

Рис.2. Набор классов для интегрирования

Класс “Интегрирование” является основным в данной иерархии класса и объединяет в себе описание области – класс “Сложная область”, а также описание сетки, которая разбивает область интегрирования на подобласти – класс “Сетка”. Класс “Интегрирование” включает в себя также и набор средств, позволяющих исследовать каждую ячейку сетки для определения вида ее пересечения с областью и в результате вызвать один из методов, который реализует соответствующую кубатурную формулу.

4. Тестирование программ

Для того чтобы показать, что созданный в результате описанного проектирования программный продукт является точным и надежным средством, позволяющим проводить различные вычисления интегралов, необходимо провести тестирование. Приведем результаты, полученные при вычислении значений некоторых интегралов. В табл. 1 показаны результаты вычисления объемов двух тел – шара с центром в точке (0,0,0) и радиусом 1, а также пирамиды, заданной пересечением координатных плоскостей и плоскости, проходящей через точки (1,0,0), (0,1,0) и (0,0,1). Точный результат: объем сферы – 4,1888, объем пирамиды – 1,6667.

Таблица 1

Количество разбиений	Сфера	Пирамида
3x3x3	4.0948	1.6406
5x5x5	4.1989	1.6602
10x10x10	4.1891	1.6654
14x14x14	4.1784	1.6661
20x20x20	4.1844	1.6664

В табл. 2 показано вычисление интеграла по области, заключенной между двумя цилиндрами с радиусами 1 и 0,5, а также плоскостями $z=0$ и $z=1$. Интеграл вычисляется от функции x^2+yz^3 . Точное значение 0,7362.

Таблица 2

Количество разбиений	Результат	Точность
3x3x3	0.726	1.3%
5x5x5	0.729	0.99%
8x8x8	0.734	0.2%
12x12x12	0.735	0.18%
15x15x15	0.7353	0.17%

Приведенные тестовые примеры, а также многочисленные другие тестовые вычисления, среди которых и решение задач математической физики, наглядно демонстрируют надежность и качество созданного программного продукта.

Литература. 1. Шевченко А.А. Разработка программных средств для автоматического интегрирования в сложных трехмерных областях // Информационные технологии. Наука, техника, технология, образование, здоровье. ХГПУ, 1999. С. 389-392. 2. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения. К.: Техника, 1974. 259с. 3. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование. М.: Бином, 1998. 558с.

Поступила в редколлегию 31.01.2001

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. Новожилова М.В.

Шевченко Анатолий Александрович, аспирант кафедры “Прикладная математика” Национального технического университета “ХПИ”. Научные интересы: разработка алгоритмического и программного обеспечения для решения трехмерных задач математической физики. Адрес: Украина, 61075, Харьков, ул. Франтишека Краля, 39, кв. 12, тел. 40-09-41.

УДК 519.62

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ СЛОЖНЫХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

ЛЯХОВЕЦ С.В., ЧЕТВЕРИКОВ Г.Г.

Освещается часть подходов и проблем, которые могут применяться для решения задачи управления проектами сложных природно-технических комплексов. Рассматриваются общие концепции геоинформационной системы (ГИС), вопросы представления данных, использование технологий виртуальной реальности, применение ГИС в сети. Проводится краткий обзор программных продуктов, которые в какой-то мере реализуют решение проблемы управления проектами в

применении к магистральным глубоководным морским трубопроводам.

1. Введение

Повышение качества управления проектами сложных природно-технических комплексов – важная проблема. Ее актуальность определяется постоянным увеличением сложности проектов и гигантским количеством информации, собираемой на всех стадиях проекта. Возможность графического отображения данных и создания удобного интерфейса произвели настоящий переворот в понимании необходимости использования компьютерной техники для повышения качества эксплуатации технических систем. Стали появляться важные задачи, требующие визуализации рельефа местности, сетей коммуникаций и атрибутивной информации, привязанной к конкретной географической точке. В данной статье рассматриваются вопросы построения геоинформационных систем в применении к магистральным глубоководным морским трубопроводам.

В настоящее время в большинстве организаций, эксплуатирующих трубопроводы, отсутствует частично или полностью необходимая документация о пространственной локализации. Большие объемы бумажных документов не обеспечивают оперативный поиск информации. Не всегда имеется возможность получить удовлетворительного качества копии бумажной документации, происходит потеря контрастности при многократном копировании. Имеются сложности при коррекции и обновлении имеющейся информации. Отсутствует возможность получения цветных материалов, поскольку существуют только черно-белые ситуационные планы местности. Сложный также процесс формирования и выдачи ситуационного плана конкретного участка местности для передачи лицу, ответственному за выполнение ремонтных или регламентных работ.

