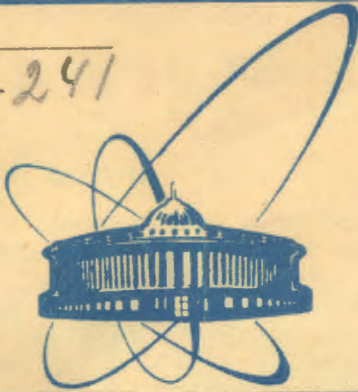


Б-241



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

3652/2-81

20/vii-81

11-81-300

+

В.А.Баранов, Р.Иленбург, С.М.Коренченко

АЛГОРИТМ ФИЛЬТРАЦИИ СОБЫТИЙ,
ПОЛУЧАЕМЫХ НА С-ДЕТЕКТОРЕ
СПЕКТРОМЕТРА АРЕС

1981

1. ВВЕДЕНИЕ

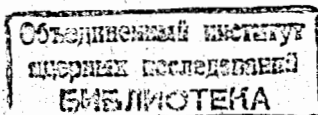
В данной работе описывается алгоритм быстрой фильтрации информации в эксперименте по поиску распада $\mu^+ \rightarrow e^+ + e^+ + e^-$ / $\mu\text{-}3e$ / с помощью детектора заряженных частиц спектрометра АРЕС^{/1/} /С-детектора/. Этот алгоритм может оказаться полезным при поиске треков в магнитных спектрометрах, аналогичных АРЕСу.

С-детектор представляет собой сборку из 8 цилиндрических пропорциональных камер^{/2,3/}, вставленных друг в друга, и помещенную в магнитное поле. Информация с С-детектора поступает в центральную ЭВМ ЕС-1040^{/4/}. При поиске распада $\mu\text{-}3e$ запуск установки происходит при наличии трех частиц в детекторе. Предварительные оценки показали, что число таких запусков может составлять до 100 в секунду. Магнитная лента при таком триггере заполняется за 12 мин. Основная часть этих запусков возникает при случайном совпадении позитронов, возникающих при обычном распаде мюона. Иными словами, большинство таких событий содержит только положительно заряженные частицы. Таким образом, если отбирать только те события, в которых присутствует отрицательно заряженная частица /такая частица возникает при распаде $\mu\text{-}3e$ /, то число событий, которые необходимо далее анализировать, значительно сократится. В соответствии с этим обстоятельством был разработан алгоритм, определяющий наличие отрицательно заряженной частицы в событии. На ЭВМ ЕС-1040 поставлена программа, реализующая этот алгоритм в режиме он-лайн и записывающая отобранные события на магнитную ленту.

2. ПРИНЦИП РАСПОЗНАВАНИЯ ТРЕКОВ

Работа программы распознавания была построена на основе информации о сработавших проволочках в плоскости, перпендикулярной оси камер и направлению магнитного поля. Треки частиц в этой плоскости представляют собой дуги окружностей, а проекция мишени - круг /рис. 1/. В программе использовалась информация, получаемая от семи камер, которые в последующем нумеруются в возрастающем порядке, начиная от внутренней камеры.

Программа может распознавать только те треки, которые выходят из мишени и доходят до внешней оболочки С-детектора, т.е. проходят все камеры.



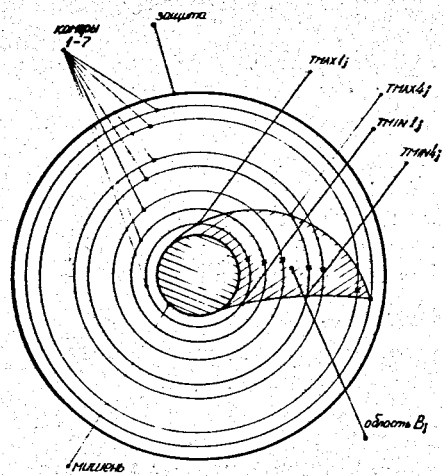


Рис.1. Допустимая область электронных треков.

