УДК 622.023(026;235), 550.83

А.П.САННИКОВА, *аспирант, anna_sannikova@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

A.P.SANNIKOVA, *post-graduate student, anna_sannikova@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

ИЗУЧЕНИЕ СВЯЗИ БЛОЧНОСТИ МАССИВА И КУСКОВАТОСТИ ГОРНОЙ МАССЫ ПО ФОТОСНИМКАМ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Описывается возможность повышения эффективности маркшейдерско-геологического обеспечения открытой разработки месторождений на основе дистанционных средств, улучшения изображений для восприятия человеком и компьютером (упрощение последующего распознавания), удобства обработки фотоматериала, повышения точности и достоверности получаемых данных о распределении трещин в породах.

Ключевые слова: алгоритм Canny, блочность, кусковатость, фотоматериалы.

CONNECTION BETWEEN LUMPINESS AND BLOCK SIZE OF MINED ROCK FROM PHOTOGRAPHS USING COMPUTER PROCESSING RESEARCH

In article possibility of increase of efficiency of surveying and geologic maintenance of open-cast mining of deposits on the basis of remote means, improvements of images for perception the person and the computer (simplification of the subsequent recognition), conveniences of processing of a photographic material, increase of accuracy and reliability of received data about distribution of fractures in soils is described.

Key words: Canny algorithm, block size, lumpiness, photographs.

Традиционное изучение строения горного массива в карьере ведется на основе визуальных наблюдений и отдельных замеров угловых и линейных параметров непосредственно по откосу уступа. Эта низкоточная и опасная работа осуществляется в пределах роста человека. Значительная площадь обнажения откоса недоступна, что снижает информативность изучения. Процесс сбора и обработки информации является трудоемким, ведет к потере времени при проведении взрывных работ, а, следовательно, к убыткам. Логично заключить, что в новых, современных методах изучения трещинноватости массива горных пород должны быть исключены недостатки классического метода, а именно, высокая трудоемкость выполняемых полевых работ и обработки полученных результатов.

Предварительно производят фотографирование с перекрытием снимков участка обнажения трещин в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Для масштабирования получаемых изображений в пределах каждого снимка устанавливается рейка.

Исходное изображение для обработки – откос вскрышного уступа карьера «Степной» производственного объединения «Экибастузуголь». Снимок был подготовлен для метрической обработки на компьютере при помощи различных приемов компьютерного зрения. Компьютерное зрение – методы обработки фото- и видеоизображений для принятия решений о реальных свойст-

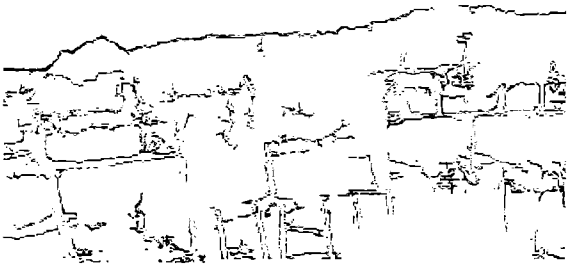


Рис.1. Результат работы алгоритма выделения контуров (блочность массива, фрагмент)

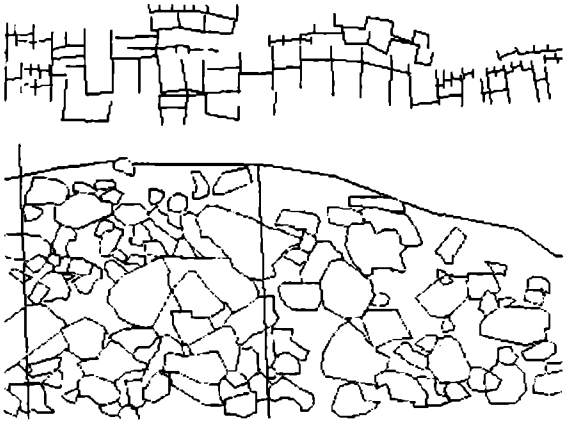


Рис.2. Векторизованное изображение (фрагмент, фон скрыт)

вах физических объектов и сцен. Обработка изображений – семейство методов и задач, где входной и выходной информацией являются изображения. Примеры: устранение шума в изображениях, улучшение качества изображения, усиление полезной и подавление нежелательной (в контексте конкретной задачи) информации. Процесс обработки изображений включает получение изображения при помощи камеры, радара, томографа и т.п., предобработку (улучшение контраста, подавление шума и т.п.), извлечение признаков, обнаружение объектов или областей интереса (используя извлеченные признаки), анализ характеристик объектов с целью векторизации и замера некоторых параметров.

