

Р. Н. Кветный, д. т. н., проф.; А. В. Олесенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСТРАНЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЭТАПОВ МЕТОДА СЕГМЕНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАВСА НА ЕЕ РЕЗУЛЬТАТ

В статье предложен метод сегментации изображений, основанный на использовании энергетических характеристик Лавса, и проведен анализ влияния устранения некоторых его этапов на результат сегментации. Используя данный метод, можно качественно определять сегменты изображения с целью их последующего использования в процессе обработки изображений.

Ключевые слова: изображение, сегментация, энергетические характеристики Лавса, модель, выборка тестовых изображений.

Введение

В связи с распространением большого количества информации в виде цифровых изображений особенную актуальность приобретают распознавание некоторых объектов на изображении и выделение их контуров. Эти проблемы решают с помощью сегментации, которая позволяет определить необходимые объекты на изображении.

Обычно сегментация выступает в качестве одного из ключевых этапов обработки изображений. Исходя из разнообразия изображений и задач, используют различные методы сегментации, например, корреляционные, пороговые методы, методы анализа цвета и т. п.

Целью данной статьи является повышение качества сегментации изображения путем использования энергетических характеристик Лавса, которые позволяют описывать различные типы текстур с высокой точностью. Также в статье осуществлён анализ влияния устранения некоторых этапов предложенного метода сегментации на её результат. Поскольку сам метод является достаточно громоздким, что влияет на его сложность и быстрдействие, сделано предположение по поводу того действительно ли все его этапы являются необходимыми для эффективной работы метода. Цель исследования заключается в повышении качества сегментации, которая определяется отношением площади правильно идентифицированных сегментов изображения к их реальной площади.

Понятие текстуры может быть определено, исходя из двух основных подходов. В соответствии со структурным подходом, текстура представляет собой множество текселей, расположенных в определенном регулярном порядке либо в порядке, который повторяется. Существует также статистический подход, который заключается в расчете числовых характеристик текстур. В этом случае текстура является количественной характеристикой распределения значений интенсивности в области обработки изображения [1 – 3].

В соответствии с вышеописанными подходами можно выделить две категории методов описания текстурных изображений: статистические (расчет матриц совпадений, энергетических характеристик Лавса [4, 5]) и структурные (построение мозаики Вороного).

Если осуществить анализ современного состояния проблемы сегментации текстурных изображений, то можно отметить, что на данный момент она решена лишь для частичных заданий при определенных ограничениях на тип изображений, наличие геометрических искажений, искажений яркости и т. п. Следовательно, дальнейшие исследования в области разработки методов сегментации текстурных изображений являются достаточно актуальными и необходимыми.

Метод сегментации на основе использования энергетических характеристик Лавса

Математическая модель задачи сегментации изображений с использованием характеристик Лавса имеет вид:

$$D \rightarrow \{D_1, \dots, D_S\}, \tag{1}$$

где область $D = \bigcup_{r=1}^S D_r$;

$$D_r = \{(i, j) \mid \rho(\bar{E}(x_r, y_r), \bar{E}(i, j)) < \delta\}, r = \overline{1, S}, \tag{2}$$

$$\rho(\bar{E}(x_r, y_r), \bar{E}(i, j)) < \delta,$$

где $\rho(\bar{E}(x_r, y_r), \bar{E}(i, j)) < \delta$ – критерий, определенный как мера сходства, которую можно рассчитать по одному из известных способов; δ – определенное пороговое значение; $\bar{E}(x_r, y_r)$ – вектор $\bar{E}(x_r, y_r) = (E_1(x_r, y_r), \dots, E_9(x_r, y_r))$ энергетических карт эталона класса r ; (x_r, y_r) – точка-эталон класса текстур r ; (i, j) – точка, принадлежность которой к классу текстур r определяют в текущий момент.

Формулы и непосредственно сам способ расчета энергетических карт описаны в источнике [4].

На основе модели (1) были разработаны методы поточечной и фрагментарной сегментации.

При поточечной сегментации для всего изображения строят энергетические карты, в результате чего каждый пиксель $(i, j) \in D$ характеризуется вектором $\bar{E}(i, j)$ из 9 значений, используемых в качестве признаков для сегментации изображения.

Для принятия решения относительно принадлежности точки (i, j) одному классу текстур r в предложенном методе использовали критерий (2), где меру сходства вычисляют по формуле:

$$\rho_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^9 |E_k(i, j) - E_k(x_r, y_r)|}{9}, \tag{3}$$

где $|E_k(i, j), E_k(x_r, y_r)|$ – значения пикселей $(i, j), (x_r, y_r)$ на текущей и соответственно эталонной k -ой энергетической карте; $(i, j), (x_r, y_r) \in \frac{D}{D_{r-1}}$.

