Электронные карты повышенной точности – новый вид геопространственной информации

Electronic maps of increased accuracy – a new type of geospatial information

Александров / Alexandrov Yu.
Юрий Сергеевич
(alr1949@yandex.ru)
ФГБУ "27 Центральный научно-исследовательский институт" МО РФ,
научный сотрудник.
г. Москва

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 maps; точность – accuracy; геопространственная информация – geospatial information.

В статье раскрывается сущность нового вида электронных карт повышенной точности, их состав, характеристики и возможности применения. Основу технологий составляет объектно-ориентированная модель организации геопространственных данных. В 1,5 раза повышена точность всего масштабного ряда электронных карт. Реализована автоматическая генерализация по цензово-нормативным показателям, что на порядок удешевило стоимость создания.

The article reveals the essence of a new type of electronic maps of increased accuracy, their composition, characteristics and possibilities of application. The technology is based on the object-oriented model of geospatial data organization. The accuracy of the whole range of electronic maps has been increased by 1.5 times. Implemented automatic generalization by census-normative indicators, which reduced the cost of creation.

Создание нового вида геопространственной информации (ГПИ) – электронных карт повышенной точности (ЭК ПТ), стало возможным в результате разработки аппаратно-программного комплекса единой системы электронных карт военного назначения (АПК ЕС ЭК ВН). Разработаны требования к таким картам в виде технических условий.

ЭК ПТ – ГПИ каждого вида и масштаба единой системы электронных карт военного назначения (ЕС ЭК ВН) включающая:

– электронные топографические карты масштабов 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000; 1:500 000, 1:1 000 000;

– электронные планы городов масштабов 1:10 000, 1:25 000;

– электронные навигационные карты масштабов 1:50 000, 1:100 000 и 1:200 000;

– электронные карты системы государственных общегеографических карт масштабов: 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, входящие в подсистему топографических карт и масштабов: 1:500 000,

– 1:1 000 000, 1:2 000 000, 1:4 000 000, 1:8 000 000, входящие в подсистему обзорных карт;

– авиационные электронные карты масштабов: 1:500 000, 1 000 000, 1:2 000 000, 1:4 000 000, 1:8 000 000, 1:16 000 000, 1:32 000 000;

– электронные обзорно-географические карты масштабов: 1:500 000, 1:1 000 000, 1:2 500 000, 1:5 000 000, 1:10 000 000.

ЭК ПТ по сравнению с традиционными (создаваемыми в настоящее время) ЭК включает сокращенный объектовый состав, который имеет повышенную (в 1,5–2 раза) точность планового положения. Конкретный состав объектов элементов содержания определяет классификатор электронных карт повышенной точности каждого вида и масштаба. При этом все объекты электронных карт повышенной точности каждого производного масштаба должны быть в обязательном порядке в составе объектов предшествующего, более крупного масштаба.

Средние погрешности планового положения объектов и четких контуров местности на электронных картах повышенной точности относительно точек съемочной сети независимо от масштаба карты не должна превышать:

– 0,3 мм в масштабе карты – при углах наклона местности до 6°;

– 0,4 мм в масштабе карты – в горных и залесенных районах.

Зависимость между средней υ и средней квадратической погрешностью m, $m = 1{,}25^* \upsilon$ [1].

Предельная ошибка взаимного планового положения контуров не должна превышать 0,3 мм в масштабе карты.

Средние погрешности положения горизонталей по высоте относительно ближайших точек съемочной сети не должны превышать 1/3 высоты сечения рельефа.

Погрешности, равные удвоенным значениям величин, характеризующих точности карт в плане и по высоте, должны рассматриваться как предельные, а их число не должно превышать 10% от общего числа контрольных точек. Погрешности, превышающие предельные, не допускаются.

Необходимо отметить, что традиционные электронные карты и планы городов создаются в соответствии с требованиями к системе электронных карт, утвержденными МО РФ в 1992 г. и техническими условиями: «Электронные карты. Векторные электронные карты. Векторные электронные топографические карты. Векторные электронные обзорно-географические карты. Векторные электронные планы городов».

В соответствии с этими нормативно-техническими документами электронные карты по точности, содержанию и оформлению должны соответствовать их бумажным аналогам, требования к которым определены следующими нормативно-техническими актами: «Основными положениями по созданию и обновлению топографических карт масштабов 1:10 000 – 1:1000 000», а также «Руководством по картографическим и картоиздательским работам», части 1–7.

