

## **ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ЦИФРОВЫХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ОРТОФОТОПЛАНОВ ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТОК**

**Введение.** Цифровые ортофотопланы - это растровые аэро или космические снимки, для которых средствами специального программного обеспечения выполнено корректирование ортогональности. Главными достоинствами ортофотоплана является их высокая информативность и возможность быстрого создания.

Технология получения ортоизображения требует специального математического обеспечения для обработки изображений и наличия цифровой модели рельефа (ЦМР) на данную территорию. Процедура корректирования ортогональности устраняет погрешности, связанные с положением летательного аппарата и рельефом местности. Точность создания цифровых ортофотопланов зависит от точности и адекватности ЦМР и качества растрового изображения.

Цифровые ортофотопланы достаточно широко применяются в землеустройстве и кадастре [1,2]. НВЦ "Геоматика" использовал программные продукты канадской фирмы PCI Inc для обработки данных аэрофотосъемки и создания ортофотопланов для целей земельного кадастра [3]. Полученные характеристики точности вполне удовлетворяют требованиям существующих нормативных документов для данного вида работ, то есть остаточные погрешности после проведения орторектификации не превышают 0,45 м, что практически отвечает требованиям точности планов масштаба 1:2000.

В России одним из самых крупных проектов, выполненных ООО «Геоинформация», было создание цифровой карты города Нерюнгри. В целях разработки и внедрения единой кадастровой системы г. Нерюнгри был создан цифровой векторный план и ортофотоплан на всю территорию города общей площадью 72 км<sup>2</sup>. Ортофотоплан создан по аэроснимкам масштаба 1:4000 с помощью цифровой фотограмметрической станции DPW 770t (фирма Leica) в программном обеспечении SocetSet, с применением фотограмметрического сканера DSW 200 (фирма Leica). Созданный цифровой план и ортофотоплан используются земельным комитетом города Нерюнгри для создания кадастровой системы города. Совместное использование цифровой векторной модели и ортофотоплана уже показало свою эффективность в работе земельного комитета при решении задач, связанных с пространственным положением земельных угодий, определении их истинных границ, площади и т.д. [4,5].

Вопросам оценки точности создания ортофотопланов уделяется мало внимания, только в работах [3,6] рассматриваются некоторые проблемы оценки точности создаваемых ортофотопланов по сравнению с геодезическими измерениями или различными по плотности моделями рельефа и в работе [7] рассмотрены некоторые теоретические аспекты.

Все объекты местности, для которых создавались ортофотопланы, представляют собой равнинную или холмистую местность с небольшим перепадом высот и плавным рельефом. Практически все работы выполнялись на зарубежном программном обеспечении, в то время как в Украине существует своя цифровая фотограмметрическая станция (ЦФС) «Дельта» [8], в состав которой входит программное обеспечение для создания цифровых ортофотопланов.

Исходя из этого, авторы поставили перед собой задачу создать методику и оценить качество цифровых ортофотопланов, созданных с помощью ЦФС «Дельта», в условиях сложного техногенного рельефа – карьера «Восточный» ОАО «Докучаевский флюсоудоломитный комбинат».

**Методика исследований.** Для реализации поставленной задачи был выполнен комплекс работ, включающий в себя:

- подготовку исходных растровых образов и дополнительной информации;
- обработку фототриангуляции с помощью программы BlockMSG [9];
- создание объектов ситуации и рельефа в карьере по стереомодели;
- составление ортофотоплана карьера;
- создание объектов по ортофотоплану;
- оценку точности построения ортофотоплана.

Для исследований использовались 5 аэрофотоснимков карьера «Восточный» ОАО «Докучаевский флюсодоломитный комбинат», размером 18x18 см. Средний масштаб снимков – 1:8000, высота фотографирования - 800 м. Перепад высот составляет 200м. Цифровые изображения карьера «Восточный» были получены сканированием аэрофотоснимков на фотограмметрическом сканере «Дельтаскан» [8] с размером пикселя 16 мкм.

Для сгущения съемочного обоснования использовалась программа аналитической фототриангуляции [9], с помощью которой получены элементы внутреннего и внешнего ориентирования снимков. Для получения ортофотоплана использовалась цифровая модель рельефа, которая была получена с помощью цифровой фотограмметрической станции «Дельта». При создании цифровой модели карьера в стерео режиме было измерено 248 верхних бровок уступов, 201 нижняя бровка, 241 пикет и 8 контуров вспомогательных построек, полученная цифровая модель карьера приведена на рис. 1.

