

Г-76L

30/5-68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

10 - 3772



И.М.Граменицкий, А.М.Моисеев, Л.А.Тихонова,
М.Д.Шафранов

ЛАБОРАТОРИЯ
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

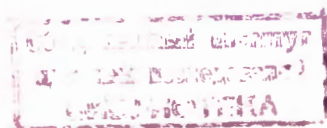
СИСТЕМА ПРОГРАММ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
С 40-САНТИМЕТРОВОЙ ВОДОРОДНОЙ КАМЕРЫ

1968

10 - 3772

И.М.Граменицкий, А.М.Моисеев, Л.А.Тихонова,
М.Д.Шафранов

СИСТЕМА ПРОГРАММ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
С 40-САНТИМЕТРОВОЙ ВОДОРОДНОЙ КАМЕРЫ



7295/2 up.

Обработка на современном уровне большого объема экспериментальных данных, получаемых на пузырьковых камерах, невозможна без использования быстродействующих ЭВМ и целой системы программ обработки.

Один из вариантов подобной системы программ, обеспечивающий автоматизацию всех основных этапов обработки данных, был разработан в группе 40-сантиметровой камеры ЛВЭ и с середины 1967 г. успешно используется для анализа большого статистического материала в эксперименте по исследованию π^+p - взаимодействий при 2,34 Гэв/с.

В основу этой системы было положено общепринятое деление обработки данных с пузырьковых камер на следующие этапы:

- определение геометрических параметров события (геометрическая программа);
- расчёт на основе законов сохранения вероятности различных интерпретаций события (кинематическая программа);
- разделение событий по каналам реакций, расчёт и запись суммарных результатов для отобранных гипотез на специальную магнитную ленту суммарных результатов (ЛСР) (программа расчёта суммарных результатов);
- статистический анализ результатов, записанных на магнитную ленту (программа анализа суммарных результатов).

В качестве геометрической программы была взята стандартная геометрическая программа^{1/}, разработанная в ВЦ ОИЯИ, в которую дополнительно был введен отдельный блок обсчёта треков для различных предположений о массах частиц с учётом корреляционной матрицы ошибок пространственных координат точек за счёт многократного кулоновского рас-

сеяния^{/2/}; специальный блок обчёта коротких треков с остановками; новый блок получения начальных значений параметров для обчёта треков, идущих под малым углом к базе стереофотоаппарата и ряд других изменений. (Этот вариант программы называется 1-37А).

В качестве кинематической программы использовались написанная специально для этого эксперимента программа идентификации двухлучевых событий ПИКР-2^{/3/} или специальный вариант программы 10-10^{/4/}, в который введен ионизационный признак для протонов (10-10 СМ).

Отбор событий по каналам реакций производился по критерию χ^2 с привлечением информации о плотности ионизации треков. Эта информация была получена при визуальной оценке плотностей треков на просмотровых проекторах с использованием данных геометрической программы.

Для каждого события, отнесенного к определенному каналу реакций, с помощью программы анализа многочастичных состояний^{/5/} (и аналогичной программы для упругих событий) рассчитывался ряд кинематических переменных, таких, как импульсы и углы всех частиц в общей системе ц.м., эффективные массы всех возможных комбинаций частиц, а также ряд углов, характеризующих распад этих "резонансов" и т.д. Совокупность этих величин, названная суммарными результатами, записывалась для каждого события в одну зону ленты суммарных результатов ЛСР. Содержимое одной зоны ЛСР для упругого события приведено в Приложении 1.

Суммарные результаты для всех событий, отнесенных к одному каналу реакций, записывались на отдельные ЛСР, что значительно облегчило в дальнейшем их статистический анализ.

Неоднозначно интерпретированные события также записывались на отдельные ленты, причём суммарные результаты для обеих гипотез записывались последовательно в одной зоне ЛСР.

Значительная емкость бобин БЭСМ-3М позволяет записать на одну ленту около 2200 упругих событий и около 1500 событий с тремя частицами в конечном состоянии.

Статистический анализ событий, записанных на ЛСР, производится с помощью программы "МИНИСТАР".

В основу программы "МИНИСТАР" были положены некоторые общие принципы, позаимствованные из черновской программы "SUMX" /6/.

