

## 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  $\delta$ . 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  $\delta_1$  — задаваемая величина максимально допустимого расстояния. Если оказывается, что  $N < N_{\min 1}$ , т. е. меньше некоторого заданного минимального числа элементов, то  $\delta_1$  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  $\delta_2$  — максимально допустимое расстояние для фрагмента. Если оказывается, что  $N < N_{\min 2}$ , т. е. меньше некоторого заданного минимального числа элементов, то  $\delta_2$  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  $512 \times 512$  элементов, размеры малой окрестности —  $3 \times 3$  элементов, размеры большого фрагмента —  $15 \times 15$  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.