

9. Визуализация полей на растровых цветных устройствах

В предыдущих главах описаны различные программы изображения функций двух переменных, например, программы изолиний и проекций поверхностей. Эти программы строились в расчете на использование графопостроителя в качестве средства вывода изображений. Вместе с тем, в современных персональных ЭВМ имеются дополнительные изобразительные возможности - это цвет и динамика изображения при выводе на дисплей. Соответственно, в состав Графора на ПЭВМ были включены программы визуализации, ориентированные на использование новых возможностей.

В этой главе приводится описание программ визуализации скалярных и векторных функций двух переменных и некоторых вспомогательных программ. Это программы рисования линий тока, изображения с помощью цвета функций двух переменных и программы интерполяции. Особенностью этих программ является то, что они работают с функциями, заданными в нерегулярно расположенных точках плоской области.

9.1. Рисование линий тока

Один из способов визуализации результатов научных расчетов при решении задач газовой динамики или гидродинамики - это изображение линий тока по заданному полю скоростей. Для этих целей служит программа TLINES и ряд связанных с ней подпрограмм.

Программа TLINES позволяет строить линии тока в соответствии с векторным полем, компоненты которого заданы в произвольном множестве точек некоторой плоской области. Для простоты изложения будем считать, что векторное поле является полем скоростей, а линии, которые нужно построить, - траектории точек, движущиеся в этом поле. Допускается несколько режимов работы программы.

1. *Одновременное и последовательное рисование.* Программа TLINES рассчитана на построение нескольких линий тока, исходящих из заданного набора начальных точек; при этом допускаются два режима - последовательное рисование и одновременное рисование.

В первом случае линии строятся последовательно, одна за другой, во втором - движение осуществляется одновременно по всем линиям.

Режим одновременного рисования может применяться для наглядности при выводе изображения на экран. В остальных случаях желательно пользоваться последовательным режимом, т. к. он более эффективен.

2. *Построение линий с продолжением.* Линии, построение которых было начато при одном обращении к TLINES, могут быть продолжены при последующих обращениях к ней. Эта возможность полезна при использовании TLINES в интерактивных программах.

3. *Движение в прямом или обратном направлениях.* Линии могут строиться как в прямом, так и в обратном направлении.

4. *Многоцветные или одноцветные линии.* Программа TLINES позволяет рисовать как одноцветные, так и многоцветные линии. В первом случае отдельная линия изображается одним цветом, но для каждой линии может быть задан свой цвет. Во втором случае цвет каждого участка линии определяется величиной модуля скорости в точках этого участка. При соответствующем подборе палитры можно обеспечить плавное изменение цветов в зависимости от изменения модуля скорости.

5. *Точность построения линий.* Фактически программа TLINES строит не плавные кривые, а ломаные линии. Точность построения регулируется при помощи трех параметров, которые определяют:

- а) метод построения ломаных (можно использовать метод Эйлера, метод Адамса или модифицированный метод Эйлера);
- б) длины отрезков, из которых строятся ломаные;
- в) радиус счета, используемый программой интерполяции DRIAM, которая применяется для вычисления компонент скорости.

Описание программ.

Прежде чем вызвать программу TLINES, необходимо обратиться к программе инициализации ILINES.

Программа ILINES (XMIN,XMAX,YMIN,YMAX,TQ,DLT,EPSV,IORD,R2,IPEN,NPEN) позволяет инициализировать внутренние переменные, используемые программой TLINES и программой интерполяции DRIAM. Параметры программы следующие:

XMIN, XMAX, YMIN, YMAX - границы прямоугольной области, в которой будет проводиться рисование (в математических координатах).

Если XMIN = XMAX = 0.0, то XMIN, XMAX вычисляются автоматически.

