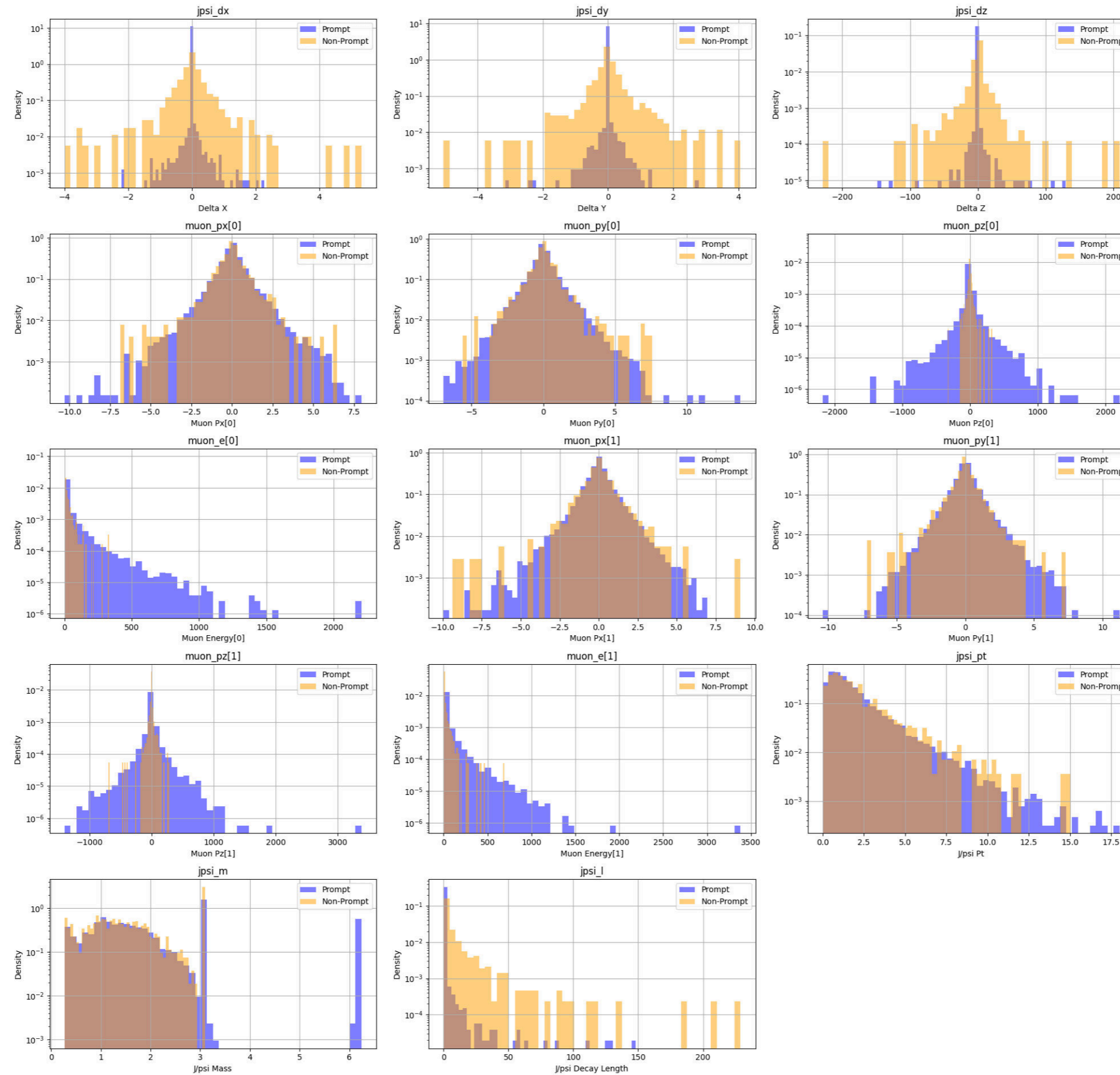
Pythia'dan alınan prompt verilerine göre inputlar;