Программа "МИНИСТАР" состоит из главной программы и трех отдельных блоков. В случае необходимости дополнительных арифметических расчетов в программу может быть включен дополнительный блок (ДБ), который пишется самими физиками.

Программа "МИНИСТАР" позволяет производить статистический анализ любых данных, записанных на МЛ в стандартном виде (см. /5/). Этот анализ состоит в классификации события по ряду признаков (Блок 1), гистограммировании для отобранных событий ряда физических величин (Блок 2), записи на МЛ и выдачи на перфокарты массивов (Блок 3).

Информация, необходимая для работы каждого блока, пробивается на отдельных информационных перфокартах ИПК, массивы которых следуют за перфокартами программы в номерной последовательности блоков.

Работа программы "МИНИСТАР" происходит в три этапа.

На первом этапе главная программа вводит программы "остовы" трех основных блоков, массивы перфокарт к ним, ДБ и производит, согласно содержащейся на ИПК информации, формировку рабочих программ блоков, после чего производится выдача содержимого ИПК на печать и вся предшествующая информация стирается.

На втором этапе производится статистический анализ данных, записанных на ЛСР. Для этого главная программа считывает последовательно каждую зону, содержащую данные для одного события (программный номер магнитофона ЛСР-02), образуя в МОЗУ "вектор - событие" N_1 и передает последовательно управление на три блока, обрабатывающих информацию, содержащуюся в векторе-событии. (Если какая-либо зона ЛСР не считывается, нужно с пульта передать управление в ячейку 0044, после чего программа отпечатает номер "плохой" зоны и то, что считалось с нее в МОЗУ, и перейдет на считывание следующей зоны).

Необходимая для работы главной программы информация набирается на КЗУ в следующем виде:

КЗУ-4	0n	0200 + A _n		0200 + A _k
КЗУ-3	00		a _n	
КЗУ-2	00		N _k	
КЗУ-1	00	0200	N _n	0200 + l - 1

где N_n - номер зоны на очередной ЛСР, с которой должна начаться обработка; N_k - зона на ЛСР, на которой должна закончиться обработка; l - длина зоны ЛСР; A_n - номер компоненты вектора-события, начиная с которой информация, записанная в двоично-кодированной десятичной системе счисления, переводится в двоичную систему; A_k - номер компоненты вектора-события, на котором перевод заканчивается; a_n - ячейка начала рабочей программы ДБ.

Признак 0n в КОП КЗУ-4 показывает, является ли обрабатываемая ЛСР последней в данном прогоне или нет. При окончании обработки каждой ЛСР программа останавливается в ячейке 0075. Если эта лента была не последней (0n = 00), то при перекоммутации на новую ЛСР и внесении соответствующих изменений на КЗУ обработка новой ленты начнется нажатием клавиши "пуск". В том случае, если ЛСР является последней, перед пуском нужно набрать 0n = 01 на КЗУ-4. При этом ЭВМ перейдет к выполнению третьего этапа программы "МИНИСТАР" - выдаче результатов.

Обработка каждого события начинается с формирования для него тест-вектора, осуществляемого блоком 1. Тест-вектор содержит информацию о том, удовлетворяют ли компоненты этого вектора-события ряду критериев отбора (тестов) или нет. В случае прохождения событием n-го теста в n-ую компоненту тест-вектора заносится 1, а в n+1-ую - 0 и наоборот. Таким образом, в программе "МИНИСТАР" для каждого заданного теста вырабатывается также антитест.

Тесты должны начинаться с номера 01 и кончатся номером 73.

Тесты могут быть простыми и сложными. В программе "МИНИСТАР" используются простые тесты вида:

$N_1 = C$ - тест "равно"

$C_1 \leq N_1 \leq C_2$ - тест "между".

Два любых простых теста могут быть объединены в сложный тест логическими операторами V или Λ . Вид каждого теста задается с помощью отдельных ИПК.

ИПК каждого простого теста имеют вид:

Тест			
00	n	0000	0000
00	1111	0000	0000
00	N_1	0000	0000
	C		
00	7777	0000	0000

где n - номер теста; 1111 в A_1 второй строки - признак теста = ; N_1 - номер компоненты вектора-события, на который накладывается тест; C - константа сравнения (в двоичном коде); 7777 - признак конца теста.

