

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ, СИГНАЛОВ И ДАННЫХ

УДК 528.9, 681.3.016

С.В. Абламейко, С.П. Боричев

ОПЕРАТИВНОЕ ОБНОВЛЕНИЕ КОНТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ
ЦИФРОВЫХ КАРТ ПО АЭРОКОСМОСНИМКАМ

Рассматривается проблема оперативного обновления контурных объектов цифровых карт по аэрокосмоснимкам. Отмечается, что существующие способы обновления обладают рядом недостатков, снижающих оперативность, точность и эффективность обновления. Предлагаются способ обновления и его алгоритм, позволяющие устранить эти недостатки.

Введение

Цифровые карты (ЦК) являются одним из важнейших элементов картографического обеспечения географических информационных систем (ГИС) [1, 2]. От их точности и актуальности, от их соответствия современному фактическому состоянию местности и представлениям о характеристиках объектов и явлений, отображаемых на ней, зависит корректность результатов решения многих задач, основанных на пространственном анализе и геодекодировании. Под воздействием природных, техногенных и других причин [3–5] это соответствие с течением времени нарушается. Для его восстановления ЦК обновляют. С наименьшими материальными и трудовыми затратами обновление ЦК осуществляется по данным дистанционного зондирования Земли (аэрокосмоснимкам) [6]. Изображения земной поверхности на аэрокосмоснимках содержат о ней самую современную, точную и достоверную информацию, получаемую оперативно.

Объемы работ и трудовые затраты по обновлению карт постоянно растут. Соответственно возрастают и требования к ускорению процессов обновления карт, повышению точности обновления, его достоверности и эффективности [6]. Оперативная поддержка баз данных ЦК в актуальном состоянии по аэрокосмоснимкам, преобразованным в цифровую форму (цифровым снимкам), для многих ГИС – постоянно решаемая задача в процессе их эксплуатации [7]. Поэтому совершенствованию существующих способов решения этой задачи в части ускорения процессов обновления, повышения его точности и эффективности уделяется большое внимание.

1. Существующие способы обновления контурных объектов ЦК по цифровым снимкам и их недостатки

По цифровым снимкам (ЦС), как правило, обновляются контуры линейных и площадных объектов ЦК (контурные объекты), чаще всего подвергаемые изменениям на местности [8].

Обновление ЦК по ЦС включает в себя следующие основные этапы [9–12]:

- совмещение ЦС и ЦК по опорным точкам, которыми являются соответственные точки снимков и карт с известными координатами;
- выявление изменений в контурных объектах на местности по совмещенным ЦС и ЦК;
- исправление (редактирование) контурных объектов ЦК по выявленным изменениям.

Совмещение ЦС и ЦК может осуществляться как в прямоугольной xOy системе координат ЦС, так и в прямоугольной XOY системе координат ЦК. Для этого используются пространственные преобразования вида $H : (X, Y) \rightarrow (x, y)$ или $F : (x, y) \rightarrow (X, Y)$, обеспечивающие общее отображение всей плоскости одного изображения на плоскость другого, в результате которого их соответственные точки совмещаются с необходимой точностью [13–15]. Точность совмещения определяется некоторым допустимым отклонением (средним, среднеквадратиче

Поскольку реальные отображающие функциональные зависимости между соответственными точками изображений ЦС и ЦК неизвестны, то их находят (восстанавливают) по

значениям координат, которые они принимают в опорных точках, методом аппроксимации [16]. Аппроксимация функциональных зависимостей, заданных опорными точками, осуществляется при помощи полиномиальных функций, сплайн-функций, проективных соотношений, соотношений триангуляции и других, наиболее часто применяемых для координатных преобразований в системах обработки изображений и ГИС [17–20]. Взаимное расположение опорных точек относительно области совмещения при этом должно быть равномерным, а его плотность такова, чтобы выбранным пространственным преобразованием обеспечивалась требуемая точность совмещения не только в опорных точках, но и в других соответственных точках ЦС и ЦК.

Для обновления ЦК по ЦС обычно используется пространственное преобразование вида $H : (X, Y) \rightarrow (x, y)$, которое сопровождается преобразованием яркости вида $S : f(x, y) \rightarrow W_M(X, Y)$ [21]. В результате этого преобразования каждой точке изображения ЦК присваивается значение яркости соответственной ей точки изображения ЦС. Таким образом, в области совмещения ЦК формируется видеомодель местности $W_M(X, Y)$, растровый слой которой совмещается с преобразованным в растровую форму векторным слоем $V(X, Y)$ области совмещения ЦК. Совмещенные слои отображаются в режиме прозрачности на экране монитора системы (рис. 1). Это дает возможность пользователю визуально выявлять изменения $Izm(X, Y)$ на местности путем сопоставления и сравнения контурных объектов ЦК $V(X, Y)$ и их образов на видеомодели местности $W_M(X, Y)$:

$$Izm(X, Y) = \{W_M(X, Y) \cap [W_M(X, Y) \cap F(X, Y)]\}^c, \quad (1)$$

где c – операция дополнения множества $W_M(X, Y)$.

По выявленным изменениям, которые дешифрируются, формализуются и структурируются, производится обновление контурных объектов ЦК при помощи операций интерактивного или автоматизированного редактирования.

