

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

Б 89

P10-85-117

В.Б.Бруданин, А.А.Пасько*, В.В.Пилюгин*

**ДИАЛОГОВЫЕ СИСТЕМЫ PLOT И SURF
ДЛЯ ГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФУНКЦИЙ**

* Московский инженерно-физический институт

1985

ВВЕДЕНИЕ

Наличие программных и аппаратных средств, обеспечивающих визуальный анализ информации, является важным требованием к любой автоматизированной системе научных исследований. В состав программного обеспечения современных универсальных ЭВМ часто входят пакеты прикладных графических программ, обеспечивающие представление функций одной и двух переменных /1-3/. С появлением мини- и микро-ЭВМ возникает необходимость реализации средств графического анализа функций в виде диалоговых систем, связанная с психологией пользователей и особенностями операционных систем этих машин. Такие диалоговые системы дают возможность пользователю освободиться от рутинного кодирования программ и сосредоточиться на непосредственном решении своей задачи.

В данной работе описаны диалоговые системы PLOT и SURF, предназначенные для графического анализа функций одной и двух переменных. Приведены принципы построения, руководство по практическому использованию и характеристики систем, а также графические изображения, иллюстрирующие их работу.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ

Ядром систем PLOT и SURF является комплекс машинной геометрии и графики САГРАФ /4,5/. При этом сохраняются такие его свойства, как машинная и приборная независимость. Переносимость обеспечивается тем, что основным языком реализации является фортран. Подключение нового графического устройства состоит в написании небольшой программы-драйвера, перекодирующей выходной терминальный протокол комплекса САГРАФ в команды устройства. Реализация принципа приборной независимости дает возможность выводить в процессе работы одно и то же изображение на различные устройства без повторного выполнения всего комплекса программ.

Входными данными для систем PLOT и SURF являются одномерные массивы и матрицы, задающие значения аргументов и функций в декартовых координатах и представленные в виде файлов. Диалог ведется в виде ответов пользователя на запросы системы /выбор альтернативы по меню, ответ на вопрос, задание значения параметра/.

Система PLOT предназначена для отображения функций одной, переменной в виде графиков. Изображение графика разбивается на поле служебной информации и поле данных. В поле служебной

информации могут находиться заголовки графика, размеченные оси и названия осей. В поле данных могут быть расположены координатная сетка, непрерывные кривые с кусочно-линейной или сплайн-интерполяцией, массивы точек с погрешностями, гистограммы. На одном графике может быть представлено несколько зависимостей. Для каждого элемента графика могут быть заданы следующие графические атрибуты: цвет, тип, яркость линии. Важным понятием для пользователя системы PLOT является "файл изображения". Файл изображения содержит описание элементов поля служебной информации и поля данных, а также ссылки на файлы данных пользователя и описание их структуры. Файлы данных могут быть форматными и бесформатными, последовательного и прямого доступа. Такое разделение описания изображения и данных дает следующие возможности:

- формирование и редактирование файла изображения в диалоговом режиме;
- независимое изменение данных и структуры изображения;
- создание архива изображений.

Система SURF предназначена для графического анализа функций двух переменных. Если основной задачей PLOT является простое отображение данных, то SURF ориентирована именно на визуальный анализ функции в диалоговом режиме. Это связано с увеличением размерности пространства, в котором работает пользователь, а, следовательно, и с более широкими возможностями по графической интерпретации функций. Функция двух переменных может быть изображена в системе SURF в виде поверхности с удалением невидимых линий, набора сечений при фиксированных значениях аргументов, а также картой изолиний функции. При построении изображений все необходимые параметры выбираются по умолчанию, однако существует возможность детального описания изображения по аналогии с формированием файла изображения в системе PLOT.

В следующих разделах приводится описание режимов работы, структуры диалога и смысла параметров, которые используются при практической работе с системами. Приведенные примеры соответствуют работе на ЭВМ с операционной системой ОС РВ (RSX-11M).

