



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

4608/2-81

7/9-81

10-81-389

+

Н.Н.Говорун, Н.Д.Дикусар, Т.Л.Тханг

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
СКАНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НРД
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦПРОЦЕССОРА
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
С МАГНИТНЫХ ИСКРОВЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ

1981

ВВЕДЕНИЕ

Для сокращения объема первичных данных, получаемых в процессе измерения снимков с трековых камер на сканирующем автомате НРD в ОИЯИ используется специализированный процессор SHP (Special Hardware Processor)^{1/}, разработанный в Национальном центре по анализу фотограмм (CNAF) в Болонье /Италия/. Опыт успешного применения аналогичного процессора был накоплен во время массовых измерений и обработки снимков с магнитного искрового спектрометра /МИС/ ОИЯИ и CNAF^{2/}.

К моменту включения SHP в систему сканирующего автомата НРD /1979 г./ в ОИЯИ уже была создана и эксплуатировалась система математического обеспечения /ПРОМИС/^{4,5/}, с помощью которой осуществлялась полная автоматическая обработка данных, получаемых при сканировании снимков на НРD /далее: НРD-данных/.

В процессе ввода в эксплуатацию специализированного процессора в Дубне /1980 г./ нами был разработан и создан новый вариант системы математического обеспечения МИСПРО, ориентированный на обработку данных с использованием спецпроцессора SHP /далее: SHP-данных/. В рамках этой системы реализован режим совмещения во времени двух этапов - измерения и фильтрации событий на ЭВМ среднего класса. Реализация такого варианта системы позволила:

а/ повысить эффективность использования вычислительных ресурсов ЭВМ CDC-1604A примерно в три раза /по сравнению с последовательным способом организации обработки/;

б/ полностью исключить разрыв во времени между этапами измерения и фильтрации;

в/ сократить до минимума расход магнитных лент для хранения промежуточных данных;

г/ сократить потребность в ресурсах CDC-6500 для обработки НРD-данных примерно в 20 раз.

Кроме того, в результате применения МИСПРО была исключена необходимость операторской работы на этапе фильтрации.

В настоящей работе рассматриваются в основном те дополнительные разработки, которые необходимо было выполнить и ввести в прежнюю систему в связи с использованием специализированного процессора. Для более ясного изложения материала приводится краткое описание устройства SHP, его основные характеристики

Объединенный институт
ядерных исследований

ки и структура SHP-данных. Приводится функциональная схема математического обеспечения, а также результаты, полученные в процессе опытной эксплуатации системы. Обсуждаются вопросы, связанные с особенностью использования SHP для измерения снимков с магнитных искровых спектрометров. Приведены сравнительные характеристики систем, использующих SHP, и системы, работающей только с HPD-данными.

SHP

Специализированный процессор осуществляет преобразование отсчетов HPD в линейные трековые сегменты /ЛТС/ в реальное время работы автомата и тем самым выполняет экспресс-обработку первичной информации без каких-либо затрат ресурсов вычислительной машины.

Трековый сегмент, образуемый в процессоре, формируется из группы точек, лежащих на линейном участке трека. ЛТС описывается набором из пяти чисел $\{X, Y, S, W, I\}$, которые размещаются в трех 24-разрядных словах в соответствии с заданным форматом. Эти числа находятся на основе обработки отсчетов по алгоритму спецпроцессора и означают: \bar{X} и \bar{Y} - центр тяжести группы отсчетов, S - наклон ЛТС в окрестности этого центра, W - количество отсчетов в группе, или вес, и I - индекс слежения за треком.

Спецпроцессор представляет собой пассивное вычислительное устройство, работающее по фиксированному алгоритму, с изменяемым режимом работы и возможностью настройки по параметрам. Обмен данными между SHP, HPD и ЭВМ осуществляется отдельными словами или пакетами слов. Максимальная скорость передачи данных достигает 3 МГц. Для работы с данными в процессоре имеется два блока памяти по 256 24-разрядных слов каждый. Один из этих блоков служит буферной памятью, в то время как другой используется в качестве рабочего поля.

