

Дополнительные селективные признаки минеральных объектов для оптического метода сепарации

Д. Петухова, Д. Шитов, А. Чертов
Кафедра оптико-электронных приборов и систем
Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия
PetuxovaDarja@yandex.ru

Аннотация

Настоящая работа посвящена исследованию возможности создания автоматического классификатора минеральных объектов на основе оптического метода сепарации с реализацией анализа дополнительных селективных признаков. В ходе работы формализован каждый из рассматриваемых селективных признаков, представлены полученные результаты.

Ключевые слова: оптический метод сепарации, минеральный объект, селективный признак, цвет, блестка, прожилка.

1. ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день одним из перспективных методов обогащения руд твердых полезных ископаемых является оптический метод, основанный на регистрации цветовых различий минеральных объектов. Данный метод активно применяется во многих странах для сепарации различных продуктов и материалов, однако реализующее его обогатительное оборудование обладает рядом недостатков, сказывающихся на эффективности его работы и ограничивающих сферу применения метода в целом. Одним из таких недостатков является сложность работы со слабоконтрастным материалом, то есть материалом с незначительными цветовыми отличиями между составляющими его минеральными компонентами.

Решением данной проблемы может стать анализ дополнительных селективных признаков, которые в настоящий момент не регистрируются современными оптическими сепараторами. Такими признаками являются, например, особенности поверхности минеральных объектов типа «блестка» и «прожилка». Разработка методологии автоматического поиска и анализа дополнительных селективных признаков могла бы значительно повысить эффективность работы оптического метода обогащения, а также существенно расширить область его применения.

Таким образом, целью данной статьи является исследование возможности создания автоматического классификатора минеральных объектов, объединяющего возможности оптического метода сепарации и анализ указанных дополнительных селективных признаков.

2. МЕТОД БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ

Разработка любого классификатора основывается на специфике входных данных: группы объектов, уже разделенных на классы (в данном случае, минеральных объектов, разделенных по степени обогащения), и группы объектов, класс которых не известен. Принадлежность к тому или иному классу определяется при помощи оценки признаков объектов. Таким образом, в задаче классификации выделяются два основных момента:

непосредственно сам алгоритм классификации и признаки разделения, с которыми он работает.

Существует огромное количество различных алгоритмов классификации [1 – 2]. Они отличаются, как по принципу работы, так и по способу их обучения. В данной работе использовался алгоритм, основанный на методе ближайших соседей. Данный алгоритм базируется на оценивании сходства объектов – объект относится к тому классу, к которому принадлежат ближайшие к нему объекты из обучающей выборки. Также следует отметить, что в работе используется несколько измененный метод взвешенных ближайших соседей. Для предотвращения случаев возникновения неоднозначности, обусловленной наличием более двух классов, i -му соседу анализируемого объекта приписывается вес w_i (как правило, убывающий с ростом ранга соседа i). Тогда объект относится к классу, который набирает больший суммарный вес среди k ближайших соседей (рис. 1)

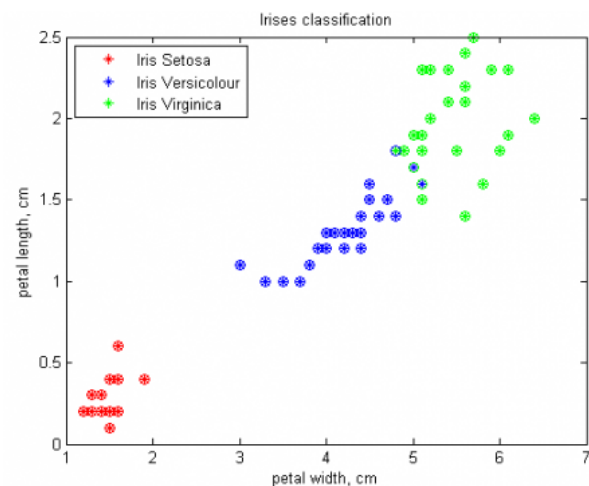


Рис. 1. Классификация по методу ближайших соседей. Классический пример реализации алгоритма – разделение «ирисов Фишера» по длине и ширине лепестка

Второй важной частью любого классификатора является формализация селективных признаков. В случае минеральных объектов поиск отличительных особенностей представляет собой трудоемкую задачу. Причина кроется в том, что в большинстве случаев между группами различной степени обогащения практически невозможно визуально определить разницу. Тем не менее, было выделено три основополагающих признака, которые, судя по опыту специалистов минералогов, являются наиболее достоверными при контроле руды. Обратимся к описанию каждого из них.

3. АНАЛИЗ СЕЛЕКТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ МИНЕРАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Формализация каждого из селективных признаков реализована в C# с подключением модуля обработки изображений EmguCV.

3.1. Цветовые параметры

Для решения задачи выделения необходимого цвета использовалась интерактивная цветовая сегментация. Анализ особенностей представления цвета при видеообработке и способов его количественной оценки показал, что используемые в существующих сепараторах цветовые модели характеризуются неравномерностью цветовых пространств, поэтому не всегда объективны для решения задач, связанных с анализом цвета [3]. На основании этого был сделан вывод о том, что цветовой анализ должен проводиться сразу в нескольких цветовых моделях с последующим выбором оптимальной из них.

Основываясь на сравнении таких модификаций известного метода Magic Wand, как пороговое выделение, выделение с использованием «чистых цветов», пороговое выделение с использованием радиуса в цветовом пространстве, для системы RGB было решено реализовать выделение цвета следующим образом. Оператор ставит метку на цветовой области, которую необходимо выделить (рис. 2). Определив координаты метки, алгоритм вычисляет среднее значение по всем трем каналам в области 5x5 вокруг данной метки. Далее каждый пиксель анализируемого изображения проверяется на выполнение следующего условия:

$$\sqrt{(r_{cp} - r)^2 + (g_{cp} - g)^2 + (b_{cp} - b)^2} > R,$$

где R – радиус окружности вокруг метки в цветовой системе RGB, а x_{cp} – цветовые координаты центра этой окружности.

