

СИСТЕМА ГРАФИН

А.В. Скворцов

1. Введение

Универсальная графическая информационная система ГрафИн разработана для операционных систем Windows 95 и Windows NT фирмы Microsoft. Для её функционирования необходимы персональный компьютер с процессором Pentium 100 МГц или более мощный, 32 Мб оперативной памяти (рекомендуется 64 Мб), быстрая видеокарта и 50 Мб свободного дискового пространства для полной установки системы.

Система ГрафИн в настоящее время является коммерческим продуктом, распространяемым фирмой НПО «Сибгеоинформатика». Система позиционируется на рынке как продукт, занимающий промежуточное место между полнофункциональными геоинформационными системами и системами автоматизированного проектирования универсального назначения. В 1998 году выпущена третья версия продукта.

2. Архитектура системы

Система ГрафИн спроектирована и реализована с помощью объектно-ориентированных средств, предоставляемых программной оболочкой Delphi компании Borland, с использованием таких современных технологий, как ActiveX фирмы Microsoft для расширения возможностей системы, стандартов BDE, IDAPI и ODBC для универсального доступа к базам данных.

Концептуально система ГрафИн состоит из ядра системы и различных проблемно-ориентированных надстроек. Ядро системы отвечает за базовые операции по манипуляции с абстрактными документами, слоями, визуализаторами векторных данных и т.п. В надстройках описываются конкретные реализации определённых типов документов, слоёв, специальные алгоритмы анализа и обработки графической информации.

3. Структуры данных в системе ГрафИн

Эффективность работы графической системы, работающей с большим массивом пространственных данных, определяется в первую очередь форматом представления пространственных данных в системе. Правильно выбранная структура должна позволять эффективно выполнять пространственные запросы (в частности, региональный поиск), так как именно эта группа операций определяет скорость реакции системы в целом на запросы пользователя.

В системе ГрафИн векторные данные (кроме данных SDE, хранимых на сервере) хранятся в памяти в виде динамических массивов для обеспечения прямого доступа ко всем объектам, при этом все объекты индексируются с по-

мощью R-деревьев, что позволяет достичь при оперативной работе в системе скорости реакции, ранее недостижимой в коммерческих графических системах.

Атрибутное описание графических объектов хранится частично вместе с графикой в специальном внутреннем формате, зависящем от типа слоя графики, при этом для всех видов векторных данных предоставляется возможность присоединения по некоторому ключевому полю дополнительных таблиц, имеющих произвольный формат, поддерживаемый через стандартные программные интерфейсы BDE, IDAPI или ODBC. Просмотр и анализ атрибутов объектов при этом может выполняться с помощью штатных средств для работы с базами данных, в том числе с использованием языка запросов SQL.

Система ГрафИн может работать с растровой информацией, представленной в одном из 20 графических форматов, при этом максимальная эффективность достигается при использовании собственного пирамидального формата, когда скорость открытия и просмотра любого участка растрового изображения в любом масштабе практически мгновенна и не зависит от размера файла. Данная структура опирается на результаты, описанные в работах [1,2].

4. Менеджер проектов

При работе на компьютере с такими документами, как карты, растровые изображения, документы OLE, текстовые документы, темы, редактируемые ех-шрифты, интерфейсы с базой данных и т.п., в настоящее время наиболее распространённым приёмом в программных системах является упорядочение документов в виде проектов.

В систему ГрафИн входит *менеджер проектов*, позволяющий удобно управлять всеми рабочими документами. С помощью менеджера проектов можно загружать проекты с диска, создавать новые, закрывать их, а также манипулировать документами внутри проекта. С его помощью происходит управление всеми документами и связанными с ними редакторами. В настоящее время в систему ГрафИн входят такие редакторы, как редакторы карт, текстовые, растровые, OLE-документов, тем, ех-шрифтов, отчётов из баз данных, интерфейсов баз данных и др.

