

УДК 621.3

А.С. Нечаусов, О.О. Замирец

Национальный аэрокосмический университет имени Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ МОЗАИКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Предложена методика создания мозаики серии снимков на основе геометрического трансформирования изображений. Методика адаптирована для данных, полученных с беспилотного летательного аппарата. Представлена структурная схема процесса координатной привязки и геометрического трансформирования снимков. В качестве метода геометрического преобразования изображений использован метод билинейной интерполяции, метод привязки по опорным точкам – полиномиальное преобразование первого порядка. Для дальнейшего применения полученных данных в области геоинформационных систем предложен сценарий картографической привязки мозаики изображений на местности.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, геометрическое преобразование, картографическая привязка, мозаика снимков, геоинформационные системы.

Актуальность проблемы

Вопросам управления и принятия решений в реальном времени сегодня уделяется достаточно много сил и времени. В условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС), таких как пожары или наводнения, в исследовании последствий чрезвычайных ситуаций и при оценке нанесенного ущерба, в условиях ситуаций экологической нестабильности, а также в других сферах мониторинга визуальных изменений земной поверхности, необходимо создавать и внедрять наиболее быстрые, дешевые и сложные сценарии взаимодействия и совместного использования методов и способов построения и применения комплексных систем принятия решений под конкретные задачи.

Для применения таких методов и систем наиболее важным аспектом всегда является наличие актуальных и достаточно информативных источников данных. Задачи исследования поверхности Земли чаще всего основаны на применении космоснимков, однако наиболее актуальные и подробные снимки со спутника, запрошенные под определенную местность и задачу, практически всегда имеют большую стоимость и определенное время ожидания отклика на запрос. Альтернативный источник получения актуальных данных поможет избежать излишних затрат на актуализацию карт, создание систем оперативного принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций, а также на наблюдение динамики изменения поверхности Земли. Это также позволит получать наиболее детальные и своевременные картографические данные, необходимые для выполнения поставленной задачи.

В качестве такого альтернативного источника оперативных данных предлагается использовать комплексные системы беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

Изложение основного материала

Для внедрения снимков, полученных посредством аэрофотосъемки БПЛА, в какую-либо систему принятия решений на предварительном этапе необходимо «связать» их между собой, создав так называемую «мозаику» изображений и привязать их к географической основе.

Методика создания мозаики изображений на основе геометрического трансформирования была адаптирована для данных, полученных с беспилотного летательного аппарата (БПЛА). В качестве исходных данных были использованы снимки территории Национального аэрокосмического университета «Харьковского авиационного института» имени Н.Е. Жуковского, город Харьков (рис. 1).

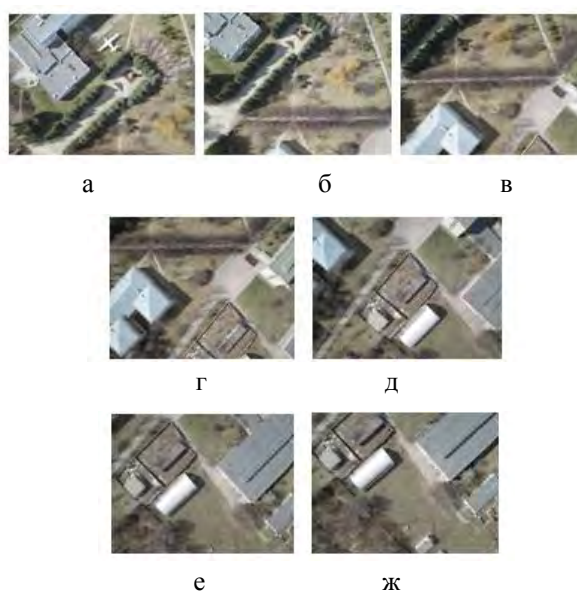


Рис. 1. Исходные данные, полученные с БПЛА. Территория НАУ «ХАИ»

Структурная схема основных этапов методики создания мозаики изображений с использованием при-

вязки по опорным точкам и геометрического трансформирования снимков представлена на рис. 2 [3].

