

сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

P10-85-383

П.Г.Евтухович,¹ С.М.Коренченко, Н.А.Кучинский,
Д.А.Мжавия²

АЛГОРИТМ БЫСТРОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ИНФОРМАЦИИ
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ПОИСКУ РАСПАДА μ -Зе
НА СПЕКТРОМЕТРЕ АРЕС

¹ Институт физики АН БССР, Минск

² Тбилисский государственный университет

1985

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе описывается алгоритм быстрой фильтрации информации, снимаемой со спектрометра АРЕС в эксперименте по поиску распада $\mu^+ - e^- + e^+ + e^+$ ($\mu - 3e$).

Детектирующая часть спектрометра представляет собой сборку из двенадцати цилиндрических камер^{1,2/}, вставленных одна в другую и расположенных коаксиально. Вся конструкция расположена в магните так, что ось симметрии камер направлена вдоль оси пучка и магнитного поля. Треки всех заряженных частиц имеют вид закрученных линий или дуг, уходящих за пределы последней камеры, в зависимости от того, какой энергией обладает частица. При поиске распадов $\mu - 3e$ запуск установки должен происходить при наличии трех частиц в детекторе. Число таких запусков по предварительным оценкам может составлять $1-3 \cdot 10^3$ в секунду, и они, в основном, будут происходить за счет случайных совпадений позитронов от обычных распадов мюонов. В распаде $\mu - 3e$ имеются один электрон и два позитрона, т.е. трек, закрученный в одну сторону, и два трека, закрученных в обратную сторону. Факт наличия таких трех треков используется в качестве критерия для дальнейшего отбора событий. Очевидно, число оставшихся событий должно при этом резко сократиться.

Поиск в событии одного электронного и двух позитронных треков составляет суть алгоритма быстрой фильтрации. Программа, реализующая этот алгоритм, поставлена на мини-ЭВМ СМ-4. Алгоритм, основанный на поиске одного лишь электронного трека, уже был ранее реализован на ЭВМ ЕС-1040^{3/}.

1. ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ПРОГРАММЫ БЫСТРОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

После срабатывания логики запуска информация о сработавших нитях во всех камерах с электроники пропорциональных камер считывается группами по 32 нити блоком КИ-018^{4/}, кодируется и передается в мини-ЭВМ СМ-4 в виде 16-разрядного кода, где последовательно заполняет отведенный под событие массив. Разряды в образуемом коде означают:

- 1-5 - номер сработавшей нити в группе,
- 6-13 - число M+1, где M - номер опрошенной группы,
- 14-16 - число N-1, где N - число соседних сработавших нитей /кластер/.

Программа быстрой фильтрации работает с номерами нитей в каждой камере, поэтому информация предварительно преобразовывается для выявления всех сработавших нитей в каждой камере. Для этого используется следующая формула:

$$WN(I) = (GN - GN_0(I)) \cdot 32 + (GWN - \frac{KL}{2}),$$

где $I = 1, 2, \dots, 12$, GN - номер текущей группы, $GN_0(I)$ - начальный номер группы i -той камеры, GWN - номер нити в группе, KL - величина кластера.

Набор всех сработавших нитей представляет проекцию события на плоскость, перпендикулярную оси камер. Мишень в этой проекции дается в виде круга, а треки - либо в виде спиральных линий /из-за потерь энергии за счет многократного прохождения вещества мишени и камер/, либо дуг окружностей, в зависимости от начальной энергии частиц. Половину каждого витка спирали можно приблизительно считать дугой окружности, а спираль - состоящей из набора дуг окружностей уменьшающегося радиуса, "сшивающихся" между собой. Идеализировав таким образом событие, мы приходим к возможности идентифицировать все треки с помощью заранее подготовленного набора дуг окружностей, называемых шаблонами^{15/}.

