О новых подходах в технологиях создания электронных (цифровых) карт

On new approaches in technologies for creating electronic (digital) maps

Александров / Aleksandrov Y.
Юрий Сергеевич
(alexandrov@itain.ru)
ЗАО "Институт телекоммуникаций",
ведущий специалист.
г. Санкт-Петербург

Сердюков / Serdiukov A.
Александр Николаевич
(serdyukov@itain.ru)
кандидат технических наук,
ЗАО "Институт телекоммуникаций",
и.о. начальника отдела.
г. Санкт-Петербург

Леонтьев / Leontev V.
Владимир Александрович
(leontiev@itain.ru)
кандидат технических наук,
ЗАО "Институт телекоммуникаций",
ведущий специалист.
г. Санкт-Петербург

Присяжнюк / Prisyazhnyuk S.
Сергей Прокофьевич
(office@itain.ru)
доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ,
действительный член Академии инженерных наук им. А. М. Прохорова.
ЗАО "Институт телекоммуникаций",
генеральный директор.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: электронные карты - electronic cards; технология - technology; объектный подход - object approach; история - history.

В статье рассмотрены история и направления развития (совершенствования) технологий автоматизированного создания и обновления электронных (цифровых) карт. Разрабатываемая в настоящее время технология автоматизированного создания электронных карт основана на концепции объектно-ориентированной модели пространственных данных.

The article reviews the history and directions of development (improvement) of technologies for automated creation and updating of electronic (digital) maps. The technology currently being developed for the automated creation of electronic maps is based on the concept of an object-oriented model of spatial data.

Результатом развития теории и практики автоматизации в картографии со второй половины 80-х годов прошлого столетия стала разработка технологии создания цифровых карт местности по картографическим материалам (тиражные оттиски или диапозитивы постоянного хранения топографических карт отечественного издания и тиражные оттиски топографических карт зарубежного издания), а также с использованием аэрокосмических снимков. Эта технология была реализована в комплексе автоматизированной базы цифровых картографических данных, предназначенном для создания, накопления, хранения и выдачи потребителям цифровых карт местности, был принят на снабжение в 1984 году [1, 2].

В последующий период технологии создания электронных (цифровых) карт продолжают развиваться и совершенствоваться.

Первые технологии создания электронных (цифровых) карт сводились к цифрованию исходных картографических материалов (цветных тиражных оттисков карт, расчлененных диапозитивов постоянного хранения) на планшете путем отслеживания контуров объектов, подготовке и вводу семантики, структуризации цифровой картографической информации. Далее решались задачи:

– символизации векторной модели;

– контроля и редактирования символизированных электронных (цифровых) карт;

– получения контрольной и архивной графических символизированных копий электронной (цифровой) карты.

В первых технологиях создания электронных (цифровых) карт было много ручного труда. Это требовало большого напряжения человека-оператора при цифровании сложных по содержанию исходных материалов, что приводило к снижению точности ввода и появлению ошибок в цифровых данных. Эти технологии были трудозатратными, требовалась предварительная подготовка материала, на которую практически затрачивалось время, соизмеримое со временем собственно цифрования [3, 4].

Следующие технологии создания электронных (цифровых) карт заключались в сканировании исходных материалов (аэрокосмических снимков, цветных тиражных оттисков карт, расчлененных диапозитивов постоянного хранения) с последующим распознаванием растрового изображения и автоматической или интерактивной векторизацией, вводе требуемой семантики и структуризации цифровой картографической информации. Далее решались задачи:

– символизации векторной модели;

– составления электронной (цифровой) карты по уровням нагрузки;

– контроля и редактирования символизированных электронных (цифровых) карт;

– получения контрольной и архивной графических символизированных копий электронной (цифровой) карты.