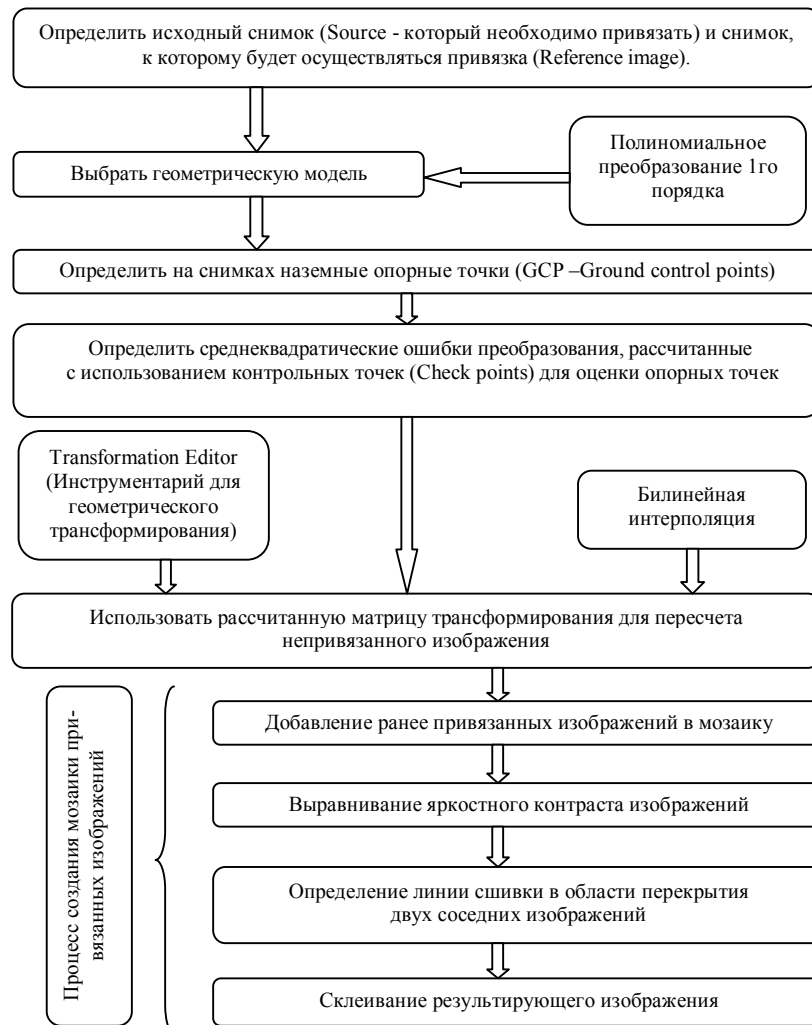


Рис. 2. Структурная схема процесса привязки по опорным точкам и геометрического трансформирования снимков

На предварительном этапе трансформирования первого порядка необходимо создать список опорных точек и оценить их качество методом определения среднеквадратических ошибок, для дальнейшего использования этих опорных точек при привязке одного снимка к другому.

Геометрическое трансформирование изображений целесообразно применять:

- для составления фотокарт и фотомозаик по аэрофотоснимкам поверхности Земли;
- при коррекции геометрических искажений, вносимых изображающими системами (объективами и т.д.);
- при совмещении разных снимков одного и того же объекта, снятых в разное время.

Полиномиальное преобразование 1-го порядка применяют для исправления перекосов в данных дистанционного зондирования или данных беспилотного летательного аппарата (БПЛА), для перевода исходного изображения в прямоугольную систе-

му координат, а также в случае, когда данные уже находятся в локальной прямоугольной системе координат, но не приведены к соответствующей проекции. Так как преобразование используется для относительной небольших фрагментов, его целесообразно применять в качестве геометрической модели трансформирования для данных, полученных с беспилотного летательного аппарата.

Источниками больших среднеквадратических ошибок являются: качество опорных точек, их распределение и другие возможные систематические ошибки. На понижение СКО так же влияет увеличение порядка преобразования.