Бурное развитие геоинформационных систем в последние годы дало новый импульс в расширении сферы применения компьютерной техники. Появилась возможность использования для решения повседневных задач предприятия (подводные работы, поиск мест аварий и т.д.) точных цифровых карт и планов. Человек быстрее и легче воспринимает визуализированную информацию. География является связующим звеном информации, полученной из разных источников. На рынке программных продуктов существует большое количество самых разных ГИС - от супермощных до средних и малых, узконаправленных и специализированных. Безусловно, любая ГИС внешне выглядит привлекательно с точки зрения визуализации и простоты представления данных. В связи с этим понятна осторожность конечного пользователя, убежденного в необходимости компьютеризации своей профессиональной деятельности, при выборе того или иного инструмента. Прежде чем выбрать нужный программный продукт, пользователь должен представить себе, какие конкретные задачи он хочет решать, каковы при этом будут затраты, какую выгоду и когда он получит.

Не всякие поставленные задачи можно решить, купив уже существующий программный продукт. На рынке не существует геоинформационной системы, в полной мере обеспечивающей решение задачи по глубоководным морским трубопроводам. Возникают проблемы очень большой протяженности представляемых объектов (сотни километров), большого количества неоднородной, трудно классифицируемой информации, проблема представления данных в разных форматах, трудность трехмерной визуализации и извлечения информации из трехмерного виртуального представления объектов и др. Один из путей решения проблемы выбора нужного программного продукта состоит в привлечении специалистов-разработчиков для реализации решения специфических задач конечного пользователя. Такой подход имеет несколько очевидных преимуществ перед использованием готовых разработок:

- разработанное программное обеспечение будет отвечать конкретным потребностям конкретного заказчика;
- интерфейс программного продукта будет соответствовать пожеланиям заказчика;

– уровень сложности работы с программным продуктом будет соответствовать уровню начальной подготовленности конечного пользователя;

– с программным продуктом распространяется 'Руководство пользователя' на русском языке;

– сопровождение программного продукта производится разработчиком.

В течение срока сопровождения разработчики могут реализовать решение новых задач внутри программного продукта или изменить порядок решения уже существующих, в соответствии с предложениями конечного пользователя. Пользователь может по известным каналам связи получить ответы на возникающие вопросы.

Применение геоинформационных технологий в управлении трубопроводами пользуется все большей популярностью среди администрации и эксплуатационников. Сталкиваясь с законодательными ограничениями и работая в конкурентных условиях, эти лица и их руководители ищут более эффективные пути управления сложными проектами. Интегрируя свои операционные системы – как цифровые, так и обычные, – они могут достичь существенных успехов, особенно в планировании и на стадиях эксплуатации трубопроводов. Некоторые из преимуществ состоят в том, что:

– использование ГИС моделирования сокращает полевые изыскательские работы;

– экономится время и стоимость обсуждения проекта;

– ускоряется получение доходов благодаря ускорению строительства и эксплуатации;

– используются современные, легко доступные спутниковые данные для планирования задач, особенно для крупных областей;

– создаются пространственные базы данных по окружающей среде и социально-экономическим аспектам, которые можно легко обновлять и изменять в течение периода эксплуатации трубопровода, а также совместно использовать с партнерами по проекту;

– сокращается время на создание программ, включающих пространственные данные, по сравнению с использованием более традиционных методов;

– цифровые пространственные данные, используемые в диалоговом режиме, очень облегчают выбор трассы и решение других вопросов;

– при решении аварийных ситуаций уменьшаются затраты на очистку и возмещение убытков;

– создаются базы данных о собственности, помогающие в решении будущих перспектив использования.

Проекты, связанные с трубопроводами, развиваются по этапам: планирование, строительство, эксплуатация и завершение. Природные, инженерные, финансовые и рыночные данные, полученные на стадии планирования, можно эффективно использовать на последующих стадиях, если эти данные можно модифицировать и дорабатывать, экономя тем самым время и деньги. Пространственная база данных, которая используется в "Системах управ-

ления информационными ресурсами (RIMS)” фирмы Golder, интегрирует географическую информацию, специальные промышленные системы и деловые данные для их применения в течение всего срока службы проекта.

Например, стадия планирования трубопровода может включать сбор пространственных данных, данные о земельной собственности и полевых съемках; которые используются в таких задачах, как выбор и прокладка трассы, оценка воздействия на окружающую среду, получение разрешений.

На следующей стадии (создание и строительство) используются уже полученные данные, кроме того, база данных дополняется новой информацией, такой как карты прокладки, детальные технические сведения и чертежи, планы защиты окружающей среды, документы согласования. Больше деталей добавляется к моделям местности, к геотехнической базе данных, к базе данных о растительности и ее восстановлении и т.д.

Когда строительство завершено, пространственная база данных применяется на стадии эксплуатации. Информация используется в программе обслуживания трассы с учетом расположения инженерных сооружений и уязвимых природных участков для планирования аварийных ситуаций, выполнения мероприятий по охране среды и соблюдения мер безопасности. Поскольку эксплуатация трубопровода продолжается более 20-40 лет, база данных будет непрерывно меняться и обновляться, пока накопленная информация не понадобится на этапе закрытия. Очевидно, что выгоднее использовать имеющиеся наборы данных и модели местности, которые изменяются или добавляются к существующей пространственной структуре, чем заново их делать.

