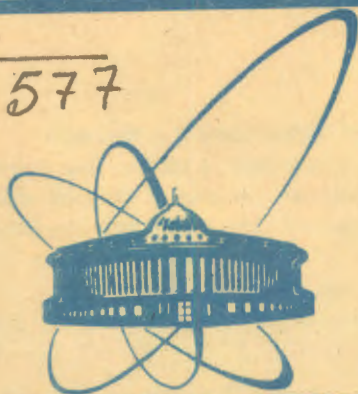


Г-577



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

3654/2-81

20/11-81

P10-81-315



Н.Н.Говорун, В.Г.Иванов, Т.А.Стриж

ГЕНЕРАЦИЯ ПРОГРАММ
КАК СРЕДСТВО СОПРОВОЖДЕНИЯ
БОЛЬШИХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

1981

Созданный к настоящему времени комплекс программ обработки фильмовой информации с жидководородных пузырьковых камер ОИЯИ^{1,2/} является большой и сложной системой математического обеспечения, поддержание которой в рабочем состоянии требует больших усилий со стороны программистов^{3/}.

Для того, чтобы освободить разработчиков от ряда рутинных операций по сопровождению создаваемых ими программ, потребовалось разработать и создать специальную систему генерации, предоставляющую пользователям возможность собирать требующиеся им программы с помощью заданий, составляемых на специализированном языке запросов^{4/}. Изложению принципов организации этой системы и основных причин, инициировавших ее создание, посвящено содержание данной работы.

§ I. Математическое обеспечение систем обработки фильмовой информации

Обработка фильмовой информации, получаемой с помощью трековых детекторов, заключается в переводе зафиксированных на стереоснимках данных в цифровую форму и последующем их анализе на быстродействующих электронно-вычислительных машинах^{5/}.

Математическое обеспечение систем обработки фильмовой информации состоит из большого комплекса программ, которые можно объединить в следующие группы:

- Программы управления работой просмотрово-измерительных устройств, сбором, накоплением и предварительной обработкой результатов сканирования или измерений, являющиеся элементами соответствующих измерительных систем.

- Программы математической обработки результатов измерений, в ходе которой восстанавливается пространственная картина обмеренных событий, производится их кинематическая идентификация, отбор данных на ленте суммарных результатов и, наконец, вычисление значений искомым величин и их ошибок. Программы этой группы имеют более универсальный характер, чем программы первой группы, т.к. они предназначены для решения более общих задач и гораздо меньше зависят от характеристик измерительных систем. К этой группе также можно отнести и ряд других программ, предназначенных для обработки результатов просмотра, ведения "журнала" обрабатываемых событий, решения методических задач, возникающих в процессе анализа, а также моделирования экспериментов. О масштабах этой группы программ можно судить по следующим цифрам.

Тексты программ, предназначенных для анализа данных одного эксперимента, записанные в максимально компактной форме, занимают около 150 тыс. слов памяти ЭВМ CDC-6500. Комплект их библиотек занимает около 100 тыс. слов^{/6/}. Указанные цифры относятся только к тому набору программ, по которому ведется массовый обсчет данных. Поскольку для проведения анализа результатов камерного эксперимента необходимо иметь возможность решать еще ряд методических задач, то требуемый ресурс памяти может возрасти в несколько раз. Так как в ОИЯИ одновременно ведется обработка данных нескольких экспериментов с двух жидководородных камер, то общий объем памяти, требуемый для хранения текстов и библиотек, составляет около одного миллиона слов.

- Набор сервисных программ, позволяющих хранить и поддерживать в рабочем состоянии большие программные комплексы, вести работу по их развитию и усовершенствованию с минимальными затратами программистского труда и обмениваться программами и результатами счета с другими организациями.

§ 2. Основные этапы развития математического обеспечения камерных экспериментов в ОИЯИ

Работы по созданию математического обеспечения камерных экспериментов в ОИЯИ ведутся уже более двадцати лет.

