

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»

**ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:  
ДОСТИЖЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ИННОВАЦИИ  
(ИКТ-2018)**

Электронный сборник статей

I Международной научно-практической конференции,  
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 14–15 июня 2018 г.)

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2018

**Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации (ИКТ-2018)** [Электронный ресурс] : электронный сборник статей I международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 14–15 июня 2018 г. / Полоцкий государственный университет. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Представлены результаты новейших научных исследований, в области информационно-коммуникационных и интернет-технологий, а именно: методы и технологии математического и имитационного моделирования систем; автоматизация и управление производственными процессами; программная инженерия; тестирование и верификация программ; обработка сигналов, изображений и видео; защита информации и технологии информационной безопасности; электронный маркетинг; проблемы и инновационные технологии подготовки специалистов в данной области.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3201815009 от 28.03.2018.*

Компьютерный дизайн М. Э. Дистанова.

Технические редакторы: Т. А. Дарьянова, О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Д. М. Севастьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь  
тел. 8 (0214) 53-21-23, e-mail: irina.psu@gmail.com

**АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК РЕПЕРНЫХ ТОЧЕК  
НА РАЗНОВРЕМЕННЫХ СПУТНИКОВЫХ СНИМКАХ**

*канд. техн. наук, доц. Н.И. МУРАШКО*

*(Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, Минск);*

**А.А. ИВАНОВ**

*(Республиканский центр управления и реагирования на чрезвычайные ситуации*

*МЧС Республики Беларусь, Минск);*

*д-р техн. наук, проф. Г.В. КУЗЬМИН*

*(Научно-исследовательский институт точных приборов, Москва, Россия)*

**Введение.** Практическое использование авиационных и космических снимков в интересах аэрокосмического мониторинга местности ставит перед разработчиками программно-информационных комплексов задачу совмещения с точностью до пикселя двух изображений, полученных в разное время. Для решения указанной задачи необходимо установить аналитическую связь между соответствующими реперными точками на эталонном и текущем (полученным в заданный период времени) изображениями и выполнить специальные геометрические преобразования [1]. В настоящее время в большинстве случаев процедура поиска и идентификации реперных точек на текущем изображении осуществляется вручную, что приводит к большим временным затратам для изображений размерами 10000 x 10000 пикселей и более и росту ошибок, связанных человеческим фактором. Для сокращения времени совмещения разновременных снимков предложено использовать многопроцессорную вычислительную систему.

**1. Автоматический поиск реперных точек на текущем изображении.** Проблема автоматического поиска реперных точек заключается в том, что заранее неизвестна ориентация текущего изображения относительно эталонного. В тоже время известны расстояния на местности между реперными точками, что позволяет снизить неопределенность информации о геометрических искажениях текущего изображения. При этом информация о яркостных искажениях текущего изображения отсутствует.

Алгоритм расстановки включает следующие этапы:

1) подготовка состава реперных точек  $PT_i(x, y)$ ,  $i = \overline{1, m}$ , топографически привязанных (координаты  $x, y$ ) на территории съемки.

2) на эталонном изображении  $F_s(x, y)$  автоматически производится поиск участков, каждый из которых является уникальным в части информативных признаков. Уникальный участок на изображении представляет собой фрагмент  $a_i(x, y)$ , размеры которого составляют  $m_f \times n_f$  пикселей. Здесь  $i = \overline{1, k}$  - количество фрагментов.

3) из множества уникальных участков на эталонном изображении выбираются те, которые содержат реперные точки  $PT_i(x, y)$ ,  $i = \overline{1, m}$ . Участки содержащие реперные точки (УРТ), обозначим как  $a_{si}(x, y)$ .

4) на участке УРТ выделяется реперная точка  $PT_{si}(\tilde{x}, \tilde{y})$  и вычисляются ее координаты в системе координат фрагмента снимка.

Поиск реперных точек на текущем изображении  $F_t(x, y)$ , полученном в момент времени  $t$ , производится в следующей последовательности:

- на основе грубой топопривязки изображения формируется целеуказание по области возможного размещения каждого участка УРТ
- текущее изображение в области целеуказания  $F_t(x, y)$  сканируется окном  $m_f \times n_f$  пикселей;
- фрагмент изображения  $a_{tk}(\tilde{x}, \tilde{y})$  в пределах окна поиска (сканирования) сравнивается с эталонами базы участков УРТ  $a_{si}(\tilde{x}, \tilde{y})$ ,  $i = \overline{1, m}$ . При этом учитывается масштаб, поворот и яркостные искажения текущего изображения;
- при обнаружении участка УРТ  $a_{ii}(\tilde{x}, \tilde{y})$  производится выделение в нем реперной точки  $PT_{ii}(\tilde{x}, \tilde{y})$ ;
- вычисляются координаты реперной точки  $PT_{ii}(\tilde{x}, \tilde{y})$  в системе координат текущего изображения  $F_t(x, y)$ .