Если YMIN = YMAX = 0.0, то YMIN, YMAX вычисляются автоматически;

TQ - квант времени, отводимый для продвижения по каждой линии в режиме одновременного рисования. Если задано значение $TQ \leq 0.0$, то выбирается режим последовательного рисования (см. замечание 1);

DLT - этот параметр управляет выбором очередного шага dT_i для построения очередного отрезка i -й линии: $dT_i * V_i = DLT * R_i$, где V_i - скорость в текущей точке, R_i - радиус кривизны i -й линии в текущей точке. Если $DLT = 0$, то выбирается $DLT = 0.1$;

EPSV - величина, определяющая окончание рисования линии (рисование заканчивается, если модуль скорости в текущей точке меньше EPSV);

IORD - метод построения линий: IORD = 1 - метод Эйлера, IORD = 2 - модификация метода Адамса, IORD = 3 - модификация метода Эйлера (метод Рунге-Кутты второго порядка);

R2 - радиус счета интерполяционной функции;

IPEN - массив номеров цветов для изображения линий;

|NPEN| - число цветов, используемых для рисования линий;

NPEN > 0 - строятся многоцветные линии, цвет очередного отрезка линии равен IPEN(I), где $I = \text{INT}(V/DV) + 1$, $DV = V_{\text{MAX}}/NPEN$, V - модуль скорости в текущей точке, V_{MAX} - максимум модуля скорости. (Большим скоростям соответствуют большие номера в массиве IPEN);

NPEN < 0 - одноцветные линии: первая линия изображается цветом IPEN(1), вторая - цветом IPEN(2), ..., (|NPEN| + 1)-я - цветом IPEN(1) и т. д.

NPEN = 0 - все линии строятся текущим цветом, который был установлен программой SETPEN до обращения к TLINES; при этом параметр IPEN игнорируется.

После обращения к подпрограмме ILINES можно выполнить одно или несколько обращений к основной подпрограмме TLINES, которая непосредственно осуществляет построение линий тока.

Программа TLINES (X0,Y0,NT,X,Y,VX,VY,N,W,NW,TMAX,ICONT, ISTAT) предназначена для изображения линий тока по заданному полю скоростей.

X0, Y0 - массивы координат начальных точек, из которых должны исходить линии тока (длины NT);

NT - число начальных точек (линий, которые нужно построить);

X, Y - массивы координат точек, в которых задано векторное поле, упорядоченных в порядке возрастания X-координат (длины N);

VX, VY - массивы значений компонент векторов в точках с координатами X, Y (длины N);

N - размер массивов X, Y, VX, VY;

W - рабочий массив (длины NW);

NW - размер рабочего массива. Достаточный размер равен $5 * NT + N/2$ (см. замечание 2);

|TMAX| - максимальное время движения по линиям. При TMAX < 0 построение линий выполняется в обратном направлении;

ICONT - признак продолжения линий (входной/выходной):

ICONT < 0 - построение линий начинается из точек с координатами X0, Y0. Для того, чтобы продолжить построение линий, начатое при предыдущем обращении к TLINES, следует задать значение ICONT > 0, полученное на выходе от программы TLINES. При этом считается, что после предыдущего обращения к TLINES содержимое массивов W, X, Y, VX, VY не изменялось, содержимое X0, Y0 не существенно, обращением к ILINES могли быть

изменены значения R1, R2, IORD, TQ, DLT, EPSV (EPSV в сторону увеличения); ICONT = 0 линии не рисуются. На выходе ICONT ≥ 0 - количество линий, рисование которых не закончено (считается, что построение линии закончено, если она вышла за границу области или скорость в ее текущей точке меньше EPSV).

ISTAT - код ответа: ISTAT = 0 - нормальное окончание; ISTAT = 1 - значение R2 слишком мало (см. замечание 3); ISTAT = 2 - значение R2 слишком велико (см. замечание 4), где R2 - параметр программы I LINES; ISTAT = 3 - массив X не упорядочен.

Замечания:

1. Рисование линии заканчивается при выполнении одного из трех условий:

- линия вышла за границу прямоугольной области рисования;
- модуль скорости в текущей точке меньше заданного минимального значения EPSV;
- исчерпано время движения TMAX.

Квант времени TQ и максимальное время движения TMAX следует определять отношением желаемого расстояния продвижения линии к модулю скорости (например, средней). В целом, чем меньше значение TQ, тем сильнее впечатление одновременности рисования. Однако при уменьшении TQ время рисования может увеличиться как за счет слишком мелких шагов при построении линий, так и за счет менее эффективной работы программы интерполяции.

2. Необходимый размер массива W определяется формулой $NW = 5 * NT + K/2$, где NT - количество начальных точек, а K - максимальное число точек, определяемых массивами координат точек X, Y и попадающих в круг радиуса R2 с центром в точке (XC, YC), по всем (XC, YC) из рассматриваемой области.

