

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Институт прикладной математики и механики

Кафедра прикладной математики

Работа допущена к защите

Зав. кафедрой

_____ **М. Е. Фролов**

"_____" _____

ОТЧЕТ
о научно-исследовательской работе

Тема: *Классификация саженцев растений*

Направление: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Выполнил студент гр. 33631/4

Камалетдинова Ю.А.

Руководитель

Яковлев Д.В.

Санкт-Петербург

2019

Содержание

1 Введение	2
2 Анализ набора данных	2
2.1 Первичный взгляд на данные	2
2.2 Загрузка изображений	4
2.3 Маскирование	4
2.4 Удаление шума	6
3 Извлечение признаков	8
3.1 Цветовые признаки	9
3.2 Признаки формы	10
3.2.1 Количество ограничивающих контуров	10
3.2.2 Общая площадь	11
3.2.3 Максимальная площадь	11
3.2.4 Периметр	11
3.2.5 Мера прямоугольности	11
3.2.6 Мера округлости	11
4 Классификатор	12
5 Результаты исследований	12

1 Введение

Потребность в сельскохозяйственных продуктах увеличивается с каждым днем, как и растет население планеты Земля. Часть работ выполняют люди, и силы уходят на контроль качества выращиваемых культур. Мы сможем использовать временные и природные ресурсы более бережно и экономно, увеличим урожай, если научимся дифференцировать благородные культуры и отличать их от сорняков без помощи человека.

В такой ситуации естественным образом приходит мысль об автоматизации процессов, например, классификация саженцев по фотоснимкам. Возникает мысль задействовать нейросети, что обосновано преимуществами, но также они обладают недостатками в виде вычислительных затрат.

Возможно использовать алгоритмы другой группы, но они требуют более тонкой настройки для достижения сопоставимого результата, а иногда все же не могут быть улучшены. В данной работе поставим задачу классификации растений и решим ее методом опорных векторов.

2 Анализ набора данных

2.1 Первичный взгляд на данные

Исследуемый набор данных был собран группой Орхусского университета по обработке сигналов в сотрудничестве в Университетом Южной Дании. Этапы создания коллекции описаны в статье [1]. Набор содержит приблизительно 960 уникальных изображений растений 12 видов, находящихся на разных стадиях роста.

Изучим исходные данные. Построим образцы каждого класса в виде сетки



Рис. 1: Образцы растений каждого вида (построчно)

Проанализировав снимки, можно сделать некоторые выводы:

- Исходные изображения уже кадрированы и не требуют дополнительной обрезки
- Разрешения изображений варьируются от 50x50px до 2000x2000px, поэтому необходимо привести весь набор к единому разрешению.
- Фон на снимках различен, необходимо выбрать способ сегментации, наиболее подходящий для большинства

Заметим, что все представленные растения окрашены в зеленый цвет. Поэтому мы



Рис. 2: Примеры исходных изображений

можем создать маску, фильтрующую диапазон зеленых оттенков и удаляющую пиксели остальных цветов. Для реализации воспользуемся библиотекой компьютерного зрения OpenCV [2] и библиотекой для вычислений NumPy [3] языка программирования Python.

2.2 Загрузка изображений

Библиотека OpenCV использует цветовую модель BGR (Blue Green Red) для представления цветных изображений. Каждый пиксель характеризуется составляющими синей, зеленой и красной компонентами. Загрузив изображение, изменим его разрешение до 200x200px. [Нужно ли описывать способ интерполяции при ресайзе?](#)

2.3 Маскирование

Воспользуемся цветовой моделью HSV (Hue Saturation Value) 3. В формате BGR значение каждой компоненты зависит от количества света, попадающего на объект. HSV же позволяет разграничить информацию о цвете и яркости. Оттенок, насыщенность и интенсивность позволяют задать нижнюю и верхнюю границы оттенков некоторого цвета, в данном случае — зеленого.

