

7355

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



С 344.1р  
Г-874

Р6 - 7355

К.Я.Громов, З.Зайдлер, С.Орманджиев, В.И.Фоминых,  
М.И.Фоминых, В.М.Цупко-Ситников

4032/273

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СЖАТИЯ ИНФОРМАЦИИ  
В ПОСТАНОВКЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ  
ПО ГАММА-ГАММА-СОВПАДЕНИЯМ

**1973**

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Громов К.Я., Зайдлер З., Орманджиев С., Фоминых В.И., Р6 - 7355  
Фоминых М.И., Цупко-Ситников В.М.

Применение методов сжатия информации в постановке  
экспериментов по гамма-гамма-совпадениям

Описывается постановка эксперимента по гамма-гамма совпадениям на базе ЭВМ с записью полной информации большого объема ( $\approx 10^6$  каналов) в сжатой форме ( $\approx 5 \cdot 10^3$  каналов). Информация о совпадениях регистрируется в МОЗУ ЭВМ "Минск-2" в виде нескольких (2 + 3) одномерных спектров, получаемых в результате функциональных преобразований параметров каждого двухмерного события, и позволяет проводить необходимый качественный и количественный анализ каскадных переходов.

Препринт Объединенного института ядерных исследований.  
Дубна, 1973

Gromov K.Ya., Seidler S., Ormandzhiev S.I., Р6 - 7355  
Fominykh V.I., Fominykh M.I.,  
Tsupko-Sitnikov V.M.

Information Reduction Technique in  
Gamma-Gamma Coincidence Experiments

See the Summary on the reverse side of the title page.

Р6 - 7355

К.Я.Громов, З.Зайдлер, С.Орманджиев, В.И.Фоминых,  
М.И.Фоминых, В.М.Цупко-Ситников

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СЖАТИЯ ИНФОРМАЦИИ  
В ПОСТАНОВКЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ  
ПО ГАММА-ГАММА-СОВПАДЕНИЯМ

Направлено в ИТЭ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

## Summary

An one-line experiment on gamma-gamma coincidences is described when voluminous data are recorded in a compact form. For the two-dimensional events instead of recording the codes of its  $A_i$  and  $B_j$  parameters in the direct form their functional transformation giving the number  $C = f(A_i, B_j)$  is introduced. The  $f(A, B)$  transformation must include the operations limiting the range of the  $C$  number according to the real memory capacity. The  $(A, B)$  coordinate plane is transformed into the axis  $C = f(A, B)$  at each point  $C_k$  of which all the information located at the plane  $(A, B)$  at the curve  $f(A, B) = C_k$  is collected.

To reproduce the coincidence pattern, in a general case, it is necessary to record the integral spectra of coincidences for each parameter (the transformations:  $C_k = A_i = \text{const.}$ ,  $C_k = B_j = \text{const.}$ ) and one of the transformation spectra with both the parameters (e.g.):  $C_k = (A + B) = \text{const.}$ ,  $C_k = \sqrt{A \times B} = \text{const.}$ ,  $C_k = \sqrt{A^2 + B^2}$ . The memory capacity necessary for data accumulation is about  $(K+1) \cdot n$  channels (where  $K$  is the number of parameters and  $n$  is the level of their digitalization) instead of the  $n^K$  channels for an ordinary experimental arrangement.

Some reduction of sensitivity due to background summation is a disadvantage of this technique. The small memory capacity sufficient for data accumulation with the possibility of extracting all the qualitative and quantitative information on coincidences, the possibility of operating in the integration mode and the visual control for the experimental procedure is an advantage of this technique.

This method is suitable to be employed at small fast computers when the urgent evaluation of coincidences is required, the preliminary information being absent.

The technique test made when investigating gamma-gamma coincidences for  $^{95}\text{Tc}$  allowed the development of the decay scheme which agrees well with the results obtained by other methods.

## 1. Введение

В технике многомерных измерений применяется несколько методов регистрации информации: метод полной записи всей информации / $K$ -параметров по  $n$  уровням квантования/ в интегрирующем или неинтегрирующем режимах /1, 4/, метод "окон", чаще всего цифровых, когда регистрируется только часть всего объема информации из заранее намеченных зон по каждому из параметров /1, 5, 6, 14/, и метод суммарных совпадений, в котором регистрируется спектр одного из каналов и спектр суммы совпадающих параметров обоих каналов /7-10/. В ряде работ указывается целесообразность поиска и использования преобразований для уплотнения информации при записи /11/ и даются конкретные примеры, когда применение преобразований позволяло существенно уменьшать объем памяти для регистрации интересующих данных /12/.