3. "Значение R2 слишком мало" означает, что в круге радиуса R2 с центром в текущей точке одной из строящихся линий нет ни одной точки с координатами из массивов X, Y. Следует увеличить значение R2.

4. "Значение R2 слишком велико" означает, что в круг радиуса R2 с центром в текущей точке одной из строящихся линий попало слишком много точек с координатами из массивов X, Y, так что в массиве W недостаточно места для хранения ссылок на них. (Эта ситуация не может возникнуть, если $NW \geq (5 * NT + N/2)$.) Здесь NT - количество начальных точек, а N - количество точек, в которых задано векторное поле. Следует либо увеличить размер массива W, либо уменьшить значение R2.

5. Если значения координат исходных точек X0, Y0 сохранять не нужно, то массивы X0, Y0 можно совместить с первыми $2 * NT$ элементами массива W:

EQUIVALENCE (X0,W), (Y0,W(NT+1))

На выходе в этих массивах будут координаты текущих точек соответствующих линий тока.

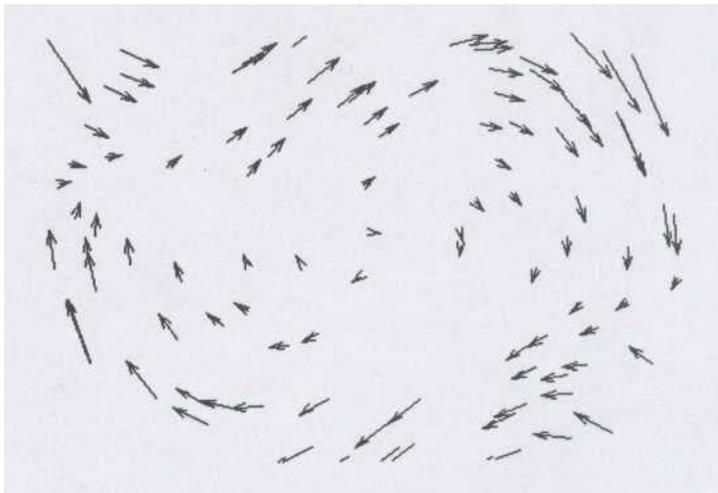


Рис. 9.1. Изображение векторного поля

Вспомогательные программы.

Программа VEKTS(X,Y,VX,VY,N,A,ICOL1,ICOL2,MARK) служит для изображения векторного поля. Параметры программы:

X, Y - массивы координат точек, в которых заданы векторы;

VX, VY - массивы компонент векторов;

N - размер массивов X, Y, VX, VY;

A - коэффициент, на который домножаются компоненты векторов при рисовании;

ICOL1 - цвет маркеров в узлах (если $ICOL1 \leq 0$, маркеры не изображаются);

ICOL2 - цвет стрелок (если $ICOL2 \leq 0$ стрелки не изображаются);

MARK - номер маркера, изображаемого в узлах (MARK = 0 - узлы отмечаются точками).

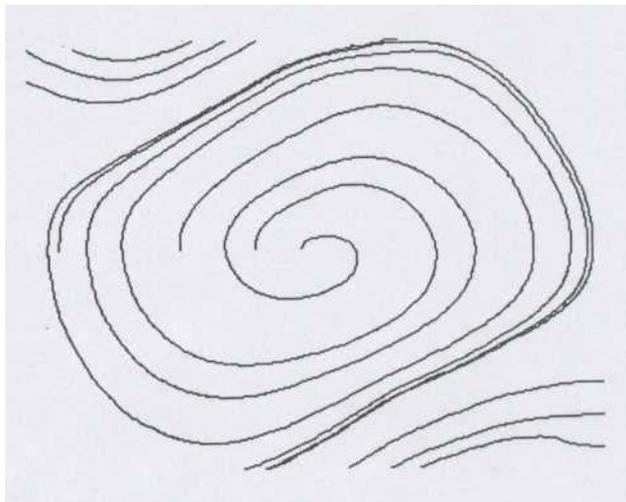


Рис. 9.2. Изображение линий тока

Замечание. Если, например, вы хотите, чтобы максимальный вектор на картинке имел длину $1/5$ диаметра области, то задайте значение $A = 0.2 * DIAM/VMAX$, где DIAM - диаметр области, VMAX - максимальное значение модуля вектора.

Программа VMNMX(VX,VY,N,VMIN,VAVR,VMAX) позволяет вычислить максимальное, среднее и минимальное значения модуля векторов для заданного набора векторов.

