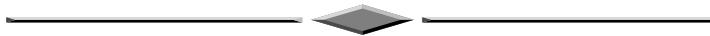


КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА



УДК 622.1:622.271

АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ СОЗДАНИИ И ОБНОВЛЕНИИ ЦИФРОВЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

Ольга Газисовна Бесимбаева

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: bog250456@mail.ru

Вера Фаридовна Ярцева

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, магистрант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27

Елена Николаевна Хмырова

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)56-26-27, e-mail: hmyrovae@mail.ru

Роман Васильевич Синяк

Карагандинский государственный технический университет, 100032, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, магистрант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (775)819-44-12, e-mail: roman_s07@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы технологии создания цифровой топографической карты и факторы влияющие на ее точность.

Ключевые слова: исходный картографический материал, цифровая топографическая карта, ортофототрансформация, генерализация, погрешность, точность.

ANALYZING OF MISTAKES APPEARANCE IN CREATION AND RENEWAL OF DIGITAL TOPOGRAPHICAL MAPS

Olga G. Besimbaeva

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira avenue, Ph. D., associate professor of Department Mine survey and geodesy, tel. (7212)56-26-27, e-mail: bog250456@mail.ru

Vera F. Yartseva

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira avenue, master student of Department Mine survey and geodesy, tel. (7212)56-26-27

Elena N. Khmyrova

Karaganda state technical university, 100027, Kazakhstan Republic, Karaganda, 56 Mira avenue, Ph. D., associate professor of Department Mine survey and geodesy, tel. (7212)56-26-27, e-mail: hmyrovae@mail.ru

Roman V. Sinjak

Karaganda state technical university, 100000, Kazakhstan, Karaganda, 56 Mira avenue, master student of Department Mine survey and geodesy, tel. (7212)56-52-03, e-mail: roman_s07@mail.ru

The paper deals with technology of digital topographical map creation and factors which have an influence on its accuracy.

Key words: Initial cartographical material, digital topographical map, orthophototransformation, generalization, error, sensitivity.

Использование новейших типов съемочных систем, переход к компьютерным технологиям и информационным системам позволяют получать и хранить полученную информацию о местности в виде цифровых моделей.

Цифровая (электронная) карта (ЦК) является объединением цифровой модели рельефа (ЦМР) и нескольких цифровых моделей ситуации. Каждая цифровая модель ситуации представляет собой так называемый слой ЦК. Все слои ЦК накладываются на ЦМР.

Цифровые карты содержат значительно больший объем информации, нежели традиционные графические карты, благодаря послойному ее хранению. Кроме того, они физически не устаревают, не ветшают. Информацию о местности на современном уровне поддерживают ведением непрерывного мониторинга и картографического дежурства.

Создание цифровых топографических карт (ЦТК) требует исследования вопроса точности их построения и анализа погрешностей, возникающих в процессе их построения.

Проведем краткий анализ возникновения погрешностей при создании и обновлении цифровых топографических карт на примере работы, выполненной на объекте «Заводской» в филиале РГКП «Казгеодезия» «Орталыкмаркшейдерия» в 2012–2014 гг.

По административной принадлежности объект расположен на территории Акмолинской, Северо-Казахстанской и Павлодарской областей Республики Казахстан. На объекте выполнены следующие работы [1]:

- создание цифровых топографических карт масштаба 1 : 25 000 – 176 листов;
- обновление цифровых топографических карт масштаба 1 : 25 000 – 176 листов;

– создание цифровых топографических карт (методом картосоставления (генерализацией) по обновленной карте масштаба 1 : 25 000) масштаба 1 : 50 000 – 44 листа и масштаба 1 : 100 000 – 11 листов.

Создание и обновление цифровых топографических карт в масштабе 1 : 25 000 включало в себя 2 этапа:

1-й этап – создание ЦТК масштаба 1 : 25 000 по исходному картографическому материалу;

2-й этап – обновление ЦТК в слоях: геодезические пункты; населенные пункты, промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты; железные и автомобильные дороги; гидрография, рельеф, растительный покров и грунты, границы.

