

МЕТОД И АЛГОРИТМЫ РЕАЛИЗАЦИИ АДАПТИВНО-ДИНАМИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Зайцева А.А.

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

СПИИРАН, 14-я линия ВО, д. 39, Санкт-Петербург, 199178

<<http://sial.ias.spb.su>>

УДК 004.6:004.7

Зайцева А.А. Метод и алгоритмы реализации адаптивно-динамической сегментации изображений.

Аннотация. В статье рассмотрен метод адаптивно-динамической сегментации изображений и приведено его теоретическое обоснование. Предложены варианты алгоритмов реализации метода, приведены преимущества и недостатки каждого из алгоритмов. — Библ. 5 назв.

UDC 004.6:004.7

Zaitseva A. A. The method of adaptive dynamic segmentation of images and algorithms of its realization.

Abstract. . This paper considers the adaptive dynamic segmentation of images method and its theoretical basis is given. The variants of method realization algorithms are suggested with advantages and disadvantages consideration of each. — Bibl. 5 items.

Для эффективной обработки, передачи и компактного хранения видеоданных существуют различные форматы их представления.

Применительно к изображениям большинство существующих форматов их хранения основаны на априорном задании качества. Другим общим свойством этих форматов является построчная загрузка изображения (при передаче или воспроизведении). Проблема заключается в том, что в большинстве алгоритмов компрессии качество изображения при сжатии с потерями должно задаваться априорно.

Для решения этой проблемы в основе семантической компрессии предлагается использовать метод, основанный на иерархическом представлении двумерного потока данных и адаптивно-динамической сегментации (АДС) [1].

В зависимости от типа решаемой задачи виды структуризации и их программная реализация опираются на выявление параметрических оценок для критерия ε -тождественности. С точки зрения рекурсивно-фрактального подхода семантические

составляющие информационного объекта проявляются через итерационный процесс АДС. При обработке изображений и видео структуризация основана на выявлении понятийных фрагментов из двух- или трехмерной структуры представления данных [2].

Метод адаптивно-динамического представления видеоданных вытекает из итерационно-функциональной математической модели (теорема о коллаже) [3].

Теорема. Пусть I – непустое компактное множество (исходное изображение); T_1, T_2, \dots, T_m – сжимающие отображения с коэффициентами сжатия s_1, s_2, \dots, s_m соответственно; E – аттрактор итерационно-функциональной системы (ИФС), связанной с этими отображениями, и $s = \max\{s_1, s_2, \dots, s_m\}$. Тогда, если для некоторого $\varepsilon > 0$ выполняется неравенство

$$H\left(I, \bigcup_{i=1}^m T_i(I)\right) < \varepsilon,$$

то

$$H(I, E) < \frac{\varepsilon}{1-s}.$$

Это формализованный критерий останова, т.е. близости исходного и фрагментарного изображений.

«Точка» x_0 – исходный информационный объект (изображение) I , «неподвижная точка» x_f – аттрактор E , а $d(x_0, x_1)$ – метрика Хаусдорфа – есть не что иное, как оператор формирования подмножеств (фрагментарных слоев)

$$H\left(I, \bigcup_{i=1}^m T_i(I)\right),$$

отсюда следует, что теорема о коллаже справедлива лишь при $I \in \mathbf{R}^n$ [4].

Реально исходные изображения, несущие семантико-смысловую информацию, не являются подмножествами \mathbf{R}^n .

Теоретически математическая модель (коллажа) оптимальна для выявления подмножеств T_i , однако в соответствии с критерием $d(x_0, x_1)$ (метрикой Хаусдорфа) «похожесть» исходного изображения и коллажа лишь одинаковая фрактальная размерность без специфики форм, вида и семантики исходного изображения.

Общая схема адаптивно-динамической сегментации [3].

При $\varepsilon = 0$ имеем исходное попиксельное представление изображения, увеличивая значение ε , от «пиксельного» представления переходим к «послойному». Каждый слой отражает ε -тождественность по отношению к исходному. Заданное значение ε несет

качественную характеристику «заглубления» исходного изображения объединением значений пикселей в сегменты (по слоям) в соответствии с уровнем ε .

Пусть исходное изображение I^* представлено в виде матриц пикселей размером $a \times b$. Алгоритм выполняет несколько разбиений исходного изображения на фрагменты:

$$I = \bigcup_{p \in D_m} F_p.$$

Каждый фрагмент m -го разбиения обозначается как F_p^m . Первый уровень разбиения представляет собой множество $L_1 = \{F_p^1\}$, в котором каждый фрагмент F соответствует отдельному пикселу $|L_1| = ab$.

Из механизма построения разбиений очевидно, что

$$|L_i| > |L_{i+1}|$$

$$|L_{255}| = 1$$

Для каждого $p \in D_m$ существует $q \in D_{m+1}$, такой что $F_p^m \subset F_q^{m+1}$.