Трек определяется тремя параметрами. Поэтому, если известны проволоочки, вблизи которых прошел трек в "опорных" 1-й, 4-й и 7-й камерах, то можно определить, какие проволоочки должны сработать в остальных. Этим обстоятельством мы и пользуемся для поиска треков. Алгоритм проверяет, действительно ли оправдывается геометрическое предсказание. Если такое происходит, программа делает вывод о наличии трека и записывает событие на магнитную ленту.

Для ускорения работы алгоритма геометрическое предсказание можно выполнить заранее, сопоставив всякому возможному треку шаблон, содержащий номера нитей на семи камерах, соответствующих этому треку. Любой сработавшей проволоочке j на седьмой камере соответствует область V_j треков, ограниченная двумя дугами окружностей, минимальным и максимальным радиусами допустимых треков. Расположение этой области показано на рис. 1. Область V_j является множеством проволоочек d_i камеры i , удовлетворяющих неравенствам

$$TMIN_{ij} \leq d_i \leq TMAX_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, 6$$

т.е. $V_j = [(TMIN_{ij}, TMAX_{ij}), i = 1, 2, \dots, 6]$.

Жертвуя в некоторой степени быстродействием, можно сократить число запоминаемых шаблонов, используя симметрию установки относительно поворотов вокруг оси камер. Действительно, достаточно запомнить шаблоны в некоторой фиксированной области V_0 , определяемой некоторой проволоочкой внешней седьмой камеры.

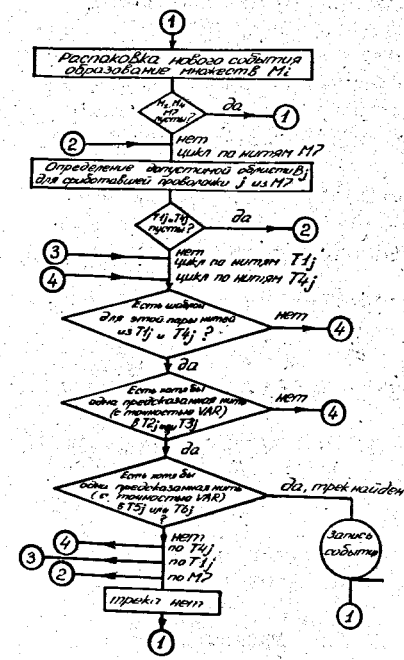
Основная идея алгоритма распознавания треков состоит в том, чтобы преобразовать любую область V_j в область V_0 , причем

$$V_0 = [(0, TMAX_{i0} - TMIN_{i0}), i = 1, 2, \dots, 6]$$

а затем начать поиск трека с помощью массива шаблонов, определенных в этой области.

Шаблон в программе на ЭВМ состоит из четырех байтов. В каждом байте последовательно записаны номера проволоочек - 2-й, 3-й, 5-й и 6-й камер. Адрес шаблона в памяти ЭВМ определяется номерами проволоочек 1-й и 4-й камер, которые совместно с опор-

Рис.2. Блок-схема алгоритма фильтрации треков.



ной проволоочкой седьмой камеры однозначно определяют некоторую окружность. Номера проволоочек в камерах 2, 3, 5, 6 используются для дальнейшей проверки на существование и форму электронного трека. Для выбранной геометрии установки получается 780 шаблонов. Окружность с максимальным радиусом соответствует шаблону

0 0 0 0

а окружность с минимальным радиусом - шаблону

59 47 47 19

Эти цифры определяются геометрией установки, величиной магнитного поля и максимальной энергией электрона. Реальные треки отличаются от дуг окружностей,

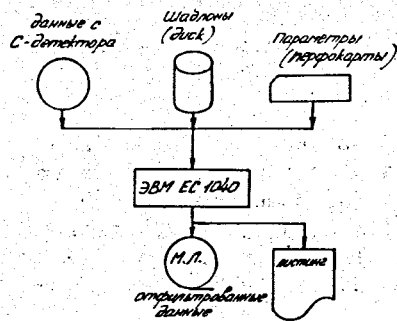
т.к. на них влияют потеря энергии в веществе, неоднородность магнитного поля, рассеяние и т.д. Поэтому в алгоритм вводится параметр отклонения VAR, который позволяет пользователю управлять жесткостью отбора. Параметр VAR указывает, в каких пределах реально сработавшие проволоочки в камерах 2, 3, 5 и 6 могут отклоняться от шаблона и будут тем не менее идентифицированы как принадлежащие треку.