Параметры программы:

VX, VY - массивы компонент векторов;

N - размер массивов VX, VY;

VMIN, VAVR, VMAX - выходные параметры, минимальное, среднее и максимальное значения модуля векторов.

При обращении к программе TLLINES требуется, чтобы набор точек, в которых заданы векторы, был упорядочен по X-координате. Чтобы отсортировать произвольный массив X-координат и соответствующим образом переупорядочить массив Y-координат, а также массивы X- и Y-компонент векторов можно воспользоваться программами VSORT и REORD.

Программа VSORT(X,Iperm,N) позволяет упорядочить по возрастанию заданный массив и сформировать массив перестановок для переупорядочения других массивов, чтобы согласовать их с отсортированным массивом. Параметры программы:

X - массив вещественных чисел, который нужно отсортировать;

Iperm - массив типа INTEGER * 2, в котором вычисляется перестановка (длины N);

N - размерность массивов X и Iperm.

Программа REORD(A,Iperm,N) предназначена для переупорядочения массива в соответствии с заданной перестановкой. Параметры программы:

A - массив, который требуется переупорядочить (длины N);

Iperm - массив типа INTEGER * 2, в котором задана перестановка (длины N);

N - размерность массивов A, B и Iperm.

Ниже приведен пример использования программ TLLINES, ILLINES, VSORT, REORD, VEKTS. Результат работы программы показан на рис. 9.1 и 9.2.

```

PARAMETER(NMAX=200, NTMAX=100, NW=NTMAX * 5+NMAX/2)
REAL X(NMAX),Y(NMAX),VX(NMAX),VY(NMAX),
:      X0(NTMAX),Y0(NTMAX),W(NW)
INTEGER * 2 N, IPERM(NMAX)
EQUIVALENCE (IPERM, W(NMAX+1))
C=====
C Ввод исходных данных из файла TLINE.S.DAT:
OPEN(99,FILE='TLINE.S.DAT')
READ(99, *) N
DO 1000, I = 1, N
1000 READ(99, *) X(I), Y(I), VX(I), VY(I)
READ(99, *) NT
DO 2000, I = 1, NT
2000 READ(99, *) X0(I),Y0(I)
CALL MINMAX(X, N, XMIN, XMAX)
CALL MINMAX(Y, N, YMIN, YMAX)
DIAM = SQRT((XMAX-XMIN)**2+(YMAX-YMIN)**2)
CALL SETMOD(1,3)
C Изображение векторного поля.
CALL PAGE(32.0, 20.0, 0, 0, 0)
CALL LIMITS(XMIN, XMAX, YMIN, YMAX)
CALL VMNMX(VX, VY, N, VMIN, VAVR, VMAX)
A = 0.2 * DIAM/VMAX
CALL VEKTS(X, Y, VX, VY, N, A, 0, 1, 0)
CALL ENDPG('1.1')
C Переупорядочение массивов X, Y, VX, VY:
CALL VSORT(X, IPERM, N)
CALL REORD(Y, IPERM, N)
CALL REORD(VX, IPERM, N)
CALL REORD(VY, IPERM, N)
C Вычисление параметров:
TQ = 0.0
EPS = 0.05
EPSV = 0.01 * VMAX
IORD = 2
R2 = 0.1 * DIAM
C Изображение линий тока.
CALL PAGE(32.0, 20.0, 0, 0, 0)
CALL LIMITS(XMIN, XMAX, YMIN, YMAX)
CALL ILINES(XMIN, XMAX, YMIN, YMAX, TQ, EPS, EPSV, IORD, R2, 0, 0)
TMAX = 100.0
ICONT = -1
CALL TLINE.S(X0, Y0, NP, X, Y, VX, VY, N, W, NW, TMAX, ICONT, KOT)
IF(KOT.EQ.1) WRITE(*, *) 'Мало значение R2=', R2
CALL ENDPG('1.2')
END

```

9.2. Использование цвета для изображения функций двух переменных

Предлагаемая здесь программа позволяет изображать функцию двух переменных, заданную на произвольной сетке, с помощью закраски областей. Предполагается, что область определения функция выпуклая. В случае невыпуклой области возможны искажения на

границе области. Граница области может быть известна или определена по известным значениям сетки с помощью специальной программы.

