УДК 528.7

Ю.Н.КОРНИЛОВ, *канд. техн. наук, доцент, yurnikkorn@mail.ru*
П.А.АРТЕМЬЕВ, *студент, pavel_artemyev@rambler.ru*
О.В.ЗВЕРЕВА, *студентка, olyazvereva@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

Yu.N.KORNILOV, *PhD in eng. sc., associate professor, yurnikkorn@mail.ru*
P.A.ARTEMYEV, *student, pavel_artemyev@rambler.ru*
O.V.ZVEREVA, *student, olyazvereva@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ОБЪЕКТОВ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦФС «PHOTOMOD»

Рассмотрена технология обработки цифровых снимков, полученных с одной точки пространства, на ЦФС «Photomod» с целью исследования деформационных процессов фотограмметрическим методом.

***Ключевые слова*:** деформации, фототеодолитная съемка, фотограмметрический метод, виртуальный базис, ЦФС «Photomod».

THE USE OF PHOTOGRAMMETIC METHOD FOR OBJECT DEFORMATION DETECTION WITH «PHOTOMOD» DIGITAL PHOTOGRAMMETIC STATION

The article deals with a method of digital images processing with «Photomod» DPS. The images under analysis were taken from one space point in order to use a photogrammetric method for studying deformation processes.

***Key words*:** deformations, phototheodolitic survey, photogrammetric method, virtual basis, DPS «Photomod».

Любой объект, как искусственного (здание, мост, дамба, отвал и пр.), так и природного (ледник, горный склон, оползень и пр.) происхождения, под воздействием внутренних и внешних сил испытывает деформации. Характер их протекания изучают, так как он влияет на принятие тех или иных технических или управленческих решений.

Известно достаточно много методов и средств изучения деформаций объектов, в том числе и по их фотографическим изображениям. В наземной фотограмметрии изучение деформации может производиться по смещениям и по разностям координат. Первый вариант предполагает измерение смещений на разновременных снимках, полученных с одной точки пространства. При этом возможен как фотограмметрический, так и конвергентный вариант его реализации*.

Известны преимущества измерения деформаций по смещениям: возможность рассматривания качественной картины процес-

* *Головин Г.А.* Фотограмметрия. Применение фотограмметрической съемки при решении маркшейдерских задач: Учеб. пособие / Г.А.Головин, Ю.Н.Корнилов / Санкт-Петербургский горный институт. СПб, 1997. 41 с.

Golovin G.A., Kornilov Yu.N. Photogrammetry. The use of photogrammetric survey in solving mine-surveying work: Tutorial / Saint Petersburg State Mining Institute. Saint Petersburg, 1997. 41 p.

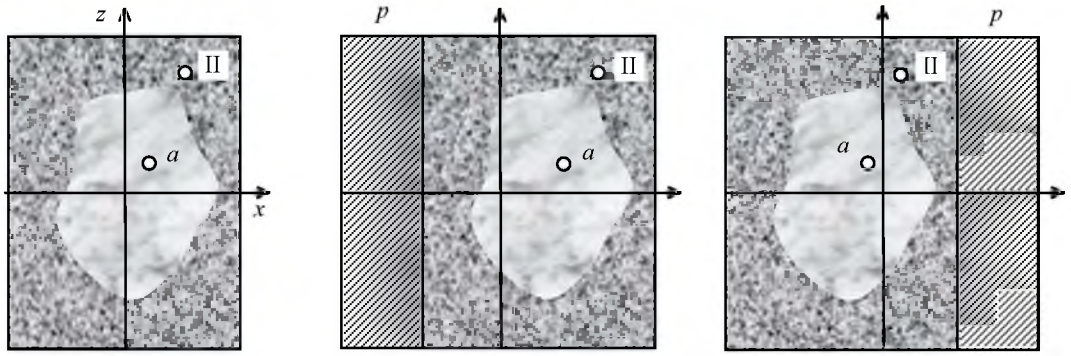


Рис.1. Виртуальный базис

са (рельефа деформации) и более высокая точность определения смещения точек в пространстве по сравнению с определением смещений по разностям координат.

В связи с развитием цифровых технологий разработано несколько десятков цифровых фотограмметрических станций (ЦФС) для решения задач фототопографии и дистанционного зондирования. Для целей инженерной фотограмметрии есть специализированные программы. Часть из них обеспечивает определения смещения точек пространства по разности координат. Но нет программы, или хотя бы модуля для измерений по методу смещений. Поэтому для этих целей необходимо либо создавать новый программный продукт, либо попытаться приспособить один из имеющихся, изменив в нужном направлении технологию обработки снимков.

Именно второй вариант и рассматривается в статье на примере ЦФС «Photomod» фирмы «Ракурс» (www.racurs.ru). Этот широко известный программный продукт также ориентирован на решение задач фототопографии и дистанционного зондирования и не предусматривает обработку снимков, полученных с нулевого базиса (с одной точки пространства).

Предположим, имеется снимок некоторого объекта (рис.1). Добавим к нему в одном из графических редакторов полоску растра шириной p, как это показано на рисунке, с одной стороны, а к его копии – с другой. Получим два одинаковых растра с некоторым продольным перекрытием. В качестве координатных осей примем средние строчки и столбцы растров, а координаты главных точек – равными нулю.

В результате координаты всех точек на левом растре будут больше координат точек на правом на величину p. Такую пару в среде ЦФС «Photomod» можно обработать (построить модель). Стереоэффект должен быть нулевым, а модель должна соответствовать, например, нормальному случаю наземной съемки, т.е. для точек пары должны быть справедливы соотношения:

$$Y = \frac{B}{p} f; \quad X = \frac{B}{p} x; \quad Z = \frac{B}{p} z,$$

где B – базис фотографирования, который для свободной модели можно принять любым; f – фокусное расстояние камеры.