Окружность, как известно, полностью определяется заданием трех точек. В качестве таких точек выбраны нити первой, четвертой и шестой камер. Допуская определенные потери в точности, можно ограничиться анализом информации в первых шести камерах из соображений простоты и экономии памяти и времени. Определив все параметры шаблона по опорным нитям, определяем нити, которые должны сработать во второй, третьей и пятой камерах. Решив эту задачу заранее, т.е. уже зная радиус, расстояние от центра мишени до центра окружности, - дуга которой реализует шаблон, зная полярный угол центра этого шаблона, а также номера нитей во второй, третьей и пятой камерах, через которые проходит дуга шаблона, имея полный набор шаблонов, перебирая всевозможные тройки опорных нитей в событии и определяя, совпадают ли соответствующие нити шаблона и события во второй, третьей и пятой камерах, можно обнаружить все дугообразные треки события и их полярные координаты. Этот момент является основным при построении алгоритма быстрой фильтрации.

Полный набор шаблонов получается на основании следующих рассуждений: для каждой нити на шестой камере можно выделить единственный интервал нитей в каждой из предыдущих камер. Эти нити только и сработают при прохождении заряженной частицы любой энергии определенного знака заряда, выходящей из мишени и доходящей до данной нити на шестой камере. Набор таких интервалов назовем областью. В силу круговой симметрии все области будут идентичны между собой. Нити в камерах пронумерованы против часовой стрелки, начиная с нулевой. Поэтому достаточно иметь

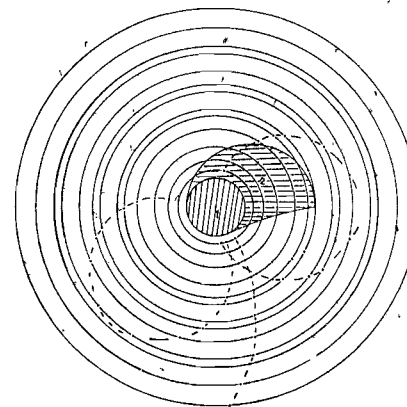


Рис.1. Детектирующая часть спектрометра. 1 - мишень, 2 - область шаблонов; пунктирные линии - один из смоделированных треков $\mu - 3e$.

шаблоны, входящие в нулевую область, чтобы с помощью поворотов получить шаблоны, входящие в любую другую область. Область шаблонов ограничена сверху треком, выходящим с противоположного конца мишени и доходящим до нулевой нити шестой камеры, а снизу -

максимальным радиусом, т.е. треком максимальной энергии в распаде $\mu - 3e$ при выбранном магнитном поле /см. рис.1/.

Для частиц противоположного знака, вообще говоря, надо бы иметь свой набор шаблонов, что привело бы к удвоению памяти под шаблонный массив и к необходимости перенумерации нитей в камерах с целью удобства адресации при обращении к шаблонам. Однако, используя зеркальную симметрию областей шаблонов для частиц противоположного знака, можно так преобразовать номера нитей, чтобы зеркально отразить само событие. Электронный трек приобретет кривизну позитронного, и наоборот. При этом используется тот же набор шаблонов для идентификации треков частиц уже противоположного знака заряда. Из-за своей простоты такое преобразование выполняется на мини-ЭВМ быстро. Оно имеет следующий вид:

$$M'(I) = K \cdot N(I) + 2M_0(I) - M(I),$$

где $N(I)$ - число нитей в i -той камере, $M'(I)$ - номер нити i -той камеры после преобразования, $M(I)$ - номер нити i -той камеры до преобразования, $M_0(I)$ - сдвиг начала отсчета номеров нитей в i -той камере, $K = 1$, если $M(I) > M_0(I)$, в противном случае $K = 0$.

Сдвиг начала отсчета нитей определяется для каждой камеры. Линия отсчетов нитей задается нижней границей области шаблонов, т.е. дугой максимального радиуса. Этот сдвиг удобен с точки зрения простоты образования адреса шаблона.