Сущность процесса символизации состояла в присвоении каждому объекту кода соответствующего условного знака из библиотеки условных знаков по классификационному коду, кодам характеристик объектов и их значениям. В процессе составления электронных (цифровых) карт по уровням нагрузки осуществлялся программный (структурный контроль, контроль корректности метрического и семантического описаний объектов, правильность присвоения высот горизонталям, правильность направления цифрования объектов и некоторые другие виды контроля) и визуальный контроли и редактирование информации, которое, в основном, сводилось к размещению подписей объектов. Процесс создания электронных (цифровых) карт завершался получением символизированной графической копии последовательно для каждого уровня нагрузки, начиная с первого. Формирование электронных (цифровых) карт осуществлялось в универсальной структуре данных, обеспечивающей возможность записи векторной информации, как в последовательном, так и в цепочно-узловом представлении, в растровом виде, справочной информации, а также формирование сегментов данных пользователей. Технология была реализована на комплексе автоматизированных рабочих мест, объединенных в локальную вычислительную сеть.

Технологии создания электронных (цифровых) карт на основе сканирования исходных картографических материалов имели более высокий уровень автоматизации и были менее трудозатратными [3, 4].

Технология создания электронных карт была реализована в комплексе автоматизированных рабочих мест создания, хранения и выдачи электронных карт, который предназначен для создания электронных карт и планов городов, включенных в систему электронных карт, их накопления, учета, хранения и выдачи на машинных носителях, а также редактирования и изготовления их издательских оригиналов. Комплекс и система электронных карт были приняты на снабжение в 1999 году [2, 5].

С развитием методов и технологий цифровой фотограмметрии, реализованных для обработки аэрокосмических материалов в цифровых фотограмметрических станциях (ЦФС), значительно вырос уровень автоматизации целого ряда трудоемких и рутинных процессов в технологиях создания и обновления цифровых топографических карт и планов.

Программное обеспечение ЦФС и технологии его использования непрерывно совершенствовались. Это позволило расширить технологические возможности и область использования системы [7].

В 2002 году значимым результатом в развитии методов и технологий цифровой фотограмметрии стала аналитическо-цифровая фотограмметрическая станция (АЦФС), предназначенная для создания и обновления электронных топографических карт, планов городов по одиночным космическим и аэрофотоснимкам. Она функционально обеспечивала выполнение следующих операций: прием, оценка и визуализация аналоговых и цифровых аэрокосмических и картографических изображений; изготовление цифровых фотопланов с использованием информации о планово-высотном обеспечении и рельефе местности; автоматизированное и оптико-визуальное дешифрирование аналоговых и цифровых панорамных, щелевых, радиолокационных и других фотоснимков, а также цифровых фотопланов; создание (обновление) электронных топографических карт, планов городов по результатам дешифрирования; выдача по запросам потребителей созданной цифровой информации о местности.

Особенно важно то, что применение АЦФС позволило отказаться от технологий и аппаратно-программных средств создания электронных карт путем цифрования достаточно устаревших по содержанию картографических материалов и изготавливать эти карты и планы городов на основе аэрокосмических материалов.

Технологии создания и обновления электронных топографических и специальных карт и других видов цифровой информации о местности по данным аэро- и космической съемки были реализованы в программно-аппаратном комплексе создания и обновления цифровой информации о местности, который в настоящее время применяется, комплекс целиком построенный на отечественном программном обеспечении. Изделие представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из технических и программных средств, объединенный локально-вычислительной сетью. Комплекс обеспечивает возможность создания и с заданной периодичностью обновления цифровых ортофотопланов любого масштаба и цифровых матриц рельефа местности, распознавания изображений объектов, определения их количественных и качественных характеристик с помощью автоматизированного стереоскопического дешифрирования, хранения геопространственных данных в текстовом и табличном виде.

В настоящее время разрабатаны средства и технологии создания (обновления) электронных карт на основе объектно-ориентированной базы пространственных данных (ООБ ПД). Этой разработке предшествовала научно-исследовательская работа, в ходе которой наиболее сложной задачей в плане научно-технической реализации было изготовление экспериментальных образцов единой системы электронных карт на основе ООБ ПД в составе существующих видов электронных топографических, специальных карт, планов городов, цифровых матриц рельефа, ортофотопланов и пространственных моделей местности, а также новых видов геопространственной информации таких как:

– покрытия на различные районы земной поверхности в векторной, растровой формах представления;

– сшитые цифровые ортотрансформированные изображения, матрицы высот рельефа и пространственные модели местности на заданные территории земной поверхности;

– базовые пространственные объекты в виде глобальных цифровых моделей реального мира;

– электронные карты (новой) системы государственных общегеографических карт масштабов 1:10 000 – 1:8 000 000.