В процессе выполнения работы по созданию и обновлению цифровых топографических карт были выявлены значительные расхождения в отображении рельефа местности и в положении твердых контуров одной и тех же территории на картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000. Поэтому для создания цифровых топографических карт масштаба 1 : 50 000 был выбран метод картосоставления (генерализации) по обновленной карте масштаба 1 : 25 000.

Ниже рассмотрим упомянутые расхождения, отображенные на рис. 1–4. Яркими цветами выделены элементы электронной карты масштаба 1 : 50 000, а снизу показано растровое изображение обновленной карты масштаба 1 : 25 000.

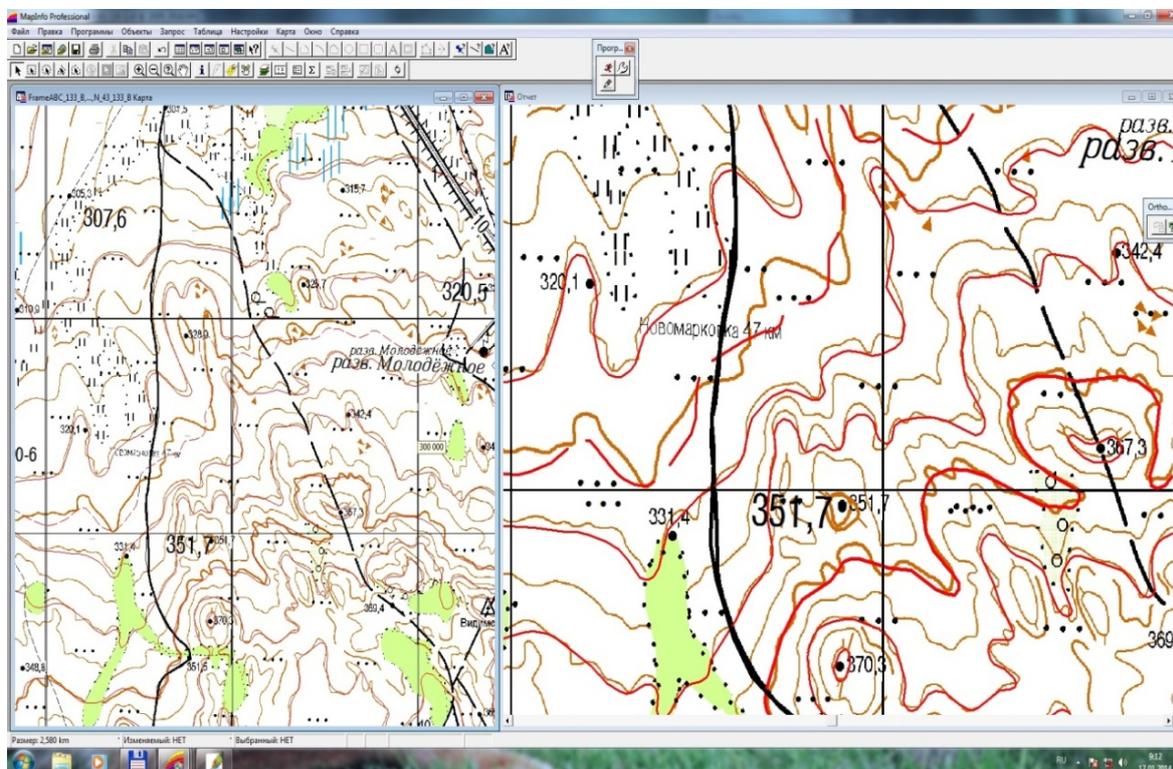


Рис. 1. Расхождения в отображении рельефа местности картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000

