

щих исследований является разработка программных средств подготовки данных для уравнивания предлагаемых сетей на основе ГИС, создаваемых автоматизированных земельно-регистрационных систем, и выработка рекомендаций по оптимизации геометрических конструкций сетей пространственной привязки кадастровых съемок.

© Могильный С.Г., Павельчак Т.В., 2001

УДК 622.1:528:681.3.065

ГРИЩЕНКОВ Н.Н. (ДонГТУ)

## **ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЛАНОВ ГОРНЫХ РАБОТ**

В настоящее время одной из главных задач маркшейдерской службы угольной промышленности Украины является разработка геоинформационных технологий создания электронной горной графической документации. Использование геоинформационных технологий обеспечивает переход на новый уровень решения геолого-маркшейдерских задач и управления процессами добычи угля. Министерство угольной промышленности Украины издало приказ № 621 от 27.12.99, в котором намечен ряд мер, направленных на решение этой задачи, и подготовило отраслевой документ «Концепция развития ГИС и программа поэтапного внедрения ее на предприятиях и в организациях».

В Донецком государственном техническом университете разработки в области создания геоинформационных технологий и электронной горной графической документации ведутся с середины 90-х годов. Накопленный за это время опыт и полученные результаты позволили сформулировать ключевые моменты ГИС-технологии создания электронных планов горных работ.

Электронный план горных работ следует рассматривать как геоинформационную систему цифрового моделирования и графического отображения пластов, горных выработок, а также другой пространственно координированной горно-геологической и горнотехнической информации. В такой трактовке компьютерное графическое отображение горных работ становится одним из компонентов этой системы, но не ее конечным результатом. Другими основными компонентами системы являются базы геолого-маркшейдерских данных, связанные с объектами электронного плана, и программные средства, обеспечивающие решение различных маркшейдерских задач.

Имеющие место попытки отдельных разработчиков свести создание электронных планов только к созданию компьютерных графических копий пластов и горных выработок существенно сужают возможности создаваемых систем и имеют своей главной целью обеспечить эффективную замену офсетному способу размножения горной графической документации. Следование сиюминутным экономическим соображениям приводит к тому, что при этом часто полностью игнорируется создание баз данных для объектов электронного плана, а произвольно выбранная структура его слоев (тематических объектов) не позволяет в будущем создать такие базы данных без достаточно серьезной переделки. В долгосрочной перспективе подобная стратегия только увеличит затраты отрасли на создание полноценных геоинформационных систем и технологий.

Все это указывает на необходимость тщательной проработки структуры информационного обеспечения электронных планов, вне зависимости от функцио-

нальной полноты создаваемой системы (будь это полноценная ГИС или только компьютерная графическая копия пластов и горных выработок). На необходимость унификации структуры баз геолого-маркшейдерских данных указывает и вышеупомянутая «Концепция развития ГИС...», предусматривающая введение соответствующих отраслевых информационных стандартов.

Основными технологическими этапами создания электронных планов горных работ являются:

- сбор цифровой информации и заполнение баз данных;
- создание векторного графического отображения плана горных работ;
- установление связи объектов векторного изображения с атрибутивными базами данных.

Этап сбора цифровой информации для наполнения содержимым баз данных является одним из наиболее трудоемких. В зависимости от сложности конфигурации и протяженности сети горных выработок он может потребовать 1–3 чел.-мес. На этом этапе анализируется исходная геолого-маркшейдерская документация (дела скважин, технические паспорта бурения, журналы маркшейдерских съемок и замеров, каталоги координат пунктов подземной маркшейдерской сети и др.), извлекается необходимая цифровая информация, которая заносится в соответствующие базы данных. Попытки опустить либо предельно минимизировать данный этап с целью ускорить получение векторного графического изображения плана горных работ неизбежно приводят к снижению точности графического изображения и отсекают возможность решения ряда геолого-маркшейдерских задач.

Создание векторного графического изображения (векторизация) плана горных работ осуществляется различными способами. Наиболее распространенным способом является дигитализация (цифрование) графических планов горных работ и других графических документов с помощью полуавтоматических дигитайзеров либо непосредственно по растровым изображениям документов, полученным в результате их сканирования. Однако в обоих случаях используемые для дигитализации графические документы уже являются вторичными, т.к. создаются по данным маркшейдерских и геологических съемок. При этом погрешности графических построений автоматически переносятся в дигитализируемые данные и добавляются к погрешностям самой векторизации. Поэтому целесообразно ограничить область применения дигитализации второстепенными выработками и горными объектами, для которых точность определения пространственного расположения не играет доминирующей роли.