Рассмотрим теперь, как реализуется фрагментарная сегментация. Изображение разбивают на фрагменты размером 15×15 пикселей. Для всех фрагментов строят векторы характеристик $\bar{E}(i_f, j_f)$, где i_f и j_f – порядковые номера фрагмента по вертикали и горизонтали. Векторы $\bar{E}(i_f, j_f)$ для фрагментов получают с помощью усреднения значений энергетических характеристик для каждого пикселя, присутствующего во фрагменте. Полученные векторы текстурных признаков фрагментов используют при вычислении меры сходства между ними. Таким образом, в формуле (3) координаты (i, j) и (x_r, y_r) являются координатами фрагмента, который определяют, и эталонного фрагмента соответственно. Алгоритм сегментации изображений с использованием описанных характеристик Лавса изображен на рис. 1.



Рис. 1. Алгоритм сегментации с использованием энергетических характеристик Лавса

Разработанный алгоритм планируем использовать в последующих разработках как составную часть комплексного метода сжатия изображений, который будет основан на уже существующих методах компрессии [6, 7].

С целью проверки целесообразности использования характеристик Лавса для сегментации графической информации было решено использовать корреляционный метод оценки сходства изображений, так как он имеет высокую точность. Сходство изображений оценивали по двум методам:

1) по вычислению меры сходства между самими изображениями по выражению:

$$\rho(i, j) = \frac{E_{i,j} B_1(i, j) \times B_2(i, j)}{\sqrt{E_{i,j} B_1^2(i, j)} \times \sqrt{E_{i,j} B_2^2(i, j)}}, (i, j) \in D, \quad (4)$$

где B_1, B_2 – изображения, которые сравнивают;

2) по расчету меры сходства энергетических карт этих изображений. С этой целью в формуле (4) значения яркостей заменяют на энергетические характеристики Лавса:

использованием предложенного метода. Коэффициент рассчитывали как отношение площади правильно сегментированных участков к их реальной площади. Для поточечной сегментации усредненный коэффициент качества составил 0,78. Как видим, анализ результатов показал целесообразность использования характеристик Лавса для решения многих практических задач в области обработки изображений.

Анализ влияния устранения некоторых этапов метода на результат сегментации

Метод сегментации основанный на энергетических характеристиках Лавса, является достаточно объемным, что сказывается на его быстродействии. Основными этапами работы этого метода являются: получение энергетических характеристик (устранение влияния интенсивности, обработка изображения масками, расчет энергетических карт) и разделение изображения на участки с подобными энергетическими характеристиками (по критерию (2)). С целью повышения быстродействия работы алгоритма было выдвинуто предположение, что не все этапы метода действительно необходимы. То есть для сокращения времени работы можно пренебречь определенным этапом или даже несколькими этапами. Было оценено влияние этапов на конечный результат сегментации. Результаты поставленных экспериментов приведены на рис. 5.

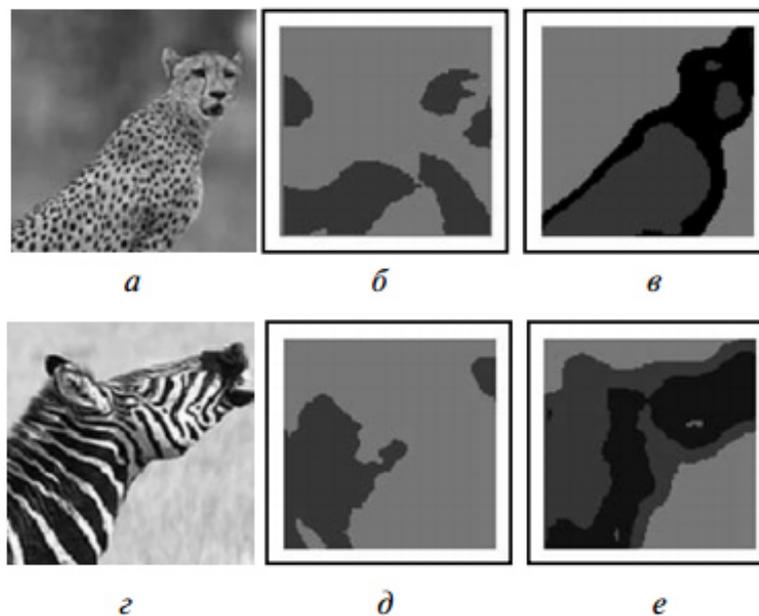


Рис. 5. Результаты поточечной сегментации: а, г – исходное изображение; б, д – сегментация без устранения влияния интенсивности освещения, порог $\delta=80$; в, е – сегментация с устранением влияния интенсивности освещения, порог $\delta=80$

Следовательно, первый шаг алгоритмов, построенных на основе энергетических характеристик Лавса, заключается в устранении влияния интенсивности освещения. Был проведен ряд исследований с программной моделью, в которых энергетические карты тестовых изображений рассчитывали с использованием первого шага и без него. Проанализировав полученные результаты визуально, видим, что устранение влияния интенсивности освещения на первом этапе обработки изображения методом энергетических характеристик действительно является необходимым, поскольку смена освещения визуально подобных текстур существенно влияет на значения характеристик Лавса, а это приводит к отнесению текстур к разным классам. Таким образом, данный шаг позволяет сравнить энергетически все сравниваемые изображения, оставляя для последующего исследования информацию о текстуре.