Первый метод позволяет получить полную информацию, но имеет и существенные недостатки: в интегрирующем режиме необходимо иметь оперативную память накопителя в  $n^K$  ячеек, что практически неосуществимо уже при  $n \geq 10^2$ ; в неинтегрирующем режиме нет ограничений по числу каналов памяти - при использовании внешних накопителей на магнитных лентах или дисках, но теряется возможность наблюдения за результатами в процессе накопления информации, так как результаты могут быть получены только после сортировки данных.

Основной недостаток второго метода - регистрация только части всего объема информации, что оказывается удобным лишь в том случае, когда уже есть предварительная информация, позволяющая определить зоны регистрации.

Третий метод позволяет получить большой выигрыш в отношении объема используемой памяти для накопления данных, но имеет и определенные недостатки: в спектре сумм преобладает комптоновская часть спектров, что снижает в определенной мере чувствительность метода к слабым эффектам. Кроме того, в случае совпадения сумм нескольких каскадных переходов необходимо проводить дополнительные эксперименты для уточнения связей.

В данной работе рассматривается постановка многомерных измерений, являющаяся развитием метода суммарных совпадений на базе широкого использования преобразований кодов с применением ЭВМ. Использовано преимущество суммарных совпадений, позволяющее существенно уменьшить объем памяти для регистрации информации, а недостаток суммарных совпадений преодолевается путем одновременной регистрации нескольких различных преобразований.

## 2. Описание метода

Экспериментатора в процессе исследований каскадных переходов в схемах возбужденных состояний ядер интересует определение совпадений дискретных значений параметров  $A_i$ ,  $B_j$ , т.е. положение и интенсивность пиков над полем плоскости /А,Б/.

Как известно, ценная информация занимает небольшую часть двумерного поля. Если изменить форму записи информации о каждом многомерном событии, то можно добиться существенного сжатия объема памяти, необходимого для регистрации, с вытекающими из этого преимуществами. Например, при регистрации

каждого события вместо записи всех его параметров в явном виде ввести операции их функционального преобразования, в результате которых для данного события будет получено какое-то число /функция параметров/, которое и будет регистрироваться по соответствующему адресу. При этом необходимо в операции преобразования включить и такие, которые бы ограничивали масштаб это-

го числа в соответствии с реальным объемом памяти анализаторов или ЭВМ. Это позволит регистрировать многомерную информацию как обычную одномерную в интегрирующем режиме накопления.

Для двумерного поля /А,Б/ возможно множество преобразований. В таблице 1 дается качественное сравнение некоторых из них. Для всех этих преобразований характерно, что координатная плоскость /А,Б/ преобразуется в координатную ось  $C = f / А, Б /$ , при этом в точку  $C_k$  на новой оси собирается вся информация, лежащая в плоскости /А,Б/ на кривой  $f / A_i, B_j / = C_k$ . Второй особенностью всех этих преобразований является соотношение:

$$A_{max} \leq C_{max} \leq 2A_{max} \quad , \quad \text{или} \quad B_{max} \leq C_{max} \leq 2B_{max} ,$$

показывающее, что для записи информации после преобразования необходимое число каналов имеет порядок  $n$ .

Два первых преобразования  $C_k = A_i = const$ ,  $C_k = B_j = const$  представляют собой интегральные спектры совпадений. Они показывают, какие линии вообще находятся в совпадениях, но не дают информацию о том, что с чем совпадает. Эти преобразования наиболее просты, широко используются для контроля в методе регистрации совпадений с цифровыми окнами и оказываются полезными в сочетании с каким-либо другим преобразованием из приведенных в таблице 1 для восстановления картины совпадений /выявления совпадающих пиков/, записанной в сжатой форме.

