

УДК 535.6, 622.7, 681.5

## ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМА ЦВЕТОВОГО АНАЛИЗА МИНЕРАЛОВ

Е.В. Горбунова, Д.Б. Петухова

Рассмотрена структура алгоритма цветового анализа минеральных объектов для систем регистрации оптических сепараторов и оптико-электронных комплексов оценки обогатимости руд твердых полезных ископаемых.

**Ключевые слова:** обогащение руд твердых полезных ископаемых, фотометрический метод, анализ цвета, алгоритм анализа.

В связи с широким применением систем технического зрения и контроля в различных отраслях промышленности актуальны разработки, связанные с распознаванием объектов наблюдения на изображении и формированием соответствующих адаптивных алгоритмов. Селективными признаками, характеризующими объект, могут быть его цвет, форма, наличие поверхностных и (или) внутренних дефектов, пространственное положение и ориентация относительно системы контроля и др. Одним из примеров подобных автоматизированных систем являются оптические (фотометрические) сепараторы, используемые в горнодобывающей промышленности для обогащения руд твердых полезных ископаемых и основанные на идентификации минеральных объектов по цвету. В существующих сепараторах, таких как, например, Optosort (производства компании ALIUD GmbH), MikroSort (компания Mogensen GmbH) или CommoDas GmbH – UltraSort, решение об отсечке минерального объекта в так называемый «концентрат» (т.е. признание его содержащим искомый полезный компонент) принимается по результатам оценки процентного содержания одной или нескольких характеристических цветовых составляющих на его поверхности. При этом, как правило, в качестве базовой цветовой модели используется система RGB (или производные от нее), не являющаяся, в силу своей неравномерности, объективной с точки зрения анализа цвета. Следствием подобного подхода являются сложность установки точных цветовых порогов и допусков при настройке данного типа обогатительного оборудования, а также оценки малых цветовых различий между компонентами в исследуемом материале. В рамках работ по исследованию возможностей создания оптических сепараторов отечественного производства, а также специальных оптико-электронных комплексов для оценки обогатимости минерального сырья фотометрическим методом разработан алгоритм цветового анализа, учитывающий, в том числе, указанные недостатки существующих сортировщиков.

Предлагаемый алгоритм включает в себя следующие основные этапы. На первом этапе реализуется предобработка изображения, полученного от видеоинформационной системы регистрации сепаратора, направленная на повышение качества кадра. В зависимости от индивидуальных особенностей конкретного вида руды выбирается и применяется метод цветовой интерполяции, оптимальный с точки зрения эффективности анализа. Для контрастного материала выбор следует делать в пользу таких алгоритмов, как Nearest, Adaptive, Freeman; при необходимости различения тонких цветовых оттенков, выделения зон цветности малых размеров более эффективными будут AHD, Wemmiao Lu, Ron Kimmel и др. На втором этапе происходит поиск и выделение объекта на полученном изображении, включая вычитание фоновой составляющей, а также удаление теней и полутеней от объекта в случае их наличия. Проведенные исследования показали, что для решения поставленной задачи анализа минеральных объектов, как статических, так и динамических, наиболее эффективен алгоритм cvCanny, отличающийся меньшим числом ошибок и являющийся более гибким и универсальным. Для анализа движущихся минеральных объектов также применим метод межкадровой разности. На последнем этапе осуществляется собственно цветовой анализ. При этом сначала производится выбор цветовой модели, которая по совокупности критериев [Л] является наиболее подходящей для анализа материала данного типа. Далее реализуется выделение зон и участков заданной цветности с последующим вычислением их процентного отношения к общей площади изображения. При превышении предустановленного порога определяется координата энергетического центра изображения объекта и формируется команда на отсечку.

В дальнейшем предполагается усовершенствовать предложенный алгоритм за счет выделения на изображении минералов дополнительных селективных признаков, таких как, например, прожилки (линейные объекты различной степени протяженности) или «блестки» (точечные объекты). Их можно использовать в качестве альтернативы цветовому анализу или в дополнение к нему с целью увеличения эффективности процесса распознавания.

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы».

[Л]. Вакуленко А.Д., Горбунова Е.В., Чертов А.Н. Критерии применимости цветовых пространств в оптико-электронных системах цветового анализа минералов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 3 (79). – С. 156–157.

*Горбунова Елена Васильевна* – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кандидат технических наук, ст. научный сотрудник, vredina\_ia@mail.ru

*Петухова Дарья Борисовна* – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, студент, petuxovadarja@yandex.ru