2. Геоинформационные системы

Геоинформационная система – это некоторый инструментарий для манипулирования исходными данными в целях получения информации, пригодной для принятия решения. Но это особая информационная система, поскольку ориентирована она на манипулирование географическими (пространственно-распределенными) данными [1,2,5].

В основе построения ГИС лежит система управления базами данных (СУБД). Однако вследствие того, что пространственные данные и разнообразные связи между ними плохо описываются реляционной моделью, полная модель данных в ГИС имеет сложный смешанный характер. Пространственные данные специальным образом организованы, и эта организация не базируется на реляционной концепции. Напротив, атрибутивная информация объектов (называемая ещё “семантической”) вполне удачно может быть представлена реляционными таблицами и соответствующим образом обрабатываться.

Поскольку в ГИС графические объекты связаны с табличными данными, то как графику, так и семантику нужно одновременно и в то же время эффективно обрабатывать, что усложняется и гигантскими объёмами информации. Становится понятным, что создание хорошей ГИС - процесс весьма непростой, требующий приложения больших усилий и использования новаторских решений.

Симбиоз двух моделей данных, лежащих в основе представления пространственной и семантической информации в ГИС, называется геореляционной моделью. Именно по причине сложной в целом модели данных в ГИС, а также из-за сложности процедур обработки этих данных можно утверждать, что сегодняшний передний край в исследованиях новых подходов к проблеме построения эффективных моделей данных лежит именно в области геоинформатики. ГИС должна быть ориентирована на использование богатых средств статистического анализа и имитационного моделирования пространственных процессов.

Современные ГИС прошли достаточно длительный путь развития и в целом прекрасно справляются с поставленной перед ними задачей: интеграцией картографической и атрибутивной информации. Однако расширение областей применения компьютерных технологий приводит к возникновению новых прикладных задач и соответственно новых требований к программному обеспечению. К сожалению, многие из этих требований зачастую превосходят возможности существующих ГИС и требуют новых подходов к их созданию. Дело в том, что большинство ГИС по сути являются электронными аналогами традиционных карт на бумажной основе, т.е. на ряд карт (слоев) местности нанесены контуры объектов, условные обозначения, вспомогательная разметка и имеется связь между условными обозначениями объектов и базами данных атрибутивной информации. Имеющийся набор функций в основном повторяет обычные операции, осуществляемые с картами на бумажной основе и традиционными базами данных (вычисление расстояний, площадей, выборка по какому-либо признаку и т.п.). В то же время расширение применения ГИС в новых областях выдвигает требования, более характерные для САПР, АСУ или задач математического моделирования.

3. Архитектура ГИС

Организация пространственных данных

Данные в ГИС организуются различными способами. Наиболее распространён послойный принцип. Более перспективным является бесслоевой объектно-ориентированный подход к представлению объектов на цифровой карте. В соответствии с ним объекты входят в классификационные системы, которые отражают определённые логические отношения между объектами предметных областей. Группировка объектов разных классов для разных целей (отображения или анализа) производится более сложным способом, однако объектно-ориентированный подход более близок к характеру человеческого мышления, чем послойный принцип. Следование ему ведёт к более продуктивным построениям данных в ГИС при решении самых сложных задач. Граница сложности задач, решаемых с помощью простой “послойной” технологии организации данных ГИС, лежит значительно ниже, чем при использовании объектно-ориентированной технологии.

К сожалению, объектно-ориентированных ГИС очень мало. Одним из редких представителей систем этого класса является ГИС SmallWorld.

Среди отечественных таких ГИС, насколько известно авторам, вообще нет.

Внутреннее устройство ГИС

При создании инструментальных геоинформационных систем общего назначения перед коллективом разработчиков сразу же возникает множество проблем, как технологических, так и концептуальных.

Первая задача - определение концепции новой системы: основных понятий, которые будут лежать в основе ГИС, а также объектов и процедур обработки информации, на основе которых будет строиться система. Подходить к решению этой задачи необходимо очень ответственно, так как именно концепция будущей системы и совершенство модели данных определяют её успех и живучесть на рынке. При этом разработчику приходится учитывать множество факторов - достоинства и недостатки концепций уже существующих систем, постоянно изменяющиеся требования со стороны прикладных задач, которые должна будет решать система, изменения в информационных технологиях и многое другое. После определения концепции новой системы и базового набора её функциональных возможностей во весь рост встают технологические проблемы.

Определение концепции системы

При разработке концепции ГИС нужно определиться с принципиальным выбором:

– взять за основу архитектуру одной из существующих систем и в дальнейшем приступить к её “улучшению”, создавая свою версию архитектуры (другими словами, заняться определённым копированием чужих идей);

– взяться за разработку принципиально новой архитектуры, не имеющей аналогов.