Первые системы математической обработки результатов измерений камерных фотографий были созданы в кодах ЭВМ сначала на M-20, а затем БЭСМ-4^{/7/}. Поскольку количество перерабатываемой информации в основном лимитировалось возможностями имевшихся тогда измерительных полуавтоматов, то статистика экспериментов была невелика. Поэтому даже небольшие ЭВМ позволяли анализировать все измеренные события, правда, при больших затратах ручного труда на подготовку данных и разбор результатов счета. Небольшое число проводившихся тогда экспериментов позволяло разработчикам справляться как с разработкой, так и сопровождением программ.

Оснащение Объединенного института более мощными ЭВМ^{/8/} позволило перейти к созданию системы универсальных программ на алгоритмических языках и в первую очередь на ФОРТРАНе^{/9/}. Одновременно с этим стали создаваться автоматические измерительные устройства и была существенно повышена производительность системы полуавтоматов^{/10-12/}. Это позволило увеличить как статистику, так и число проводимых камерных экспериментов.

Увеличение числа обрабатываемых событий поставило перед разработчиками программ ряд новых проблем, связанных с эффективностью использования ЭВМ, организацией контроля процесса обработки, сокращением затрат ручного труда и т.п. Наличие нескольких разнотипных из-

мерительных систем потребовало создания специальных геометрических программ, учитывающих специфические особенности конкретных устройств^{/13/}. Вследствие этого значительно увеличилось число программ, необходимых для анализа экспериментальных данных. Так, например, группа физиков, работающих в настоящее время на камере "Людмила", ведет обработку данных, которые были получены в пучках антипротонов и антидейтронов и, кроме того, готовит еще один эксперимент. Для хранения всех нужных им библиотек требуются сотни тысяч слов памяти ЭВМ, что значительно превосходит выделенный ресурс. Поэтому в форме постоянных библиотек хранится только несколько программ, по которым ведется массовый счет, а остальные формируются из имеющихся текстов для одноразового счета. Для обеспечения возможности получения в любой момент нужного варианта программы основной текст программы разделен на текстовые фрагменты, снабженные соответствующими идентификаторами^{/6, 13/}. Все изменения основного варианта программ и дополнения к нему оформляются в виде редактирующих разделов. Для сборки текстов программ в форме, пригодной для трансляции, программе-сборщику системы^{/14/} указываются названия базовых текстовых фрагментов и редактирующих разделов. Такая организация позволила в течение ряда лет обеспечить нормальное функционирование имеющейся системы и работу по созданию новых программ^{/15/}.

Следующий важный этап в развитии математического обеспечения камерных экспериментов связан с внедрением в практику программирования модульных принципов, реализованных в системе "Гидра"^{/16/}. Перевод системы программ обработки filmовой информации на модульную структуру позволил резко увеличить производительность программистского труда, т.к. программы стали собираться из независимых программных модулей (процессоров), решающих конкретные задачи. Поскольку между программами обработки данных различных экспериментов имеется очень много общего, то при переходе от одного опыта к другому приходится изменять сравнительно небольшое число подпрограмм. Независимость модулей системы "Гидра" позволяет вносить изменения только в те из них, которые учитывают конкретную специфику решаемых задач, не затрагивая остальные. В результате значительно ускорились работы по созданию новых программных систем, увеличилось число функций, решаемых последними, и, как следствие всего этого, существенно возросли затраты на сопровождение программ. Перейдем теперь к рассмотрению задач, которые приходится решать программистам в процессе эксплуатации больших программных систем обработки данных, или, иначе говоря, того, что понимается под сопровождением программ^{/25/} в нашем случае, когда пользователями являются физики-экспериментаторы, а программистами - разработчики программ.

§ 3. Сопровождение программ обработки फिल्मовой информации

Термин "сопровождение программ" появился в литературе не так давно, и поэтому целесообразно остановиться на иницировавших его причинах.

