

ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ СТРАНЫ

УДК 629.7 + 528.813

ТЕХНОЛОГИЯ ОПЕРАТИВНОГО ОБНОВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫХ КАРТ ПО ДАННЫМ ДЗЗ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ГИС

С.В. Абламейко, С.П. Боричев
(Объединенный институт проблем информатики
Национальной академии наук Беларуси)

Рассматриваются вопросы использования автоматических космических комплексов для обновления цифровых карт по одиночным полутонным космоснимкам. Показана возможность редактирования объектов цифровых карт по выявленным изменениям в интерактивном и автоматическом режимах.

Ключевые слова: автоматический космический аппарат, цифровая карта, автоматическое редактирование.

Цифровые карты (ЦК) являются важнейшим элементом информационного обеспечения геоинформационной системы (ГИС), от соответствия которого уровню современного состояния объектов и явлений на местности зависит корректность результатов решаемых ГИС научных и прикладных задач [1, 2]. С течением времени информация в ЦК из-за изменений на местности под влиянием природных, техногенных и других воздействий «устаревает» и перестает соответствовать ее фактическому состоянию. Так ежегодное «старение» карты масштаба 1:50 000 составляет до 3% [3], а количество «устаревших» в настоящее время топографических карт данного масштаба в Российской Федерации превышает 60% [4]. В основной массе утратили свою актуальность карты масштаба 1:25 000 [5]. Успели «устареть» и имеют недостатки в точности и передаче топологии объектов ЦК, созданные в процессе начальных разработок и освоения цифровых технологий. Так оцифрованная карта 1:200 000 масштаба по многим параметрам не согласуется с изданной картой масштаба 1:100 000, значительно уступая ей в полноте изображения рельефа и контурной основы [6]. Поэтому для обеспечения точности и актуальности ЦК их обновляют – приводят информационное содержание ЦК к уровню соответствия современному фактическому состоянию объектов и явлений на местности. Оперативная поддержка баз данных ЦК в актуальном состоянии для многих ГИС – постоянно решаемая задача в процессе их эксплуатации [7, 8].

Объемы работ и материальные затраты по обновлению ЦК из-за их «старения» постоянно растут. Как показывает мировой опыт применительно к большим территориям, одним из способов обновления ЦК в ГИС, выполняемого с меньшими материальными затратами, является обновление по данным ДЗЗ (аэрокосмоснимкам). Изображения земной

поверхности на аэрокосмоснимках содержат о ней самую современную, точную и достоверную информацию, получаемую оперативно.

В статье рассматриваются вопросы обновления ЦК по цифровым одиночным полутонным аэрокосмоснимкам (цифровым снимкам) центральной проекции с разрешением на местности, удовлетворяющим задаче обновления ЦК данного масштаба. Наличие в ГИС цифровых матриц высот рельефа (ЦМВР) дает возможность при обновлении ЦК применять технологию фотограмметрической обработки одиночного цифрового снимка (ЦС).

Как правило, по ЦС обновляются контурные объекты ЦК (контурные линейных и площадных объектов) наиболее часто подвергаемые изменениям на местности [9]. В процессе обновления ЦК в нее вводятся вновь появившиеся на местности объекты, удаляются устаревшие (отсутствующие на ЦС) и исправляются (редактируются) изменившиеся.

Все возрастающее количество ЦК разного масштаба, нуждающихся в обновлении, а также разнообразие задач, решаемых в ГИС с использованием ЦК в оперативном режиме, обуславливают поиск и применение новых подходов, методов и алгоритмов, обеспечивающих ускорение процесса их обновления по ЦС. Эти подходы, методы и алгоритмы базируются на достижениях современных компьютерных технологий, геоинформатики, обработки и анализа цифровых изображений, методов цифровой фотограмметрии, картографии и др. [6, 10 – 13]. Они направлены на повышение производительности обновления ЦК, точности и эффективности за счет автоматизации процессов совместной обработки данных ЦС и ЦК, основными из которых при обновлении ЦК являются [14, 15]:

– координатное совмещение изображений ЦС и ЦК по опорным точкам, которыми являются соответст-

венные точки их изображений с известными координатами [16 – 19];

– выявление изменений на местности путем сопоставления и сравнения совмещенных изображений ЦС и ЦК [20 – 22];

– редактирование ЦК по выявленным изменениям [23].

В качестве примера программных продуктов по совместной обработке ЦС и ЦК, реализующих указанную технологию обновления, можно привести некоторые известные системы обработки данных ДЗЗ и интегрированные с ними картографические системы: ERDAS Imagine и ГИС Arc/Info, PHOTOMOD и ГИС «ПАНОРАМА» или цифровые фотограмметрические системы (ЦФС) ЦНИИГАиК, «Талка», «Дельта» и др., позволяющие проводить обновление ЦК по одиночным ЦС [24, 25].

В тоже время анализ практического использования этих программных продуктов для обновления ЦК по ЦС показывает, что их возможности, в части ускорения процессов обновления, повышения их точности и эффективности, ограничены.

Так на этапе координатного совмещения изображений ЦС и ЦК по опорным точкам снижается эффективность и оперативность обновления ЦК по ЦС, имеющих искажения, превышающие допустимые. Эти искажения, характеризующиеся смещениями точек на изображении ЦС от их истинного положения, могут быть вызваны влиянием на процесс его формирования при фотографировании: рельефа местности, кривизны земной поверхности и отклонения оптической оси фотокамеры от отвесной линии (наклона ЦС). Снижение эффективности и оперативности обновления ЦК по таким ЦС обуславливается ограниченными возможностями в достижении требуемой точности совмещения во всей области обновления любого из известных преобразований, применяемых для пространственного трансформирования изображений ЦС и ЦК в системы координат друг друга, при имеющемся количестве опорных точек. Обычно количество опорных точек, визуально идентифицируемых на изображениях ЦС и ЦК, ограничено, поэтому для достижения требуемой точности совмещения их может потребоваться больше, чем имеется. При дефиците опорных точек область обновления уменьшают или разбивают на зоны до размеров, в пределах которых при имеющемся количестве опорных точек может быть достигнута требуемая точность совмещения. Однако такой подход снижает эффективность обновления из-за уменьшения размеров первоначальной области, запланированной для обновления. Поскольку количественная оценка искажений, имеющих на ЦС в области обновления, в существующих

программных продуктах отсутствует, то выбор преобразования для трансформирования ЦС в систему координат ЦК с необходимой точностью носит эмпирический и итерационный характер, что значительно снижает оперативность обновления.

На этапе выявления изменений на местности имеются ограничения или отсутствуют операции по автоматизированному:

– поиску и обнаружению образов контурных объектов на ЦС, их дешифрированию и выделению границ по априорной метрической и семантической информации об этих объектах, поступающей из ЦК;

– формированию метрического и семантического описания контурных объектов, выделенных на ЦС и их сопоставлению с описаниями соответствующих им объектов ЦК с целью выявления изменений на местности;

– формированию массива изменений для редактирования контурных объектов ЦК;

– выявлению изменений в пространственно-логических связях (ПЛС) контурных объектов ЦК для их редактирования.

На этапе редактирования ЦК по выявленным изменениям на местности отсутствуют операции по автоматическому редактированию контурных объектов ЦК. При редактировании объектов ЦК по ЦС из-за погрешностей их совмещения снижается точность обновленных ЦК. При многократном редактировании одних и тех же объектов ЦК по ЦС смещения этих объектов относительно твердых контуров могут превысить допустимые значения, что приведет к необходимости пересоставления ЦК. Отсутствует возможность автоматизированного обновления ПЛС контурных объектов ЦК.

