

Список литературы

1. Petros R.A., DeSimone J.M. // Nat. Rev. Drug Discov. 2010. Vol. 9 (8). P. 615–627.
2. Fischer H., Orth H. // Acad. Verlag. 1937. Bd. 1. P. 305.
3. Зорина Т.Е., Янковский И.В., Кравченко И.Е. и др. // Биофизика. 2015. Т. 60., вып. 5. С. 922–930.
4. Зорина Т.Е., Янковский И.В., Кравченко И.Е. и др. // Вестн. БГУ. Сер. 2. 2013. № 3. С. 30–35.

УДК 621.391

АДАПТИВНОЕ ДВУХПОРОГОВОЕ КВАНТОВАНИЕ И СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ РАЗДЕЛЕНИЯ И СЛИЯНИЯ ОБЛАСТЕЙ

О.М. АЛЬМИЯХИ, В.Ю. ЦВЕТКОВ, В.К. КОНОПЕЛЬКО, О.В. ГУСЕВА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 23 ноября 2016

Приведены результаты оценки эффективности адаптивного двухпорогового квантования в сравнении с однопороговым квантованием для сегментации полутоновых изображений с использованием модифицированного метода разделения и слияния областей, основанного на прогрессивной обратной кластеризации.

Ключевые слова: сегментация изображений, квантование, выращивание областей, разделение и слияние областей.

Введение

Сегментация широко используется в обработке медицинских изображений. Известные методы сегментации, такие как выращивание областей [1] и разделения и слияния областей [2] сравнивают разности значений соседних пикселей с заданным порогом при принятии решения о присоединении пикселя к сегменту. В сегменты объединяются пиксели, примерно равные по значению, с использованием достаточно простого критерия. Усложнение данного критерия с целью повышения качества сегментации приводит к усложнению алгоритма сегментации, а в некоторых случаях – избыточности. Избежать этого позволяет предварительное адаптивное квантование изображений до сегментации [3–6], упрощающее критерий присоединения пикселя к сегменту за счет использования строгого равенства (реализуется как поразрядное суммирование значений сравниваемых пикселей по модулю 2 с проверкой результата на ноль) вместо сравнения модуля разности с заданным порогом или другого более сложного критерия.

Целью работы является оценка эффективности адаптивного двухпорогового квантования для сегментации полутоновых изображений с использованием метода разделения и слияния областей, его модификации на основе прогрессивной обратной кластеризации и метода выращивания областей.

Методы выращивания областей и разделения и слияния областей

Метод выращивания областей [1] основан на присоединении к текущему сегменту, изначально состоящему из одного образующего пикселя (точки роста), других пикселей, совпадающих по значению с образующим пикселем. Когда не остается пикселей, которые могут быть присоединены, сегмент считается сформированным и осуществляется переход на следующий цикл сегментации, начинающийся с выбора следующего образующего пикселя. Образующие пиксели могут назначаться или выбираться автоматически по различным критериям. В простейшем случае значения образующих пикселей выбираются по порядку при построчном сканировании изображения. При использовании адаптивного порога возможность присоединения

пикселя к сегменту зависит не от значения опорного пикселя, а от значения ближайшего соседнего уже присоединенного пикселя.

В методе разделения и слияния областей [2] образующие пиксели не выбираются, а сегменты формируются в результате кластеризации по схеме квадрата-дерева. На каждом уровне квадрата-дерева кластеры размером 2×2 формируются из близких по значениям пикселей. Несоответствующие пиксели кластера присоединяются к соседним кластерам или образуют сформированные сегменты. На следующий верхний уровень квадрата-дерева каждый кластер отображается одним пикселем, значение которого соответствует средней яркости кластера, в результате чего происходит объединение соседних близких по значениям кластеров. Как и в методе выращивания областей, порог, используемый для оценки возможности объединения в кластер, может быть адаптивным (зависеть от среднего значения кластера или сегмента).