Наиболее точным способом векторизации является построение графического изображения плана горных работ непосредственно по цифровой информации из ранее созданных баз данных, т.е. по данным маркшейдерских съемок и замеров. В ряде случаев этот способ требует разработки специальных программных средств для графического отображения цифровых данных, однако именно он обеспечивает максимальную точность пространственного местоположения горных выработок и объектов на электронном плане. Поэтому данный способ целесообразно использовать при построении изображения наиболее важных действующих (актуальных) горных выработок и объектов.

Установление связи объектов векторного изображения с атрибутивными базами данных может быть осуществлено как на этапе построения векторного изображения, так и после него. Это зависит от выбранной графической платформы ГИС



(AutoCAD, ArcView, Альбея и др.) и функциональной полноты создаваемой системы.

Платформа геоинформационной системы в значительной степени определяет возможности технологии создания электронных планов, а также концептуальные различия существующих реальных разработок. На кафедре геоинформатики и геодезии Донецкого государственного технического университета разработана и реализована в государственной холдинговой компании «Донуголь» технология создания электронных планов горных работ для двух платформ ГИС: AutoCAD 14/2000 и ArcView 3.1.

Начальный этап технологии предусматривает создание системы баз геолого-маркшейдерских данных угольной шахты. Содержанием работ этапа является сбор и анализ цифровой информации в маркшейдерском отделе шахты и заполнение баз данных (БД). При этом формируются БД разведочных и эксплуатационных скважин, БД вскрывающих и подготовительных горных выработок, БД очистных горных выработок, БД геологических характеристик угольных пластов и др. Информация для заполнения баз данных берется непосредственно из данных маркшейдерских и геологических съемок и замеров. Вся информация баз данных подготавливается в DBF-формате.

Следующий этап технологии включает построение векторных графических изображений основных подготовительных выработок по координатам маркшейдерских точек и результатам замеров. В зависимости от используемой платформы ГИС реализация этих графических построений может быть различной. Так, в системе AutoCAD с помощью языка Autolisp для этого были разработаны специальные программные средства. Система ArcView содержит функции для построения точечных объектов по информации из БД, но для их трансформации в линейные объекты потребовалась разработка соответствующих программ (скриптов) средствами встроенного языка Avenue.

Затем выполняется дигитализация второстепенных горных объектов, пространственное положение которых может быть определено с меньшей точностью. Дигитализация производится по сканерным изображениям планов горных работ, выполненным на твердой основе (планы, планшеты, кальки). Для сканирования планов используются планшетные сканеры формата А4. Проведенные исследования этих сканеров показали, что погрешности сканирования (в отличие от сканеров больших форматов) не превышают точности графических построений. К тому же сравнительно невысокая стоимость таких сканеров делает их доступными для горных предприятий.

Опыт показывает, что оптимальными параметрами сканирования являются: разрешающая способность 300 dpi (размер пиксела 0,08 мм); использование режима RGB Color, обеспечивающего 256 цветов (8 бит/пиксел). Размер графического файла одного сканерного кадра в формате BMP (без RLE-сжатия) составляет примерно 8 Мбайт. Для системы AutoCAD можно сократить размер файла сканерного кадра до 3–4 Мбайт, используя более плотные (упакованные) графические форматы (например, GIF или TIF). Однако система ArcView 3.1 работает только с неупакованными форматами. Количество сканерных кадров зависит от размеров и масштаба сканируемого плана. В среднем это составляет 80–120 кадров для масштаба сканируемого плана 1:2000 и 20–30 кадров для масштаба 1:5000.

Единое растровое изображение отсканированного графического плана горных работ может быть получено двумя способами. Первый способ заключается в «сшивке» всех кадров в единое изображение. При этом получаются огромные графические файлы, достигающие нескольких сотен Мбайт. Для их обработки требуются персо-

нальные компьютеры специальной конфигурации, приближающиеся по своим возможностям к графическим станциям. Поэтому в настоящее время экономическая целесообразность применения данного способа вызывает сомнения.