Для осуществления полиномиального преобразования первой степени необходимо определить 6 коэффициентов - по три на каждую координату (X и Y): $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$. Уравнения полиномиального преобразования первой степени (эквивалентны также аффинному преобразованию) имеют следующий формальный вид [1]:

$$\begin{aligned} x_0 &= a_0 + a_1 * x + a_2 * y; \\ y_0 &= b_0 + b_1 * x + b_2 * y, \end{aligned} \quad (1)$$

где x, y – исходные координаты, x_0, y_0 – конечные координаты.

Процесс привязки по характерным точкам снимков, полученных с БПЛА, представлен на рис. 3. Для привязки двух снимков использовалось 3 опорных точки и 5 – 8 контрольных.

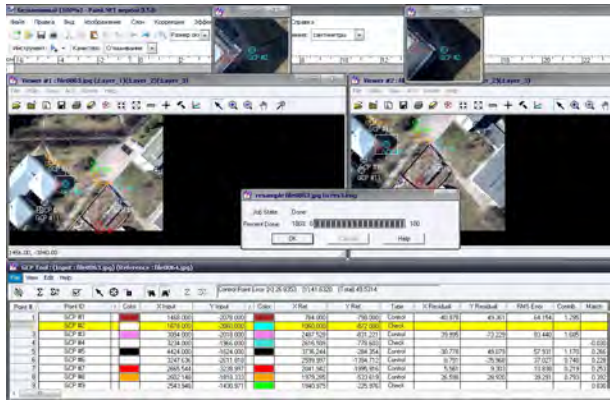


Рис. 3. Процесс координатной привязки двух снимков БПЛА. Погрешности координатной привязки: [-0.03; 0.83]

Таким образом, для получения полной мозаики данных БПЛА необходимо привязать и трансформировать 7 полученных снимков.

В результате проведенного наукометрического анализа было выявлено, что в качестве метода геометрического преобразования изображений целесообразно использовать метод билинейной интерполяции. Билинейная интерполяция рассматривает квадрат 2×2 известных пикселей, окружающих неизвестный. В качестве интерполированного значения используется взвешенное усреднение этих четырех пикселей. В результате изображения выглядят значительно более гладко, чем результат работы метода ближайшего соседа (наиболее базовый метод, учитывает только один пиксель – ближайший к точке интерполяции).

Так как количество исходных снимков БПЛА – семь, процесс связывания их между собой для дальнейшего использования трансформированных снимков при создании мозаики намного сложнее, чем для двух или трех снимков. Для наилучшего результата выходного файла целесообразно проделать 28 итераций координатной привязки и геометрического преобразования. Схема координатной привязки данных БПЛА (рис. 1, а – ж) представлена на рис. 4.

На первом этапе выполняется 6 итераций координатной привязки снимков БПЛА (рис. 1) а – ж между собой. В результате получаем 6 результирующих трансформированных изображений (А – Е). Затем итерация 7 – 11 привязка результирующих

изображений А – Е между собой. Результат второго этапа – 5 трансформированных снимков (А' – Д'). Третий этап – координатная привязка полученных изображений А' – Д' (на выходе 4 снимка А'' – В''). Таким образом, следуя предложенной схеме (рис. 4) проведено 28 итераций, получено 21 результирующих изображений, которые содержат привязку снимков а – ж (рис. 1).

