

И.А. Лисицын

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА В СИСТЕМЕ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИЕРАРХИЧЕСКИХ ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ¹

1. ВВЕДЕНИЕ

Графовые модели традиционно считаются наиболее адекватным и наглядным способом представления структурированной информации. Для эффективного применения этих моделей на практике необходимо наличие хороших инструментальных средств их визуализации и обработки. Анализ существующих на сегодняшний день средств визуализации графов [1] показывает, что важными характеристиками системы визуализации являются удобный пользовательский интерфейс и наличие функций, позволяющих пользователю легко ориентироваться в структуре визуализируемого объекта, а также функций, автоматизирующих процесс редактирования.

Настоящая статья посвящена организации пользовательского интерфейса в системе Nigres, являющейся визуализатором и редактором иерархических графов. Точное определение иерархических графов и других понятий, связанных с ними, можно найти в [2]. Различным вопросам визуализации иерархических графов посвящены работы [4–7]. Подробное описание системы Nigres содержится в [8,9], а также в [3], где также описана организация графического вывода в системе.

2. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ГРАФА

Для визуализации иерархической структуры графа в системе применяется следующий подход. Каждый фрагмент графа связан с отдельным окном, которое можно открыть внутри главного окна системы. Окна фрагментов можно открывать и закрывать по мере необходимости. Обозревая фрагмент в окне родительского фрагмента, можно с помощью двойного щелчка левой кнопки мыши открыть окно данного фрагмента.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 00-07-90296) и Министерства образования РФ.

На рис. 1 показано окно системы, содержащее несколько окон фрагментов. Среди этих фрагментов есть как открытые, так и закрытые. Масштаб изображения в каждом окне выбирается произвольно. Таким образом, с помощью открытия дополнительных окон можно обозреть структуру графа на нескольких уровнях абстракции.

3. РЕЖИМЫ ПРОСМОТРА И РЕДАКТИРОВАНИЯ ГРАФА

Просмотр и редактирование графа в системе Higras происходит в двух различных режимах, что позволяет предоставить пользователю максимально удобный интерфейс для того вида работы с системой, который интересует его в данный момент.

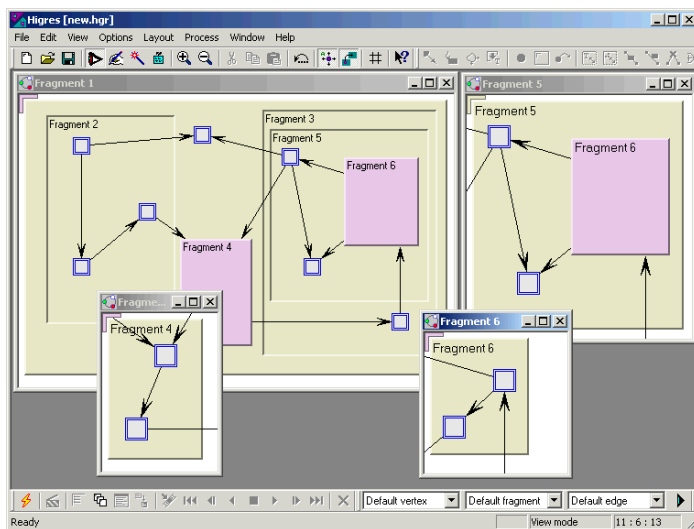


Рис. 1. Визуализация иерархической структуры графа

В режиме просмотра пользователю доступны следующие функции:

- просмотр графа в окнах фрагментов;
- прокручивание изображения фрагмента с помощью линеек прокрутки окна фрагмента, клавиш со стрелочками или “перетаскивания” мышью;

- изменение масштаба изображения с помощью клавиш “+” и “-” или соответствующих пунктов главного меню;
- открытие и закрытие фрагментов с помощью выбора соответствующих команд из меню, всплывающего при нажатии правой кнопки мыши на изображении фрагмента;
- открытие окна фрагмента с помощью двойного щелчка мышью на изображении данного фрагмента в окне внешнего фрагмента;
- все прочие операции, доступные через меню и панели инструментов системы.