В случае неудовлетворения условию пиксель обнуляется. Таким образом, на изображении остается лишь пиксели, которые попадают в окружности с радиус R в кубе цветовой системы RGB. Радиус, по умолчанию, равен 20, но оператор в случае необходимости может изменить это значение.

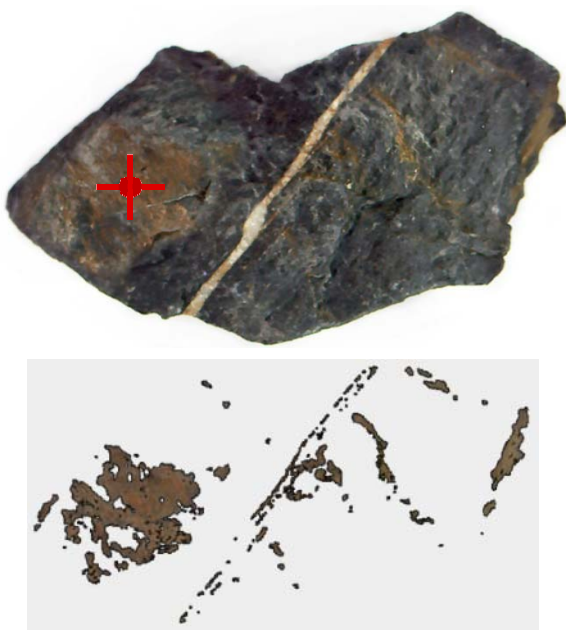


Рис. 2. Пример цветовой сегментации

В случае использования других цветовых моделей (HLS, LUV), в разной степени удовлетворяющих условию независимости цветовых составляющих, применяется обычное пороговое выделение. При этом каждому цветовому каналу назначается индивидуальное значение порога, что делает настройку более точной.

3.2. Блестки

При анализе такого селективного признака, как «блестки», важно отличать его от характерных для некоторых руд вкраплений светлых оттенков. Блестки характеризуются зашкаливающим сигналом в канале яркости. Для нахождения данного признака на образце использовалась следующая методика:

- изображение переводится в систему HSV и выделяется канал VALUE (дальнейшая обработка производится только над этим каналом);
- над одноканальным изображением производится пороговая бинаризация с целью выделения наиболее ярких участков изображения;
- на изображении производится поиск замкнутых контуров и их фильтрация по размеру (отбрасываются все контуры, размеры которых более 10*10 пикселей);
- производится подсчет оставшихся контуров и рассчитанное количество принимается за результат (рис. 3).



Рис. 3. Пример поиска и подсчета блесток

Таким образом, результатом работы предложенного алгоритма является подсчитанное количество небольших ярких участков («блесток») на объекте. Апробация алгоритма показала, что он не включил в конечный результат светлые вкрапления, на основании чего можно сделать вывод об эффективности его работы.

3.3. Прожилки

Поиск прожилков осложнен тем фактом, что их форма может значительно варьироваться от одного объекта к другому. У некоторых образцов прожилка имеет ярко выраженный цвет и простую вытянутую форму, у других – выглядит словно паутина, и толщина каждой линии слишком мала для качественного детектирования. Таким образом, было решено выделять только те прожилки, которые соответствуют первому из описанных случаев.

Для выделения прожилков выполняется следующая последовательность действий:

- изображение переводится в систему HSV и выделяется канал VALUE (дальнейшая обработка производится только над этим каналом);
- далее проводится нормализация гистограммы одноканального изображения с целью увеличения контрастности и улучшения яркости изображения;

- так как прожилки, за редким исключением, обычно представлены светлыми оттенками, обнуляются все пиксели, не попадающие в диапазон (250, 255);
- проводится обработка анализируемого одноканального изображения медианным фильтром с окном размытия 5x5;
- выполняется пятикратная обработка морфологическими операциями эрозии и расширения с окном 3x3;
- на изображении производится поиск замкнутых контуров и их фильтрация по двум параметрам (отбрасываются все контуры, площадь которых больше значения 0,01 (при этом площадь контура нормируется на площадь всего изображения) и контуры, отношение сторон которых меньше значения 3,5);
- производится подсчет оставшихся контуров и рассчитанное количество принимается за результат (рис. 4).



Рис. 4. Пример поиска прожилок

Как было отмечено выше, предложенная методика корректно анализирует только ярко выраженные прожилки. Следовательно, нуждается в доработке для учета и более сложных вариантов данного селективного признака.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, каждый из рассмотренных признаков формализован, и реализован алгоритм нахождения некоторой количественной оценки для каждого из них. В дальнейшем планируется разработать линейный метрический классификатор, специализирующийся на классификации минеральных объектов, оперирующий вышеописанными признаками разделения.

5. ССЫЛКИ

- [1] Vapnik V.N. Statistical learning theory. – N.Y.: John Wiley & Sons, Inc., 1998.
- [2] Witten I.H., Frank E. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques (Second Edition). – Morgan Kaufmann, 2005.
- [3] 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.

Об авторах

Петухова Дарья – аспирант кафедры ОЭПиС Университета ИТМО.

E-mail: PetukovaDarja@yandex.ru.

Шитов Денис – магистрант кафедры ОЭПиС Университета ИТМО.

E-mail: qdenisq@gmail.com.

Чертов Александр – старший научный сотрудник кафедры ОЭПиС Университета ИТМО.

E-mail: a.n.chertov@mail.ru.