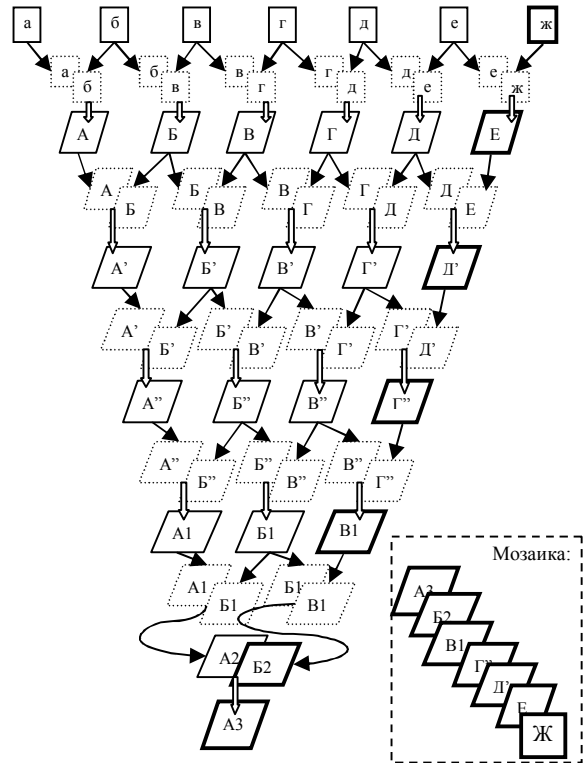


Рис. 4. Предварительный процесс координатной привязки снимков БПЛА для создания мозаики

В результате для склеивания изображений использовались следующие трансформированные снимки: А3, Б2, В1, Г'', Д', Е (рис. 4) и исходный снимок ж (рис. 1). Процесс создания мозаики представлен на рис. 5, а (7 файлов), результирующие изображения на рис. 5, б (1 файл).

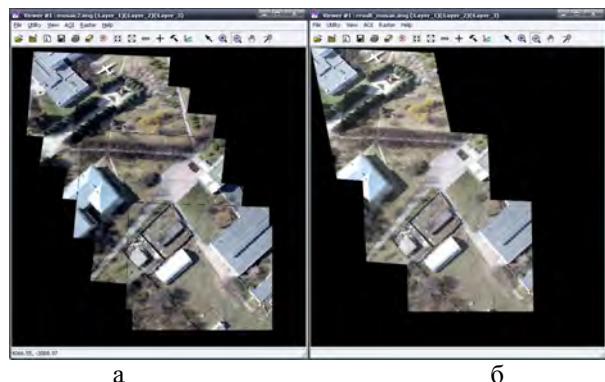


Рис. 5. Результат создания мозаики изображений на основе геометрического трансформирования снимков беспилотного летательного аппарата

Создание мозаики из снимков, полученных посредством БПЛА, дает возможность видеть полную, актуальную на данный момент времени, а также, наиболее детализированную картину искомого участка местности, не прибегая к запросам снимков со спутников сверхвысокого разрешения. Данная практика может быть полезна при исследовании ситуаций как чрезвычайного характера, так и ситуаций, требующих систематического равнопромежуточного мониторинга, например, исследование интенсивности заполнения полигонов твердых бытовых отходов города, исследование характера изменения ландшафта, или береговой линии при наводнениях. Однако, в подавляющем большинстве случаев из всего спектра решаемых задач геоинформационных систем (ГИС), а также задач мониторинга ЧС, необходима точная координатная привязка к местности. Это обусловлено как потребностью в точных измерениях расстояний между объектами различного типа, так и возможностью векторизации новых полученных данных для создания аналитических карт и карт прогнозов, создающихся для принятия решений. При отсутствии соответствующего оборудования для пространственного позиционирования на БПЛА, или при отсутствии возможности декодировки получаемых с помощью бортовых GPS-модулей координат к необходимому виду для работы с картографическими приложениями, предлагается альтернативный вариант с использованием уже привязанного, но уже неактуального растрового космоснимка, для использования его в качестве подложки для уже созданной ранее мозаики. Получить такое изображение можно с помощью бесплатной программы MapBuilder [4].

Программа MapBuilder предназначена для получения снимков с сайта Яндекс Карты или Google Maps и объединения их в один файл. Для этого указывается некоторая часть земной поверхности и желаемый уровень детализации. Программа скачивает с сайта фрагменты изображения и объединяет их в один большой файл. Есть возможность загрузку карт, спутниковых снимков и ландшафтов, а также автоматического создания файла привязки полученного изображения. Для получения необходимого снимка нужно выполнить следующие шаги:

ШАГ 1. Задание искомой территории одним из предложенных способов. В данном случае выбран способ «Центр/радиус».

