

моды из-за различной степени локализации светового поля в покровном слое.

Авторы выражают благодарность В. Н. Дроздовскому и Н. В. Гусак за помощь в проведении и обработке эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вебер К. М. Интегрально-оптические методы численной обработки данных // ТИИЭР.— 1984.— Т. 72, № 7.
2. Бекер Р. А., Вудворт Ч. Э. Широкополосные электрооптические волноводные аналого-цифровые преобразователи // Там же.
3. Мирвицкий Д. И., Будаган И. Ф., Дубровин В. Ф. Микроволноводная оптика и голография.— М.: Наука, 1983.
4. Казакевич А. В., Ламекин В. Ф., Миронос А. В., Смирнов В. Л. Волноводные голограммы на составных волноводных структурах // Автометрия.— 1986.— № 6.
5. Гальперн А. Д., Парамонов А. А. О влиянии условий записи и восстановления на угловую селективность голограмм // Оптика и спектроскопия.— 1983.— Т. 55, вып. 5.
6. Спихальский А. А. Повышение процесса эффективности дифракции на гофрированных участках оптических волноводов // Квантовая электрон.— 1984.— Т. 11, № 9.
7. Колосовский Е. А., Петров Д. В., Царев А. В. Численный метод восстановления профиля показателя преломления диффузионного волновода // Квантовая электрон.— 1981.— Т. 8, № 12.
8. Marcuse D. Direct index measurement of diffused channel waveguides // IEEE J. Quant. Electron.— 1973.— V. QE-9, N 10.— P. 1000.

Поступила в редакцию 11 августа 1986 г.

УДК 681.3.06.51

Е. А. ВАЩЕНКО, В. И. ЖУК, Т. И. КАЛАГИНА

(Москва)

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММ МНОГОМЕРНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ

Введение. К системам математического обеспечения многомерной регистрации спектров в ядерной физике низких и средних энергий традиционно предъявлялись требования повышения «универсальности» и «гибкости», вызванные разнообразием спектрометрических задач и необходимостью их оперативного изменения [1—3]. Этим требованиям пытались удовлетворить, создавая комплексы модульных программ с параметрическим управлением (настройкой) [2]. Но «универсальность» таких комплексов даже в пределах некоторого класса задач регистрации спектров недостижима, поскольку всегда имеется часть задачи, изменение которой требует разработки отдельных, иногда существенных частей программы вручную. Облегчить изменение программ можно при помощи высокоуровневых процедурных языков программирования задач регистрации спектров (см., например, [4, 5]). Однако эти языки не избавляют от необходимости переделки программ и обладают ограниченными возможностями. Альтернативой созданию таких комплексов фиксированных программ является автоматическое построение изменяемой части программ на основе описания задачи регистрации спектров. Это позволит в максимальной степени сократить трудозатраты и сроки построения программ регистрации спектров при постановке новых экспериментов. В данной статье описываются принципы построения системы СПЕКТР-А автоматического формирования и исполнения программ для некоторого класса задач многомерной регистрации спектров.

Задачи регистрации спектров. Основная задача регистрации спектров для каждого типа вторичных событий [6]. Исходный образ первичного события содержит два 16-разрядных двоичных слова, интерпретируемых как совокупность двоичного вектора и числовых величин. Критерии выполнения каждого действия, называемые полными критериями идентификации, представляют собой булевы функции от предикатов из некоторого множества, определенного на образах первичных событий. Это множество предикатов состоит из подмножеств «логических» и «арифметических» предикатов. Логические предикаты, или, иначе, л-предикаты, представляют собой многоместные булевы функции, в которых переменные являются разрядами двоичного вектора. Арифметические предикаты, или, иначе, а-предикаты,— это предикаты от числовых величин.

