

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТА СВМ

Г. Е. Козлов^а, В. В. Иванов^{а,б}, А. А. Лебедев^{а,в}, Ю. О. Васильев^г

^а Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

^б Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва

^в Франкфуртский университет им. И.-В. Гете, Франкфурт-на-Майне, Германия

^г Институт тяжелых ионов, Дармштадт, Германия

Рассмотрена проблема кластеризации откликов некоторых координатных детекторов, используемых в эксперименте СВМ. Для обработки данных использовались два алгоритма кластеризации. Первый из них был разработан нами специально для объединения в кластеры ячеек с учетом их зарядов. Второй алгоритм основан на методе ближайшего соседа и способен работать без информации о зарядах. Тестирование алгоритмов на данных, смоделированных в среде CBMROOT, показало высокую эффективность первых при работе с откликами координатных детекторов.

In this paper, we discuss clustering problem for the coordinate detectors in the CBM experiment. High interaction rate and large amount of data lead to high requirements to the clustering algorithms, which have to perform fast and efficient and be able to deal with high track multiplicity. Currently two different approaches are under discussion. In the first case, each fired pad has information about its charge. In the second case, a pad can be either fired or not, thus separation of overlapping clusters becomes a difficult task. To solve this task we developed two different clustering algorithms. These algorithms have been integrated into CBMROOT and tested on various types of simulated events. Algorithms show high efficiency and accuracy.

PACS: 07.05.Kf; 29.85.-c7

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных проектов в физике высоких энергий в настоящее время является эксперимент СВМ (Compressed Baryonic Matter) [1]. Для его успешной реализации необходима обработка экспериментальных данных в темпе их поступления. Получение данных осуществляется с помощью ряда детекторов, часть из которых имеет ячеистую структуру. Частицы, пересекая плоскости таких детекторов, приводят к срабатыванию одной или нескольких детектирующих ячеек. Далее на основе этих «отпечатков» программными средствами определяются наиболее вероятные координаты пролета частиц — хиты, которые используются для восстановления треков — траекторий движения частиц внутри детектора.

Число частиц, рождающихся при каждом соударении тяжелых ионов при энергиях СВМ, может быть весьма велико (до нескольких тысяч), а их «отпечатки» могут соприкасаться и перекрываться, что создает значительные трудности на этапе поиска хитов. Для решения этой проблемы используется специальная процедура — кластеризация [2]. Нашей целью является поиск и разработка алгоритмов кластеризации, применимых к обработке откликов координатных детекторов в эксперименте СВМ. В настоящей работе рассмотрена проблема кластеризации откликов в детекторах MVD (Micro Vertex Detector) и MuCh (Muon Chamber).

1. АЛГОРИТМЫ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Для кластеризации откликов детекторов использовались два различных алгоритма. Первый из них был разработан нами специально для обработки откликов детекторов в случае, если детектирующие ячейки имеют заряд. Основной принцип работы алгоритма следующий: каждая ячейка с локальным максимумом зарядов образует отдельный кластер, каждый кластер может включать в себя только одну ячейку с локальным максимумом зарядов. Ячейки, которые не являются локальными максимумами, присоединяются к соседям с наибольшим зарядом. Это дает возможность разделять многие перекрывающиеся кластеры без использования сложных вычислений.

Второй алгоритм работает без учета информации о зарядах ячеек, что является необходимым условием его использования для некоторых детекторов. Этот алгоритм основан на упрощенном методе ближайшего соседа [3]. В соответствии с этим методом объект присоединяется к кластеру, если расстояние между данным объектом и любым из объектов, уже включенных в кластер, достаточно мало. С целью достижения максимальной скорости кластеризации в условиях отсутствия информации о зарядах ячеек в качестве меры близости объектов — детектирующих ячеек — использовалось условие соседства ячеек на плоскости детектора.

2. КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ОТКЛИКОВ В ДЕТЕКТОРЕ MuCh

Детектор MuCh [4] предназначен для идентификации мюонов. Он состоит из 18 детектирующих плоскостей, объединенных в 6 станций. Между станциями располагаются адронные фильтры из железа и углерода, предназначенные для подавления фона от адронов.

В данной работе при тестировании алгоритмов рассматривались центральные соударения ионов Au + Au при энергии 25 ГэВ/нуклон. В таких соударениях рождается до 1000 заряженных частиц. На мюонный детектор приходится около 6500 срабатываний ячеек, образующих порядка 3500 кластеров. При этом до 90% от их количества сосредоточены на первых двух станциях.

