

Сглаживание цветных изображений при сохранении контуров на основе анализа расстояний в цветовом пространстве

Чочиа П. А.

chochia@iitp.ru

Москва, Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН

Во многих задачах анализа и распознавания видеоинформации, таких, как обнаружение, различение объектов, сегментация и др., возникает необходимость сглаживания изображения при сохранении контурных (яркостных и цветовых) перепадов между отдельными объектами. В большинстве алгоритмов сглаживания [1] данная процедура рассматривается как устранение шума на изображении; среди них медианный фильтр, адаптивный линейный фильтр, метод масок, метод сглаживания по выборочным соседям, сглаживание, обратное градиенту, сигма-фильтр [2] и др. Но во всех случаях предполагается, что сглаживание происходит по небольшой локальной окрестности обрабатываемого элемента со стороны размерами в несколько элементов, тогда как зачастую требуется сглаживание по значительно большей площади, размерами в десятки элементов. Большинство указанных методов при этом оказываются неприменимыми.

Различие задач сглаживания по окрестности малого или большого размера показано в работе [3], где для анализа используется двухмасштабная модель изображения [4]. Там же [3] предложен метод сглаживания монохромного изображения, использующий двухэтапный алгоритм получения оценки среднего: сначала осуществляется оценивание по небольшой окрестности, а затем, уже используя полученное значение, происходит сглаживание по большому фрагменту. Для оценивания значения среднего там предлагается использовать методы порядковой статистики, использующие распределение значений элементов по локальной окрестности, в частности, сигма-фильтр [2].

Такой подход существенно использует одномерность распределения значений элементов и возможность выстроить данные значения в вариационный ряд, а поэтому может быть применен исключительно к монохромным изображениям. Если же исходными данными является многомерный сигнал (цветное изображение), то прямое использование методов порядковой статистики в многомерном пространстве распределения значений элементов невозможно. В таких случаях используют некоторые паллиативы; например, раздельное сглаживание по цветовым компонентам *RGB*. Однако такой вариант не может считаться полностью удовлетворительным.

Предлагается использовать несколько другой подход к трактовке методов, основанных на порядковых статистиках, путем введения *расстояния* $R(x, y)$ между точками x и y в пространстве значений. При этом вместо термина *интервал* (например, величиной $\pm\delta$), используемого в различных алгоритмах фильтрации (в частности, в сигма-фильтре), будем говорить о множестве точек, отстоящих от x на расстояние не более чем δ . Это позволяет ввести *метрику* на пространстве значений элементов. В принципе, пространство может быть и неоднородным, т. е. возможно, что $R(x, x + \delta) \neq R(y, y + \delta)$, если $x \neq y$. По существу такой подход является обобщением многих алгоритмов, в классической формулировке которых используется интервал в вариационном ряду значений исходных данных.

Переход от интервала значений к расстоянию в пространстве распределения позволяет расширить применение многих методов порядковой статистики и перейти от одномерного распределения к многомерному распределению. Для этого достаточно лишь задать способ вычисления расстояния $R(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ между парами точек в многомерном пространстве распределения значений, задаваемых векторами \mathbf{x} и \mathbf{y} , а также, если возможно, задать метрику в этом пространстве. Такой подход также снимает ограничения на возможность использования исключительно пространств, основанных на яркостно-цветовых значениях элементов (*RGB* или аналогичных). Вместо этого становится возможным использование и более удобных для описания цвета пространств, в которых яркостная и цветовая информация разделены, таких, например, как *BHS*, *Lab*, *Luv*, или других. Неоднородность пространства при этом может быть как в отношении яркостной, так и цветовой составляющих; так, например, можно использовать известные данные МакАдама о различимости цветовых оттенков [5].

Такая интерпретация интервала через максимально возможное расстояние позволяет модифицировать предложенный в [3] алгоритм сглаживания, обеспечивающий сохранение контурных перепадов, следующим образом. Для обрабатываемого элемента со значением \mathbf{x}_0 рассматриваются последовательно два окружающих его множества элементов: малое (окрестность) M_1 и большое (фрагмент) M_2 с числом элементов M_1 и M_2 соответственно. Первоначально выбирается набор элементов $\mathbf{y}_1, \dots, \mathbf{y}_N$ окрестности M_1 ($N < M_1$) с центром \mathbf{x}_0 таких, что $R(\mathbf{x}_0, \mathbf{y}_n) \leq \delta_1$, где δ_1 — задаваемая величина максимально допустимого расстояния. Если оказывается, что $N < N_{\min 1}$, т. е. меньше некоторого заданного минимального числа элементов, то δ_1 увеличивается так, чтобы в это множество попадало не менее $N_{\min 1}$ элементов. По выбранному множеству $\mathbf{y}_1, \dots, \mathbf{y}_N$ находится среднее значение \mathbf{S}_1 , которое есть

результат сглаживания по окрестности. Затем \mathbf{S}_1 выступает в качестве центра сгущения для элементов большого фрагмента M_2 . Аналогично выбирается набор элементов $\mathbf{y}_1, \dots, \mathbf{y}_N$ фрагмента M_2 ($N < M_2$) с центром \mathbf{S}_1 таких, что $R(\mathbf{S}_1, \mathbf{y}_n) \leq \delta_2$, где δ_2 — максимально допустимое расстояние для фрагмента. Если оказывается, что $N < N_{\min 2}$, т. е. меньше некоторого заданного минимального числа элементов, то δ_2 увеличивается так, чтобы в это множество попадало не менее $N_{\min 2}$ элементов. По второму выбранному множеству $\mathbf{y}_1, \dots, \mathbf{y}_N$ находится среднее значение \mathbf{S}_2 . Это значение считается результатом сглаживания по фрагменту и записывается в соответствующую точку изображения вместо первоначального значения.

Пример сглаживания цветного изображения показан на рисунке (слева исходное, справа сглаженное изображение). Размеры изображения составляют 512×512 элементов, размеры малой окрестности — 3×3 элементов, размеры большого фрагмента — 15×15 элементов.



Литература

- [1] Mastin G. A. Adaptive Filters for Digital Image Noise Smoothing: An Evaluation // *Comp. Vision, Graphics, Image Proc.* — 1985. V. 31, № 1. — Pp. 103–121.
- [2] Lee J. S. Image Smoothing and the Sigma Filter // *Computer Vision, Graphics, Image Processing.* — 1983. V. 24, № 2. — Pp. 255–269.
- [3] Чочиа П. А. Сглаживание изображения при сохранении контуров // *Кодирование и обработка изображений.* — М.: Наука, 1988. — С. 87–98.
- [4] Чочиа П. А. Двухмасштабная модель изображения // *Кодирование и обработка изображений.* — М.: Наука, 1988. — С. 67–87.
- [5] MacAdam D. L. Visual sensitivities to color differences in daylight // *J. Opt. Soc. Am.* — 1942. V. 32, № 5. — Pp. 247–274.