Этот алгоритм похож на подобие теоремы о коллаже; его критерий останова АДС – это семантический поиск при $\max \varepsilon$, не требующий полного перебора при $\varepsilon \rightarrow 0$.

Величины $\langle |L_1|, |L_2|, \dots, |L_{255}| \rangle$ имеют степенной закон распределения измеряемых параметров пикселей.

Для описанного алгоритма возможна следующая интерпретация. Выбирается на изображении любая точка (пиксел) и, начиная с нее, расплывается «чернильное» пятно, последовательно захватывая соседние точки, если их перепад яркости не превышает некоторый заданный порог ε (критерий ε -неразличимости). В результате формируются фрагменты однородной яркости. Совокупное множество фрагментов не зависит от выбора начальных точек, а определяется выбором последовательности устанавливаемых порогов. Исходное изображение ε равно нулю; единственный фрагмент определяет наибольший порог ε (перепад яркости). Итеративно меняя значение ε , изображение разбивается на множество фрагментов, адаптивно выявляя соответствующие семантические компоненты. Внутри каждого фрагмента проводится осреднение по яркости, и цикл обработки повторяется до тех пор, пока на изображении все локальные яркостные перепады не превысят ε . Затем порог ε увеличивается и процедура повторяется.

Для произвольного изображения по результатам АДС становится возможным построение дерева АДС (семантического дерева) – рис.1.

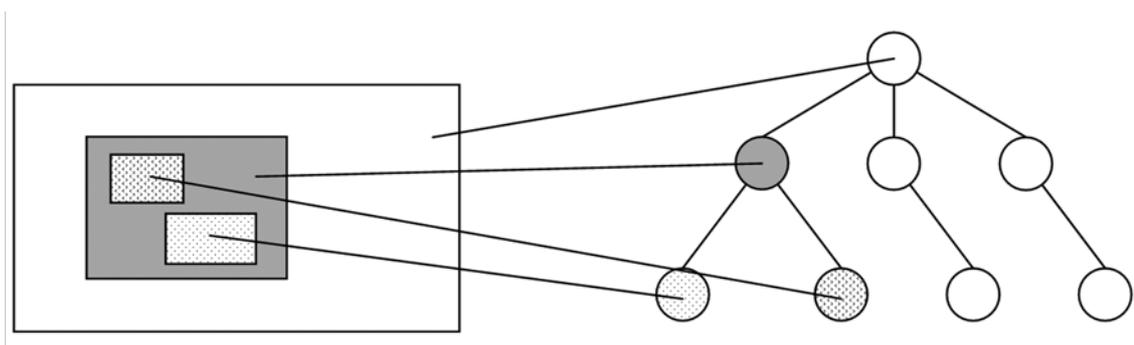


Рис. 1. Соответствие областей, полученных при АДС, узлам семантического дерева.

Возможны несколько вариантов реализации идеи АДС:

Нисходящая сегментация

Дерево выстраивается, начиная от корневого узла (ϵ принимает максимальное значение, все изображение состоит из 1 фрагмента) и последовательным итеративным уменьшением значения ϵ [5].

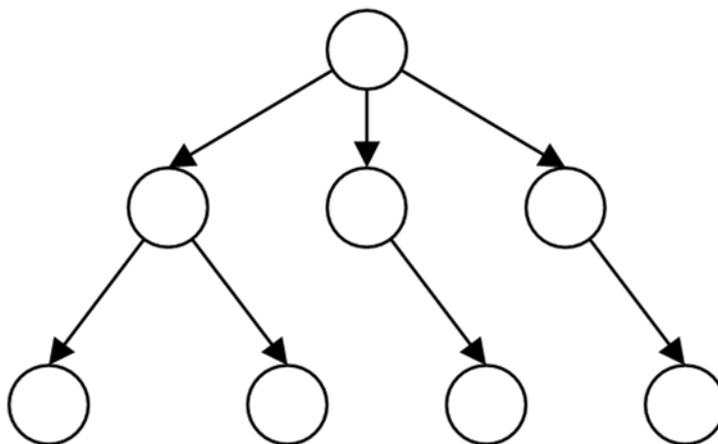


Рис. 2. Пример формирования дерева АДС для нисходящей сегментации.

Процедура нисходящей сегментации производится в следующей последовательности: для заданного начального значения ϵ производится объединение в сегмент пикселей, удовлетворяющих критерию ϵ -неразличимости. Каждый сегмент помечается уникальным идентификатором и для него создается новый узел дерева. Затем процедура рекурсивно повторяется для каждого сформированного сегмента, при этом все узлы сегмента становятся потомками узла, соответствующего сегменту предыдущего уровня ($\epsilon + \Delta\epsilon$) и объединяющего сегменты-потомки.