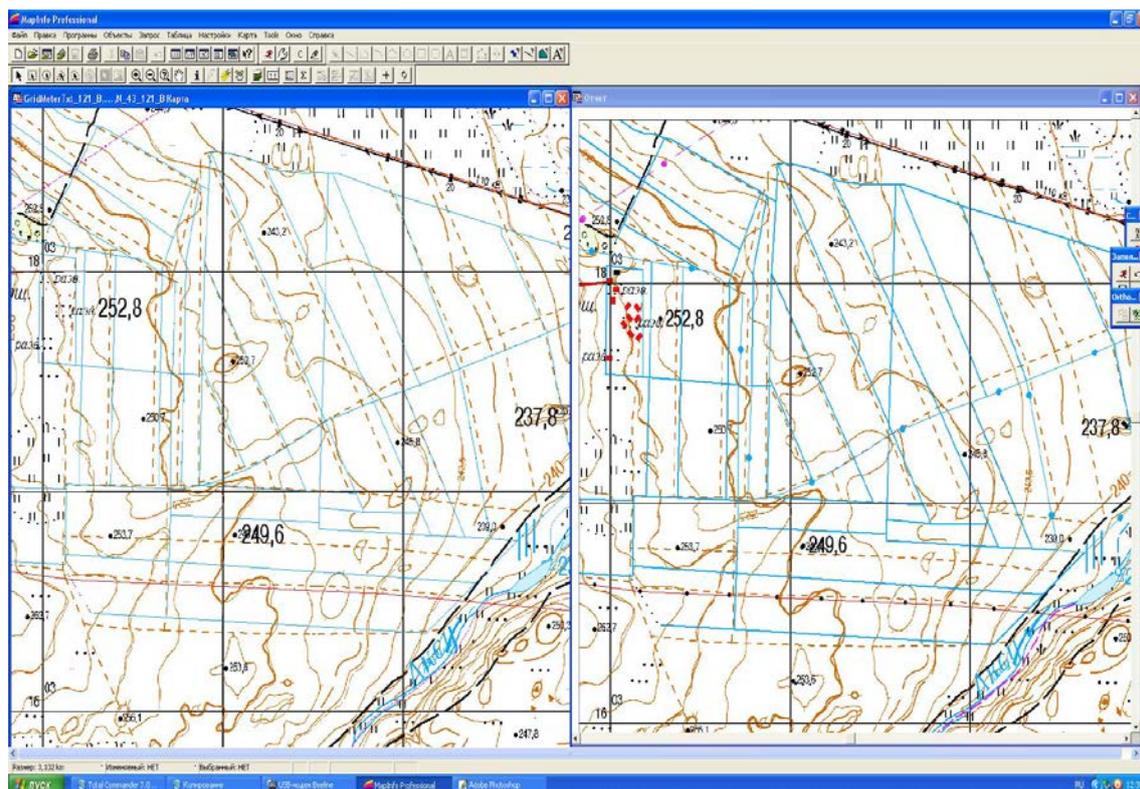


Рис. 2. Расхождения в изображении элементов гидрографии на картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000