Границы значений функции для закрашки определяются при обращении к программе при помощи параметра, задающего равномерное распределение по значениям функции или равномерное распределение по числу узлов. Допустимы также промежуточные варианты. Закрашка осуществляется вертикальными линиями с заданным шагом по осям. Для вычисления промежуточных значений функции используется программа интерполяции DRIAC.

До обращения к программе закрашки PICCR необходимо обратиться к программе инициализации TIN1.

Программа TIN1(IDX, IDY, R1, R2, W) предназначена для инициализации данных для программы PICCR. Параметры программы:

IDX, IDY - параметры, характеризующие плотность закрашки области по осям X и Y соответственно; при $IDX = 1$, $IDY = 1$ - закрашиваются все точки области;

$R1, R2$ - радиусы сглаживания и счета (см. п. 3);

W - параметр, определяющий границы значений функции для закрашки области:

$W = 0$. - равномерное распределение по значениям функции,

$W = 1$. - равномерное распределение по числу узлов,

$0. < W < 1$. - промежуточный вариант.

Программа PICCR($X, Y, Z, N, XGR, YGR, NGR, COL, NCOL, ICOL, WK, NW, ISTAT$) осуществляет закрашку областей по значениям функции, определенной в заданных точках.

Параметры программы:

X, Y - массивы координат заданных точек, упорядоченных в порядке возрастания X (длины N);

Z - массив значений функции (длины N);

N - размерность массивов X, Y, Z ;

XGR, YGR - массивы граничных точек (длины NGR);

NGR - размерность массивов XGR и YGR ;

COL - рабочий массив (длины $NCOL$);

$NCOL$ - число цветов, используемых для закрашки области;

$ICOL$ - массив значений номеров цветов (длины $NCOL + 1$);

WK - рабочий массив (длины NW);

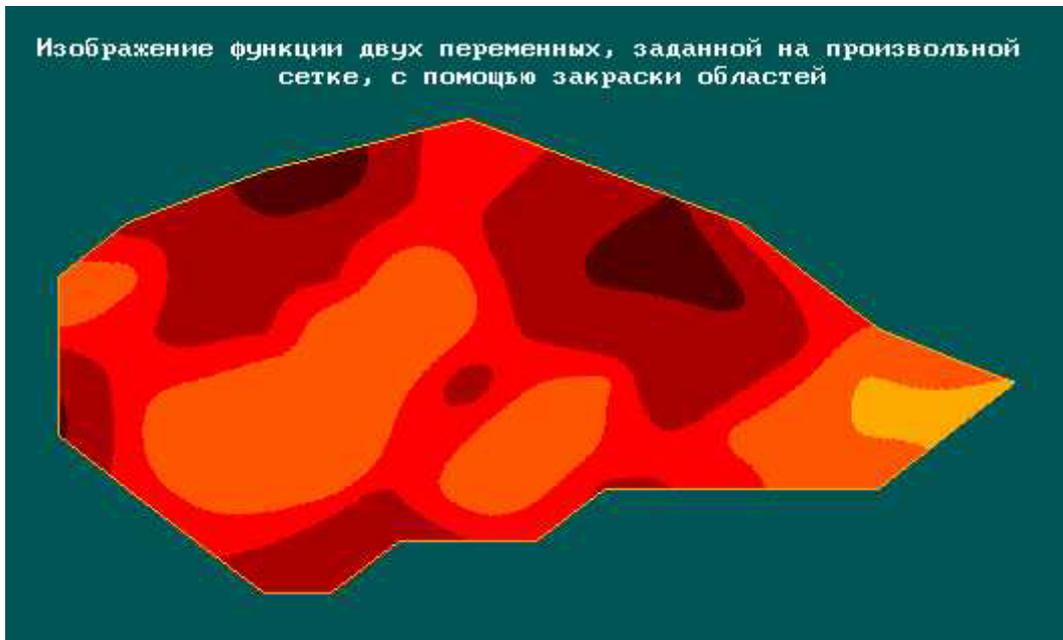
NW - размер рабочего массива WK ; зависит от разрешающей способности экрана, для режима EGA - $NW \geq 700$;

$ISTAT$ - код ответа: $ISTAT = 0$ - нормальное окончание, $ISTAT = 1$ - $R1 < 0$, $ISTAT = 2$ - $R1 \geq R2$, $ISTAT = 3$ - мал шаг по Y , $ISTAT = 4$ - $R2$ слишком мало.