Описанный способ обновления ЦК по ЦС используется во многих ГИС. В то же время практика показывает, что ему присущи следующие недостатки:

- повышаются требования к количеству опорных точек и схеме их взаимного расположения при совмещении ЦК с ЦС, имеющими искажения. Количество точек на изображениях ЦС и ЦК, которое можно использовать в качестве опорных, обычно ограничено, поэтому не всегда удается удовлетворить эти требования. В таком случае размеры области совмещения, как правило, уменьшают или разбивают на зоны, в пределах которых при данном количестве опорных точек обеспечивается требуемая точность совмещения, что снижает оперативность и эффективность обновления ЦК;

- поскольку не производится количественная оценка искажений, имеющихся на ЦС в области совмещения, выбор аппроксимирующих функций или соотношений для трансформирования ЦС в систему координат ЦК с необходимой точностью носит эмпирический и итерационный характер, что значительно снижает оперативность совмещения;

- снижается оперативность совмещения ЦС и ЦК из-за затрат процессорного времени на получение видеомоделей местности в системе координат ЦК, особенно по большеформатным снимкам высокого разрешения;

- снижается достоверность обновления ЦК из-за ошибок, возникающих при выявлении изменений в контурных объектах ЦК и их визуальном или автоматизированном дешифрировании по видеомодели местности. Это связано с тем, что при преобразовании яркости происходит искажение дешифровочных признаков образов объектов на видеомодели по сравнению с признаками этих образов объектов на исходных изображениях ЦС.

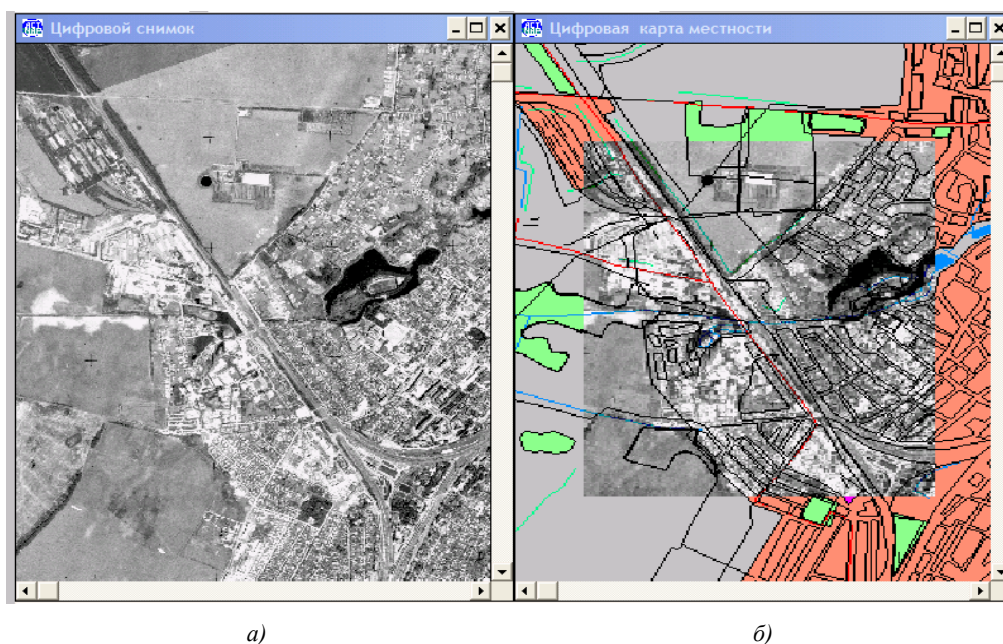


Рис. 1. Результат совмещения слоев ЦС и ЦК: а) исходное изображение ЦС; б) видеомодель местности, совмещенная с соответствующей областью ЦК

Для устранения указанных недостатков применяют способ обновления ЦК по ЦС в системе координат ЦС [17]. Для совмещения ЦК с ЦС используют глобальное пространственное преобразование (ГПП) вида $H : (X, Y) \rightarrow (x, y)$ и локальное (ЛПП) вида $L : (x, y) \rightarrow (x+dx, y+dy)$, которые трансформируют контурные объекты ЦК в систему координат ЦС и совмещают с их образами на ЦС [22]. В результате сопоставления и сравнения совмещенных объектов ЦК и их образов на ЦС выявляются изменения, по которым редактируются контуры объектов ЦК в системе координат ЦС. Отредактированные контурные объекты затем при помощи пространственного преобразования вида $F : (x, y) \rightarrow (X, Y)$ трансформируются в систему координат ЦК для ее обновления. Между тем было замечено, что при многократном обновлении одной и той же ЦК этим способом снижается ее точность, поскольку каждое совмещение ЦК с ЦС приносит свою погрешность. Все это, в конечном счете, приводит к необходимости пересоставления ЦК [12]. В этой связи предлагается способ обновления ЦК по ЦС, позволяющий устранить указанный недостаток и тем самым в целом повысить точность, оперативность и эффективность обновления контурных объектов ЦК.

2. Способ оперативного обновления контурных объектов ЦК по ЦС

Для достижения поставленной цели предлагаемый способ использует как глобальные, так и локальные прямые и обратные преобразования, обеспечивающие взаимно однозначное координатное соответствие между преобразуемыми точками ЦС и ЦК.

