

УДК 535.64

КРИТЕРИИ ПРИМЕНИМОСТИ ЦВЕТОВЫХ ПРОСТРАНСТВ
В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ ЦВЕТОВОГО АНАЛИЗА МИНЕРАЛОВ

А.Д. Вакуленко, Е.В. Горбунова, А.Н. Чертов

Рассмотрены критерии оценки применимости цветовых пространств для описания цвета минеральных объектов с точки зрения эффективности их анализа, идентификации, разделения оптико-электронными методами в автоматическом режиме. **Ключевые слова:** описание цвета, цветовая модель, оптико-электронный метод, минеральный объект, фотометрическая сепарация.

В настоящее время в горнодобывающей промышленности одним из наиболее динамично развивающихся и активно применяемых методов обогащения является фотометрическая (оптическая) сепарация, реализующая идентификацию и селекцию минеральных объектов на основании результатов анализа их цветовых характеристик в реальном времени. В оптических сортировщиках немецких фирм ALIUD GmbH (сепараторы Optosort), Mogensen GmbH (сепараторы MikroSort), CommoDas GmbH—UltraSort и др., широко представленных на мировом рынке радиометрического обогатительного оборудования, описание и последующее воспроизведение цвета реализуются с помощью одной из цветовых моделей – RGB, YUV, HLS [1] и некоторых других.

Несмотря на то, что для настройки под особенности конкретного типа минерального сырья и определения границ рабочих диапазонов разделения используются методы машинного обучения, указанные автоматизированные сортировочные комплексы эффективны, главным образом, для решения простых задач: в случае ярко выраженного цветового контраста объектов контроля, при разделении по нескольким цветовым оттенкам или же по однородности одного из цветов. Однако при необходимости различения в автоматическом режиме тонких цветовых оттенков, контроле минеральных структур со сложной поверхностной структурой (например, кристаллов алмаза или кусков золотосодержащей породы) потенциально перспективный метод часто пасует, не позволяя достигать должного качества сортировки.

Не последней причиной указанного обстоятельства нередко является неверный выбор цветовой модели, однако объективных критериев и методики выбора, заранее позволяющих устанавливать степень применимости того или иного цветового пространства для описания цвета сложных минеральных структур и установки точных цветовых порогов и допусков, до настоящего времени не выработано. Для определения оптимальной системы описания цвета предложены критерии применимости цветовых пространств: простота задания рабочих диапазонов, взаимонезависимость компонент цветового пространства, а также адекватность последнего восприятию минерального объекта зрительным аппаратом человека.

Первый критерий определяется сложностью математической функции задания границ рабочих диапазонов системы контроля в используемом цветовом пространстве. Чем она проще, тем эффективнее пространство с точки зрения описания объекта контроля и тем выше быстродействие алгоритма анализа. Наиболее приемлемые варианты описания указанной функции – линейная зависимость или задание границы одним значением (например, значение координаты $R > 100$ в пространстве RGB).

Второй критерий характеризует возможность различения близких, «тонких» цветовых оттенков. Чем больше независимых компонент содержит цветовая модель, тем эффективнее она при анализе «сложных» минеральных объектов. Например, система цветовых координат RGB не имеет ни одной независимой компоненты; системы цветовых координат YUV и $L^*a^*b^*$ имеют одну независимую компоненту (Y и L^* , соответственно); в системе цветовых координат HLS все компоненты независимы [2].

Третий критерий при оптической сортировке имеет немалое значение, поскольку эффективность процесса сепарации, в первую очередь, определяется визуально специалистами-минералогами. Указанный критерий особенно важен для выбора системы цветовых координат при анализе объектов, цветовые различия которых выражаются в тонких цветовых оттенках, различающихся по нескольким параметрам одновременно: светлоте и насыщенности, цветности и насыщенности, цветности и светлоте или по всем перечисленным параметрам. Например, системы цветовых координат RGB, XYZ и CMY наименее адекватны представлениям визуального аппарата человека; системы цветовых координат YUV и $L^*a^*b^*$ частично обладают свойством адекватности; системы цветовых координат HLS, HSI и HSV считаются наиболее адекватными представлениям визуального аппарата человека.

Совокупность указанных критериев, характеризующих существующие цветовые пространства, определяет степень их применимости в каждом конкретном случае и позволяет выбрать наиболее предпочтительную для решения поставленной задачи анализа, идентификации, разделения минеральных объектов.

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральных целевых программ «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» и «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

1. Цвет в промышленности / Под ред. Р. Мак-Дональда: Пер. с англ. – М.: Логос, 2002. – 596 с.

2. Годен Ж. Колориметрия при видеообработке: Пер. с франц.– М.: Техносфера, 2008. – 328 с.

Вакуленко Анатолий Дмитриевич – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, студент, voron5266@yandex.ru

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

Чертов Александр Николаевич – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кандидат технических наук, доцент, a.n.chertov@mail.ru