К главным преимуществам, которые предоставляет ООБ ПД для решения задач в автоматизированной картографии по сравнению с существующими в настоящее время технологиями, следует отнести возможность решения на основе принципиально новых подходов следующих задач:

– обновления ГПИ;

– создания по базовой информации ООБ ПД различных пользовательских моделей ГПИ с использованием технологии генерализации.

Известно, что ООБ ПД функционально может хранить пространственные данные различной точности. В научно-технической литературе по вопросам создания, хранения, обработки и применения пространственных данных на практике отмечается, что в таких странах как Германия, Франция, Финляндия уже давно подтверждено, что использование единственной подробной базы данных имеет множество преимуществ, в том числе возможность непрерывного обновления карт всех масштабов, обновляя только единственную базу данных.

В объектно-ориентированной модели данных любая сущность реального мира (автомобильная дорога, река, здание, и др.) являются объектами, которые описываются классами.

Объекты характеризуются свойствами (атрибутами), определяющими их состояние, и методами (операциями), определяющими их поведение.

Объекты взаимодействуют друг с другом путем передачи сообщений, активизирующих их линии поведения.

Реализация объектно-ориентированного подхода характеризуется следующими ключевыми свойствами:

– поддержка индивидуальности объектов;

– поддержка сложных объектов;

– поддержка инкапсуляции;

– поддержка классов;

– поддержка наследования типов и классов от их предков;

– расширяемость наборов типов данных;

– полиморфизм.

К основным достоинствам объектно-ориентированного подхода к представлению ГПИ относятся [10,11,12,13]:

– объектно-ориентированные модели более открыты и легче поддаются внесению изменений, поскольку их конструкция базируется на устойчивых формах;

– объектная модель вполне естественна;

– за счет инкапсуляции обеспечивается высокий уровень целостности данных, сохраняется внутреннее устройство объектов, создание новых данных контролируется правилами поведения и допусками;

– за счет наследования обеспечивается многократное использование фрагментов кода, что повышает эффективность работы программного обеспечения;

– обеспечивается возможность объединения классов в отдельные группы, за счет выделения общих, значимых для них всех характеристик;

– существенно повышается уровень унификации разработки и пригодность для повторного использования не только программ, но и проектов.

Первое из перечисленных достоинств является главным, так как дает возможность системе развиваться постепенно и не приводит к полной ее переработке даже в случае существенных изменений исходных требований.

Второе из перечисленных достоинств объясняется тем, что объектная модель:

– в первую очередь ориентирована на человеческое восприятие мира, а не на компьютерную реализацию;

– позволяет в полной мере использовать выразительные возможности объектных и объектно-ориентированных языков программирования;

– обеспечивает реализацию самых сложных моделей реального мира. В этом ее главное преимущество, недоступное другим структурам данных;

– поддерживает множественные уровни обобщения, объединения и ассоциации.

К основным недостаткам можно отнести следующие:

– большие и сложные модели замедляют скорость работы. В частности, на скорости выполнения программ может неблагоприятно сказаться реализация полиморфизма;

– анализ объектно-ориентированных баз данных требует использования объектно-ориентированных языков программирования;

– не годится для описания непрерывно распределенных в пространстве признаков, таких как рельеф местности;

– многочисленность методов и их излишние вызовы;

– сложность тестирования и верификации программ.

Обеспечение баланса преимуществ и недостатков объектно-ориентированного подхода к представлению ГПИ осуществляется путем оптимизации количества классов объектов, видов связей между ними и методов обработки.

Существует мнение, что на практике организация хранения в базе ПД всех видов, масштабов и, соответственно, различной точности может привести к неоправданному увеличению объемов хранения информации в базе данных и, как следствие, к снижению быстродействия (производительности) ее работы. Но это не главная проблема, требующая принципиального решения.

