Секция 1

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ-ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, БАЗ ДАННЫХ И ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

УДК 632.4.01/.08:535.37

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-26-30

*Алтухов В.Г.,
СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ

В статье сравниваются цветовые пространства RGB, HSV и CIELab с точки зрения сегментации изображений листьев растений, пораженных тем или иным заболеванием, с использованием порогового метода. В подобных задачах цветовые пространства HSV и CIELab имеют преимущество над RGB. Пороговый метод с использованием HSV и CIELab может применяться для определения площади пораженных листьев и здоровых их частей и для формирования наборов данных, используемых при машинном обучении.

Ключевые слова: сегментация изображений, пороговый метод, пораженные листья растений, HSV, CIE Lab, цветовые характеристики, определение площади, наборы данных, машинное обучение.

Сегментация изображений листьев растений на сегодняшний день является весьма востребованной областью, поскольку ее использование может быть полезным в мероприятиях по защите растений. Например, в качестве составляющей части системы поддержки принятия решений для обеспечения качественной и своевременной оценки степени поражения растений, что позволит агрономам объективно оценивать фитосанитарную ситуацию при возделывании сельскохозяйственных культур.

Существует множество подходов сегментации, основанных как на классических методах компьютерного зрения [1], так и на глубоком обучении [2]. Самым простым является пороговый метод, при котором выбирается определенный цветовой диапазон, принадлежащий к тому или иному классу объекта на изображении. В случае с сегментацией листьев растений необходимо точно выделить пораженные и здоровые участки листа и, что немаловажно – их границы. При всей своей простоте данный подход показал достаточно неплохие результаты в сравнении с использованием алгоритма K-means при сегментации пораженных областей листьев пшеницы [3]. Минусом является то, что процесс сегментации при этом нельзя сделать полностью автоматическим.

Сравнение различных цветовых пространств с точки зрения эффективности в задачах сегментации изображений классическими методами компьютерного зрения является предметом множества исследований [4-6]. В подобных задачах, как правило, используются цветовые пространства HSV и CIELab из-за некоторых своих преимуществ по сравнению с пространством RGB. Далее будут раскрыты преимущества и недостатки всех вышеперечисленных цветовых пространств на примере их использования при пороговом методе сегментации.

Рассмотрим цветовые пространства на примере изображения листа пшеницы на черном фоне (рисунок 1).

Рисунок 1. Изображение листа пшеницы, пораженной листовой ржавчиной

Данное изображение будет представлено в виде трехмерных и двумерных диаграмм рассеяния. Точки на данных диаграммах будут распределены по измерениям, в соответствии с каналами цветовых пространств.

Цветовое пространство RGB

Цветовое пространство RGB представляет изображение с помощью подмешивания каждому пикселю красного (Red) зеленого (Green) и синего (Blue) цветов в определенной пропорции. Чем более интенсивный цвет подмешивается, тем более светлым становится пиксель. При смешивании всех RGB каналов максимальной интенсивности получается белый цвет, при минимальной интенсивности – черный. Цветовое пространство RGB используется в вычислительной технике для отображения цветов из-за своей относительной простоты. Но для задач сегментации оно является весьма неудобным.

Рассмотрим диаграммы на рисунке 2. Здесь, оранжевые точки, соответствующие пораженным участкам листа, рассредоточены по всем цветовым каналам, и имеют разные значения. Для того чтобы выделить их с хорошей точностью потребуются в лучшем случае три ограничителя диапазона (по одному на каждый канал, рисунок 3d), а при появлении других оттенков – шесть (по два на каждый канал). При этом их настройка будет весьма трудоемким процессом, а, следовательно, занимать большое количество времени.

Рисунок 2. Диаграммы рассеяния RGB – а) трехмерная; б) двумерная, каналы G и R; в) двумерная, каналы G и B; г) двумерная, каналы B и R с ограничителем диапазонов

Цветовое пространство HSV

Так как все изображения и графика представлены в формате RGB, переход к другим цветовым пространствам, в частности HSV [7], осуществляется применением определенных зависимостей.

