

Моисеенко А.А., Рыженко О.Э., Салтовец А.А., Сорока В.А.

ЭЛЕКТРОННАЯ КАРТА УКРАИНЫ МАСШТАБА 1 : 200 000

В сентябре 2001 года была завершена работа по созданию электронной карты Украины масштаба 1:200000. Она разработана для использования в правительственной информационно-аналитической системе по чрезвычайным ситуациям (ПИАС ЧС), которая создается в Украине на протяжении последних лет. Создание этой карты завершило формирование фонда электронных картографических материалов Центрального узла ПИАС ЧС, где ранее были установлены карты масштабов 1 : 4 000 000, 1 : 1 000 000, 1 : 500 000.

Методологической основой карт явились разработанные в начале 1998 года и утвержденные Министерством по чрезвычайным ситуациям и Главным управлением геодезии, картографии и кадастра «Нормативы по созданию электронных карт местности». В этом документе даны определения двух типов компьютерного представления карт - цифровой и электронной карты. Само название «цифровая» или «электронная» не несет никакой смысловой нагрузки – принципиально содержание каждого представления.

«Нормативы» четко разграничивают эти материалы: “Электронная карта местности (ЭКМ) – объектно-ориентированная цифровая модель местности, которая записана на машинном носителе и предназначена для использования в ГИС-технологиях. Цифровая карта местности – цифровая модель местности, записанная на машинном носителе в установленных структуре и кодах, в принятых для топографических карт проекции, системе координат и высот, которая по точности и содержанию отвечает карте соответствующего масштаба».

Основу Нормативов составляет классификатор информации электронной карты. Так как сегодня естественной базой для построения электронной карты является соответствующая цифровая карта, то классификатор использует и развивает лучшие принципы, которые были заложены в четырехуровневом классификаторе топографической информации цифровой карты, созданном еще в военно-топографической службе бывшей Советской Армии. На одном из клонов этого классификатора работает сегодня научно-картографический центр Топографического управления ГШ Вооруженных Сил Украины – крупнейшее профессиональное предприятие Украины по созданию цифровых карт. Этот классификатор принят сегодня, как единый для ВТУ и Государственной службы геодезии, картографии и кадастра, что сделало его практически украинским стандартом.

Использование Нормативов, органически связанных с традиционным классификатором цифровых карт, позволило создать единую сквозную технологию

разработки электронных картматериалов, в которую включены предприятия Министерства обороны, выполняющие оцифровку картматериалов, и Межведомственный Центр электронного картографирования, который производит доработку материалов, обеспечивая возможность их продуктивного использования в геоинформационных системах.

В чем же заключается создание электронной карты, и зачем перерабатывать материал, который и так уже представлен в компьютерном виде?

Рассмотрим несколько примеров, которые иллюстрируют принципиальные различия между картами цифровыми, предназначенными в большей степени для печати, и электронными, которые подготовлены для использования в ГИС.

Река Днепр представляет собой совокупность площадных и линейных объектов, которые отображают внешний вид нашей великой реки (рис 1).

Но это представление не может ответить на совершенно элементарный для любой геоинформационной системы вопрос: “А какова длина Днепра?”

В электронной карте вводится специальный дополнительный тип объекта – обобщающий (рис 2.). Для рек – это тальвег ее долины. Этот тип объектов, не представленный в цифровой карте, является крайне продуктивным – все задачи ГИС-моделирования поведения рек используют слой виртуальных обобщающих объектов, а не объектов, которые мы привыкли видеть на печатной карте.

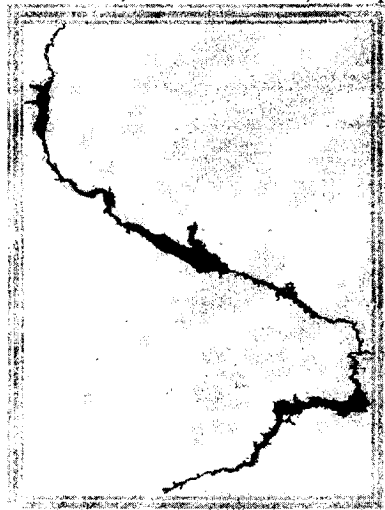


рис.1. Изображение реки Днепр на цифровой карте



рис.2. Обобщающий объект реки Днепр.

Столь же важным оказывается понятие обобщающего объекта для автомобильных дорог. Каждый участок дороги, с одной стороны, имеет свои локальные характеристики – ширина проезжей части, материал покрытия, грузоподъемность и прочие. С другой стороны, совокупность участков дорог

образуют понятие дороги, которая имеет свое название (номер). При этом не редкость, когда один и тот же участок дороги принадлежит одновременно нескольким дорогам. Попытка описать это в рамках классификатора цифровых карт, где есть только понятие объектов, не приводит к успеху. В классификаторе электронных карт локальные свойства участков дороги описываются в слес объектов, а дорога является обобщающим объектом.