При помощи прямого ГПП $H_{np} : (X, Y) \rightarrow (x, y)$ обеспечивается преобразование контурных объектов ЦК в систему координат ЦС. При этом преобразуются лишь точки, составляющие осевую линию контуров этих объектов. Минимальное количество опорных точек, которое используется для совмещения, – четыре. Это преобразование сопровождается формированием видеомодели ЦК $K : (x, y) \rightarrow W_K(x, y)$ в системе координат ЦС при помощи операторов компьютерной графики «чертить линию» и «чертить полигон». Совмещение видеомодели ЦК $W_K(x, y)$ и изображения ЦС является приближенным, поскольку его задача – обеспечение возможности визуального сопоставления контурных объектов и соответственных им образов на ЦС с целью установления в них наличия изменений (рис. 2).

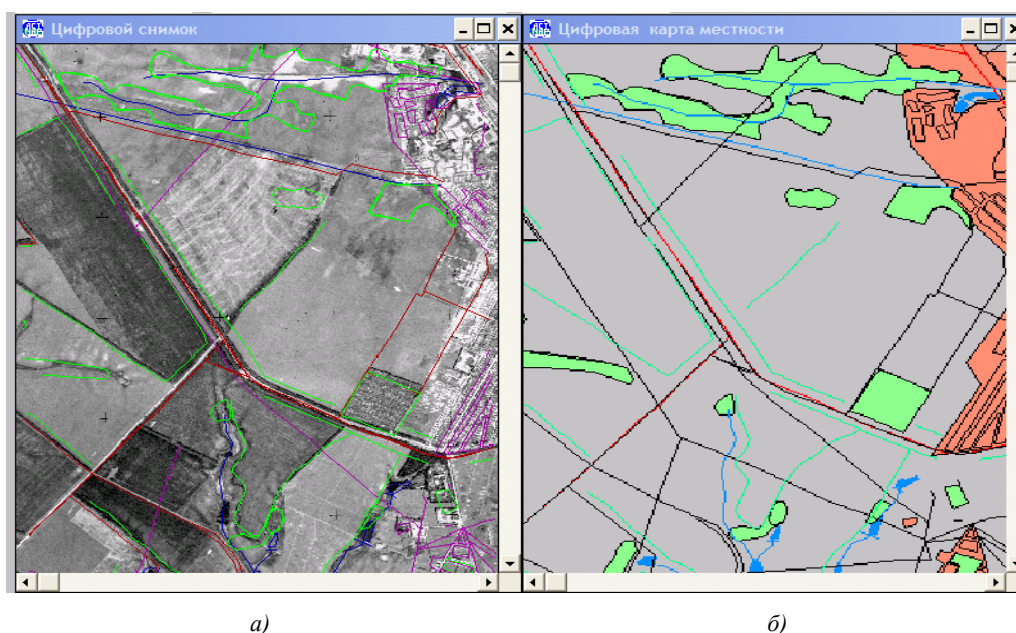


Рис. 2. Совмещение контурных объектов ЦК с их образами на ЦС:
 а) изображение совмещенных контурных объектов ЦК с их образами на ЦС;
 б) исходное изображение ЦК

При помощи прямого ЛПП L_{np} , включающего в себя операции сдвига, поворота и масштабирования, осуществляется точное совмещение идентифицированных контурных объектов ЦК и их образов на ЦС:

$$L_{np} : W_K(x, y) \rightarrow W_K^L(x, y). \quad (2)$$

Путем автоматизированного сопоставления и сравнения совмещенных контурных объектов ЦК и их образов на ЦС выявляются изменения $Izm(x, y)$ в контурных объектах:

$$Izm(x, y) = \left\{ f(x, y) \cap \left[W_K^L(x, y) \cap f(x, y) \right] \right\}^c, \quad (3)$$

где c – операция дополнения множества $f(x, y)$.

По выявленным изменениям, которые дешифрируются, формализуются и структурируются, производится автоматизированное редактирование контурных объектов ЦК.

Отредактированные контурные объекты при помощи обратного ЛПП L_{obr} , включающего в себя обратные прямому L_{np} операции сдвига, поворота и масштабирования, и обратного ГПП H_{obr} преобразуются в систему координат ЦК:

$$L_{obr} : W_{K.ped}^L(x, y) \rightarrow W_{K.ped}(x, y); \quad (4)$$

$$H_{obr} : W_{K.ped}(x, y) \rightarrow (X, Y). \quad (5)$$

В системе координат ЦК отредактированные объекты ЦК заменяют исходные.

3. Алгоритм предлагаемого способа обновления

ЦС в ГИС представляются изображениями R_C в растровом формате BMP, ЦК – изображениями V_K в векторном формате F20S и изображением R_K ЦК в растровом формате BMP,

полученном в результате векторно-растрового преобразования $P: V_K \rightarrow R_K$ при загрузке ЦК в оперативную память системы. Изображения R_C ЦС и R_K ЦК отображаются на экране монитора системы в своих окнах.

Алгоритм обновления контурных объектов ЦК состоит из следующих шагов.

Шаг 1. Визуальное определение границ области совмещения на ЦС и ЦК. Выбор опорных точек, выпуклая оболочка совокупности которых ограничивает область совмещения.

Идентификация опорных точек на снимках и картах в ГИС, как правило, осуществляется визуально на экране монитора, где отображаются их изображения. Координаты идентифицированных опорных точек в интерактивном режиме считываются с экрана монитора при помощи манипулятора типа «мышь» и пересчитываются программно в системы координат ЦС и ЦК соответственно.