В связи с этим на электронных топографических, обзорно-географических и авиационных картах и планах городов средние ошибки в плановом положении изображений объектов и четких контуров местности относительно ближайших пунктов и точек геодезической основы не должны превышать 0,5 мм для равнинных, пересеченных и холмистых районов с преобладающими углами местности до 6°. Средние погрешности положения горизонталей по высоте относительно ближайших точек съемочной сети не должны превышать 1/3 высоты сечения рельефа.

Для лучшего понимания сущности электронных карт повышенной точности далее в этой статье речь пойдет об электронных топографических картах, которые на практике чаще всего используются как измерительные документы. На примере этих карт далее будет показано, какие принципы реализованы в технологии создания электронных карт повышенной точности и за счет чего достигается повышение их точности.

Известно [2–6], что электронные топографические карты создаются как по материалам ДЗЗ, так и по картографическим материалам: диапозитивам постоянного хранения и тиражным оттискам топографических карт. Способ создания ЭТК по материалам ДЗЗ (цифровым фотопланам или ортофотопланам) является основным, так как он обеспечивает создание более современных и точных ЭТК по сравнению с картографическими материалами.

Например, точность (m) ЭК, создаваемых по картографическим материалам масштаба 1:50 000, составляет 30 м. Точность цифровых ортофотопланов обычно соизмерима с точностью планово-высотной основы (ПВО), которая используется для координатной привязки материалов ДЗЗ. При использовании континентальной ПВО, созданной ТС ВС РФ на территорию суши Земли по материалам ККК «Комета», точность (m) цифровых ортофотопланов с учетом погрешности создания рельефа суши масштаба 1:50 000 составляет порядка 15 м.

Соответственно, в этой ситуации точность создания ЭТК по цифровым ортофотопланам может как минимум в 1,5 раза превышать точность ЭТК, создаваемых по картографическим материалам. Заметим, что при использовании более точной ПВО (например, координат, полученных в результате геодезических измерений) точность цифровых ортофотопланов повышается и может достигать величин, соизмеримых с разрешением материалов ДЗЗ (менее 1 м) [7].

Однако существующие в настоящее время правила составления карт и система условных знаков таковы, что даже в случае создания ЭТК по материалам ДЗЗ сохранить исходную точность координатного описания объектов местности, полученную в процессе цифрования цифрового фотоплана (ортофотоплана), невозможно, так как сохранение исходной точности координатного описания объектов местности, при создании ЭТК по материалам ДЗЗ, приведет к слиянию условных знаков объектов при их отображении, особенно в районах с плотной застройкой и развитой сетью дорог. Чтобы этого не допустить, на практике точность координатного описания объектов в процессе составления карт искажается ради соблюдения принципа: каждый объект для обеспечения читаемости карты в обязательном порядке должен отображаться своим условным знаком, обеспечивающим однозначный способ их визуализации на технических средствах отображения и на твердых (бумажных) копиях.

В современных условиях, когда точность ГПИ приобретает первостепенное значение, такие подходы создания электронных карт недопустимы.

С целью совершенствования и развития средств и методов создания электронных карт, направленных на повышение их точности, современности, сокращения времени на их создание и себестоимости по заказу МО РФ разработан аппаратно-программный комплекс создания единой системы электронных карт военного назначения.

Основу технологий АПК ЕС ЭК ВН составляет объектно-ориентированная модель организации геопространственных данных и их хранение в составе объектно-ориентированной базы данных.

По результатам разработки АПК ЕС ЭК ВН и его испытаний установлено, что к главным преимуществам, которые предоставляет объектно-ориентированная база ГПИ для решения задач в автоматизированной картографии по сравнению с существу-

ющими в настоящее время технологиями создания и обновления ЭК следует отнести возможность на основе принципиально новых подходов решения следующих задач:

– создания по базовой информации ООБД различных пользовательских моделей ГПИ с использованием технологии автоматической генерализации, в том числе как традиционных ЭК, так и новых – ЭК повышенной точности;

– обновления ГПИ.

Информация об объектах местности, полученная в результате цифрования материалов ДЗЗ, помещается в ООБД в виде новой модели организации данных, когда объекты местности представляются не как совокупность элементарных объектов карты, имеющих свой характер локализации и соответствующее ему координатное и атрибутивное описание, а как агрегированный объект, существующий в реальных условиях в единой системе координат и высот, с его метаданными и пространственно-логическими отношениями с взаимодействующими объектами. По информационно наполненной базовой информацией ООБД формируются пользовательские модели единой системы электронных карт военного назначения, в том числе электронные топографические карты повышенной точности всех масштабов.

Под базовой информацией ООБД понимается состав ГПИ, соответствующий параметрам полноты и точности исходных фотограмметрических и картографических данных и материалов, используемых для формирования пользовательских моделей на текущий момент времени.