Оба подхода имеют и достоинства, и недостатки. В первом случае самой серьёзной проблемой является перспектива повторения уже сделанного и отсутствие в реализованном продукте технологической новизны в необходимом масштабе. Второй путь позволяет создать, возможно, удивительный продукт, но существует опасность в его самобытности переборщить настолько, что потребителю будет непонятна вся глубина подхода. Усложнить дело могут ошибки, связанные с отладкой новой технологии. Таким образом, основной недостаток второго пути – прямая противоположность статичности - чрезмерная революционность.

Здравый смысл подсказывает, что целесообразно избрать в качестве руководства к действию “золотую середину”, с которой связан эволюционный подход. В соответствии с ним до разработки необходимо проанализировать состояние технологий в предметной области, для которой создаётся ГИС, выявить проблемы, требующие своего быстрого решения, ознакомиться с существующими архитектурами ГИС, определить их недостатки и разработать новую архитектуру (концепцию), избавленную от недостатков, осложняющих эффективное решение наиболее важных проблем предметной области.

Следование эволюционному подходу может привести к появлению такого продукта, который имеет

немало новаторских решений, который удобен в работе, позволяет решать задачи предметной области и не слишком шокирует пользователей, имеющих опыт работы с другими геоинформационными системами.

Геоинформатика - весьма молодая область, если учитывать, что первые достаточно серьёзные технологии в этой области появились в последние десять лет. Основным недостатком большинства существующих на сегодня инструментальных ГИС является недостаточная продуманность в подходе к формированию цифровой карты, как существенно нереляционной модели данных.

Если рассматривать чисто предметный аспект, то, как правило, структура карты представляется линейным списком слоев. Пользователям таких систем достаточно создать один слой и можно сразу приступить к наполнению электронной карты пространственными объектами. Через некоторое время появляется красивая электронная карта участка территории и появляется иллюзия, что работы ведутся в нужном направлении. Лишь по прошествии некоторого времени пользователи начинают понимать, что все созданное является лишь картинкой, не столько подготовленной к автоматизированному анализу, сколько просто копирующей бумажные карты.

Для адекватного отражения объектов реального мира концепции слоев недостаточно, необходим современный объектно-ориентированный подход (ООП). При использовании инструментальных ГИС, реализующих такой подход, создание электронных карт начинается с анализа тех объектов реального мира, которые будут присутствовать в электронной карте. По результатам анализа при помощи объектно-ориентированных средств ГИС формируется классификация объектов, и лишь затем начинается наполнение электронной карты экземплярами пространственных объектов.

Объектно-ориентированный подход к созданию модели местности означает, что местность описывается как совокупность объектов, которые содержат всю имеющуюся информацию и необходимые методы. Например, объект ‘труба’ включает трехмерную модель (или ссылку на нее), параметры позиционирования и масштабирования, функции отображения условных обозначений, ссылки на базы данных и т.д. Такая организация данных упрощает добавление новых, нестандартных (например, движущихся) объектов и управление ими, так как все необходимые данные и функции содержатся внутри объекта, а также получение новых видов или проекций местности (например, отображение распределения параметра в виде матрицы высот условной поверхности). Все данные (в том числе геометрические) хранятся в базе данных, что позволяет значительно ускорить разработку системы, повысить ее надежность, а также создавать сложные сетевые комплексы.

Основой ООП на уровне операционной системы является технология СОМ (Component Object Model), основанная на взаимодействии автономных программ через набор стандартизованных интерфейсов. Технология СОМ позволяет строить прикладные системы из готовых программ, которые разра-

батывались независимо друг от друга, и расширять законченные приложения дополнительными возможностями без изменения исходных программ.

При проектировании современной инструментальной ГИС необходимо уделить повышенное внимание концепции и процедурам формирования классификатора пространственных объектов.

Для начала вместо термина слой необходимо ввести термин класс пространственных объектов, для которого определяется набор характеристик, присущих всем объектам данного класса. ГИС должна предоставлять пользователям возможность организации перечня всех классов не в виде линейного списка, а в виде множественных пересекающихся иерархий. Данное требование обусловлено тем, что при составлении сложных карт приходится оперировать не десятками, а тысячами классов пространственных объектов.

Какие категории характеристик должны определяться для класса пространственных объектов? Можно выделить следующие категории характеристик класса "пространственный объект":

- 1) способы отображения пространственных объектов данного класса на карте;
- 2) набор атрибутивных характеристик пространственных объектов данного класса;
- 3) набор отношений объектов данного класса с объектами других классов.

Способы отображения пространственных объектов одного класса можно представить в виде таблицы стилей. Каждый стиль описывает, каким образом система должна отображать объект на карте. Для описания сложных способов отображения объектов стиль содержит перечень методов отображения, каждый из которых регламентирует отдельные аспекты отображения объекта: как закрашивать площадные участки объекта, как отображать его окантовку, надо ли выводить текст вдоль контура объекта, в каком диапазоне масштабов должен применяться данный метод отображения.