- $J/\Psi$  Vertex bilgileri ( $V_x, V_y, V_z$ )
- Muon enerji, yük ve  $p_T$  verileri
- $J/\Psi$  kütle ve  $p_T$  verisi
  
- Reconstruction error treshold (MSE Loss)
- Her data noktası için loss hesabı

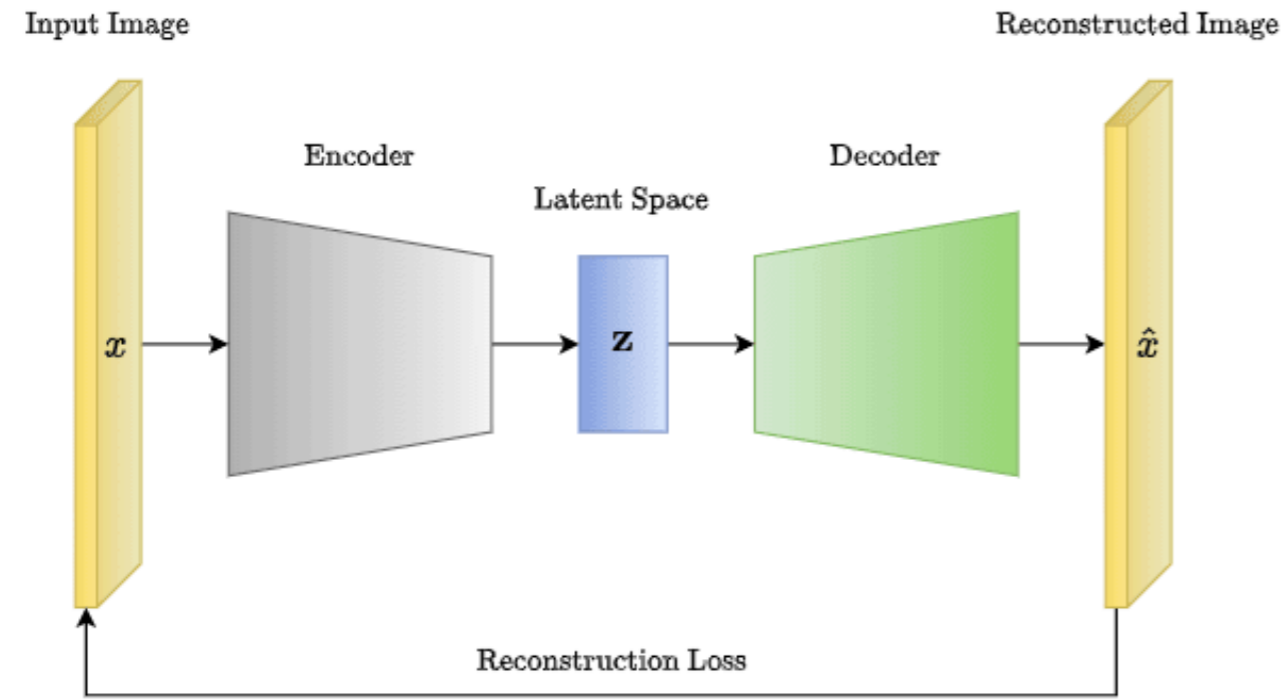
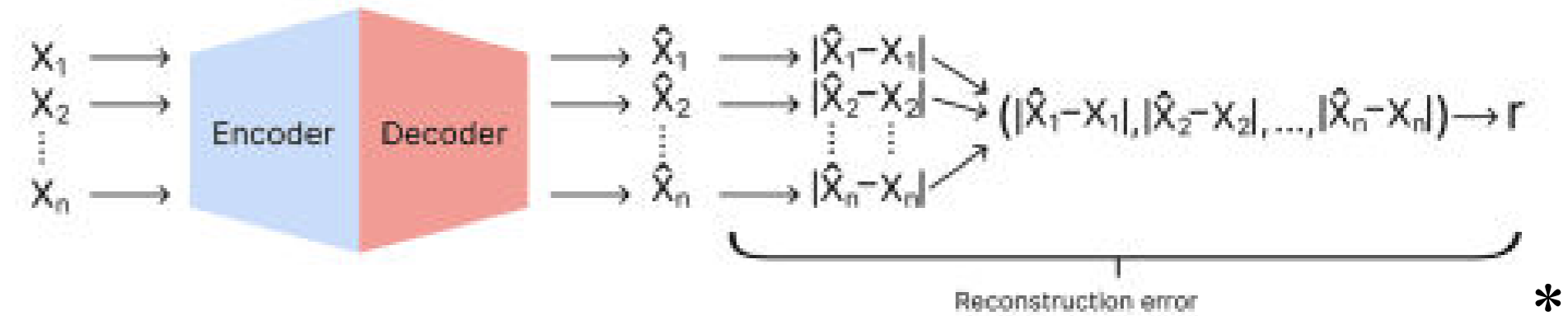
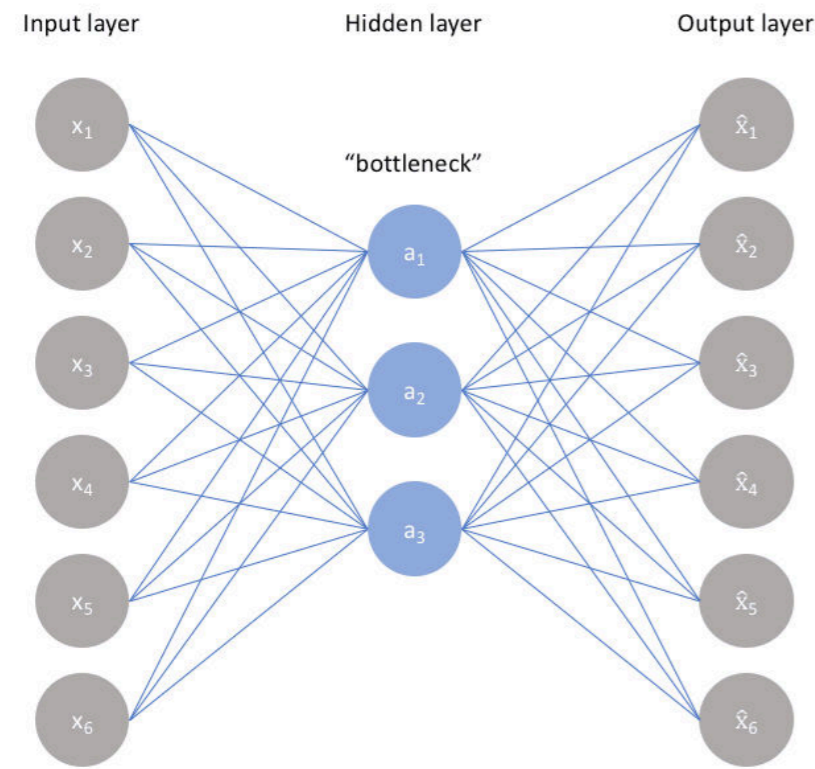


