

ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОМЕРНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ, МОДЕЛИРУЮЩИХ РЕКУРРЕНТНУЮ НЕЙРОННУЮ СЕТЬ, ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ ПОЛНОЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Горемыкина Д.С., Немировский В.Б.

Научный руководитель: Немировский В.Б., к.ф.-м.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: goremykina2008@mail.ru

Сегментация является важным этапом в большинстве задач компьютерного зрения и обработки изображений. Известно много методов сегментации изображений, представленных в градациях серого цвета [1]. Часто применяются методы, основанные на кластеризации. В основном, это различные варианты метода k-средних, успешность применения которых ограничена требованием предварительной информации о числе кластеров. В [2] для сегментации таких изображений предложен метод кластеризации, не требующий никакой информации о числе кластеров. Более того, число кластеров определяется автоматически. В настоящей работе была предпринята попытка расширить предложенный в [2] алгоритм на задачу сегментации полноцветных изображений.

Особенность переноса метода кластеризации, описанного в [2], на сегментацию полноцветных изображений связана с тем, что цвет каждого пикселя представляется как сочетание трех его компонентов в выбранной модели цветового пространства (RGB, HSI, YUV и др.). Эти три компонента могут быть как полностью однородными (три базовых цвета в модели RGB), так и неоднородными (яркость и два компонента, связанные с цветом в ряде моделей). Выбор модели цветового пространства определяет, какие компоненты цвета пикселя подвергнуть кластеризации, и как использовать результаты кластеризации для формирования цвета пикселей обработанного изображения.

В настоящей работе для представления цветного изображения выбрана модель цветового пространства RGB, которая нашла широкое применение в технике. Обычно она используется для вывода изображений, получаемых с фотокамер, сканеров и подобных устройств, на экран монитора или телевизора. В этом пространстве любой цвет является смесью трёх базовых цветов разной яркости. При использовании RGB-модели можно выполнить кластеризацию каждого из цветовых компонентов, а затем, учитывая результаты кластеризации базовых цветов, смешать их так, как этого требует модель пространства RGB, для получения результирующего цвета в сегментированном изображении.

Как и в [2], кластеризация проводилась с помощью моделирования рекуррентной нейронной сети на основе одномерных отображений [3] вида:

$$x_{n+1} = f(x_n),$$

где x – входное значение сигнала нейрона (яркость монохромного компонента пикселя изображения), $f(x)$ – сигмоидальная активационная функция нейрона, $n = 1, 2, \dots$ – номер итерации отображения входного значения.

Одномерные отображения указанного вида реализуют локальную обратную связь каждого нейрона сети, изображенной на рис. 1.

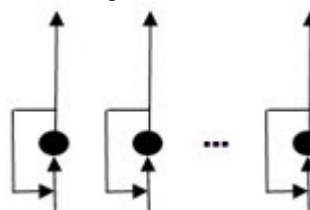


Рис. 1 Структура моделируемой нейронной сети

Процесс отображения позволяет выделить кластеры близких по яркости каждого компонента значений пикселей изображения.

Одна особенность описанной в [2] модели сети в том, что все входные нейроны используют активационную функцию с одними и теми же параметрами, что эквивалентно обработке входных сигналов (яркостей пикселей полутонового изображения) на одном нейроне с такой же активационной функцией. Эта особенность позволит, при необходимости, распараллелить обработку параметров изображения.

Вторая особенность заключается в том, что процесс сегментации, описанный в [2], включает несколько шагов. На каждом шаге на входы нейронов сети подаются значения яркостей пикселей, полученные в результате кластеризации и дальнейшего усреднения по кластерам значений предыдущего шага.

Для проверки возможности сегментации полноцветных изображений с помощью описанной выше модели был проведен ряд численных экспериментов. При этом потребовалось модифицировать процесс сегментации. Был использован алгоритм, в котором на каждом шаге сегментации независимо друг от друга подвергались кластеризации все три компонента выбранной модели цветового пространства. После кластеризации разные значения компонентов заменялись усредненным по каждому кластеру. Затем новые значения компонентов использовались для формирования цвета пикселя в соответствии с моделью RGB. Этим завершался шаг.

Для определения условий завершения процесса многошаговой сегментации на каждом шаге подсчитывалась энтропия H распределения значений цветового компонента по полученным кластерам $H = -\sum_i p_i \log_2 p_i$, где $p_i = N_i/N$; N_i – количество значений компоненты, попавшей в i -й

кластер; N – общее количество всех значений компоненты. Суммирование проводилось по всем кластерам, выделенным при отображении входного значения нейрона на его активационной функции. После завершения шага вычислялась суммарная энтропия распределений кластеризованных компонентов, и полученное значение сравнивалось со значением предыдущего шага. Когда вычисленная разница становилась меньше заданного порога, сегментация завершалась. При этом на каждом шаге получалось сегментированное изображение с различной степенью сегментации.