Используя картографический ресурс «Яндекс Карты», было найдено место съемки БПЛА, извлечены координаты центра съемки «Ш: 50.043705; Д: 36.289332», которые в дальнейшем будут введены в текстовое поле программы MapBuilder. Также, при использовании способа «Центр/радиус», необходимо задать размах требуемой области по горизонтали и вертикали (в километрах) (рис. 6).

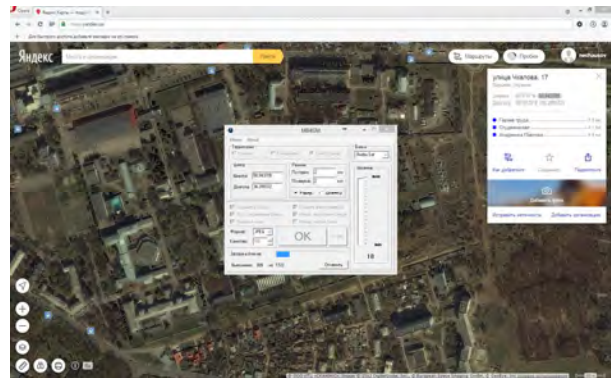


Рис. 6. Окно программы MapBuilder: процесс ввода координат центра съемки искомого участка, а также настройка размера требуемой области по горизонтали и вертикали

ШАГ 2. Выбор одного из шести типов блоков: GM.Sat, GM.Map, GM.Lnd (эти блоки будут скачиваться с сайта Google Maps), Google Earth (будут использоваться блоки из кэша программы Google Earth), Яндекс.Sat, Яндекс.Map (блоки с сайта Яндекс Карты). При составлении изображения указывается уровень детализации (нижнее положение ползунка – это самый общий план Земли; верхнее положение – это максимальный "зум").

При выборе уровня детализации необходимо убедиться, что на Google Maps / Яндекс Карты есть изображение с таким зумом.

ШАГ 3. Выбор формата для создаваемого файла (BMP / JPEG). Для формата JPEG задается качество и степень сжатия.

Программа, произведя расчёты, указывает размеры картинки. Итоговое изображение составляется из блоков размером 256×256 пикселей. На выходе получено количество таких блоков, захватывающих выбранную территорию, а также приблизительный суммарный объем этих блоков (рис. 7).

На следующем этапе составляется один файл, в котором указываются его размеры в пикселях и объеме в мегабайтах.

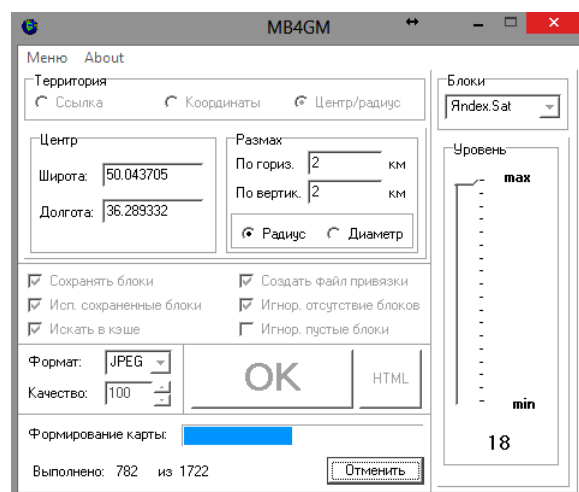


Рис. 7. Процесс формирования карты

Если же объем выходного изображения превышает допустимые условия, целесообразно отменить текущие настройки и указать уровень детализации на единицу меньше. При этом объем карты уменьшается примерно вчетверо.

Следующий этап – получение блоков с сайта Google Maps (Яндекс Карты). Предварительно просматривается так называемая архивная директория, куда MapBuilder складывает блоки, скачанные с сайта. Если в ней обнаружены не все требуемые блоки, то производится также поиск в кэше браузера Internet Explorer.