При этом отстояния Y всех измеренных точек должны оказаться равными между собой, что и подтвердилось при обработке такой виртуальной пары.

Предположим теперь, что второй снимок не копия первого, а действительно новый снимок, полученный спустя некоторое время с той же точки, что и первый при тех же элементах внешнего ориентирования. При этом часть объекта за указанный промежуток времени деформировалась (на рис.1 показана светлым фоном). Предположим также, что вектор смещения точки, например a, параллелен оси x снимка (если это не так, снимки можно развернуть), а его модуль (величина смещения) равен Δp. Если теперь использовать рассмотренную процедуру, то в зоне смещений будет наблюдаться не нулевой стереоэффект, а стереоэф-

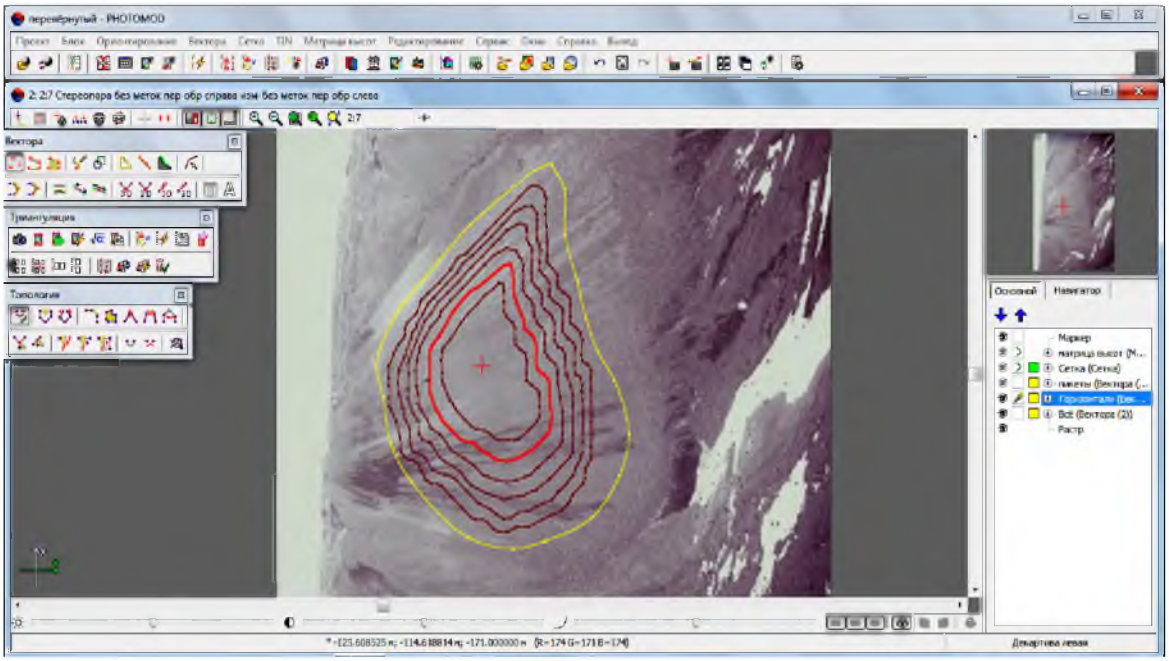


Рис.2. Область деформации с построенными горизонталями

фект, отражающий процесс деформации, и после построения модели зону можно оконтурить, а для точек, которые сместились, отстояние Y изменится на величину:

$$\Delta Y = \frac{B}{p + \Delta p} f$$

или

$$\Delta Y = Y \frac{\Delta p}{p + \Delta p}.$$

Получается, что если $p \gg \Delta p$, то величина ΔY практически пропорциональна смещениям точек на снимке. Значит, если построить линии равного уровня (горизонтали деформационного рельефа), то они будут более или менее объективно отражать относительную картину деформационного процесса. Понятно, что ΔY – это не величина смещения точки в пространстве, но если для какой-то из них другим способом получить истинное значение, то в силу отмеченной выше пропорциональности будет понятна картина и на других точках.

Заметим, что создать виртуальную стереопару можно не добавлением полосок растра, а смещением главной точки одного из снимков на величину p, что, конечно, проще. При выполнении операции взаимного ориентирования следует использовать точки, находящиеся вне зоны деформации (например, точка II на рис.1), а такие точки легко читаются при стереоскопическом рассматривании деформационного рельефа. Кроме того, если фотографирование объекта выполнено калиброванной камерой, то при введении параметров калибровки следует учитывать, где оказывается точка нулевой деформации на снимках виртуальной стереопары.

На рис.2 в качестве примера продемонстрированы результаты обработки по предложенной методике снимков внешнего отвала рудника «Центральный» ОАО «Апатит». При формировании виртуальной пары они были развернуты на 90°, так как максимальные смещения направлены к основанию отвала. Область деформации на рисунке ограничена линией желтого цвета, продемонстрированы и горизонтали деформационного рельефа.

Рассмотренная методика обработки снимков в среде ЦФС «Photomod» вполне эффективна при изучении деформации объекта, особенно в случае, когда вектор смещения параллелен плоскости снимка.

При ее реализации в других похожих программных продуктах, возможно, не возникнет сложностей. Как реализовать в среде ЦФС конвергентный вариант изучения деформаций методом смещений, пока неясно.