При этом с точки зрения информационных систем связь между обобщающими объектами и объектами в приведенных двух примерах разная. Так в первом случае одному обобщающему объекту реки соответствует один или несколько объектов, что представляет собой классическую связь «один-ко-многим». Во втором примере, с одной стороны, каждая дорога (обобщающий объект) состоит из нескольких участков (объектов). С другой стороны по данному участку может проходить несколько дорог, т.е. имеет место типичная связь «многие-ко-многим».

Еще одно отличие слоя автомобильных дорог на цифровой и электронной картах. В цифровой карте участки дорог так же как и на бумажной карте, не соединены в единую сеть. В населенных пунктах они дополняются внутриквартальными проездами. Для электронной карты такое представление не приемлемо, так как подобной сети дорог не может быть проведена одна из базовых операций ГИС – маршрутизация. Поэтому при преобразовании цифровой карты в электронную приходится дорабатывать топологию автодорожной сети.

В отличие от цифровой карты, свойства которой целиком определяются исключительно классификатором, в состав Нормативов для электронных карт, наряду с соответствующим классификатором, входит в качестве равноправного нормативного документа описание структуры информации ЭКМ. Это обстоятельство делает информационную структуру электронной карты строго регламентированной и определенной.

Исходными данными для создания цифрового материала явились расчлененные издательские диапозитивы постоянного хранения Топографического управления Генерального штаба Вооруженных Сил Украины. Общий объем исходного картографического материала – 156 номенклатурных листов.

Цифрование исходных материалов произведено научно-картографическим центром ВТУ по смешанной дигитайзерно-сканерной технологии при помощи программных продуктов «АРМ-КП» и «Создание», после чего они были переданы МЦЭК в формате MIF/MID. Общий объем исходных материалов 830 Мбайт.

Очевидно, что с материалом такого объема достаточно тяжело работать, используя традиционные файловые методы обработки. Поэтому, оптимальным является применение технологии ArcSDE, которая обеспечивает хранение и обработку картматериала с использованием реляционной СУБД, имеющей возможность поддержки сложной структуры данных.

Важно отметить, что начало работы над картой совпало по времени с выходом на рынок нового поколения программных продуктов фирмы ESRI – ArcGIS, в

которых реализована полная поддержка работы с ArcSDE и представлена новинка – модель Geodatabase, что позволяет работать со сложной структурой данных на качественно новом уровне. Это повлияло на выбор технологии создания и использования картматериала. Окончательно склонило чашу весов в сторону использования ArcGIS то, что информационная структура электронной карты, описанная в Нормативах, прекрасно укладывается в понятия и возможности Geodatabase.

Началом разработки электронной карты явилось создание классификатора и информационной структуры, которые были выполнены на основе «Нормативов по созданию электронных карт местности». На первом этапе с помощью специального набора программных инструментов по автоматизации создания ЭКМ, разработанных Межведомственным Центром электронного картографирования, была построена логическая структура данных, а именно:

- определены слои информации в терминах Geodatabase – Feature Class, Tables (классы отображения и таблицы);
 - определен атрибутивный состав в слоях – Fields (поля);
 - определены информационные связи между слоями – Relationship (связи);
 - определены диапазоны значений атрибутов (для тех атрибутов, которые имеют коды значений) – Domain (домены).
 - определены легенды для отображения на карте – Subtypes (подтипы).
- Характеристики информационной структуры ЭКМ приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Общие характеристики созданной информационной структуры:

<i>Классификационные уровни и топографические объекты</i>		<i>Информационные единицы (Table)</i>	<i>Количество графических единиц (feature class)</i>
<i>Наименование</i>	<i>Кол-во</i>		
Сегментов	8		
Подсегментов	18		
Обобщающих объектов	24	24	32
Объектов	286	34	59
Элементов	182	12	30
ИТОГО:		70	121

Общее количество атрибутов

89

Общее количество уникальных топографических кодов (картографических сущностей)

468

Общее количество объектов связи	115
Общее количество уникальных подтипов*	625

* Под подтипом здесь понимается картографическая сущность с определенным типом графического примитива (точечный, линейный, полигональный)

Так как сегменты и подсегменты являются только классификационными уровнями, они не имеют самостоятельных информационных единиц. Разница между количеством информационных и графических единиц связана с тем, что и ArcGIS и ArcView хранят в слое графические примитивы только одного типа. Поэтому одна и та же информационная единица может представляться в двух или даже трех графических единицах. Вся семантическая информация, вне зависимости от типа примитива картографической сущности, хранится в таблице и связывается по уникальному коду с графическим слоем. Например, картографическая сущность *река* может отображаться как полигоном, так и линией, соответственно храниться будет в слое O31WFlow_R и O31WFlow_L, а семантическая информация о ней будет находиться в таблице O31WFlow_T.

По той же причине общее число уникальных подтипов больше общего количества уникальных топографических кодов, так как объект или элемент с одним и тем же топографическим кодом может быть представлен точечным, линейным или площадным примитивом. Примером может служить та же *река*. Согласно классификатору, топографический код ее 3141000000. А так, как она может быть представлена двумя типами примитивов, то *река* будет иметь два подтипа.