Цветовое пространство HSV состоит из трех каналов: H (Hue) – преобладающий цвет, S (Saturation) – чистота цвета, V (Value) – яркость цвета. Здесь две составляющих отвечают за уровень освещенности изображения, и один – за цвет. Отсюда следует, что мы можем абстрагироваться от характеристик освещенности изображения и использовать только один – цветовой канал при сегментации объектов на изображении.

Диаграммы на рисунке 3 показывают (их всего две, так как за цвет отвечает лишь один канал), что цветовое пространство HSV способствует намного более сконцентрированному сосредоточению точек как оранжевого, так и зеленого оттенков. Здесь для того, чтобы выделить определенный цвет, нам достаточно ограничить значения плоскости Hue. В лучшем случае необходим один ограничитель, в более сложном – два (рисунок 3b). Точки черного цвета выделяться не будут, поскольку мы работаем в одном канале, а на диаграмме представлена его зависимость от канала Value.

Рисунок 3. Диаграммы рассеяния HSV а) трехмерная, б) двумерная, каналы V и H с ограничителем диапазонов

Канал H цветового пространства HSV имеет диапазон от 0 до 179, который соответствует шкале оттенков, показанной на рисунке 4. Отсюда мы можем видеть, что оттенки красного цвета располагаются как в районе значений 0, так и 179.

Рисунок 4. Шкала оттенков канала Hue

Таким образом, в случае, если лист растения будет поражен заболеванием, проявление которого на изображении будет содержать оттенки красного (рисунок 5a), диаграмма рассеяния может выглядеть аналогично той, которая показана на рисунке 5b.

Рисунок 5. Результат добавления пикселей красного оттенка – а) изображение, б) двумерная диаграмма рассеяния изображения листа с ограничителями диапазонов

Из рисунка 5 можно сделать вывод, что в случае с оттенками красного может понадобиться как минимум два ограничителя диапазона или специальная логика, которая преобразует шкалу Hue в окружность, и ниже нуля будет отметка 179.

Цветовое пространство CIELab

Принципы и закономерности перехода от цветового пространства RGB к пространству CIELab описаны в [8]. CIELab является цветоопонентным пространством, координаты которого представляют собой светлость цвета [при L^* (Lightness) = 0 отображается черный цвет, а при $L^* = 180$ рассеянный белый цвет], его позицию в диапазоне от красного к зеленому (положительные значения a^* отображают красный цвет, тогда как отрицательные – зеленый) и от желтого к синему (b^* дает желтый при больших значениях и синий при отрицательных).

Диаграммы рассеяния пикселей, изображенные на рисунке 6 (их также две, поскольку мы работаем с двумя каналами, отвечающими за цветовые характеристики) дают понять, что пиксели пораженных участков концентрируются при больших значениях a^* и b^* , тогда как здоровые области листа при меньших. Следовательно, в данном конкретном случае нам необходим всего один ограничитель диапазона для сегментации пораженных участков.

Рисунок 6. Диаграммы рассеяния CIELab – а) трехмерная, б) двумерная, каналы a^* и b^* с ограничителем диапазонов

Если изображение будет содержать участки с другими цветовыми оттенками (помехи и т. п.), одного и даже двух ограничителей может стать недостаточно, так как они захватят пиксели ненужных оттенков (рисунок 7b). Отсюда следует, что самым универсальным и эффективным способом для цветовой сегментации в CIELab будет использование так называемого «региона интересов», который будет иметь замкнутую форму (прямоугольник, круг и пр.) настраиваемого размера. Также из рисунка 7b видно, что недостаток HSV нивелирован и оттенки красного сконцентрированы в одной области диаграммы.

Рисунок 7. Результат добавления пикселей различных оттенков – а) изображение, б) двумерная диаграмма рассеяния изображения листа с «регионом интересов»

В результате сравнения вышеперечисленных цветовых пространств при использовании их в качестве основы для пороговой сегментации пораженных участков листьев растений, можно сделать вывод, что HSV и CIELab способны давать схожие результаты при разной реализации. В случаях отсутствия оттенков красного на изображении более простым и вы-

числительно оправданным способом будет использование пространства HSV, в противном случае оправданным будет использование CIELab. Хотя, в конечном итоге, оба метода требуют достаточно сложной реализации в случаях обработки изображений, содержащих вариативные цветовые оттенки (которые изменяются от изображения к изображению).