Под ортотрансформированием снимков центральной проекции понимается преобразование их в ортогональную проекцию. В результате этой операции был получен цифровой ортофотоплан, в котором исправлены ошибки каждого пикселя за рельеф (рис. 2). В связи с тем, что территория карьера «Восточный» занимает обширную площадь, то ортотрансформирование выполнялось по частям. Для трансформирования были выбраны центральные участки снимков.

Для выполнения оценки точности сравнивались две группы объектов. Эти группы формировались путем сбора информации для идентичных объектов по построенной стереомодели местности и по ортофотоплану.

Первая группа объектов – объекты, созданные по стереомодели, в дальнейшем «стереообъекты». Вторая группа – аналогичные объекты, созданные по ортофотоплану – «ортообъекты». Так как ортофотоплан создавался с помощью цифровой модели рельефа, то в качестве объектов целесообразно использовать элементы рельефа, такие как верхняя и нижняя бровка, и строения. Объекты цифровой модели карьера, измеренные по стереомодели, являются объектами первой группы.

Для получения второй группы объектов монокулярно был произведен сбор данных по ортофотоплану.

Объекты, хорошо видимые при стереоэффекте, но не имеющие однозначных контуров на ортоизображении не измерялись на ортофотоплане, а использовались только такие объекты, которые однозначно распознавались и на стереомодели и на ортофотоплане, поэтому количество объектов на ортоизображении меньше, чем соответствующее количество на стереомодели. Особенно это характерно для нижних бровок уступов. Их количество снизилось приблизительно в семь раз. По ортоизображению было измерено 237 верхних бровок уступов, 28 нижних бровок и 8 контуров вспомогательных построек

При наложении слоя с ортообъектами на слой со стереообъектами, можно наблюдать отличие контуров объектов, которые характеризуют точность трансформирования.