Также были проведены исследования относительно вопроса необходимости перехода от отфильтрованных изображений к энергетическим картам, которые являют собой усреднение результатов обработки изображения масками. Для этого ставили следующие эксперименты: сегментацию тестовых изображений осуществляли на основе обработанного масками изображения и на основе энергетических карт. Результат сегментации одного из изображений приведен на рис. 6.

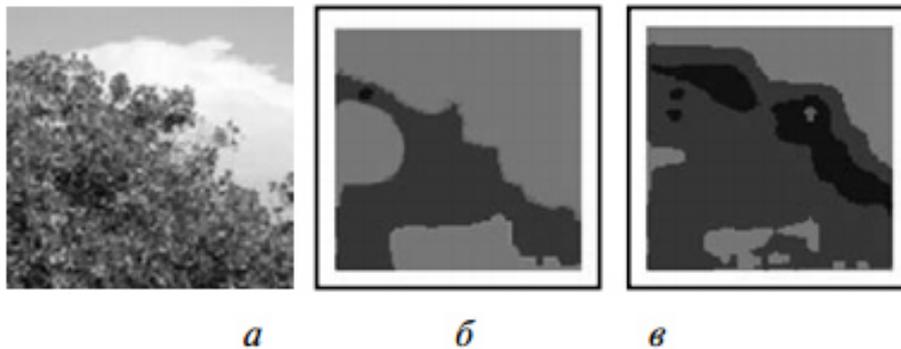


Рис. 6. Результаты поточечной сегментации: а – исходное изображение; б – сегментация на основе обработанного масками изображения, порог $\delta=80$; в – сегментация на основе использования энергетических карт, порог $\delta=80$

Проведенные исследования показывают, что переход от отфильтрованных изображений к энергетическим картам позволяет лучше учитывать текстурные особенности изображений, поскольку на значение каждой точки энергетической карты влияют отфильтрованные значения точек ее окружности.

Следовательно, как видим, этап перехода от отфильтрованных изображений к энергетическим картам, как и этап устранения влияния интенсивности освещения, является необходимым для построения описания текстуры изображения и использования такого описания для решения проблемы сегментации.

Выводы

Разработан метод текстурной сегментации, основанный на использовании энергетических характеристик Лавса. Они существенно подчеркивают характерные особенности текстурных изображений, а следовательно, могут понадобиться в решении разнообразных задач по обработке изображений, в частности, задач сегментации. Используя данный метод, выделять отдельные классы текстур значительно проще и эффективнее по сравнению с использованием других подходов. Также с целью повышения быстродействия работы метода проанализировано влияние устранения некоторых его этапов на результат сегментации.

Тестирование метода показало, что для визуально подобных текстурных изображений переход к энергетическим картам существенно повышает коэффициент корреляции и позволяет с высокой точностью выявлять подобие текстур. Также показано, что пренебрегать некоторыми этапами метода нецелесообразно, поскольку все они влияют на качество результирующего сегментированного изображения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tuceryan M. Texture analysis / M. Tuceryan, A. K. Jain. // Handbook of pattern recognition and computer vision. – 1993. – P. 235 – 276.
2. Chellapa R. Model based texture segmentation and classification / R. Chellapa, R. L. Kashyap, B. S. Manjunath // Handbook of pattern recognition and computer vision. – 1993. – P. 277 – 307.
3. Lewis J.-P. Texture Synthesis for Digital Painting / J.-P. Lewis // Computer Graphics. – 1984. – Vol. 2. – P. 245 – 252.

4. Laws K. Textured Image Processing, Ph. D. Dissertation / K. Laws. // University of Southern California. – January, 1980. – P. 111 – 143.
5. Laws K. Rapid texture identification / K. Laws. // In SPIE Image Processing for Missile Guidance. – 1980. – Vol. 238. – P. 376 – 380.
6. Modification of fractal coding algorithm by a combination of modern technologies and parallel computations [Електронний ресурс] / R. N. Kvyetnyu, O. Y. Sofina, A. V. Lozun // Proceedings of SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015. – Lublin – Nałęczów, Poland. – 22–25 September 2015. – Режим доступа : <http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=2478658>.
7. Софина О. Ю. Метод стиснення зображень на основі паралельного алгоритму JPEG / О. Ю. Софина, А. В. Лозун // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2014. – № 3. – С. 52 – 56.

Кветный Роман Наумович – д. т. н., профессор кафедры автоматки и информационно-измерительной техники.

Олесенко Алла Васильевна – аспирант кафедры автоматки и информационно-измерительной техники.

Винницкий национальный технический университет.