

УДК 004.852

Использование алгоритма HOG и классификатора SVM при распознавании мезофаз кокса

Галин А. Ш., Еникеев М. Р.

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Коксование – процесс переработки жидкого сырья путем нагрева до высоких температур. В результате образуется твердый осадок – нефтяной кокс. Это концентрированный углеродный твердый остаток, который остается после процесса коксования, основной целью которого является преобразование основной массы сырой нефти в более ценных газов и жидких продуктов такие, как бензин и дизельное топливо. Основываясь на физико-химических свойствах нефтяного кокса, они классифицируются, как изотропный (мелкозернистый), рядовой (волокнистый) и игольчатый кокс. Игольчатый кокс – это высокоструктурированный углеродный продукт с низким содержанием металлов и серы. Его используют для изготовления крупногабаритных (диаметром 500 мм и выше) графитированных электродов, которые применяют при выплавки стали в электросталеплавильных печах – процесса электросталеплавления. Именно игольчатый кокс придает электродам специальные свойства, такие как высокая электропроводимость при высоком коэффициенте термического расширения на высоких температурах. Графитированные электроды, активно применяемые в атомной, металлургической, химической и космической отраслях, нельзя получить из обычного нефтяного кокса, а только на основе игольчатого [3].

В настоящее время общепризнано, что многообразие свойств углеродных материалов обусловлено надмолекулярной структурой, формирование которой происходит на стадии мезофазных превращений. При слиянии сфер мезофазы, называемой коалесценцией, происходит переориентация их внутренней структуры. Сферы, образованные слоями плоских конденсированных ароматических колец, встраиваются в слои другой сферы, что сопровождается образованием дисклинацией [4]. Размеры мезофазы определяют микроструктурные характеристики коксов, прочностные и другие свойства. Особенности мезофазных превращений зависят от химического состава исходного сырья, вязкости реакционной массы и температурного режима получения коксов.

Распознавая мезофазу, используя алгоритмы машинного обучения, на полученных в лабораторных условиях изображениях и считывая размер, можно контролировать процесс формирования игольчатого кокса (Рис. 1.).

Для распознавания объектов на изображении используются алгоритмы: гистограмма направленных градиентов (HOG, Histogram of Oriented Gradients) и метод опорных векторов (SVM, support vector machine).

Гистограмма направленных градиентов (histogram oriented gradients, HOG) - классический алгоритм обучения с учителем, который состоит из этапов обучения модели и применения полученной модели к новым данным. Алгоритм проводится путем разделения изображения на ячейки и построения гистограмм направленных градиентов пикселей ячеек. Результатом работы алгоритма является дескриптор, включающий в себя комбинацию полученных гистограмм. На этапе обучения модели сгенерированный вектор признаков используется в качестве входных данных для SVM классификатора [1].

Метод опорных векторов (SVM, support vector machine) – класс алгоритмов обучения с учителем как для классификации, так и для регрессии. Метод принадлежит семейству линейных классификаторов. В основе метода лежит перевод исходных векторов в простран-