Управление режимом работы процессора происходит при помощи управляющих сигналов, посылаемых из ЭВМ. Используя эти сигналы, можно:

- а/ выбирать входное устройство, откуда будут поступать данные в SHP;
- б/ активизировать канал ввода данных из SHP в память ЭВМ;
- в/ запрашивать SHP для инициирования обработки /режим ELABORATION/ или для транзитной передачи данных в канал без обработки /режим BYPASS/;
- г/ пересылать данные из ЭВМ на регистр констант SHP;
- д/ управлять восстановлением статуса спецпроцессора и началом обработки последовательности данных или прекращать обработку в произвольный момент времени и др.

Настройка SHP путем изменения его параметров позволяет выбирать оптимальные условия обработки данных с учетом особенностей измеряемого события, а также с учетом параметров сканирования на автомате HPD.

Наряду со спецпроцессором в нашей системе используется также фортранный вариант программы, имитирующей работу алгоритма SHP /программа SHPSIM/. Входными данными для программы, как и для спецпроцессора, могут служить либо HPD-данные, либо данные, сгенерированные другой программой. Основная идея алгоритма спецпроцессора изложена в работе ^{1/3/}.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ МИСПРО

На рис.1 приведена общая схема организации математического обеспечения измерительной системы, которая использует специализированный процессор для экспресс-обработки результатов оцифровки фотоснимка на сканирующем автомате HPD.

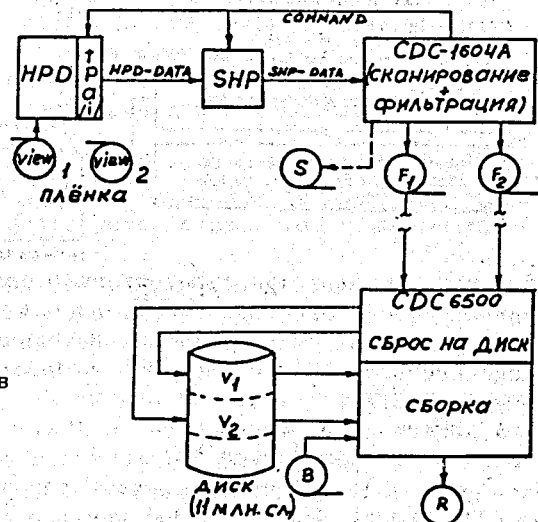


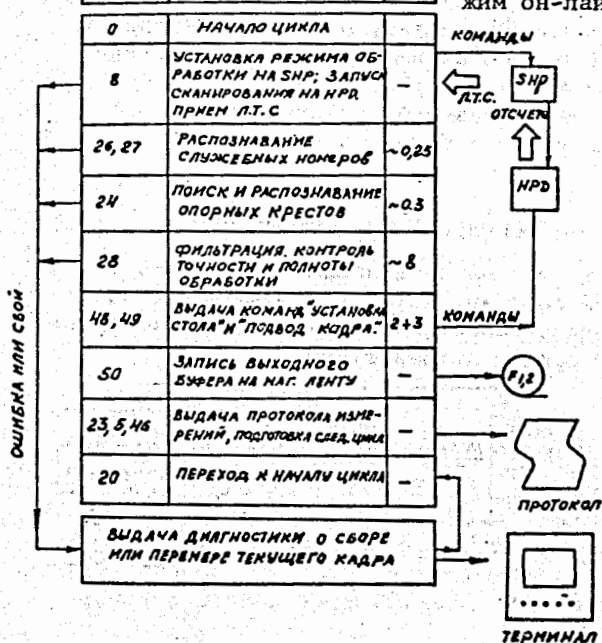
Рис.1. Схема организации системы обработки снимков с МИС ОИЯИ.

В этой системе этапы сканирования /оцифровки/ фотоснимка и обработки /фильтрации/ поступающих из спецпроцессора данных выполняются параллельно, под управлением программ, работающих на ЭВМ CDC-1604A. Заключительный этап - сборка результатов фильтрации и данных о пучке - выполняется на ЭВМ CDC-6500 по программе MERGE ^{1/5/}.

Таким образом, в момент завершения оцифровки кадра сканирующим автоматом практически завершается полная обработка соответствующих SHP-данных, и результат обработки запоминается на магнитной ленте. При этом полный цикл измерения и обработки одно-

| ЭКСТРАКОД | ФУНКЦИЯ | ВРЕМЯ (С) |
|---------------|------------------------------|-----------|
| 34, 1, 17 | ИНИЦИИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ | - |
| 16, 2, 30, 21 | УСТАНОВКА КОНСТАНТ И "0" НРД | - |

Рис.2. Последовательность основных шагов и время их выполнения в цикле измерения и обработки данных с использованием SHP /режим он-лайн/.