Полный набор составляет 1226 шаблонов. Размещаясь в памяти, каждый шаблон занимает шесть байтов. Каждому байту соответствуют в порядке возрастания адресов следующие величины: номер нити - во второй, третьей и пятой камерах, азимутальный угол центра шаблона, выраженный в номерах нитей на шестой камере с целью удобства определения центра самого трека, расстояние от центра мишени до центра шаблона, радиус шаблона. Косвенная

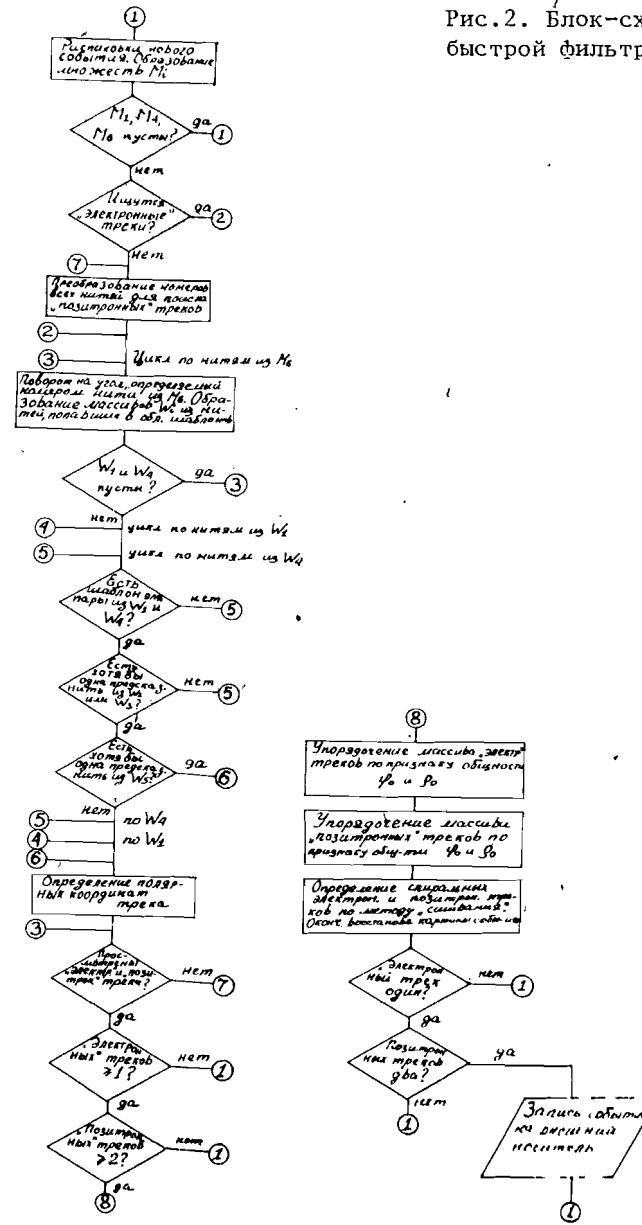
адресация принята с целью более рационального использования ресурсов памяти. По номерам нитей на первой, четвертой и шестой камерах, попавших в область шаблонов после их приведения к нулевой нити на шестой камере, образуется адрес ячейки во вспомогательном массиве: $Adr = N_1 \cdot 2^6 + N_4$. Если данной тройке нитей /нить на шестой камере всегда нулевая, поэтому она не участвует в образовании адреса/ соответствует какой-нибудь шаблон, то обращение к нему происходит по адресу, находящемуся по указанному адресу во вспомогательном массиве, если не соответствует - то по указанному адресу будет ноль.

Выше уже отмечалось, что при прохождении вещества мишени и камер частица теряет определенную часть энергии, вследствие чего ее трек не является окружностью или дугой окружности. Учет потерь производится не изменением формы шаблона, а введением параметров, варьируя которые, можно добиться той или иной степени приближенности к реальной ситуации. Таких параметров в программе три. Первый учитывает несоответствие номеров нитей трека и шаблона соответственно во второй, третьей и пятой камерах. Значение этого параметра выбирается так, чтобы как можно полнее удовлетворялись одновременно два требования: возможность идентифицировать все реальные треки, не генерируя при этом ложных. Введение второго и третьего параметров продиктовано выбранной нами схемой идентификации спиральных треков, в которой все аппроксимирующие спираль дуги окружности должны иметь близкие по значению величины ϕ_0 и ρ_0 . Знак заряда частицы определяется знаком кривизны полуокружности, имеющей наибольший радиус. Выбор допустимых интервалов значений ϕ_0 и ρ_0 и производится этими двумя параметрами.