Метод разделения и слияния областей на основе прогрессивной обратной кластеризации

В некоторых случаях (при решении задач картографирования, видеонаблюдения, распознавания и других) требуются точная сегментация, многомасштабное представление и сжатие сегментированного изображения, адаптация к ограничению на время сегментации. Метод разделения и слияния областей с использованием квадрата-дерева позволяет точно сегментировать изображения, однако он не обеспечивает многомасштабное представление и сжатие сегментированного изображения, адаптацию к ограничению на время сегментации.

Для устранения данного недостатка разработан метод сегментации и компактного многомасштабного представления изображений на основе прогрессивной обратной кластеризации (Progressive Backward Clustering Segmentation and Compact Representation – PBCS&CR) [7]. Сущность метода состоит в древовидной кластеризации однородных по яркости областей пикселей и формировании множества кратномасштабных кластерных образов исходного изображения (прямая кластеризация); присвоении номеров кластеризованным однородным областям на всех уровнях кратномасштабного представления исходного изображения и поиске избыточных границ однородных областей (прогрессивная обратная кластеризация); объединении соседних однородных по яркости кластеризованных областей (уточнение границ сегментов).

Метод PBCS&CR сегментации и компактного многомасштабного представления изображений на основе прогрессивной обратной кластеризации, как и метод RG наращивания областей, обеспечивает полное и точное выделение однородных областей, а также многомасштабное представление сегментированного изображения. В отличие от RG метода, PBCS&CR обеспечивает компактное представление результатов сегментации изображения и его многомасштабного представления за счет эффективного вложенного кодирования расположения однородных областей в процессе обратной кластеризации (рис. 1) [7].

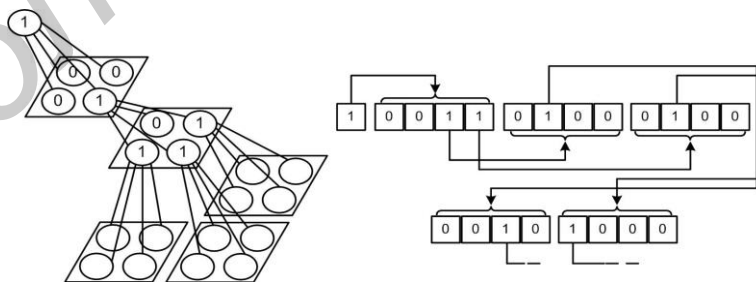


Рис. 1. Формирование вложенного кода

Адаптивное двухпороговое квантование изображений

Перед сегментацией изображений предлагается использовать алгоритм построчного двухпорогового квантования значений пикселей, основанный на оценке разности значений центрального пикселя и соседних с ним пикселей в окрестности Мура по отношению к двум порогам Δ_B (определяет условия разделения значений яркости соседних пикселей по соседним

уровням квантования) и Δ_s (определяет условия приведения значения пикселя к несоответствующему ему уровню квантования из-за локального характера отличия яркости этого пикселя от яркости окрестных пикселей), связанным соотношением $\Delta_b = K\Delta_s$, где $K \geq 1$ – балансный коэффициент, определяющий степень влияния значения второго порога на результаты квантования (если значение K стремится к ∞ , то результаты квантования стремятся к результатам однопорогового алгоритма).

Если модуль минимальной разности значения центрального пикселя окрестности Мура со значениями квантованных левого и трех верхних пикселей меньше порога Δ_b , то значение центрального пикселя окрестности Мура меняется на значение ближайшего к нему по яркости квантованного пикселя. Если данное условие не выполняется, то для оценки используется порог Δ_s .

Определяется квантованный пиксель окрестности Мура (левый или один из трех верхних), ближайший по значению к центральному пикселю. Вычисляются модули разностей значений этого пикселя со всеми значениями окрестных пикселей в окрестности Мура. Если все эти разности меньше порога Δ_s , то центральному пикселю окрестности Мура присваивается значение ближайшего ему по значению квантованного пикселя в окрестности Мура. Если данное условие не выполняется, то центральный пиксель окрестности Мура сохраняет свое значение.

