

СЗУЧ.19
Б-794

БОЛОНКИН Б.В. 2

+

Б1-10-3578.

10

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Лаборатория ядерных проблем

Б.В.Болонкин, В.Б.Виноградов

Б1-10-3578

ПРОГРАММА

определения параметров оптической системы мет-
ровой пропановой камеры, зависящих от характе-
ристик промежуточных сред в каждой экспозиции,
по крестам на верхнем стекле рабочей камеры.

с.ф. 2059

244.10 + 4,840
Б-794

Руководитель лаборатории
... 1 XI 1967

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

г.Дубна, 1967 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ.....

ЛИТЕРАТУРА.....

ПРИЛОЖЕНИЕ:

1. Форма ввода и выдачи информации.....

2. Программа на АЛГОЛ-60.....

ВВЕДЕНИЕ

В программе обработки событий пропановой пузырьковой камеры ПК - 200 [1] (программа 0 - 10 [2]) для восстановления пространственных координат точек треков необходимы определенные параметры оптической системы. Некоторые из этих параметров меняются от экспозиции к экспозиции в связи со сменой стекол, через которые производится фотографирование рабочего объема камеры, что влечет за собой изменение толщины и других промежуточных сред (вода, воздух).

В данной работе описывается программа определения "меняющихся" параметров по измеренным на пленке координатам изображений реперных крестов, находящихся на верхнем стекле камеры на границе с пропаном.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

"Меняющимися" параметрами для каждого объектива являются коэффициенты $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ в выражении:

$$R = \alpha_1 \cdot r + \alpha_2 \cdot r^3 + \alpha_3 \cdot r^5, \quad (I)$$

где

R - расстояние от некоторой точки на верхней границе рабочего объема камеры до оптической оси объектива;

r - расстояние от изображения этой точки на недеформированной пленке до главной точки снимка.

Коэффициенты $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ определяются методом наименьших квадратов при минимизации функционала [3]:

$$M = \sum_{i=1}^n (R_i - \alpha_1 \cdot r_i - \alpha_2 \cdot r_i^3 - \alpha_3 \cdot r_i^5)^2, \quad (2)$$

где

n - число измеренных точек ($n \geq 4$).

Величины R_i вычисляются по обычным формулам стереофотограмметрии:

$$R = \frac{B \cdot r}{x - x' \cdot \frac{y}{y'}} \quad (3)$$

где

x, y - координаты изображения точки, полученного данным объективом;

x', y' - координаты изображения той же точки, полученного объективом, образующим с данным стереопару с базой B ,

$$r = \sqrt{x^2 + y^2};$$

Координаты x, y, x', y' связаны с системой координат " f " для каждого объектива (определение всех систем координат см. в [2])

Так как измерения производятся в системе координат измерительного прибора - " m ", то для перехода к " f " -системам необходимо

иметь параметры преобразования. Для их нахождения должны быть заданы в " f "-системе координаты некоторых "эталонных" крестов на предметных стеклах объективов и измерены в " m " -системе координаты изображений этих крестов на пленке.

ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Программа написана на языке АЛГОЛ - 60 применительно к используемому на ЭЦВМ М-20 ЛВТА ОИЯИ транслятору ТА-1. Она состоит из 4 процедур: *match*, *transf*, *rst*, *pol* и управляющей части.

Процедура *match* используется для нахождения параметров преобразования от "m" к "f" системам методом максимума правдоподобия [4]:

stx, sty - "центры тяжести" координат эталонных крестов, заданных в системе "f";

smx, smy - "центры тяжести" координат эталонных крестов, измеренных в системе "m";

fi - угол поворота системы "f" относительно "m";

kx, ky - коэффициенты усадки пленки по осям *x_f*, *y_f* соответственно

chi2 - величина, характеризующая качество измерений в системе "m" координат эталонных крестов.

В процедуре *transf* осуществляется преобразование координат крестов верхнего стекла камеры, измеренных в системе "m" (*x_m*, *y_m*), в систему "f" (*x_f*, *y_f*) по формулам [4]:

$$x_f = [(x_m - smx) \cdot \cos(fi) - (y_m - smy) \cdot \sin(fi)] / kx + stx;$$
$$y_f = [(x_m - smx) \cdot \sin(fi) + (y_m - smy) \cdot \cos(fi)] / ky + sty,$$

и вычисляются величины:

$$r = r_f = \sqrt{(x_f)^2 + (y_f)^2};$$

Процедура *rst* служит для вычисления величин $R = r_s$ по формулам (3), в которых $B = 40$ см [1].