Восстановление картины события начинается с обнаружения всевозможных дуговых треков /их полярных координат и радиусов/, имеющих сходство с шаблонами. После этого все треки одинакового знака кривизны проверяются на одинаковость значений ϕ_0 и ρ_0 , упорядочиваются по значению радиуса, затем сравниваются значения тех же параметров для треков противоположной кривизны. Таким образом, выявляются все спиральные и одиночные треки частиц обоих знаков зарядов. Если программой установлено, что в событии имеются один электронный и два позитронных трека, оно записывается на внешний носитель, в противном случае событие теряется.

2. БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА БЫСТРОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Блок-схема алгоритма быстрой фильтрации изображена на рис. 2. В ней использованы следующие обозначения: M_i , $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ - множество /массив/ всех сработавших нитей в i -той камере, W_{ij} , $i = 1, 2, 3, 4, 5$ - множество всех сработавших нитей в i -той камере, попавших в область шаблонов после приведения j -той нити шестой камеры к нулевой.



Программа написана на языке ассемблер для мини-ЭВМ класса СМ-3, СМ-4. В программе использована система команд для работы только с целочисленной арифметикой, что приводит к более быстрой работе алгоритма. Среднее время, обработанное по ста событиям μ -3-е моделированным с помощью программы YAUD, составляет 5 мс.

3. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ АЛГОРИТМА БЫСТРОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Отладка и апробация программы быстрой фильтрации проводились, как уже было сказано выше, на смоделированных событиях μ - $3e$. При моделировании учитывались потери энергии частицы в веществе мишени и камер. Определялась эффективность обнаружения отдельных треков частиц обоих знаков заряда и эффективность идентификации события в целом. Результаты работы программы показали, что отдельные треки обнаруживаются во всех случаях, а эффективность идентификации событий составляет величину 0,83. Нестопроцентная эффективность идентификации событий объясняется тем, что время от времени возникают неблагоприятные с точки зрения работы алгоритма ситуации, когда образуются ложные треки из-за того, что закрученные треки одних частиц проходят вблизи других треков и образуется благоприятная фоновая ситуация /рис.1/. Однако, смягчив требования отбора, можно эффективность идентификации сделать стопроцентной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коренченко С.М. и др. ОИЯИ, P13-9542, Дубна, 1976.
2. Баранов В.А. и др. ОИЯИ, 13-81-381, Дубна, 1981.
3. Баранов В.А. и др. ОИЯИ, 11-81-300, Дубна, 1981.
4. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-12912, Дубна, 1979.
5. Евтухович П.Г. и др. ОИЯИ, P10-85-382, Дубна, 1985.

В Объединенном институте ядерных исследований начал выходить сборник "Краткие сообщения ОИЯИ". В нем будут помещаться статьи, содержащие оригинальные научные, научно-технические, методические и прикладные результаты, требующие срочной публикации. Будучи частью "Сообщений ОИЯИ", статьи, вошедшие в сборник, имеют, как и другие издания ОИЯИ, статус официальных публикаций.

Сборник "Краткие сообщения ОИЯИ" будет выходить регулярно.

The Joint Institute for Nuclear Research begins publishing a collection of papers entitled *JINR Rapid Communications* which is a section of the *JINR Communications* and is intended for the accelerated publication of important results on the following subjects:

Physics of elementary particles and atomic nuclei.
Theoretical physics.
Experimental techniques and methods.
Accelerators.
Cryogenics.
Computing mathematics and methods.
Solid state physics. Liquids.
Theory of condensed matter.
Applied researches.

Being a part of the *JINR Communications*, the articles of new collection like all other publications of the Joint Institute for Nuclear Research have the status of official publications.

JINR Rapid Communications will be issued regularly.