В идеальном варианте в процессе взаимодействия пользователя и программиста можно выделить следующие этапы:

- Уточнение задания, составленного пользователем.
- Тестирование программы, устранение ошибок и сдача ее в эксплуатацию пользователям.
- Устранение ошибок, выявляемых в ходе длительной эксплуатации программы.

Примерно по такой схеме взаимодействие между пользователями и программистами происходило на начальном этапе применения ЭВМ для решения задач обработки данных. В ОИЯИ такая ситуация имела место в начале шестидесятых годов.

Увеличение числа функций, выполняемых программами, и значительное усложнение последних, привели к тому, что создание систем математической обработки данных для камерных экспериментов стало самостоятельным направлением. Система заданий практически себя изжила, т.к. соответствующие разработки стали вестись в основном на базе накопленного опыта и широкого использования достижений других организаций и в первую очередь ЦЕРНа. В результате этого взаимодействие программистов с пользователем в основном стало происходить на этапах тестирования и ввода программ в эксплуатацию. Иначе говоря, программисты и пользователи в настоящее время активно взаимодействуют только на заключительной стадии создания программного продукта, связанной с вводом его в эксплуатацию.

Следует также указать, что в последние годы значительно возросла сложность камерных экспериментов, что нашло свое отражение в увеличении числа задач, которые приходится решать в процессе их проведения^{/17/}.

Возможности современных систем обработки फिल्मовой информации и вычислительной техники позволяют ежегодно измерять и обсчитывать не только десятки, но и сотни тысяч событий в год. Так, например, имеющийся в ОИЯИ сканирующий автомат типа НРД позволяет измерять не менее 100 тыс. событий в год^{/18/}, а для реконструкции и идентификации результатов измерений требуется около 400 часов времени ЭВМ

срс-6500^{/19/}. Однако традиционная схема обработки, когда физики-экспериментаторы просматривают результаты счета каждого события и отбирают из них только те, которые удовлетворяют определенным требованиям, не позволяет полностью использовать имеющиеся возможности. Поэтому часть функций, которые раньше выполняли физики, перекладыва-

ется на ЭВМ. Для того, чтобы последняя смогла заменить человека в процессе анализа результатов счета, необходимо не только разработать методику и программы, но и для каждого конкретного случая определить соответствующие критерии отбора. Поскольку традиционные методы не позволяют оперативно решать задачу выработки критериев отбора, то требуется создание специальных программ, предназначенных для решения ряда методических задач.

Кроме того, для выяснения причин отказов, уточнения значений ряда констант и критериев отбора приходится в программы, по которым ведется счет, вставлять дополнительные операторы печати.

Большое внимание в нашем случае также приходится уделять вопросам проверки данных, поступающих с различных измерительных систем. Это связано с тем, что передаваемая физикам информация проверяется фактически только в процессе геометрической реконструкции. Поэтому был создан ряд программ для проверки результатов обмера камерных фотографий^{/20/}.

Таким образом, в нашем случае под сопровождением понимается устранение ошибок, обнаруживаемых в процессе работы, создание и тестирование программ, предназначенных для массового обсчета данных; консультации пользователей; выяснение причин отказов в работе программ; создание специальных программ для решения различного рода методических задач и регулирования режимов печати.

Следовательно, для уменьшения затрат на сопровождение программ со стороны программистов необходимо снабдить пользователей простыми и надежными средствами для решения следующих задач:

- сборки программ по запросам;
- регулирования режимов печати и редактирования констант;
- получения библиотек программ для обсчета данных;

или, иначе говоря, создать для них специальную систему генерации.

Работы по созданию системы генерации были начаты в ЛВГА ОИЯИ несколько лет тому назад, и после исследования ряда возможностей^{/21/} для решения этой задачи была разработана оригинальная методика, базирующаяся на существенном использовании аппарата уже имевшихся программных средств.