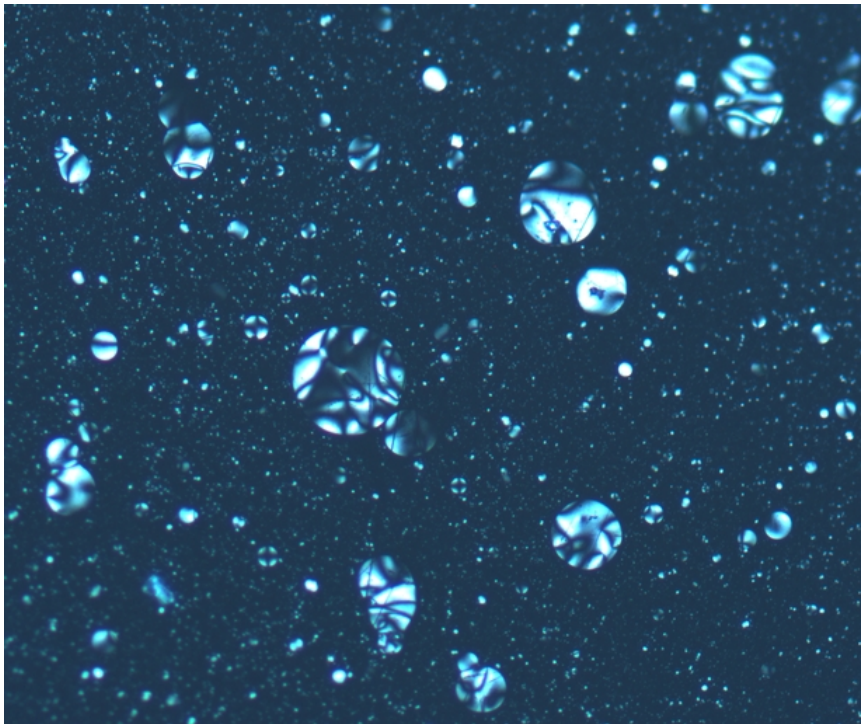


Рис. 1. Изображение мезофазы

ство более высокой размерности и поиск разделяющей гиперплоскости с максимальным зазором в этом пространстве. По обеим сторонам гиперплоскости строятся две параллельные гиперплоскости, разделяющие классы. Разделяющая гиперплоскость максимизирует расстояние до двух параллельных гиперплоскостей. Средняя ошибка классификатора меньше при большем расстоянии между параллельными гиперплоскостями [5].

Метод опорных векторов можно рассматривать как нелинейное обобщение линейного классификатора, основанное на расширении размерности исходного пространства ядра с помощью специальных ядерных функций. Это позволяет строить модели с использованием разделяющих поверхностей самой различной формы [5].

Одна из применяемых с этой целью стратегий состоит в вычислении базисных функций, центрированных по каждой из точек набора данных, с тем чтобы далее алгоритм SVM проанализировал полученные результаты. Эта разновидность преобразования базисных функций, известная под названием преобразования ядра (kernel transformation), основана на отношении подобия (или ядре) между каждой парой точек.

Основные этапы работы алгоритма на примере алгоритма распознавания мезофазы:

1. Вычисление градиента.

Вычисление градиента осуществляется для каждого пикселя изображения с помощью маски. Наиболее оптимальной маской для данного алгоритма является одномерная дифференцирующая маска.

2. Вычисление гистограмм ячеек изображения.

На этом шаге изображение делится на ячейки фиксированного размера. В каждой ячейке производится расчет преобладающего направления градиента путем анализа значения градиента каждого пикселя ячейки. Каналы гистограммы равномерно распределяются от 0° до 180° или же от 0° до 360° , в зависимости от того, вычисляется

«знаковый» или «беззнаковый градиент» [2].

3. Формирование и нормирование блоков дескрипторов.

Полученные ячейки группируются в более крупные связанные блоки для нормирования значения градиентов. Это позволяет учитывать яркость и контрастность каждой ячейки. Дескриптор HOG, таким образом, является вектором компонент нормированных гистограмм ячеек из всех областей блока. Как правило, блоки перекрываются, то есть каждая ячейка входит более чем в один конечный дескриптор (Рис. 2).

```
[ [0.00262338 0.00164591 0.00151508 ... 0.00960364 0.00241719 0.00149189 ]  
 [0.00897692 0.00601282 0.00157926 ... 0.00318732 0.00085952 0.0012165 ]  
 [0.00035426 0.00018247 0.00085887 ... 0.00052607 0.0005008 0.00351754 ]  
 ...  
 [0.03553759 0.01998743 0.00456055 ... 0.00452613 0.00230292 0.02931291 ]  
 [0.00410512 0.00289367 0.00290372 ... 0.0220955 0.02543625 0.00504496 ]  
 [0.00952528 0.          0.0017961 ... 0.00510345 0.00562953 0.03061762 ]
```

Рис. 2. Дескриптор, полученный с помощью алгоритма HOG

4. Классификация HOG-дескрипторов с использованием системы обучения с учителем.