# Autoencoder eğitimi

jpsi\_input\_features\_distribution



# Autoencoder Modeli



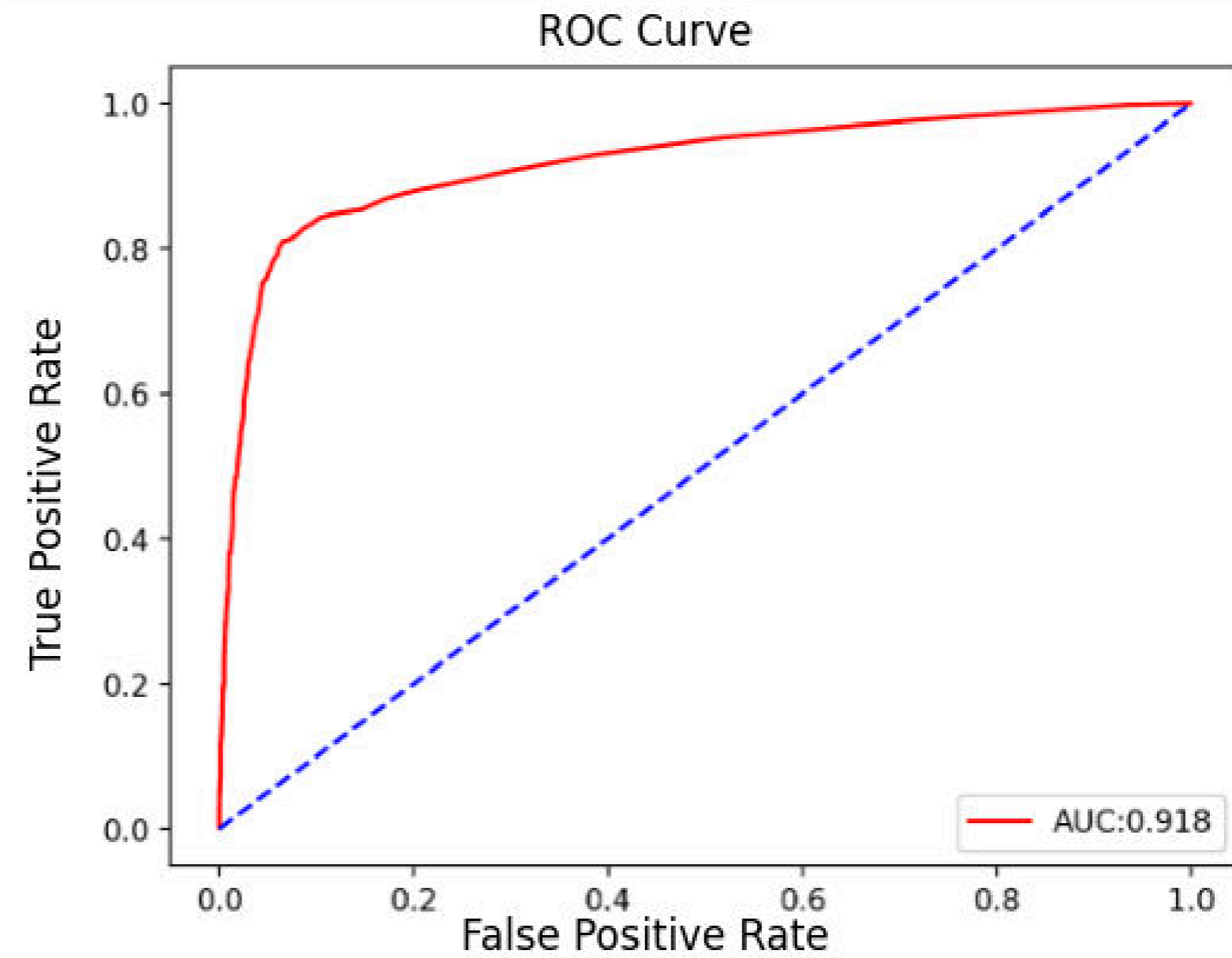
