

УДК 681.3:517.53:518:517.944/.947

СИСТЕМА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ РАЗНОСТНЫХ СЕТОК
В РЕЖИМЕ ДИАЛОГА

А.В. Профеев, В.Л. Катков

При решении задач математической физики (например, уравнений Лапласа, Пуассона, задач теории упругости, газовой динамики и т.п.) в двумерных криволинейных областях очень важным является вопрос о подборе разностной сетки. Для построения таких сеток существует много алгоритмов, один из которых описан в [1]. Расстановка граничных узлов и подбор сетки внутри области зачастую требуют многократных повторных расчетов для подбора оптимального варианта.

В статье описывается диалоговая графическая система СЕТКА, которая полностью автоматизирует процесс построения сеток.

Система предоставляет пользователю следующие возможности:

- задавать в режиме диалога на экране графического дисплея двумерные области произвольной формы;
- расставлять граничные узлы по любому закону;
- проводить расчет сеток;
- управлять процессом построения сеток в режиме диалога;
- выводить на графопостроитель окончательный или промежуточный результаты.

Система СЕТКА функционально состоит из четырех блоков: управления диалогом между пользователем и ЭВМ, рисования, счета сеток и организации данных.

Блок управления диалогом (монитор) управляет всем процессом работы системы. Он по требованию пользователя инициализирует систему, вызывает тот или иной блок системы, сообщает пользователю список ("меню") его возможных действий, информирует его об ошибках.

Инициализация системы состоит в подключении к системе графического дисплея ЕС-7064, высвечивании на экране начального "меню" действий пользователя и инициализации структуры данных.

Диалог системы с пользователем осуществляется с помощью световых кнопок [2], функциональной и алфавитно-цифровой клавиатур дисплея. С каждой световой кнопкой или функциональной клавишей связаны определенная подпрограмма или набор подпрограмм, которые включаются в работу при нажатии на соответствующую кнопку. "Меню" световых кнопок состоит только из тех, которые в данный момент доступны пользователю. Это позволяет уменьшать число ошибок при работе с пользователем и увеличить скорость диалога с ним.

Диалог с пользователем осуществляется в двух режимах: первый - это режим, при котором система ждет акта пользователя, второй - система проверяет, был ли акт от пользователя, и в зависимости от этого либо передает управление на нужную подпрограмму, либо продолжает дальнейшую работу, связанную, например, с обработкой последнего акта пользователя. Первый режим используется, например, в блоке рисования, второй - в блоке организации данных.

Первоначальное "меню" состоит из четырех кнопок: "ввод", "ристра", "счет" и "конец". По первой кнопке осуществляется ввод координат граничных узлов сетки, по второй - вызывается блок рисования границ, по кнопке "счет" передается управление на блок счета сеток, по четвертой - система заканчивает свою работу.

Б л о к р и с о в а н и я. При входе в блок рисования на экране дисплея высвечиваются оси координат, которые задаются при инициализации системы, а также новое световое "меню" кнопок: "левая", "правая", "нижняя", "верхняя", "контра" (конец границ). При нажатии одной из первых четырех кнопок система переходит в состояние рисования одной из названных границ; при нажатии на кнопку "контра" система заканчивает рисование границ области, и управление передается на монитор.

Рисование границ области осуществляется с помощью метода "резиновой нити" [2], который позволяет пользователю визуально выбирать положение следующего граничного узла. Метод "резиновой нити" реализуется с помощью рисовального рычага (джойстика). Рисование с помощью джойстика удобнее по сравнению с пером, так как, во-первых, джойстиком легче перемещать по экрану светящуюся точку, во-вторых, изображение резиновой нити не "срывается", как в случае с пером, в-третьих, рисовальный рычаг может работать в двух режимах: быстром и точном. Быстрый режим позволяет быстро переводить рычаг

из одной точки экрана в другую, а точный режим — выбрать точку с точностью до одного раstra (0,25 мм) в системе координат дисплея. Фиксация выбранной пользователем точки осуществляется с помощью функциональной клавиатуры, которая вместе с джойстиком располагается на панели дисплея. При фиксации точки на экран дисплея выводятся координаты этой точки в системе координат, заданной пользователем.

Редактирование нарисованных границ осуществляется с помощью функциональной клавиатуры и светового пера. Система позволяет производить следующий набор операций: стирание последнего заведенного граничного узла или граничных узлов, нарисованных после узла, указанного пользователем с помощью светового пера; стирание всей заданной границы; изменение некоторого указанного узла. Этого достаточно для эффективного рисования областей произвольной конфигурации.