Второй способ создания единого растрового изображения (сканерной подложки), реализованный в технологии ДонГТУ, заключается в ориентировании и масштабировании каждого сканерного кадра по опорным точкам. Для этого могут использоваться как средства системы CAD Overlay, так и иные программные средства трансформирования растровых изображений. Хотя изображение всего плана при этом получается мозаичным, состоящим из отдельных фрагментов, взаимная связь всех сканерных кадров обеспечивается путем формирования для каждого из них специального файла координатной привязки (World file). Это позволяет осуществлять дигитализацию последовательно по отдельным фрагментам изображения, загружая в оперативную память компьютера только требуемые кадры. При этом достигается существенная экономия вычислительных ресурсов и оказывается возможным использовать персональные компьютеры даже с невысокими средними характеристиками, начиная с Pentium-100 и объема оперативной памяти в 32 Мбайт.

Производительность векторизации растровых изображений горных выработок в системах AutoCAD 2000 и ArcView 3.1 отличается несущественно. Графические возможности системы AutoCAD значительно превосходят аналогичные возможности системы ArcView, однако, создание и поддержка атрибутивных баз данных в SQL-среде системы AutoCAD (ASE) уступает системе ArcView по производительности и удобству интерфейса.

**Таблица.** Соответствие объектов в темах ArcView 3.1 и слоях AutoCAD 14/2000

Темы ArcView 3.1	Слой AutoCAD 14 / 2000
Стволы	Выработки
Подготовительные выработки	Выработки
Скважины	Скважины
Оси скважин	Скважины
Лавы	Лавы
Проектируемые лавы	Проектируемые лавы
Углы падения пласта	Текст
Точки опробования угля	Текст
Стратиграфия	Стратиграфия
Границы барьерных целиков	Целики
Охранные целики	Целики
Эксплуатационные целики	Целики
Геологические нарушения	Геологические нарушения
Линии расщепления пласта	Геологические нарушения
Участки ложной кровли	Геологические нарушения
Песок	Песок
Улицы	Поверхность
Железные дороги	Поверхность
Объекты поверхности	Поверхность

Каждый вид (чертеж) в системе ArcView содержит темы, которые выступают аналогами слоев в системе AutoCAD. Однако практический опыт разработок показывает, что для одного и того же чертежа количество тем в системе ArcView часто превосходит количество слоев в системе AutoCAD (в таблице приведен такой пример соответствия тем системы ArcView и слоев системы AutoCAD). Объяснение этому состоит, во-первых, в большей детализации тем, обусловленной автоматическим характером создания атрибутивных таблиц этих тем в системе ArcView, и во-



вторых, в том, что для создания таких табличных баз данных в системе AutoCAD уже требуются дополнительные операции.

Ниже приведены фрагменты создаваемых электронных планов в системе AutoCAD 2000 (рис. 1) и в системе ArcView 3.1 (рис.2).



Рис. 1. Фрагмент электронного плана в системе AutoCAD 2000

на струйных принтерах формата А3 или А2 с последующей склейкой полос. Однако, более перспективным представляется переход на альбомную (планшетную) систему