Полный критерий удобно представить в виде булевой функции $y_j = Vy_{ji}^{ла}$, где $y_{ji}^{ла} = (y_{ji}^{(л)} \vee \beta_{ji}^{(л)}) \wedge (y_{ji}^{(а)} \vee \beta_{ji}^{(а)})$ — булева функция, называемая частичным логико-арифметическим, или ла-критерием; $y_{ji}^{(л)}$, $y_{ji}^{(а)}$ — булевы функции от л- и а-предикатов, называемые частичными л- и а-критериями соответственно; $\beta_{ji}^{(л)}$, $\beta_{ji}^{(а)}$ — управляющие булевы переменные. Используются частичные а-критерии 1-го и 2-го рангов. Элементарный а-предикат типа «равно» устанавливает для некоторой величины принадлежность одному значению и представляет собой частный случай а-критерия 1-го ранга. В отличие от него в общем случае а-критерий 1-го ранга устанавливает принадлежность значения некоторой величины заданному множеству значений, возможно, не соседних, т. е. представляет собой дизъюнкцию элементарных а-предикатов типа «равно»; а-критерий 2-го ранга — конъюнкцию двух а-критериев 1-го ранга.

Комплексная задача регистрации спектров, помимо основной, включает в себя задачи приема входных событий (с различными видами контроля), диалогового ввода параметров, масштабирования, регистрации и статистического контроля различных наборов сумм событий и др. Основная изменяемая часть комплексной задачи регистрации определяется интерпретацией входных данных (включая получение производного образа событий), идентификацией событий, а также такими параметрами, как количество и длина регистрируемых спектров.

Общим для всех задач, решаемых с помощью системы СПЕКТР-А, является то, что суммарный объем регистрируемых спектров может превышать объем оперативной памяти (ОП), но при этом должен быть меньше объема доступной дисковой памяти (ДП) на величину, достаточную для организации внешнего буфера сгруппированных признаков [1—3].

Структура формируемой программы регистрации спектров. Формируемая системой СПЕКТР-А программа регистрации спектров обслуживает комплексную задачу регистрации спектров и поэтому в дальнейшем называется комплексной программой (КП). Она представляет собой многофункциональную модульную программу с параметрическим управлением, модули которой вызываются из ДП (см., например, [2]).

В основу автоматизации построения КП положен известный принцип разделения программы на операционную часть, содержащую команды, и информационную часть, содержащую данные [7]. В соответствии с этим КП и входящие в нее модули состоят из заготовок операционных частей (операционных заготовок) и файлов их информационных частей. Информационная часть КП включает в себя интерпретируемую программу идентификации событий [6, 8] и различные наборы данных, описы-

вающие величины, входные фильтры, шкалу масштабирования оси каналов спектров, условия формирования наборов сумм событий, распределение ОП и ДП, режимы работ, различные наборы констант и т. п. Автоматическое формирование КП заключается в выборе операционной заготовки КП и построении (формировании) информационной части КП.

Структуры операционных заготовок КП и входящих в нее модулей фиксированы. Полностью автоматически строится интерпретируемая программа идентификации событий, обрабатываемая модулем, который производит накопление и внешнюю группировку (см., например, [2]). Этот модуль является по существу специализированным интерпретатором программы идентификации событий.

Структура системы СПЕКТР-А. Система СПЕКТР-А состоит из двух подсистем — транслирующей и исполнительной. Первая из них служит для автоматического формирования КП, а вторая — для исполнения сформированных КП, которые ведут регистрацию спектров в квазиреальном масштабе времени, часто круглосуточно, в течение длительного времени (недель). Транслирующая подсистема содержит входной транслятор, преобразующий описание задачи на непроедурном языке SDL (Spectra Description Language) в таблицы внутреннего представления, анализатор задач — планировщик таблиц управления накоплением и сортировкой данных, осуществляющий статическую оптимизацию программ регистрации спектров, и ряд вспомогательных программ. Исполнительная подсистема включает в себя заготовки операционных частей КП, файлы информационных частей КП, комплекс программ оперативного редактирования параметров КП и программу EX, осуществляющую автоматический выбор и вызов сформированных КП по номеру задачи.

Полная сформированная КП определяется заготовкой ее операционной части и файлами ее информационной части, в имена которых входит номер задачи. В результате автоматического формирования КП получаются файлы ее информационной части, в одном из которых указана информация для последующего выбора операционной заготовки КП программой EX.