Следующим этапом разработки электронной карты Украины было создание физической структуры GeoDatabase. В связи с трудоемкостью этого этапа и связанной с этим большой вероятностью ошибки, его необходимо было максимально автоматизировать. Информационная структура карты строилась с использованием CASE-технологии на базе UML-диаграмм, создаваемых в Microsoft Visio. Были описаны структура графических и информационных слоев карты, связи между ними, значения атрибутов, хранящиеся в доменах и подтипах. Кроме наглядного описания древовидной структуры карты, диаграммы имеют еще и практическое применение. Из UML-диаграмм информация о классах данных карты была передана в Microsoft Repository, откуда импортирована в ArcGIS, используя встроенную в нее поддержку CASE-технологии, с физическим построением GeoDatabase. Этот набор инструментов может служить одним из способов передачи данных от разработчика к потребителю. С помощью Microsoft Repository и UML-диаграмм структура GeoDatabase создается независимо от СУБД. Наполнение ее данными производится с помощью специальных инструментов ArcSDE. Забегая немного вперед, необходимо сказать, что именно так карта была установлена на

центрального узла ПИАС ЧС, где в качестве СУБД используется Informix, тогда как при ее создании использовался ArcSDE 8.1 на базе СУБД Oracle 8.i.

После создания структуры карты GeoDatabase была заполнена графическими и семантическими данными. Но прежде была проделана работа по преобразованию исходного материала цифровой карты в структуру, соответствующую Нормативам.

В процессе переработки цифровых материалов производились:

- проверка топологии рельефа и устранение выявленных ошибок;
- топологическое согласование гидрографии и рельефа и исправление выявленных при этом ошибок;
- устранение последствий нарезки картографического материала на номенклатурные листы путем слияния полигональных объектов, попавших на границы листов;
- восстановление непрерывности дорожной сети за счет включения в нее проездов внутри населенных пунктов;
- построение обобщающих объектов гидросети и кодирование их в соответствии с классификатором Госкомитета водного хозяйства, в результате чего выявлены несоответствия между данными Госкомводхоза и данными топографической карты для почти половины объектов (1300 из 2800). Кроме того, выявлено большое количество объектов, присутствующих на топографической карте и не представленных в этом классификаторе;
- построение обобщающих объектов населенных пунктов и кодирование их в соответствии с классификатором административно-территориального устройства Украины, который ведется Госкомстатом Украины. В результате выявлены расхождения между данными Госкомстата и топографической карты для 6500 объектов из 42000;
- построение обобщающих объектов автомобильных дорог - международных, государственных и региональных дорог по данным Министерства транспорта Украины, в результате чего также были выявлены расхождения между данными министерства и топографическими материалами;
- восстановление связи объектов и элементов, утраченное в цифровом материале, например отнесение мостов, и других элементов дорог к автомобильным или железным дорогам, информационное отнесение островов и других элементов гидросети к соответствующим водоемам, водотокам и прочее.

Опыт создания электронной карты показал высокую эффективность использования GeoDatabase при работе с данными большого объема при наличии достаточно большой структуризации информации. Использования связей между классами, предопределения возможных значений атрибутов и создание пользовательских правил поведения объектов позволяют гарантировать

непротиворечивость и целостность данных, что существенно облегчает труд разработчиков.

Но преимущества использования GeoDatabase в электронной карте перед традиционной файловой системой не ограничиваются разработкой карты. В дальнейшем, при ее использовании, значительно улучшается качество взаимодействия пользователя с картматериалом и упрощает администрирование данных, а именно:

- за счет связывания повышается глубина получения информации об объектах карты;
- используя домены, пользователь видит атрибутивные характеристики объектов в приемлемом для него виде;
- при редактировании картматериала, связи и домены уменьшают вероятность внесения ошибочных данных;
- применение подтипов дает возможность быстрого построения тематических карт, на основе атрибутивных данных;
- возможность многопользовательского редактирования материала с наличием механизмов фиксации и разрешение коллизий;
- использование версионности упрощает работу администратора картографического материала и дает возможность контроля за изменением данных;

Но даже такое разнообразие возможностей не всегда помогает пользователю разобраться в довольно сложной структуре карты, созданной на основе Нормативов. Поэтому МЦЭК, используя библиотеку ArcObject, разрабатывает дополнительные средства взаимодействия пользователя и картматериала. В пакет сопровождения электронной карты будет входить:

- инструменты по выделению области карты и экспорта в GeoDatabase с сохранением структуры карты и предопределенных правил;
- инструменты взаимодействия картматериала и классификатора информации электронной карты;
- построитель метаданных о карте;
- построитель тематической карты, основанный на использовании метаданных.

Благодаря этим инструментам работа с картой станет еще проще и удобнее. Мы надеемся, что круг пользователей электронной карты Украины масштаба 1 : 200 000 не будет ограничен рамками ПИАС ЧС, а карта, в первую очередь, будет является базовой основой для создания многочисленных и разнообразных тематических карт. В марте 2002 года Государственная служба геодезии, картографии и кадастра рассмотрела материалы электронных карт Украины масштабов 1 : 200 000 и 1 : 500 000, подготовленных Межведомственным Центром электронного картографирования, и рекомендовала их к использованию в качестве

государственной картографической основы по созданию других картографических произведений и геоинформационных систем.