Предлагаемая авторами технология оперативного обновления ЦК по ЦС и программный комплекс (ПК), ее реализующий, устраняют эти ограничения, позволяя:

– при обновлении ЦК применять автоматизированную технологию фотограмметрической обработки одиночного ЦС;

– проводить координатное совмещение изображений ЦС и ЦК с использованием минимального количества опорных (≥ 4) точек, идентифицируемых на их изображениях;

– применять в зависимости от характера искажений, имеющих на АКС, соответствующий им способ совмещения ЦС и ЦК;

– автоматизировать процесс выявления и дешифрирования изменений в контурных объектах на местности и их ПЛС;

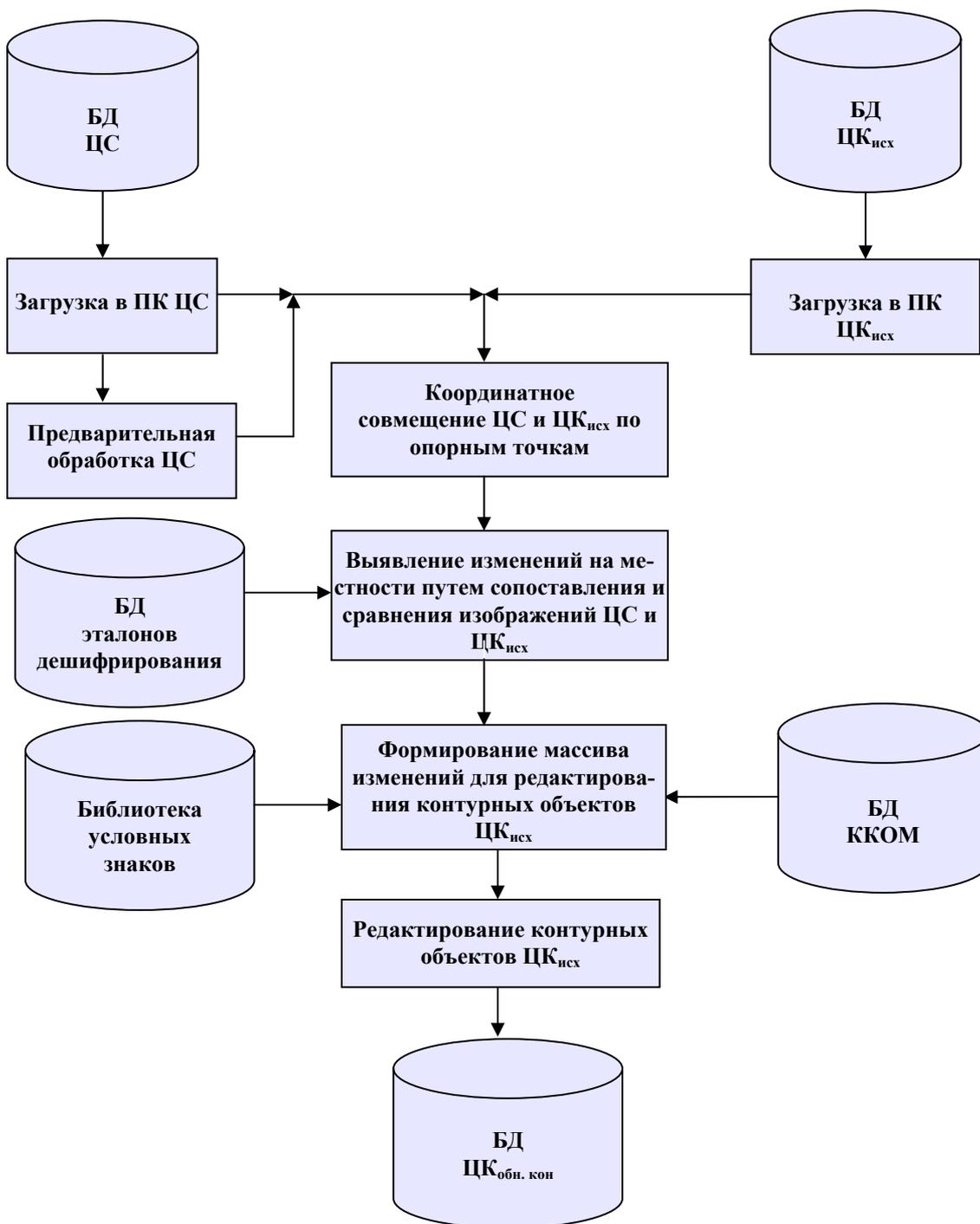


Рис. 1. Технологическая схема оперативного обновления контурных объектов ЦК по ЦС

– автоматизировать процесс редактирования ЦК по выявленным изменениям без снижения их точности при многократном обновлении.

Технология оперативного обновления ЦК по ЦС включает:

- технологию оперативного обновления контурных объектов ЦК;
- технологию оперативного обновления ПЛС контурных объектов ЦК.

Технология оперативного обновления контурных объектов ЦК

Технологическая схема, в соответствии с которой осуществляется оперативное обновление контурных объектов ЦК, приведена на рис. 1. На ней показаны базы данных (БД).

- БД ЦС, которая содержит:
 - ортопроектированные ЦС;

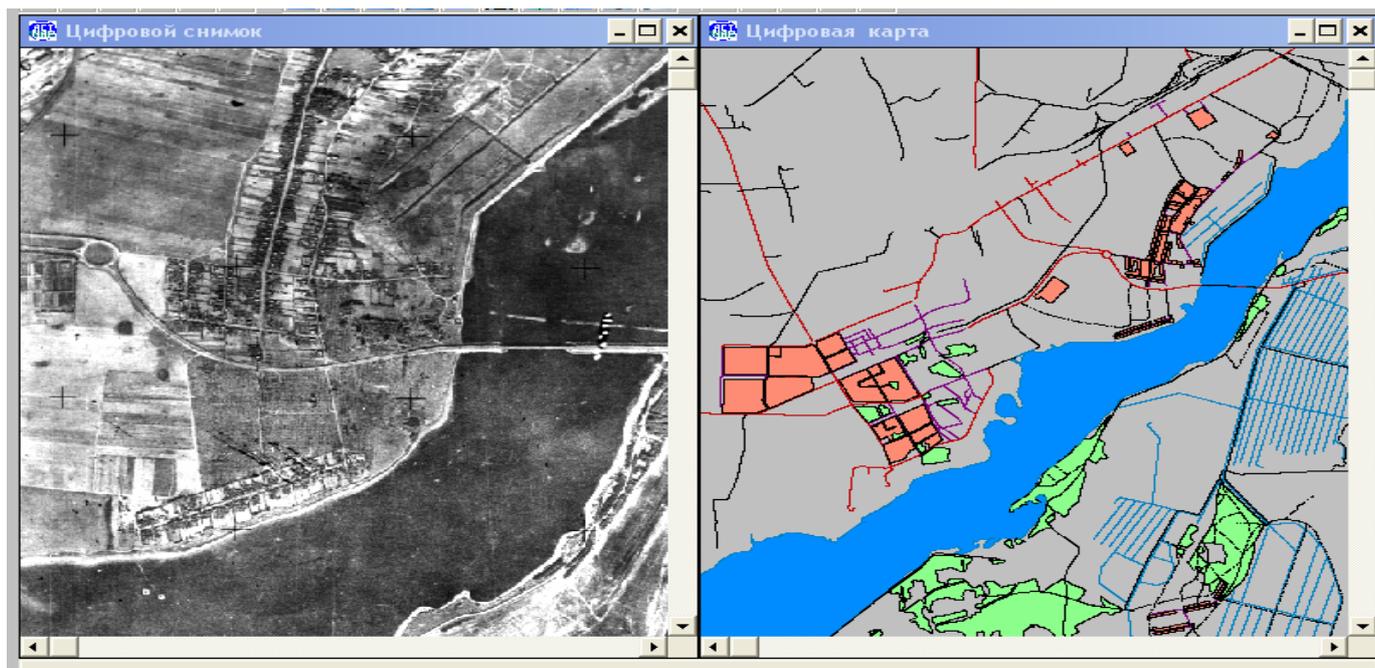


Рис. 2. Отображение ЦС и ЦК на экране монитора компьютера

– ЦС, полученные в центральной проекции, в которых имеются искажения, превышающие допустимые, обусловленные наклоном ЦС, рельефом местности и кривизной земной поверхности с известными или отсутствующими значениями элементов внутреннего ориентирования ЦС и координат центров фотографирования.