го кадра занимает 12 с /рис.2/, что соответствует скорости измерений 150 соб./ч /одно событие с МИС измеряется на двух кадрах/. Для сборки результатов фильтрации требуется всего 0,4 с процессорного времени CDC-6500 на одно событие, или около 10 тыс. соб./ч.

В зависимости от качества снимка, настройки автомата НРД и спецпроцессора, объем SHP-данных с одного кадра МИС ОИЯИ составляет от 1 до 4 тыс. трековых сегментов. Для хранения одного трекового сегмента используется 1,5 полноразрядных слова CDC-1604A. Поэтому для размещения трековых сегментов в памяти ЭВМ отведен всего один буфер на 6 тыс. слов. Именно тот факт, что в оперативной памяти можно сохранять данные целого кадра в полном объеме /для хранения соответствующих НРД-данных необходимо было бы до 15-20 тыс. слов/, позволил значительно упростить логику общей организации программ, практически полностью исключить весьма неприятные при массовой обработке процедуры частого обмена массивами данных между памятью оперативной и внешней и тем самым повысить надежность и производительность всей системы.

Результаты фильтрации запоминаются на магнитной ленте /1000 соб./, и при непрерывной работе системы одна бобина магнитной ленты заполняется в течение 5-6 часов. Введена также возможность сохранения SHP-данных, которые могут быть использованы для повторной обработки на отдельной магнитной ленте.

Скорость и эффективность работы системы в режиме массовой обработки больших потоков данных зависит от ряда факторов. Одним из самых важных среди них является качество фотографического изображения на пленке. Например, недостаточная контрастность плеч реперных меток или штрихов кода служебной информации на кадре создает большие трудности при измерении и обработке события, приводит к снижению скорости измерений. Эффективность обработки событий во многом зависит от степени почернения треков на пленке или отдельных точек. При наличии большого числа "слабых" точек /характерно для событий с большой множественностью/ необходимо проводить тщательную настройку параметров как сканирующего автомата, так и спецпроцессора. С другой стороны, эти и другие причины /например, неустойчивая работа отдельных блоков или устройств измерительно-вычислительного комплекса/ предъявляют повышенные требования к сложности алгоритмов управления и обработки, требуют большой гибкости системы, а это, в свою очередь, приводит к увеличению объема математического обеспечения и т.д.

Использование SHP в измерительной системе привело к необходимости создания дополнительного комплекса программ для контроля и верификации работы этого устройства. Этот комплекс программ обеспечивает:

- выполнение необходимого оперативного контроля за нормальной работой каналов передачи данных и спецпроцессора на различных уровнях обработки /тестирование/ и
- проведение многоуровневой обработки НРД-SHP-данных при заданном наборе параметров сканирующего автомата и спецпроцессора /функция настройки/.

Программа управления сканирующим автоматом дополнена блоками, которые реализуют различные варианты обмена командами и данными между ЭВМ, спецпроцессором и сканирующим автоматом /ELABORATION, BYPASS и др./. Таким образом, сохранена возможность работы с НРД-данными, что позволяет более эффективно проводить отладку новых алгоритмов обработки.

Сокращение объема входных данных с помощью SHP позволило существенно упростить логику организации их обработки, а также изменить схему буферизации SHP-данных при сохранении прежней схемы для работы с НРД-данными в режиме сброса содержимого буфера на магнитную ленту.

Расширены возможности программной настройки системы на заданную конфигурацию используемых устройств /НРД, SHP, магнито-

фон, дисплей/, программ /фильтрация, монитор, тесты и др./ и типов данных /отсчеты НРД, трековые сегменты SHP, результаты фильтрации/. Это обеспечивает достаточно простую настройку системы программ на заданный режим работы /табл.1/, придает гибкость системе, позволяет использовать ее функциональные возможности для промежуточных исследований, в том числе в случае снимков с любыми контурными изображениями, упрощает ее отладку и т.п.