Процедура *pol* осуществляет метод наименьших квадратов для определения параметров $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$. Кроме того, вычисляются величины $d_i = R_i - \alpha_1 \cdot r_i - \alpha_2 \cdot r_i^3 - \alpha_3 \cdot r_i^5$

для каждой точки, среднеквадратичный разброс
и ошибки в найденных параметрах da_1, da_2, da_3

$$d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n-3}}$$

Если $d < 0,03 \text{ см}^*$, то выбрасывается точка с $d_{i \max}$
и процесс минимизации повторяется до тех пор, пока не окажется
 $d \leq 0,03 \text{ см}$ или число оставшихся точек равно 4.

Авторы благодарны В.Б.Флягину за инициирование и постоянный
интерес к настоящей работе.

Боллеу
Сингадф

*) При выборе величины $d \leq 0,03 \text{ см}$ мы исходили из следующих сообра-
жений: точность восстановления пространственных координат X и Y
в данной камере составляет $0,02 \text{ см}$ [5]. Тогда из формулы $R = \sqrt{x^2 + y^2}$
следует $d \approx \Delta R \approx 0,03 \text{ см}$.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. А.В.Богомолов и др. ПТЭ, №1, 61 (1964).
2. Н.А.Буздавина, В.Б.Виноградов. Отчет ОИЯИ, , Дубна, 1967г.
3. *W.G. Moorhead. A programme for the Geometrical Reconstruction of Curved Tracks in a Bubble Chamber. CERN 50-33.*
4. В.А.Зашнайко, ~~В.Н.~~, В.Н.Шигаев. Препринт ОИЯИ, 2527, Дубна, 1963г.
5. Ю.А.Будагов и др. Препринт ОИЯИ, 2518, Дубна, 1966 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ

I. Форма ввода и выдачи информации.

Для ввода числовой материал располагается в следующем порядке:

km - максимальное число измеренных эталонных крестов;

nm - максимальное число измеренных крестов на верхнем стекле ка-
мерн;

$nk[1:6]$ - массив чисел измеренных эталонных крестов для каждого объек-
тива;

$nr[1:6]$ - массив чисел измеренных крестов верхнего стекла для каждого
объектива;

$xt, yt [1:6, 1:km]$ - массивы координат эталонных крестов, заданных в "f"-си-
стеме;

$xmf, ymf [1:6, 1:km]$ - массивы координат эталонных крестов, измеренных в "m"-с-
стеме;

$xm, ym [1:6, 1:nm]$ - массивы координат крестов верхнего стекла, измеренных в
"m"-системе.

Для объективов, у которых $nk[i] < km$ или $nr[j] < nm$ неопределен-
ные позиции в массивах числовых данных заполняются нулями.

Размерность всех вводимых координат - см.

Для работы программы необходимо рабочее поле с 6000.

На печать выдаются величины в следующем порядке для каждого
объектива:

Если $\chi^2 \leq 10^{-3}$:

номер объектива,

число оставшихся "хорошо измеренных точек",

$\left. \begin{array}{l} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{array} \right\}$

константы оптической системы,

$\left. \begin{array}{l} da_1 \\ da_2 \\ da_3 \end{array} \right\}$ их точности,

d - средне-квадратичный разброс по R .

При $\chi^2 > 10^{-3}$ его значение выдается на печать вместе с номером объектива, указывая на необходимость повторных измерений координат эталонных крестов. Далее следует выдача, как и в случае $\chi^2 \leq 10^{-3}$.

2. Программа на АЛГОЛ-60.

```

begin
  integer km, nm, n, nf, t, tr, f, p, pl, m, h, k, q, i, j;
  integer array nk, np(1:6);
  P0042(km, nm, nk, np);
  begin
    real stx, sty, smx, smy, cfl, sfl, kx, ky, chi2;
    array xt, yt, xm, ym(1:6, 1:km),
      xf, yf, r, rs(1:6, 1:nm);

  procedure match(n, nf); value n, nf; integer n, nf;
  begin
    real ax, ay, bx, cx, cy, by,
      gm, gm, fg, ff, fi, psi, dx, ex;
    array rtx, rty, rmx, rmy(1:nf);
    stx := sty := smx := smy := 0;
    for i := 1 step 1 until nf do
      begin
        stx := stx + xt(n, i);
        sty := sty + yt(n, i);
        smx := smx + xm(n, i);
        smy := smy + ym(n, i);
      end ;
    stx := stx / nf;
    sty := sty / nf;
    smx := smx / nf;
    smy := smy / nf;
    for i := 1 step 1 until nf do
      begin
        rtx(i) := xt(n, i) - stx;
        rty(i) := yt(n, i) - sty;
        rmx(i) := xm(n, i) - smx;
        rmy(i) := ym(n, i) - smy;
      end ;
  end ;