БД ЦК_{исх}, которая содержит исходные ЦК в векторном формате. Она также содержит ЦМВР, содержащие значения высот рельефа в узлах регулярной сетки для каждой ЦК, входящей в базу данных и ис-

пользуемых при определении координат точек контурных объектов и их высот в процессе координатного совмещения ЦС и ЦК по опорным точкам.

БД эталонов дешифрирования, которая предназначена для обеспечения корректности результатов работы по распознаванию контурных объектов на ЦС в интерактивном режиме, по формированию их информационной структуры. База данных содержит фрагменты ЦС с изображениями объектов на местности, используемые при дешифрировании в качестве эталонных, их количественные и качест-



Рис. 3. Изображение ЦС, преобразованное для проведения визуального анализа

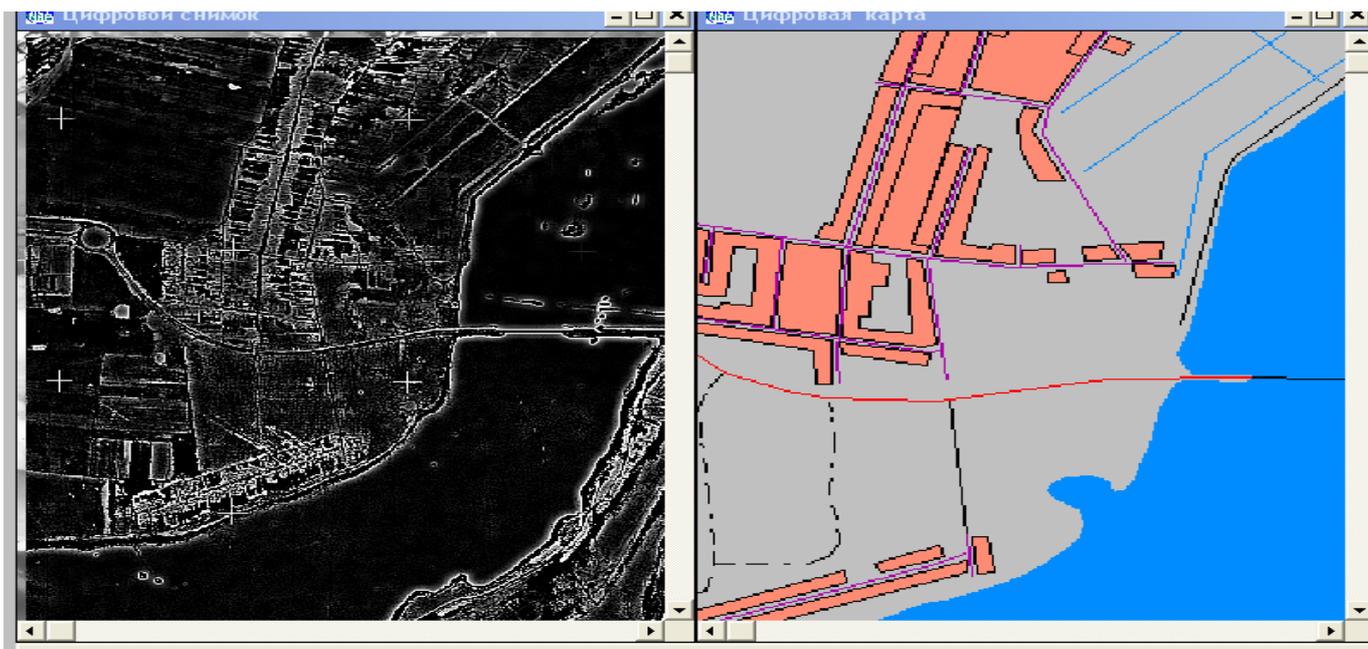


Рис. 4. Изображение исходного ЦС, преобразованного для проведения компьютерного анализа

венные характеристики.

Библиотека условных знаков, которая представляет собой базу данных цифрового описания геометрической формы условных знаков объектов и их характеристик. Выбор условных знаков из базы данных осуществляется по их классификационным кодам, определяющим тип объекта. Библиотека используется при картографировании контурных объектов.

БД ККОМ (классификатора и кодификатора картографируемых объектов и явлений местности), которая содержит классификацию картографируемых объектов и явлений, цифровую кодировку их количественных и качественных характеристик.

БД ЦК_{обн. кон.}, которая содержит ЦК, обновленные в части контурных объектов.

Рассмотрим основные этапы технологии.

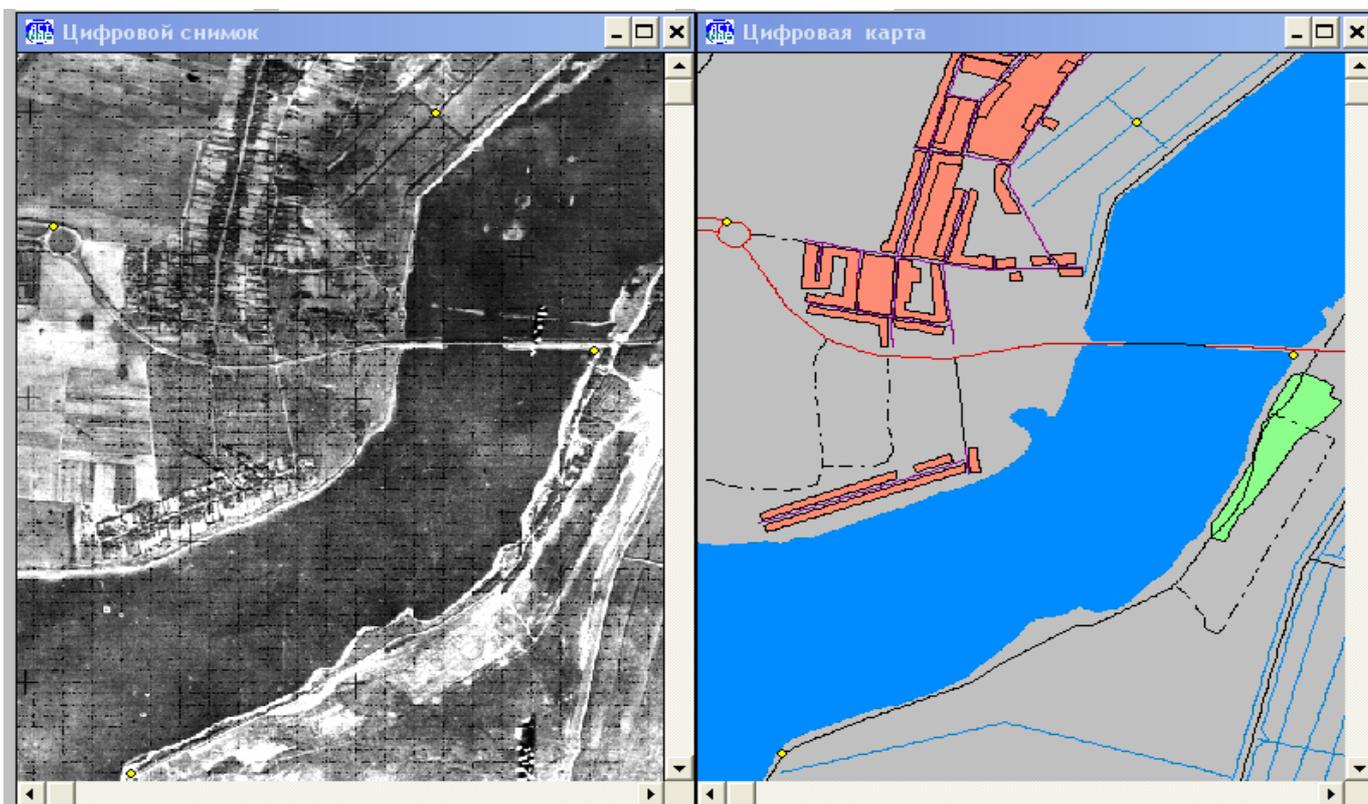


Рис. 5. Область наблюдения ЦС и участок ЦК с опорными точками



Рис. 6. Результат совмещения фрагмента ЦС с соответствующим участком ЦК



Рис. 7. Результат совмещения контурных объектов фрагмента ЦК с соответствующим участком ЦС