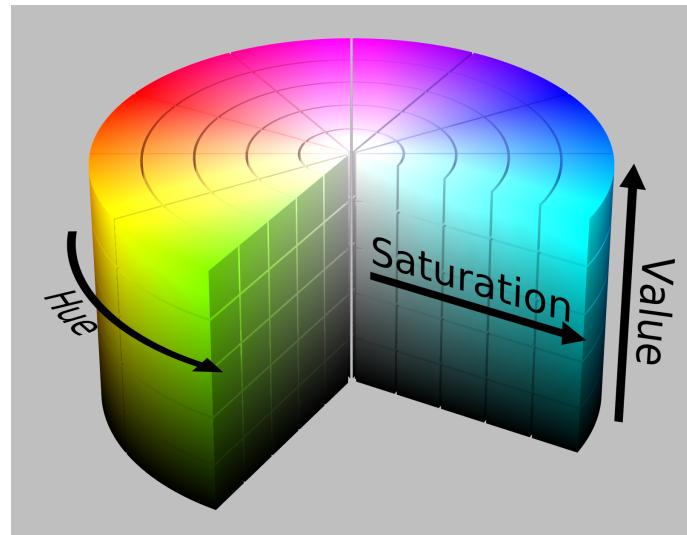


Рис. 3: Цветовая модель HSV

Получив цветовую маску, можем применить операцию логического умножения к исходному изображению, присвоить значениям пикселей фона значение черного цвета и получить сегментированное растение

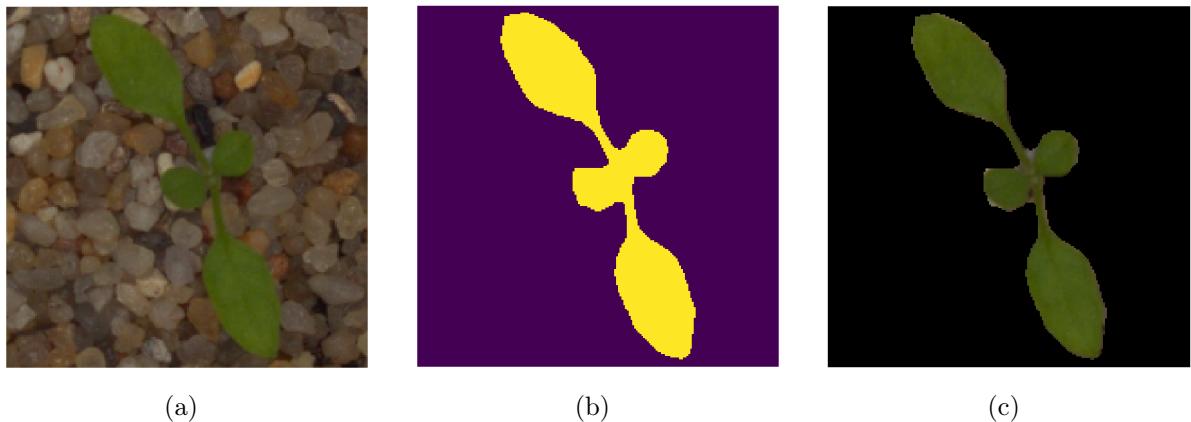


Рис. 4: (a) Исходное изображение; (b) Мaska; (c) Сегментированное изображение

2.4 Удаление шума

Сегментация не всегда происходит хорошо, как на примере 4(с). Небольшие участки фона могут попадать в диапазон зеленых значений, что вызывает искажение бинарной маски, и получается эффект, представленный на рисунке ниже

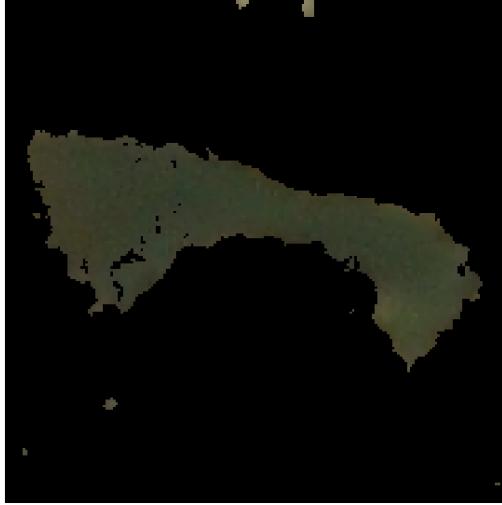


Рис. 5: Искажения при сегментации

Такие недостатки можно устранить при помощи морфологических операций — нелинейных преобразованиях, связанных с формой и структурой некоторого объекта, в данном случае, изображения. При обработке изображений морфология используется для исследования взаимодействия изображения с определенным структурирующим элементом — ядром — с помощью морфологических операций. Ядро итерируется по всему изображению и сравнивается с окрестностью пикселей, что описано в источнике [4].