По окончании загрузки блоков и формирования карты было создано выходное изображение с файлом привязки расширения *.mar. Выходной файл требуемой территории (рис. 8) имеет следующие характеристики:

- объем файла: 47,2 МБ (49 525 591 байт);
- размер: 10752 x 10496 px;
- разрешение: 96 т./дюйм;
- глубина цвета: 24;
- расширение: *.jpg.



Рис. 8. Результат формирования карты. Выходное изображение с расширением *.jpg

Содержимое полученного текстового файла привязки для результирующего космического снимка представлено на рис. 9.

```

Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
OziExplorer Map Data File Version 2.2
ХАИ_вид_сверху
ХАИ_вид_сверху.jpg
1 ,Map Code,
WGS 84,WGS 84,  0.0000,  0.0000,WGS 84
Reserved 1
Reserved 2
Magnetic Variation,,,E
Map Projection,Mercator,PolyCal,No,AutoCalOnly,No,BSBUseWPX,No
Point01,xy, 0, 0,in, deg,  50, 3.715627,N, 36, 15.622603,E, grid,  ,
Point02,xy, 10751, 10495,in, deg,  50, 1.540256,N, 36, 19.082974,E, grid,  ,
Point03,xy, 10751, 0,in, deg,  50, 3.715627,N, 36, 19.082974,E, grid,  ,
Point04,xy, 0, 10495,in, deg,  50, 1.540256,N, 36, 15.622603,E, grid,  ,
Point05,xy, 5376, 5248,in, deg,  50, 2.628044,N, 36, 17.352950,E, grid,  ,
Point06,xy, 5376, 0,in, deg,  50, 3.715627,N, 36, 17.352950,E, grid,  ,
Point07,xy, 0, 5248,in, deg,  50, 2.628044,N, 36, 15.622603,E, grid,  ,
Point08,xy, 10751, 5248,in, deg,  50, 2.628044,N, 36, 19.082974,E, grid,  ,
Point09,xy, 5376, 10495,in, deg,  50, 1.540256,N, 36, 17.352950,E, grid,  ,
Map Feature = MF ; Map Comment = MC      These follow if they exist
Track File = TF      --These follow if they exist
Moving Map Parameters = MM?      These follow if they exist
MM0,Yes
MMPNUM,4
MMPXY,1,0,0
MMPXY,2,10752,0
MMPXY,3,10752,10496
MMPXY,4,0,10496
MMPLL,1, 36.260377, 50.061927
MMPLL,2, 36.318055, 50.061927
MMPLL,3, 36.318055, 50.025667
MMPLL,4, 36.260377, 50.025667
MM1B,0.383500
MOP,Map Open Position,0,0
IWH,Map Image Width/Height,10752,10496

```

Рис. 9. Структура полученного файла привязки с расширением *.mar для результирующего снимка

Получив картографическую подложку, можно приступить к географической привязке данных, полученных с беспилотного летательного аппарата. Процесс географической привязки мозаики из дан-

ных БПЛА к космическому снимку представлен на рис. 10. Результат картографической привязки данных, полученных с беспилотного летательного аппарата показан на рис. 11.