Для задания области совмещения достаточно четырех опорных точек, расположенных в углах ограничивающей ее рамки.

Шаг 2. Выбор и расчет коэффициентов аппроксимирующих функций для осуществления прямого и обратного ГПП.

В качестве таких функций выбираются алгебраические полиномы первой степени:

– для прямого ГПП

$$x = a_0 + a_1Y + a_2X, \quad y = b_0 + b_1Y + b_2X, \quad (6)$$

где x, y, X, Y – координаты точки на ЦС и ЦК соответственно, a_i, b_i ($i = 0, 1, 2$) – неизвестные коэффициенты;

– для обратного ГПП

$$X = c_0 + c_1y + c_2x, \quad Y = d_0 + d_1y + d_2x, \quad (7)$$

где X, Y, x, y – координаты точки на ЦК и ЦС соответственно; c_i, d_i ($i = 0, 1, 2$) – неизвестные коэффициенты.

Неизвестные коэффициенты рассчитываются путем решения системы, составленной из сформированных по каждой опорной точке уравнений (6) и (7), методом наименьших квадратов.

Определение неизвестных коэффициентов осуществляется как для прямого ГПП плоскости карты в систему координат снимка $H_{np}^{ГПП}$, так и обратного ГПП плоскости снимка в систему координат карты $H_{обр}^{ГПП}$.

Шаг 3. Клиппирование (отсечение) контурных объектов карты по рамке ее области совмещения. Эта операция выполняется в связи с тем, что обновлению подлежат лишь контурные объекты или их участки, попадающие в область совмещения. Все, что выходит за ее рамки, отсекается. В результате выполнения этой операции метрические описания контурных объектов ограничены лишь рамками области совмещения:

$$KLIP(X_1Y_1, X_2Y_2): V_K \rightarrow V_K^{KL}, \quad (8)$$

где X_1Y_1, X_2Y_2 – значения координат вершин точки левого верхнего и правого нижнего углов рамки области совмещения.

Шаг 4. Прямое ГПП копий контуров объектов ЦК из области совмещения на ЦК в соответствующую ей область на ЦС:

$$H_{np}^{ГПП}: V_K^{KL} \rightarrow V_{K \rightarrow C}^{KL}. \quad (9)$$

Данное ГПП сопровождается преобразованием координат точек, составляющих осевую линию контуров объектов ЦК, из векторного формата в растровый:

$$P: V_{K \rightarrow C}^{KL} \rightarrow R_{K \rightarrow C}^{KL}. \quad (10)$$

В результате этого преобразования контурные объекты ЦК отображаются на экране монитора в системе координат ЦС пикселями заданного цвета и яркости.

Шаг 5. Поиск и обнаружение объектов ЦК, нуждающихся в обновлении, путем их визуального сопоставления с идентифицированными образами объектов на ЦС.

Пользователь просматривает совмещенное изображение R_C ЦС и $R_{K \rightarrow C}^{KL}$ ЦК в окне ЦС, идентифицирует объекты ЦК и соответствующие им образы на ЦС путем их сопоставления и сравнения. При помощи визуально-инструментальных средств определяет объекты ЦК и их образы на ЦС, в которых имеются несоответствия в геометрической форме контуров.

Пользователь определяет:

- объекты, изменившие геометрическую форму контура, для обновления которых необходимо осуществить переход на шаг 6;
- устаревшие объекты на ЦК, для удаления которых из ЦК необходимо осуществить переход на шаг 10;
- вновь появившиеся объекты, для включения которых в объектовый состав ЦК необходимо осуществить переход на шаг 11.

Если все объекты ЦК обновлены по их образам на ЦС, то осуществляется переход на шаг 12.

Шаг 6. Совмещение контурного объекта ЦК и его образа на ЦС.

Пространственное совмещение контурного объекта ЦК с его образом на ЦС осуществляется при помощи прямого ЛПП, которое состоит из интерактивных операций сдвига, поворота и масштабирования контура объекта в целом. Последовательность операций и параметры преобразований запоминаются. Результаты выполнения операций отображаются на экране монитора. Задачей прямого ЛПП $F_{np}^{ЛПП}$ является пространственное совмещение точек контурного объекта ЦК с соответственными им точками его образа на ЦС:

$$F_{np}^{ЛПП}: V_{K \rightarrow C}^{KL} \rightarrow V_{K \rightarrow C}^{KL.ЛПП}. \quad (11)$$

Шаг 7. Редактирование контурного объекта ЦК по выявленным изменениям.

Редактирование контурного объекта ЦК по выявленным в его контуре изменениям производится путем интерактивного удаления и (или) встраивания необходимого количества точек:

$$Kor: V_{K \rightarrow C}^{KL.ЛПП} \rightarrow V_{K \rightarrow C}^{KL.ЛПП.Kor}. \quad (12)$$

Шаг 8. Над отредактированным контурным объектом ЦК осуществляется обратное ЛПП $F_{обр}^{ЛПП}$:

$$F_{обр}^{ЛПП}: V_{K \rightarrow C}^{KL.ЛПП.Kor} \rightarrow V_{K \rightarrow C}^{KL.Kor}. \quad (13)$$

Шаг 9. Обновление контура объекта в ЦК.

Возможны следующие случаи.