Для улучшения сегментации применим операцию морфологического закрытия — комбинацию операций дилатации и эрозии.

Эрозия бинарного изображения f ядром s (обозначается $f \ominus s$) производит новое бинарное изображение $g = f \ominus s$ с единицами на всех позициях (x, y) ядра, где оно

полностью совпадает с исходным изображением f , то есть $g(x, y) = 1$, если s поэлементно совпадает с участком f и 0 в другом случае, для всех координат пикселей (x, y)

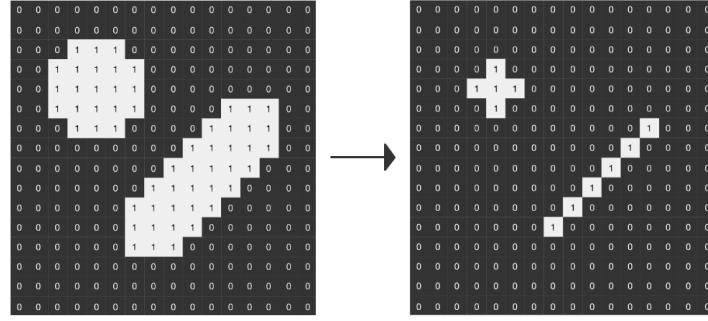


Рис. 6: Эрозия с квадратным ядром 3x3

Дилатация бинарного изображения f ядром s (обозначается $f \oplus s$) производит новое бинарное изображение $g = f \oplus s$ с единицами на всех позициях (x, y) ядра, где оно совпадает с исходным изображением f хотя бы в одной позиции, то есть $g(x, y) = 1$, если s совпадает хотя бы в одной позиции с участком f и 0 в другом случае, для всех координат пикселей (x, y)

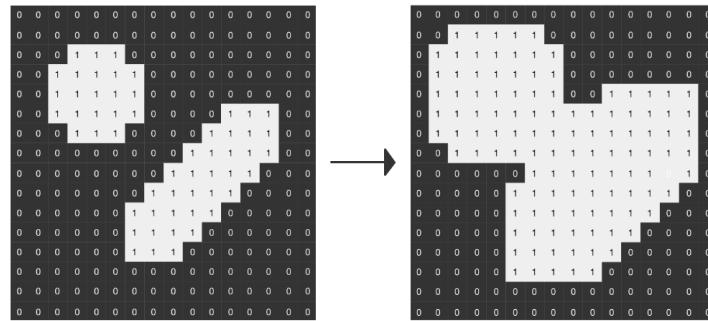


Рис. 7: Дилатация с квадратным ядром 3x3

Теперь можем определить операцию закрытия изображения f ядром s как $f \bullet s =$

$(f \oplus s) \ominus s$. Структурный элемент может быть любой формы, и его выбор зависит от формы недостатков, которые требуется устраниить.

Применим операцию закрытия к изображению 5, выбрав эллиптическое ядро размером 6x6px и удалим оставшиеся объекты площадью менее 160px



Рис. 8: Изображение после закрытия маски

Растение на изображении 8 не имеет полостей, а фон очищен от не относящихся к растению элементов, что говорит о достигнутом результате.

3 Извлечение признаков

Признак в задаче классификации изображений — это информация, позволяющая решить, к какому заданному классу относится объект. Предположим, что каждый пиксель фотографии — это его признак. Тогда каждая фотография разрешением 200x200px будет иметь 40000 признаков, к тому же, исходный набор данных — это более 4000 образцов. Решение задачи не только требует больших вычислительных затрат, но и влечет неспо-

собность алгоритма к обобщению — переобучение. Более того, часть пикселей вообще не характеризует признаки растения.

