

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

98-200

P10-98-200

В.М.Котов, М.А.Минеев

АЛГОРИТМ ДЛЯ ОПОЗНАНИЯ СОБЫТИЙ
В МЮОННОМ ТРИГГЕРЕ ДЕТЕКТОРА ATLAS

Направлено на 4-ю Всероссийскую конференцию
«Распознавание образов и анализ изображений:
новые информационные технологии», Новосибирск

1998

ВВЕДЕНИЕ

Устройство мюонного поддетектора детектора ATLAS было детально изложено в [1,2], поэтому мы дадим лишь краткое описание системы. Мюонный детектор представляет собой тороид, состоящий из 16 сегментов. На рис. 1 показаны 3 из этих сегментов (сам рисунок представляет собой часть поперечного сечения мюонного детектора).

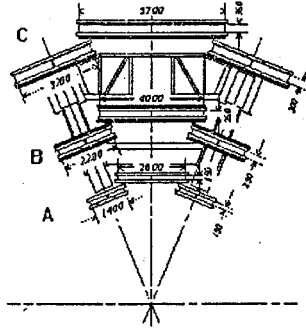


Рис. 1

Каждый сегмент состоит из трёх камер (А,В и С; рис. 1) с дрейфовыми трубками высокого давления (расположены вдоль вектора магнитной индукции \vec{B}).

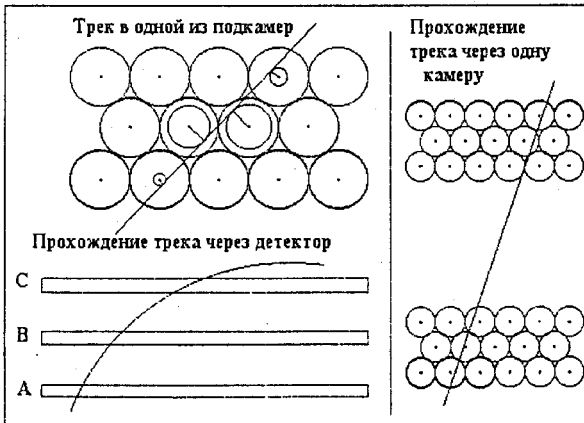


Рис. 2

Мюон является отрицательно заряженной частицей и при движении в магнитном поле будет описывать дугу (см. рис. 2), радиус R которой будет зависеть от тангенциальной составляющей импульса p_T . R и p_T связаны соотношением

$$p_T = qBR \text{ или } R \approx \frac{50}{9} p_T \text{ (при } B=0,6 \text{ Тл).}$$

ГЕОМЕТРИЯ ТРЕКОВ

Нашей задачей является нахождение радиуса кривизны треков мюонов. Для определения параметров трека необходимо знать три точки, принадлежащие ему; каждая из данных точек вычисляется из данных, приходящих от одной из камер (А, В или С). Эти точки называются суперточками, а их координаты определяются следующим образом:

$$x_s^k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^k,$$

$$y_s^k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^k.$$

Так как радиусы кривизны треков очень велики по сравнению с размерами каждой из камер с дрейфовыми трубками, то треки аппроксимируются в каждой из камер прямой. Здесь приняты следующие обозначения: n - число точек на треке, находящихся в k -й камере; (x_i^k, y_i^k) - координаты i -й точки в k -й камере, а (x_s^k, y_s^k) - координаты суперточки для k -й камеры. Точки на треке (x_s^k, y_s^k) определяются из координат сработавших трубок и радиусов дрейфа r_i этих трубок; радиус дрейфа - это радиус окружности, касательной к треку с центром в точке, где находится сигнальная проволока (центр поперечного сечения трубки).

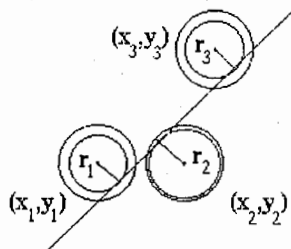


Рис. 3

Чтобы найти точки, лежащие на треке, рассмотрим пару трубок, один из центров которых лежит по одну сторону от трека, а другой - по другую (см. рис. 3, здесь две такие пары (1,2) и (2,3)). Тогда легко найти точку на треке, являющуюся пересечением трека и прямой, соединяющей центры трубок

$$x_a = \frac{r_2 x_1 + r_1 x_2}{(r_1 + r_2)},$$

$$y_a = \frac{r_2 y_1 + r_1 y_2}{(r_1 + r_2)}.$$

Тройка трубок, у которой один из центров трубок лежит по одну сторону от трека, а два других - по другую сторону (см. рис. 3), однозначно определяют параметры трека.

АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ

Ранее авторами уже проводились исследования по поиску оптимального алгоритма распознавания мюонных треков в мюонном триггере детектора ATLAS [3,4]. Проведённые ранее исследования показали высокую надёжность определения параметров трека по трём сработавшим трубкам. Расчёты базировались на применении генетических алгоритмов, от чего в дальнейшем пришлось отказаться по следующим причинам:

1) Генетические алгоритмы дают выигрыш, когда задача существенно многомерна, в данном же случае мы имеем дело с тремя переменными (номера трубок), а всё остальное (радиусы дрейфа, координаты центров трубок) являются жёстко заданными параметрами, присущими каждой трубке.

2) Отсутствие большого числа ложных (духовых) решений предполагаемых ранее (количество духовых решений зависит от уровня шума и количества регистрируемых треков) приводит к тому, что уже на первых шагах программы получают правильные значения параметров треков.

3) Необходимо было также решить задачу, как распознать все (или подавляющее большинство) треки, прошедшие через область интереса (RoI - Region of Interest). В первой работе мы, как правило, имели дело с одним треком (это объясняется тем, что при формировании RoI на предшествующем уровне триггера происходит предварительный отбор сработавших трубок, предположительно относящихся к одному треку, но RoI может в принципе содержать и несколько треков. Генетические алгоритмы могут дать лишь часть

треков, и всегда будет существовать вероятность, что некоторые из треков остались не опознанными (проблема останова генетических алгоритмов).

Для определения параметров трека достаточно знать данные от трёх сработавших трубок, принадлежащих треку, причём для корректного определения этих параметров необходимо, чтобы центр одной трубки (сигнальная нить) находился по другую сторону от трека, нежели чем центры двух других трубок. Можно определить значения угла наклона трека и в том случае, если центры трубок располагаются на одной прямой, но тогда невозможно определить, с какой стороны от центров прошёл трек - "знаковая неопределённость". Может также реализовываться случай, когда все центры находятся по одну сторону от трека, но не лежат на одной прямой, тогда также можно определить все параметры трека, но данный случай очень редок, и его мы рассматривать не будем. Алгоритм распознавания состоит в следующем:

1) Мы осуществляем поиск тройки, через которую в принципе может проходить трек. (Поиск таких троек в простейшем случае может осуществляться перебором). Необходимо в каждой тройке проанализировать все возможные ориентации трека относительно центров трубок. В тройке, по определению, не должно быть трубок с одинаковыми номерами, а также, чтобы избежать повторяющихся вычислений, будем требовать, чтобы $i < j < k$, где i, j и k - номера первой, второй и третьей трубки соответственно.

2) Определяем параметры трека: угол наклона трека $k_{ijk} = \text{tg}(\alpha_{ijk})$ и начальное значение y_{ijk}^0 (значение y_{ijk} при $x_{ijk} = 0$), трек аппроксимируется прямой $y_{ijk} = k_{ijk}x_{ijk} + y_{ijk}^0$. (Первый и второй шаги выполняются одновременно.)

3) Если имеет место возможность существования трека, проходящего через данную тройку, то - проверяем отсчёты, ещё не вошедшие ни в один из треков: могут ли они принадлежать данному треку. Номера трубок, удовлетворяющие этим условиям, заносятся в отдельный массив. Так как могут существовать духовые решения (их количество зависит от количества треков в RoI и уровня шума), то часть из них можно исключить, введя параметр N (порог) - минимально возможное число трубок, сработавших в треке. Найденные треки будут записываться, а трубки, принадлежащие им, будут помечаться, как принадлежащие треку, что исключает их анализ в дальнейшем. Чтобы исключить лишние трубки, предусмотрен ещё один тест, при невыполнении которого дальнейшая проверка трубки на принадлежность к треку не ведётся. На каждом слое трубок (слой характеризуется одинаковым значением координаты y , центров трубок, входящих в данный слой) для некоторого трека с параметрами k_{ijk} и y_{ijk}^0 находят значения x_{i1}' и x_{i2}' , которые являются границами интервала внутри которого должны лежать координаты центров трубок, принадлежащих

треку, трубки, центры которых не входят в данный интервал, не рассматриваются на предмет принадлежности к данному треку.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Большая часть шумов отсеивается на первом и втором уровнях мюонного триггера (оставшаяся часть - менее 20%). В формируемых на этих уровнях областях интереса содержится, как правило, один трек.