В режиме редактирования графа пользователь может производить любые изменения структуры графа и его расположения на плоскости. В данном режиме также доступны почти все функции просмотра, кроме перетаскивания изображения мышью. Данная функция мыши используется для выделения элементов графа и перемещения выделенных частей.

Для того чтобы выделить один объект или группу объектов, пользователь нажимает левую кнопку мыши и, удерживая ее в нажатом состоянии, перемещает курсор. Точка, в которой произошло нажатие кнопки, и текущее положение курсора задают два противоположных угла прямоугольника, с помощью которого происходит выделение. Когда пользователь отпускает кнопку мыши и координаты данного прямоугольника фиксируются, выделяются все вершины, дуги и закрытые фрагменты, части изображений которых оказываются внутри прямоугольника.

Если при выполнении данной процедуры удерживать в нажатом состоянии клавишу “Shift”, то вновь выделенные объекты добавятся к уже имеющемуся выделению. Если удерживать клавишу “Control”, то произойдет инвертирование выделенного состояния данных объектов.

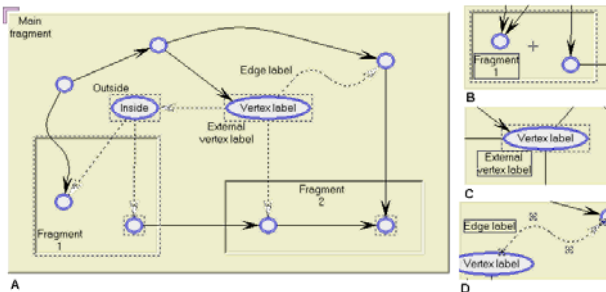


Рис. 2. Режим редактирования

Можно выделить (или добавить к выделению) один объект, для чего достаточно щелкнуть левой кнопкой мыши на его изображении. Заметим, что это единственный способ выделения открытых фрагментов, которые нельзя выделить вместе с группой других объектов. Для выделения одной дуги нужно щелкнуть левой кнопкой мыши рядом с линией дуги.

Набор операций редактирования, которые пользователь может производить с выделенными объектами, зависит от того, выделен ли один объект или несколько, и если один, то какой именно (вершина, фрагмент или дуга). На рис. 2 показаны случаи выделения нескольких различных объектов (А), одного фрагмента (В), одной вершины (С) и одной дуги (D).

Если выделена одна вершина, пользователь может производить следующие операции:

- перемещать вершины с помощью перетаскивания мышью;
- изменять размеры вершины с помощью перетаскивания мышью границы вершины;
- перемещать внешний текст метки. При выделении одной вершины внешний текст метки этой вершины окаймляется прямоугольником. Этот прямоугольник можно вращать вокруг вершины с помощью мыши;
- удалять вершину (с помощью всплывающего меню);
- добавлять в граф дугу, начинающуюся в данной вершине. Для выполнения этой операции нужно сначала выбрать соответствующий пункт всплывающего меню, а затем щелчками правой кнопки мыши последовательно отметить на экране все точки сгиба добавляемой дуги и ее конечную вершину.

Если выделен один фрагмент, пользователь может производить следующие операции:

- перемещать фрагмент с помощью перетаскивания мышью; при этом все вершины, фрагменты и сгибы дуг, лежащие внутри фрагмента, перемещаются вместе с ним; таким образом, изображение графа внутри фрагмента не изменится;
- изменять размер прямоугольника фрагмента с помощью перетаскивания границы фрагмента (только для открытых фрагментов);
- перемещать метку открытого фрагмента вдоль границы фрагмента (аналогично перемещению внешней метки вершины);

- разворачивать фрагмент (удалять с сохранением содержимого фрагмента, которое автоматически переходит во внешний по отношению к данному фрагмент);
- удалять фрагмент вместе со всем его содержимым (рекурсивное удаление);

Если выделена одна дуга, пользователь может производить следующие операции:

- перемещать точки сгиба дуги с помощью мыши; точки сгиба при выделении одной дуги помечаются перекрестиями;
- перемещать точки входа дуги в инцидентные вершины вокруг каемки вершины;
- перемещать текст метки дуги вдоль линии дуги;
- удалять точку сгиба дуги; данная команда добавляется в всплывающее меню, если щелкнуть правой кнопкой мыши около точки сгиба;
- вставлять в дугу новую точку сгиба; вставка происходит между теми точками сгиба, где произошло нажатие правой кнопки для вызова всплывающего меню;
- ориентировать дугу по центру инцидентной вершины;
- ортогонально ориентировать дугу по отношению к инцидентной вершине;
- удалять дугу.