Принципиального решения для задачи обновления ГПИ на основе ООБ ПД требует:

– установление базовой информации пространственных данных, характеризуемых максимально возможной точностью и детальностью (подробностью, пространственным разрешением), добывание которых на заданный период времени является реальным событием;

– установление порядка и правил обновления координатного и атрибутивного описания пространственных данных базовой информации, а также производных пользовательских моделей ГПИ, создаваемых по базовой информации в случае их хранения в ООБ ПД (хранение производных пользовательских моделей ГПИ в ООБ ПД, не должно быть обязательным и осуществляться только в случае оправданной необходимости);

– сохранения исходной точности координатного описания объектов местности производных пользовательских моделей ГПИ, создаваемых по базовой информации (здесь и далее речь идет о твердых контурах объектов местности и узловых точках).

Очевидно, что в случае реализации таких подходов на практике может быть подтверждено, что использование единственной подробной базы данных обеспечит принципиально новое решение задачи поддержки информации о местности в актуальном состоянии и позволит сократить как минимум на порядок временные и финансовые затраты по сравнению с существующими в настоящее время технологиями.

Однако следует иметь в виду, что реализация таких подходов потребует изменить привычные правила отображения объектов местности (картографической информации) в составе пользовательских моделей ГПИ, создаваемых по базовой информации с помощью существующей системы условных знаков. Сохранение исходной точности координатного описания объектов местности пользовательских моделей ГПИ может привести к слиянию условных знаков некоторых объектов при их отображении. Это связано с тем, что для получения соответствующей пользовательской модели (например, электронной карты более мелкого масштаба по сравнению с базовой информацией ООБ ПД, которая условно соответствует точности и подробности электронной карты, например, масштаба 1:25 000, или 1:50 000), без выполнения каких-либо составительских работ (ручной генерализации), в результате которых точность координатного описания объектов искажается ради соблюдения принципа: каждый объект для обеспечения читаемости карты в обязательном порядке должен отображаться своим условным знаком.

В современных условиях, когда точность геопространственной информации приобретает первостепенное значение, такие подходы создания производных пользовательских моделей по базовой информации не вполне оправданы. По этой причине реализация принципа сохранения исходной точности координатного описания объектов местности пользовательских моделей ГПИ, создаваемых по базовой информации, потребует разработки новых условных знаков, обеспечивающих однозначный способ их визуализации на технических средствах отображения и на твердых (бумажных) копиях.

Вопросы создания производных пользовательских моделей ГПИ по базовой информации ООБ ПД с сохранением точности координатного описания объектов и их читаемости при отображении тесно связаны с вопросами генерализации. Предложения по решению этой проблемы изложены ниже.

Как уже было отмечено, одним из преимуществ, которые предоставляет ООБ ПД, для решения задач в картографии по сравнению с существующими в настоящее время технологиями следует отнести принципиально новые возможности в создании различных пользовательских моделей ГПИ средствами технологии генерализации. Такие возможности обеспечиваются прежде всего за счет новой модели представления пространственных данных, когда объекты местности представляются не как совокупность элементарных объектов карты, имеющих свой характер локализации и соответствующее ему координатное и атрибутивное описание, а как единый агрегирующий объект, существующий в реальных условиях.

Что же касается генерализации, то результаты исследований, обоснованно показали, что для создания единой системы электронных карт по ООБ ПД необходима разработка таких методов и средств генерализации, которые максимально автоматически обеспечивают этот процесс.

Учитывая, что основой генерализации, в том числе уровня ее автоматизации, являются классификаторы цензово-нормативных показателей создания на основе ООБ ПД пользовательских моделей данных, подходы к их разработке, определение состава и содержания классификаторов во многом будут определять эффективность генерализации, а следовательно и эффективность технологий создания единой

системы электронных карт по ООБ ПД в целом. В связи с этим определение правильных подходов и вариантов создания классификаторов является исключительно важной проблемой.

При разработке классификаторов цензово-нормативных показателей создания на основе ООБ ПД пользовательских моделей данных могут быть предложены два основных подхода.