Таблица 1

Допустимые варианты использования системы МИСПРО.
/*/ - режимы работы, которые не зависят от типа измеряемых снимков, У/П - устройства и программы

| №№ пп | У/П режим | SHP | | | | | | АЦПУ ДИСПЛ. |
|----------|--------------|-----|-----|-----|-----|------|-------|----------------|
| | | НРД | SHP | М/Л | SIM | TEST | FILTR | |
| 1. | ON-LINE | x | x | | | | x | x |
| 2. | OFF-LINE | | x | x | | | x | x |
| 3. | HPDMT (*) | x | | x | | | | x |
| 4. | HPDSIM (*) | x | | x | x | | | x |
| 5. | SHPSIM (*) | | | x | x | | | x |
| 6. | HPDHPMT (*) | x | x | x | | | | x |
| 7. | SIMFILM | | | x | x | | x | x |
| 8. | TEST (*) | x | x | | | x | | x |
| 9. | EPROM (*) | | x | | | x | | |

Общая организация процесса обработки осталась неизменной, однако были созданы новые варианты программ распознавания служебных номеров, искр и реперных крестов /GETCOD, GETSPR, GETFID и др./, учитывающие более высокое информационное содержание SHP-данных, их структуру, а также специфику работы самого алгоритма SHP. Для работы с данными SHP создана программа распаковки параметров трековых сегментов в пределах одного слайса.

Основное внимание при создании этих программ уделялось надежности и скорости их работы с учетом использования режима разделения времени между обработкой и сканированием. В частности, время поиска служебной информации на кадре составляет 0,25 с, поиск пятидесяти реперов выполняется за 4,5-5 с. Фильтрация всего кадра заканчивается одновременно с завершением его сканирования примерно за 9 с.

Основной проблемой при распознавании искр, как и раньше, была задача надежного распределения координат найденных искр по областям искровых промежутков /зазоров/, которые заранее точно не определены и изменяются от одного рулона пленки к

другому. Правильное распределение искр по промежуткам весьма существенно, т.к. оно наряду с эффектом стаггеринга /дрейф искр в разных направлениях в соседних зазорах/ используется при распознавании треков. Для решения этой задачи мы применили алгоритм автоматического определения области зазоров, который для нахождения центра зазора использует информацию о самих искрах.

Следует отметить, что при сжатии спецпроцессором НРД-данных возможна частичная потеря полезной информации. Кроме того, в случае уменьшения расстояния между соседней парой зазоров, возможно объединение точек от разных искр в одном трековом сегменте, который в этом случае будет смещен своим центром к границе зазоров, что приведет к соответствующему смещению центра следа искры. Для уменьшения этого эффекта требуется тщательная настройка входных параметров SHP, а также использование процедуры самонастройки по областям искровых промежутков.

Напомним, что сущность процедуры самонастройки по зазорам состоит в определении X-координаты центра зазора по результатам восстановления X-координат следов искр в двух соседних зазорах. Центр зазора в этом случае определяется путем гистограммирования X-координат найденной группы следов искр и анализа взаимного расположения полученных пиков.

Контрольное сравнение точности восстановления координат центров реперов эталонного набора, полученного по НРД- и SHP-данным одной и той же группы кадров, показало совпадение в пределах ошибки измерений с немного большей дисперсией ошибок для измерений с использованием спецпроцессора.

Повторяемость результата многократного измерения одного и того же набора реперов в каждом случае не превосходит 1 мкм.

Для получения точностных оценок использовалась методика, изложенная в работе /6/.

В данной работе расширены возможности системы программного обеспечения для дисплейного контроля НРД-, SHP-данных и результатов фильтрации.

В процессе работы системы происходит выдача подробного протокола и необходимой диагностики. После измерения и обработки каждого кадра на печать выдается одна строка сжатой информации, в которой содержатся:

а/ служебные номера события, основные рабочие параметры автомата НРД и спецпроцессора SHP, дата измерений, номер F-ленты, время, затраченное на измерение кадра и др.;

б/ результаты измерения и обработки снимков, а именно: положение кадра в рамке измерительного стола, объем SHP-данных, количество распознанных реперов и следов искр, точность измерения и т.п.

Кроме того, в любое время по запросу оператора можно получить интегральную оценку качества измерений и обработки за истекшее время работы системы. На печать выдается распределение ошибок точности измерений реперов в виде гистограмм, а также средние значения ошибок и их дисперсии.