Замечание. Для упорядочения массива X и переупорядочения связанных с ним других массивов можно воспользоваться программами VSORT и REORD (см. п. 1).

Если неизвестна граница области, ее можно определить с помощью программы CXHULL.

Изображение функции двух переменных, заданной на произвольной сетке, с помощью закрашки областей



Программа CXHULL(X,Y,N,XQ,YQ,NQ,ISTAT) предназначена для нахождения выпуклой границы для произвольного множества точек плоскости. Координаты точек при обращении к CXHULL должны быть упорядочены по возрастанию абсцисс. Параметры программы:

X, Y - массивы координат исходного множества точек, упорядоченных в порядке возрастания X (длины N);

N - размер массивов X, Y ($N \geq 3$);

XQ, YQ - массивы координат граничных точек (длины NQ);

NQ - размер массивов XQ, YQ ($NQ \geq 3$, на выходе: число точек в построенной границе);

ISTAT - код ответа: ISTAT = 0 - нормальное окончание; ISTAT = 1 - $N < 3$;

ISTAT = 2 - $NQ < 3$; ISTAT = 3 - массив X не упорядочен по возрастанию; ISTAT = 4 - мал размер массивов XQ, YQ для сохранения координат граничных точек.

9.3. Программы интерполяции и аппроксимации

В этом разделе описаны программы интерполяции и аппроксимации. Программы DR1A и DR1AM позволяют вычислить значение интерполяционной функции в одной точке. С помощью программы DR1AC можно вычислить значения интерполяционной функции сразу в массиве точек с одинаковой координатой X и равномерно изменяющейся координатой Y.

Программу DR1A рекомендуется применять в тех случаях, когда точки, где требуется вычислять интерполяционную функцию, разбросаны по области. Программа DR1AM запоминает некоторую информацию о предыдущем вычислении, позволяющую ускорить работу в том случае, если следующая точка интерполяции окажется близка к предыдущей. Если же новая точка оказывается далеко от предыдущей, то программа DR1AM по быстрдействию несколько уступает программе DR1A. Наконец, программа DR1AC самая быстродействующая из всех трех (в расчете на одну точку). Это достигается за счет работы сразу с массивом точек.

При работе программ построения линий тока и закраски областей для нахождения значений функции в промежуточных точках используются, соответственно, программы DR1AM и DR1AC.

Работа программ управляется двумя параметрами, R1 и R2, которые должны удовлетворять условию $0 \leq R1 < R2$.

Параметр R2 - радиус счета. При вычислении значения интерполяционной функции в некоторой точке P программа учитывает лишь те из заданных точек, которые удалены от P на расстояние, меньшее R2. Поэтому, чем больше R2, тем медленнее счет. С другой стороны, R2 нельзя выбрать слишком маленьким. Если в процессе счета выяснится, что в R2-окрестности точки P нет ни одной из заданных точек, то выдается код ответа, означающий, что "R2 слишком мало". При работе программы DR1AM может быть выдан код ответа, означающий, что "R2 слишком велико". Оно указывает, что в расчете участвует слишком много точек.

Параметр R1 - радиус сглаживания. При $R1 = 0$ выполняется точная интерполяция, т. е. в заданных точках интерполяционная функция принимает заданные значения. В этом случае, однако, интерполяционная функция не гладкая, а только непрерывная (она может иметь изломы в заданных точках). При $R1 > 0$ осуществляется сглаживание по области с эффективным радиусом R1. Таким образом, чем больше R1, тем менее точно функция воспроизводит заданные значения, но тем более гладкой она является. Однако, при R1, близком к R2, гладкость функции снова уменьшается. Из опыта, наиболее гладкой интерполяционная функция получается при значении отношения R1/R2 между 0.2 и 0.4. Заметим, что с математической точки зрения при любом $R1 > 0$ интерполяционная функция гладкая, т. е. имеет непрерывные первые производные.

Математически принятый метод интерполяции/аппроксимации (он одинаков во всех трех программах) описывается следующими формулами. Пусть (x_i, y_i) - заданные точки, а z_i - значения функции в этих точках; (x, y) - точка, где требуется вычислить значение функции. Используется весовая схема интерполяции/аппроксимации:

$$z = \frac{\sum w(r_i) \cdot z_i}{\sum w(r_i)}$$

где $r_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$ - расстояние от точки (x, y) до точки (x_i, y_i) , а $w(r_i)$ - весовая функция.