В процессе формирования пользовательских моделей всех видов и масштабов основным принципом является сохранение исходной точности координатного описания объектов местности базовой информации ООБД. При этом исходная точность координатного описания объектов местности всех видов и масштабов пользовательских моделей ГПИ, создаваемых по базовой информации, должна соответствовать точности идентичных объектов в составе базовой информации.

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

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. Как уже отмечалось выше, сохранение исходной точности координатного описания объектов местности пользовательских моделей ГПИ может привести к слиянию условных знаков некоторых объектов при их отображении.

В современных условиях, когда точность ГПИ приобретает первостепенное значение, 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, исключающих искажение планового положения объектов местности в процессе составительских работ.

Создание производных пользовательских моделей ГПИ по базовой информации ООБД с сохранением точности координатного описания объектов и их читаемости при отображении тесно связаны с вопросами генерализации.

В основе генерализации, в том числе уровня ее автоматизации, являются классификаторы цензово-нормативных показателей создания на основе ООД 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 военного назначения по объектно-ориентированной базе ГПИ 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 ООД 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 актов (Основных положений и Руководств) по созданию и обновлению существующих топографических, специальных карт и планов городов. Такой подход реализован в технологиях создания производных масштабов карт по базовым (первичным) 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

смежных масштабов карт и планов, субъективность в принятии решений картографа-составителя, искажение в процессе обобщения информации точности координатного описания и достоверности данных, большие временные затраты на создания производной картографической (геопространственной) информации, сводят на нет все преимущества объектно-ориентированной базы ГПИ 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 ГПИ и соответствующая ей ООБД смогут быть эффективными и в полном объеме реализовать свои технологические преимущества при создании и обновлении ГПИ.

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 картографических и объектов местности, унификации и сокращения их количества.

Такие предложения неоднократно поступали из войск и штабов, в том числе от пользователей ГИС ВН при решении информационных и расчетных 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, упрощения вида условных знаков, используемых для отображения объектов местности, унификация и сокращение их количества в соответствии с требованиями войск – процесс творческий и длительный. Кроме того, как показывает практика, сбор предложений от органов военного управления по таким вопросам, как правило, не приносит быстрого, желаемого и однозначного результата. По этой причине, а также для сокращения сроков внедрения в практику использования в войсках ЭТК повышенной точности предлагается следующее:

– уточнить классификаторы цензово-нормативных показателей обеспечивающими автоматический отбор и формирование по объектно-ориентированной базе ГПИ пользовательских моделей единой системы карт военного назначения с учетом особенностей района картографирования, классифицируемых по результатам районирования;

– реализовать 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 картографических документов смежных масштабов;

– создать опытные образцы ЭТК повышенной точности всего масштабного ряда с сохранением исходной точности координатного описания объектов и использованием системы условных знаков для однозначного способа их визуализации на технических средствах отображения и на твердых (бумажных) копиях.

Полученные таким образом опытные образцы ЭТК использовать в качестве основы для последующего согласования с органами военного управления в части точности, содержания и оформления. С большой долей вероятности будет положительно оценен факт повышения точности ЭТК, сохранение исходной точности координатного описания идентичных объектов местности ЭТК производных масштабов и критически оценено на начальном этапе изменения в объектовом составе и применение новых условных знаков. Тем не менее такой подход при согласовании требований к новым (перспективным) видам ГПИ оправдан в связи с тем, что такие виды информация предлагается впервые и их функциональные возможности в процессе применения предстоит еще оценить. При этом совершенно не исключается возможность уточнять и совершенствовать в дальнейшем требования к этим видам ГПИ.

Литература

1. Русяева, Е. А. Теория математической обработки геодезических измерений: учебное пособие Часть I. Теория ошибок измерений / Е.А. Русяева. – М.: МИИГАиК, 2016.–56 с.

2. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон от 26.12.1995 № 209-ф о геодезии и картографии // Геодезия и картография. – 1996. – № 1. – С. 1–9.

3. 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.

4. Карник, А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: Монография / А.П. Карник. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 206 с.

5. Присяжнюк, С. П. Геоинфорационные системы военного назначения / С.П. Присяжнюк, В.Н. Филатов, С.П. Федоненков. – СПб. : БГТУ, 2009. – 210 с.

6. ГОСТ Р 50828–95. Геоинформационные картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1996.

7. Обоснование возможности создания цифрового ортофотоплана с использованием современных информационных технологий / Е.В. Козин [и др.] // Информация и Космос. – 2021. – № 2. – С. 143–146.