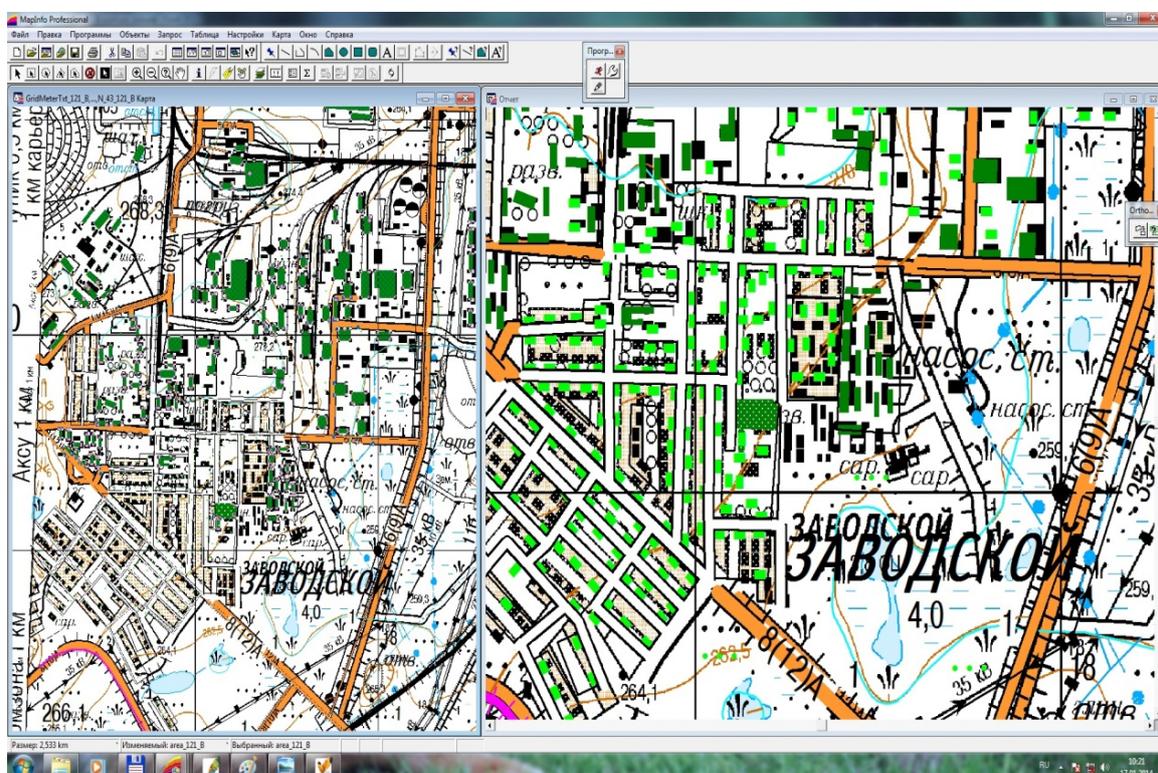


Рис. 3. Расхождения в положении твердых контуров на картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000

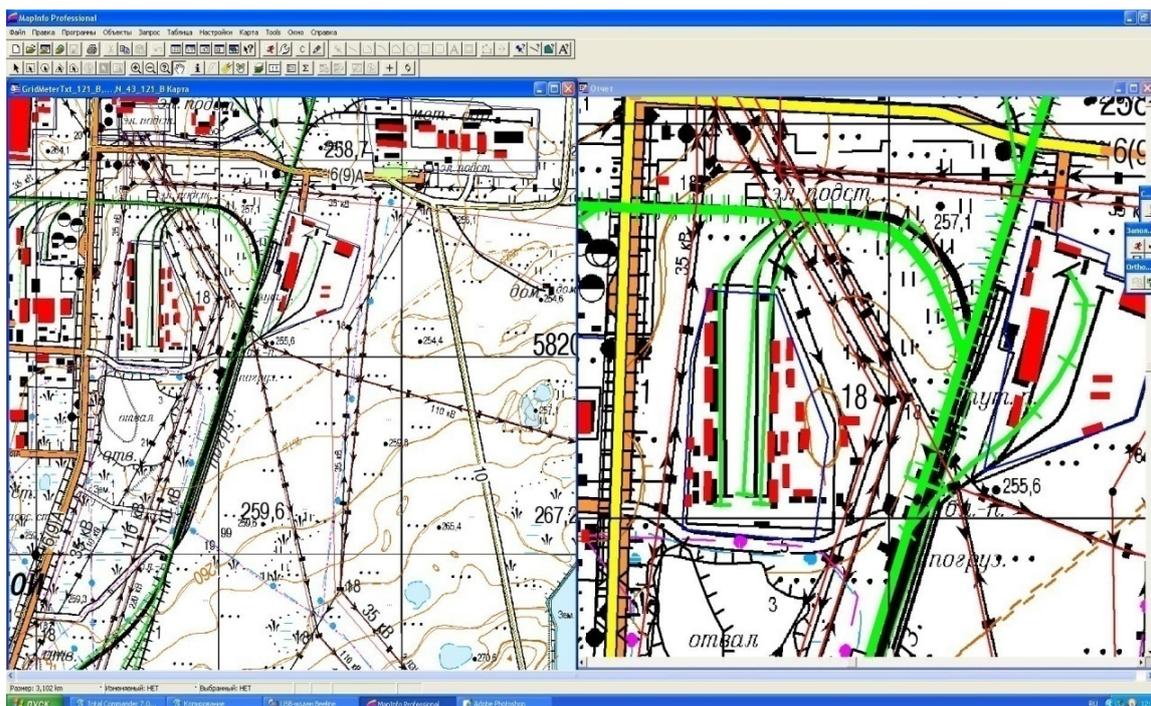


Рис. 4. Расхождения в отображении линейных сооружений на картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 50 000