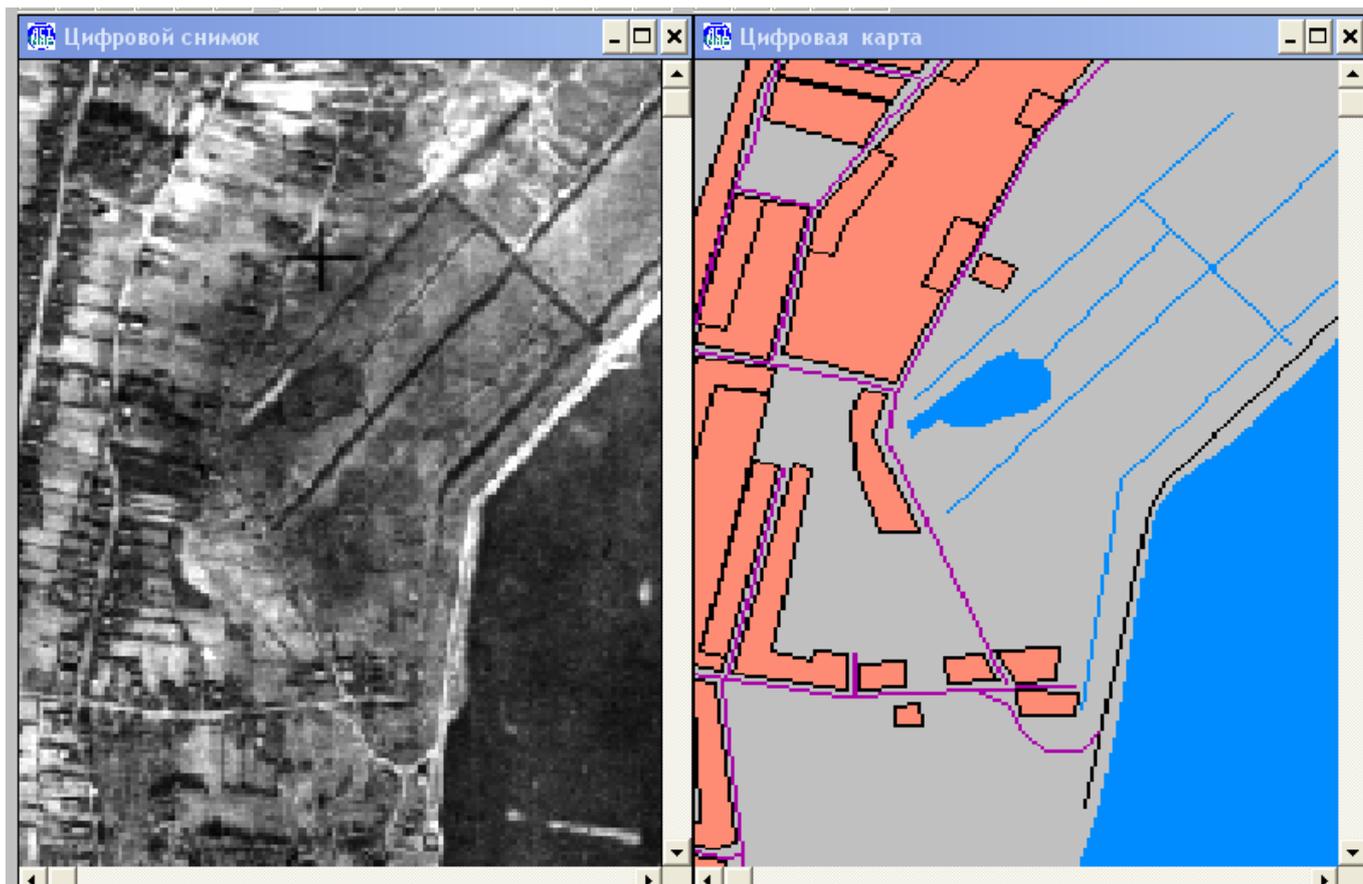


Рис. 8. Результаты обновления ЦК по ЦС

Загрузка изображений ЦС и ЦК в ПК и их отображение на экране монитора

Загрузка изображений ЦС и ЦК в ПК и их отображение на экране монитора осуществляется специальными функциями, инициируемыми элементами управления графической оболочки интерфейса пользователя.

С помощью этих функций оператор (пользователь) осуществляет поиск исходных файлов ЦС и ЦК в соответствующих БД, их преобразование при необходимости к формату данных обработки.

На вход ПК файлы данных ЦС и ЦК поступают в форматах:

- ЦС – в формате BMP;
- ЦК и их ЦМВР – в векторном формате F20S.

Файлы ЦС и ЦК отображаются в соответствующих окнах, созданных на базе основного окна экрана монитора (рис. 2).

В каждом из окон над изображениями могут выполняться следующие операции:

- просмотр изображения путем его прокрутки и масштабирования;
- выделение фрагмента изображения и его отображение в окне;

- отображение предыдущего фрагмента изображения в окне;
- указание (подсветка) на экране монитора точек изображения ЦС и ЦК, считывание их координат с помощью манипулятора “мышь” и ввод в массивы для хранения;
- отмена указания на экране монитора точек изображения ЦС и ЦК с помощью манипулятора “мышь”, удаление введенных координат точек из соответствующих массивов.

Предварительная обработка изображений ЦС.

Предварительная обработка выполняется с целью преобразования исходных изображений ЦС к виду более удобному для проведения визуального или компьютерного анализа [26] и осуществляется с помощью комплекса программ, включающего в себя разнообразные функции цифровой обработки изображений, в частности:

- 1) геометрические преобразования (повороты, сдвиги, масштабирование);
- 2) выделение фрагментов на изображениях ЦС, их масштабирование и сохранение;
- 3) радиометрическую коррекцию изображений ЦС;
- 4) улучшение яркостно-контрастных свойств изображений ЦС и выделение на них характерных

признаков объектов с помощью специальных фильтров для визуального и (или) автоматического анализа.

На рис. 3 представлено изображение исходного ЦС, преобразованного для проведения визуального анализа.

На рис. 4 представлено изображение исходного ЦС, преобразованного для проведения компьютерного анализа.

Координатное совмещение ЦС и ЦК по опорным точкам. При обновлении ЦК по ЦС выявление изменений на местности и их дешифрирование может осуществляться как в системе координат ЦК, так и в системе координат ЦС. В системе координат ЦК выполняется интерактивное выявление изменений и редактирование контурных объектов ЦК, основанное на визуальном анализе. Выявление изменений на местности и их дешифрирование в системе координат ЦС позволяет автоматизировать процессы поиска и дешифрирования образов контурных объектов на ЦС по априорной информации ЦК, формирования их метрического и семантического описаний, выявления изменений на местности путем сопоставления и сравнения этих описаний с описаниями соответствующих им объектов ЦК.

В процессе координатного совмещения ЦС и ЦК по опорным точкам выполняется:

- 1) выбор и определение координат опорных точек на ЦС и ЦК. В качестве опорных точек используются точки пересечения, примыкания, изломов контурных объектов, характеризующиеся стабильными во времени дешифровочными признаками, хорошо опознающиеся на ЦС и имеющие точные геодезические координаты, которые определяются по ЦК (рис. 5). Минимальное количество используемых опорных точек – 4. Выпуклая оболочка совокупности опорных точек должна окружать область совмещения на ЦС и ЦК;
- 2) трансформирование выделенного фрагмента ЦС в систему координат ЦК для интерактивного режима выявления изменений на местности и редактирования ЦК (рис. 6);
- 3) трансформирование контурных объектов выделенного фрагмента ЦК в систему координат ЦС для автоматизированного режима выявления изменений на местности и редактирования ЦК (рис. 7).