Для решения этой проблемы необходимо выбрать признаки с такими свойствами:

- Небольшая размерность пространства признаков
- Признаки не должны сильно коррелировать между собой
- Набор признаков позволяет классифицировать объект

3.1 Цветовые признаки

Чтобы установить сходство, рассчитаем цветовые моменты, характеризующие распределение цвета на изображении. Пусть $\{x^{(k)}\}_{i=1}^N$, где $k = 1 (= R), 2 (= G), 3 (= B)$ — номер канала цветового пространства RGB, N — число пикселей изображения, $x^{(k)_i}$ — i -ый пиксель k -го канала. Определим характеристики

$$\bar{x}^{(k)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^{(k)} \text{ — выборочное среднее} \quad (1)$$

$$s^{(k)} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i^{(k)} - \bar{x}^{(k)})^2} \text{ — выборочное стандартное отклонение} \quad (2)$$

Разделим изображение поканально, как на рисунке 9, и рассчитаем (1), (2)

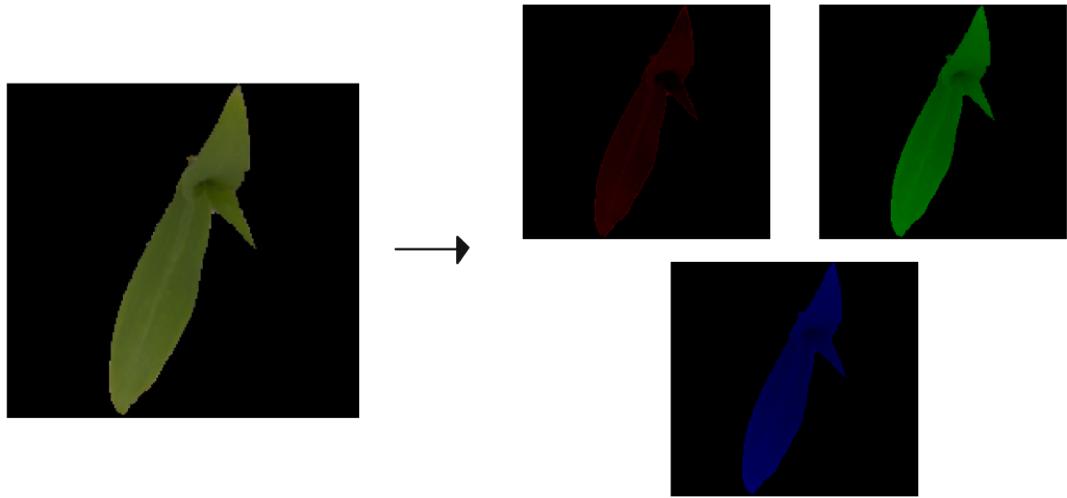


Рис. 9: Разложение по каналам R, G, B

3.2 Признаки формы

Не только цвет является важным признаком при классификации. Больше информации можно узнать, выделив признаки формы.

3.2.1 Количество ограничивающих контуров

В результате сегментации некоторые классы образцов разделяются на несколько объектов. Количество таких объектов — один из признаков класса. Для извлечения контуров воспользуемся алгоритмом трассировки границ, описанном в статье [6] и реализованном в открытой библиотеке OpenCV [2] для языка программирования Python. Конуры и все использующие их далее характеристики не учитываются, если ограничивающая площадь менее 150px^2 (установлено эмпирически для изображения 200x200px).

3.2.2 Общая площадь

Величина составляет сумму всех площадей, ограниченных контурами. Площади вычисляются по формуле Грина по замкнутому контуру, алгоритм реализован в библиотеке OpenCV [2].

3.2.3 Максимальная площадь

Представляет собой максимальный по максимальную площадь, ограничивающую контуром.

3.2.4 Периметр

Вычисляется для контура максимальной длины среди найденных.

3.2.5 Мера прямоугольности

Для вычисления меры прямоугольности требуется построить наименьший ограничивающий прямоугольник — множество точек двумерного пространства с наименьшей площадью, включающего в себя все точки объекта-растения. Тогда рассчитаем характеристику:

$$A = \frac{d_{min}}{d_{max}} \text{ — мера прямоугольности} \quad (3)$$

, где d_{min} и d_{max} — меньшая и большая стороны прямоугольника соответственно.