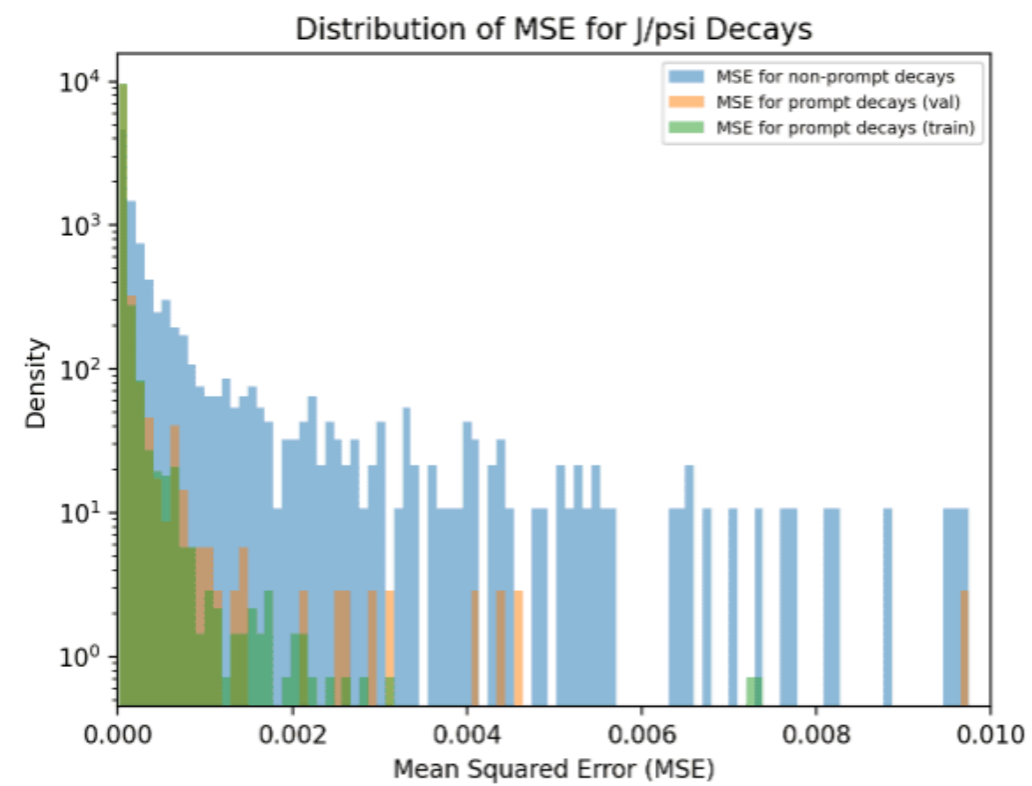
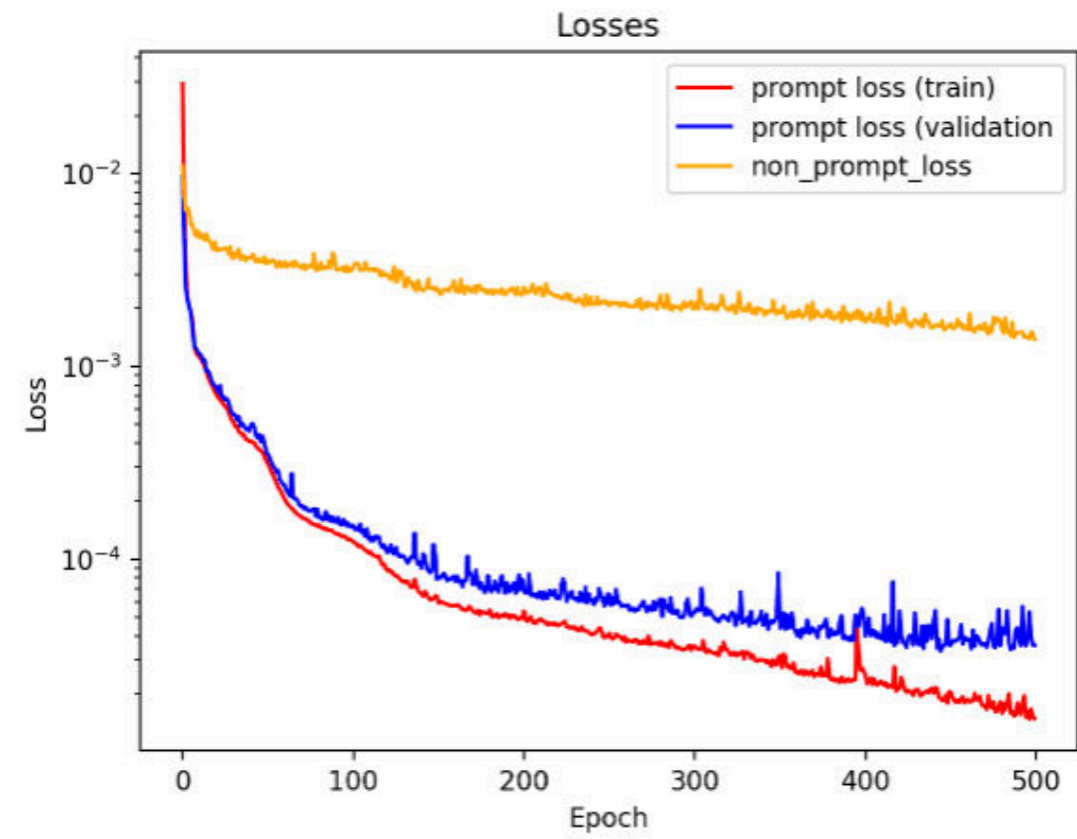
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2$$