```

```

aX:=ay:=bX:=by:=cX:=cy:=dX:=0;
for i:=1 step 1 until n do
begin
  aX:=aX+rtX(i)xrmy(i);
  ay:=ay-rtY(i)xrmX(i);
  bX:=bX-rtX(i)xrmX(i);
  by:=by-rtY(i)xrmy(i);
  cX:=cX+rtX(i)t2;
  cy:=cy+rtY(i)t2;
  dX:=dX+rmX(i)t2+rmy(i)t2;
end;
fm:=0.5x((aXt2-bXt2)/cX+(ayt2-byt2)/cy);
gm:=-((aXxbX/cX+ayxby/cy);
fg:=sqrt(fm t2+gm t2);
ff:=arcsin(fm/fg);
if gm<0 then psi:=3.1416-ff else psi:=ff;
fi:=-0.7854-Psi/2;
cfi:=cos(fi);
sfi:=sin(fi);
kX:=-((aXxsfi+bXxcfi)/cX;
kY:=-((ayxsfi+byxcfi)/cy;
eX:=dX-0.5x((aXt2+bXt2)/cX+(ayt2+byt2)/cy);
chi2:=eX-fg;
if chi2>0.001 then
  P1041(n,chi2);
end match;

```

```

procedure transf(t,tr); value t,tr; integer t,tr;
begin
  real dXm,dym;
  for i:=1 step 1 until tr do
  begin
    dXm:=Xm(t,i)-smX;
    dym:=ym(t,i)-smy;
    Xf(t,i):=(dXmxcfi-dymxsfi)/kX+stX;
    Yf(t,i):=(dXmxsfi+dymxcfi)/kY+sty;
    rf(t,i):=sqrt(Xf(t,i)t2+Yf(t,i)t2);
  end i;
end transf;

```

```

-73-
procedure rst(f); value f; integer f;
begin
  real uv, xs, ys;
  k:=h;
  q:=h+1;
  for i:=1 step 1 until f do
  begin
uv:=40/(Xf(k,i)-Xf(q,i)*yf(k,i)/yf(q,i));
  xs:=uv*xXf(k,i);
  ys:=uv*yf(k,i);
  rs(k,i):=sqrt(xs^2+ys^2);
rs(q,i):=sqrt((40-xs)^2+ys^2);
  end
end rst;

```

```

procedure pol(p,pl,m); value p,pl,m;
integer p,pl,m;
begin
array y,z(1:pl);
for i:=1 step 1 until pl do
begin
z(i):=r(p,i);
y(i):=rs(p,i);
end;
k:=0;
l: begin
real d;
array fm(1:pl,1:m),fmt(1:m,1:pl),
conv(1:m,1:m),work,work1(1:m+2),
dy(1:pl),a,da(1:m);
for i:=1 step 1 until pl do
for j:=1 step 1 until m do
fm(i,j):=z(i)^(2*j-1);
P1014(pl,m, fm, fmt);
P1067(pl,m,m, fmt, fm, conv);
P0037(conv,work,work1);
P1067(pl,1,m, fmt,y,da);
P0033(conv,da,a);
P1067(m,1,pl, fm,a,dy);

```

```

d:=0;
for i:=1 step 1 until pl do
begin
dy(i):=y(i)-dy(i);
d:=d+dy(i)*t2;
end;
d:=d/(pl-m);
for i:=1 step 1 until m do
da(i):=sqrt(dxconv(i,i));
d:=sqrt(d);
if pl>m+1 and d>0.03 then
begin
k:=1;
for i:=1 step 1 until pl do
if abs(dy(i))>abs(dy(k)) then k:=i;
if k<pl then
for i:=k step 1 until pl-1 do
begin
z(i):=z(i+1);
y(i):=y(i+1);
end;
pl:=pl-1;
go to l;
end;
P1041(P,pl,a,da,d);
end;
end;

```

```

P0042(Xt,yt,Xmf,ymf,Xm,ym);
for h:=1 step 1 until 6 do
begin
match(h,nk(h));
transf(h,np(h));
end;
for h:=1,3,5 do
rst(np(h));
for h:=1 step 1 until 6 do
Pot(h,np(h),3);
end
end

```