3.2.6 Мера округлости

Характеристика показывает, насколько большую площадь ограничивает периметр объекта. Мера округлости круга достигает максимального значения и равна единице.

$$f_{circ} = \frac{4\pi A}{P^2} — \text{мера округлости}, \quad (4)$$

где P — периметр контура, ограничивающего объект, A — площадь объекта

4 Классификатор

5 Результаты исследований

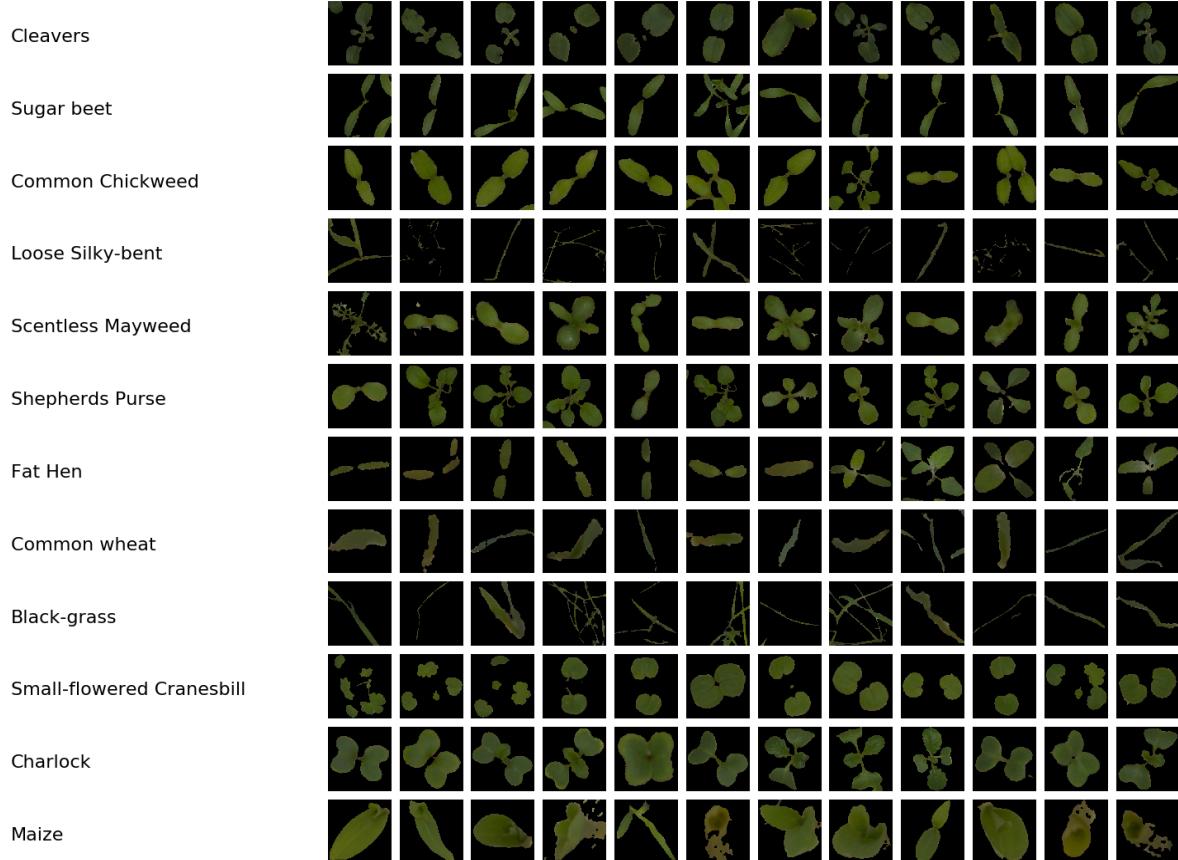


Рис. 10: Образцы растений каждого вида после сегментации (построчно)

Список литературы

- [1] Giselsson, T., Jørgensen, R., Jensen, P., Dyrmann, M., and Midtiby, H. (2017). A Public Image Database for Benchmark of Plant Seedling Classification Algorithms.
- [2] Bradski, G. (2000). The OpenCV Library. Dr. Dobb's Journal of Software Tools.
- [3] Oliphant, T. E. (2006). A guide to NumPy (Vol. 1). Trelgol Publishing USA.
- [4] Panja, D., Poppe, R. (2018). INFOIBV. Image Processing course, Universiteit Utrecht.
- [5] L. Wojnar & K.J. Kurzydłowski, et al. (2000). Practical Guide to Image Analysis, ASM International.
- [6] Suzuki, S. and Abe, K. (1985). Topological Structural Analysis of Digitized Binary Images by Border Following.