С л у ч а й 1. Обновление контурного объекта в части, расположенной в пределах рамки области совмещения.

Для случая 1 выполняются следующие шаги.

Шаг 9.1. Обратное ГПП $H_{обр}^{ГПП}$ отредактированного контурного объекта из системы координат ЦС в систему координат ЦК:

$$H_{i\dot{\omega}}^{\bar{A}\bar{I}\bar{I}} : V_{\dot{E} \rightarrow \bar{N}}^{KL.Kor} \rightarrow V_{\dot{E}}^{KL.Kor}. \quad (14)$$

Шаг 9.2. Автоматическое обновление контура исходного объекта ЦК путем замены его участка отредактированной копией:

$$Upd : V_K^{KL.Kor} \rightarrow V_K^{Upd}. \quad (15)$$

Переход на шаг 5 для обновления следующего объекта ЦК.

С л у ч а й 2. Обновление контурного объекта ЦК, целиком находящегося в пределах рамки области совмещения.

Для случая 2 выполняются следующие шаги.

Шаг 9.1. Удаление из ЦК обновляемого контурного объекта ЦК по идентификатору:

$$Del : V_K(ind) \rightarrow 0. \quad (16)$$

Шаг 9.2. Обновление ЦК при помощи обратного ГПП $H_{обр}^{ГПП}$ отредактированной копии контурного объекта в системе координат ЦС в систему координат ЦК:

$$H_{i\dot{\omega}}^{\bar{A}\bar{I}\bar{I}} : V_{\dot{E} \rightarrow \bar{N}}^{KL.Kor} \rightarrow V_{\dot{E}}^{Upd}. \quad (17)$$

Переход на шаг 5 для обновления следующего объекта ЦК.

Шаг 10. Удаление устаревшего объекта из ЦК по идентификатору:

$$Del : V_K(ind) \rightarrow 0. \quad (18)$$

Переход на шаг 5 для обновления следующего объекта ЦК.

Шаг 11. Ввод в ЦК вновь появившегося объекта.

Шаг 11.1. Вблизи вновь появившегося образа объекта $I_{\bar{N}}^{NEW}$ на местности в системе координат ЦС находят контурный объект, который не нуждается в обновлении по его образу на ЦС и может использоваться в качестве вспомогательного для вычисления параметров прямого и обратного ЛПП. Для этого объекта ЦК и его образа на ЦС выполняется шаг 6.

Шаг 11.2. В автоматизированном режиме производится выделение контура вновь появившегося объекта, его утоньшение и преобразование метрического описания в векторный формат:

$$Dig : I_{\bar{N}}^{NEW} \rightarrow V_{\dot{E} \rightarrow C}^{KL.\dot{E}\bar{I}\bar{I}.NEW}. \quad (19)$$

Шаг 11.3. Над вновь появившимся объектом ЦК осуществляется обратное ЛПП $F_{обр}^{ЛПП}$:

$$F_{обр}^{ЛПП} : V_{\dot{E} \rightarrow \bar{N}}^{KL.\dot{E}\bar{I}\bar{I}.NEW} \rightarrow V_{\dot{E} \rightarrow \bar{N}}^{KL.NEW}. \quad (20)$$

Шаг 11.4. Обновление ЦК осуществляется при помощи обратного ГПП $H_{обр}^{ГПП}$ вновь появившегося контурного объекта из системы координат ЦС в систему координат ЦК:

$$H_{i\dot{\omega}}^{\bar{A}\bar{I}\bar{I}} : V_{\dot{E} \rightarrow \bar{N}}^{KL.NEW} \rightarrow V_{\dot{E}}^{Upd.NEW}. \quad (21)$$

Переход на шаг 5 для обновления следующего объекта ЦК.

Шаг 12. Конец алгоритма.

В результате выполнения алгоритма из ЦК удаляются устаревшие (потерявшие актуальность) объекты, не отобразившиеся на ЦС, вводятся новые, отсутствующие на ЦК и отобразившиеся на ЦС, изменяется геометрическая форма контуров объектов.

4. Пример выполнения алгоритма

На рис. 3–7 представлены результаты выполнения алгоритма при обновлении (укорочении) контура объекта ЦК по его образу на ЦС. Обновление объекта включает в себя последовательность следующих операций:

- ГПП, обеспечивающее приближенное совмещение изображений ЦС и ЦК;
- прямое ЛПП, заключающееся в сдвиге и повороте объекта ЦК для точного совмещения с его образом на ЦС;
- редактирование объекта ЦК по выявленным изменениям;
- обратное ЛПП, заключающееся в повороте и сдвиге отредактированного объекта ЦК.

