

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P10-86-472

**С.А.Багинян*, Н.Н.Говорун, Г.В.Шестакова,
В.Н.Шигаев**

**ПРОГРАММА
ФИЛЬТРАЦИИ ДАННЫХ СПЕЦПРОЦЕССОРА SNR
ДЛЯ СИСТЕМЫ
МИНИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ НРД**

*Ереванский физический институт

1986

Задача обработки данных, получаемых при сканировании снимков с жидководородных пузырьковых камер (ЖВПК) на сканирующем автомате НРД с использованием спецпроцессора SNR ^{/1/} в режиме минимального управления (MG - Minimum Guidance), была разделена на две подзадачи. Первая включает в себя собственно измерение снимков на автомате НРД, преобразование данных НРД в линейные трек-элементы (ТЭ) и их предварительную фильтрацию ^{/2/}. Вторая подзадача, ставящая своей целью окончательную фильтрацию данных с выделением треков события, и является предметом рассмотрения в данном сообщении.

При постановке программы фильтрации в ОИЯИ за основу был принят алгоритм, разработанный А.Кастелветри в CNAF ^{/5/}. Анализ снимков с ЖВПК ОИЯИ позволил выделить особенности в графической структуре этих снимков, которые препятствовали успешному применению программы фильтрации, разработанной в CNAF. В результате проведенных исследований эта программа была частично преобразована и дополнена вновь разработанными алгоритмами для фильтрации данных с 1-м и 2-м пузырьковых камер ОИЯИ.

Алгоритм распознавания событий, реализованный в описываемой программе фильтрации, выполняется в два этапа:

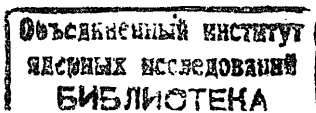
1. Распознавание множества n треков на всем снимке.

2. Выделение треков, относящихся к вершине взаимодействия, в соответствии с так называемой маской события.

В отличие от измерительных систем с полным управлением, где маской события является предварительное измерение трех точек на каждом треке, маской события в режиме минимального управления являются координаты только вершин ядерного взаимодействия, измеренные на просмотрных столах ^{/3/}.

На первый взгляд кажется расточительным распознавание всего множества треков на всем снимке (что соответствует измерительным системам с нулевым управлением), но есть определенные преимущества в таком подходе, поскольку сохраняется возможность расширения системы для работы в режиме зонного и нулевого управления.

Напомним, что выходные данные спецпроцессора SNR есть результат преобразования отсчетов НРД в линейные сегменты, которые мы имеем трек-элементами и обозначаем как ТЭ. Сканируемый снимок условно



разбивается на последовательные полосы (слайсы), поперечные при нормальном сканировании и продольные при абнормальном сканировании. Длина слайса в зависимости от эксперимента составляет от 8 до 16 линий сканирования (0,4–0,8 мм). Трек-элементы, формируемые спецпроцессором, поступают в ЭВМ CDC-1604A слайс за слайсом. Трек-элемент полностью определен координатами центра тяжести ($x_{TЭ}$, $y_{TЭ}$) породивших его отсчетов, числом $n_{TЭ}$ этих отсчетов и наклоном $\alpha_{TЭ}$ трек-элемента.

§ I. Первый этап программы фильтрации. Распознавание треков

Процесс распознавания треков на снимке распадается на четыре фазы:

1. Объединение ТЭ в треки методом прослеживания^{/4/}.
2. Рассечение длинных составных треков на составляющие их сегменты.
3. Объединение треков, являющихся сегментами одного и того же трека.
4. Распознавание высокоэнергичных вторичных треков, образующих малый угол с пучковым треком.

Первая фаза

Процесс объединения ТЭ в треки осуществляется слайс за слайсом. Попытка приписки очередного ТЭ производится только к так называемым открытым трекам.

Открытым мы называем трек, для которого процесс присоединения новых ТЭ не закрыт. Процесс прослеживания трека закрывается, когда расстояние по x -координате от последнего ТЭ трека до рассматриваемого слайса больше некоторого допуска D_1 . Как открытый, так и закрытый трек может состоять из одного ТЭ. Максимальное число открытых треков в программе – 200. Экстраполяция трека с помощью кривой второго порядка (окружность, парабола) на рассматриваемый слайс для поиска и присоединения очередного ТЭ приводит к большим затратам счетного времени вычислительной машины. В описываемой программе фильтрации применяется простой и более быстрый метод предсказания, основанный на взаимном расположении последних трех ТЭ трека. Очевидно, что это упрощение может приводить к определенной потере эффективности процедуры прослеживания, но вторая и третья фазы процедуры распознавания треков контролируют случайные неудачи первой фазы.