В зависимости от вида аэрокосмического материала, используемого для обновления ЦК, выбирают соответствующий ему способ координатного совмещения.

Если обновление ЦК производится по орторектификованному ЦС, то для трансформирования фрагмента изображения ЦК в систему координат

ЦС используются полиномиальные функции первой степени. Для повышения точности совмещения остаточные рассогласования, которые могут присутствовать в опорных точках после трансформирования, устраняются методом триангуляции.

Способ включает в себя следующие этапы:

- 1) идентификация четырех опорных точек на ЦС и ЦК, ограничивающих область совмещения, определение их координат;
- 2) создание внутри области совмещения дополнительного количества опорных точек путем их моделирования. В качестве модели опорных точек выступают узловые точки регулярных сеток PC_K и $PC_{икх}$, построенных в плоскости ЦК и ЦС расчетным путем. Схема взаимного расположения узлов этих сеток относительно области совмещения строится таким образом, чтобы смещения точек изображения ЦС внутри каждой клетки сетки $PC_{икх}$ относительно ее вершин не превышали допустимых. Модель опорных точек создается в результате последовательной деформации прямоугольной регулярной сетки PC_K , построенной в плоскости ЦК. Деформация PC_K осуществляется путем внесения в пространственное положение ее узлов искажающих поправок относительно точки надира, обусловленных влиянием рельефа местности и кривизны земной поверхности, рассчитываемых по известным из фотограмметрии формулам [27]. Высоты узловых точек на местности рассчитываются по ЦМВР. В результате этих операций в плоскости ЦК формируется деформированная регулярная сетка $PC_{дк}$. Далее узловые точки регулярной сетки $PC_{дк}$ трансформируются в систему координат ЦС при помощи преобразования, параметры которого рассчитываются по опорным точкам, окружающих область совмещения. Это преобразование в плоскости ЦС формирует регулярную сетку $PC_{икх}$, узловые точки которой образуют с соответственными узловыми точками регулярной прямоугольной сетки PC_K опорные точки, сформированные расчетным путем;
- 3) трансформирование контурных объектов ЦК в систему координат ЦС с использованием полученного набора опорных точек.

Если для обновления ЦК используются ЦС, для которых неизвестны элементы внутреннего ориентирования и высота фотографирования или известны частично, то для совмещения ЦК с ЦС используются методы двойного пространственного преобразования [28] или преобразования по зонам [29].

Выявление изменений на местности путем сопоставления и сравнения изображений ЦС и ЦК_{исх}

Выявление и анализ изменений на местности может осуществляться в интерактивном и автоматизированном режиме.

В интерактивном режиме пользователь путем визуального анализа сопоставляемых совмещенных изображений ЦС и ЦК, обнаруживает изменения в объектах и объективном составе ЦКМ, выделяет их, формализует и преобразовывает в цифровую форму путем интерактивного кодирования контурной и семантической части изменений объектов. Процесс сопоставления изображений ЦС и ЦК и выделения изменений объектов ЦК осуществляется последовательным просмотром наложенного фрагмента изображения ЦС на изображение ЦК. В процессе просмотра оператору предоставляется возможность выделения и масштабирования, привлечших его внимание объектов или их деталей на фрагментах совмещенных ЦС и ЦК. Для анализа наблюдаемой ситуации при сопоставлении могут использоваться различные справочные данные в виде экспертных знаний и эталонов типовых изображений местности на ЦС, извлекаемые из соответствующих баз данных с помощью системы “меню” и графических элементов управления пользовательского интерфейса. Для определения количественных и качественных характеристик, наблюдаемых на ЦС и интересующих пользователя образов объектов, имеется набор функций для проведения различного рода измерений площадей, периметров, расстояний, геодезических координат и высот. Выделенные данные формализуются и представляются в виде атрибутов конкретных объектов или их изменений для редактирования объектов ЦК.

В автоматизированном режиме выявление и анализ изменений для обновления контурных объектов ЦК выполняется в следующей последовательности:

- 1) поиск и обнаружение образов контурных объектов на ЦС, их дешифрирование и выделение границ (связных сегментов) по априорной метрической и семантической информации об этих объектах, поступающей из ЦК;
- 2) идентификация связных сегментов и контурных объектов карт по их пространственному положению, геометрической форме и характеристикам;
- 3) формирование следующих основных классов идентифицированных связных сегментов на ЦС:
 - а) связных сегментов, имеющих одинаковые семантические описания, и в пределах заданных допусков метрические описания их пространственного поло-

жения и формы с такими же описаниями соответствующих им объектов ЦК;

б) связных сегментов, имеющих одинаковые в пределах заданных допусков метрические описания их пространственного положения и формы с такими же описаниями соответствующих им объектов ЦК и различия в семантическом описании;

в) связных сегментов, имеющих различия в пределах заданных допусков в метрическом описании их пространственного положения и (или) формы, а также в семантическом описании по сравнению с такими же описаниями соответствующих им объектов ЦК;

г) связных сегментов, не имеющих прототипов в виде объектов ЦК;

3) выявление изменений в контурных объектах ЦК в ее объективном составе путем сопоставления и сравнения идентифицированных связных сегментов и объектов ЦК (ввод, удаление, изменение пространственного положения, геометрической формы и характеристик объектов). Занесение выявленных изменений в массив изменений контурных объектов ЦК;

4) визуальный контроль и интерактивное редактирование результатов автоматической идентификации и классификации связных сегментов ЦС и контурных объектов ЦК, а также результатов автоматического выявления и анализа изменений контурных объектов ЦК;

5) формирование массива изменений контурных объектов для их редактирования в ЦК.

Редактирование контурных объектов ЦК_{исх}

Редактирование объектов ЦК по выявленным изменениям осуществляется в интерактивном и автоматическом режимах.

Интерактивное редактирование является продолжением этапа выявления изменений объектов ЦК. Оператор анализирует выявленные изменения, определяет их характер и последовательность необходимых для проведения этих изменений функций. Пространственное положение и геометрическая форма объектов, а также их топологические отношения редактируются на экране монитора оператором. Редактирование семантических характеристик объектов осуществляется с помощью диалоговых панелей. При ошибочном выполнении какой-либо операции редактирования имеется возможность восстановления измененного состояния объекта ЦК.

Автоматическое редактирование осуществляется по результатам выявления изменений объектов ЦК в виде цифрового массива изменений (ЦМИ). ЦМИ представляет собой файл данных, состоящий из записей, каждая из которых содержит информа-