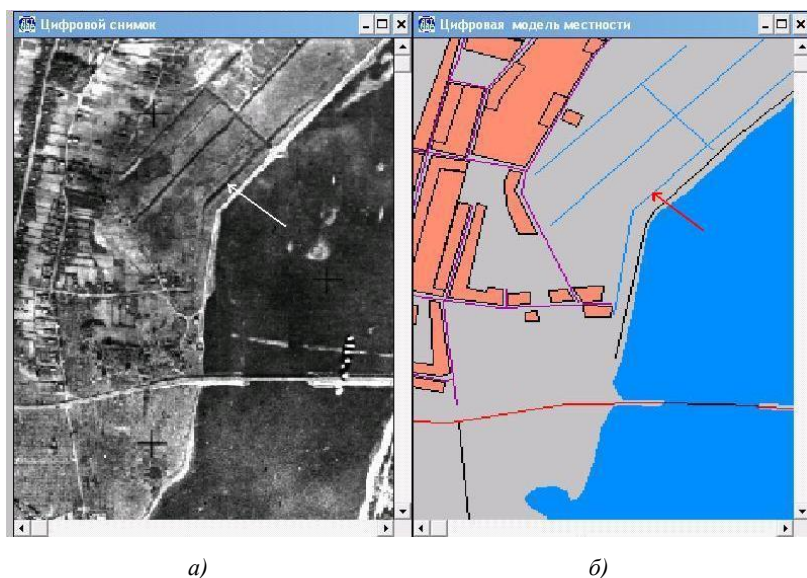


Рис. 3. Отображение фрагментов ЦС и ЦК на экране монитора: *а)* фрагмент ЦС (стрелкой указан образ контурного объекта, имеющий изменения на местности); *б)* фрагмент ЦК (стрелкой указан обновляемый контурный объект)

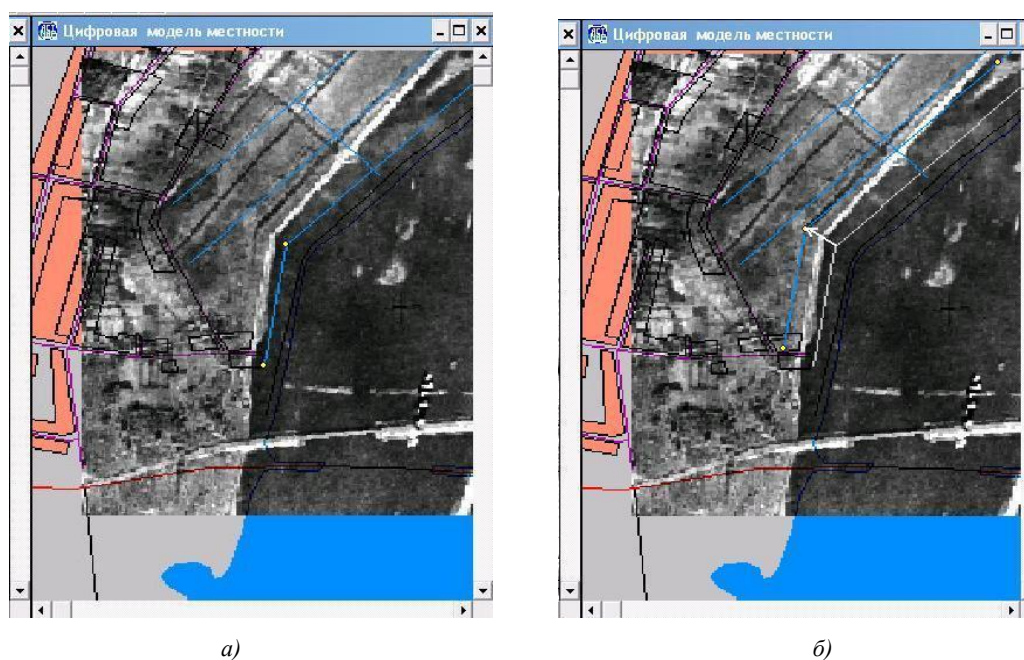


Рис. 4. Результаты выполнения операций: *а)* совмещения изображений ЦС и ЦК при помощи ГПП; *б)* сдвига объекта ЦК при прямом ЛПП (стрелкой указано направление сдвига и совмещаемые точки контурного объекта ЦК и его образа на ЦС)