\*<sup>1</sup> Hasan Torabi, Seyedeh Leili Mirtaheri, and Sergio Greco, "Practical autoencoder based anomaly detection by using vector reconstruction error," Cybersecurity 6, no. 1 (2023): 1-13, <https://doi.org/10.1186/s42400-022-00134-9>.



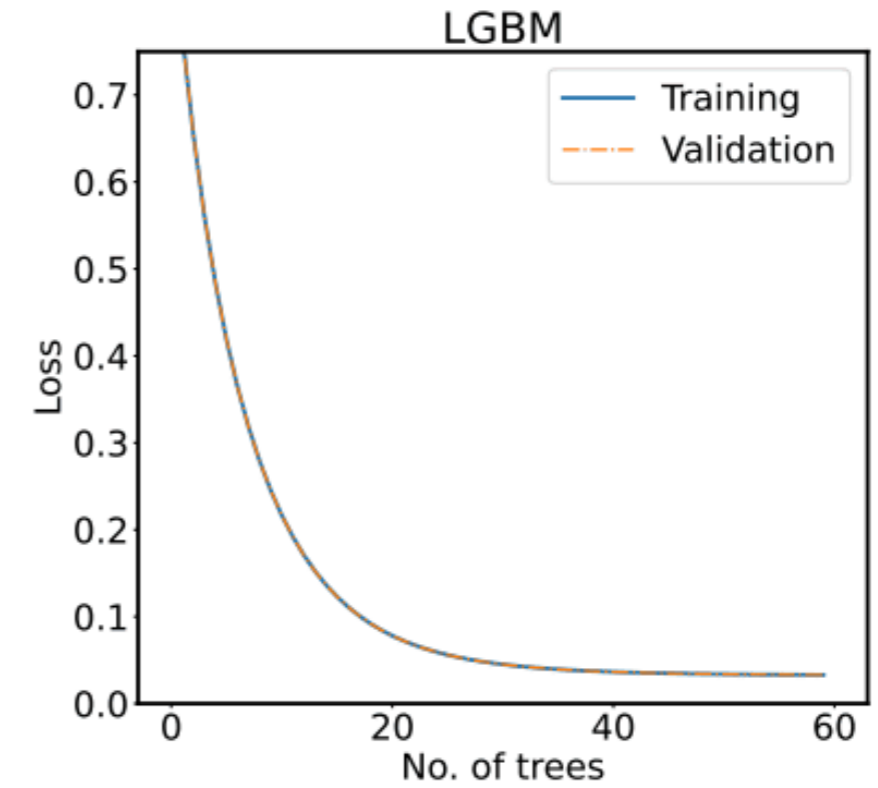