Весовая функция $w(r_i)$ зависит также от двух параметров $R1$ и $R2$ и определяется следующим образом:

$$w(r) = \begin{cases} 0, & \text{если } r \geq R2 \\ 1, & \text{если } r < R2 \\ \frac{1}{R1/R2 + R2/R1 - 2} + \frac{1}{r/R2 + R2/r - 2}, & \text{если } r < R2 \end{cases}$$

Перед работой с программами интерполяции DRIAM и DRIAC необходимо инициализировать их внутренние переменные с помощью соответствующей программы инициализации.

Программа DINI(R1,R2) предназначена для инициализации внутренних переменных программы DRIAM. Ее параметры задают соответственно радиус сглаживания и радиус счета.

В случае, если интерполяция выполняется по различным массивам исходных точек, необходимо обращаться к программе инициализации всякий раз перед сменой исходных точек (параметры XX и YY в программе DRIAM). Если по одному массиву исходных точек интерполируются разные функции, то повторная инициализация не нужна.

Программа DRIAM(XX,YY,ZZ,N,X,Y,Z,JAP,NAP,ISTAT) предназначена для вычисления значения интерполяционной функции в точке (X, Y) . Параметры программы:

XX, YY - массивы координат заданных точек, упорядоченных в порядке возрастания X (длины N);

ZZ - массив значений функции (длины N);

N - размер массивов XX, YY, ZZ;

JAP - рабочий массив типа INTEGER * 2;

NAP - длина рабочего массива JAP;

X, Y - координаты точки, в которой нужно вычислить значение интерполяционной функции;

Z - значение интерполяционной функции;

ISTAT - код ответа: ISTAT = 0 - нормальное окончание,

ISTAT = 1 - R2 слишком мало, ISTAT = 2 - R2 слишком велико.

Программа DINIC(R1,R2,ISTAT) предназначена для инициализации внутренних переменных программы DRIAC. Ее параметры:

R1, R2 - радиусы сглаживания и счета;

ISTAT - код ответа: ISTAT = 0 - нормальное окончание, ISTAT = 1 - $R1 < 0$, ISTAT = 2 - $R1 \geq R2$.

Программа DRIAC(XX,YY,ZZ,N,X,YB,DY,NY,Z,W,ISTAT) предназначена для вычисления значений интерполяционной функции в массиве точек с одинаковой координатой X и равномерно изменяющейся координатой Y . Параметры программы:

XX, YY - массив координат заданных точек, упорядоченных в порядке возрастания X (длины N);

ZZ - массив значений функции (длины N);

N - размер массивов XX, YY, ZZ;

X - абсцисса точек, в которых нужно вычислить значение интерполяционной функции;

YB - начальная ордината точек, в которых нужно вычислить значение интерполяционной функции;

DY - шаг по оси Y рассчитываемых точек (должен быть отличен от 0);

NY - количество рассчитываемых точек;

Z - массив значений интерполяционной функции длины NY.

В компоненту Z(J) будет занесено значение интерполяционной функции в точке

(X, YB + (J - 1) * DY);

W - рабочий массив длины NY;

ISTAT - код ответа: ISTAT = 0 - нормальное окончание; ISTAT = 1 - R2 слишком мало.

В принципе программу DRIAC можно использовать для вычисления значения интерполяционной функции в одной точке, задав NY = 1 и произвольное (но ненулевое) значение DY. Однако для этих целей лучше воспользоваться программами DRIA или DRIAM, которые в такой ситуации будут работать быстрее.

Программа DRIA(XX,YY,ZZ,N,R1,R2,X,Y,Z,ISTAT) предназначена для вычисления значения интерполяционной функции в точке (X, Y). Параметры программы:

XX, YY - массивы координат заданных точек, упорядоченных в порядке возрастания X (длины N);

ZZ - массив значений функции (длины N);

N - размер массивов XX, YY, ZZ;

R1, - радиус сглаживания;

R2 - радиус счета;

X, Y - координаты точки, в которой нужно вычислить значение интерполяционной функции;

Z - значение интерполяционной функции;

ISTAT - код ответа: ISTAT = 0 - нормальное окончание; ISTAT = 1 - R2 слишком мало, ISTAT = 2 - R1 < 0, ISTAT = 3 - R1 ≥ R2.