Поскольку эффективность камер отличается от 100%-ной, алгоритм построен так, что достаточно срабатывания проволоочек в пяти камерах, а именно, в "опорных", а также во 2-й или 3-й и в 5-й или 6-й. Это увеличивает эффективность идентификации треков.

3. БЛОК-СХЕМА БЫСТРОГО АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ ТРЕКОВ

В блок-схеме используются следующие обозначения: $M_i, i = 1, 2, \dots, 7$ - множество /массив/ всех сработавших проволоочек на камере, $T_{ij}, i = 1, 2, \dots, 6$ - множество /массив/ сработавших в интервале $(TMIN_{ij}, TMAX_{ij})$ проволоочек.

Блок-схема изображена на рис. 2.



Программа использует только команды с фиксированной запятой, т.к. именно они гарантируют максимальную скорость обработки поступающей со спектрометра информации. Программа обрабатывает данные одного запуска за время $5 \cdot 10^{-3}$ с при средней скорости 380000 операций/с на ЭВМ ЕС-1040. Отфильтрованные события записываются на магнитную ленту /рис. 3/.

Рис.3. Конфигурация периферийных устройств.

4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЛГОРИТМА БЫСТРОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Мы определили эффективность быстрой фильтрации, применяя к одному и тому же статистическому материалу, полученному на синхроциклотроне ЛЯП, два различных алгоритма. Таким образом, алгоритмы могли проверять друг друга.

Второй доступный нам независимый алгоритм входит в программу первого звена окончательной обработки. Этот алгоритм был нам предоставлен Б.Ф.Костиним.

Статистический материал для определения эффективности алгоритма быстрой фильтрации получен при визуальном отборе событий, на которых с помощью второго алгоритма найден трек, принадлежащий оговоренной выше допустимой области, правильного знака и с достаточным числом точек. При этом требовалось, чтобы трек имел "удовлетворительное" качество. Последнему критерию не удовлетворяли примерно 10% событий. Для них характерно срабатывание аномально большого числа проволок в результате, по-видимому, неоптимального режима работы камер или наводок. Таким образом, полученная на этом материале эффективность характеризует именно алгоритм, а не установку в целом. Последняя меньше, например, за счет неэффективности камер.

На рис. 4 приводится график зависимости эффективности алгоритма быстрой фильтрации от параметра отклонения VAR.

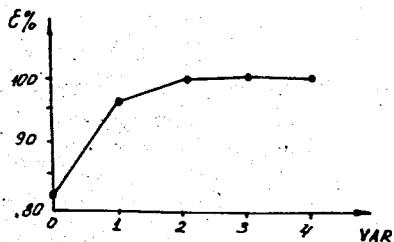


Рис.4. Эффективность алгоритма быстрой фильтрации.

Видно, что алгоритм может обеспечить практически 100%-ную эффективность, если выбрать VAR = 3. Быстродействие его - 200-соб/с.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описываемый в данной работе алгоритм распознавания треков был использован во время сеансов при наладке детектора заряженных частиц спектрометра АРЕС на пучке мюонов синхроциклотрона ЛЯП ОИЯИ в режиме он-лайн.

Показано, что с точки зрения быстродействия и эффективности распознавания электронных треков алгоритм пригоден для эксплуатации в экспериментах в режиме реального времени. Его применение позволяет уменьшить объем материала для дальнейшей обработки.

Авторы выражают благодарность Г.В.Мицельмахеру за полезные обсуждения, С.В.Медведю и всем сотрудникам отдела за помощь в работе, А.С.Моисеенко - за полезные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коренченко С.М., Мицельмахер Г.В., Некрасов К.Г. ОИЯИ, Р13-9542, Дубна, 1976.
2. Кравчук Н.П. и др. ОИЯИ, Д13-9164, Дубна, 1975.
3. Кравчук Н.П. и др. ОИЯИ, Р13-11862, Дубна, 1978.
4. Баранов В.А. и др. ОИЯИ, 13-81-162, Дубна, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 мая 1981 года.