Тест " < > "			
00	n	0000	0000
00	2222	0000	0000
00	N_1	0000	0000
	C_1		
	C_2		
00	7777	0000	0000

где 2222 в A_1 второй строки - признак теста "< >"; C_1 и C_2 - константы (в двоично-кодированной десятиричной системе), задающие левую и правую границу интервала.

Сложный тест составляется из двух простых заменой признака конца первого теста на признак сложного теста

V	- 00	3333	0000	0000, или на признак
Λ	- 00	4444	0000	0000.

Массив ИПК блока I заканчивается признаком конца массива ИПК 00 7777 7777 7777.

Блок 2 стоит на втором этапе гистограммы ряда физических величин для событий, удовлетворяющих определенным тестам. Гистограммы могут быть простыми и составными. В простую гистограмму входит одна физическая величина, представляемая одной компонентой вектора - события с одним весом, в сложную - одна физическая величина, представляемая одной компонентой вектора-события с разными весами или одна физическая величина, представляемая несколькими компонентами вектора-события. Каждая гистограмма задается с помощью нескольких ИПК.

Первая ИПК

N	гист	0000	0000
L	λ		
ΔL	λ		
n	,		

где N - номер гистограммы; L_λ - левая граница интервала; ΔL_λ - величина интервала; n - число интервалов (все четыре величины в десятичной системе).

Вторая ИПК

N	гист	0000	0000
T_1	$T_2 T_3$	...	....
..	....	....	$T_{13} T_{14}$

где T_i - номера тестов в двоично-восьмеричной системе, которым должны удовлетворять входящие в гистограмму события (допускается до 14 тестов; на каждый номер теста отводится 6 разрядов; если число тестов ≤ 7 , в третьей строке пробивается только основной маркер).

Далее следует одна (простая гистограмма) или несколько (составная гистограмма) "ИПК - слагаемых", имеющих вид:

N	гист	0000	0000
$T_1^k T_2^k T_3^k$	N_i	$\langle W_j \rangle$,

где T_i^k - номера тестов, которым должны удовлетворять события, вносимые в гистограмму данной "ИПК - слагаемой"; в случае отсутствия тестов эти разряды будут пустыми; N_i - номер гистограммируемой компоненты вектора-события, $\langle W_j \rangle$ - ячейка, содержащая вес, с которым данное событие входит в гистограмму.

В составной гистограмме допускается не более семи "ИПК-слагаемых"; все ИПК, задающие одну гистограмму, замыкаются признаком конца гистограммы

00 7777 0000 0000.

Допустимое число гистограмм определяется из их длины и отведенного под их накопление поля (см. Приложение 2) и в среднем равно 30-50.

Массив ИПК блока 2 заканчивается стандартным признаком конца массива 00 7777 7777 7777.

Блок 3 на втором этапе работы "МИНИСТАР" производит выборку групп компонент вектора-события для случаев, прошедших определенные тесты, и накопление их в виде массивов на МЛ.

ИПК блока 3, задающие отдельный массив, содержат следующую информацию:

$N_{\text{мф}}$	$N_{\text{м}}$	ℓ	0000
	$N_{\text{мб}}$	$A_{\text{мб}}$	L
T_1	T_2 T_3	.....	.....
			T_{13} T_{14}
00	N_1	0000	0000
00	N_k	0000	0000
00	7777	0000	0000

где $N_{\text{мф}}$ - программный номер магнитофона, на МЛ которого должно происходить накопление массива; $N_{\text{м}}$ - номер массива; $\ell_{\text{н}}$ - номер зоны, начиная с которой происходит накопление; $N_{\text{мб}}$ - номер магнитного барабана, на котором происходит промежуточное накопление массива;

$A_{\text{мб}}$ - начальный адрес на МБ под промежуточное накопление массива; L - длина поля на МБ; T_i - номера тестов, в случае отсутствия тестов эти строки будут пустыми; N_i - номера компонент вектора-события.

Блок 3 позволяет проводить накопление не более 10 массивов, каждый из которых содержит ≤ 19 компонент вектора-события. Таким образом, для описания одного массива необходимо не более двух ИПК.

ИПК блока 3 заканчивается стандартным признаком конца массива ИПК.

Блок 3 не является обязательным в программе "МИНИСТАР". Если накопления массивов в данном прогоне делать не нужно, то для выполнения этого вместо массива ИПК подкладываются перфокарты признака конца массива.