Проведем исследования в возможных причинах возникновения данных расхождений в цифровых версиях топографических карт. Для этого необходимо проанализировать технологию создания и обновления цифровой топографической карты, а также возможные погрешности, возникающие в ходе работы по данной технологии.

Поскольку исходным материалом для обновления и создания цифровой карты масштаба 1 : 25 000 служили трапеции исходного картографического материала (ИКМ), а это документы на бумажном носителе, то следует исследовать условия хранения таких материалов.

Система мер по организации хранения включает в себя: создание материально-технической базы с предоставлением помещения под архив; обеспечение физико-химической сохранности документов в соответствии с требованиями к температурно-влажностному, световому, санитарно-гигиеническому, охранному режиму и противопожарной безопасности; применение специальных средств хранения (стеллажи, шкафы, сейфы, коробки и др.) [2].

В помещении хранилища должен поддерживаться оптимальный для документов температурно-влажностный режим, учитывающий их специфику. В хранилище, оборудованном системой кондиционирования воздуха, должна поддерживаться температура 17–19 °С и относительная влажность воздуха 50–55 %, с нерегулируемым климатом, т. е. в отапливаемом помещении с естественным или принудительным воздухообменом допускается изменение параметров воздуха в пределах: температура – 10–30 °С, относительная влажность –

30–60 %. В хранилище не допускается резкое колебание температуры и влажности, так как это разрушает носитель информации [2].

Несоблюдение правил хранения документов ведет к их деформации, что приводит к потере информативности данных документов и появлению погрешностей в дальнейшей работе с ними.

При контроле качества ИКМ проверяется точность математической основы (размеры сторон и диагоналей используемых топографических карт не должны отличаться более чем на 0,2 и 0,3 мм от размеров стандартной трапеции). Для исходных материалов, имеющих отклонения от указанных требований, принимаются отдельные редакционные решения, которые записываются в формуляры цифровых и электронных карт (ЭК) [3].

В настоящий момент единственным оптимальным способом получения высококачественных растров является сканирование исходной картографической информации [4].

Для обеспечения временных и качественных показателей работы должен быть обеспечен правильный выбор дискретности сканирования и порога бинаризации.

Дискретность сканирования должна быть одной на всех оригиналах, как правило, 500 точек на дюйм, но не менее 300 точек на дюйм.

Отклонения от рекомендуемых величин дискретности сканирования могут привести к ухудшению качества и потере точности создаваемой ЭК (в случае использования дискретности меньше рекомендуемой) или к неоправданному увеличению временных затрат на создание ЭК (в случае использования дискретности выше рекомендуемой) [4].

Полнота и качество сканирования проверяются методом визуального сравнения растрового изображения на экране монитора с ИКМ. На растровом изображении должны быть все элементы ИКМ, а само изображение не должно иметь разрывов, смазов и посторонних пятен (шумов). Контроль качества сканирования включает контроль точности и полноты результатов сканирования, а также оценку качества растрового изображения. Точность сканирования контролируется измерением рамки и диагоналей растрового изображения картографического материала. Отклонения не должны превышать 0,2 мм от фактических размеров [3].

Факторы, определяющие точность сканирования:

- разрешающая способность сканера;
- неточность прилегания сканируемого материала к поверхности стекла планшетного слайда;
- поворот планшета относительно движения сканирующего луча;
- ошибки определения точек пересечения линий координатной сетки.

Трансформирование растрового картографического материала необходимо для устранения погрешностей исходного материала; для устранения погрешностей, возникших в результате сканирования; для преобразования в производные проекции и совмещения различных слоев.