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА С СИСТЕМОЙ PLOT

2.1. Режимы работы

Система может работать в следующих режимах:

1. IMAGE FILE CREATION - создание файла изображения.
2. IMAGE FILE DRAWING - отрисовка файла изображения.
3. IMAGE FILE EDITION - редактирование файла изображения.

Для работы с режимах 1-3 пользователь запускает задачи IMFIL, PLOT и IMEDI соответственно. Диалог ведется в виде ответов на запросы системы. Запросы имеют следующий вид:

**INPUT : /название параметра или вопрос/.
Значения параметров вводятся пользователем в свободном формате. Утвердительный ответ на вопрос -1, отрицательный - 0.

2.2. Создание файла изображения

Файлы изображения различаются по их спецификациям, которые задает пользователь /параметр IMAGE FILE SPECIFICATION/. Например: DK3:[5,2]RES1.PIC. Описание изображения в данном режиме состоит из последовательного описания поля служебной информации, поля данных и номера графического терминала. При этом в ходе диалога при описании элементов графика используются следующие однотипные параметры, задающие графические атрибуты:

- COLOUR - цвет линии. Кодировается тремя вещественными числами, которые задают смешение красного, зеленого и синего цветов соответственно. Например: 1.,0.,0. - красный; 1., 0.,1. - фиолетовый.
- LINE TYPE - тип линии. Кодировается целым числом: 1 - линия некоторой толщины S, 2 - линия толщины 2S, 3 - линия толщины 3S, 4 - штриховая линия, 5 - пунктирная линия, 6 - штрих-пунктирная линия.
- BRIGHTNESS - яркость линии. Кодировается вещественным числом от 0. до 1.
Конкретная реализация графических атрибутов зависит от характеристик используемых графических терминалов.

2.2.1. Описание поля служебной информации

Последовательно задаются следующие параметры:

- PLOT HEAD - заголовок графика, строка ≤ 80 символов.
- DX/DY RATIO - вещественное число, отношение общей длины изображения к высоте.
- MIN BOUND, MAX BOUND OF X AND Y - границы изменения аргумента и функции в единицах пользователя. Границы определяются автоматически по массивам данных, если заданы значения 0, 0, 0, 0, или пользователь ответил утвердительно на вопрос 'AUTOMATIC BOUNDS DEFINITIONS?'
- NAME OF AXIS - название оси, строка ≤ 80 символов.
- STEP ON AXIS X, FORMAT, NUMBER OF SEGMENTS IN STEP - шаг разметки оси большими делениями в единицах пользователя, формат фортрана для подписи значений переменной под большими делениями, количество мелких делений внутри шага разметки. Формат кодируется двумя целыми числами по следующему правилу: In-n,0; Fn.m-n,m; En.m-n,-m. Например: формат E11.4 кодируется как 11,-4; I7 - как 7,0. Для построения оси без разметки задаются значения: 0 0 0 0.

Для заголовка графика и осей пользователь задает описанные выше графические атрибуты.

2.2.2. Описание поля данных

В поле данных могут быть расположены следующие элементы:

- GRID - координатная сетка, проходящая через большие деления разметки осей.
- CURVE - непрерывная кривая, проведенная через заданный набор точек.
- POINT ARRAY WITH ERRORS - массив точек с заданными погрешностями функции.
- HISTOGRAM - гистограмма.

Перед описанием поля данных указывается количество элементов каждого типа.

Общее количество элементов в поле данных ≤ 40 .

Количество точек в массивах данных ≤ 300 /для одной кривой, массива точек с погрешностями и т.п./.

При описании элементов поля данных используются однотипные параметры:

- NUMBER OF POINTS IN ARRAYS - количество точек в исходных массивах данных.
- SELECTION STEP - шаг выборки значений из исходных массивов данных.

а/ Непрерывная кривая. Задаются дополнительные параметры:

- INTERPOLATION TYPE - тип интерполяции кривой: 1 - линейная интерполяция, 2 - интерполяция параметрическим кубическим сплайном. Описываются два файла данных с массивами X /аргумент/ и Y /функция/ /см.2.2.3/.