§ 4. Принципы построения системы генерации

Принципы построения каждой конкретной системы генерации в значительной степени определяются спецификой задач, решаемых с помощью соответствующих программ.

Современное математическое обеспечение камерных экспериментов состоит из большого набора программных модулей, предназначенных для работы на различных ЭВМ^{/22/}, и снабжено большим набором сервисных

программ^{/14/}. Разделение текстов базовых программ на отдельные фрагменты и редактирующие разделы и наличие специальных программ сборки позволяют программистам использовать этот аппарат для автоматизированной сборки требующихся им вариантов.

Коллективный характер проводимых в настоящее время камерных экспериментов требует организации обмена программами между всеми участниками соответствующих коллабораций. Базой для такого обмена являются прикладные программы системы "Гидра"^{/16,22/}. Отсюда следует, что система генерации никоим образом не должна требовать изменения этой базы.

Из специфических особенностей камерных экспериментов и характера математического обеспечения вытекают следующие принципы построения системы генерации:

- Ее аппарат должен являться надстройкой над базовым математическим обеспечением системы программ обработки фильмовой информации и никоим образом не затрагивать базовое обеспечение.

- Средства общения пользователя с системой должны быть простыми, понятными и не требовать большого времени на их освоение.

Для обеспечения универсального характера системы необходимо в максимальной степени использовать возможности служебного аппарата системы "Гидра".

Перейдем теперь к рассмотрению конкретной реализации этих принципов в системе генерации программ обработки фильмовой информации.

В нашем случае генерация программ производится поэтапно.^{/23/} На первом этапе задание пользователя, оформленное на языке запросов, переводится на язык директив программы-сборщика, а на втором производится сборка текста в форме, пригодной для трансляции. С помощью управляющих карт операционной системы ЭВМ программа может быть передана на трансляцию, выполнение и т.п.

В качестве директив языка запроса используются лаконичные предложения, число символов в которых не более сорока. Анализ решаемых задач и формулировок на заказ программ показал, что нескольких директив такого типа вполне достаточно для того, чтобы сформулировать требования к системе генерации. Составление заданий заключается в выборе из имеющегося набора нужных директив и постановке их в заданное место колоды пользователя.

Однако вскоре выяснился недостаток такой формы задания, связанный с тем, что для получения рабочих вариантов программ необходимо выбирать подпрограммы из разных библиотек системы "Гидра". Вследствие этого колоды пользователя были, как правило, достаточно большими, что затрудняло работу с ними. Для устранения этого недостатка на базе процедур языка ССЛ^{/24/} был разработан входной язык систе-

мы генерации, в котором директивы языка запроса являются параметрами соответствующих процедур.

Это позволило значительно сократить число карт в колодах пользователей за счет включения постоянных директив операционной системы ЭВМ в тело соответствующей процедуры.

Ограничение размера директив языка запросов позволило решить и другую проблему - свести к минимуму затраты на создание самого аппарата системы генерации. Перевод директив запроса пользователя на язык приказов программе-сборщику производится с помощью специальных текстовых файлов, в каждой строке которых содержится по две директивы. Сначала - директива программе-сборщику, а за ней, после разделителя, - соответствующая директива языка запроса. Процедура перевода в этом случае заключается в поиске в текстовом файле цепочек символов, указанных в задании пользователя, и выборе по ним директив программы-сборщику. Задача выбора директив и сборка программ производится с помощью сервисных программ системы "Гидра". Такое решение позволяет небольшими силами вести работы по разработке и созданию средств генерации больших программных комплексов, обеспечивая пользователей простыми и надежными средствами общения с последними.

Заключение

Реализованная на основе описанных выше принципов система генерации программ обработки фильмовой информации в пакетном и интерактивном режимах базируется на служебных пакетах, прикладных программах и других элементах системы "Гидра" и позволяет пользователям генерировать широкий спектр программ, предназначенных для анализа данных с жидководородных пузырьковых камер ОИЯИ.