Оценка эффективности методов сегментации и квантования изображений

Компактность многомасштабного представления сегментированного изображения зависит от результатов квантования исходного изображения. С увеличением шага квантования (и увеличением ошибки квантования) коэффициент сжатия сегментированных изображений возрастает. Из рис. 2 следует, что метод PBCS&CR обеспечивает сжатие сегментированного изображения до 4,5 раз в зависимости от изображения по сравнению с методом RG [7].

Сжатие сегментированных изображений в методе PBCS&CR достигается за счет увеличения вычислительной сложности, что приводит к снижению скорости сегментации. В табл. 1 приведено время сегментации многомасштабного представления тестовых изображений (4 уровня) методами PBCS&CR и RG, реализованными в среде Matlab и выполненными на компьютере (4 CPUs, 3.6 GHz, 4096 MB). Из табл. 1 следует, что метод PBCS&CR уступает в скорости сегментации методу RG до 230 раз.

Таблица 1. Время сегментации тестовых изображений, с

Методы сегментации	Тестовые изображения		
	Barbara	Lena	Mandrill
PBCS&CR	5,1999	4,6640	5,1300
RG	0,0224	0,0235	0,0224

Для задач идентификации изображений с использованием сегментов важной характеристикой является их стабильность при изменении яркости, контраста и повороте изображения. На рис. 2 приведены тестовые полутоновые изображения, которые использованы для оценки стабильности разработанного метода PBCS&CR сегментации и компактного многомасштабного представления изображений на основе прогрессивной обратной кластеризации при использовании двух алгоритмов квантования: равномерного (РК) с постоянным шагом квантования и адаптивного двухпорогового (2П).

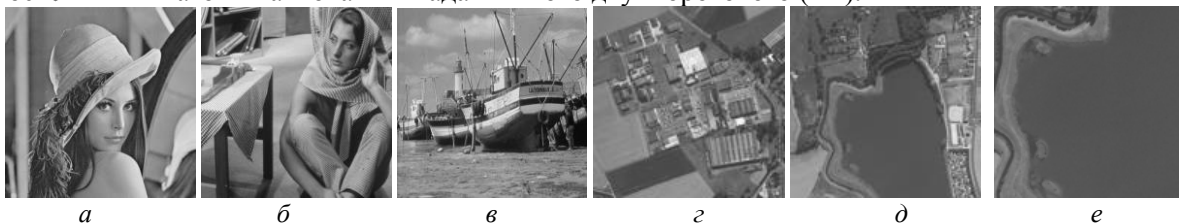


Рис. 2. Тестовые изображения 128×128 пикселей: а – Lena; б – Barbara; в – Boat; г – France; д – France2; е – Water

В табл. 2 и 3 приведены оценки стабильности сегментации по площади и числу сегментов при изменении яркости, контраста и повороте тестовых изображений. В табл. 2 стабильность S_S по площади сегментов определяется как отношение суммарной площади S_B сегментов, выделенных на исходном изображении, к суммарной площади S_T сегментов, выделенных на преобразованном изображении (с измененными значениями яркости, контраста, угла поворота) с помощью выражения $S_S = \frac{S_B}{S_T}$.

Стабильность S_N сегментации по числу сегментов определяется как отношение числа N_B сегментов, выделенных на исходном изображении, к числу N_T сегментов, выделенных на преобразованном изображении (с измененными значениями яркости, контраста, угла поворота) с помощью выражения $S_N = \frac{N_B}{N_T}$.