Список стилей необходим, поскольку пространственный объект потенциально может находиться в одном из нескольких состояний, и тогда может понадобиться возможность визуально отражать на карте текущее состояние объекта. Для этого и пригодится несколько различных стилей, связанных с одним классом пространственных объектов, которыми объект будет изображаться в зависимости от его состояния. Кроме того, инструментальная ГИС должна уметь представлять пространственные объекты, имеющие составную геометрию из нескольких подобъектов. При такой концепции пространственный объект состоит из набора геометрических форм, с каждой из них связывается свой стиль, которым необходимо отображать данную форму. Разделение геометрии объекта на относительно независимые формы находит ряд интересных применений: часть форм может использоваться для выполнения аналитических задач, а часть - для оформительских; прикладные системы могут использовать разные геометрические формы одного объекта для решения разных задач.

Набор атрибутивных характеристик определяет структуру семантических данных, которыми будет обладать каждый объект класса. Поскольку атрибутивная информация вполне хорошо описывается реляционной моделью, то её принято хранить в реляционных таблицах общего назначения. Тогда инструментальная ГИС должна позволять описывать соответствие между декларированными атрибутивными характеристиками класса и физическими столбцами существующих реляционных таблиц. В идеальной ситуации такая ГИС должна предоставлять возможность создания новых таблиц и изменения структуры существующих реляционных таблиц.

Набор отношений описывает все допустимые и запрещённые связи объектов данного класса с объектами других классов. Связи между объектами можно подразделить на две категории: логические и топологические. Отличие топологических связей от логических заключается в том, что при топологической связи контуры связанных объектов имеют общие части - вершины или ребра, лишь при этом условии между объектами может быть установлена топологическая связь. При логических связях фиксируется лишь сам факт того, что объекты как-то связаны между собой, их конкретное содержательное наполнение определяется прикладной геоинформационной системой, построенной на базе инструментальной.

Организация хранения данных для плоскости

Когда концепция системы и ее базовые функции определены, можно приступить к началу проектирования и разработки программ. И тут же встают первые проблемы технологического характера.

Одним из первых возникает вопрос об организации хранения и внесения изменений в пространственные данные. Сложность этой проблемы заключается в объемах данных, с которыми придется оперировать; ведь речь идет не о сотне или тысяче пространственных объектов, а о сотнях тысяч и миллионах. Естественно, что нельзя подойти к решению этой проблемы упрощенно: завести линейный список объектов, при запуске программ загружать весь этот список в ОЗУ, а при сохранении записывать список из памяти компьютера на жесткий диск. При недостатке вычислительных ресурсов (производительность процессора, объём оперативной памяти), что всегда имеет место в ГИС, необходимо применить весьма изощрённые структуры данных и реализовать эффективные способы манипулирования большими объёмами данных с учётом их размещения на всех уровнях иерархии компьютерной памяти. Напомним, что реляционная модель плохо подходит для эффективного манипулирования пространственными данными.

Рассмотрим несколько вариантов организации их хранения.

Все пространство картографируемой территории равномерно разбивается на одинаковые прямоугольные сектора. С каждым сектором связывается блок данных, описывающий границы сектора и хранящий две таблицы объектов, как показано на рис. 1.

Описанная организация хранения данных позволяет быстро определить список секторов, для которых необходимо загрузить блоки данных. Недо-

статком этого подхода является невозможность определения эффективной разбивки территории на сектора при отсутствии информации о том, сколько пространственных объектов будет на карте и где они будут располагаться. Кроме того, предложенная схема снижает свою эффективность при неравномерном распределении (скупенности) пространственных объектов.

Для устранения указанных недостатков можно использовать другую организацию хранения данных.

По второй схеме территория не разбивается на одинаковые сектора. В начальном состоянии, когда на карте нет ни одного пространственного объекта, существует всего один сектор, границы которого полностью совпадают с границами территории. С этим сектором связан блок данных, содержащий описание границ сектора и список объектов, границы которых полностью лежат в пределах сектора. По мере добавления объектов в сектор при достижении некоторого критического количества объектов происходит разбиение сектора на четыре одинаковых подсектора. При этом объекты, контуры которых полностью лежат в пределах одного из подсекторов, перемещаются в блок данных этого подсектора. Объекты, лежащие на границах подсекторов, остаются в блоке данных родительского сектора. Применяя описанный механизм к подсекторам, получаем иерархию вложенных секторов, с каждым из которых связано относительно небольшое количество объектов (рис.2).

Для определения местонахождения объекта по его номеру необходима таблица, состоящая из двух столбцов: “номер объекта”, “номер сектора”.

Подход, описанный во втором способе хранения данных, учитывает неравномерность распределения объектов по территории и позволяет хранить объекты относительно небольшими порциями, загружая списки объектов только для нужных секторов. Кроме того, можно составить эффективный алгоритм отбора объектов по заданной прямоугольной области, постепенно отсекая сектора, не содержащие нужную область.

