

Поиск и приближенное определение периодов переменных звезд на ЭВМ "МИР-2"

Ю. А. Фадеев

Приведены результаты использования устройства отображения на экран ЭВМ МИР-2 для поиска периодов переменных звезд и дано описание программы, написанной на языке "АНАЛИТИК".

The Search and Approximate Determination of the Variable Stars Periods by Using the Computer "MIR-2"

by Yu. A. Fadeyev

The results of searching for periods of variable stars with the display of "MIR-2" computer are described. The description of the programme in "ANALITIC" algorithmical language is given in this paper.

1. Как известно, использование обычных методов поиска периодов переменных звезд при помощи быстродействующих ЭВМ (например, Лафлера-Кинмана (1965)) становится затруднительным, а иногда и безрезультатным при числе наблюдений менее двадцати. В большинстве случаев наблюдателю приходится исследовать большое количество возможных вариантов, полученных при помощи вычислительной машины, с тем, чтобы выбрать наиболее вероятный. Как правило, эта процедура заключается в построении ряда кривых блеска, соответствующих возможным значениям периода переменной звезды и дальнейшем выборе наиболее подходящей средней кривой. В середине 60-х годов Ивенсом и Юнгом (1966) была сделана попытка преодоления этой трудности путем создания прибора, позволяющего видеть на экране осциллографа среднюю кривую блеска для некоторого значения пробного периода. Путем изменения скорости считывания наблюдений из запоминающего устройства прибора, можно было выводить на экран осциллографа средние кривые блеска, соответствующие различным значениям пробного периода. Однако, в настоящее время, благодаря успешному развитию вычислительной техники, по-видимому, отпала необходимость создания подобного прибора. Появление вычислительных машин, снабженных устройствами отображения на экран (display), и применение их в астрономической практике позволило решить задачу определения периодов переменных звезд по малому числу наблюдений посредством проведения диалога "ЧЕЛОВЕК-МАШИНА". В данной работе представлены результаты использования для этой цели ЭВМ МИР-2 и дано описание программы на языке "АНАЛИТИК" для решения задачи поиска периодов переменных звезд.

2. Основной порцией информации входного языка машины МИР является предложение, при этом предложение может быть либо повествовательным (информатива), либо повелительным (директива). Информатива представляет собой некоторую последовательность операторов и описаний, ограниченную служебными словами "ПУСТЬ" и "КОНЕЦ". Приведенная далее программа и является в смысле этого определения информативой.

"ПУСТЬ" АВ.

"ВВОД" 17; P = PN;

АС. "РАЗРЯДНОСТЬ" 7; L = 0;

MIN = M[1]; "ДЛЯ" I = 2 "ШАГ" 1 "ДО" N "ВЫПОЛНИТЬ"

"ЕСЛИ" M[I] < M[1] "ТО" (MIN = M[I]);

MIN 1 = MIN;

"ДЛЯ" I = 1 "ШАГ" 1 "ДО" N "ВЫПОЛНИТЬ" M[I] = MIN - M[I];

MIN = M[1]; "ДЛЯ" I = 2 "ШАГ" 1 "ДО" N "ВЫПОЛНИТЬ"

"ЕСЛИ" M[I] < MIN "ТО" (MIN = M[I]);

MAX = M[1]; "ДЛЯ" I = 2 "ШАГ" 1 "ДО" N "ВЫПОЛНИТЬ"

"ЕСЛИ" M[I] > MAX "ТО" (MAX = M[I]);

T = JD[N] - JD[1]; "ВЫВОД" 34 "ЗНАЧЕНИЯ" % (T * (1/PO - 1/P) / D);

AD1. S = 0;

AD. "РАЗРЯДНОСТЬ" 7; L = L + 1; P = P * T / (T + D * P);

"ЕСЛИ" S = 1 "ТО" ("ЭКРАН" "ОЧИСТИТЬ"; "ВЫВОД" 01 "ЗНАЧЕНИЯ" P);

"ДЛЯ" I = 1 "ШАГ" 1 "ДО" N "ВЫПОЛНИТЬ"

F[I] = F(JD[I] - MO) / P;

"ЭКРАН" "ОЧИСТИТЬ"; "МАСШТАБ" 0,1, MIN, MAX

"ДЛЯ" I = 1 "ШАГ" 1 "ДО" N "ВЫПОЛНИТЬ" "ГРАФИК" 1, F[I], M[I];

"ЕСЛИ" L = 20 "ТО" ("ВЫВОД" 34 "ЗНАЧЕНИЯ" P; L = 0);

"ЕСЛИ" P > PO "ТО" ("НА" AD);