На сегодняшний день цветовые пространства HSV и CIELab при всех своих плюсах и минусах широко применяются в области сегментации изображений. При этом используется и пороговый метод сегментации изображений. Например, в работах [9, 10] он применяется для получения масок участков поражений листьев растений, которые в дальнейшем были использованы для обучения сверточных нейронных сетей. Таким образом, использование определенных цветовых пространств делает пороговый метод при всей его простоте хорошим инструментом при разработке более сложных интеллектуальных систем.

Использованные источники:

1. Singh A., Ganapathysubramanian B., Singh A.K., Sarkar, S. Machine Learning for High-Throughput Stress Phenotyping in Plants // Trends in Plant Science. – 2015. – Vol. 21(2). – P. 110–124. DOI: 10.1016/j.tplants.2015.10.015.
2. Singh A.K., Ganapathysubramanian B., Sarkar S., Singh A. Deep Learning for Plant Stress Phenotyping: Trends and Future Perspectives // Trends in Plant Science. – 2018. – Vol. 23(10). – P. 883–898. DOI: 10.1016/j.tplants.2018.07.004.
3. Niu X., Wang M., Chen X., Guo S., Zhang H., He D. Image segmentation algorithm for disease detection of wheat leaves // Proceedings of the 2014 International Conference on Advanced Mechatronic Systems. – 2014. – P. 270–273. DOI: 10.1109/icamechs.2014.6911663.
4. Bora D., Gupta A., Khan F. Comparing the performance of L* A* B* and HSV color spaces with respect to color image segmentation // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. – 2015. – Vol. 5(2). – P. 192–203. arXiv:1506.01472.
5. Garcia-Lamont F., Cervantes J., López A., Rodriguez, L. Segmentation of images by color features: A survey // Neurocomputing. – 2018 – Vol. 292. – P. 1–27. DOI: 10.1016/j.neucom.2018.01.091
6. Hänsch, R., Wang, X., Hellwich, O. Comparison of different Color Spaces for Image Segmentation using Graph-Cut // Proceedings of the 9th International Conference on Computer Vision Theory and Applications. – 2014. – Vol. 1. – P. 301–308.
7. Chernov V., Alander J., Bochko V. Integer-based accurate conversion between RGB and HSV color spaces // Computers & Electrical Engineering. – 2015. – Vol. 46. – P. 328–337. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2015.08.005>.
8. Kumah C., Zhang N., Raji R., Pan, R. Color Measurement of Segmented Printed Fabric Patterns in Lab Color Space from RGB Digital Images // Journal of Textile Science and Technology. – 2019. – Vol. 5. – P. 1–18. DOI: <https://doi.org/10.4236/jtst.2019.51001>
9. Lin K., Gong L., Huang Y., Liu C., Pan J. Deep Learning-Based Segmentation and Quantification of Cucumber Powdery Mildew Using Convolutional Neural Network // Frontiers in Plant Science. – 2019. – Vol 10. – P. 1–10. DOI: 10.3389/fpls.2019.00155.
10. Fang T., Chen P., Zhang J., Bing W. Crop leaf disease grade identification based on an improved convolutional neural network // Journal of Electronic Imaging. – 2020. – Vol. 29(1). – P. 1–17. DOI: 10.1117/1.JEI.29.1.013004.

УДК 634.72: 631.572

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-30-33

*Боровикова Т.В., Петрук В.А.,
СибФТИ СФНЦА РАН, Новосибирская обл., р.п. Краснообск*

ИНТРОДУКЦИЯ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ В УСЛОВИЯ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье дана оценка сортам смородины черной в коллекционном питомнике по устойчивости к болезням, вредителям, продуктивности при интродукции в Новосибирскую область.

Ключевые слова: интродукция, адаптация, смородина черная, сорта, болезни, вредители, продуктивность.

Смородина черная – наиболее популярная ягодная культура, хорошо зимует и стабильно плодоносит в Новосибирской области. Скороплодность и урожайность относятся к основным