5. Работа с картами и чертежами

В системе ГрафИн под термином *карта* подразумевается любой графический рисунок, созданный с помощью *редактора карт*. Вся графическая информация на картах состоит из упорядоченной совокупности графических *слоёв*. В пределах одного слоя обычно объединяются данные, имеющие некоторое семантическое сходство, например, карта города может быть разбита на слои районов, кварталов, домов, дорог, гидрологии, рельефа и т.д. При выводе дан-

ных на экран слои выводятся последовательно от нижнего в списке к верхнему. При необходимости каждый слой может быть запрещён для вывода.

В системе ГрафИн стандартными являются следующие виды слоёв:

- Папка слоёв. Объединяет группу слоёв для удобства их совместной манипуляции, например для включения/отключения видимости всех слоёв, входящих в папку.
- Слой шейп-файла. Слой векторной нетопологической графики бывает 4 типов: слой точек, полилиний, полигонов и мультиточек. В системе ГрафИн этот слой данных является базовым для представления геоинформационных данных.
- Слой системы SDE. Система SDE (Spatial Database Engine) от фирмы ESRI, Inc. – мирового лидера в области ГИС – предназначена для серверного хранения больших объёмов пространственных нетопологических данных. Система SDE позволяет хранить на одном слое одновременно нескольких типов данных, таких как точки, полилинии, полигоны и мультиточки. Система ГрафИн позволяет использовать данные с этих слоёв наравне с другими источниками геоинформационных данных.
- Слой покрытия. Линейно-узловое топологическое представление (покрытие) предполагает описание множества объектов на плоскости в виде связанной совокупности узлов, дуг и регионов. Система ГрафИн позволяет создавать, редактировать покрытия, а также обмениваться данными с другими системами через обменный формат покрытия ARC/INFO.
- Слой чертежа ГрафИн. САПРовский слой векторной графики предназначен для создания таких сложных графических изображений, как технологические схемы, а также для создания элементов карт, не представимых точками, линиями и полигонами, например привязок коммуникаций к зданиям.
- Слой растрового изображения. Предназначен для представления в качестве растровой подложки на карте фотографий, сканированных изображений карт, схем и т.п. Система ГрафИн поддерживает 20 форматов растровых изображений, в том числе такие широко распространённые, как JPEG, GIF, TIFF, BMP и др.
- Слой нерегулярной сети отсчётов (высот) поверхности. Построенная по нерегулярной сети отсчётов модель поверхности может использоваться для моделирования рельефа местности или других непрерывных скалярных полей.

- Слой регулярной сети отсчётов. Регулярная модель данных применяется для моделирования категориальных или непрерывных полей, например рельефа местности, загрязнений окружающей среды, полей видимости, бассейнов стока.
- Слой рамки. Рамка предназначена для подготовки карт и схем к печати. С помощью этого слоя можно задать стандартное рамочное и зарамочное оформление карт и чертежей стандартных и нестандартных масштабов.

Большое разнообразие различных поддерживаемых видов данных позволяет системе ГрафИн создавать и эффективно работать с комбинированными графическими изображениями, что ранее было недоступно в распространённых системах ГИС и САПР.

6. Визуализация векторных данных

При создании качественной картографической продукции в электронном или бумажном виде немаловажную роль играет способ, которым эта информация преподносится конечному пользователю.

Векторная информация в геоинформационных системах, кроме геометрической, как правило, не несёт в себе никакой дополнительной семантической информации. Поэтому вид отображаемых данных на карте должен быть задан дополнительно.

В системе ГрафИн информация отображается с помощью *визуализаторов*, т.е. алгоритмов, отрисовывающих точки, линии или полигоны в соответствии со своими настройками.

Каждому слою шейп-файла может быть сопоставлено любое количество *визуализаторов*, что позволяет комбинированно отображать сразу несколько параметров. Например, для слоя стран на карте мира можно было бы отобразить разным цветом страны, затем точками плотности показать плотность населения, подписями указать названия стран, а также расставить диаграммы, характеризующие развитие разных отраслей промышленности в этих странах.

В системе ГрафИн имеется широкий спектр стандартных визуализаторов, позволяющих создавать весьма выразительные тематические карты.