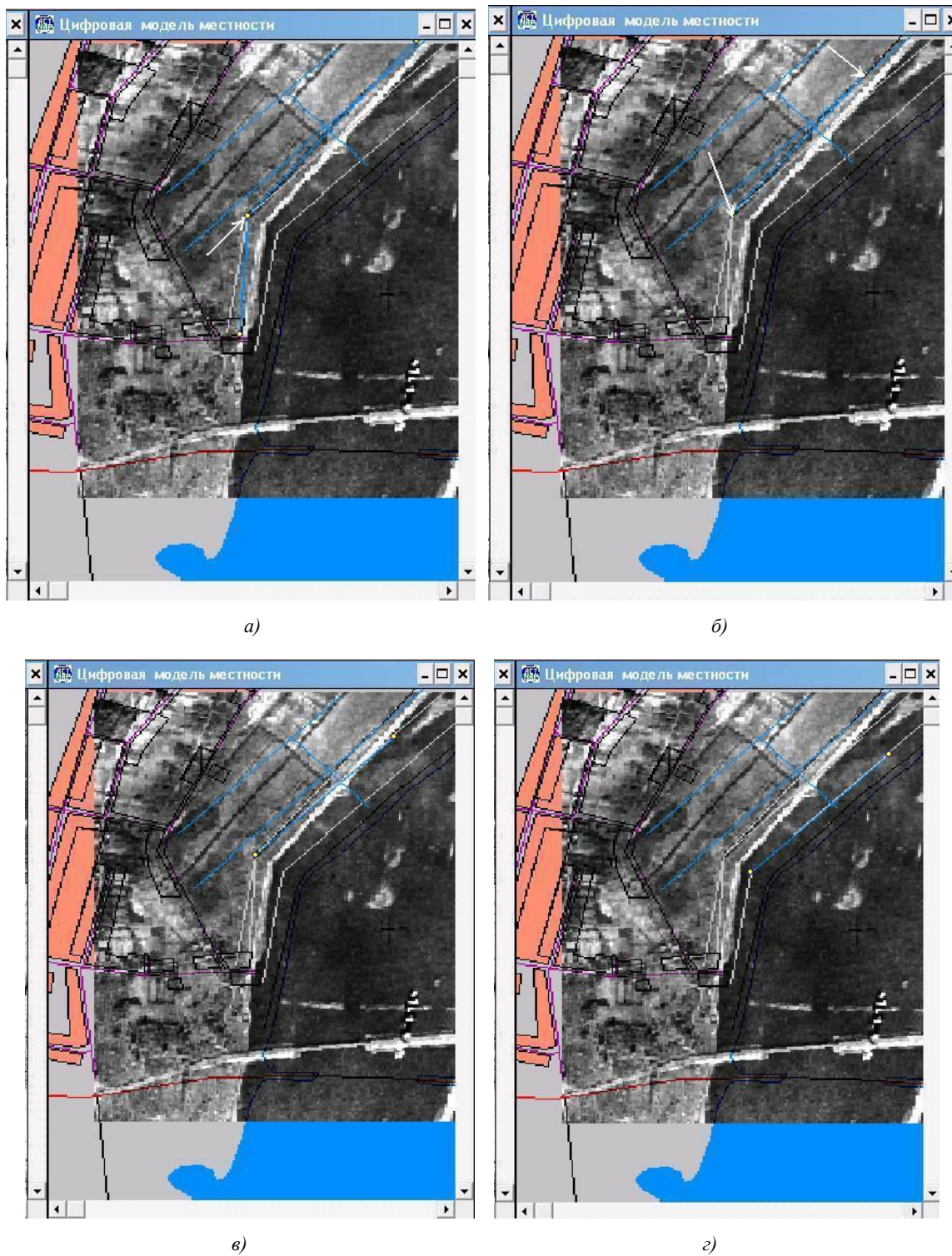


Рис. 5. Результаты выполнения операций: *а)* поворота объекта ЦК при прямом ЛПП (стрелкой указана точка, относительно которой осуществляется поворот против часовой стрелки контурного объекта ЦК до совмещения с его образом на ЦС); *б)* редактирования контура объекта ЦК (стрелками указаны полученные в результате редактирования конечные точки контура объекта ЦК); *в)* поворота объекта ЦК при обратном ЛПП; *з)* сдвига объекта ЦК при обратном ЛПП

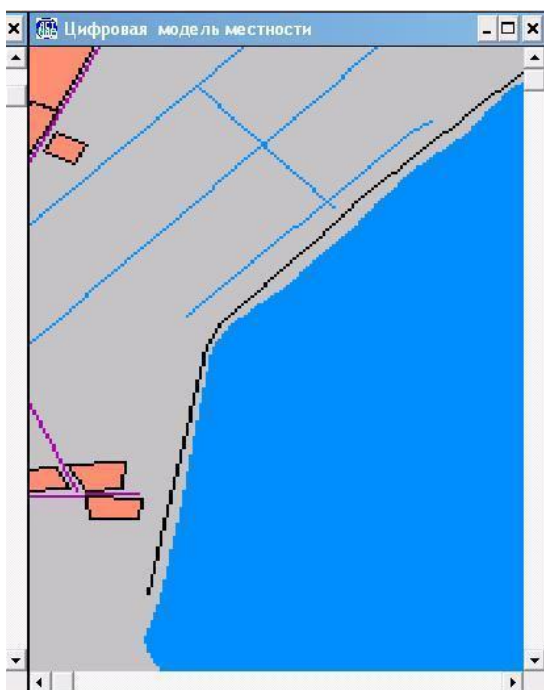


Рис. 6. Результат обновления контурного объекта ЦК при использовании обратного ЛПП

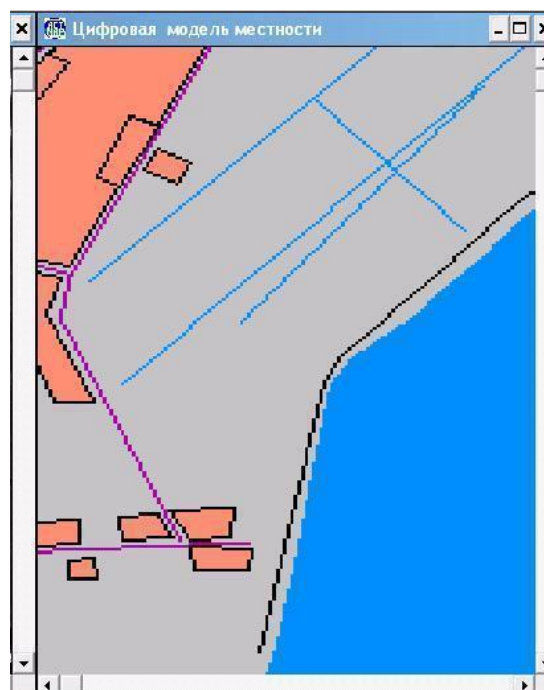


Рис. 7. Результат обновления контурного объекта ЦК без использования обратного ЛПП

Анализ результатов работы алгоритма на приведенном примере наглядно показывает, что для достижения требуемой точности обновления контуров объектов ЦК не достаточно совокупности одних лишь ГПП и прямых ЛПП, необходимы еще и обратные ЛПП, позволяющие сохранить пространственное положение обновленных контуров объектов в системе координат ЦК неизменным.