Преобразование  $C_k = A_i + B_j = const$  применяется в методе суммарных совпадений /7÷10/ и является одним из наиболее простых. Однако, как уже отмечалось, для указанной задачи по исследованию гамма-гамма-совпадений оно имеет недостаток: суммируются в одну точку часто встречающиеся случаи с разными компонентами А и Б, но имеющими одинаковую их сумму. Совместная же регистрация преобразований  $A_i + B_j = const$  и  $A_i - B_j = const$ , а также интегрального спектра совпадений  $A_i = const$  или  $B_j = const$  позволяет просто решать задачу идентификации каскадных переходов с



СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

ПРИ ИЗМЕРЕНИИ СПЕКТРОВ СОВПАДЕНИЙ В РЕЖИМЕ  $2^X$ -МЕРНОГО АНАЛИЗА

ТАБЛИЦА I

№ П/П	НАИМЕНОВАНИЕ СПЕКТРОВ	ГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ	ФОРМУЛА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ	СООТНОШЕН. ПИК/ФОН *	ОТНОШЕН. Т ЗАТРАЧИВ. Э В М **
1	ИНТЕГРАЛЬНЫЙ СПЕКТР СОВПАДЕНИЙ А		$A_i = \text{const}$	СРЕДНЕЕ	ОЧЕНЬ МАЛО (200 МКСЕК)
2	ИНТЕГРАЛЬНЫЙ СПЕКТР СОВПАДЕНИЙ Б		$B_j = \text{const}$	СРЕДНЕЕ	ОЧЕНЬ МАЛО (200 МКСЕК)
3	СПЕКТР СУММ		$A_i + B_j = \text{const}$	СРЕДНЕЕ	МАЛО (600 МКСЕК)
4	СПЕКТР РАЗНОСТЕЙ		$A_i - B_j = \text{const}$	ПЛОХОЕ	МАЛО (600 МКСЕК)
5	СПЕКТР КОНЦЕНТРИЧЕСКИХ ОКРУЖНОСТЕЙ		$\sqrt{A_i^2 + B_j^2} = \text{const}$	ХОРОШЕЕ	МНОГО (4500 МКС)
6	СПЕКТР ПРОИЗВЕДЕНИЙ		$\sqrt{A_i \cdot B_j} = \text{const}$	ПЛОХОЕ	МНОГО (4000 МКС)

\* РАССМАТРИВАЕТСЯ СЛУЧАЙ ПОЛУЧЕНИЯ СПЕКТРОВ ГАММА-ГАММА СОВПАДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ  $\text{Ge(Li)}$  ДЕТЕКТОРОВ, КОГДА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ КОМПОТОНОВСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, ЯВЛЯЮЩЕГОСЯ ФОНОМ, УМЕНЬШАЕТСЯ С РОСТОМ ЭНЕРГИИ.

\*\* КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДАНЫ ПРИМЕРНО ДЛЯ ЭВМ "МИНСК-2"

одинаковой суммарной энергией, а также проводить дополнительный контроль результатов.

Остальные преобразования более сложны, но не имеют недостатка метода сумм и, в принципе, достаточно регистрировать одно из них и интегральный спектр, чтобы восстановить картину совпадений.

Некоторые из приведенных преобразований  $\sqrt{A_i \cdot B_j}$ ,  $\sqrt{A_i^2 + B_j^2}$  успешно использовались для сжатия объема регистрируемых данных в случаях расположения полезной информации по соответствующим кривым в двумерном поле измеряемых параметров /12/.

### 3. Постановка и результаты эксперимента

Предлагаемая постановка эксперимента была осуществлена на ЭВМ "Минск-2" по блок-схеме рис. 1 А, Б. Для регистрации гамма-излучения использовались два  $\text{Ge(Li)}$ -детектора с чувствительным объемом  $25\text{см}^3$  и разрешением 4,5 кэВ на  $^{60}\text{Co}$ . Число каналов в спектре каждого параметра ( $E_\gamma$ ) составляло 1024. В качестве функций преобразования использовалась сумма и произведение, кроме того, записывался интегральный спектр совпадений.

Полное время преобразований составляло 5500 мксек, что позволяло регистрировать совпадения с интенсивностью  $\approx 150$  событий в секунду \*. В случае преобразований "сумма и разность" это время составляет 1200 мксек.

Для регистрации информации о совпадениях этим способом требовалось немногим более 4000 каналов памяти ЭВМ вместо  $10^6$  при регистрации полной информации. Были проведены измерения гамма-гамма-совпадений для источника  $^{95\text{m}}\text{Tc}$  /  $T_{1/2} = 4$  часа/. На рис. 2 приведены спектры, полученные в результате преобразований кодов по методу сумм и произведений.