1. *Отрисовка фиксированным условным знаком.* Каждый условный знак может характеризоваться такими параметрами, как его тип, размер, поворот, цвет.
2. *Отрисовка условными знаками в зависимости от значений атрибутов* (по конкретным значениям, по диапазонам значений, по условному выражению).

3. *Отрисовка подписями.* Автоматическое подписывание объектов позволяет быстро создавать простые, но информативные карты. При подписывании объектов возможно задание текста подписи, логического условия подписывания, расположения подписи относительно объекта, угла вращения подписи, признаков удаления одинаковых и пересекающихся подписей.
4. *Отрисовка диаграммами.* По заданным сериям числовых данных, которые определяются как выражения от атрибутов векторных объектов, заданным типам, размерам диаграмм, признакам масштабируемости, на карте в центре объекта изображаются диаграммы, характеризующие соотношение указанных в сериях параметров объектов (например, для городов или регионов можно изобразить соотношение отраслей промышленности в данном городе или регионе).
5. *Отрисовка точками плотности.* Случайно набросанные на полигоне некоторые точечные условные знаки позволяют по их плотности распределения визуальнo качественно оценить некоторые параметры (например, плотность населения стран на карте мира).
6. *Отрисовка изолиниями.* Подписывание изолиний значениями их высот общепринято в бумажной картографии. В системе ГрафИн можно подписывать произвольные линии и полигоны, например линии рек.
7. *Отрисовка сплайнами.* Сглаживание линий и границ полигонов при их отображении позволяет даже при недостаточной точности исходных данных получать визуальнo красивые результаты. Построение сплайнов производится с использованием 7 возможных типов, 2 видов краевых условий на основе результатов, приведённых в работе [3].
8. *Отрисовка специальными условными знаками с параметрами.* Отображение условного знака, у которого значения настраиваемых параметров, такие как размер, цвет, текст, угол поворота и т.д., вычисляются на основе ряда параметров объектов, позволяет формировать информативные обозначения, часто применяемые при создании технологических схем.
9. *Отрисовка выпуклостями.* Режим специальной выпуклой отрисовки позволяет создавать изображения с объёмным эффектом.

7. Универсальная технология отображения условных знаков

При создании разнообразных графических изображений в системах ГИС и САПР возникают задачи отображения некоторых геометрических объектов, например точек, линий, полигонов, специальных объектов, условными обозначениями в соответствии с требованиями предметной области. Для решения данной задачи широко используются технологии специальных библиотек ус-

ловных знаков (символов, линий, заливок). Однако большинство этих библиотек обладает теми или иными ограничениями для универсального применения. Для системы ГрафИн была разработана универсальная технология ех-шрифтов (Extended Fonts – расширенные шрифты), включающей ех-символы, ех-линии и ех-заливки. Эта технология обладает следующими возможностями:

- Технология позволяет отображать большинство условных знаков (точечных, линейных и полигональных), применяемых в задачах автоматизированного проектирования, картографирования, ведения кадастров и т.д.
- Адресация конкретного знака в системе производится через пары (имя шрифта; номер элемента).
- При отсутствии требуемого шрифта в системе он автоматически заменяется некоторым другим шрифтом, заданным по умолчанию.
- Для условных знаков задаются размеры, угол поворота, признак зеркальности, цвета, имеющиеся текстовые параметры знака.
- Условные знаки могут быть автоматически масштабируемыми либо фиксированного размера. Для условных знаков фиксированного масштаба обеспечивается возможность задания размеров, исключающих неправильное масштабное отображение знаков.
- Условные знаки создаются с использованием разнообразных графических примитивов, таких как точки, полилинии, полигоны, кривые Безье, прямоугольники, окружности, дуги, секторы, текстовые надписи (фиксированные заранее или настраиваемые пользователем при конкретном его использовании), растровые изображения, а также с использованием любых цветов в пределах одного знака (фиксированных и настраиваемых). В условных знаках, предназначенных для создания технологических схем, в которых важна топология, можно задавать точки контактов, по которым производится коммутация схем.
- Условные знаки для технологических схем могут иметь несколько состояний (например, для элементов технологических схем состояний типа «включен/выключен»).

