

ПРИМЕНЕНИЕ ЛОКАЛЬНОГО МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ФИЛЬТРА ПРИ АНАЛИЗЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Богданов И.В., Чуличков А.И.

119899, Москва, Воробьевы горы, МГУ, физический факультет, каф. компьютерных методов физики, тел.(095) 939 4178, FAX (095) 939 1332, e-mail biv@iss.ru

На основе анализа математической модели формирования изображения видеосистемой с задержкой формирования нечетных строк развертки предлагается локальный морфологический фильтр для поиска и выделения фрагмента изображения, искаженного быстрым движением объекта.

В целом ряде устройств формирования изображений принят стандарт, в котором кадр формируется в два этапа – сначала создаются нечетные строки кадра, а потом – четные. Если характерное время изменения изображаемых сцен больше времени формирования кадра, это не оказывает заметного влияния на качество снимка. Иное дело, когда в сцене присутствует быстро движущийся объект: тогда нечетные строки фиксируют положение объекта в момент времени t , а четные – в момент времени $t+t_{\text{кадра}}/2$, где $t_{\text{кадра}}$ – время формирования кадра, в результате четные строки содержат изображение объекта, сдвинутое относительно нечетных, и изображение объекта выглядит «полосатым», см. рис.1. Способ борьбы с такими искажениями состоит в поиске фрагментов изображения, на которой четные и нечетные строки сдвинуты одна относительно другой, и сдвиге либо замене четных строк на нечетные. Такие фрагменты будем называть «областью искажений».

В данной работе предлагается морфологический метод поиска фрагментов изображения, на которых четные строки сдвинуты относительно нечетных. Идея метода состоит в том, что обычно на изображениях соседние строки мало отличаются одна от другой по форме [1-2]; если же речь идет об областях искажений, то похожими оказываются не соседние строки, а расположенные через одну, в то время, как строка, находящаяся между ними, не похожа ни на верхнюю, ни на нижнюю. Так как речь идет о поисках фрагментов изображения, используется понятие локальной формы [3].

Модель изображения

Пусть изображение задано в виде набора N сигналов (векторов-строк) $\xi_i(x), x \in X, i=1, \dots, N$, так, что $\xi_i(x)$ есть значение яркости в точке x i -ой строки изображения ξ_i . Будем считать, что на неискаженной области для любого значения $x \in X$ найдется такая его окрестность, что в ней три соседние строки изображения мало отличаются между собой. Отличие строк будем оценивать с точки зрения формы сигнала $\xi_i(x), x \in X$; поскольку речь идет о форме локального фрагмента сигнала $\xi_i(x)$, обратимся к понятию формы изображения на подмножестве X . (формы фрагмента изображения), [3].

Форма изображения на подмножестве поля зрения

Определение. Пусть \mathbf{F} – класс функций, определенных и принимающих значения на действительной прямой, \mathbf{F}_f – подкласс \mathbf{F} , выделенный условием $\mathbf{F}_f = \{F(\cdot) \in \mathbf{F}, F(f(\cdot)) \in L_2(X)\}$. Формой сигнала $f(\cdot) \in L_2(X)$ назовем множество $\tilde{V}_f = \{F(f(\cdot)), F(\cdot) \in \mathbf{F}_f\}$

Далее класс \mathbf{F}_f выбирается так, чтобы \tilde{V}_f было выпукло и замкнуто в $L_2(X)$, тогда эквивалентным является определение формы сигнала как проектора P_f в $L_2(X)$ на \tilde{V}_f .

Пусть H – некоторое подмножества X , $\chi_H(\cdot)$ – индикаторная функция подмножества H , и $f_H(\cdot) = f(\cdot)\chi_H(\cdot)$ – фрагмент сигнала f на подмножестве H .



Рис.1

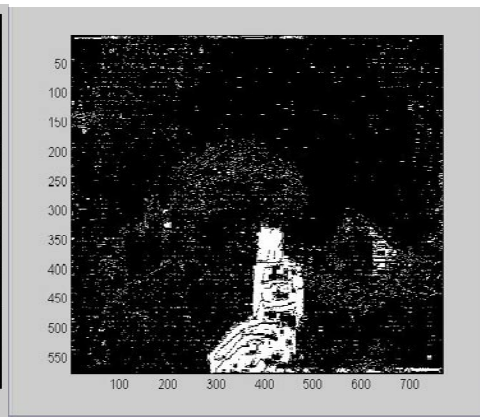


Рис.2

Определение. Формой сигнала f на H называется проектор P_{f_H} в $L_2(X)$ на множество сигналов, форма которых не сложнее, чем форма сигнала вида $\tilde{f} = f(\cdot)\chi_H(\cdot) + \varphi(\cdot)(1 - \chi_H(\cdot))$, где $\varphi(\cdot) \in L_2(X)$ – произвольный сигнал.