Конец рисования любой из границ осуществляется нажатием на определенную функциональную клавишу, которая посылает накопленные координаты узлов в блок организации данных, где они переводятся в систему координат пользователя и рассылаются по нужным местам.

При рисовании границы осуществляется проверка правильности действий пользователя: совпадает ли число точек на противоположных границах, рисовалась ли ранее данная граница и т.д., а также выводятся различные диагностические сообщения.

Блок счета сеток. Основу этого блока составляет алгоритм расчета координат внутренних узлов сетки, описанный в [3]. Алгоритм представляет собой итерационный процесс нахождения минимума некоторого функционала, причем нет необходимости точно решать эту задачу, так как регулярные сетки получаются, как правило, значительно раньше. Визуальное наблюдение итераций на экране дисплея в режиме видеоманитофона позволяет определить момент, когда сетка получилась уже достаточно удовлетворительной. Система может прекратить итерации автоматически по достижении заданной точности или по выполнении определенного количества шагов.

Качество получаемых сеток зависит от расстановки узлов вдоль границ. Поэтому редактирование узлов сетки в процессе счета играет важную роль. Порядковый номер редактируемого узла задается с алфавитно-цифровой клавиатуры в виде номера узла (i, j) , равного номерам левой и нижней узловых линий границ. После этого с помощью джойстика устанавливаются новые координаты узла, и счет либо продолжается, либо начинается сначала. Новые координаты уз-

ла можно задать и с помощью алфавитно-цифровой клавиатуры. Идентификация редактируемого узла осуществляется также с помощью джойстика, тогда в качестве редактируемого узла берется ближайшая точка.

Для фиксации какой-либо узловой линии сетки (внутренняя граница области) пользователь может задать в процессе счета неподвижные точки. Идентификация точки проводится как и в случае редактирования.

При входе в блок счета сеток на экране дисплея высвечивается световое "меню": "начпри" (начальное приближение), "счет", "стоп", "редактор", "непод тчк" (неподвижные точки), "выход", "фильм".

При нажатии на световую кнопку "начпри" система автоматически задает начальное приближение для координат внутренних узлов как среднее арифметическое от соответствующих значений на границах.

Кнопка "счет" вызывает итерационный алгоритм. Каждая итерация выводится на экран дисплея, получается почти непрерывный фильм.

При нажатии на кнопку "стоп" происходит останов работы алгоритма после очередной итерации, и система ждет от пользователя дальнейших указаний.

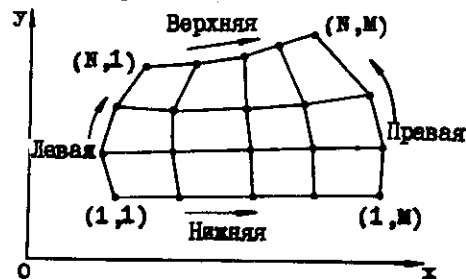


Рис. I

Кнопка "редактор" переводит систему в состояние редактирования. На экране дисплея загорается новое световое "меню": "джойстик", "координаты", "конец". При указании на первую кнопку на экран выводится метка, по прерыванию джойстика (кнопка ПРЕР)

определяется редактируемый узел. Вторая кнопка позволяет вводить порядковые номера редактируемого узла по осям x и y . Направление отсчета указано на рис. I.

Кнопка "конец" переводит систему в состояние "счета" сетки.

При нажатии на кнопку "непод тчк" система переходит в состояние редактирования, отличное от предыдущего только тем, что координаты редактируемых точек не будут изменяться при дальнейшем счете.