Таблица 2. Оценки стабильности метода по площади сегментов при равномерном (РК) и адаптивном двухпороговом (2П) квантовании

Преобразование изображения		Тестовые изображения и алгоритмы квантования											
		Lena		Barbara		Boat		France		France2		Water	
Параметр	Величина	РК	2П	РК	2П	РК	2П	РК	2П	РК	2П	РК	2П
Яркость	-30 %	0,84	0,83	0,81	0,90	0,95	0,92	0,87	0,87	0,82	0,83	0,94	0,95
	-20 %	0,75	0,76	0,77	0,80	0,87	0,93	0,85	0,84	0,85	0,81	0,94	0,94
	-10 %	0,84	0,89	0,72	0,83	0,63	0,80	0,82	0,88	0,83	0,80	0,96	0,94
	10 %	0,87	0,84	0,78	0,85	0,91	0,93	0,82	0,87	0,81	0,91	0,93	0,94
	20 %	0,83	0,89	0,73	0,84	0,62	0,92	0,81	0,87	0,87	0,83	0,97	0,94
	30 %	0,83	0,82	0,78	0,83	0,85	0,91	0,89	0,89	0,86	0,89	0,95	0,93
Контраст	-30 %	0,79	0,72	0,72	0,74	0,92	0,86	0,81	0,82	0,88	0,88	0,93	0,95
	-20 %	0,76	0,85	0,72	0,80	0,76	0,91	0,75	0,82	0,70	0,88	0,88	0,95
	-10 %	0,71	0,75	0,77	0,84	0,80	0,92	0,71	0,83	0,83	0,80	0,93	0,95
	10 %	0,79	0,77	0,73	0,77	0,82	0,89	0,73	0,85	0,77	0,78	0,91	0,92
	20 %	0,64	0,79	0,74	0,83	0,44	0,81	0,60	0,78	0,53	0,78	0,80	0,89
	30 %	0,70	0,73	0,72	0,77	0,58	0,75	0,66	0,76	0,61	0,76	0,92	0,88
Поворот	90°	0,66	0,69	0,60	0,62	0,79	0,74	0,65	0,64	0,73	0,73	0,88	0,90
	180°	0,59	0,61	0,60	0,59	0,81	0,76	0,65	0,63	0,73	0,68	0,87	0,86
	270°	0,63	0,68	0,59	0,58	0,80	0,75	0,61	0,67	0,71	0,71	0,90	0,87

Таблица 3. Оценки стабильности метода по числу сегментов при равномерном (РК) и адаптивном двухпороговом (2П) квантовании

Преобразование изображения		Тестовые изображения и алгоритмы квантования											
		Lena		Barbara		Boat		France		France2		Water	
Параметр	Величина	РК	2П	РК	2П	РК	2П	РК	2П	РК	2П	РК	2П
Яркость	-30 %	0,96	0,98	0,69	0,97	0,92	1,01	1,00	0,97	1,00	0,98	0,59	0,95
	-20 %	0,98	0,97	0,94	0,96	1,13	1,02	0,97	0,99	1,17	1,01	0,56	0,94
	-10 %	0,92	0,96	0,94	0,98	1,07	1,00	0,59	1,01	1,20	0,98	0,58	0,97
	10 %	0,93	0,97	0,96	1,00	0,91	1,00	0,70	0,99	1,06	0,97	0,78	0,94
	20 %	0,92	0,97	0,88	0,98	1,13	0,98	0,96	0,99	1,08	0,97	1,21	0,94
	30 %	0,94	0,99	0,91	0,99	1,05	1,00	1,01	0,97	1,02	0,97	0,88	0,97
Контраст	-30 %	0,81	0,80	0,63	0,85	0,48	0,73	0,25	0,77	0,83	0,67	0,34	0,63
	-20 %	0,81	0,85	0,79	0,92	0,95	0,83	0,59	0,88	1,56	0,76	0,77	0,74
	-10 %	0,90	0,95	0,95	0,98	0,88	0,92	0,85	0,94	1,10	0,92	0,35	0,84
	10 %	1,00	1,07	0,89	1,02	0,75	1,07	1,03	1,02	1,65	1,08	0,82	1,07
	20 %	1,10	1,13	1,00	1,00	1,38	1,15	1,09	1,05	2,10	1,14	1,99	1,19
	30 %	1,09	1,13	0,99	1,02	0,82	1,21	1,03	1,08	1,83	1,18	0,98	1,23
Поворот	90°	0,81	0,78	0,90	0,92	1,08	1,08	1,03	1,01	0,93	0,88	0,93	0,90
	180°	1,07	1,02	0,93	0,97	1,00	0,98	1,00	0,98	0,98	0,99	1,10	1,14
	270°	0,81	0,82	0,91	0,90	1,05	1,06	1,03	0,99	0,89	0,87	0,96	1,00