В случае неудачной обработки кадра происходит его повторное сканирование и обработка с выдачей соответствующей диагностики оператору. Основными критериями таких перемеров являются: недостаточное количество найденных реперных крестов, плохая точность восстановления их центров, неудачная раскодировка служебной информации и др.

Расширены также возможности диалога между системой и оператором. В частности, введена возможность выдачи на пультовый терминал содержимого одной ячейки или группы ячеек по запросу оператора с указанием типа переменной /I-, F- или H-формат/. Введены новые экстракоды для работы с тестами, имитатором и др.

Результат фильтрации размещается в выходном буфере /1000 слов/ в соответствии с форматом блочной структуры, принятым в системе ROMEO. Каждый блок данных имеет свой код идентификации, длину и собственно данные. После обработки каждого кадра содержимое выходного буфера сбрасывается на магнитную ленту /F-лента/. Окончательная сборка событий /данные фильтрации двух проекций и данные о пучке/ выполняется по программам SWAP и MERGE на ЭВМ CDC-6500.^{15/}

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование спецпроцессора для измерения снимков с магнитного искрового спектрометра на сканирующем автомате НРD, несомненно, дает значительное преимущество в скорости и экономичности измерений по сравнению с предыдущими вариантами системы /4.5/. Ниже, в таблице, приведены основные характеристики, полученные при эксплуатации двух вариантов системы в Дубне, а также характеристики системы на основе двух автоматов НРD и спецпроцессора SHP в Болонье^{1.2/} при измерении снимков с МИС ОИЯИ.

Сравнение результатов, полученных при помощи системы с использованием SHP и системы, работающей только с НРD-данными /табл.2/, показывает, что применение SHP в массовых измерениях снимков с МИС позволило:

а/ сократить до минимума время обработки данных офф-лайн и тем самым полностью ликвидировать весьма длительный временной промежуток между этапами сканирования и фильтрации;

б/ практически отказаться от использования магнитных лент для хранения промежуточных данных;

Таблица 2

Основные эксплуатационные характеристики различных вариантов систем измерения снимков с МИС ОИЯИ.

| Вариант системы Характеристики | "ПРОМИС" (Дубна) | "МИСПРО" (Дубна) | НРD-SHP-IBM (Болонья) |
|--|--|--|--|
| Аппаратура Управл.ЭВМ (M1) ЭВМ (M2) | НРD+ТРА (1) CDC1604A CDC6500 | НРD+ТРА (1)+SHP CDC1604A CDC6500 | 2xНРD+SHP IBM360/44 PDP11/70 |
| Этапы работы | 1. СК * (M1) 2. ФТ * (M1, M2) 3. СБ * (M2) | СК + ФТ СБ - | СК + 1/2 ФТ (M1) ФТ (M2) СБ (M2) |
| Временной промежуток между I и 2 этапами | дни недели месяцы | - | часы дни |
| Время измерения, фильтрации и сборки одного события | 1. 25с (M1) 2. 6с (M2) или 32с (M1) 3. 0.4с (M2) | 25с (M1) 0.4с (M2) | 19с (M1) 2-4с (M2) 1.5с (M2) |
| Общее время обработки одного события | 58с (M1) или 32с (M2, M1) | 25.5с | 23.5с |
| Расход магнитных лент на рулон пленки (1600 событий) | 8+2=10 | ~2 | ~2 |
| Оценка точности измерений по реперным крестам | I+3мкм | I+4мкм | I+4мкм |
| Включение имитатора в систему | - | есть | нет |
| Возможность автономной работы с SHP | - | есть | нет |

x/ СК - сканирование, ФТ - фильтрация, СБ - сборка.