\* Помимо указанных операций по преобразованию кодов, программа выполняет нормировку шкалы одного из параметров для обеспечения одинаковой энергетической калибровки обоих спектрометрических трактов.



На рис. 2 приведена также скелетная схема распада  $^{95m}\text{Tc}$ , построенная на основе полученных данных. Схема полностью согласуется с результатами, полученными в [13] другими методами.

В случаях исследования совпадений в несимметричной постановке эксперимента с точки зрения регистрации излучения обоими детекторами /каждый детектор регистрирует излучение одного вида или качества/ одинаковая энергетическая шкала трактов не может быть обеспечена и тогда помимо спектра преобразованных параметров необходимо регистрировать интегральные спектры по каждому каналу.

#### 4. Заключение

Применение методов сжатия информации путем функционального преобразования кодов в эксперименте многомерного анализа позволяет: 1. Сохраняя в полном объеме информацию о совпадениях обходиться в случае двумерного анализа числом каналов на уровне  $3+4/n$ , вместо  $n^2$  при обычной регистрации. 2. Осуществлять визуальный контроль и последующую обработку с помощью осциллографического дисплея всего объема информации о совпадениях. 3. Проводить качественный и количественный анализ полученной информации. 4. Проводить эксперименты по исследованию гамма-гамма совпадений новых или короткоживущих активностей без предварительного выбора зон регистрации.

Представляется целесообразной реализация описанного способа накопления информации о совпадениях с использованием малых быстродействующих ЭВМ. Экспрессность метода с точки зрения подготовки аппаратуры и получения результатов /качественные результаты получаются одновременно с накоплением информации/ позволяет использовать его в экспериментах на пучках ускорителей.

Авторы признательны Н.М.Антоньевой, А.И.Александрову, А.В.Баркову и В.Г.Калинникову за полезные замечания, дискуссии и помощь в апробации метода в реальных экспериментах.

#### Литература

1. С.С.Курочкин. Многомерные статистические анализаторы. Атомиздат, Москва, 1968.
2. А.А.Жариков, Г.П.Жуков, Б.Е.Журавлева и др. ОИЯИ, БЗ-13-3813, Дубна, 1968.
3. А.Н.Синаев, Н.А.Стахин, Н.А.Чистов. ОИЯИ, 13-4835, Дубна, 1969.
4. И.Ланг, Ф.Тере, Л.Сани, Б.В.Фефилов, Л.П.Челноков. ОИЯИ, 10-3632, Дубна, 1967.
5. В.С.Александров, Ф.Дуда, О.И.Елизаров и др. Изв. АН СССР, сер. физ., т. 34, с.с. 69-77, 1970.
6. Ц.Вылов, З.Зайдлер, Й.Звольски и др. ОИЯИ, 10-7034, Дубна, 1973.
7. A.M.Hoogenboom. Nucl.Instr., No. 16, p. 57, 1958.
8. J.Demycha, O.J.Segaert: Nucl.Instr., No. 16, p. 358, 1962.
9. В.А.Сергиенко, Л.А.Попенко, Ю.С.Егоров. ПТЭ, №6, с. 28, 1962.
10. С.Орманджиев, Б.Вырбаков. Доклады БАН, т. 17, №4, стр. 377, 1964.
11. Б.В.Фефилов, Л.П.Челноков. ОИЯИ, 13-4720, стр.249, Дубна, 1969.
12. И.Ланг, В.И.Вакатов, И.Эре. ОИЯИ, 13-4720, стр. 245, Дубна, 1969.
13. Н.М.Антоньева, А.В.Барков, П.П.Дмитриев, А.В.Золотавин, Ш.В.Камыков, Г.С.Кыхтин, Н.Н.Краснов, Ю.П.Подкопаев, В.А.Сергиенко. О распаде  $^{95m}\text{Tc}$ . В кн. "Программа и тезисы докл. XXIII совещ. по яд. спектроскопии и структуре ат. ядра". Тбилиси, 1973. Изд-во "Наука", Л., с. 50, 1973.
14. С.В.Медведь, А.Н.Синаев, Х.Хаупт, Г.-Ю.Цахер, Л.П.Челноков. ОИЯИ, 10-6884, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 июля 1973 года.