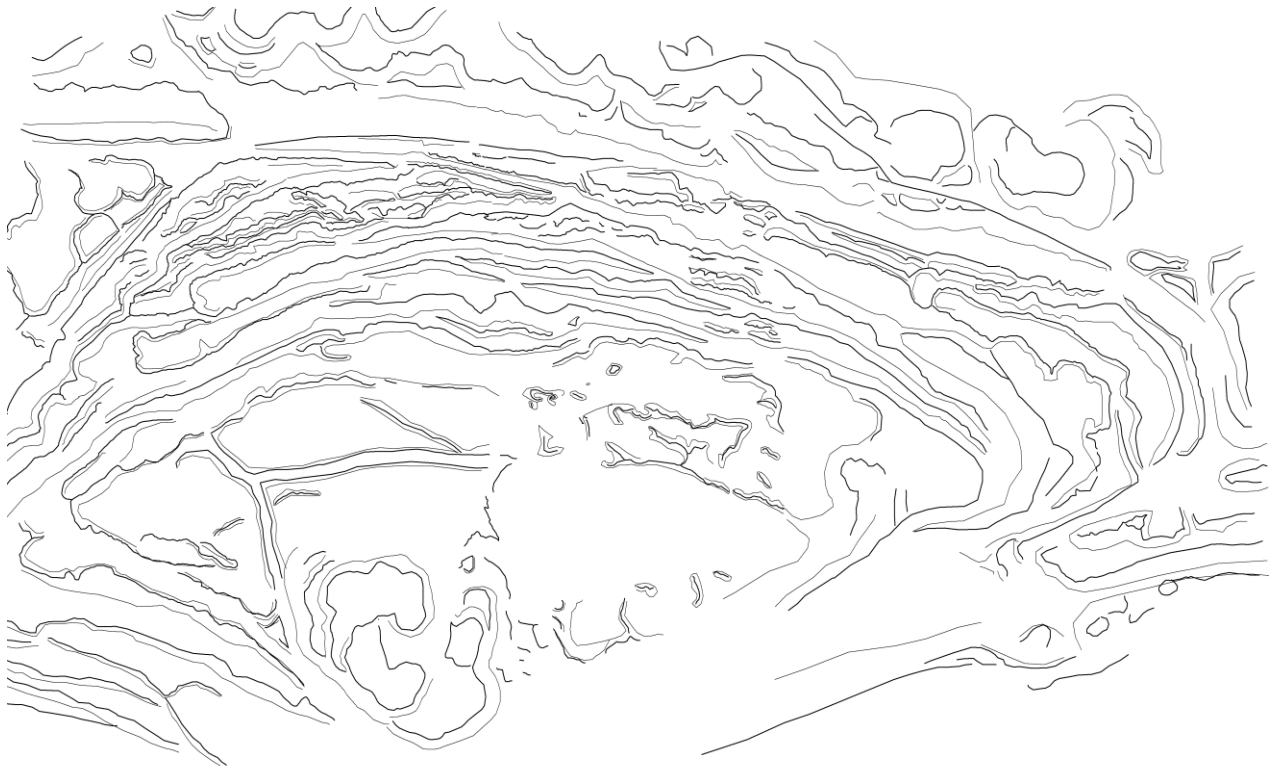


Рис. 1 Цифровая модель карьера

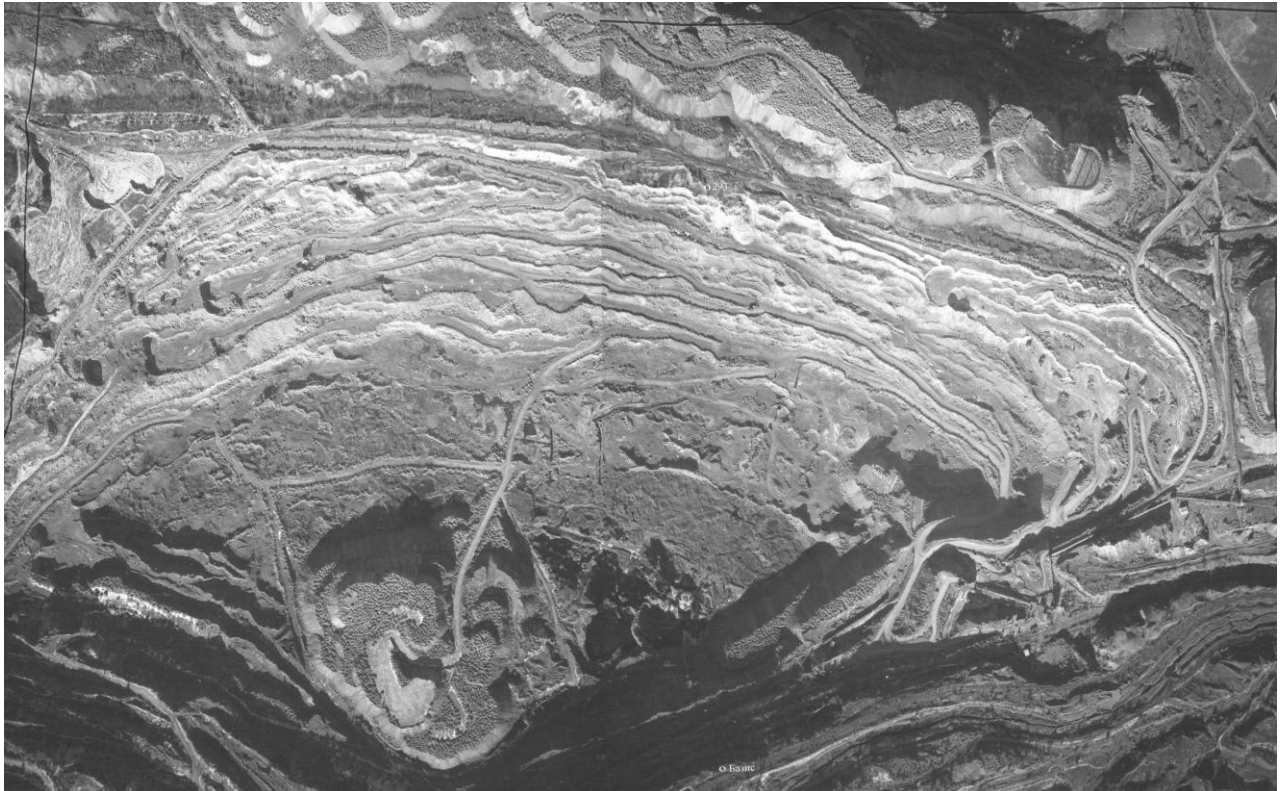


Рис. 2. Ортофотоплан карьера «Восточный»

Сравнение линейных объектов выполнялось по следующим правилам:

1. Измерение линейных отклонений проводилось между контурами стерео и ортообъектов.
2. Линия отклонения проводилась по возможности перпендикулярно к сравниваемым контурам (рис. 3) с заданным шагом. Для точного наведения на контур использовалась привязка к линии.
3. Достоверность измерений обеспечивалась выбором только хорошо различимых объектов с четкими контурами.