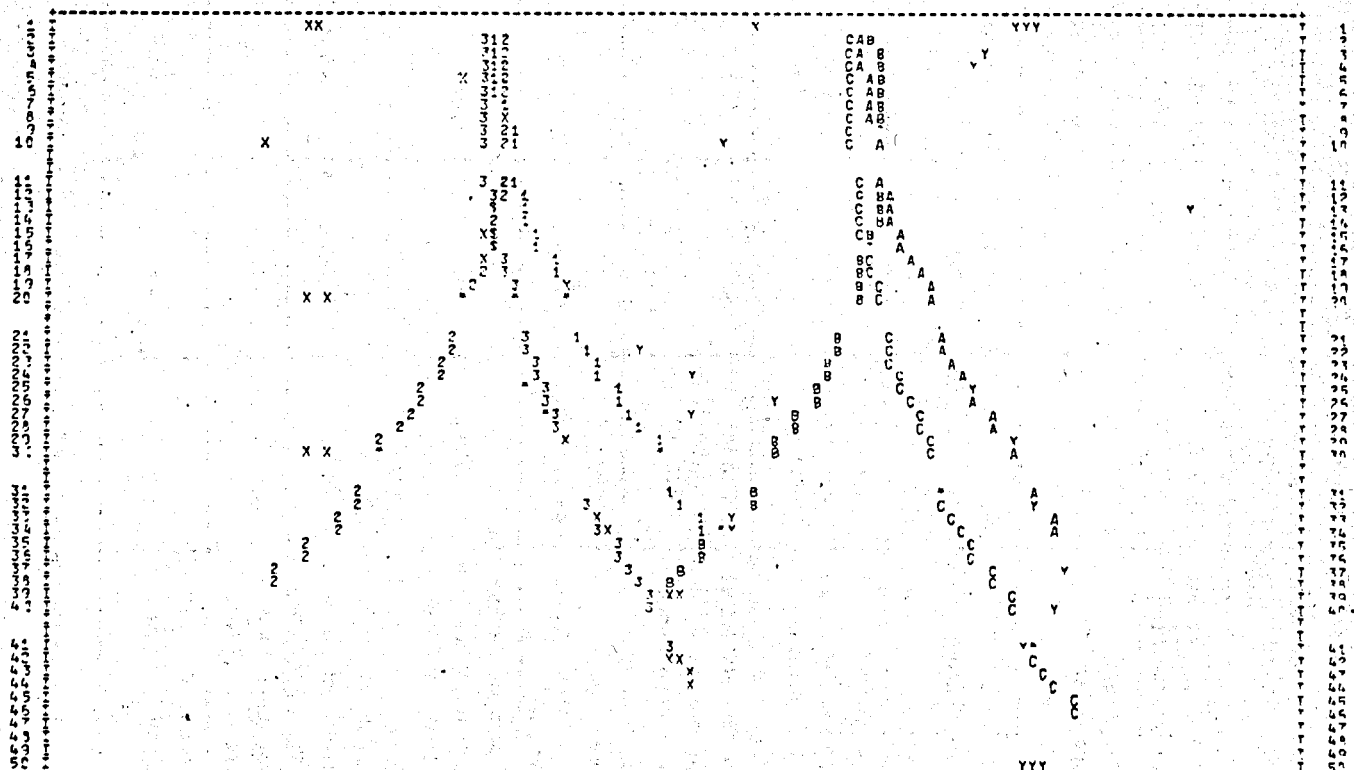


Рис.3. Пример результата обработки данных системы с SHP после программы ROMEO.