В качестве степени идентичности изображений участков УРТ  $a_{si}(\tilde{x}, \tilde{y})$  и  $a_{tk}(\tilde{x}, \tilde{y})$  принимается коэффициент корреляции векторов информативных признаков этих изображений. Известно, что коэффициент корреляции яркостных признаков двух разновременных изображений зависит от искажений, вызванными влиянием атмосферы, смазами и условиями освещения текущего изображения. Методы обработки искаженных атмосферой изображений известны, например, [2]. Как правило, заранее неизвестны условия освещенности наблюдаемой сцены. Уменьшить влияние изменения освещенности на достоверность идентификации можно за счет сжатия динамического диапазона гистограммы эталонного изображения. Сжатие продолжается до тех пор, пока сохраняются в заданных пределах основные информативные признаки эталонного изображения.

В качестве информативных признаков изображения можно использовать, например, последовательность нормированных яркостных моментов его строк:

$$f_i = (L_i - n / 2) / n,$$

где  $L_i$  – яркостной момент  $i$ -й строки, содержащей  $n$  пикселей [3].

Значение  $\varphi_i$  находится в пределах от -1 до +1. Две строки изображения будут идентичными, если разность нормированных яркостных моментов этих строк будет равна нулю.

**2. Поиск опорных участков на текущем снимке.** Поиск опорных участков на текущем изображении выполняется в автоматическом режиме. Сначала производится сжатие диапазона изменения яркости (гистограммы) пикселей без потери основных информативных признаков изображения [4]. Далее, осуществляется поиск первого опорного участка в процессе сканирования изображения окном  $m_f \times n_f$  пикселей. В результате формируются фрагменты изображения  $a_{tk}(\tilde{x}, \tilde{y})$ , для каждого из которых вычисляется вектор признаков  $VP(k, i, t)$ , где  $k \in \overline{1, K}$ ,  $i \in \overline{1, m_f}$ . Затем вычисляется коэффициент корреляции  $\mu_{k,1}$  векторов признаков  $k$ -го фрагмента текущего  $VP(k, i, t)$  и первого опорного участка  $VP(1, i, s)$  эталонного изображений. Если  $\mu_{k,1} \geq \delta_{дон}$ , где  $\delta_{дон}$  - заданный порог, то вычисляется вектор признаков:

$$VP_{1,t} = \{(\hat{x}_1, \hat{y}_1), VP(1, i, s)\}, \quad (1)$$

где  $(\hat{x}_1, \hat{y}_1)$  – координаты верхнего левого угла первого опорного участка текущего изображения. В противном случае окно сканирования перемещается на один шаг вперед и процесс поиска первого опорного участка продолжается.

При выполнении условия (1) производится поиск области нахождения второго опорного участка на текущем изображении. Для этой цели используется информация о расстоянии  $\{d_{1,2}(x), d_{1,2}(y)\}$  между первым и вторым опорными участками на эталонном изображении. Из-за различия масштабов и поворота текущего изображения относительного эталонного реальное расстояние  $\{\hat{d}_{1,2}(x), \hat{d}_{1,2}(y)\}$  между первым и вторым опорными участками на текущем изображении будет отличаться на  $\{\Delta d_{1,2}(x), \Delta d_{1,2}(y)\}$ . После определения области нахождения второго опорного участка производится его поиск на текущем изображении. В результате будет сформирован вектор признаков второго опорного участка:

$$VP_{2,t} = \{(x_2, y_2), VP(2, i, s)\}. \quad (2)$$

Процесс поиска будет продолжаться до тех пор, пока не будут найдены все реперные точки на изображении текущего снимка.

Поиск опорных точек на текущем снимке выполняется на многопроцессорной вычислительной системе. При этом для поиска реперной точки используется один процессор. На практике для поиска реперных точек на текущем космическом снимке, полученном белорусским космическим аппаратом, необходимо использовать до 30 процессоров.

**Заключение.** Для оперативного обнаружения изменений на текущем космическом снимке необходимо высокоточное совмещение текущего и эталонного изображений [5]. Повысить точность совмещения цифровых снимков местности можно за счет автоматического поиска на них реперных точек. Реперная точка должна принадлежать опорному участку – уникальному фрагменту изображения. Для автоматического поиска реперных точек на текущем снимке целесообразно использовать многопроцессорную вычислительную систему.

#### Литература

1. Крылов, В.И. Космическая геодезия / В.И. Крылов. – М. : МИИГАиК, 2002. – 168 с.
2. Новейшие методы обработки изображений / А.А. Потапов [и др.]. – М. : Физматлит, 2008. – 496 с.
3. Мурашко, Н.И. Особенности обработки полутоновых изображений в компьютерных системах наблюдения / Н.И. Мурашко // Информатика. – Вып. 2. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2004. – С. 57–67.
4. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.
5. Шовенгерд, Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений / Р.А. Шовенгард. – М. : Техносфера, 2013. – 592 с.