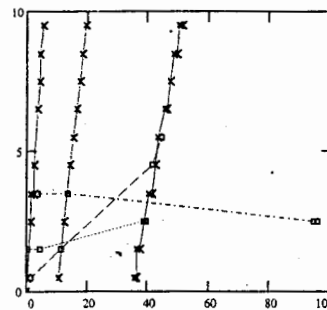


Рис. 4

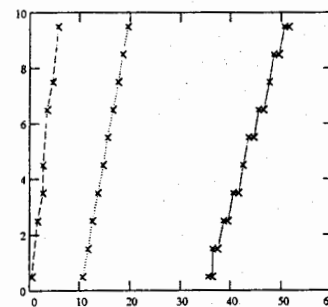


Рис. 5

Представленный алгоритм устойчиво работает при данных условиях (один трек и ожидаемый уровень шума). На рисунках 4 и 5 представлены результаты расчётов для трёх треков. Центры трубок у треков помечены крестиками, а у духовых решений квадратиками, центры трубок, отнесённые программой к одному треку, соединены линиями, уровень шума предполагался равным 20%: на рис. 4 - при $N = 4$, а на рис. 5 - при $N = 5$. Диаметр трубки в программе предполагался равным 1 см, что на самом деле не существенно. В данном случае играет большую роль то, насколько близко расположены треки друг к другу, при сближении треков увеличивается количество духовых решений, и это приводит к уменьшению точности. Сравнивая оба рисунка, видим, что духовые решения, присутствующие на рис. 4, сформированы большей частью из трубок, принадлежащих трекам, поэтому мы предполагаем, что дальнейшие модификации данного метода должны быть следующими: необходимо отказаться от таблицы трубок, признанных принадлежащими какому-либо треку; более целесообразным является выделить вначале все возможные треки с числом отсчётов не ниже порога N , а затем "перераспределить" отсчёты от треков ниже порога по трекам, имеющим наибольшее число отсчётов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данном этапе нами построен алгоритм, позволяющий распознавать большую часть событий на третьем уровне мюонного поддетектора детектора ATLAS, однако существует небольшая вероятность того, что в одну область интереса (ROI) попадёт несколько треков (если они близко расположены друг к другу или пересекаются). Мы надеемся в ближайшем будущем провести исследования с целью модификации алгоритма, позволяющего реконструировать близко расположенные и пересекающиеся треки. Это позволит повысить надёжность расчётов, и даст возможность скорректировать ошибки, возникающие на первом и на втором уровнях мюонного триггера при формировании областей интереса.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. Ambrosini et al, A proposal for the ATLAS Level-2 Muon Trigger in the barrel region. ATLAS Int. Note MUON-NO-061 (1994).
2. O. Palamara and S. Petrer, Pattern recognition at the second level muon trigger in the ATLAS barrel region. ATLAS Int. Note DAQ-NO-017 (1994).
3. V. Kotov, I. Aleksandrov, Yu. Yatsunenko. The mathematical approach to the design of 2nd level muon trigger for MDT and algorithm construction strategy. Atlas Internal Note MUON-NO-057, 1994. 5 October 1994.
4. Котов В.М., Минеев М.А., Применение генетических алгоритмов для опознания событий в мюонном триггере детектора ATLAS. // III конф. Распознавание образов и анализ изображений: новые информационные технологии. Тез. докл. Нижний Новгород, 1997, ч. II, С. 142-145.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 июля 1998 года.

Котов В.М., Минеев М.А.

P10-98-200

Алгоритм для опознания событий в мюонном триггере детектора ATLAS

Представлены результаты исследований по распознаванию событий в мюонном триггере детектора ATLAS. Предложен более простой алгоритм восстановления мюонных треков.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1998

Kotov V.M., Mineev M.A.

P10-98-200

The Event Recognition Algorithm
for the ATLAS Muon Detector Trigger

This work describes new results of the investigation in the pattern recognition in the muon trigger of the ATLAS detector. More simple algorithm for the muon track reconstruction is presented here.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1998