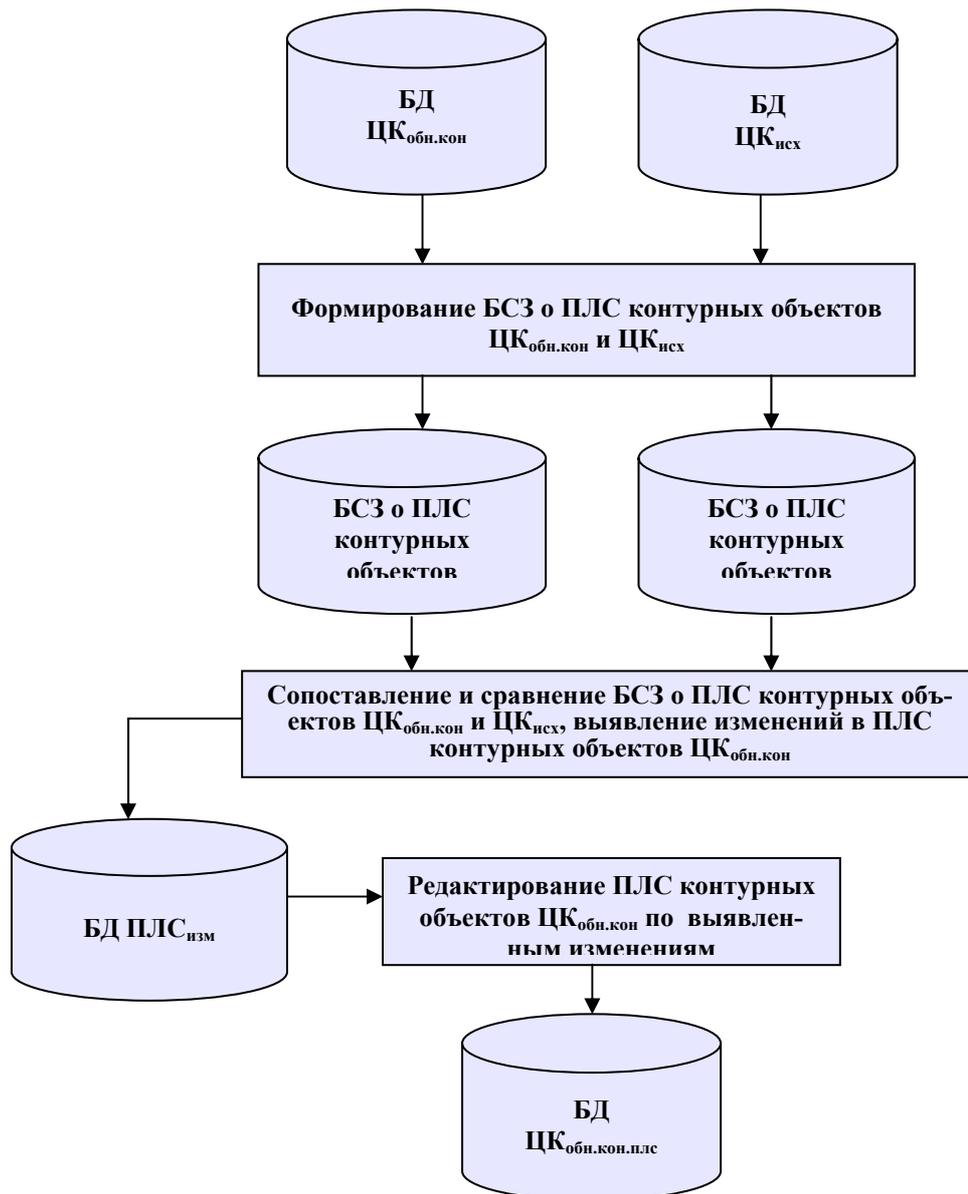


Рис. 9. Технология оперативного обновления ПЛС контурных объектов ЦК

цию о номере редактируемого (удаляемого) объекта ЦК, о типе операции, метрических и (или) семантических данных редактирования объекта.

Пользователь инициирует выполнение функции, которая обеспечивает автоматическое редактирование ЦК по файлу ЦМИ, в части:

- включения объектов в ЦК;
- удаление объектов из ЦК;
- редактирование объектов (формы, положения и характеристик) ЦК.

Редактирование контурных объектов ЦК осуществляется известным в обработке данных способом слияния двух файлов, один из которых содержит ЦК, а другой – ее изменения в файле ЦМИ. Редактирование осуществляется по правилам переноса,

удаления и включения данных с получением результирующего файла ЦК_{обн.кон}.

На рис. 8 представлены результаты обновления ЦК в виде новых объектов, включенных в ее состав.

Технология оперативного обновления ПЛС контурных объектов ЦК

ПЛС между двумя или несколькими объектами типа входимости, совмещения, примыкания, смежности, пересечения и др. описывают их взаимное пространственное расположение и логику взаимодействия друг с другом.

В публикации [30] авторами предложен и описан метод автоматического формирования ПЛС между протяженными контурными объектами ЦК, основанный на совместной обработке ее структурного и рас-

тровою изображений, позволяющий значительно сократить время формирования ПЛС. Этот же подход используется и в настоящей работе для автоматизированного обновления ПЛС контурных объектов ЦК.

ПЛС контурных объектов в ЦК могут быть представлены в явном или в неявном виде [31]. При представлении ПЛС в ЦК в явном виде они образуют отдельный класс объектов, каждый из которых характеризуется своим классификационным кодом отношения и имеет метрическое и семантическое описания. Метрическое описание ПЛС содержит координаты точки связи между объектами, а семантическое – номера объектов, имеющих классифицируемую связь между собой.

При неявном представлении ПЛС в ЦК информация о них (классификационный код, координаты точки связи и номера объектов, имеющих связь с данным объектом) заносится в семантическое описание каждого объекта, имеющего связь с другими объектами (формируются перекрестные ссылки).

Далее при описании работы алгоритмов по выявлению изменений и редактированию ПЛС будет иметься в виду неявное представление ПЛС объектов в ЦК.

Технологическая схема, в соответствии с которой осуществляется оперативное обновление ПЛС контурных объектов ЦК, приведена на рис. 9.

На схеме показаны следующие базы данных (БД):

БД ЦК_{обн.кон.}, которая содержит ЦК_{исх}, обновленные в части контурных объектов;

БД ЦК_{исх}, которая содержит исходные ЦК;

БСЗ (база ситуационных знаний) **ЦК_{обн.кон}** содержит информацию о ПЛС контурных объектов ЦК_{обн.кон} в виде описания типовых сцен;

БСЗ ЦК_{исх} содержит информацию о ПЛС контурных объектов исходной ЦК в виде описания типовых сцен;

БД ПЛС_{изм.}, которая содержит изменения ПЛС в контурных объектах ЦК_{обн.кон};

БД ЦК_{обн.кон.плс.}, которая содержит обновленные контурные объекты ЦК_{исх} в части их пространственного положения, геометрической формы, семантических характеристик и ПЛС.

Рассмотрим основные этапы технологии и алгоритмы их выполнения.

Формирование БСЗ о ПЛС ЦК_{исх} и ЦК_{обн.кон}

Для формирования БСЗ о ПЛС ЦК_{исх} и ЦК_{обн.кон} используется один и тот же алгоритм, который состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Преобразование структурного (векторного) изображения ЦК_{исх} (ЦК_{обн.кон}) формата F20S в растровую (битовую) форму формата BMP при загрузке в оперативную память ПК.

Шаг 2. Автоматический поиск, обнаружение и идентификация образов узловых точек (УТ) на растровом изображении ЦК_{исх} (ЦК_{обн.кон}) при помощи эталонов УТ, конфигурация которых представлена на рис. 10.

Шаг 3. Формирование записи по каждой идентифицированной УТ в БСЗ ЦК_{исх} (ЦК_{обн.кон}) в виде информационной структуры:

$$[U(i), Kol, CKj, Xk, Yk], \quad (1)$$

где $U(i)$ – массив номеров объектов ЦКМ, образующих УТ; Kol – количество объектов; CKj – тип УТ ($CK1$ – точка типа «Z», $CK2$ – точка типа «^», $CK3$ – точка типа «v», $CK4$ – точка типа «Y», $CK5$ – точка типа «λ», $CK6$ – точка типа «X»); Xk, Yk – координаты УТ.

Выявление изменений в ПЛС контурных объектов ЦК_{обн.кон} и их редактирование

На вход алгоритма для обработки поступают:

- БСЗ о ПЛС ЦК_{исх};
- БСЗ о ПЛС ЦК_{обн.кон};
- файл ЦК_{обн.кон}.