Всего было измерено 2360 отклонений для объектов карьера «Восточный». Анализ значений отклонений показан на гистограмме (рис. 4), для данного набора данных среднее значение отклонения составило 0,24 м.

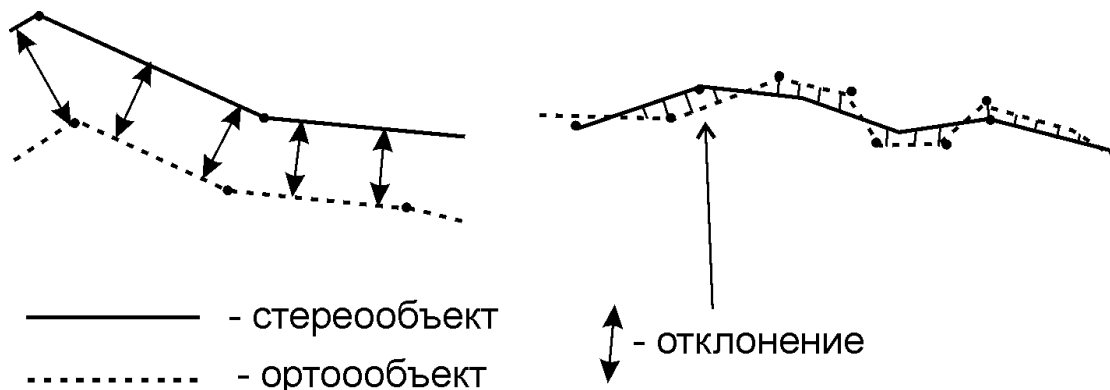


Рис. 3 Схема измерения отклонений

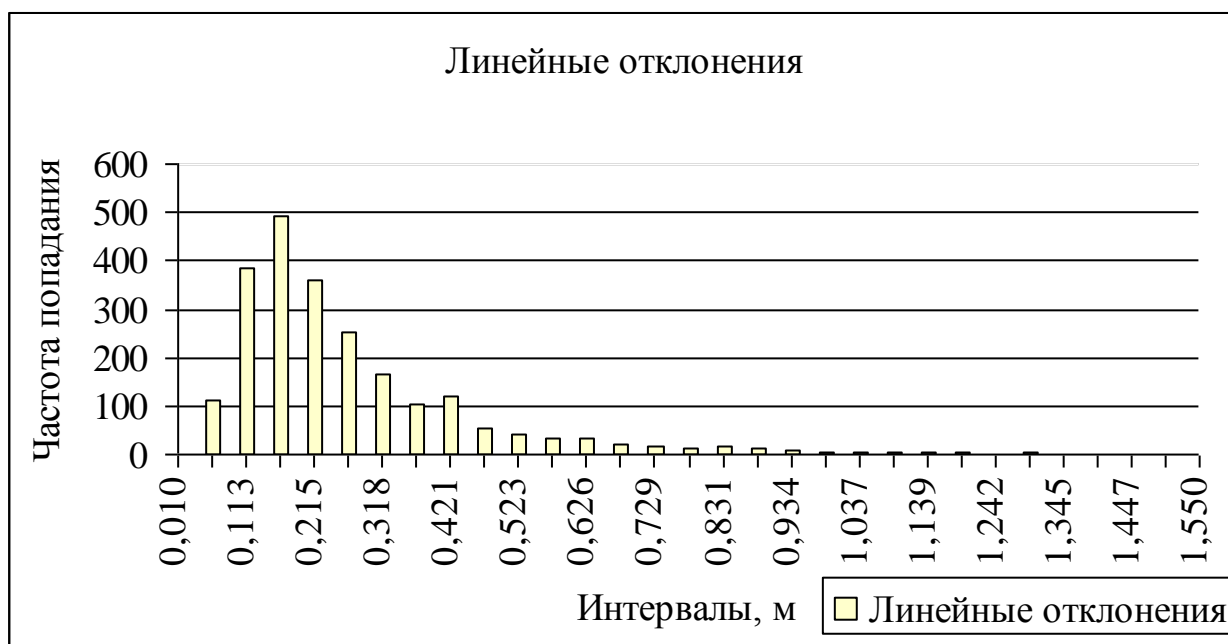


Рис. 4 Гистограмма отклонений для карьера «Восточный»

### Выводы

Согласно Инструкции [10] сводный план горных выработок должен составляться в М 1:5000, и аэросъемка для получения плана должна осуществляться в масштабе не мельче, чем 1:10000.

