

Streszczenie

New simulation software and machine learning technologies in the LHCb experiment to evaluate physics performance of Run 3

Michał MAZUREK

Głównym celem przedstawionej rozprawy było zbadanie nowych technologii oprogramowania oraz metod opartych na uczeniu maszynowym w celu poprawy wydajności przetwarzania danych w LHCb, ze szczególnym naciskiem na oprogramowanie do symulacji w LHCb (GAUSS).

GAUSSINO jest nowym oprogramowaniem symulacyjnym, które zostało stworzone poprzez wyodrębnienie wszystkich komponentów niezależnych od eksperymentu. W tej pracy, GAUSSINO zostało udoskonalone i udostępnione jako gotowe narzędzie w środowisku produkcyjnym, zarówno jako idealne środowisko testowe dla nowych symulacji i rozwoju detektorów oraz jako solidny framework symulacyjny dla eksperymentów w fizyce wysokich energii. GAUSS-ON-GAUSSINO to nowa wersja oprogramowania symulacyjnego LHCb oparta na GAUSSINO. Płynne przejście na nowe, wydajniejsze oprogramowanie symulacyjne w Runie 3 było jednym z celów pracy. Dodatkowo praca obejmuje dodanie nowego interfejsu do szybkich symulacji, wsparcie dla nowych narzędzi do opisu detektorów (DD4HEP i EXTERNALDETECTOR) oraz nowe narzędzia wizualizacyjne i dokumentację.

Nowe technologie symulacyjne oparte na uczeniu maszynowym (ML) zostały również zbadane w tej pracy. W szczególności zbudowana została infrastruktura niezbędna do uruchamiania modeli generatywnej sztucznej inteligencji (GenAI) dla szybkiej symulacji w kalorymetrze w GAUSSINO, a na jej podstawie dodano i przetestowano pierwszy model CALOML+VAE wytrenowany na danych z kalorymetru elektromagnetycznego LHCb. Dodatkowo zbadano możliwość wykorzystania modeli ML w algorytmach detekcji obiektów do rekonstrukcji energii klastrów w kalorymetrze elektromagnetycznym LHCb.

Na koniec przedstawiono wyniki symulacji fizycznych wybranych kanałów rozpadu istotnych dla eksperymentu LHCb w celu walidacji szybkich symulacji opartych na uczeniu maszynowym z wykorzystaniem modelu CALOML+VAE. Walidacja została przeprowadzona przy użyciu próbek wyprodukowanych za pomocą oprogramowania GAUSS.