Для проведения численных экспериментов была разработана программа, включающая модуль предобработки изображения, модуль кластеризации и модуль сегментации полноцветных изображений в модели RGB, реализующие описанный алгоритм.

Проведенные эксперименты показали различное действие сегментации на разные классы исходных изображений. Наибольший интерес, на наш взгляд, представляет воздействие сегментации на цветные изображения, содержащие протяженные участки, близкие по цвету. В результате сегментации такие участки превращаются в практически однородный фон, на котором хорошо выделяются другие объекты. Обработанное таким образом изображение содержит, по сравнению с исходным, значительно меньше второстепенных объектов. Это обстоятельство может, например, значительно упростить задачи генерации и селекции классификационных признаков, которые являются важными этапами решения задачи распознавания образов [4].

На рис. 2 представлены результаты сегментации цветного изображения такого типа в RGB пространстве.

Хорошо просматривается динамика выделения больших однородных участков в изображении на разных шагах процесса. Финальное изображение, фактически, представляет собой исходную заготовку для проведения операции распознавания образа.

Выводы

1. Моделирование рекуррентной нейронной сети на основе одномерных отображений позволяет выполнять кластеризацию компонентов полноцветных изображений в цветовом пространстве RGB, которая используется для формирования сегментированного изображения.
2. Многократная последовательная кластеризация с использованием усреднённых на каждом шаге значений компонент позволяет получать последовательность пошаговых сегментированных изображений.
3. Сегментация изображений, содержащих близкие по цвету протяженные участки в цветовом пространстве RGB, превращает такие участки в практически однородный фон, на котором хорошо выделяются другие объекты. В таких случаях сегментация может существенно упростить в дальнейшем операцию распознавания образов.

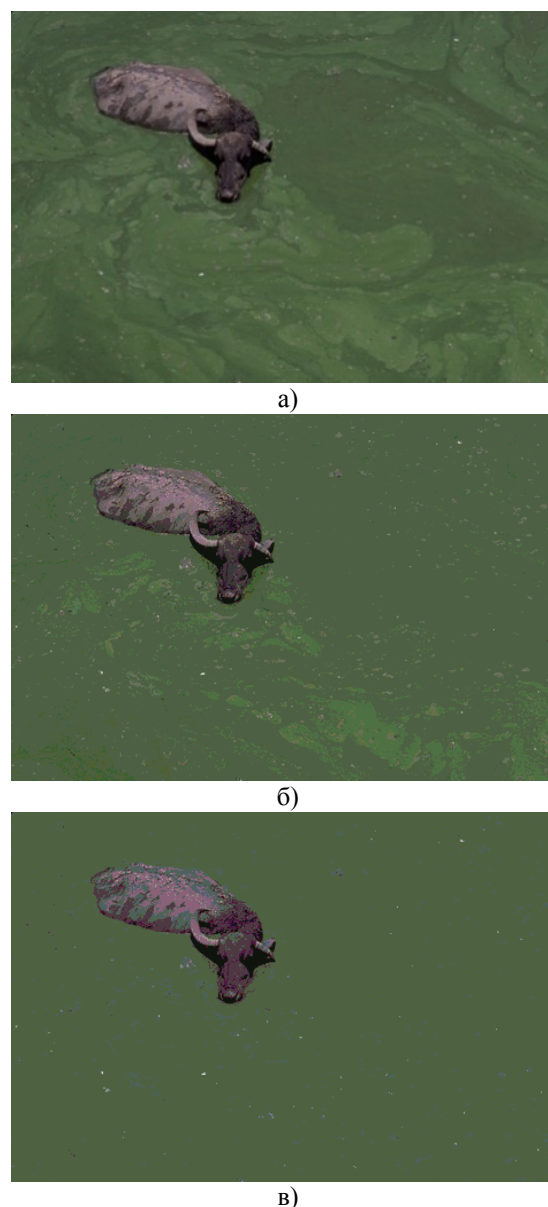


Рис. 2. Многошаговая сегментация цветного изображения: а) исходное изображение, б) шаг 1, в) шаг 4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Немировский В.Б., Стоянов А.К. Сегментация изображений с помощью рекуррентной нейронной сети // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321 - №. 5 - С. 205-210
3. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики. М.: Изд-во ЛКИ, 2007, 312 с.
4. Местецкий Л.М. Математические методы распознавания образов, курс лекций. – МГУ, кафедра «Математические методы прогнозирования», 2002-2004. – 85 с.