Но все эти модели хранения данных предполагают двухмерное расположение объектов.

Технологии виртуальной реальности

Под технологиями виртуальной реальности в целом понимаются средства управляемого воздействия на органы чувств для имитации реальных событий и мобилизации потенциальных возможностей человека. В более узком смысле технология виртуальной реальности означает применение трехмерных систем отображения и построение взаимодействия с программой как имитацию действий в реальной обстановке. На-

пример, для определения зон видимости достаточно создать источник света, поместить его в нужной точке и посмотреть на изменение освещенности модели местности. Подобный подход значительно упрощает освоение программы и снижает нагрузку на оператора при длительном использовании. (Эргономические исследования показывают, что без перегрузки в течение рабочего дня оператор может отслеживать в цифровой форме только три-четыре параметра, в то же время все мы непрерывно и без усилий оцениваем в аналоговой форме сотни параметров: температуру, освещенность, расстояния до ближайших предметов и т.п.). Некоторые новые технологии можно узнать из литературы [3,4].

VRML (Virtual Reality Modeling Language)[6] – общепризнанный стандарт для описания интерактивных трехмерных объектов и миров, “передаваемых” через Internet. Он принес в виртуальный мир интерактивность, т.е. возможность строить динамические сцены. VRML дает стандарты для характера поведения трехмерных объектов, их движения и изменения. Для создания анимации он использует технику трехмерной интерактивной графики, позволяет разработчикам создавать интерактивное содержимое, которым можно управлять с помощью мыши.

Исходя из приведенных данных мы считаем, что будущее ГИС – в переходе на полную трехмерность с использованием языка VRML для представления объектов. Это позволит наблюдать реальное местоположение объектов и принимать правильные решения на основе отображенных данных.

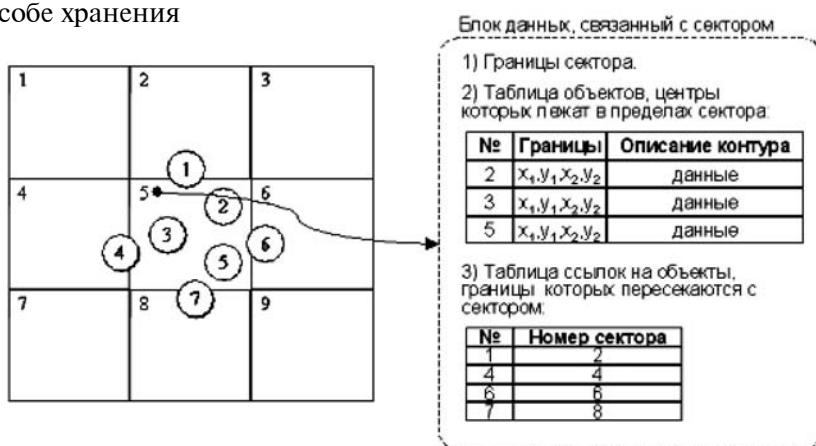


Рис.1. Связь между сектором и таблицей для одинаковых секторов

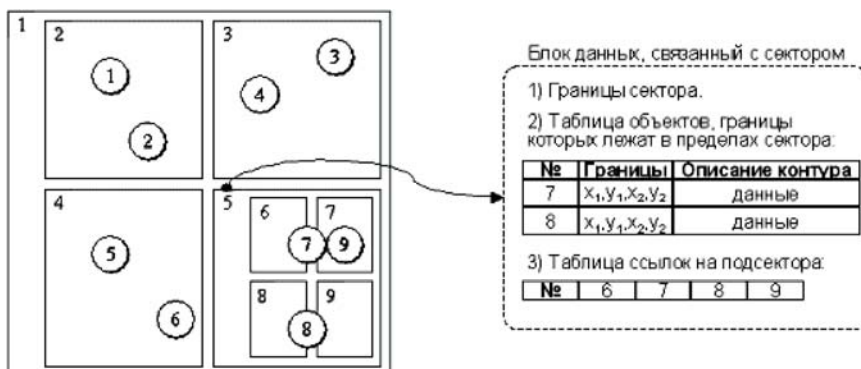


Рис.2. Связь между сектором и таблицей для метода с подсекторами

Использование ГИС в сети

Большинство прикладных геоинформационных систем предназначены для работы в крупных организациях и учреждениях, коллективу которых необходимо оперативно обрабатывать большие объемы пространственной информации. В такой ситуации инструментальная ГИС должна обеспечивать возможность работы с одним набором геоинформационных данных нескольким пользователям в пределах локальной компьютерной сети. Задачу усложняет тот факт, что необходимо производить не только просмотр информации, но и совместное (часто одновременное) внесение изменений в пространственные данные.

