

## ДВУХПРОЦЕССОРНЫЙ АППАРАТУРНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС — СКАНЕР БТА

### И. СИПРАН — СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ

*Н. Н. Сомов*

Представлено описание специализированного языка программирования СИПРАН (специализированный интерпретатор для программирования и редукции астрономических наблюдений), освобождающего астронома от неастрономических аспектов машинного программирования. Описан командный процессор и перечислены функциональные возможности СИПРАНа. Интерпретатор написан на языках программирования ФОРТРАН IV (~10<sup>4</sup> ФОРТРАН строк), макроассемблере для ЭВМ СМ-4 и реализован в операционной системе «РАФОС». Отмечается возможность использования СИПРАНа в смежных областях научных исследований.

Description of specialized language of programming of SIPRAO (the specialized interpreter for programming and reduction of astronomical observations) which frees an astronomer from non-astronomical aspects of computer programming is presented. The command processor is described and the functional facilities of SIPRAO are enumerated. The interpreter is written in programming language of FORTRAN IV (~10<sup>4</sup> FORTRAN lines), macroassembler for the computer SM-4 and is realized in operation system «RAFOS». The possibility of using the SIPRAO in related fields of scientific investigations is pointed.

Постановка новых астрофизических задач, таких как: спектральные исследования переменности уникального объекта SS433, спектроскопия слабых оптических компонентов рентгеновских источников, спектральные исследования быстрых нестационарных процессов в катаклизмических переменных, а также расширение аппаратных и вычислительных возможностей сканера БТА [1], потребовала разработки специализированного математического обеспечения для управления комплексом и обработки получаемой на нем информации. Однако стандартное использование пакетов прикладных программ обработки данных, написанных на ФОРТРАНе, встречает излишние сложности для наблюдателей, работающих на комплексе.

«Все трудности программного обеспечения заключаются в одном слове ФОРТРАН. Существуют пределы, ограничивающие сложность программ, которые можно написать на этом языке. С ФОРТРАНОм связаны две проблемы: одна из них состоит в том, что вы не можете на нем читать, а другая в невозможности его модифицировать. . .» [2]. Поэтому целью работы была задача создания простого экономичного и легкого осваиваемого неспециалистами языка управления сканером БТА и редукции наблюдательных данных.

Зарубежный опыт [3—4] показывает, что наиболее удобной формой решения этой задачи является язык программирования типа интерпретатор для обработки векторов данных.

В дальнейшем под вектором понимается упорядоченный список данных, с каждым из элементов которого можно выполнять операции в паре с аналогичным элементом другого списка, имеющего ту же длину. Наиболее эффективно использовать интерпретатор для векторов достаточно большой длины. Для СИПРАНа оптимальная длина вектора — 512 вещественных чисел, но

возможны отклонения как в меньшую, так и в большую сторону. Ограничения сверху связаны с аппаратными возможностями применяемой ЭВМ, а снизу — потерей эффективности интерпретации.

Интерпретатор СИПРАН состоит из командного процессора и множества функциональных программных модулей, реализующих широкий набор общих и специальных векторных операций.

**Командный процессор.** Командный процессор предназначен для приема программ в виде текстовых строк как с клавиатуры, так и из файлов на диске и последовательной интерпретации каждой строки для выполнения соответствующей функциональной операции. Процессор может работать как в пакетном, так и в диалоговом режиме. Обработка векторов происходит в общем блоке емкостью 4096 вещественных чисел, который по умолчанию рассматривается как матрица  $512 \times 8$  вещественных чисел или 8 векторов по 512 вещественных чисел.

Исполняемые программы хранятся в другом общем блоке длиной 512 байт. Надо отметить, что это не является ограничением на длину программы, так как можно легко организовать цепочки программ и обращаться к подпрограммам.

Особо опишем процедуру обращения в подпрограмме, которая осуществляется по команде RKI<sub>I</sub>NAME, где I — целое число от 0 до 8, а NAME — имя файла, содержащего подпрограмму. По этой команде текущее содержимое блока для оперативного хранения программы выгружается на диск в файл с именем Z<sub>I</sub> (Z<sub>1</sub>–Z<sub>8</sub>), а в блок загружается файл NAME и выполняется подпрограмма. Выход из подпрограммы происходит по команде RKIZ<sub>I</sub>. Если I=0, то просто читается файл NAME с последующим исполнением.

Таким образом можно организовывать подпрограммы на 8 уровнях, т. е. подпрограмма I-го уровня может обращаться к подпрограммам нижнего уровня и содержать базисные команды СИПРАНа. Наличие редактирующих текстовую информацию команд позволяет писать автомодифицируемые программы.

В СИПРАН введено понятие базового имени, которое запоминается и относительно которого можно обращаться к различным файлам на диске.

Наиболее удобно организовывать информацию на диске в виде файлов с цифровыми именами типа AX<sub>1</sub>...X<sub>n</sub>.XXX (где X — цифра от 0 до 9), что позволяет обрабатывать группы файлов имянезависимыми программами.

Ниже приведен пример программы с имянезависимыми командами, которая сглаживает все векторы, находящиеся в файлах с именами типа A<sub>I</sub>J, где I может в принципе меняться от 0 до 99999, а J — от 0 до 999. В примере предполагается, что если файл A<sub>I</sub>J отсутствует, то для данного I файлов с именами A<sub>I</sub>K, где K > J, нет, и если файл A<sub>I</sub>.000 отсутствует, то все файлы исчерпаны. Сглаживание производится скользящим средним по трем точкам. Цифры в левой крайней колонке обозначают номер строки программы, справа — комментарии к командам. Размер векторов — 512 целых чисел.