В состав операционной части КП, помимо набора функциональных и служебных модулей, входят два модуля динамической оптимизации программы:

синтезатор (оптимизатор) программ, позволяющий автоматически адаптировать логику программы идентификации событий к измеряемому распределению событий и контролировать правильность синтезированной программы [9];

модуль динамического распределения зон поля группировки событий в ДП в зависимости от измеряемого распределения событий [2].

Входной язык системы СПЕКТР-А. Хотя язык SDL описания задач ориентирован на некоторый класс спектрометрических экспериментов, он может представить более общий интерес как язык описания задач вычисления наборов логических функций от л- и а-предикатов. Кроме средств описания этих функций, он содержит также средства описания операндов (двоичного вектора и числовых величин), количества (до 96) и длины (от 1K до 32K каналов) спектров и некоторых других параметров.

Покажем на примерах некоторые основные возможности представления логических функций от предикатов на языке SDL. Рассмотрим пример описания л-критерия:

$$R(XXXUXUZZX100X11). \quad (1)$$

Здесь R — имя двоичного вектора, на котором определен л-предикат; $X, U, Z, 1, 0$ — обозначения значений булевых переменных — разрядов этого вектора, при которых л-критерий $y^{(n)}$ истинен; символы 1 и 0 указывают, что булевы переменные должны принимать значения 1 и 0 соответственно, а символы U (Unit) Z (Zero) указывают, что хотя бы одна из переменных, обозначенных этими символами, должна принимать зна-

чение 1 и 0 соответственно; символ X указывает, что значение переменной безразлично.

Обозначим булевы переменные из вектора R через a_{15}, \dots, a_1 (справа налево). Тогда л-критерий (1) соответствует булевой функции

$$y^{(n)} = (a_{12} \vee a_{10}) (\bar{a}_9 \vee \bar{a}_8) a_6 \bar{a}_5 \bar{a}_4 a_2 a_1.$$

Пример записи элементарного а-предиката типа «равно»: $A(1)$ (т. е. $A = 1$).

Пример а-критерия (более сложного а-предиката) 1-го ранга:

$$A(1, 3-5, 7, 14). \quad (2)$$

Здесь A — имя числовой величины; числа в скобках — значения величины A , при которых этот а-критерий $y^{(a)}$ истинен; в а-критерии (2) знак «—» указывает на диапазон значений от 3 до 5 включительно. Согласно (2), $y^{(a)}$ истинен, если A равно любому из значений 1, 3, 4, 5, 7, 14.

Рассмотрим пример а-критерия, представляющего собой конъюнкцию двух а-критериев 1-го ранга:

$$A(1, 3, 5) \& B(2, 4).$$

Этот а-критерий 2-го ранга заменяет булеву функцию от элементарных а-предикатов типа «равно»:

$$y^{(a)} = [A(1) \vee A(3) \vee A(5)] \& [B(2) \vee B(4)].$$

Имеются также возможности компактного задания совокупности критериев, рассматриваемой как декартово произведение множеств элементарных а-предикатов. Так, например, запись

$$A(4, 5) * B(6, 8)$$

заменяет следующий набор а-критериев:

$$\begin{aligned} &A(4) \& B(6), \\ &A(4) \& B(8), \\ &A(5) \& B(6), \\ &A(5) \& B(8). \end{aligned}$$

Полный критерий может содержать дизъюнкцию частичных л-критериев, например:

$$R(X10) \& A(1, 5) \& B(7, 9) + \dots + R(X01) \& A(9, 11) \& B(20-27).$$

Здесь «+» — знак дизъюнкции. Кроме того, полные критерии могут состоять только из л- или только из а-предикатов, а также из любой их дизъюнкции.

Структура программы идентификации событий. Программа идентификации в значительной мере определяет производительность и логические возможности системы регистрации. Особенность структуры этой программы заключается в используемых методе вычисления многоместных булевых функций, составляющих л-критерий, и табличном методе вычисления а-предикатов взамен последовательности непосредственных проверок выполнения равенств и неравенств. Рассмотрим кратко общие принципы построения этой программы.