б/ Массив точек с заданными погрешностями функции. Описывается три файла данных с массивами X, Y, EY /погрешности функции в точках /X, Y//.

в/ Гистограмма. Задается дополнительный параметр:

- INITIAL X - начальное значение аргумента для размещения гистограммы. Ширина столбца гистограммы равна шагу разметки оси X. Описывается один файл данных со значениями Y. Для каждого элемента поля данных пользователь задает графические атрибуты.

2.2.3. Описание файлов данных

- FILE SPECIFICATION - спецификация файла, в котором находится массив данных.
- TYPE OF FILE - тип файла, принимает значения: FS - форматный последовательный файл, US - бесформатный последовательный файл, UD - бесформатный файл прямого доступа,

а/ Форматный последовательный файл. Задается параметр:

- FORMAT OF DATA - формат Фортрана, по которому записан массив данных в файле /кроме формата I/. Например: IOF8.3.

б/ Бесформатный последовательный файл. Дополнительные параметры не используются. Массив данных вводится как одна бесформатная единица записи.

в/ Бесформатный файл прямого доступа. Задаются параметры:

- QUANTITY OF RECORDS, RECORD LENGTH, START RECORD NUMBER - количество записей в файле, длина записи в словах, номер записи, содержащей массив данных. Массив вводится как одна бесформатная единица записи.

2.2.4. Задание номера графического терминала

Для задания номера графического терминала используется параметр:

- GRAPHIC UNIT NUMBER.

Значение 0 определяет, что номер терминала будет задан пользователем при отрисовке файла изображения. Соответствие между номером графического терминала и конкретным устройством задается для данной технической конфигурации при постановке системы.

2.3. Отрисовка файла изображения

Для построения изображения задается спецификация файла изображения. После построения изображения возможно задание окна на плоскости XY для просмотра участка графика /режим WINDOW/, переход к другому графическому устройству /режим NEXT GRAPHIC UNIT/ и к другому файлу изображения /режим NEXT FILE/. В режиме WINDOW задаются границы по аргументам X и Y, причем необходимо точно задавать границы по Y, иначе возможен выход кривых за границы изображения.

2.4. Редактирование файла изображения

Для редактирования изображения задается спецификация файла изображения. Редактирование состоит в последовательном просмотре и изменении параметров поля служебной информации и поля данных. Выбор параметров для изменения производится по их номеру в данном системой меню /запрос 'NUMBER OF PARAMETER'/ . Выход из режима редактирования поля служебной информации производится по вопросу: 'WILL YOU CHANGE SOME PARAMETERS OF SERVICE INFORMATION?' Выход из редактирования поля данных - по вопросу: 'WILL YOU CHANGE PARAMETERS OF GRID, CURVES, ETC.?' , либо по запросу: '0 - EXIT, 1 - CONTINUE' при вводе значения 0 после просмотра параметров очередного элемента поля данных.

После просмотра всех элементов поля данных существует возможность добавления новых элементов /вопрос 'WILL YOU ADD GRID,

CURVES, ETC.?!//. При утвердительном ответе система входит в режим описания поля данных, аналогичный описанию поля данных при создании файла изображения.

2.5. Рабочие характеристики системы

Приведенные характеристики соответствуют версии системы для CM-4 с операционной системой ОС РВ (RSX-11M). Объем загрузочных модулей /в блоках/: IMFIL - 58, IMEDI - 79, PLOT - 193.

Задача PLOT имеет оверлейную структуру из 28 подпрограмм. Объем занимаемой оперативной памяти /в ксловах/: IMFIL - 15, IMEDI - 20, PLOT - 32.