"ВЫВОД" 34, 'КОНЕЦ ЗАДАЧИ'; "СТОП";

AE. D = -D; "НА" AD;

AG. D = D / 2; "НА" AD

AH. D = (-D) / 2; "НА" AD;

AK. D = 2 * D; "НА" AD;

AL. D = 2 * (-D); "НА" AD;

AD2. S = 1; "НА" AD;

AF. "ВЫВОД" 34 "ЗНАЧЕНИЯ" P, MO;

"ДЛЯ" I = 1 "ШАГ" 1 "ДО" N "ВЫПОЛНИТЬ"

(F[I] = F(JD[I] - MO) / P); M[I] = MIN 1 - M[I];

"ДЛЯ" I = 1 "ШАГ" 1 "ДО" N "ВЫПОЛНИТЬ"

"ВЫВОД" 34 "ТАБЛИЦЫ" 1, F[I], M[I];

"ЕСЛИ" D < 0 "ТО" (D = -D); "НА" AC

"ГДЕ" JD[N]; M[N]; F[N]

"КОНЕЦ" ♦

Предположим, что наша программа введена в процессор вычислительной машины. Тогда, для того, чтобы она начала выполняться, в процессор необходимо ввести (например, посредством пишущей машинки) следующую директиву:

"ВЫПОЛНИТЬ" "НА" АЗ "КОНЕЦ"♦

В этом случае программа начинает выполняться с оператора, помеченного меткой АЕ, т. е. производится ввод массива юлианских дней, величин и параметров счета. При этом мы предполагаем, что все исходные данные были предварительно записаны на магнитные карты или телеграфную ленту. Массив вводных чисел должен быть оформлен как информатива и в нашем случае имеет, например, следующий вид:

```
"ПУСТЬ" JD[W] = 39435.217, ..., 41329.426;
           M[W] = 15.46, ..., 14.92;
N = W; PO = 1.7; PN = 12.3; D = 0.1;
MO = 39433.219
```

"КОНЕЦ"♦

Здесь JD и M являются соответственно идентификаторами массивов юлианских дней и звездных величин, W — целое число, равное количеству наблюдений, PO и PN — минимальное и максимальное значения периода, в интервале которых ищется истинный, D — величина изменения фаз точек средней кривой блеска при изменении значения пробного периода с P_i на P_{i+1} , MO — начальная эпоха, от которой отсчитываются фазы, при этом MO должно быть не больше JD[1].

3. После того, как ввод информативы, содержащей наблюдения и параметры счета будет закончен, машина автоматически останавливается и если ввод прошел верно, то на счетчике "МИ" инженерного пульта загорается код 5406. Для того, чтобы продолжить вычисления, на пульте управления необходимо нажать клавишу "ПУСК". Первоначально, в ходе выполнения программы производится преобразование массива звездных величин таким образом, чтобы большему блеску соответствовало большее значение величины $M[i]$. Затем определяются минимальное и максимальное значения блеска, которые необходимы для задания масштаба графика и пишущей машинкой печатается число средних кривых, которые будут выведены на экран в заданном интервале (PO, PN). После этого, собственно, и начинается решение задачи поиска периодичности. Для каждого значения пробного периода, вычисляемого из условия

$$P_{i+1}^{-1} = P_i^{-1} + \frac{\Delta\phi}{T},$$

где T — интервал наблюдений в юлианских днях, вычисляются фазы всех наблюдений и производится вывод средней кривой на экран вычислительной машины. Время, необходимое для вычисления фаз и построения средней кривой, зависит от числа используемых наблюдений и, в случае машины МИР-2, составляет 4 сек при $N=15$, 8 сек — при $N=30$, 16 сек — при $N=60$ и т. д. В процессе счета, каждое двадцатое значение пробного периода выводится на печать посредством пишущей машинки, что позволяет приближенно следить за текущим значением периода.

Однако, довольно часто бывает необходимо следить за каждым значением пробного периода. В приведенной выше программе предусмот-

рена возможность работы в подобном режиме путем ввода в процессор следующей директивы:

"ВЫПОЛНИТЬ" "НА" AD2 "КОНЕЦ" ♦

В этом случае на экран последовательно выводятся текущее значение периода P , а затем соответствующая этому периоду средняя кривая блеска. Для того, чтобы продолжить решение задачи в прежнем режиме (т. е. без вывода на экран значений периода) необходимо ввести в процессор директиву:

"ВЫПОЛНИТЬ" "НА" AD1 "КОН" ♦

4. При решении задачи поиска периодичности переменной звезды может сложиться такая ситуация, что в заданном интервале (P_0 , P_N) период изменений блеска найден не будет. В этом случае, при достижении значения $P < P_0$, пишущей машинкой печатается КОНЕЦ ЗАДАЧИ и происходит автоматический останов вычислительной машины. Предположим, теперь, что при некотором значении пробного периода P , на экран была выведена возможная, по нашему мнению, средняя кривая. Как правило, в этом случае является необходимым вмешательство человека в ход решения задачи с тем, чтобы определить значение периода изменений блеска переменной звезды с максимально возможной точностью. В приведенной выше программе учтена эта возможность. В зависимости от сложившейся ситуации, путем останова с пульта вычислительной машины и ввода соответствующих директив, можно влиять на ход решения задачи самым разнообразным образом. В нашем случае, вслед за оператором "СТОП", ограничивающим естественную последовательность выполнения программы, имеется ряд помеченных операторов, путем обращения к которым, в ход решения задачи вносятся необходимые изменения. Например, ввод директивы:

"ВЫПОЛНИТЬ" "НА" AG "КОНЕЦ" ♦

соответствует уменьшению шага $\Delta\phi$ вдвое и дальнейшему безусловному переходу к продолжению вычислений. Ниже мы перечислим имена меток и соответствующие им изменения параметра $\Delta\phi$, которые предусмотрены в нашей программе.

АЕ. Изменение знака $\Delta\phi$ на обратный.

AG. Уменьшение $\Delta\phi$ вдвое.

АН. Уменьшение $\Delta\phi$ вдвое с одновременным изменением знака $\Delta\phi$ на обратный.

АК. Увеличение $\Delta\phi$ вдвое.

АЛ. Увеличение $\Delta\phi$ вдвое с одновременным изменением знака $\Delta\phi$ на обратный.

Ввод директивы "ВЫПОЛНИТЬ" "НА" AF "КОНЕЦ" ♦ соответствует выводу на пишущую машинку текущего значения периода, начальной эпохи M_0 и средней кривой блеска. По окончании печати вычислительная машина автоматически переходит к продолжению выполнения программы, при этом если $\Delta\phi < 0$, знак $\Delta\phi$ меняется на обратный, а затем печатается число средних кривых блеска, которые будут постро-

ены в оставшемся интервале пробных периодов (PO, P). Дальнейший ход выполнения программы ничем не отличается от описанного выше.

5. Несмотря на то, что правила пользования машиной МИР-2 можно найти в соответствующих описаниях, мы тем не менее, остановимся на некоторых особенностях работы с вычислительной машиной применительно к вышеупомянутой программе.

Перед вводом программы в ЭВМ, должна производиться очистка всех узлов памяти вычислительной машины (процессора, буфера и экрана), нажатием соответствующих клавиш на пульте управления. По окончании ввода программы, последовательно нажимаются клавиши "СЧЕТ" и "ПУСК" в результате чего производится синтаксический контроль введенной информации и если ввод прошел верно, на счетчике "МИ" инженерного пульта загорается код 5406. Затем, нажатием клавиши "ПУСК" включается трансляция программы, по окончании которой на счетчике "МИ" загорается код 0134.

Теперь, как было сказано выше, для того, чтобы программа начала выполняться, в процессор необходимо ввести директиву

"ВЫПОЛНИТЬ" "НА" АВ "КОНЕЦ" ♦

Заметим, что любая вводимая в ЭВМ информация необходимо проходит синтаксический контроль и трансляцию. Поэтому, после ввода данной директивы выполняется та же самая процедура нажатия клавиш "СЧЕТ", "ПУСК" и "ПУСК", как и после ввода программы.

Результатом действия данной директивы является автоматическое включение устройства ввода и в нашем случае включается ввод с магнитных карт. Для ввода наблюдений с телетайпной ленты оператор ввода должен иметь вид "ВВОД" 33. Если наблюдения были введены верно, то на счетчике "МИ" загорается код 5406 и после нажатия клавиши "ПУСК" начинается выполнение программы.

Для ввода какой-либо директивы в процессе решения задачи поиска периодичности, необходимо остановить вычислительную машину, произвести начальную установку процессора и после чего ввести необходимую информацию. В случае АВОСТА можно продолжить вычисления посредством ввода директивы

"ВЫПОЛНИТЬ" "НА" АД "КОНЕЦ" ♦

Литература:

- Ивенс, Юнг, 1966 — Evans D.S., Young A.T., Obs. 86, 200.
Лафлер, Кинман, 1965 — Lafler J., Kinman T.D., ApJ Suppl., № 100, 11, 216.

Гос. астрономический ин-т
им. П. К. Штернберга

Поступила в редакцию
8 декабря 1974 г.