Как правило, актуальная граница (край) предмета на фотографии отображается сильным перепадом яркости между двумя сравнительно однотонными областями. Выделение краев производится с целью преобразования изображения в набор кривых для выделения существенных характеристик, сокращения объема информации для анализа, проекции этих кривых на модели лазерного сканирования, уточнения структурных линий объектов. Край (edge) – резкое изменение яркости на изображении, часто соответствует границам объектов на изображении.

Причины возникновения: резкое изменение нормали поверхности, резкое изменение глубины цвета, резкое изменение цвета поверхности или освещенности. Различным объектам на изображениях соответствуют области с более или менее одинаковыми значениями яркости. На границах яркость существенно меняется. Мерой изменения некоторой величины является ее производная. На изображении величина яркости изменяется в пространстве. Пространственная производная – это градиент, который кроме величины имеет еще и направление, т.е. представляет собой вектор.

Для нахождения границ объектов (блоки, куски взорванной массы, бровки уступов) предлагается использовать алгоритм Canny, представляющий собой следующий процесс: убираются шум и лишние детали из изображения, рассчитывается градиент изображения, края делают тонкими и связывают в контуры (рис.1). Результаты, полученные при помощи алгоритма Canny, были загружены в AutoCad, для замеров кусковатости площадным способом на участке известной площади оконтуриваются все куски взорванной массы и блоки. Векторизованное изображение представлено на рис.2. По данной векторной модели проводятся измерения.

Средствами MS Excel были проведены расчеты гранулометрического состава блочности горного массива и кусковатости взорванной массы.

Разбиение на классы крупности производилось по формуле Стеджеса, исходя из максимальной и минимальной площадей оконтуренных блоков,

$$\frac{x_{max} - x_{min}}{1 + 3{,}2 \lg N},$$

где N – количество значений в интервале.

Значения площадей оконтуренных блоков и кусков взорванной массы разносят по

классам крупности, затем суммируют площади по каждому классу и подсчитывают выход в процентах от общей площади участка замеров, размер среднего куска и среднего блока определяют как средневзвешенное из суммы произведений среднего значения класса крупности на соответствующий выход, поделенный на 100 %. Результаты вычисления гранулометрии блочности массива и кусковатости взорванной массы площадным способом приведены ниже:

Классы крупности, м	0-0,6	0,6-1,2	1,2-1,8	1,8-2,4
Природная блочность, %	38	30	17	15
Кусковатость взорванной массы, %	55	16	12	2
Классы крупности, м	2,4-3,0	3,0-3,6	3,6-4,2	Более 4,2
Природная блочность, %	0	0	0	0
Кусковатость взорванной массы, %	8	2	1	4

Размер среднего блока составил 0,92 м, размер среднего куска 1 м.

Для определения кусковатости и блочности линейным методом по суммарной длине всех кусков и блоков разных классов крупности и длине створа вычисляют выход соответствующего класса; размер среднего блока и среднего куска определяют аналогично площадному методу:

Классы крупности, м	0-0,	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8
Природная блочность, %	9	11	17	12
Кусковатость взорванной массы, %	24	7	12	11
Классы крупности, м	0,8-1,0	1,0-1,2	1,2-1,4	Более 1,4
Природная блочность, %	8	8	7	28
Кусковатость взорванной массы, %	11	16	8	11

При подсчете гранулометрического состава линейным методом размер среднего блока составил 0,88 м, среднего куска – 0,68 м.

На данном экспериментальном участке непосредственными линейными замерами по откосу уступа и навалу взорванной массы был определен гранулометрический состав блочности и кусковатости горной массы. Средние значения гранулометрического состава приведены ниже:

Классы крупности, м	0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0
Блочность, %	0	9	20	20	23
Кусковатость горной массы, %	14	10	15	22	20
Классы крупности, м	1,0-1,2	1,2-1,4	>1,4	Средний	
Блочность, %	17	10	2	82	
Кусковатость горной массы, %	8	12	0	69	

Получена хорошая сходимость результатов (средний блок 0,82 и 0,88 м, средний кусок 0,69 и 0,68 м) непосредственных натурных измерений и проведенных замеров по фотоснимку с использованием компьютерной техники.

Методика измерения параметров трещин и сбора информации по модели, составленной по материалам цифровой фотосъемки, отличается оперативностью, достоверностью полученной информации о распределении трещин в пространстве. При этом исключается большой объем полевых измерений элементов залегания трещин при одновременном увеличении информативности о пространственном расположении трещин. Изображение преобразуется в набор кривых, вследствие чего выделяются существенные его характеристики, сокращается объем информации, уточняются структурные линии объекта, повышается точность и достоверность нахождения границ элементов.

Алгоритмы фильтрации, примененные в данной работе, значительно упростили процесс обработки графической информации – улучшили визуализацию и зрительное восприятие картинки, упростили процесс векторизации растрового изображения.

Материалы фотосъемки и натурного определения блочности и кусковатости предоставлены Р.А.Такрановым.