Вторая фаза

Основная задача второй фазы состоит в разбиении всех составных треков на составляющие их сегменты. Как показали практические испытания программы на реальных снимках с ЖВПК ОИЯИ, таких треков мало и

их появление объясняется не столько простотой быстрого алгоритма первой фазы, сколько сложностью самой задачи фильтрации треков, пересекающихся под очень малыми углами или, например, имеющих излом на малый угол. С этой целью для каждого длинного трека, содержащего не менее 7 ТЭ, вычисляется среднее квадратическое отклонение ТЭ от окружности, аппроксимирующей трек. Если среднее квадратическое отклонение превосходит некоторый определенный порог D_2 , трек делится на две равные части и для каждой из них повторяется процедура аппроксимации окружностью и вычисления среднее квадратического отклонения ТЭ. Из той части трека, где среднее квадратическое отклонение имеет большее значение, удаляется ТЭ, ближайший к другой части трека, и приписывается к последней. Для каждой части повторно вычисляется среднее квадратическое отклонение ТЭ.

Процесс переноса ТЭ из одной части в другую продолжается до тех пор, пока:

- а) сумма среднее квадратических отклонений обеих частей трека не начнет возрастать, вместо того, чтобы убывать, или
- б) перемещаются подряд две точки, расстояние которых от аппроксимирующей окружности превышает некоторый заданный порог D_3 .

Таким образом, вторая фаза пытается разбить на два сегмента те треки, для которых среднее квадратическое отклонение ТЭ превышает некоторый порог D_2 .

Третья фаза

На этой фазе исследуется возможность объединения нескольких треков в один трек. Попытка объединения осуществляется только для треков, у которых расстояние от последней точки исследуемого трека до первой точки другого трека не превышает некоторый допуск D_4 . Значение D_4 выбирается с учетом характерных для данного эксперимента размеров пятен на снимке (~1,5 см на пленках с ЖВПК ОИЯИ). Возможность объединения нескольких треков в один трек определяется среднее квадратическим отклонением ТЭ объединенного трека, которое не должно превышать величину D_2 , используемую на второй фазе процесса распознавания.

Четвертая фаза

В задачу четвертой фазы входит дополнительное тестирование на составной характер тех треков, которые проходят через привершинную зону (последняя задана маской события), с использованием более чувствительного теста, чем тест на второй фазе фильтрации. Это целесообразно сделать, поскольку в качестве кандидатов в треки события на втором этапе фильтрации рассматриваются только те, у которых хотя бы

один концевой ТЭ находится в заданных пределах вблизи ожидаемого положения вершины. На снимках могут присутствовать высокоэнергичные вторичные треки, которые имеют почти ту же кривизну и направление, что и пучковые треки. Это может привести к формированию составного трека на выходе процедуры прослеживания (первой фазы). В этом случае процедуре разбиения треков по критерию гладкости (второй фазы) не удастся разбить составной трек на два сегмента. В результате может произойти потеря двух треков, возможно, являющихся частью события. Для предотвращения этой потери процедура распознавания треков использует априорную информацию о пучковом треке и маску события. Из всего множества треков, полученных на первых трех фазах процедуры распознавания треков, выделяется подмножество треков T_B , обладающих следующими признаками:

- а) треки достаточно длинные (более 20 ТЭ);
- б) расстояние от концевых ТЭ трека до окружности, описывающей пучковый трек и проходящей через вершину события, не должно превышать 2 мм на пленке;
- в) расстояние от ближайшего к вершине ТЭ трека как слева от вершины, так и справа до окружности, описывающей пучковый трек и проходящей через вершину, не должно превышать 700 мкм на пленке.

Иначе говоря, множество треков T_B представляет из себя совокупность треков, проходящих вблизи вершины ядерного взаимодействия почти параллельно пучковому треку. Каждый трек множества T_B предварительно делится на две части: все ТЭ одной части лежат слева от вершины взаимодействия, все ТЭ другой части – справа от вершины взаимодействия. Оцениваются параметры окружности, аппроксимирующей каждую часть трека, и вычисляются тангенсы углов наклона касательных для каждой окружности в вершине взаимодействия. Если абсолютная величина разности тангенсов слева и справа превышает некоторый допуск D_5 , то рассматриваемый трек окончательно делится на два самостоятельных трека слева и справа от вершины. Завершив четвертую фазу, программа фильтрации заканчивает процедуру распознавания треков и приступает к этапу распознавания событий.