В качестве классификатора используется метод опорных векторов. Результатом работы классификатора являются два образа объекта с положительными и отрицательными весами опорных векторов. Положительные веса, обрамленные красными рамками, означают принадлежность признаков мезофазе игольчатого кокса, отрицательные – к фону (Рис. 3).

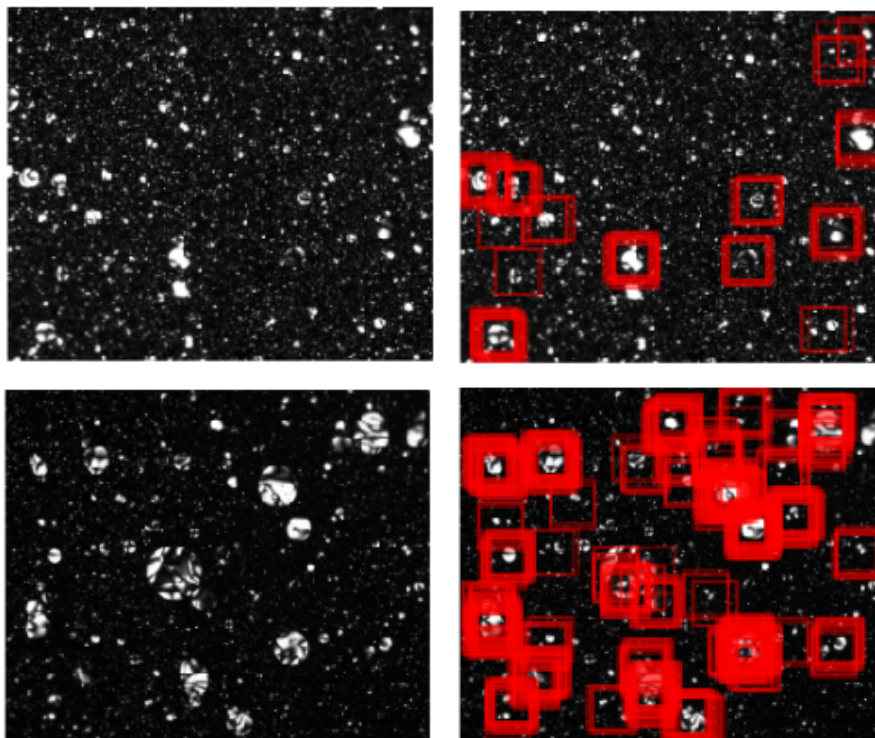


Рис. 3. Применение SVM-классификатора для распознавания мезофаз

Вывод: вопрос производства игольчатого кокса, также как и контроль роста мезофазы стоит остро. Специалистам приходится замерять мезофазы вручную, что занимает колоссальный объем времени. Следующими этапами научной работы будет написание программы для расчета размера мезофазы, а также их оценки. Благодаря этому специалисту будет достаточно загрузить изображение и получить необходимый результат.

Литература

1. Плас Дж. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. СПб.: Питер, 2018. С. 562-568.
2. Dalal N., Triggs B. Histograms of oriented gradients for human detection. Montbonnot, France, 2005. 4 с.
3. Кисельков Д. М., Москалев И.В., Стрельников В.Н. Углеродные материалы на основе каменноугольного сырья. Пермь: Изд-во ПФИЦ УрО РАН, 2013.
4. Камалов Р. М., Юсупов М. Р., Лапшин И. Г., Запорин В. П. Перспектива производства нефтяного изотропного кокса в качестве наполнителя углеродных конструкционных материалов. Уфа: УГНТУ, 2018.
5. Федотов Д. В. О решении задачи классификации методом опорных векторов. Красноярск, СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2013.

MSC2020 68T05

Using the HOG algorithm and the SVM classifier for the recognition of coke mesophases

A. Sh. Galin, M. R. Enikeev

Ufa State Petroleum Technological University