Номер строки	Команда	Комментарий
01	RS1+A00000.000	Установка базового имени A00000.000
02	RSIY.000	Чтение файла с расширением 000 в 1-й вектор
03	BD	Контроль наличия файла и остановка при его отсутствии
04	BS	
05	JSI33	Сглаживание 1-го вектора по трем точкам и результат в 3-м векторе
06	WS3Y	Запись 3-го вектора по текущему имени
07	RSIY+	Чтение файла с предварительным добавлением единицы к расширению имени
08	BD	Контроль наличия файла и переходы при отсутствии на 11-ю строку, при наличии — на 5-ю строку
09	BR11.	
10	BR05.	
11	RS1!+	Прибавление единицы к имени файла, т. е. если было имя A00000.000, то будет A00001.000
12	BR2.	Переход на 2-ю строку

Для того чтобы преобразовать эту программу в подпрограмму, достаточно заменить команду BS в 4-й строке на RK1Z1, а саму текстовую информацию записать в файл NAME. Вызвать эту подпрограмму можно командой RK1NAME.

**Функциональные возможности СИПРАНа.** СИПРАН позволяет производить:

— арифметические операции с вещественными векторами: сложение, вычитание, умножение, деление, возведение в степень. Вычисление синуса, косинуса, арктангенса, экспоненты, логарифма десятичного, логарифма натурального, корня квадратного, абсолютной величины. Нормализацию, первые разности и несколько других специфических операций;

— операции с комплексными векторами: образование комплексного вектора из двух вещественных (REAL и IM), разложение комплексного вектора на вектор-модуль и вектор-фазу, сложение, вычитание, умножение, деление, прямое и обратное дискретное преобразование Фурье, комплексное сопряжение, комплексный синус, косинус, логарифм, экспонента;

— интерполяцию данных по заданным узлам кубическими сплайнами [5], с помощью программы INTER [6] или методом наименьших квадратов;

— генерацию специальных функций: окно Кайзера—Бесселя [7], Планка, Лоренца, Гаусса, линейная функция, случайные числа [6];

— вычисление статистических параметров случайных процессов для нормального распределения, хи-квадрат, Стьюдента;

— Фурье-преобразование неравномерного временного ряда (метод Дининга) [8];

— сглаживание данных методом наименьших квадратов, скользящим средним, цифровыми фильтрами нижних частот [9];

— арифметические и редактирующие операции с информацией в символьном виде;

— сдвиги векторов на целое или вещественное число элементов влево/вправо, инверсия, сжатие, растяжение, компоновка и декомпоновка векторов;

— специальные операции; поиск спектральных линий, отождествление спектра сравнения, вычисление параметров линий;

— вывод графиков на планшетный и рулонный графопроекторы (набор команд);

— формирование массивов индикации для ЭПГ-СМ (набор команд).

Управление двухканальным фотометром (группа команд);

— ввод/вывод со стандартными устройствами измерительно-вычислительного комплекса БТА;

— интерактивные команды ввода при отображении информации на ЭПГ-СМ или двухкоординатном самописце.

Первые результаты использования СИПРАНа для редукции сканерных спектров опубликованы в [10—11].

В заключение хочу выразить благодарность: И. М. Копылову и Т. А. Сомовой за постановку задачи и активное содействие работе; В. Л. Афанасьеву за полезные советы и критические замечания; коллективу аппаратной БТА и его руководителю С. В. Драбеку за отличную работу всего комплекса сбора астрономической информации БТА, на базе которого и для которого проделана эта работа.

#### Литература

1. Двухпроцессорный аппаратно-программный комплекс — сканер БТА. I. Новые возможности и описание работы / С. В. Драбек, И. М. Копылов, Н. Н. Сомов, Т. А. Сомова. — *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО), 1985, 22, с. 64—72.
2. Вилсон К. Компьютеры в теоретических исследованиях. — *Природа*, 1983, № 11, с. 88—95.
3. Straede J. An approach to the reduction of digital spectral data. — *AAO Preprint*, 1980, N 135. 8 p.
4. Pritchett C. J., Mochneck S., Yang S. RETICENT — a command language for spectrophotometric data reduction. — *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, 1982, 94, N 560, p. 733—741.
5. Форсайт Дж., Малькольм М., Моулдер К. Машинные методы математических вычислений. М.: Мир, 1970. 297 с.
6. Hill G. INTER, an effective interpolation subroutine. — *Publ. Dom. Astrophys. Obs.*, 1982, 16, p. 67 — 70.

7. Херрис Ф. Дж. Использование окон при гармоническом анализе методом ДПФ. — ТИИЭР, 1978, 66, № 1, с. 60—96.
8. Deeming T. Fourier analysis with unequally-spaced data. — *Astrophys. a. Space Sci.*, 1975, 36, p. 137—158.
9. Кайзер Д. Ф., Рид В. А. Сглаживание данных при помощи цифровых фильтров нижних частот. — *Приборы для научных исследований*, 1977, № 11, с. 82—93.
10. Копылов И. М., Сомов Н. Н., Сомова Т. А. Методика получения и обработки сканерных спектров SS433. — В кн.: *Новая техника в астрономии*. Л.: Наука, 1984, 7, с. 5—9.
11. Копылов И. М., Сомов Н. Н., Сомова Т. А. Двухпроцессорный аппаратно-программный комплекс — сканер БТА. III. Автоматизированная экспрессная обработка звездных спектров. — *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО), 1985, 22, с. 77—88.

Поступила в редакцию 10.12.84