При совместной работе в сети приходится искать решение следующих проблем:

- 1) внесение изменений в базу данных со стороны нескольких клиентов может привести к нарушению ее целостности;
- 2) для приведения в актуальное состояние информации, размещенной в оперативной памяти клиентской программы, необходимо предусмотреть систему оповещения клиентов об изменениях, вносимых в общие данные со стороны одного из клиентов;
- 3) необходимо вводить блокировку одновременному изменению одного объекта со стороны нескольких клиентов;
- 4) создание новых объектов требует генерации уникальных идентификаторов независимо от того, какой клиент инициировал создание объекта.

Распределенные ГИС

При решении геоинформационных задач возникает необходимость обеспечить доступ к общим пространственным и семантическим данным разных клиентов. Проблема усложняется тем, что изменения, вносимые в общие данные со стороны одного из них, должны стать доступными для всех остальных заинтересованных лиц.

Поскольку наличие локальной компьютерной сети между всеми городскими службами маловероятно, разрабатываемая система должна включать функции тиражирования изменений, вносимых в общие данные, между всеми заинтересованными субъектами. Инструментальная ГИС должна обеспечивать процедуру описания структуры распределенных данных.

Расширяемость ГИС

Создатели универсальных геоинформационных систем должны понимать, что на базе их программы будут создаваться крупные прикладные системы, где ГИС будет существовать как одна из многих компонент. Для того чтобы это было возможно, необходимо заранее продумать, каким образом будущие прикладные системы станут взаимодействовать с проектируемой инструментальной ГИС общего назначения.

Сделать систему открытой и легко адаптируемой к решению прикладных задач можно, применив следующие подходы:

- 1) механизм встраивания модулей расширения в ГИС;

- 2) интерфейс прикладного программирования, обеспечивающий доступ к ключевым функциям и объектам ГИС со стороны внешних приложений;

- 3) набор универсальных элементов управления (ОСХ) для встраивания функциональности ГИС в другие приложения;

- 4) набор элементов ActiveX или классов языка Java для встраивания функций ГИС в прикладные системы, проектируемые по технологии Internet/Intranet.

4. Обзор существующих ГИС

Надо сказать, что большинство имеющихся на рынке ГИС частично или полностью не удовлетворяет поставленной задаче построения геоинформационной системы для управления данными о трубопроводах. Рассмотрим программы, представляющие интерес как информационные технологии, которые частично можно использовать в поставленной задаче.

Приведем некоторые ГИС, которые могут представлять интерес. Наиболее хорошо себя зарекомендовали для работы с мелкомасштабными "природными" картами такие ГИС, как ArcInfo и ArcView GIS. Обе системы разработаны американской компанией ESRI (<http://www.esri.com/>, <http://www.dataplus.ru/>) и весьма распространены в мире. Из относительно простых западных ГИС, которые начинали свою родословную с анализа территорий в объеме, необходимом для бизнеса и относительно простых применений, можно назвать систему MapInfo, которая также распространена в мире весьма широко. Эта система очень быстро прогрессирует и сегодня может составить конкуренцию самым развитым ГИС. Корпорацией Intergraph (<http://www.intergraph.com>) поставляется ГИС MGE, базирующаяся на основе AutoCAD-подобной системы MicroStation, выпускаемой в свою очередь компанией Bentley. Система MGE представляет собой целое семейство различных программных продуктов, помогающих решать наибольшее множество задач, существующих в области геоинформатики.

AutoCAD Land Desktop, этот программный продукт обладает мощными средствами для создания карт и различных планировочных решений, возможностью создавать и маркировать геодезические точки, определять и редактировать перекрестки и границы дорог, создавать модель трехмерного рельефа, рассчитывать объем и контуры.

CADWorx/PIPE программа компании COADE для создания ortho-графических, изометрических и 3D чертежей трубопроводов. Когда используется CADWorx/PIPE, процесс проектирования не бывает сложным. Программа применяет удобные функции привязки трассы, рисование простых 2D или 3D линий трассировки, а автоматическое встраивание вдоль трассы всех компонентов трубопровода дает возможность размещать трубы под любым углом и в любом направлении. Использование сварных встык соединений, сварных штуцеров или резьбовых компонентов и т.п. быстрое и легкое. При этом автопроводка дает все возможности управления трассой — уклоны, изменение отметок и более.

Компания CEA Systems Inc. (<http://www.cea-int.com>) выпустила Plant-4D – новое поколение программно-обеспечения для автоматизированного проектирования промышленных объектов. PLANT-4D PIPE – это модуль, который предназначен для трехмерного моделирования систем трубопроводов и выпуска на основе этих моделей сборочных монтажно-технологических чертежей, изометрических спецификаций, ведомостей материалов, отчетов.