Разработанные алгоритмы кластеризации мы сравнили с методикой, используемой в эксперименте СВМ. Результаты сравнения отображены на рис. 1. Разработанный ал-

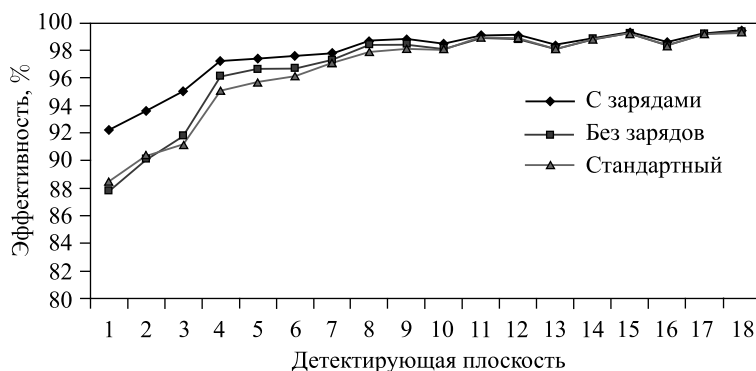


Рис. 1. Эффективность кластеризации откликов в детекторе MuCh

горитм кластеризации с учетом зарядов ячеек показал наилучшие результаты среди рассматриваемых, особенно на первых станциях детектора. Главной проблемой данного алгоритма является образование относительно большого количества фиктивных кластеров. Их число может достигать 10–15 % от общего количества найденных кластеров.

3. КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ОТКЛИКОВ В ДЕТЕКТОРЕ MVD

Детектор MVD [5] планируется оснастить четырьмя плоскостями. Для активных элементов (ячеек) рассматривается два варианта реализации: с учетом и без учета зарядов частиц. Мы исследуем оба случая, используя соответствующие алгоритмы кластеризации. При отсутствии зарядов мы также учитываем возможность применения порога активации ячеек.

Помимо частиц, рождающихся при Au + Au-соударениях, при прохождении высокоинтенсивного пучка через мишень образуется большое количество дельта-электронов. Их число зависит от частоты взаимодействия и может значительно превышать количество частиц от соударений Au + Au. Поэтому мы исследовали эффективность алгоритмов кластеризации при различных значениях частоты взаимодействия (рис. 2). Наилучшие результаты показал алгоритм, использующий заряды ячеек. Но при повышении числа активных ячеек (10^5 и более) скорость работы данного алгоритма сильно падает и обработка одного события может занимать до нескольких десятков секунд. Алгоритм беззарядовой кластеризации, используемый совместно с оптимальным порогом активации ячеек, продемонстрировал очень близкие результаты, лишь незначительно уступая алгоритму кластеризации с учетом зарядов. Таким образом, информация о зарядах ячеек не является обязательной для успешной кластеризации откликов детектора MVD. Но при отсутствии порога активации ячеек эффективность данного алгоритма серьезно падает.



Рис. 2. Эффективность кластеризации откликов в детекторе MVD

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе была рассмотрена проблема кластеризации откликов координатных детекторов, используемых в эксперименте CBM. Тестирование разработанных нами алгоритмов на данных, получаемых с детекторов MuCh и MVD, показало их применимость

для решения поставленной задачи, несмотря на имеющиеся преимущества и недостатки каждого из алгоритмов. Для детектора MuCh наилучшие результаты достигаются с использованием зарядов ячеек, тогда как для детектора MVD возможна кластеризация без учета зарядов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Compressed Baryonic Matter in Laboratory Experiments. The CBM Physics Book. 2011; <http://www-alt.gsi.de/documents/DOC-2009-Sep-120-1.pdf>.
2. *Everitt B. S., Landau S., Leese M.* Cluster Analysis. 4th Ed. Oxford: Oxford Univ. Press, 2001. 237 p.
3. *Sibson R.* SLINK: An Optimally Efficient Algorithm for the Single-Link Cluster Method // The Comp. J. 1973. V. 16. P. 30–34.
4. GEM Based R&D for Muon Chambers of CBM Experiment at FAIR. 2013; <http://indico.cern.ch/getFile.py/access?contribId=63&sessionId=12&resId=1&materialId=slides&confId=258852>.
5. *Samir Amar-Youcef.* Design and Performance Studies of the Micro-Vertex Detector for the CBM Experiment at FAIR. 2011; <https://www-alt.gsi.de/documents/DOC-2012-May-10-1.pdf>.