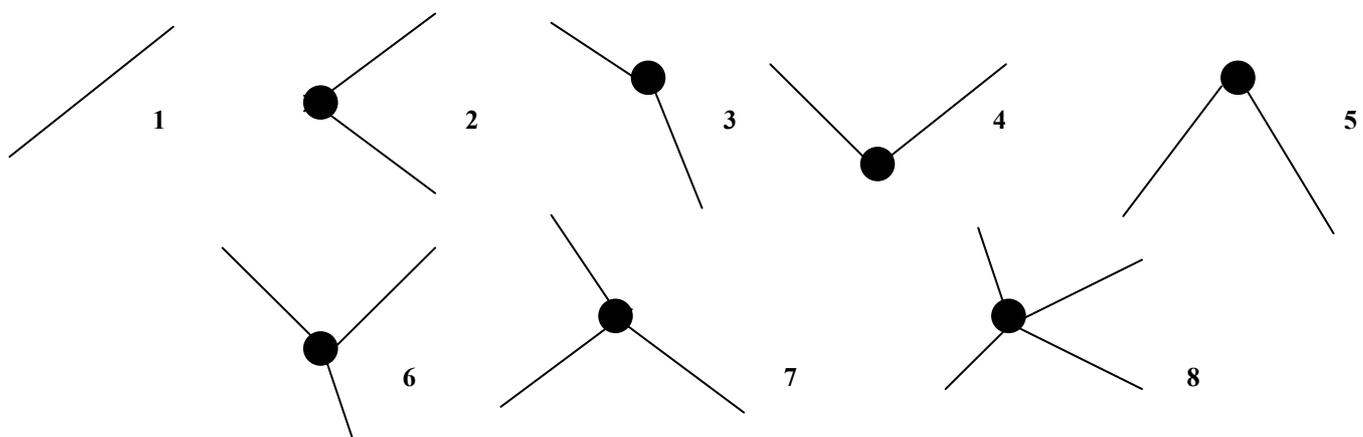


Рис. 10. Конфигурации узловых точек: 1 – контур без узловой точки; 2 – 8 – контуры с узловыми точками; 2, 3 – узловая точка типа «Z»; 4 – узловая точка типа «v»; 5 – узловая точка типа «^»; 6 – узловая точка типа «Y»; 7 – УТ типа «λ»; 8 – УТ типа «X»

Выявление изменений и редактирование ПЛС между контурными объектами ЦК_{обн.кон} осуществляется в процессе сопоставления и сравнения данных БСЗ о ПЛС ЦК_{исх} и ЦК_{обн.кон}. При этом каждая запись об УТ выбираемая из БСЗ о ПЛС ЦК_{обн.кон} сравнивается со всеми записями УТ БСЗ о ПЛС ЦК_{исх}.

Алгоритм состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Из БСЗ о ПЛС ЦК_{обн.кон} выбирается запись, содержащая информацию об узловой точке. Выделяются координаты узловой точки, определяется количество и номера объектов, образующих связь и ее тип. Если список узловых точек закончен, то осуществляется переход на шаг 6.

Шаг 2. Из БСЗ о ПЛС ЦК_{исх} выбирается запись, содержащая информацию об узловой точке. Выделяются координаты узловой точки, определяется количество и номера объектов, образующих связь и ее тип. Если список узловых точек закончен, то осуществляется переход на шаг 1.

Шаг 3. Идентификация узловых точек. Две сопоставляемые УТ считаются идентифицированными, если:

1) в процессе сравнения координат УТ выполняется условие:

$$(X-d \leq Xk \leq X+d) \text{ и } (Y-d \leq Yk \leq Y+d), \quad (2)$$

где X , Y и Xk , Yk – координаты УТ БСЗ о ПЛС ЦК_{исх} и ЦК_{обн.кон} соответственно; d – допустимые отклонения;

2) в процессе сравнения типов УТ выполняется условие:

$$CCj = CKj, \quad (3)$$

где CCj и CKj – типы УТ БСЗ о ПЛС ЦК_{исх} и ЦК_{обн.кон} соответственно;

3) в процессе сравнения количества объектов участвующих в связи:

$$Kol = Kolk, \quad (4)$$

где Kol , $Kolk$ – количество объектов в УТ БСЗ о ПЛС ЦК_{исх} и ЦК_{обн.кон} соответственно;

4) в процессе сравнения номеров объектов участвующих в связи:

$$U(i) = U(i)k, \quad (5)$$

где $U(i)$, $U(i)k$ – массивы номеров объектов в УТ БСЗ о ПЛС ЦК_{исх} и ЦК_{обн.кон} соответственно.

Если условие (2) выполняется, то в зависимости от выполнения условий (3) – (5), могут быть следующие результаты идентификации:

– условия (3) – (5) выполняются. УТ считаются идентифицированными и из дальнейшего анализа исключаются. В описания УТ в БСЗ о ПЛС ЦК_{исх}

и ЦК_{обн.кон} ставятся метки УТ прошедших обработку. Осуществляется переход на шаг 1;

– условие (3) не выполняется. Условия (4) – (5) выполняются. УТ считаются идентифицированными и из дальнейшего анализа исключаются. В описания УТ в БСЗ о ПЛС ЦК_{исх} и ЦК_{обн.кон} ставятся метки УТ прошедших обработку. Осуществляется переход на шаг 1;

– условия (3) и (4) выполняются. Условие (5) не выполняется. УТ редактируется. Осуществляется переход на шаг 4;

– условия (3) – (5) не выполняются. УТ редактируется. Осуществляется переход на шаг 4.

Если условие (2) не выполняется, то осуществляется переход на шаг 2.

Если условие (2) не выполняется для всей совокупности УТ БСЗ о ПЛС ЦК_{исх}, то УТ считается вновь появившейся и осуществляется переход на шаг 4.

Шаг 4. По координатам УТ в файле ЦК_{обн.кон} осуществляется поиск записей объектов, образующих ПЛС.

Шаг 5. В семантических описаниях выделенных записей объектов, если требуется осуществляется поиск и удаление предыдущей информации о ПЛС. Формируется информация, которая включается в запись каждого объекта, описывающая реально существующую ПЛС между ними в ЦК по данным БСЗ. В описания УТ в БСЗ о ПЛС ЦК_{исх} и ЦК_{обн.кон} ставятся метки УТ, прошедших обработку. Осуществляется переход на шаг 1.

Шаг 6. Из БСЗ о ПЛС ЦК_{исх} последовательно выбираются записи, содержащие информацию об узловой точке. Контролируется наличие метки УТ, прошедшей обработку. Запись, имеющая такую метку, пропускается и выбирается следующая за ней. Если список записей БСЗ о ПЛС ЦК_{исх} исчерпан, то осуществляется переход на шаг 9. Если запись не содержит метки УТ, прошедшей обработку, то это свидетельствует об имеющейся устаревшей информации о ПЛС в ЦК_{обн.кон}, которая должна быть удалена из нее. Для этого осуществляется переход на шаг 7.

Шаг 7. По номерам объектов и координатам входящих в запись УТ БСЗ о ПЛС ЦК_{исх} в файле ЦК_{обн.кон} осуществляется поиск записей объектов, содержащих устаревшую информацию о ПЛС.

Шаг 8. В семантических описаниях найденных и идентифицированных записей объектов ЦК_{обн.кон} осуществляется поиск и удаление предыдущей информации о ПЛС. Переход на шаг 6.

Шаг 9. Сформирован обновленный файл ЦК_{обн.кон.плс}. Конец алгоритма.

Заключение

Предложенная технология с программной поддержкой для оперативного обновления ЦК по ЦС по сравнению с существующими позволяет ускорить процесс обновления, повысить его точность и эффективность на всех этапах обновления ЦК по ЦС, имеющими искажения, превышающими допустимые.

Достижение этих характеристик обеспечивается следующими возможностями технологии:

1. На этапе координатного совмещения ЦК и ЦС по опорным точкам имеется возможность:

– проводить автоматический анализ искажений, имеющихся на ЦС, и получать их количественную оценку;

– на основе данных анализа искажений оперативно формировать расчетным путем комбинацию алгоритмов и наборы опорных точек, позволяющих достичь необходимой точности совмещения ЦС и ЦК в области, запланированной для обновления.

2. На этапе выявления изменений на местности имеется возможность:

– автоматизации дешифрирования образов контурных объектов на ЦС по априорной информации об этих объектах в ЦК;

– автоматического сопоставления и сравнения результатов дешифрирования образов контурных объектов на ЦС и соответствующих им объектов ЦК с целью выявления изменений на местности;

– автоматического анализа выявленных изменений и преобразование их в форму, пригодную для редактирования объектов ЦК.