Трансформирование растрового изображения выполняется по рамке номенклатурного листа (с указанием или без указания точек прогиба рамки в зависимости от масштаба создаваемой электронной карты) или по рамке и трансформационным точкам [3].

Трансформирование растрового изображения не может полностью исключить погрешности ИКМ и сканирования, так как количество точек трансформации ограничено, и любой метод трансформирования вносит собственные погрешности.

Дальнейшая работа в программах-векторизаторах и ГИС связана с векторизацией растрового изображения и пополнением цифровой топографической карты данными из других источников.

Для обновления ЦТК чаще используются сканерные космические снимки высокого разрешения, для которых выполняют географическую привязку по опорным точкам без фотограмметрической обработки.

Космические сканерные съемочные системы снабжаются длиннофокусными объективами, и регистрируемый ими пучок лучей действительно гораздо уже, чем в случае аэрофотоаппарата; однако угол α отклонения оптической оси от надира может составлять десятки градусов. При определении по снимку планового положения точки местности величина погрешности ΔL , вызванная отклонением ΔH высоты этой точки от среднего значения (точнее, от высоты точек, использовавшихся для географической привязки снимка), вычисляется по очевидной формуле $\Delta L = \Delta H \operatorname{tg} \alpha$.

В табл. 1 приведены значения плановой ошибки ΔL в зависимости от характера рельефа местности (от равнинного до горного) и величины угла α . Таким образом, выполнение ортотрансформирования с учетом модели рельефа местности практически всегда (за исключением случаев съемки равнинной местности или использования надирных снимков, предоставление которых поставщики данных не гарантируют) является необходимым условием получения выходных продуктов высокой точности [3].

Таблица 1

Погрешность определения планового положения точек местности по снимку, прошедшему аффинную географическую привязку

Угол отклонения от надира, α	Отклонение высоты от среднего значения, ΔH				
	2 м	10 м	50 м	100 м	500 м
5°	0 м	1 м	4 м	9 м	44 м
15°	0,5 м	3 м	13 м	27 м	134 м
25°	1 м	5 м	23 м	47 м	233 м

В ходе фотограмметрической обработки устанавливается взаимно однозначное соответствие между точками на снимке и аналогичными точками, рас-

положенными на земной поверхности. При этом устраняются геометрические искажения снимка.

Основным и наиболее эффективным методом, позволяющим учесть ошибки смещения за рельеф при обработке снимка, является ортотрансформирование. Влияние таких смещений особенно критично для снимков местности, рельеф которой характеризуется существенными перепадами высот (см. табл. 1).

Для цифровых топографических карт также существует собственная система оценки качества.

При определении качества ЦТК оценивают следующие показатели [2]:

- полноту;
- точность;
- правильность идентификации объектов;
- логическую согласованность структуры и представления объектов.

Точность ЦТК проверяют с использованием ИКМ в качестве растровой подложки и оценивают отклонениями объектов ЦТК (в том числе горизонталей) в плане относительно соответствующих объектов на ИКМ [4].

Размеры сторон и диагоналей рамок номенклатурного листа ЦТК должны соответствовать теоретическим значениям, отклонения не допускаются.

Точность положения объектов ЦТК в плане относительно ИКМ должна соответствовать требованиям, предъявляемым к топографическим картам соответствующего масштаба.

Средние квадратические погрешности положения точечных объектов ЦТК относительно соответствующих объектов ИКМ не должны превышать 0,1 мм в масштабе ЦТК.

Допустимые средние квадратические погрешности положения твердого контура в составе ЦТК относительно соответствующего контура ИКМ приведены в табл. 2 [3].

Таблица 2

Допустимые средние квадратические погрешности положения твердого контура

Масштаб ЦТК	Средние квадратические погрешности положения твердого контура относительно ИКМ в масштабе ЦТК, мм, не более, в районах	
	равнинных	горных, высокогорных и пустынных
1 : 10 000–1 : 100 000	0,20	0,30
1 : 200 000	0,15	0,20
1 : 500 000	0,10	0,10
1 : 1 000 000	0,10	0,10

Хочется отметить, что все погрешности рассматриваются относительно ИКМ, к которому относятся старые тиражные оттиски топографических карт на бумажных носителях. Это означает, что при анализе точности построения ЦТК необходимо учитывать погрешности создания самого ИКМ, а также погрешности, получаемые при обновлении ЦТК с космических снимков, имеющих только географическую привязку без требуемой фотограмметрической обработки.