Первый, его можно отнести к традиционному, когда цензово-нормативные показатели – ключевые параметры классификатора определяются требованиями существующих нормативно-технических документов (основных положений, руководств и т.п.) по созданию и обновлению топографических и специальных карт и планов городов. Такой подход реализован в технологиях создания карт производных масштабов по базовым и используется на практике до настоящего времени. Основным недостатком такого подхода является большой объем интерактивных (ручных) доработок картографом-составителем для приведения карты в соответствие с требованиями существующих руководящих нормативно-технических документов по созданию и обновлению топографических и специальных карт и планов городов. Методы интерактивной (ручной) генерализации, в основе которой отбор, обобщение информации с целью обеспечения прежде всего содержательного подобия карт и планов смежных масштабов, обязательная высококвалифицированная подготовка картографа-составителя, субъективность в принятии решений, искажение в процессе обобщения информации точности координатного описания и достоверности данных, и большие временные затраты на создание производных карт (геопространственной информации), сводят на нет все преимущества ООБ ПД для решения задач в картографии.

В связи с этим становится очевидным, что в вопросах генерализации главной задачей является доведение этого процесса до автоматического и сведения к минимальному объему ручных доработок. Только в этом случае объектно-ориентированное представление пространственных данных и соответствующая ей ООБ ПД смогут быть эффективными и в полном объеме реализовать свои технологические преимущества при создании и обновлении геопространственной информации.

Основными предпосылками, которые обеспечивают решение этой задачи, являются:

– сохранение исходной точности координатного описания идентичных объектов местности отображаемых на картах разных масштабов;

– изменение в оформлении и содержании целевой объектовой нагрузки карт и планов, упрощения вида условных знаков, используемых для отображения объектов местности и картографических объектов, унификации и сокращения их количества.

Такие предложения неоднократно поступали от потребителей, в том числе от пользователей ГИС, при решении информационных и расчетных задач, задач моделирования, а также от должностных лиц, которые имеют дело с оперативной обстановкой и испытывают сложности при ее нанесении, ведении и использовании в связи высокой степенью информационной нагрузки картографической основы.

Определение нового состава объектовой нагрузки карт и планов, упрощение вида условных знаков, используемых для отображения объектов местности, унификация и сокращение их количества в соответствии с требованиями потребителей – процесс творческий и длительный. Кроме того, как показывает практика, сбор предложений от органов управления по таким вопросам, как правило, не приносит быстрого, желаемого и однозначного результата. По этой причине, а также для сокращения сроков доведения генерализации до автоматического уровня предлагается следующее.

1. Разработать классификаторы цензово-нормативных показателей с соответствующими технологиями, обеспечивающими:

– автоматический отбор и формирование на основе ООБ ПД пользовательских моделей данных (единой системы электронных карт);

– сохранение исходной точности координатного описания идентичных объектов местности, отображаемых на картах разных масштабов, как задачу более приоритетную в настоящее время по сравнению с существующей до сих пор в классической картографии – обеспечения содержательного подобия карт смежных масштабов;

– создание производных пользовательских моделей всего масштабного ряда в результате генерализации должно выполняться с сохранением исходной точности координатного описания объектов и использованием системы условных знаков, обеспечивающей однозначный способ их визуализации на технических средствах отображения и на твердых (бумажных) копиях.

В заключительной части необходимо отметить, что в составе технологий создания и обновления геопространственной информации на основе ООБ ПД ключевой компонентой является информационное картографическое обеспечение (ИКО) ООБ ПД в составе:

– каталог объектов ГПИ с их атрибутами, метаданными и связями между объектами, являющийся основой создания структуры ООБ ПД;

– правила цифрового описания объектов, система их идентификации и библиотека условных знаков для отображения;

– классификаторы, правила цифрового описания, условные знаки и цензово-нормативные показатели создания на основе ООБ ПД электронных топографических и специальных карт различных масштабов.