Заключение

Предложенный способ оперативного обновления контурных объектов ЦК по ЦС имеет ряд преимуществ по сравнению с существующими и, в частности, позволяет:

- снизить количество опорных точек, используемых для совмещения ЦС и ЦК, до четырех и в этой связи использовать более простые функциональные соотношения между координатами соответственных точек изображений ЦС и ЦК при ГПП без снижения эффективности обновления;
- повысить оперативность и достоверность обновления за счет выявления изменений и редактирования контурных объектов в системе координат ЦС;
- проводить многократное обновление контурных объектов ЦК без снижения точности ЦК.

Данный способ, а также алгоритм обновления контурных объектов ЦК входят в программное обеспечение ГИС, предназначенной для выявления изменений на местности и обновления ЦК.

Список литературы

1. Космические картографические средства дистанционного зондирования Земли / Ю.П. Киенко [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 : сб. докладов. – М. : Картгеоцентр – Геодезиздат, 2003. – С. 5–15.
5. Что могут космические снимки? / ЗАО «Совзонд» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.sovzond.ru/articles/article_snimki.html. – Дата доступа : 16.10.2004.
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. Данные дистанционного зондирования Земли как источник информации для решения задач землеустройства и кадастра / В. Кононов, С. Марков / ЦАКИЗ ИГН НАН Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.geomatika.kiev.ua/training/DataCapture?RemoteSensing/chapter102/html>. – Дата доступа : 30.10.2004.
8. Руководство по обновлению топографических карт. – М. : Недра, 1978. – 60 с.
9. Чуприна, Е.П. Цифровая технология прямого обновления топографической карты масштаба 1 : 200 000 / Е.П. Чуприна, Н.И. Мазаева // Геодезия и картография. – 2002. – № 1. – С. 11–14.
10. Грузинов, В.С. Обновление цифровых топографических карт по материалам космической съемки / В.С. Грузинов // Геодезия и картография. – 2002. – № 1. – С. 15–18.
11. Наб, Радж Субеди. Обновление географической информации на основе данных ДЗЗ высокого разрешения / Радж Субеди Наб / Научно-исследовательский отдел National Geographic Information Infrastructure Project. Min Bhawan Kathmandu, Nepal. ЗАО «Совзонд» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.sovzond.ru/articles/article_upd.html. – Дата доступа : 16.07.2006.
12. Агафонов, И.Д. 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.
13. Бугаевский, Л.М. Математическая картография / Л.М. Бугаевский. – М. : Недра, 1998. – 400 с.
14. Савиных, В.П. Преобразование космических снимков в заданную картографическую проекцию / В.П. Савиных, Л.М. Бугаевский, В.А. Малинников // Геодезия и картография. – 2004. – № 4. – С. 30–32.
15. Потапов, А. Проблема совмещения изображений / А. Потапов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.aicomcommunity.org/reports/Inex/ImageSuperposition/ImageSuperposition.php?fid=64>. – Дата доступа : 10.03.2005.
16. Носач, В.В. Решение задач аппроксимации с помощью персональных компьютеров / В.В. Носач. – М. : Недра, МИКАП, 1994. – 382 с.
17. Координатное совмещение космических снимков и цифровых карт [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.agiks.ru/data/articles/ddzz/report1_g5.htm. – Дата доступа : 16.09.2007.
18. Аляутдинов, А.Р. Геометрическая трансформация картографических проекций / А.Р. Аляутдинов, С.М. Кошель // Геодезия и картография. – 2000. – № 6. – С. 36–39.
19. Демиденко, А.Г. Методика повышения точности трансформирования растров / А.Г. Демиденко, С.И. Карась, О.В. Григорьев / Информационный бюллетень ГИС Ассоциации. – 2003. – № 1(33) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.gisinfo.ru/item/item110.htm>. – Дата доступа : 16.09.2007.
20. Прошивайло, Я.Г. Подготовка растровой картографической основы для составления карт в настольной издательской системе / Я.Г. Прошивайло // Геодезия и картография. – 2001. – № 9. – С. 43–47.
21. Тюфлин, Ю.С. Построение видеомоделей местности по цифровой фотометрической информации космических снимков / Ю.С. Тюфлин // Геодезия и картография. – 1995. – № 4. – С. 32–38.
22. ScanEx Image Processor [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.scanex.ru/rus/tematica/Program/imgprocessor.htm>. – Дата доступа : 11.10.2007.

Поступила 09.10.08

*Объединенный институт проблем
информатики НАН Беларуси,
Минск, Сурганова, 6
e-mail: itekan@newman.bas-net.by*

S.V. Ablameyko, S.P. Borichev

**ON-LINE UPDATING THE CONTOUR OBJECTS
OF DIGITAL MAPS BY AEROSPACE PHOTOGRAPHS**

The problem of on-line updating the contour objects of digital maps using aerospace photographs is considered. It is suitably stressed that the existing methods of object updating have some disadvantages, which in turn reduce the efficiency and the accuracy of updating process. A method and algorithm for updating that allow overcoming these disadvantages are suggested.