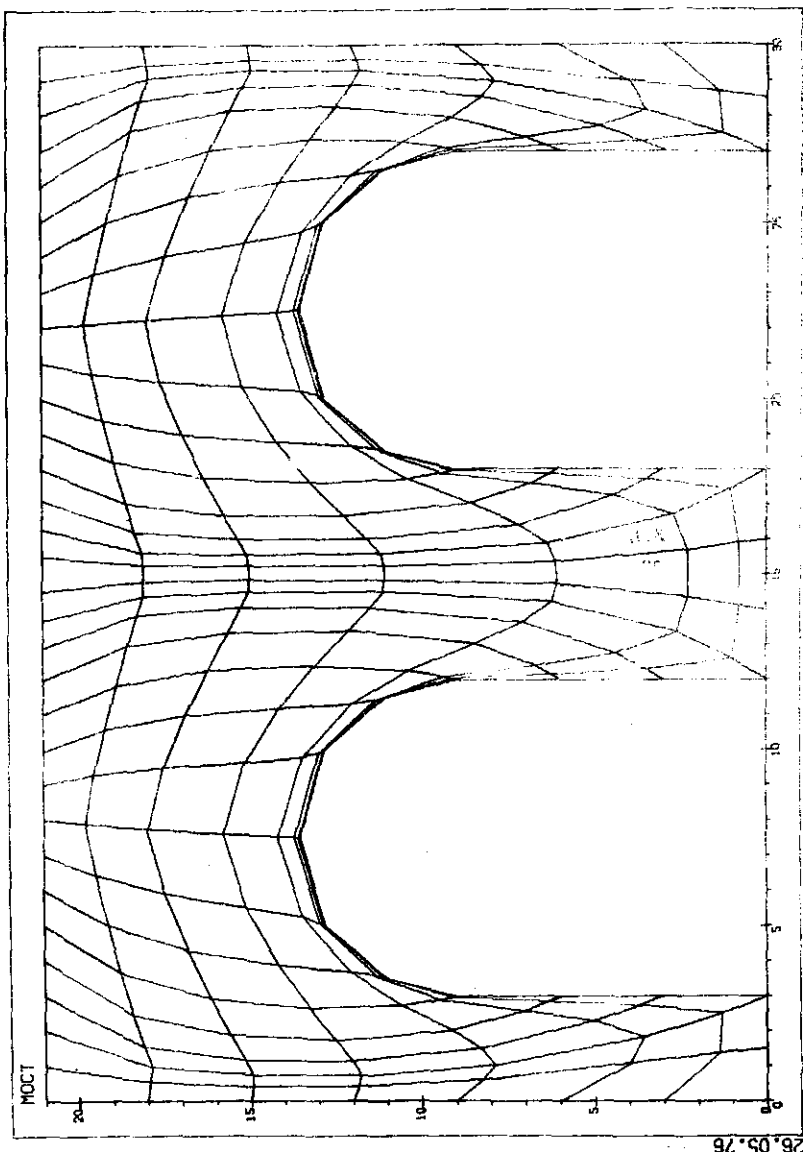


Рис. 2. Пример построения сетки.

Кнопка "фильм" переводит систему в новое состояние "съемки фильма". В этом состоянии к графическому дисплею ЕС-7064 можно подключить регистрирующую фотокамеру РЖК-5, которая автоматически отснимет каждую итерацию на пленку 35 мм (размер кадра 18x24). Отснятый фильм можно просмотреть на любой стандартной киноустановке. Возврат в состояние "счета" осуществляется с помощью функциональной аппаратуры.

Кнопка "выход" вызывает монитор системы.

Блок организации данных представляет собой набор подпрограмм, осуществляющих следующие операции: перевод данных, которые поступают от дисплея, в систему координат пользователя и обратно; распределение поступающих данных по соответствующим массивам; хранение данных (например, координаты узлов и т.п.); контроль при обработке данных вместе с клапированием.

Система СЕТКА написана на языке ФОРТРАН-ДУБНА и базируется на пакет графических программ ДИГФОР, созданных в Новосибирском филиале Института точной механики и вычислительной техники АН СССР специально для диалоговой работы с графическим дисплеем ЕС-7064 в рамках операционной системы ОС ИПМ на ЭВМ БЭСМ-6. Система работает также с графопостроителями ЕС-7061 и ЕС-7052.

Объем системы, включая некоторые программы ДИГФОРА, составляет примерно 1500 строк на языке ФОРТРАН.

Построение сетки для области 20x20 точек занимает примерно 20-25 мин, из них задание граничных узлов в режиме диалога требует 15-20 мин. Пример сетки приведен на рис.2.

Предлагаемая система используется не только самостоятельно, но может являться компонентой более сложных пакетов прикладных программ математической физики. Например, в настоящее время эта система включается в пакет задач электронной оптики и пакет задач теории упругости.

Л и т е р а т у р а

1. БЕЛИНСКИЙ П.П., ГОДУНОВ С.К., ИВАНОВ Ю.Б., ЯНЕНКО И.К. Применение одного класса квазиконформных отображений для построения разностных сеток в областях с криволинейными границами. - "Журнал числит. математики и мат. физики", 1975, т.15, № 6.

2. НЬЮМЕН У., СПРУЛЛ Р. Основы интерактивной машинной графики. М., "Мир", 1976.

3. ИВАНОВ Ю.Б., ЯНЕНКО И.К. Построение сетки в области с криволинейными границами. - В кн.: Типовые программы решения задач математической физики. Новосибирск, 1976. (АН СССР. Сб. отл.-ие. ВП. Математическое обеспечение ЭВМ.)

Поступила в ред.-изд.отд.
23 июня 1977 года