Объем файла изображения составляет в среднем 4 блока. Время счета до начала отрисовки /получение выходного терминального протокола/ для изображений, приведенных в приложении, при монопольной работе на CM-4 составляет 6-12 с. Время собственного построения изображения существенно зависит от используемого графического устройства. Например, для цветного монитора, подключенного к CM-4 через модуль КАМАК КИ029, оно составляет 5-14 с.

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА С СИСТЕМОЙ SURF

3.1. Режимы работы

Система SURF предназначена для графического анализа табулированной функции двух переменных в диалоговом режиме. Система обеспечивает представление функции в виде поверхности с удалением невидимых линий, набора сечений функции при фиксации одного из аргументов, карты линий равного уровня.

Диалог осуществляется в виде ответов на запросы системы.

Запросы имеют вид:

**INPUT: /название параметра или вопрос/. Необходимые параметры вводятся пользователем в свободном формате, утвердительный ответ на вопрос - 1, отрицательный - 0.

Запуск системы: RUN SURF.

После запуска система переходит в режим ввода матрицы исходных данных. После ввода матрицы выдается меню для перехода в один

из следующих режимов:

- | | |
|-----------------------|--------------------------------------|
| 1. SURFACE | - построение изображения поверхности |
| 2. VERTICAL SECTION | - построение вертикальных сечений |
| 3. HORIZONTAL SECTION | - построение горизонтальных сечений |
| 4. NEXT MATRIX | - ввод матрицы исходных данных |
| 5. EXIT | - завершение работы системы. |

после выхода из режимов 1-3 система возвращается к этому же меню. Построение изображения в режимах 1-3 производится после задания параметра:

- GRAPHIC UNIT NUMBER - номер графического терминала. Затем возможно построение полученного изображения на другом графическом терминале /вопрос 'NEXT GRAPHIC UNIT?'/.

3.2. Исходные данные

Система позволяет анализировать табулированную функцию двух переменных $F(X,Y)$, представленную в виде матрицы значений функции в узлах регулярной прямоугольной сетки на плоскости аргументов. Если $X_1 \leq X \leq X_2, Y_1 \leq Y \leq Y_2$ - заданная область определения функции, D - матрица значений функции, KL и KC - количество строк и столбцов матрицы D , то должны выполняться следующие условия:

$$D(1,1) = F(X_1, Y_2); D(1, KC) = F(X_2, Y_2); D(KL, 1) = F(X_1, Y_1); \\ D(KL, KS) = F(X_2, Y_1); KL * KC \leq 400.$$

Матрица значений должна быть записана по столбцам в файл последовательного доступа в одном из форматов фортрана F или E.

3.3. Ввод матрицы исходных данных

Используются параметры:

- MATRIX FILE SPECIFICATION - спецификация файла, в котором записана матрица исходных данных, например:
- NUMBER OF LINES, NUMBER OF COLUMNS - количество строк и столбцов матрицы.
- DATA FORMAT OF MATRIX FILE - формат, по которому записаны данные в файле. Например: SE14.7.

Если во время считывания матрицы возникла ошибка, выдается сообщение: '**ERROR DURING MATRIX READ'.

При нормальном вводе матрицы выдается сообщение:

'**MATRIX IS SUCCESSFULLY READ'.

Затем выдаются минимальное и максимальное значения функции в матрице в виде:

**MIN AND MAX BOUND OF FUNCTION:

/минимальное значение/ /максимальное значение/.

Пользователь задает область определения функции, на которой вычислялась матрица значений. Параметры:

- 1 MIN AND MAX BOUND OF ARGUMENT X;
- 2 MIN AND BOUND OF ARGUMENT Y - минимальное и максимальное значения аргументов X и Y соответственно.