Достоинства алгоритма: простота построения дерева, возможность реализации в виде простой рекурсивной процедуры.

Недостатки: возможны искажения полученного результата за счет упрощения построения дерева.

Восходящая сегментация

Сегментация начинается с терминальных узлов дерева (ϵ принимает минимальное значение, количество фрагментов максимально) [3].

Процедура восходящей сегментации итеративно повторяется с увеличением значения ϵ : производится объединение в сегмент пикселов, удовлетворяющих критерию ϵ -неразличимости, каждой области присваивается уникальный идентификатор и узел дерева с пометкой номера итерации (уровня сегментации). При этом на каждом уровне сегментация повторяется на всем множестве пикселов без учета разбиения предыдущего уровня. После завершения сегментации для каждого узла, начиная с корневого (значение ϵ максимально) определяются узлы-потомки по критерию вхождения большего числа пикселов сегмента, соответствующего узлу-потомку в сегмент, соответствующий узлу-предку.

Достоинства алгоритма: простота реализации итеративной процедуры для случая, когда нужен результат проведения АДС на изображении и не требуется построение семантического дерева.

Недостатки: Недостаток восходящей сегментации заключается в сложности восстановления семантического дерева при объединении сегментов (поиске родительского узла).

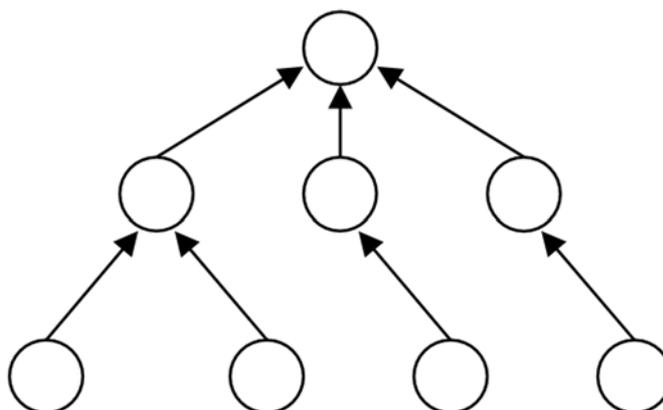


Рис. 3. Пример формирования дерева АДС для восходящей сегментации.

В случае применения различных реализаций АДС могут быть получены различные результаты (рис. 4).

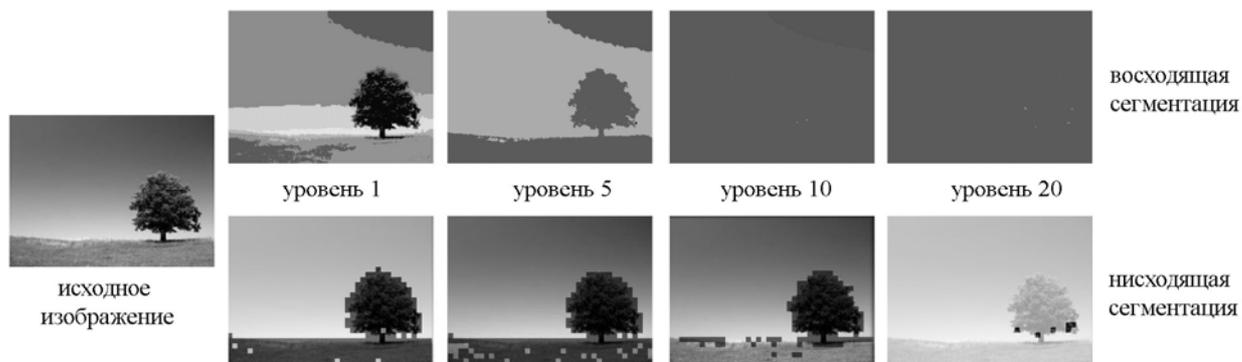


Рис. 4. Пример работы алгоритмов для тестового изображения

Литература

1. Александров В. В., Горский Н. Д. Представление и обработка изображений: рекурсивный подход. Л.: Наука, 1985. — 190 с.
2. Кулешов С.В., Зайцева А.А. Селекция и локализация семантических фрагментов - "Информационно-измерительные и управляющие системы", №10, т.6, 2008. — С. 88-90.
3. Александров В. В., Кулешов С. В., Цветков О. В. Цифровая технология инфокоммуникации. Передача, хранение и семантический анализ текста, звука, видео. — СПб.: Наука, 2008. — 244 с.
4. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. — М.: Постмаркет, 2000. — 322 с.
5. Кулешов С.В., Зайцева А.А., Аксенов А.Ю. Ассоциативно-пирамидальное представление данных. — «Информационно-измерительные и управляющие системы», №4, т.6, 2008. — С. 14–17.