Требования, предъявляемые к точности ЦТК, рассматриваются исключительно относительно ИКМ, к которому относятся растровые изображения топографических карт. Эти погрешности приходится на работы, выполняемые в ГИС [3].

Проведенный анализ технологии создания цифровой карты по имеющимся графическим оригиналам показал, что на точность ЦТК оказывает влияние еще целый ряд факторов.

Несоблюдение правил хранения документов ведет к деформации и потере качества ИКМ, что вносит свои погрешности в дальнейший процесс создания цифровой карты, а полная утрата документа лишает основного источника информации о картографируемой территории.

Трансформирование растрового изображения не может полностью исключить погрешности ИКМ и сканирования, так как трансформация направлена на уменьшение невязки между координатами, указанными в программе «Трансформер», и снятыми с топографической карты, путем растяжения растрового изображения.

Для процесса получения высокоточных материалов для обновления цифровых топографических карт недостаточно выполнения географической привязки космического снимка по опорным точкам, необходимо ортотрансформирование с учетом геометрической модели сенсора и цифровой модели рельефа [4].

В случаях возникновения расхождения между информацией, полученной с ИКМ, и материалами наземной, аэрофототопографической и космической съемки должен проводиться анализ точности обновляемой карты и выбор способа создания ЦТК [5].

Выполненный нами анализ факторов возможных погрешностей исчерпывающим не является, возможно присутствие иных видов погрешностей, представленных, например, в работах [6–10].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технический отчет о работах по обновлению и созданию цифровых карт масштабов 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000. Объект: «Заводской» ФИЛИАЛ РГКП «КАЗГЕОДЕЗИЯ» «ОРТАЛЫҚМАРКШЕЙДЕРИЯ». – С. 11–15.

2. Научно-документальный журнал Эхо веков ISSN 2073-7483 2009-1. Информация. Хроника. Создание оптимальных условий хранения документов на бумажной основе в архиве организации. Светлана Гоголева [Электронный Ресурс]. – Режим доступа: http://www.archive.gov.tatarstan.ru/magazine/go/anonymous/main/?path=mg:/numbers/2009_1/10/03/

3. Методы подготовки и использования растровых картографических материалов Дзюба Александр Константинович, АО «ЦКМ» Опубликовано на сайте ГИС-Ассоциации 29.02.2000 года. [Электронный Ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/1663.html>
4. ГОСТ Р 51608-2000 Карты цифровые топографические. Требования к качеству. – М., 2000. – С. 2–6.
5. Бесимбаева О. Г., Хмырова Е. Н., Бесимбаев Н. Г. Анализ точности геодезических измерений // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 5. – С. 15–18.
6. Широкова Т. А., Чермошенцев А. Ю. Исследования точности визирования на точки стереомодели, построенной по космическим снимкам сверхвысокого разрешения, при различном увеличении изображений // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 47–52.
7. Шевчук С. О., Косарев Н. С. Алгоритм определения пространственных углов аэро-разведочной платформы по измерениям трехантенного ГНСС-комплекса // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 37–47.
8. Басаргин А. А. Создание цифровых моделей месторождений полезных ископаемых с применением современных технологий // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 1 (25). – С. 34–39.
9. Анализ состояния государственной геодезической сети России с учетом существующих и перспективных требований / Е. М. Мазурова, К. М. Антонович, Е. К. Лагутина, Л. А. Липатников // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 3 (27). – С. 84–89.
10. Татаренко В. И., Касьянова Е. Л., Нольфина М. А. Создание научно-справочного аналитического ГИС-атласа // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 4 (28). – С. 129–134.

Получено 27.04.2015

© О. Г. Бесимбаева, В. Ф. Ярцева, Е. Н. Хмырова, 2015