3.4. Построение изображения поверхности

Используются параметры:

- ANGLES A AND B - углы, задающие положение поверхности относи-

тельно наблюдателя. Угол A задает поворот поверхности по часовой стрелке вокруг вертикальной оси, проходящей через элемент матрицы $D(1,1)$ - "поворот влево" для наблюдателя. Угол B задает поворот поверхности против часовой стрелки вокруг горизонтальной оси - "поворот на наблюдателя". Углы A и B измеряются в градусах. Должно выполняться условие $0 \leq A, B \leq 90$. В исходном положении $A=0, B=0$. Последовательное задание нескольких положений поверхности - вопрос 'NEXT ANGLES?' Возможно построение изображения части поверхности - вопрос 'PART OF MATRIX?'
Параметры: -INDEXES OF BOUND LINES; - INDEXES OF BOUND COLUMNS - индексы начальной и конечной строки, начального и конечного столбца, ограничивающих выбранный участок матрицы.

3.5. Построение вертикальных сечений

Под вертикальным сечением функции $F(X,Y)$ понимается сечение, полученное в результате фиксации значения одного из аргументов X или Y . Выбор вида сечений производится по запросу '1 - FIXED X, 2 - FIXED Y', где ввод 1 означает выбор сечений по аргументу X , 2 - по аргументу Y . Используются параметры:

- NUMBER OF SECTIONS - количество сечений, которые необходимо построить / ≤ 20 /.
- VALUE OF FIXED ARGUMENT FOR i SECTION - значение фиксируемого аргумента в i -ом сечении. Значение параметра запрашивается в цикле для заданного количества сечений.

При построении сечения производится линейная интерпретация функции. Построенные сечения оформляются как набор графиков функций одной переменной в осях $X, F(X)$ или $Y, F(Y)$. Возможно более детальное описание полученного изображения. Например, в целях документирования - вопрос 'LET'S DESCRIBE PICTURE CORRECTLY?' /см.3.7/.

3.6. Построение горизонтальных сечений

Под горизонтальным сечением функции $F(X,Y)$ или линией уровня понимается сечение, полученное в результате фиксации некоторого значения функций. Используются параметры:

- NUMBER OF SECTIONS - количество сечений, которые необходимо построить / ≤ 20 /.
- FUNCTION VALUE FOR i SECTION - фиксируемое значение функции в i -ом сечении. Значения параметра запрашиваются в цикле для заданного количества сечений. При построении сечения производится линейная интерполяция функций. Построенные сечения оформляются как набор плоских кривых в осях X, Y . Возможно более детальное описание полученного изображения /см.3.7/.

3.7. Описание изображения сечения

Изображение сечений разбивается на два поля: поле служебной информации и поле данных. В поле служебной информации располагаются заголовки, размеченные оси и названия осей. В поле данных расположены кривые - сечения функции, а также может быть расположена координатная сетка. Все изображение описывается набором параметров, значения которых первоначально приняты по умолчанию. В режиме детального описания изображения пользователь задает последовательно параметры поля служебной информации и поля данных, аналогично параметрам, используемым в системе PLOT /см.2.3/.

3.8. Рабочие характеристики системы

Приведенные характеристики соответствуют версии системы для СМ-4 с операционной системой ОС РВ (RSX-11M). Объем загрузочного модуля - 294 блока. Система имеет оверлейную структуру из 50 подпрограмм. Занимаемая оперативная память - 32 кслов. Среднее время счета до начала отрисовки /построение выходного терминального протокола/ для изображений, приведенных в приложении, с матрицей исходных данных размерностью 20×20 , при монопольной работе на СМ-4, составляет:

- поверхность с удалением невидимых линий - 14 с;
- вертикальное сечение τ 4 с;
- карта изолиний - 20 с.