Интерпретируемая программа идентификации содержит описание величин, получаемых из образа первичного события, и последовательность инструкций. Описание величин включает в себя указание условий их формирования, а также операций и констант, с помощью которых они формируются. Каждая инструкция представлена кортежем, который в обобщенном виде выглядит следующим образом:

$$\langle \mu, \beta^{(n)}(\mu), \beta^{(a)}(\mu), \psi^{(n)}(\mu), \varphi^{(a)}(\mu), \mu^* \rangle,$$

где μ — номер инструкции; $\beta^{(x)}(\mu)$, $\beta^{(a)}(\mu)$ — управляющие булевы переменные, разрешающие (запрещающие) использование л- и а-критериев соответственно в инструкции с номером μ ; $\psi^{(x)}(\mu)$ — код операций, реализующих вычисление частичного л-критерия $y^{(x)}(\mu)$, соответствующего инструкции с номером μ ; $\varphi^{(a)}(\mu)$ — код, позволяющий установить номера спектров, соответствующих инструкции с номером μ , с помощью а-критериев или без них; μ^* — номер инструкции, к выполнению которой следует перейти, если $y^{(x)}(\mu) = 1$ (если $y^{(x)}(\mu) = 0$, то осуществляется переход к инструкции с номером $\mu + 1$).

Частичный л-критерий вычисляется, если $\beta^{(x)}(\mu) = 1$, и считается равным 1, если $\beta^{(x)}(\mu) = 0$. Частичный л-критерий в общем случае определяется как конъюнкция многоместных булевых функций трех типов: конъюнкция прямых и инверсных переменных, дизъюнкция прямых переменных и дизъюнкция инверсных переменных. Эти функции реализуются с помощью операций маскирования и сравнения [6].

В зависимости от интерпретации и представления кода $\varphi^{(a)}(\mu)$ различаются три основных типа инструкций [8]:

- 1) при $\beta^{(a)}(\mu) = 0$ код $\varphi^{(a)}(\mu)$ интерпретируется как номер спектра;
- 2) при $\beta^{(a)}(\mu) = 1$ и а-критериях 1-го ранга код $\varphi^{(a)}(\mu)$ является ссылкой на таблицу, в которой номера входов равны значениям некоторой числовой величины и для каждого входа указан номер спектра;
- 3) при $\beta^{(a)}(\mu) = 1$ и а-критериях 2-го ранга код $\varphi^{(a)}(\mu)$ есть ссылка на три таблицы: две так называемые таблицы предикатов и таблицу номеров спектров; в таблице предикатов номера входов равны значениям некоторой числовой величины и для каждого входа указан номер предиката от этой величины, истинного при ее значении, равном номеру входа; номера входов в таблицу номеров спектров образуются конкатенацией номеров, считанных из таблиц предикатов.

Любая инструкция при $\beta^{(a)}(\mu) = 1$ указывает множество л-критериев, каждый из которых представляет собой конъюнкцию одного и того же частичного л-критерия и элемента множества а-критериев, вычисляемых с помощью таблиц, указанных кодом $\varphi^{(a)}(\mu)$. Такое табличное вычисление а-критериев позволяет увеличить быстродействие программы, так как исключает непосредственное вычисление а-предикатов путем проверок равенств и неравенств. Два а-предиката, определенные на множестве значений одной и той же числовой величины, назовем пересекающимися, если пересекаются подмножества значений этой величины, на которых эти предикаты истинны (т. е. равны 1), и непересекающимися в противном случае. В каждой таблице предикатов указаны номера непересекающихся а-предикатов. Для представления номеров непересекающихся а-предикатов используются разные таблицы, указанные соответственно в разных инструкциях. Полные критерии могут быть представлены одной или несколькими инструкциями.

Каждая инструкция может рассматриваться как «псевдопредикат» — узел с одним входом (μ) и двумя выходами (μ^* и $\mu + 1$). Схема программы идентификации представляет собой цепь таких узлов с ветвями обхода взаимоисключаемых псевдопредикатов. С целью минимизации времени работы этой программы периодически проводится автоматический синтез схемы программы с учетом взаимоисключающих зависимостей [9] между псевдопредикатами, вероятностей исходов вычислений псевдопредикатов и длительности этих вычислений. Используется эвристический алгоритм синтеза, исключаящий перебор вариантов и обеспечивающий получение схем с достаточно «хорошим» быстродействием [9].