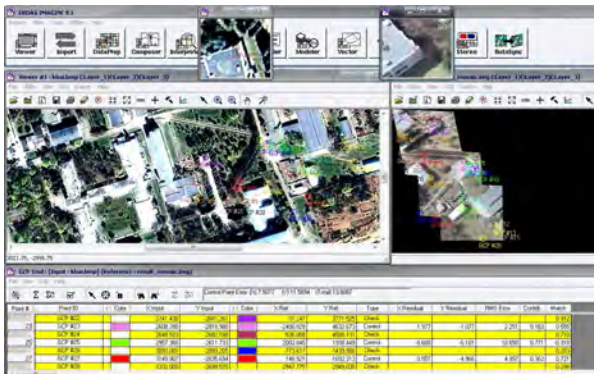


Рис. 10. Картографічна прив'язка даних БПЛА

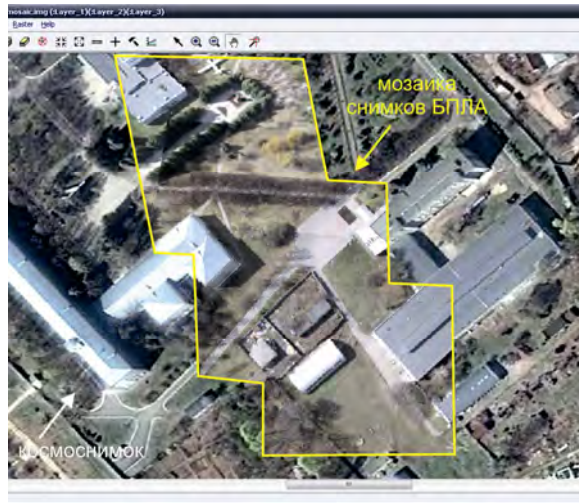


Рис. 11. Результат прив'язки даних БПЛА к картографічній підложці

Выводы

Предложена методика создания мозаики изображений, полученных с беспилотного летательного аппарата, на основе географической привязки и геометрического трансформирования снимков. Представлена структурная схема процесса геометрии-

ческого трансформирования изображений с применением методов полиномиального преобразования и билинейной интерполяции. Разработана схема координатной привязки данных для серии снимков БПЛА, которую целесообразно применять для склеивания мозаики более трех снимков.

Представлен процесс картографического наложения мозаики снимков БПЛА на космический снимок заданной местности. Имея на выходе мозаику серии снимков с необходимой картографической привязкой на местности, можно решать задачи мониторинга чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, определять зоны затопления и загрязнений, их площадь, масштабы природных катастроф и многие другие задачи в области геоинформационных систем [2].

Список литературы

1. ГИС – Лаб: Географические информационные системы и дистанционное зондирование / Полиномиальное преобразование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/polynom.html/>. – 10.03.2015.
2. Замирець О.О. Методика формування бази дешифровочних признаков в системі прийняття рішень по даним космічного моніторингу [Текст] / О.О. Замирець // 13 Межд. НПК «Современные информационные технологии управления экологической безопасностью, природопользованием, средствами в чрезвычайных ситуациях», Киев. – 03.10.2014 – 86 – 92 с.
3. Практическое руководство Erdas Imagine. Инструмент управления изображением и полиномиальная геокоррекция [Текст] / Leica Geosystems, 2005. – Ч. 1-2. – 735 с.
4. Программа для получения космоснимков MapBuilder / Map Builder by Google maps [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mapbuilder.net/>.

Поступила в редколлегию 16.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.С. Бутенко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ МОЗАЇКИ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ДАНИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

А.С. Нечаусов, О.О. Замирець

Запропоновано методику створення мозаїки серії знімків на основі геометричного трансформування зображень. Методика адаптована для даних, отриманих з безпілотного літального апарату. Представлена структурна схема процесу координатної прив'язки і геометричного трансформування знімків. В якості методу геометричного перетворення зображень використаний метод білінійної інтерполяції, метод прив'язки по опорним точкам – поліноміальне перетворення першого порядку. Для подальшого застосування отриманих даних у галузі геоінформаційних систем запропонований сценарій картографічної прив'язки мозаїки зображень на місцевості.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, геометричне перетворення, картографічна прив'язка, мозаїка знімків, геоінформаційні системи.

METHOD OF MOSAIC IMAGES BUILDING BASED ON UNMANNED AERIAL VEHICLE DATA

A.S. Nechausov, O.O. Zamirets

The method of building mosaic series of images based on geometrical transformation of images has been offered. The method has been adapted for unmanned aerial vehicle data. The structured scheme of process gridding and geometrical transformation of images has been proposed. As a method of geometric image conversion method is used bilinear interpolation, method of binding of the reference point - first order polynomial transformation. For further use of the obtained data in the field of geographic information systems, the scenario of mapping binding mosaic images on the terrain has been proposed.

Keywords: unmanned aerial vehicle, geometric transformation, mapping binding, mosaic images, geographic information systems.