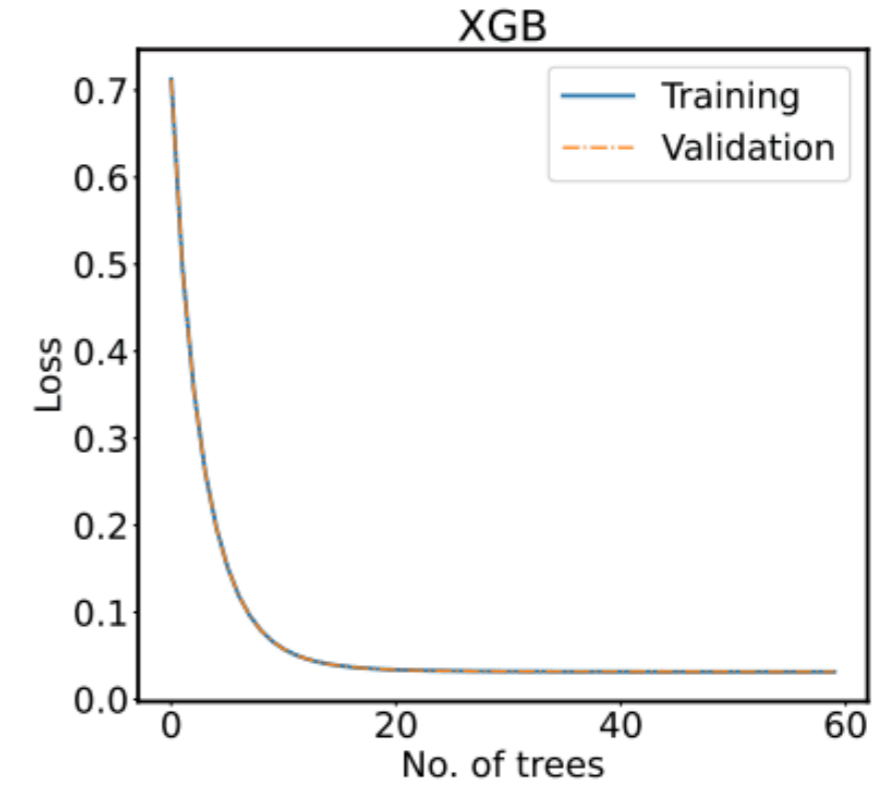
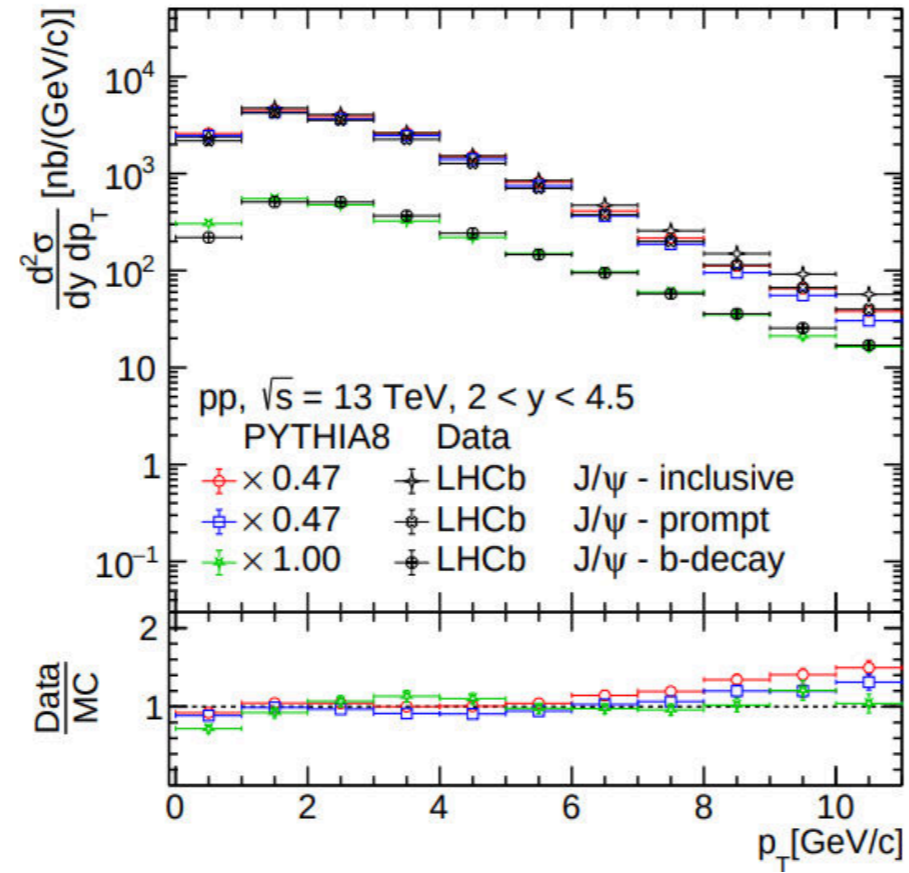
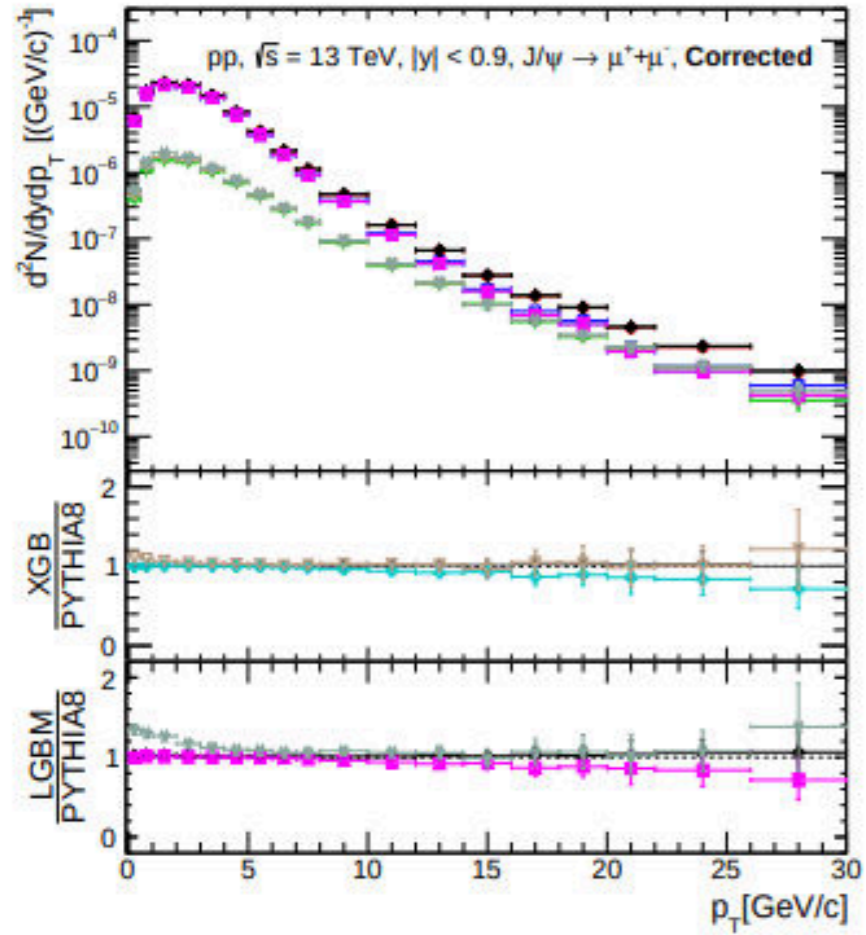
# Autoencoder Modeli



# Yapılacak Geliřtirmeler

- Olay sayısının artırılması (~10 milyar)
- 7 TeV enerjide karşılaştırma yapılması
- EvtGEN ile B-Hadron bozunum özelliklerinin geliştirilmesi
- Dedektörle uyumlu rapidite limiti
- Hibrit yaklaşım: Autoencoder modelinin çıktılarını bir sınıflandırıcı (classifier) model yardımıyla eğitmek

# Çalışma Karşılaştırması



# Teşekkürler!

eda.nur.erdogan@cern.ch

bora.isildak@cern.ch