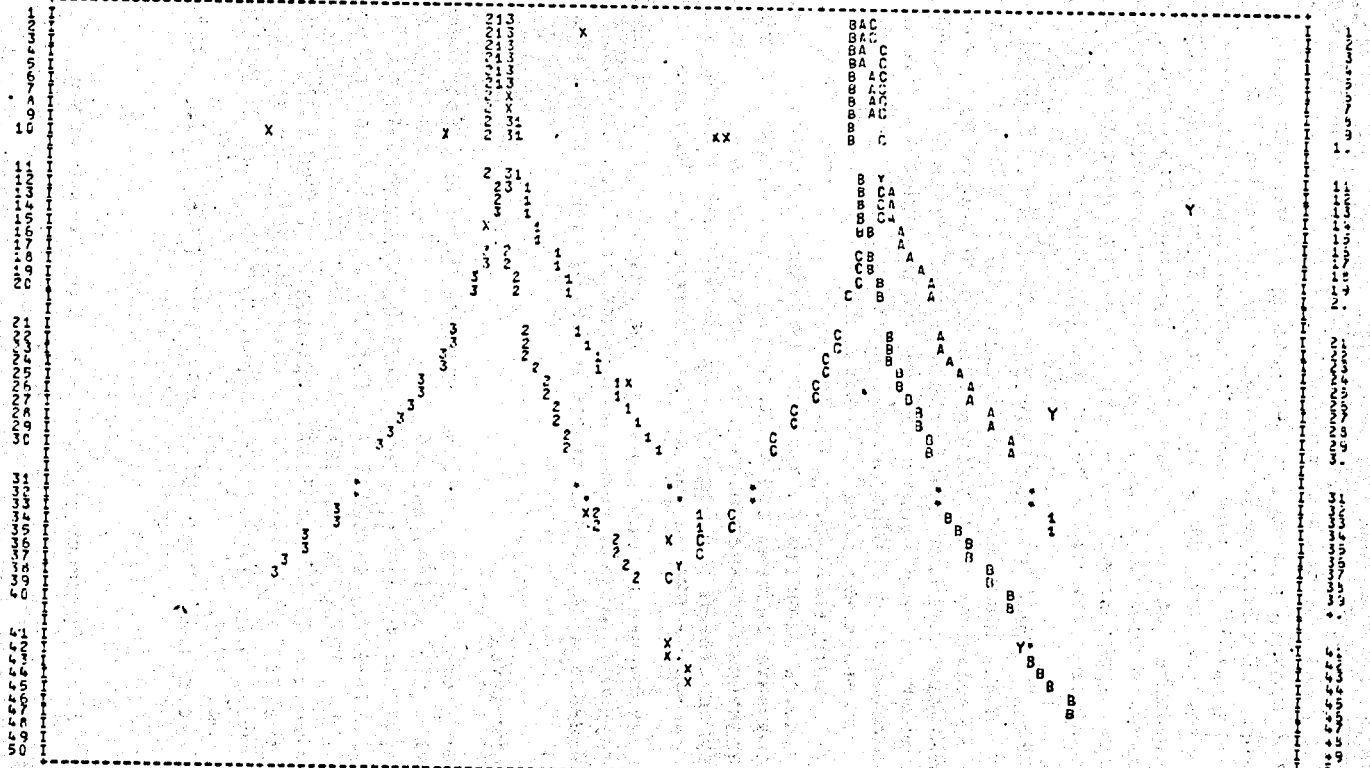


Рис.4. Пример результата обработки данных системы без SHP после программы ROMEO.

в/ отказаться от использования ресурсов времени для фильтрации на большой ЭВМ CDC-6500;

г/ сократить примерно в два раза время полного цикла измерения и обработки одного события на CDC-1604A и др.

В результате использования этих преимуществ достигается сокращение количества потерь, которые были связаны с длительным хранением данных на магнитных лентах, а возможность немедленных перемеров кадров при случайных сбоях, в свою очередь приводит к повышению надежности и качества измерений, повышает производительность и эффективность системы.

Вместе с тем при использовании SHP первичные данные не сохраняются, и для повторной обработки события необходимо проводить новый цикл измерений. Следует также отметить, что алгоритм SHP ориентирован главным образом на обработку данных с пузырьковых камер, и при анализе данных с магнитных искровых спектрометров он допускает потерю части отсчетов, обусловленную особенностью изображений на снимках с этих установок. Поэтому использование спецпроцессора для измерений снимков с МИС требует тщательной настройки системы "снимок-HPD-SHP", чтобы не ухудшить точности и "чистоты" обработки, которые в программном варианте системы все же остаются на более высоком уровне.

Характерный пример последующей обработки данных, полученных по двум системам с помощью программы ROMEO, приведен на рис.3 /для системы с SHP/ и рис.4 /для системы без SHP/.

В заключение авторы выражают благодарность А.М.Рапортиренко и сотрудникам отдела магнитного искрового спектрометра М.А.Ананьевой, О.А.Займидороге и Л.К.Лыткину за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bacilieri P., Ghiselli A., Masetti M. Nucl.Instr. and Meth., 1979, 160, p.353.
2. Bacilieri P. et al. INFN/TC/-78/8, Frascati, 1978.
3. Bacilieri P., Ghiselli A., Masetti M. Nucl.Instr. and Meth., 1976, 135, p.427.
4. Дикусар Н.Д., Тханг Т.Л., Харьюзов М.Р. ОИЯИ, P10-12728, Дубна, 1979.
5. Дикусар Н.Д., Тханг Т.Л., Харьюзов М.Р. ОИЯИ, P10-12729, Дубна, 1979.
6. Дикусар Н.Д., Мороз В.И. ОИЯИ, P10-10798, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 июня 1981 года.