Аппарат системы генерации может быть использован для создания в ОИЯИ базы программ, т.к. он обеспечивает широкому кругу пользователей простой доступ к любым комплексам программ, записанных в виде текстовых фрагментов. Реализация интерактивного режима генерации позволяет вести работу по сборке программ в режиме самообучения.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность В.В.Глаголеву, А.А.Корнейчуку и И.И.Шелонцеву за советы и ценные замечания, а С.Г.Бадаляну, Н.А.Буздавиной, В.С.Гоману, А.Дирнеру, Ф.Я.Держинскому и И.М.Калиниченко за полезные обсуждения.

Литература

1. Belonogov A.V. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1963, 20, с.114.
2. Богуславский И.В. и др. ОИЯИ, 13-446, Дубна, 1969.
3. Буздавина Н.А. и др. В кн.: Обработка физической информации. ЕрФИ, Ереван, 1976, с.168.

4. Иванов В.Г., Стриж Т.А. В кн.: Комплексы программ математической физики. ИТ и ПМ СО АН СССР, Новосибирск, 1980, с.193.
5. Villedo P. В кн.: Proceedings of the 1970 CERN computing and data processing school. CERN, Geneva, 1971, p. 105 .
6. Буздавина Н.А. и др. ОИЯИ, IO-II447, Дубна, 1978.
7. Говорун Н.Н. и др. ПГЭ, 1969, № 2, с.224.
8. Говорун Н.Н. и др. В кн.: Проблемы повышения эффективности БЭСМ-6. ВЦ АН СССР, СЭИ СО АН СССР, Иркутск, 1976, с.114.
9. Буздавина Н.А. и др. ОИЯИ, PII-4762, Дубна, 1969;
Буздавина Н.А. и др. ОИЯИ, P10-5785, Дубна, 1971.
10. Алмазов В.Я. и др. ОИЯИ, IO-4513, Дубна, 1969.
11. Котов В.М. и др. ОИЯИ, IO-7939, Дубна, 1974.
12. Ермолаев В.В. и др. В кн.: Труды Международного симпозиума по вопросам автоматизации обработки данных с пузырьковых и искровых камер. ОИЯИ, Дубна, 1971, с.342.
13. Буздавина Н.А. и др. ОИЯИ, IO-7192, Дубна, 1973.
14. Дорж Л. и др. ОИЯИ, IO-6882, Дубна, 1973;
Klein H., Zoll J. PATCHY Reference Manual. CERN, Geneva, 1977 .
15. Иванов В.Г. В кн.: Программирование и математические методы решения физических задач. ОИЯИ, Дубна, 1978.
16. Вёск Р.К., Zoll J. В кн.: ЭВМ в ядерных исследованиях. ОИЯИ, Дубна, 1974, с.443.
17. Вальтер М. и др. ОИЯИ, I-7153, Дубна, 1973;
Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, P10-I2694, Дубна, 1979.
18. Шигаев В.Н. В кн.: Обработка физической информации. ЕрФИ, Ереван, 1978, с.191.
19. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, IO-II448, Дубна, 1978.
20. Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, P10-I2096, Дубна, 1978.
21. Говорун Н.Н. и др. В кн.: Программирование и математические методы решения физических задач. ОИЯИ, Дубна, 1978.
22. HYDRA Application Library. CERN, Geneva, 1974 .
23. Говорун Н.Н. и др. ОИЯИ, P10-II612, Дубна, 1978;
Бадалян С.Г. и др. ОИЯИ, P10-II911, Дубна, 1978.
24. CDC NOS/BE 1 Reference Manual, Pub. No 60493800 .
Control Data Corporation , St.Paul, Minnesota, USA .
25. Дзержинский Ф.Я. Разработка программной документации: понятия и принципы неформального программирования. Учебно-методическое пособие. М., ЦНИИАтоминформ, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 мая 1981 года.