AutoPLANT97 – это разработанная фирмой Rebis система САПР для трехмерного проектирования и моделирования промышленных объектов, основанная на использовании объектно-ориентированной технологии представления трехмерных объектов (Reboids). AutoPLANT97 представляет собой новое поколение программных средств САПР, предназначенных для трехмерного проектирования (3D CAD). Модуль AutoPLANT 97 PIPING – это программное средство для объектно-ориентированного трехмерного проектирования и моделирования систем трубопроводов, включая оборудования и несущие конструкции. Прикладные модули AutoPLANT 97 располагают современными возможностями трехмерного моделирования, которыми не обладал ни один из пакетов прикладных программ, использующих в качестве графического ядра AutoCAD, для проектирования и моделирования промышленных объектов.

Программа визуализации GasWView разработана НПП ФОРТ-М. Предназначена для обзорного просмотра объемных изображений дна реки, берега и расположения трубопроводов над и под грунтом и для детального рассмотрения продольных и поперечных профилей каждого трубопровода. Программа написана на языке 3D графики OpenGL и позволяет: выбирать любой фрагмент акватории; изменять масштабы его изображения как по осям, расположенным в горизонтальной плоскости, так и по вертикальной оси совместно с горизонтальными либо отдельно; рассматривать его с разных углов зрения; изменять расположение источника света; изменять цвета поверхности дна, берегов, трубопроводов, их проекций на поверхность дна, выступающих над грунтом участков; выбирать для подробного просмотра любую нитку трубопровода, просматривать ее профиль; в любой точке просматривать поперечный профиль трубы.

Повторением концепции ArcInfo, но сильно уступающей последней по функциональной полноте, является система GeoDraw, разработанная в ЦГИ ИГРАН (г. Москва). Возможности её ограничены в основном мелкомасштабными картами. С нашей точки зрения значительно “сильнее” здесь выглядит “старейшина” российской геоинформатики – ГИС Sinteks ABRIS. В последней хорошо представлены функции по анализу пространственной информации.

В геологии сильны позиции ГИС ПАРК (Ланэко, г. Москва), в которой также реализованы уникальные методы моделирования соответствующих процессов.

Наиболее “продвинутыми” в области представления и дежурства крупномасштабных насыщенных карт городов и генпланов крупных предприятий можно считать две российские системы: GeoCosm

(ГЕОИД, г. Геленджик) и “ИнГео” (ЦСИ “Интегро”, г. Уфа, <http://www.integro.ru/>). Эти системы – одни из самых молодых и потому разрабатывались сразу с использованием самых современных технологий. А систему “ИнГео” разрабатывали даже не столько геодезисты, сколько специалисты, относящие себя к профессионалам в области имитационного моделирования и кадастровых систем.

В целом в СНГ едва ли не в каждой организации создают свою ГИС. Однако этот процесс – весьма непростой, и вероятность его неудачного завершения несравненно более высока, чем вероятность безпроблемной реализации, не говоря уже о возможности выхода коммерческого продукта, допускающего отчуждение от разработчиков.

5. Заключение

Проведен обзор части подходов и проблем, которые могут применяться для решения задачи управления проектами сложных природно-технических комплексов. Расширение сфер применения ГИС управления проектами требует перехода от имитации карт к созданию виртуальных моделей местности на основе объектно-ориентированной технологии программирования и современных технологий хранения данных. Геоинформационные технологии в управлении трубопроводами пользуются все большей популярностью среди администрации и эксплуатационников, руководители ищут более эффективные пути управления сложными проектами.

Рассмотрены общие концепции ГИС, вопросы представления данных, использование технологий виртуальной реальности, использование ГИС в сети, расширяемости системы. Проведен краткий обзор программных продуктов, которые в какой-то мере реализуют решение проблемы управления проектами в применении к магистральным глубоководным морским трубопроводам. Затронутые проблемы и предложенные решения помогут избежать некоторых трудностей при разработке и проектировании новых ГИС, а также определят дальнейшее направление развития.

Литература: 1. Коновалова Н.В., Капранов Е.Г. Введение в ГИС. М.: Мир, 1997. 160с. 2. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. М.: Финансы и статистика, 1998. 288с. 3. С.Ю. Желтов, и др. Особенности реализации 3D ГИС // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. 1997. №5(12). С.12-14. 4. Mladen Stojic. 3-D GIS: unleash the power // GEOEurope. 2000. №11. P.30-33. 5. Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. М.: “Картеоцентр”-“Геодезиздат”, 1993. 213 с. 6. Тумел Э. и др. Создание VRML-миров. Киев.: BHV, 1997. 320с.

Поступила в редколлегию 18.01.2001

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Алексеев О.П.

Ляховец Сергей Витальевич, аспирант кафедры ПО ЭВМ ХНУРЭ. Научные интересы: компьютерная автоматизация систем и процессов. Хобби: программирование, компьютеры, туризм, спелеология. Адрес: Украина, 61166, Харьков, просп. Ленина, 14, тел. ((380)-0572)-409-446.

Четвериков Григорий Григорьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры ПО ЭВМ ХНУРЭ. Научные интересы: разработка теории и практика использования методов синтеза многозначных структур языковых систем искусственного интеллекта. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. ((380)-0572)-409-446, ((380)-0572)-279-748.