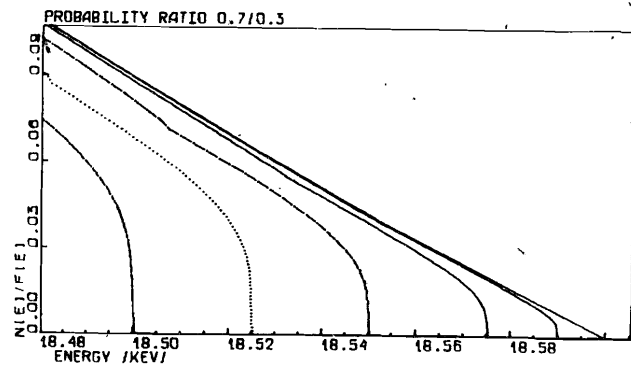
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время представленные системы реализованы на ЭВМ СМ-4 с операционными системами ОС РВ (RSX-11M) и РАФОС (RT-11). Ведется их адаптация к микро-ЭВМ "Электроника-60". Системы PLOT и SURF используются в МИФИ, ОИЯИ и ИЯИ АН УССР в обработке и анализе экспериментальных данных, при проведении вычислительных экспериментов, в проектировании электрофизических установок, а также при организации информационного обслуживания научных исследований.

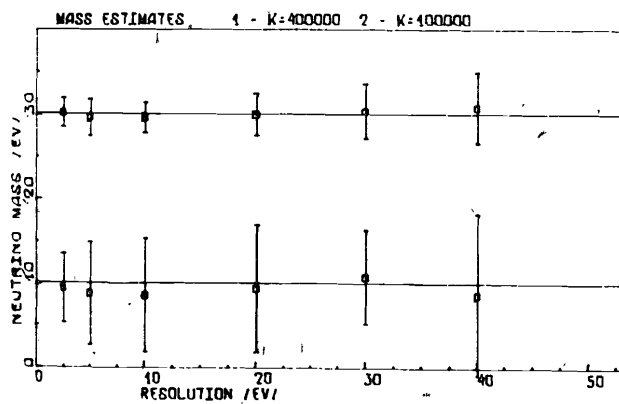
В заключение авторы хотели бы выразить благодарность С.К.Васильеву, А.А.Зубцу, В.И.Третьяку и Н.В.Хомутову за помощь в написании драйверов конкретных графических терминалов.

ПРИЛОЖЕНИЕ

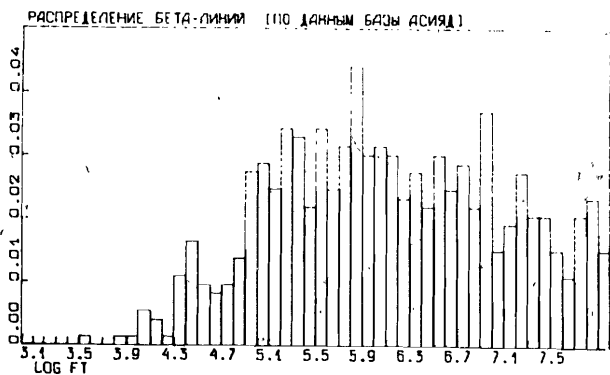
Рисунки получены с помощью систем PLOT и SURF на аналоговом графопостроителе, подключенном к СМ-4 через модуль КАМАК КИ027.