§ 2. Второй этап программы фильтрации. Распознавание событий

Из всего множества треков, полученных на первом этапе программы фильтрации, необходимо выбрать треки, принадлежащие ядерному взаимодействию. В рассматриваемой процедуре трек считается треком события, если он удовлетворяет трем условиям:

- а) число ТЭ трека должно быть больше или равно четырем,
- б) расстояние по x -координате между вершиной ядерного взаимодействия и одним из крайних ТЭ трека не превосходит некоторого до-

пуска $D_6 : |x_v - x_{TЭ}| \leq D_6$, где D_6 зависит от эксперимента, в) расстояние ΔR от вершины ядерного взаимодействия до окружности, аппроксимирующей трек, не превышает некоторого порога D_7 .

Процесс распознавания событий выполняется в два прохода, и на каждом проходе треки проверяются условиями а), б), в). На первом проходе в качестве координат вершины ядерного взаимодействия используется априорная информация (маска события). Величина D_7 в условии в) равна 300 мкм на пленке. Перед вторым проходом координаты вершины ядерного взаимодействия уточняются, и порог D_7 уменьшается в три раза. Были опробованы два способа уточнения координат вершины ядерного взаимодействия после первого прохода.

Первый способ

Из полученной после первого прохода совокупности треков выбираются все возможные комбинации троек треков. Например, на рис. I имеются тройки треков (1,2,4), (1,3,4), (2,3,4), (1,2,3) и соответствующие им точки пересечения (А,В,С) и (А,Д,Е), (С,Е,Е), (Е,В,Д).

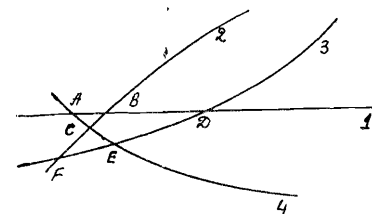


Рис. I.

Пример комбинации троек треков.

Для каждой тройки треков вычисляется разброс точек пересечения треков

$$R = \sum_{i=1}^3 ((x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2),$$

где

(x_i, y_i) – координаты точек пересечения этих треков, а (\bar{x}, \bar{y}) – их среднее значение.

Далее выбирается тройка с минимальным значением R , а (\bar{x}, \bar{y}) принимаются как уточненные координаты вершины ядерного взаимодействия.

Второй способ

В качестве тройки треков для вычисления координаты вершины взаимодействия выбирается пучковый трек, если он есть, и треки с наибольшим углом вылета из предполагаемой вершины. Треки, пересекающиеся под малым углом, не участвуют в уточнении координат вершины ядерного взаимодействия.

Практическое сравнение обоих способов на реальных событиях показало, что полученные результаты мало отличаются друг от друга. В окончательной версии программы оставлен второй способ.

По отобранным после двух проходов трекам, удовлетворяющим условиям а), б), в), вычисляется координата вершины ядерного взаимодействия как среднее значение точек попарных пересечений различных треков. Если число найденных треков события окажется меньше ожидаемого числа треков, которое заранее известно из результатов просмотра, то к найденному событию добавляются треки, для которых ΔR меньше величины D_7 первого прохода.

На этом процесс фильтрации данных одной проекции стереоснимка заканчивается.

Основным контролем правильности работы программы фильтрации являлся обсчет отфильтрованных событий по программам геометрической реконструкции (GEOKIN, THRESH). Кроме того, в ходе отладки были созданы дополнительные программные средства, позволяющие оценивать полноту и качество фильтрации данных спецпроцессора SNP путем:

- 1) графической распечатки наложения круговой маски треков на отфильтрованное событие в масштабе полного кадра;
- 2) детальной распечатки ТЭ внутри круговой маски шириной 1,5 мм для отдельного трека;
- 3) распечатки гистограмм отклонений ТЭ от круговой маски трека;
- 4) получения оценки среднеквадратического отклонения $u_{ТЭ}$ от направления касательной к круговой маске трека.

§ 3. Общая схема организации обработки информации программой фильтрации

Общая схема организации обработки информации программой фильтрации представлена на рис.2.