В связи с тем, что проекты отдельных нормативно-технических документов ИКО ООБ ПД созданы,

их дальнейшую разработку необходимо проводить с учетом:

– сохранения исходной точности координатного описания идентичных объектов местности пользовательских моделей ГПИ различных масштабов;

– разработки классификаторов цензово-нормативных показателей создания на основе ООБ ПД, определяющих необходимый состав объектов для последующего автоматического отбора и формирования пользовательских моделей ГПИ;

– разработки библиотеки новых условных знаков объектов местности пользовательских моделей ГПИ, создаваемых по базовой информации, обеспечивающих однозначный способ их визуализации на технических средствах отображения и на твердых (бумажных) копиях.

В 2022 году разработан аппаратно-программный комплекс создания единой системы электронных карт. В основе указанного комплекса заложены принципиально новые технологии создания и обновления геопространственной информации на основе объектно-ориентированной модели пространственных данных. Ожидается, что разработанный Российской Федерации комплекс обеспечит существенное повышение эффективности создания и обновления геопространственной информацией для обеспечения систем управления различного назначения.

Литература

1. Халугин, Е. И. Цифровые карты / Е.И. Халугин, Е.А. Жалковский, Н.Д. Жданов. – Москва : Недра, 1992. – 419 с.

2. Сердюков, А. Н. Развитие методов и средств обеспечения войск цифровой информацией о местности / А.Н. Сердюков // Военная мысль. – 2006. – № 5. – С. 26–29.

3. Абламейко, С. В. Информационные технологии создания и обновления цифровых и электронных карт местности / С.В. Абламейко, А.Н. Крючков // Информатика. – 2004. – № 2. – С. 86–93. – URL : https://mmf.bsu.by/wp-content/uploads/2017/11/221963.pdf (дата обращения: 09.08.2020).

4. Давлетшина, А. Д. Этапы и проблемы создания электронной карты / А.Д. Давлетшина // Молодой ученый. – 2017. – № 3 (137). – С. 191–193.

5. Леонтьев, В. А. Создание и использование системы электронных карт / В.А. Леонтьев // Научно-технический сборник 29 НИИ МО РФ. – 2017. – № 29. – С. 85–90.

6. Седов, В. Н. О координации работ Военно-топографического управления и Роскартографии / В.Н. Седов // Геодезия и картография. – 2003. – № 11. – С. 4–7.

7. Нехин, С. С. Современные технологии создания и обновления цифровых карт на ЦФС ЦНИИГАиК / С.С. Нехин. – URL: https://gisinfo.ru/createplan/createplan.htm (дата обращения : 09.08.2020).

8. Короткова, Т. Центр электронной картографии Минобороны РФ оснащен системой создания и обновления цифровой информации о местности / Т. Короткова // URL: https://www.cnews.ru/news/line/2017-03-15_tsentr_elektronnoj_kartografii_minoborony_rf_osnashchen (дата обращения : 09.08.2020).

9. Минобороны России приняло на снабжение российский комплекс создания и обновления геопространственной информации. – URL: https://www.cnews.ru/news/line/2017-03-15_tsentr_elektronnoj_kartografii_minoborony_rf_osnashchen (дата обращения : 24.11.2020).

10. Леонтьев, В. А. Объектно-ориентированный подход к представлению геопространственной информации, сущность, достоинства и недостатки / В.А. Леонтьев // Научно-технический сборник 29 НИИ МО РФ. – 2015. – № 25. – С. 74–83.

11. Зализнюк, А. Н. О новых подходах в технологиях создания электронных карт / А.Н. Зализнюк, Ю.С. Александров, С.П. Присяжнюк // Информация и Космос. – 2020. – № 4. – С. 96–99.

12. Зализнюк, А. Н. Геоинформационные объектно-ориентированные модели формирования образного мышления / А.Н. Зализнюк, Д.Е. Гоманов, С.П. Присяжнюк // Информация и Космос. – 2018. – № 4. – С. 129–134.

13. Объектно-ориентированная геопространственная информация, достоинства и недостатки при ее создании и применении / А.Н. Зализнюк, Ю.С. Александров, С.П. Присяжнюк [и др.] // Информация и Космос. – 2017. – № 2. – С. 102–106.