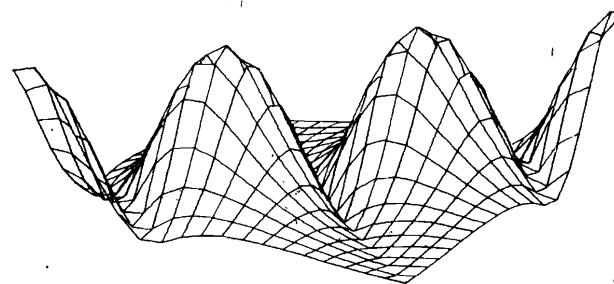
a/



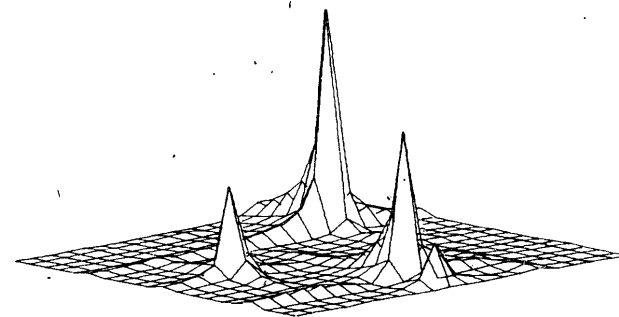
б/



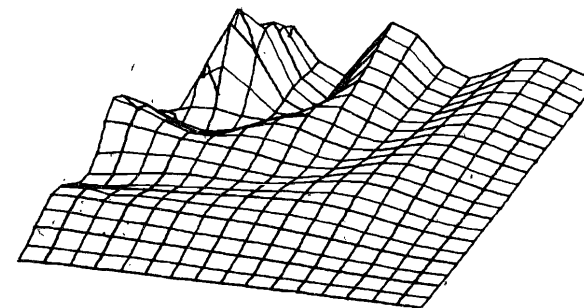
в/



a/



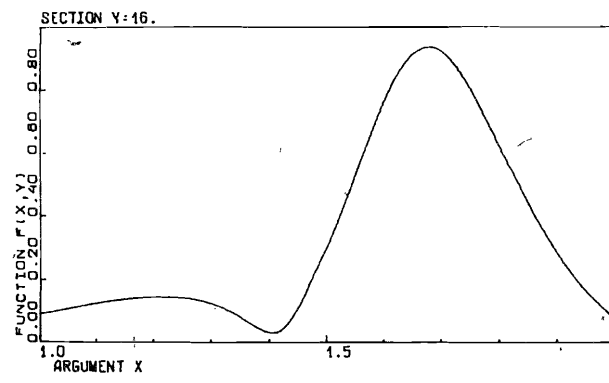
б/



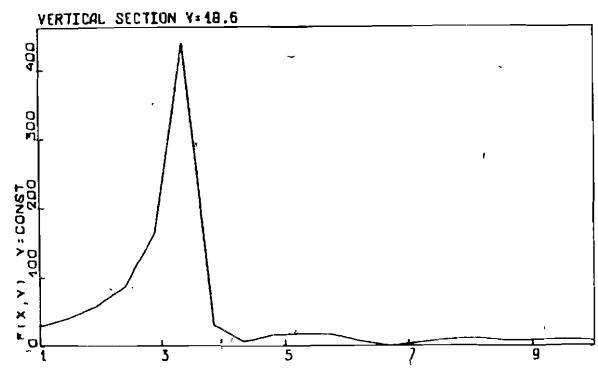
в/

Рис.1. Функции одной переменной.

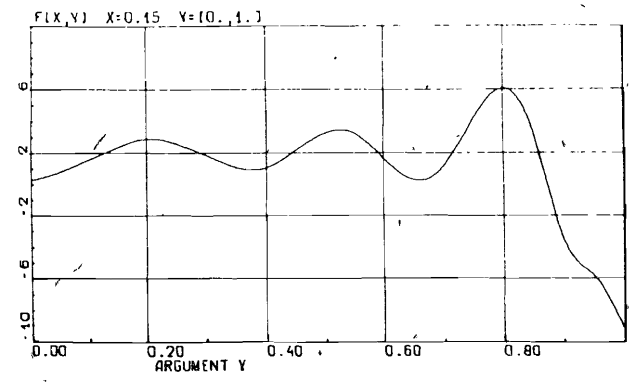
Рис.2. Функции двух переменных в виде поверхности.