При тахеометрической съемке погрешность нанесения пикета на план не должна превышать 0,5 мм в масштабе плана. В нашем случае, среднее отклонение ортофотоплана от стереомодели составило  $m_{or}=0.24$  м при условии, что средние отклонения на опорных точках для данной сети фототриангуляции составили  $m_{xy}=0.42$  м. Можно предположить, что общая ошибка ортофотоплана будет складываться из этих ошибок и составит:

$$m_o = \sqrt{m_{or}^2 + m_{xy}^2} = \sqrt{(0.24)^2 + (0.42)^2} = 0.48 \text{ м}$$

Проведенная оценка точности построения ортофотоплана открытых горных работ в карьере «Восточный» показала, что точность построенного ортофотоплана соответствует инструкции [10] для планов масштаба 1:1000. Следует отметить, что точность аналитической фототриангуляции могла бы быть значительно выше, если бы выше была точность маркшейдерской опорной сети.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что программное обеспечение ЦФС «Дельта» позволяет создавать цифровые ортофотопланы заданной точности, которые удовлетворяют требованиям как инструкции по производству маркшейдерских работ [10], так и инструкции по топографическим съемкам [11].

Цифровые маркшейдерские ортофотопланы открытых разработок несомненно найдут широкое применение для обоснования управляющих решений при управлении горным производством, т.к. они сочетают точность с высокой информативностью, особенно при использовании цветных изображений.

## Литература

1. Дорожинський О. Передмова до матеріалів 1-ої Міжнародної науково-практичної конференції. // Зб. Геодезія, картографія і аерофотознімання. –1997.–Вип. 58.– С.3-6.

2. О. Дорожинський Фотограмметрія кінця ХХ століття – здобутки і тенденції / Національний університет "Львівська політехніка" Державна служба геодезії, картографії та кадастру України. -

<http://www.geomatica.kiev.ua/published/ua/fmaterials/lviv2/article18.shtml>

3. Виготовлення цифрових ортофотопланів з використанням програмного забезпечення OrthoEngine. С. Давидчук, О Дишлик / ДНВЦ "Геоматика"

<http://www.geomatica.kiev.ua/training/DataCapture/RemoteSensing/chapter109.html>

4. Использование оборудования и программного обеспечения фирмы Leica Geosystems в практике работы ООО «Геоинформация», Тимофеева О.А. / ООО «Геоинформация», г. Кемерово. – <http://www.cbt.ru/conf2003/d09.php>

5. Digital Ortho-Photography and other Techniques in the Creation of a Cadastral Register, Pierluigi Potenza // Italeco S.p.A. - I.R.I. Iritecna, Rome, Italy,- <http://www.fao.org/sd/LTdirect/LTforum/LTfo0010.htm>.

6. Определение точностных характеристик снимков QuickBird, В.Н. Адров, Ю.И. Карионов, П.С. Титаров, В.Г. Харитонов, М.О. Громов. - Юрмала, 2005. - <http://www.geoomsk.ru/public/QuickBird/>

7. Оценка точности цифровых ортофотопланов. В.А. Мышляев // "Геодезия и картография", 2005. – №5, –С. 25-28.

8. В. Гайда, С. Горбенко, П. Данильченко, В. Муравльов, С. Олійник Сучасне вітчизняне фотограмметричне обладнання та перспективи його розвитку// Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. –Львів.: Видавництво національного

університету „Львівська політехніка” Випуск II (12), –2006. –С.71-82

9. Могильний С.Г. Зрівнювання мереж аналітичної фото триангуляції // Вісн. геодез. та картогр. – 2000. - №4. – С. 19-23.

10. Инструкция по производству маркшейдерских работ –М.:Недра, –1987. – 240 с.

11. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – Київ. 1999. –156 с.

© Шоломицкий А.А., Лунев А.А., 2007