Иными словами, форма сигнала на H определяется как множество сигналов, форма фрагмента которых на H определена сигналом $f_H(\cdot)$, а форма фрагмента на дополнении к H (на фоне) произвольна, или как проектор P_{f_H} на это множество.

Фрагмент заданной формы на предъявленном для анализа сигнале ξ будет обнаружен, если $P_{f_H} \xi = \xi$.

Определение. Сигнал ξ на подмножестве H не сложнее по форме, чем сигнал f_H , если $P_{f_H} \xi = \xi$; этот факт обозначим $\xi \prec_H f_H$.

На практике важен случай подвижного множества H . Пусть G – группа преобразований числовой оси, и G_H – множество преобразований из G , таких, что gH полностью содержится в области X , если $g \in G_H$. Обозначим

$$f_g(x) = \begin{cases} f(g^{-1}x), & \text{если } g^{-1}x \in X, \\ 0, & \text{если } g^{-1}x \notin X, \end{cases}$$

тогда сигнал $f_g^{gH} = \chi_{gH} f_g$ можно рассматривать как фрагмент сигнала f_g на подмножестве $gH \subset X$.

Определение. Сигналы ξ и η будем называть сравнимыми по форме на фрагменте gH , если либо $\xi_g^{gH} \prec_{gH} \eta_g^{gH}$, либо $\eta_g^{gH} \prec_{gH} \xi_g^{gH}$

Поиск области искажений

Поиск искаженной области можно представить как отыскание множеств gH , на которых строки $\xi_{i-1,g}^{gH}$ и $\xi_{i+1,g}^{gH}$ сравнимы между собой по форме, и среди всех таких фрагментов выделения тех, для которых средняя строка $\xi_{i,g}^{gH}$ не похожа по форме на $\xi_{i-1,g}^{gH}$ и $\xi_{i+1,g}^{gH}$.

Обозначим P_{gH} проектор на множество сигналов, для которых на подмножестве gH строки $\xi_{i-1,g}^{gH}$ и $\xi_{i+1,g}^{gH}$ сравнимы по форме между собой, и R_{gH} – проектор на множество изображений, которые на подмножестве gH обладают тем свойством, что сравнимы по форме сигналы $\xi_{i-1,g}^{gH}$, $\xi_{i,g}^{gH}$ и $\xi_{i+1,g}^{gH}$. Тогда, очевидно, $R_{gH}P_{gH} = P_{gH}R_{gH} = R_{gH}$. Изображение $(I - P_{gH})\xi$ в рамках принятой модели должно быть достаточно мало по норме, оно определяет отличие по форме сигналов $\xi_{i-1,g}^{gH}$ и $\xi_{i+1,g}^{gH}$. Изображение $P_{gH}(I - R_{gH})\xi$ ортогонально к $R_{gH}\xi$ и равно нулю лишь в неискаженной области.

Это означает, что детектором искаженной области является величина отношения

$$t(\xi, g) = \frac{\|P_{gH}(I - R_{gH})\xi\|^2}{\|R_{gH}\xi\|^2}. \quad (1)$$

Чем меньше это отношение, тем более подмножество gH похоже на фрагмент искаженной области.

Значения $t(\xi, g)$ в зависимости от положения фрагмента gH на области задания изображения приведены на рис.2. Этот результат свидетельствует о том, что принятие решения в пользу наличия искажений можно производить выбором порогового значения для функционала (1).

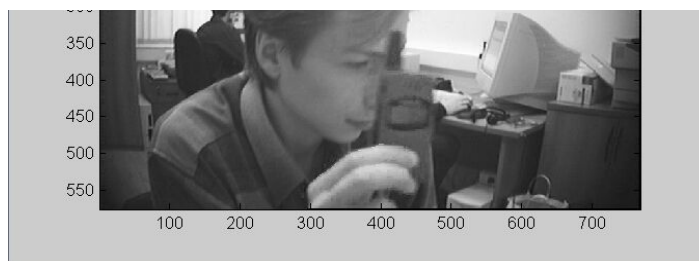


Рис. 3

Заметим, что отношение $t(\xi, g)$ является максимальным инвариантом преобразований, комбинирующих увеличение яркости и контраста изображения ξ , ортогональные преобразования, оставляющие неизменными области значений операторов R_{gH} и P_{gH} и аддитивные добавки из ортогонального дополнения к пространству значения оператора P_{gH} . Заметим, что ровно к этим преобразованиям инвариантна рассматриваемая модель изображения.

На рис. 3 представлен результат работы метода.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 02-01-00579.

Список литературы

1. Пытьев Ю.П. Морфологический анализ изображений. Докл. АН СССР. - 1983. - Т.269, N 5. - С. 1061-1064.
2. Pyt'ev Yu.P. Morphological Image Analysis. – Pattern Recognition and Image Analysis. V.3. No 1. 1993, pp. 19-28.
3. Пытьев Ю.П. Задачи морфологического анализа изображений. В сб. «Математические методы анализа природных ресурсов Земли из Космоса». М.:Наука. 1984.