a/

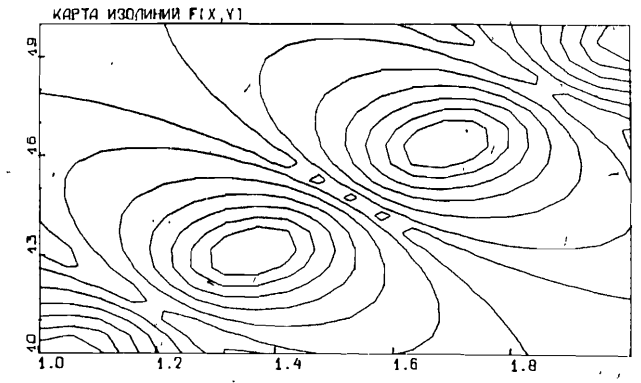


б/

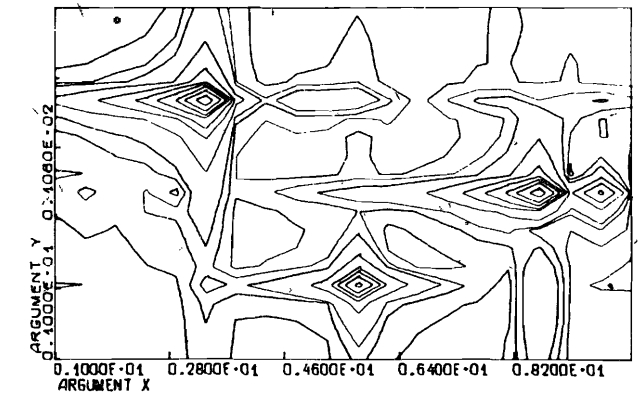


в/

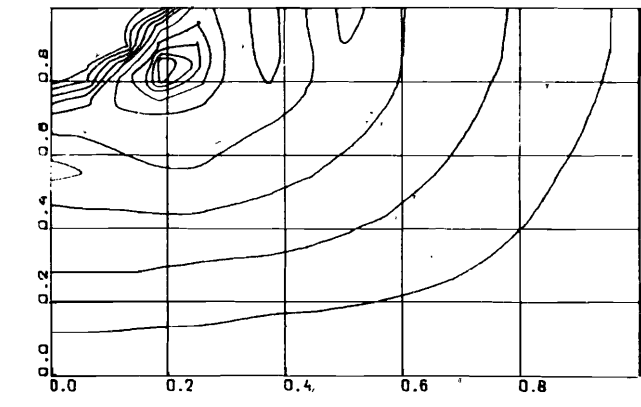
Рис.3. Вертикальные сечения функций двух переменных рис.2.



а/



б/



в/

Рис.4. Карта изоляций функций двух переменных рис.2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баяковский Ю.М., Галактионов В.А., Михайлова Т.Н. ГРАФОР: комплекс графических программ на ФОРТРАНе. ИПМ АН СССР им.М.В.Келдыша, М., 1983.
2. Клименко С.В., Кочин В.Н., Самарин А.В. УСИМ, 1983, №3, с.104-109.
3. Miller R. GD 3 - CERN Computer Program Library Long Write-Up. CERN J510, Geneva, May 1976.
4. Колобашкин В.М. и др. В сб.: Проблемы информационных систем. МЦНТИ, М., 1983, №3, с.3-7.
5. Аджиев В.Д. и др. ОИЯИ, P10-85-116, Дубна, 1985.

В Объединенном институте ядерных исследований начал выходить сборник "*Краткие сообщения ОИЯИ*". В нем будут помещаться статьи, содержащие оригинальные научные, научно-технические, методические и прикладные результаты, требующие срочной публикации. Будучи частью "*Сообщений ОИЯИ*", статьи, вошедшие в сборник, имеют, как и другие издания ОИЯИ, статус официальных публикаций.

Сборник "*Краткие сообщения ОИЯИ*" будет выходить регулярно.

The Joint Institute for Nuclear Research begins publishing a collection of papers entitled *JINR Rapid Communications* which is a section of the JINR Communications and is intended for the accelerated publication of important results on the following subjects:

Physics of elementary particles and atomic nuclei.
Theoretical physics.
Experimental techniques and methods.
Accelerators.
Cryogenics.
Computing mathematics and methods.
Solid state physics. Liquids.
Theory of condensed matter.
Applied researches.

Being a part of the JINR Communications, the articles of new collection like all other publications of the Joint Institute for Nuclear Research have the status of official publications.

JINR Rapid Communications will be issued regularly.



Рукопись поступила в издательский отдел
1 марта 1985 года.