При составлении ИПК блока 3 необходимо задавать A_{MB} и L таким образом, чтобы на МБ не произошло перекрытия полей. Разметку МЛ необходимо провести заранее, длина зоны должна быть не более $L_{max} = 2200_8$ кодов. Число зон, отводимых для накопления каждого массива, следует оценить заранее, исходя из статистики эксперимента и количества групп N_1 в данном массиве. При отсутствии тестов на ИПК массива в данный массив войдут группы N_1 всех обработанных событий.

Дополнительный блок ДБ используется на втором этапе работы программы "МИНИСТАР" после блока 1, таким образом, в этом блоке можно использовать, с одной стороны, компоненты тест-вектора блока 1, а с другой – нестандартным образом дотраивать тест-вектор и вектор-событие. ДБ может занимать в МОЗУ ячейки от $a_n = 201 + l + \Delta l$ до 0660, где l – длина вектора-события; Δl – число компонент, дотраиваемых блоком ДБ.

В случае нехватки этого поля часть ДБ можно размещать на МБ. В этом случае запись на МБ нужно произвести отдельно до начала работы с программой "МИНИСТАР". В ДБ можно использовать только те СП, которые могут разместиться начиная с ячейки 7200.

Указанный цикл работы "МИНИСТАР" продолжается до тех пор, пока последовательно не будут обработаны события, содержащиеся на всех ЛСР, входящих в прогон, после чего наступает третий этап работы программы.

На этом этапе блок 2 производит последовательную выдачу на печать содержимого интервалов каждой гистограммы, а также расчёт и печать значений этих интервалов. Эта выдача имеет следующий вид:

N_2 - номер гистограммы,
 L_A - левая граница интервала,
 ΔL - величина интервала,
 n - число интервалов.

i	j	k
T_1	$T_2 T_3$	.....
..
T_1^k	$T_2^k T_3^k$	$T_{13} T_{14}$
.....	.....	$\langle W_j \rangle$
	

1 строка - служебная информация: i - ячейка начала поля данной гистограммы, j - число строк, занимаемое шапкой гистограммы, k - ячейка конца поля гистограммы. Следующие две строки - общие тесты, 3,4 и т.д. строки - содержимое "ИПК-слагаемых".

m'_1 - число событий вне гистограммы слева;

m_1 - число событий в первом интервале;

m_2 -

·
·
·

m_n - число событий в последнем интервале ;

m'_n - число событий вне гистограммы справа;

p - общее число событий в гистограмме;

M'_1
 M_2
 M_3
 ·
 ·
 M_n
 M'_n

шкала гистограммы

После печати содержимого всех гистограмм производится печать суммарного тест-вектора по всем событиям, прошедшим обработку по программе.

Блок 3 на третьем этапе производит выдачу накопленных на МЛ массивов на перфокарты в двоичном коде. В начале каждого массива вы-

выдаются 2ПК с содержимым ИПК этого массива, далее подряд следуют группы компонент N_1 событий, прошедших указанные на ИПК тесты. Если накопленный массив был записан в нескольких зонах МЛ, то происходит выдача на ПК последовательно содержимого каждой зоны (по СП-16). Содержимое ИПК выдается в этом случае только перед содержимым первой зоны МЛ.

В случае необходимости выдачи группы N_1 для одного события на отдельную ПК на ИПК следует указать 12 компонент вектора-события, дополняя в случае необходимости их число до 12 фиктивной компонентой

N_0 , имеющей нулевое значение.

Если в КОП 2-го кода ИПК массива занести $K \neq 0$, то блок 3 не произведет выдачи этого массива на ПК, а оставит его на МЛ. Такой режим работы удобен для изготовления сокращенного варианта ЛРС, содержащей в каждой зоне информацию для ряда отобранных событий. Если перед началом прогона обнаружится, что выходные перфораторы ЭВМ неисправны, то выдача данных на ПК с помощью СП-16 принципиально невозможна. В этом случае программа может блокировать всю выдачу на ПК, если перед началом ее работы в КОП КЗУ-1 будет набран код 77. В этом случае вся информация останется на МЛ и может быть выдана на ПК отдельно.