Заключение. Система СПЕКТР-А успешно эксплуатируется в течение нескольких лет. Опыт эксплуатации показал высокую эффективность подготовки программ для новых задач, что особенно важно на этапе поиска нужных вариантов проведения эксперимента (длительность формирования комплексной программы регистрации спектров не превышает минуты). Сформированные программы позволяют регистрировать до 1000 событий в секунду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жук В. И. О некоторых методах накопления и внешней сортировки спектрометрических данных на малой ЭВМ с магнитными дисками // Автометрия.— 1975.— № 6.
2. Белов А. В., Еремеев В. Н., Жук В. И. и др. Комплекс программ многомерной регистрации спектров на малой ЭВМ с магнитными дисками // Автометрия.— 1976.— № 1.
3. Milner W. T., Biggerstaff J. A., Hensley D. C., Sayer R. O. Data acquisition and analysis system for the holifield heavy ion research facility // IEEE Trans. on Nucl. Sci.— 1979.— V. NS-26, N 4.— P. 4399.
4. Perry D. G. QAL — A language for nuclear physics data acquisition // Ibid.— P. 4508.
5. Holzweig L. G., Poore R. V. Event analysis language "EVAL" for TUNL VAX-11/780 // IEEE Trans. on Nucl. Sci.— 1981.— V. NS-28, N 5.— P. 3815.
6. Жук В. И. Методы идентификации событий для систем автоматического формирования программ многомерной регистрации ядерно-физических спектров.— М., 1983.— (Препринт/АН СССР, ИАЭ; № 3789/16).
7. Ершов А. П., Лянунов А. А. О формализации понятия программы // Кибернетика.— 1967.— № 5.
8. Жук В. И. Табличные методы идентификации событий по арифметическим критериям.— М., 1983.— (Препринт/АН СССР, ИАЭ; № 3788/16).
9. Жук В. И. Метод синтеза схем программ для одного подкласса задач выбора решений.— М., 1981.— (Препринт/АН СССР, ИАЭ; № 3398/16).

Поступила в редакцию 2 февраля 1987 г.

УДК 539.1.075

Е. Н. ВЛАДИМИРОВ, В. В. ЕЛИСЕЕВА, Г. В. ИЛЬИНСКИЙ,
О. Л. КУЗНЕЦОВ
(Ленинград)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ КАНАЛ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ АМПЛИТУДЫ В СТАНДАРТЕ КАМАК

Совершенствование методик рентгеноспектрального анализа существенно повышает требования к точности и достоверности информации, получаемой на выходе спектрометрических каналов регистрации. Задача создания стабильной аппаратуры в большой мере осложняется нестабильностью параметров наиболее распространенных детекторов излучения, особенно сцинтилляционных и пропорциональных, источников питания и коэффициента передачи усилительно-преобразовательной части канала.

Эффективным средством повышения достоверности регистрируемой информации служит стабилизация спектрометрического канала с применением цифровых схем дифференциального типа [1, 2], использующих в качестве реперного сигнала само регистрируемое излучение.

Этот принцип построения применен в спектрометрическом канале (см. функциональную схему на рис. 1), предназначенном для автоматизированных спектрометров.

Стабилизация канала базируется на выделении разности плотностей двух потоков импульсов, амплитуды которых лежат в окнах, расположенных симметрично относительно центра амплитудного распределения регистрируемых сигналов. При фиксированном положении окон эта разность непосредственно связана с коэффициентом передачи канала.

Сигнал от детектора излучения поступает на вход (см. рис. 1) регулируемого усилителя (РУ), представленного в [3]. Исходный коэффициент усиления задается с магистрали крейта в зависимости от энергии регистрируемого излучения и записывается в регистр коэффициента усиления (РК), входы которого соединены со входами управляемого аттенюатора РУ. Активный восстановитель базовой линии (ВБЛ), принцип действия которого описан в [4], включен между выходом РУ и входами трех дифференциальных амплитудных дискриминаторов (ДАД). Значе-