Входная информация поступает с 7-дорожечной МЛ, записанной на ЭВМ CDC-1604A. Лента содержит как выходные данные on-line программы MG SNP, так и маски событий. На МЛ может быть записана информация о нескольких рулонах пленки. Программа, последовательно обрабатывая кадр за кадром, создает локальные файлы (по одному для каждой проекции обрабатываемого рулона), содержащие информацию об отфильтрованных

событиях. Далее из трех локальных файлов формируется перманентный файл с полностью отфильтрованными событиями в формате, требуемом программой геометрической реконструкции.

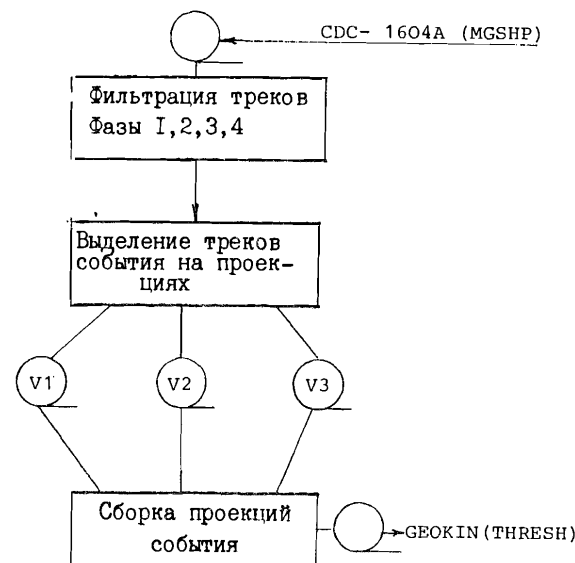


Рис.2.

Общая схема организации обработки информации программой фильтрации на ЭВМ CDC-6500.

Программа фильтрации поставлена на ЭВМ CDC-6500. Написана на стандартном Фортране, за исключением нескольких небольших машинно-зависимых модулей по переводу чисел из формата ЭВМ CDC-1604A в формат чисел ЭВМ CDC-6500. Программа занимает объем памяти в 30804 слова. Среднее время сработки одного стереоснимка (три проекции) равно 30 секундам процессорного времени ЭВМ CDC-6500. Программа фильтрации прошла методическую проверку на нескольких десятках снимков с 1-м ЖВПК ($\alpha - p$) и с 2-м ЖВПК ($\bar{p} \rightarrow p$) ОИЯИ.

В заключение авторы выражают благодарность сотрудникам сектора № 1 ОМОЭД ЛВТА, оказавшим помощь при обсчете отфильтрованных событий по программе геометрической реконструкции. Авторы также выражают благодарность В.И.Морозу, Г.А.Вартапетяну, Э.А.Киракосян за постоянный интерес к данной работе.

Литература

1. Bacilieri P., Ghiselli A., Masetti M. Hardware processor for reduction task in the field of experimental high energy nuclear physics.
Nuclear Instruments and Methods, 1979, v.160, p.353.
2. Багинян С.А. и др. ОИЯИ, Р10-82-238, Дубна, 1982.
3. Ермолаев В.В. и др. ОИЯИ, Р10-6451, Дубна, 1972.
4. Ососков Г.А. ОИЯИ, Р10-83-187, Дубна, 1983.
5. Castelvetti A. "Zone Guidance" in fotogrammi di camera a bolle al CNAF. INFN, CNAF, Bologna, 31 Agosto, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
11 июля 1986 года.

Багинян С.А. и др.

Р10-86-472

Программа фильтрации данных спецпроцессора SHP
для системы минимального управления HPD

Дано общее описание алгоритма и особенностей реализации на ЭВМ CDC-6500 программы фильтрации событий, измеряемых на сканирующем автомате HPD с использованием спецпроцессора на линии с ЭВМ CDC-1604A. Программа предназначена для обработки фотоснимков с жидководородных пузырьковых камер в режиме минимального управления /с целеуказанием вершин событий/.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Baginian S.A. et al.

Р10-86-472

Program for Filtering SHP Processor Data
in HPD Minimum Guidance System

General description of algorithm and specific features of realization on CDC-6500 computer of a program for filtration of events measured on a HPD scanning automatic device using SHP processor on-line with the CDC-1604A computer is given. The program is intended for processing photographs from a liquid hydrogen bubble chambers in Minimum Guidance mode (with vertex point premeasurement).

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986