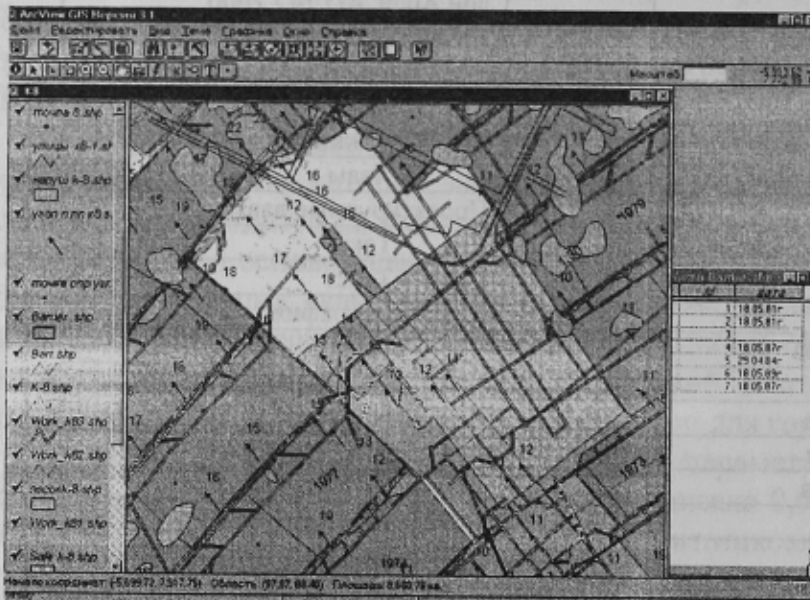


Рис. 2. Фрагмент электронного плана в системе ArcView 3.1

отображения планов горных работ, принятую в ряде европейских стран (в частности, в Германии). Опыт работы с альбомной системой производственного объединения «Павлоградуголь» показывает ее преимущества как в доступности тиражирования планов горных работ или их фрагментов силами самой маркшейдерской службы предприятия, так и в удобстве пользования такими альбомами.

Разработанная технология предусматривает выполнять графическое тиражирование созданных электронных планов как с помощью графопостроителей и цветных струйных принтеров. Для размножения планов горных работ в традиционном крупноформатном формате требуются графопостроители формата А0 или А1, стоимость которых достаточно велика. Имеются примеры тиражирования таких крупноформатных планов путем печати их отдельных частей (полос)

Эффективность использования электронных планов горных работ зависит от функциональной

задач (автоматизированный учет состояния балансовых и промышленных запасов угля в недрах, прогноз динамики напряженного состояния горного массива вследствие ведения очистных работ, автоматизированный контроль проведения подготовительных выработок и учет добычи угля, прогноз сдвижений и деформаций земной поверхности, системы обеспечения текущего и перспективного календарного планирования горных работ и др.). Выбор остается за заказчиком и определяется его финансовыми возможностями и способностью правильно оценить перспективы создаваемой системы.

© Грищенко Н.Н., 2001

УДК 622.1:528

ШОЛОМИЦКИЙ А.А., ДЗЕКАНЮК А.О. (ДонГТУ)

## ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПО ЦИФРОВЫМ МОДЕЛЯМ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Развитие вычислительных средств, расширение их возможностей являются главным фактором все более широкого внедрения их в различные сферы научной и практической деятельности. Очень интенсивно развивается направление компьютерного синтеза изображений. Можно считать, что в настоящее время сформировалась новая отрасль информатики — трехмерная (или 3D) машинная графика. Ее можно определить как науку о математическом моделировании геометрических форм и свойств объектов, а также методов их визуализации и управления ими.

Интерес к синтезу изображений объясняется высокой информативностью последних. Информация, содержащаяся в изображении, представлена в наиболее концентрированной форме, и эта информация, как правило, более доступна для анализа, для ее восприятия получателю достаточно иметь относительно небольшой объем специальных знаний. В маркшейдерии на открытых разработках, по мере перехода на цифровое моделирование открытых горных работ [1–4], также увеличивается интерес к трехмерному представлению маркшейдерской информации, т.к. традиционные маркшейдерские планы понятны только пользователям, которые хорошо знакомы с условными знаками. Для маркшейдеров пространственное представление очень важно, поскольку позволяет выявить ошибки цифрового моделирования, а для технологов позволяет улучшить обоснованность принятия управляющих решений. Многие геоинформационные системы и специализированные горные пакеты [2], (<http://www.gemcom.bc.ca/> и <http://www.bentley.com/>) имеют возможность пространственного представления объектов открытых горных разработок. Но при этом имеют два недостатка, во-первых, очень высокую стоимость, а во-вторых, они позволяют представлять только статичные объекты, а для поддержки принятия управляющих решений важно показать на модели и динамические объекты и каким-то образом отразить их состояние. Для автомобиля желательно знать не только траекторию его движения, но и его состояние — груженный или порожний. Экскаватор, при подъезде самосвала в зону погрузки, должен начинать работу, кроме того, цветом объекта может отражаться его работоспособность. Т.е. у динамического объекта на открытых разработках должно появиться свойство анимации и реакция на события.

Для представления таких моделей нами использовалась технология создания виртуальных миров в Internet на основе языка моделирования виртуальной реальности VRML (Virtual Reality Modeling Language) [5], (<http://web3d.org/technicalinfo>