При выделении одного объекта независимо от его вида доступны также следующие операции:

- редактирование значений меток с помощью специального блока диалога;
- изменение типа; при этом, естественно, значения меток объекта утрачиваются.

При выделении произвольной группы объектов пользователь также может:

- перемещать выделенную группу с помощью мыши;
- производить операции Cut/Copy/Paste;
- пользоваться рядом дополнительных функций.

Кроме того, независимо от наличия выделенных объектов в режиме редактирования пользователь может выбрать из всплывающего меню следующие команды.

- Создание вершины. После выбора данной команды нужно выделить мышью окаймляющий прямоугольник новой вершины, и она будет добавлена в граф.
- Создание фрагмента. Как и в случае с добавлением вершины, после выбора данной команды необходимо выделить окаймляющий прямоугольник фрагмента. Если в этот прямоугольник попадут некоторые вершины и фрагменты, они будут принадлежать созданному фрагменту.
- Создание вершины и идущей из нее дуги. Выполнение данной команды эквивалентно последовательному выполнению добавления вершины и, далее, добавления дуги, выходящей из этой вершины.

При создании, перемещении и изменении размеров объектов пользователь может применять прямоугольную сетку для выравнивания положения объектов. Для активирования сетки следует в процессе редактирования удерживать клавишу “Control” в нажатом состоянии.

Перед созданием новых объектов необходимо выбрать тип объекта с помощью панели инструментов “Types”. Данная панель содержит три элемента списка для выбора текущего типа вершин, фрагментов и дуг. При выделении какого-либо объекта текущий тип также переключается соответствующим образом.

В процессе редактирования некоторая полезная информация о выделенной части графа, связанная с текущей операцией редактирования, отображается в панели состояния в нижней части главного окна системы.

Для удобства пользователя в системе предусмотрено два дополнительных режима, в которых можно более эффективно выполнять отдельные операции редактирования, – режимы создания объектов и режим редактирования меток.

4. СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ТИПОВ ОБЪЕКТОВ

Семантика графа передается в системе с помощью типов объектов. Создание, удаление и редактирование параметров типов происходит с помощью одного блока диалога, содержащего слева список типов, а справа три страницы свойств: первая страница содержит основные свойства, вторая – свойства, связанные с выводом текста меток, третья задает сами метки. На рис. 3 и 4 соответственно показаны первая и последняя страницы.

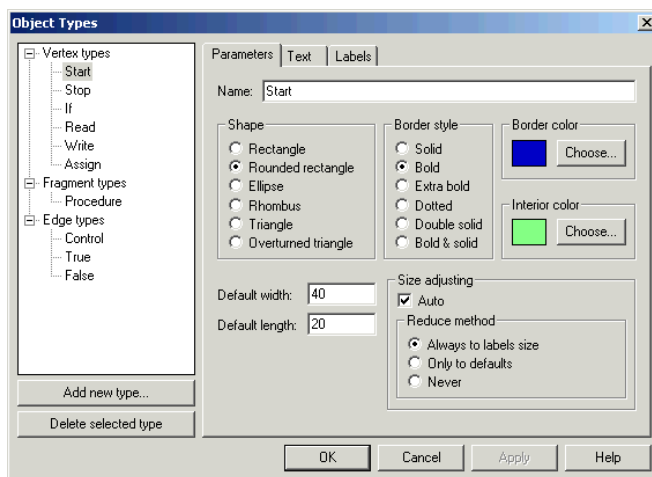


Рис. 3. Блок диалога типов объектов (страница основных свойств)