8. Модуль цифрового моделирования рельефа

Учёт рельефа является неотъемлемой частью многих алгоритмов, связанных с решением разнообразных территориальных задач, таких как:

- задачи вертикальной планировки территории для нужд городского и промышленного строительства: построение разрезов, изолиний (линий одинаковой высоты), изоклин (линий одинакового уклона), трёхмерная визуализация, вычисление объёмов земляных работ;

- гидрологические задачи, мелиорация земель: построение полей градиентов, линий водоразделов, бассейнов стока;
- экологические задачи: прогнозирование распространения загрязнений окружающей среды;
- анализ распространения света и радиоволн: построение профилей и полей видимости;
- проектирование и эксплуатация инженерных коммуникаций: построение изоклин и разрезов рельефа.

Любая работа с рельефом требует наличия модели поверхности. Модель строится по входным данным, среди которых, как правило, различают:

- *Точки*, представляющие замеры высот на поверхности.
- *Линии*, соответствующие обычно каким-либо изменениям в гладкости или непрерывности поверхности (часто их называют структурными линиями рельефа – breaklines). Такие линии описывают различия в поведении поверхности по обе стороны от них. Примерами могут служить береговые линии, линии оврагов и обрывов, дамбы, линии инженерных построек и т.д.
- *Полигоны*, определяющие области, вне которых отсутствует достоверная информация по поверхности. Их задание часто предупреждает генерацию ошибочных данных по рельефу вне региона. Полигоны также используются в качестве *областей интересов (оболочек)* для получения модели поверхности внутри заданных регионов.

Обычно выделяют модели рельефа, построенные по регулярной и нерегулярной сети отсчётов.

В геоинформационных системах в качестве регулярной сети обычно используется двумерная матрица точек, равномерно отстоящих по осям X и Y, каждая из точек при этом характеризуется своей высотой. В качестве модели, построенной по нерегулярной сети отсчётов, применяется треугольное разбиение плоскости, чаще всего в виде триангуляции Делоне.

Ни одна из этих моделей не является самой лучшей и наиболее подходящей для всех случаев. Низкая вычислительная стоимость поверхностного анализа для регулярных сетей противопоставляется более точным результатам при использовании триангуляции. Поэтому система ГрафИн поддерживает обе модели рельефа, а также позволяет переходить от одной формы представления поверхности к другой в зависимости от характера решаемой задачи.

Для работы с рельефом в систему ГрафИн входит следующий набор основных функций:

- построение модели рельефа по входным данным в виде сети регулярных и нерегулярных отсчётов, структурных линий рельефа и полигонов;
- отображение модели рельефа на двумерной карте в качестве слоя и в трёхмерном виде;
- интерполяция высот в любой точке модели рельефа;
- вычисление расстояний и площадей по поверхности;
- построение разрезов вдоль любой заданной на карте ломаной;
- построение изолиний и изоклин;
- построение полосовых контуров, соответствующих изолиниям и изоклинам;
- вычисление объёмов земляных работ (балансового объёма и объёма перемещаемых масс грунта) при формировании горизонтальных площадок на выделенном участке поверхности;
- конвертирование моделей рельефа в другие форматы.

9. Подготовка карт к печати

Задача получения качественных твёрдых копий (оттисков) карт и чертежей является важной частью любой графической системы. Неотъемлемой составляющей процесса подготовки карты к печати является создание соответствующего рамочного и зарамочного оформления. Для этих целей в системе ГрафИн определены *слои рамок* разных видов.

Слой *рамки* позволяет создавать рамки стандартных видов, а также наносить на рамку дополнительное оформление в виде надписей, легенд, фрагментов других карт и чертежей, масштабных линеек, специальных символов, линий, полигонов и т.д.

Однажды настроенная для некоторого участка карты рамка может свободно передвигаться по карте, позволяя распечатывать в заданном оформлении и масштабе требуемые области карты.