На этапе редактирования ЦКМ имеется возможность:

– автоматического редактирования контурных объектов ЦК и их ПЛС по выявленным изменениям;

– многократного редактирования объектов ЦК без снижения точности обновляемой ЦК.

Технология и реализующее ее программное обеспечение используются в специализированной ГИС для оперативного выявления изменений на местности и обновления ЦК по ЦС.

Литература

1. Космические картографические средства дистанционного зондирования Земли / Ю.П. Киенко, Е.Л. Лукашевич, В.А. Горелов [и др.] // Геодезия и картография. – 2001. – № 12. – С. 32 – 34.
2. Рогачев А.В. О путях развития цифровой картографии / А.В. Рогачев // Геодезия и картография. – 2003. – №4. – С. 44 – 47.

3. Хвостов В.В. Нет равных по точности / В.В. Хвостов // Независимое военное обозрение. – 2000. – № 43. – С. 1 – 3.

4. Хабаров В.Ф. Деятельность федеральной службы геодезии и картографии России (1966 – 2003) / В.Ф. Хабаров // Первый конгресс геодезистов и картографов. Доклады. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 2003. – С. 5 – 15.

5. Что могут космические снимки? Статьи о ДЗЗ. [Электронный ресурс] // ЗАО «Совзонд». – Режим доступа: http://www.sovzond.ru/articles/article_snimki.html.

6. Верещака Т.В. Цифровая технология обновления топографических карт масштабов 1:25 000 – 1:200 000 по космическим снимкам и ее концептуальные положения / Т.В. Верещака, А.С. Вахтанов // Геодезия и картография. – 2004. – № 4. – С. 33 – 42.

7. Кононов В., Марков С. Данные дистанционного зондирования Земли как источник информации для решения задач землеустройства и кадастра [Электронный ресурс] // ЦАКИЗ ИГН НАН Украины, КНУСА. – Режим доступа: <http://www.geomatika.kiev.ua/training/DataCapture?RemoteSensing/chapter102/html>.

8. Robert W. Carroll. Определение изменений в застройке по снимкам с автоматической обработкой деталей [Электронный ресурс] // Hitachi Software Global Technology, Ltd. 10355 Westmoor Drive, Suite 250 Westminster, Colorado 80021 303-466-9255, Rcarroll@HSGT.com / пер. компании "Совзонд". – Режим доступа: http://www.sovzond.ru/articles/article_constr.html.

9. Руководство по обновлению топографических карт. – М.: Недра, 1978. – 60 с.

10. Грузинов В.С. Обновление цифровых топографических карт по материалам космической съемки / В.С. Грузинов // Геодезия и картография. – 2002. – №1. – С. 15 – 18.

11. Нехин С.С. Современные технологии ЦНИИГАиК для создания и обновления карт и планов / С.С. Нехин, Г.А. Зотов // Геодезия и картография. – 2003. – № 11. – С. 44 – 51.

12. Абламейко С.В. Картографические информационные технологии создания и обновления цифровых карт местности / С.В. Абламейко, А.Н. Крючков // 1-й Белорусский космический конгресс. Материалы конгресса. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2003. – С. 166 – 168.

13. Наб Радж Субеди. Обновление географической информации на основе данных ДЗЗ высокого разрешения [Электронный ресурс] // Научно-исследовательский отдел National Geographic Information Infrastructure Project. Min Bhawan Kathmandu, Nepal / пер. компании «Совзонд». – Режим доступа: http://www.sovzond.ru/articles/article_upd.html.

14. Обновление и подготовка к изданию цифровых топографических карт масштаба 1:25 000 на ЦФС / И.Д. Агафонов, В.М. Белов, П.Ю. Бурбан // Геодезия и картография. – 2002. – № 5. – С. 22 – 31.

15. Чуприна Е.П. Цифровая технология прямого обновления топографической карты масштаба 1:200 000 /

- Е.П. Чуприна, Н.И. Мазаева // Геодезия и картография. – 2002. – №11. – С. 11 – 14.
16. Потапов А. Проблема совмещения изображений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aicomunity.org/reports/Inex/ImageSuperposition/ImageSuperposition.php?fid=64>.
17. Крючков А.Н. Методы трансформирования аэрокосмических снимков / А.Н. Крючков, С.П. Боричев // Цифровая обработка изображений / под ред. С.В. Абламейко. – Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 1999. – Вып.3. – С. 202 – 218.
18. Преобразование космических снимков в заданную картографическую проекцию / В.П. Савиных, Л.М. Бугаевский, В.А. Малинников // Геодезия и картография. – 2004. – № 4. – С. 30 – 32.
19. Координатное совмещение космических снимков и цифровых карт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.agiks.ru/data/articles/ddzz/report1_g5.htm
20. Крючков А.Н. Технология автоматизированного выделения изменений объектов цифровой модели местности по аэрокосмическим снимкам / А.Н. Крючков, С.П. Боричев // Цифровая обработка изображений. Вып.5. - Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2001. –С. 48 – 58.
21. Крючков А.Н. Метод оперативного выделения объектов местности на основе данных дистанционного зондирования и цифровых моделей карт / А.Н. Крючков, С.П. Боричев // Труды 1-го Белорусского Космического Конгресса 28–30 октября 2003 года. – Минск, 2003. – С. 64 – 67.
22. Крючков А.Н. Оперативное выделение объектов спецназначения на местности путем автоматизированного сопоставления данных дистанционного зондирования и цифровых карт / А.Н. Крючков, С.П. Боричев // Труды II Международной научной конференции по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения 18-19 мая 2005 года. – Минск, 2005. – С. 117 – 121.
23. Технология обновления цифровых карт по аэрокосмическим снимкам // Цифровая обработка изображений. - Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 1997. – Вып.1. – С. 102 – 114.
24. Комосов Ю.А. Проблема унификации информационного обеспечения и технологий в топографо-геодезическом и картографическом производстве / Ю.А. Комосов // Геодезия и картография. – 2003. – № 3. – С. 35 – 37.
25. Иванова Л. Фотограмметрическая обработка данных дистанционного зондирования. Статьи о ДЗЗ [Электронный ресурс] // ЗАО "Совзонд". – Режим доступа: http://www.sovzond.ru/articles/article_obrabotka.html.
26. Абламейко С.В. Обработка изображений: технология, методы, применение / С.В. Абламейко, Д.М. Лагуновский. – Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 1999. – 300 с.
27. Лобанов А.Н. Фотограмметрия: учебник для вузов / А.Н. Лобанов, М.И. Буров, Б.Ф. Краснопевцев. – М.: Недра, 1987. – 309 с.
28. Абламейко С.В. Способ оперативного совмещения цифровых аэрокосмоснимков и карт местности для выявления изменений в контурах объектов на местности / С.В. Абламейко, С.П. Боричев // Пятая Международная конференция “Обработка информации и управление в чрезвычайных и экстремальных ситуациях”. 24 – 26 октября 2006 года, Минск. Материалы конгресса. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2006. – С. 154 – 159.
29. Абламейко С.В. Комбинированный метод оперативной координатной привязки аэрокосмических снимков и цифровых моделей карт / С.В. Абламейко, С.П. Боричев, А.Н. Крючков // Цифровая обработка изображений. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2002. – Вып. 1. – С. 122 – 130.
30. С.В. Абламейко. Автоматическое формирование пространственно-логических связей между объектами цифровой модели карты, основанное на совместной обработке ее структурного и растрового изображений / С.В. Абламейко, С.П. Боричев, А.Н. Крючков // Цифровая обработка изображений. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2002. – Вып. 2. – С. 135 – 140.
31. Шумова О. В. Топология на электронных тематических картах / О. В. Шумова // Геодезия и картография. – 2003. – № 5. – С. 35 – 39.

*Сергей Владимирович Абламейко, e-mail: abl@newman.bas-net.by.
Станислав Петрович Боричев, e-mail: borychau@mail.ru.
Т. 8-10-375-17-284-20-82.*