Из табл. 2 и 3 следует, что влияние выбора алгоритмов квантования на стабильность результатов сегментации зависит от типа изображения. Из табл. 2 следует, что адаптивное двухпороговое квантование обеспечивает повышение стабильности по площади сегментов по сравнению с равномерным квантованием до 1,48 раза при изменении яркости, до 1,84 раза при изменении контраста, до 1,1 раза при повороте. При этом проигрыш в стабильности может достигать 1,05 раза при изменении яркости, 1,1 раза при изменении контраста, 1,07 раза при повороте (т.о. выигрыш превышает проигрыш).

Из табл. 3 следует, что адаптивное двухпороговое квантование обеспечивает повышение стабильности по числу сегментов по сравнению с равномерным квантованием до 1,71 раза при изменении яркости, до 1,84 раза при изменении контраста, до 1,05 раза при повороте. При этом проигрыш в стабильности может достигать 1,05 раза при изменении яркости, 1,48 раза при изменении контраста, 1,06 раза при повороте (т.о. выигрыш, как правило, превышает проигрыш).

Заключение

Рассмотрен метод PBCS&CR сегментации и компактного многомасштабного представления изображений на основе прогрессивной обратной кластеризации. Сущность метода состоит в древовидной кластеризации однородных по яркости областей пикселей и формировании множества кратномасштабных кластерных образов исходного изображения, присвоении номеров кластеризованным однородным областям на всех уровнях кратномасштабного представления исходного изображения и поиске избыточных границ однородных областей, объединении соседних однородных по яркости кластеризованных областей. Приведены результаты оценки эффективности адаптивного двухпорогового квантования в сравнении с однопороговым квантованием для сегментации полутоновых изображений с использованием метода PBCS&CR. Показано, что адаптивное двухпороговое квантование по сравнению с равномерным квантованием обеспечивает повышение стабильности по площади сегментов до 1,48, 1,84, 1,1 раза и по числу сегментов до 1,71, 1,84, 1,05 раза при изменении яркости, контраста и повороте соответственно.

ADAPTIVE TWO-THRESHOLD QUANTIZATION AND IMAGE SEGMENTATION BASED ON THE SPLITTING AND MERGING AREAS

O.M. ALMIAHI, V.Yu. TSVIATKOU, V.K. KANAPELKA, O.V. GUSEVA

Abstract

The results of evaluating the effectiveness of the adaptive two-threshold quantization in comparison with one-threshold quantization for segmentation of gray-scale images using a modified method of separation and merging of areas based on progressive backward clustering are presented.

Keywords: image segmentation, quantization, region growing, splitting and merging areas.

Список литературы

1. Singh K.K., Singh A. // International Journal of Computer Science Issues. 2010. Vol. 7. № 5. P. 414–417.
2. Muhsin, Z.F., Rehman A., Altameem A. et. al // The Imaging Science Journal. 2014. Vol. 62. № 1. P. 56–62.
3. Chang J.H., Fan K.C., Chang Y.L. // Image and Vision Computing. 2002. № 20. P. 203–216.
4. Halder A., Kar A., Pramanik S. // 4th International Conference on Electronics Computer Technology. January 2012. P. 585–589.
5. Delon J., Desolneux A., Lisani J. et. al // IEEE Transactions on Image Processing. 2007. Vol. 16, № 1. P. 253–261.
6. Raju P.D.R., Neelima G. // IJCSET. 2012. Vol. 2, № 1. P. 776–779.
7. Альмияхи О.М., Цветков В.Ю., Макейчик Е.Г. // Докл. БГУИР. 2015. № 6 (92). P. 48–54.