В системе ГрафИн стандартно определены следующие виды рамок:

- *Простая рамка.* Для данной рамки можно задать стиль рамки, её цвет, наличие тени, размеры полей, а также текст надписей сверху и снизу.
- *Рамки крупномасштабных планшетов.* Данные рамки предназначены для печати планшетов стандартных масштабов 1:500, 1:1000, 1:2000 и 1:5000 в соответствии с требованиями картографии. Для таких рамок можно задать масштаб планшета, его имя, а также имена соседей.

- *Чертёжная рамка.* Эта рамка предназначена для оформления чертежей. Для них можно задать стиль рамки, размер бумаги для печати, задать поля принтера и поля для оформления печати.

10. Интерфейс прикладного программирования

Все основные части системы ГрафИн оформлены как классы, которые можно расширять по своей функциональности с помощью технологии встраиваемых модулей и интерфейса прикладного программирования. Например, опытный пользователь может создать свой тип документа проекта, тип слоя карты, тип визуализатора векторных пространственных данных, а также другие типы объектов системы.

Если же пользователю не хватает функциональных возможностей имеющихся объектов системы, то можно создать процедурные расширения, оформляемые как дополнительные кнопки на панели инструментов или пункты меню.

Система ГрафИн имеет несколько основных возможностей для расширения системы и разработки на её базе прикладных систем.

Первый способ заключается в разработке модулей расширения на языке Borland Delphi 3.0 в соответствии с определённым протоколом, при котором используются библиотеки функций и классов системы ГрафИн. Этот способ предоставляет полный доступ ко всем возможностям графической оболочки и позволяет создавать расширения, не уступающие по возможностям и производительности модулям ядра системы ГрафИн.

Другой способ заключается в использовании ActiveX-интерфейса прикладного программирования системы в соответствии со спецификацией ActiveX фирмы Microsoft, являющейся в настоящее время стандартом де-факто для программ, работающих в среде Windows. В системе ГрафИн все основные части программы поддерживают этот интерфейс, что позволяет использовать систему ГрафИн или её части в программах на любых языках, поддерживающих ActiveX-управление.

Библиотека ActiveX-объектов ГрафИн может использоваться в прикладных программах тремя основными способами.

В первом случае управляющая программа на любом языке программирования создаёт объект «Graphin.Application», при этом загружается ядро системы ГрафИн. После чего через ActiveX-интерфейс оболочка может быть настроена для использования в соответствии с требованиями конкретной задачи.

Во втором случае управляющая программа создаёт объекты, не требующие загрузки оболочки ГрафИн. Например, для создания некоторого шейп-файла можно создать экземпляр «Graphin.ShapeFile», после чего использовать методы полученного объекта.

Кроме того, в систему ГрафИн встроена поддержка системы Visual Basic for Applications компании Microsoft. Поэтому в третьем случае возможно написание и исполнение макросов на языке Visual Basic прямо внутри ГрафИна.

Иерархия ActiveX-объектов ГрафИн в настоящей версии системы составляет более 100 классов, каждый из которых имеет в среднем 20 методов и свойств. Их полное описание приведено в приложении к руководству программиста системы ГрафИн.

11. Сравнение системы ГрафИн с другими системами ГИС и САПР

Система ГрафИн является интегрированной системой, обладая рядом функциональных возможностей, присущих полнофункциональным ГИС и САПР. В табл. 1 приведены сравнительные характеристики системы ГрафИн с лидерами рынков геоинформационных систем и систем автоматизированного проектирования. Список сравниваемых параметров взят из работы [4].