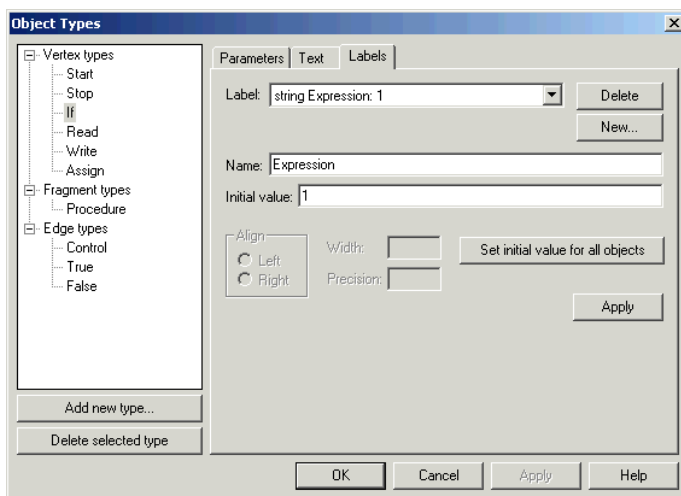


Рис. 4. Блок диалога типов объектов (страница меток)

Под списком типов расположены кнопки, позволяющие создавать и удалять типы. В системе есть опция, позволяющая создавать новые типы либо

с минимальным набором меток, либо совсем без меток. Новые метки можно добавить, нажав кнопку “New...” на последней странице блока диалога.

5. АВТОМАТИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Одним из важных параметров любого редактора является способность автоматически подстраивать изображение редактируемого документа или объекта для приведения его в соответствие с некоторыми заранее определенными требованиями. В системе Higes реализовано две возможности такого рода. Во-первых – подстраивание размеров вершин под размер текста их внутренних меток. Заметим, что для вершин различных форм данная коррекция размеров происходит различным образом. Во-вторых – устранение пересечений вершин и фрагментов. Данная коррекция применяется после каждой операции редактирования, которая могла привести к изменению размеров или координат вершин и фрагментов.

Изображение графа в системе всегда должно удовлетворять следующим ограничениям:

1. Изображения вершин не пересекаются.
2. Прямоугольник фрагмента целиком включает в себя изображения тех и только тех вершин и фрагментов, которые ему принадлежат.

При перемещении элементов графа или изменении их размеров пользователь может легко нарушить любое из этих ограничений, поэтому необходима дополнительная коррекция изображения, которая устранил нарушение.

Предусмотрены две опции, определяющие поведение системы при корректировке операций редактирования, приводящих к нарушению приведенных правил: “Allow auto move” и “Allow F to F move”.

Если первая из этих опций выключена, операция игнорируется и подстраивание не производится. Вторая опция разрешает перемещать вершины и подфрагменты из одного фрагмента в другой. Если эта опция выключена, попытка переместить вершину или подфрагмент за пределы фрагмента приведет к подстраиванию размеров фрагмента таким образом, чтобы перемещаемые объекты снова оказались внутри него.

6. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ

В системе предусмотрен ряд дополнительных возможностей, облегчающих редактирование графа и делающих использование системы более удобным.

1. Глобальные операции:
 - подстраивание размеров всех вершин графа;
 - оптимизация размеров всех фрагментов графа;
 - разворачивание всех фрагментов (устранение иерархии);
 - унификация расположения меток дуг (2 способа);
 - устранение сгибов всех дуг;
 - приведение всех дуг к центральному и к ортогональному входу в вершины;
 - отбрасывание семантики графа (устранение типов и меток).
2. Операция Undo. Количество операций редактирования, которые можно обратить, определяется пользователем и может быть произвольным (чем оно больше, тем больше памяти расходуется).
3. Опция автоматической проверки одноходовости фрагментов. Если эта опция включена, система не позволит модифицировать граф таким образом, чтобы в нем возникли фрагменты, имеющие более одной начальной вершины.
4. Запоминание списка открывавшихся файлов и возможность редактировать его и использовать для повторного открытия.
5. Использование упрощенных блоков диалога при редактировании меток объектов в случае, если у объекта всего одна или две метки. Данная опция позволяет в большинстве случаев существенно ускорить процесс редактирования меток.
6. Обзорное окно (рис. 5). Данное окно применяется для просмотра достаточно больших графов. В нем всегда показан целиком фрагмент, окно которого активно в настоящий момент. Кроме того, выделен прямоугольник, соответствующий части фрагмента, видимой в его окне. Этот прямоугольник можно перемещать по обзорному окну с помощью мыши. Изображение в окне фрагмента будет перемещаться соответствующим образом.