Выданные на ПК массивы ряда физических величин (например, $M_{\pi p}^2$, $M_{\pi p}^2$) для всех прошедших заданные тесты событий, служат исходными данными для последующих программ обработки, с помощью которых методом максимального правдоподобия определяются оценки параметров ряда распределений (например, параметров распределения событий на диаграмме Далитца^{/7/}).

С помощью описанной системы было обработано около 15000 двухлучевых событий.

Предварительные результаты статистического анализа данных, записанных на ЛСР к середине 1967 г. (~ 5500 упругих событий и 4000 событий с тремя частицами в конечном состоянии), были доложены на Гайдельбергской конференции 1967г.

Полученный опыт показывает, что программа "МИНИСТАР" обеспечивает высокую скорость статистической обработки данных: на полный анализ одного неупругого события затрачивается ≤ 1 сек, а статистический

анализ ~ 5700 упругих событий, содержащихся на трех ЛСР, с помощью блоков 1 и 2 требует всего 35 минут работы БЭСМ-3М.

В настоящее время описанная система программ успешно используется для обработки четырехлучевых πp - взаимодействий.

Приложение 1

Содержимое зоны ЛСР для упругих событий $\pi^+ p$

- | | | | |
|----|---|---------|--------|
| 1 | № пленки | № кадра | № зоны |
| 2 | № эксперимента; | | |
| 3 | Число гипотез; | | |
| 4 | № гипотезы; | | |
| 5 | Масса первичной частицы; | | |
| 6 | Масса второй частицы; | | |
| 7 | Масса третьей частицы; | | |
| 10 | χ^2 - для гипотезы; | | |
| 11 | \bar{X} | | |
| 12 | Y Координаты точки взаимодействия; | | |
| 13 | Z | | |
| 14 | P_1 Импульсы частиц (выдача после программы ПИКР-2); | | |
| 15 | P_2 | | |
| 16 | P_3 | | |
| 17 | δ_1 Угол погружения для первичного π - мезона; | | |
| 20 | θ_1 Угол поворота ————— " ————— | | |
| 21 | δ_2 | | |
| 22 | θ_2 | | |
| 23 | δ_3 | | |
| 24 | θ_3 | | |
| 25 | P_2 Импульс | | |
| 26 | ΔP_2 Ошибка импульса | | |
| 27 | l_2 Длина трека | | |
| 30 | P_3 | | |
| 31 | ΔP_3 | | |
| 32 | l_3 | | |

После геометрической реконструкции;

- 33 T^2 - квадрат переданного 4-х импульса;
 34 P^* - импульс в с.ц.м.;
 35 $\cos \theta$ - \cos угла рассеяния;
 36 M_H^2 - недостающая масса;
 37 $\cos \phi_{\Pi}$
 40 $\sin \phi_{\Pi}$
 41 ϕ_{Π} - азимутальный угол в с.ц.и.

Приложение 2 Распределение памяти машины

- 0001 0100 -⁰куб. Главная программа
 0104 -0177 - Тест-вектор
 0200 -0660 - Вектор -событие
 0704 -0777 - Суммарный тест-вектор
 1000 -2000 - Блок № 1
 2001 - 2155 - Блок № 2
 2156 -6667 - Поле гистограммы
 6670 -7200 - Блок № 2
 1 куб.
 1000 -1077 - Управляющая программа (блока 3)
 1200 -3337 - Поле под массив
 3400 -3777 - Программа перфорации (блок 3)
 4000 -4177 - Программа проверки тестов (блок 3)
 4200 -7200 - Программа накопления числовых массивов и запись на барабаны (блок 3).

Л и т е р а т у р а

1. О.В.Благодирова и др. Препринт ОИЯИ 2005, Дубна 1965.
2. И.М.Граменицкий, Л.А.Тихонова, В.П.Шляпников. Препринт ОИЯИ Р-2146, Дубна 1965.
3. А.Д.Макаренкова, А.М.Моисеев. Препринт ОИЯИ 2263, Дубна 1965.
4. З.М.Иванченко и др. Препринт ОИЯИ Р-2399, Дубна 1965.
5. Т.В.Рыльцева, Л.А.Тихонова. Препринт ОИЯИ 11-3458, Дубна 1967.
6. TC Programm Library v.3.
7. Х.М.Каназирски, А.М.Моисеев. Препринт ОИЯИ 1-2 3387, Дубна 1967.

Рукопись поступила в издательский отдел
 20 марта 1968 года.