Таблица 1. Сравнение базовых функциональных возможностей системы ГрафИн с лидирующими графическими системами.

| Параметры | ГрафИн | ARC/INFO | MapInfo | AutoCAD |
|---|--------|----------|---------|---------|
| <i>Поддерживаемые структуры данных:</i> | | | | |
| Векторные нетопологические | + | + | + | – |
| Векторные топологические | + | + | – | – |
| Растровые | + | + | + | + |
| Нерегулярные сети данных | + | + | – | – |
| Регулярные сети данных | + | + | – | – |
| Сложная графика САПР | + | – | – | + |
| Векторная серверная графика | + | + | + | – |
| Косметическое оформление | + | – | – | + |
| <i>Стандартные возможности:</i> | | | | |
| Географические координаты | + | + | + | – |
| Отображение в проекции | – | + | + | – |
| Поддержка дигитайзера | – | + | – | + |
| Интерфейс с СУБД | + | + | + | – |
| Число визуализаторов графики | 8 | 5 | 4 | 1 |
| Число форматов данных | 30 | 50 | 15 | 10 |

Таблица 1. (Продолжение).

| Параметры | ГрафИн | ARC/INFO | MapInfo | AutoCAD |
|---|--------|----------|---------|---------|
| <i>Функции пространственного анализа:</i> | | | | |
| Построение буферных зон | + | + | + | – |
| Алгебра карт | – | + | – | – |
| Логические операции со слоями | + | + | + | – |
| Выделение объектов слоем | – | + | + | – |
| Построение зон близости | + | + | – | – |
| <i>Анализ цифровых моделей рельефа:</i> | | | | |
| Вычисление углов наклона | + | + | – | – |
| Вычисление экспозиций склонов | + | + | – | – |
| Генерация изолиний | + | + | – | – |
| Генерация изоклин | + | – | – | – |
| Генерация поперечных профилей | + | + | – | – |
| Вычисление объёмов земляных работ | + | + | – | – |
| Определение зон видимости | – | + | – | – |
| Определение бассейнов стока | – | + | – | – |
| <i>Инженерные задачи:</i> | | | | |
| Создание инженерных схем | + | – | – | + |
| Трассировка схем | + | – | – | + |
| Атрибутное наполнение схем | + | – | – | – |
| Совмещение схем с картами | + | – | – | – |
| Связь объектов карты со схемами | + | – | – | – |
| <i>Прочие возможности:</i> | | | | |
| Решение задач на графах | + | + | – | – |
| Обработка геодезических данных | – | + | – | – |
| Ввод дистанционных данных | – | + | – | – |

В табл. 2 приведен ряд базовых операционных характеристик системы, определяющих скорость реакции системы при выполнении основных операций в системе. Вместо системы ARC/INFO в сравнении участвует система ArcView того же производителя, обладающая только подмножеством функциональных

возможностей ARC/INFO, но гораздо лучшими по сравнению с первой операционными характеристиками. Сравнение производилось на компьютере с Pentium 166 MMX, имеющем 64 Мб оперативной памяти, в операционной системе Windows NT.

Таблица 2. Сравнение базовых операционных характеристик системы ГрафИн с лидирующими графическими системами.

| Параметры | ГрафИн | ArcView | MapInfo | AutoCAD |
|--|--------|---------|---------|---------|
| Время полной отрисовки карты с 10 000 полигонов, с | 0,5 | 3 | 3 | 1,5 |
| Время отрисовки фрагмента (1% площади) карты с 10 000 полигонов, с | 0,05 | 0,8 | 0,2 | 0,05 |
| Скорость открытия файла с 10 000 полигонов и первой отрисовки, с | 5 | 3 | 6 | 45 |
| Скорость построения триангуляции по 10 000 случайных точек, с | 2 | 18 | – | – |

ЛИТЕРАТУРА

1. Samet H. The quadtree and related hierarchical data structures // ACM Computing Surveys, 1984, Vol. 16, No. 2, p. 187-260.
2. Tanimoto S., Pavlidis T. A hierarchical data structure for picture processing // Computer Graphics and Image Processing. 1975, Vol. 4, No 2, p. 104-119.
3. Костюк Ю.Л. Применение сплайнов для изображения линий в машинной графике // Автоматизация эксперимента и машинная графика. – Томск, Изд-во Том. ун-та, 1977, с. 116-130.
4. Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. – М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1993. – 213 с.