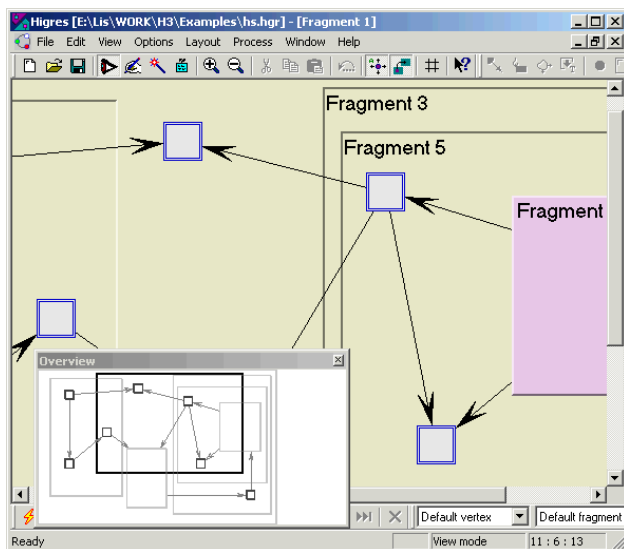


Рис. 5. Обзорное окно.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрена организация пользовательского интерфейса в системе Higras, являющейся визуализатором и редактором иерархических графовых моделей. Описаны особенности визуализации иерархической структуры графа, методы, позволяющие предоставить пользователю возможность быстро и удобно редактировать граф и его изображение, алгоритмы автоматического достраивания изображения, а также некоторые дополнительные возможности, реализованные в системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лисицын И.А.** Системы визуализации и редактирования графовых объектов. — Новосибирск: ИСИ СО РАН. — (В печати).
2. **Касьянов В.Н.** Иерархические графы и графовые модели: вопросы визуальной обработки // Проблемы систем информатики и программирования. — Новосибирск, 1999. — С. 7–32.

3. **Лисицын И.А.** Организация графического вывода в системе визуализации иерархических графовых моделей // Настоящий сб. — С. 194—211.
4. **Eades P., Feng Q.W.** Drawing clustered graphs on an orthogonal grid // Proc. of Graph Drawing 97. — Berlin a.o.: Springer Verlag, 1997. — P. 182–193. — (Lect. Notes Comput. Sci.; Vol. 1353).
5. **Eades P., Feng Q.W.** Multilevel visualization of clustered graphs // Proc. of Graph Drawing 96. — Berlin a.o.: Springer Verlag, 1996. — P. 101–112. — (Lect. Notes Comput. Sci.; Vol. 1190).
6. **Eades P., Feng Q.W., Lin X.** Straight-line drawing algorithms for hierarchical graphs and clustered graphs // Proc. of Graph Drawing 96. — Berlin a.o.: Springer Verlag, 1996. — P. 113–128. — (Lect. Notes Comput. Sci.; Vol. 1190).
7. **Feng Q.W., Cohen R., Eades P.** How to draw a planar clustered graph // In COCOON '95. — Berlin a.o.: Springer Verlag, 1995. — P. 21–31. — (Lect. Notes Comput. Sci.; Vol. 959).
8. **Lisitsyn I.A., Kasyanov V.N.** Higes – Visualization system for clustered graphs and graph algorithms // Proc. of Graph Drawing 99. — Berlin a.o.: Springer Verlag, 1999. — P. 82–89. — (Lect. Notes Comput. Sci.; Vol. 1731).
9. **Лисицын И.А.** Применение системы HIGRES для визуальной обработки иерархических графовых моделей // Проблемы систем информатики и программирования. — Новосибирск, 1999. — С.64–77.