

Е.В. Пугин, А.Л. Жизняков

Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: egor.pugin@gmail.com

Нелинейная фильтрация импульсного шума на изображениях с использованием нечёткого представления пикселей

Важной задачей при обработке изображений является их предварительное улучшение. На этом этапе устраняют различные шумы, дефекты, артефакты, полученные в результате съёмки, либо стремятся свести к минимуму их влияние. Фильтрация является одним из методов улучшения изображений. В ходе фильтрации необходимо минимизировать значение шума и максимизировать значение полезного сигнала.

В настоящее время актуальным направлением в цифровой обработке изображений является использование когнитивных технологий, таких как нейронные сети, теории нечёткой логики и нечётких множеств [3]. Как и в других методах, при обработке используют характерные признаки изображений [1,2]. В случае нечёткой обработки, с применением теории нечётких множеств, переходят от обычных к нечётким признакам изображения.

Рассмотрим модель цифрового изображения $F(x,y)$ с аддитивным шумом $v(x,y)$:

$$F(x,y) = R(x,y) + v(x,y),$$

где $R(x,y)$ – реальный уровень интенсивности точки. Для того чтобы перейти к нечёткому представлению изображения $U(x,y)$ воспользуемся выражением:

$$U(x,y) = \mu(F(x,y)),$$

где $\mu(F(x,y))$ – некоторая функция принадлежности точки с координатами (x,y) значению интенсивности $F(x,y)$.

Алгоритм фильтрации

В общем виде предлагаемый алгоритм нелинейной фильтрации представляет собой комбинацию некоторого известного метода с добавлением стадий нечёткой обработки изображений:

1. Вначале на исходное зашумленное изображение F_n применяется выбранная известная процедура фильтрации O_{filt}

$$F_{filt} = O_{filt}[F_n],$$

где F_{filt} – отфильтрованное изображение.

2. Затем получают нечёткое представление изображения U , описанное ранее:

$$U = O_u[F_{filt}],$$

где $O_u[\cdot]$ – оператор получения нечёткого представления изображения.

3. Для получения результирующего изображения F_u следует воспользоваться выражением

$$F_u(x,y) = \begin{cases} F(x,y), & U(x,y) > \alpha, \\ F_{filt}(x,y), & U(x,y) \leq \alpha, \end{cases}$$

где $\alpha \in [0,1]$ – некоторый порог или α -срез функции принадлежности μ , который выбирается произвольным способом.

Нелинейность метода основывается на использовании π -функции для получения нечёткого представления изображения. При этом допустимо использование других функций, а их свойства будут определять поведение алгоритма. В случае применения основного линейного метода фильтрации и линейной функции принадлежности алгоритм также становится линейным.

Использование α -среза функции принадлежности позволяет отобрать некоторые «доверенные» точки ($U(x,y) > \alpha$), значение яркости которых считается соответствующим реальному уровню. Данные точки попадают на результирующее изображение без изменений. В противном случае берётся отфильтрованное базовым способом значение яркости. В системах, использующих нечёткую логику в качестве альтернативы α -среза можно использовать лингвистические переменные. Например, определить переменную «уровень доверия» и её значения — «небольшой», «средний» и «высокий».

Таким образом, алгоритм основывается на том, что зашумлённые точки переносятся на результирующее изображение с учётом результатов фильтрации, а точки, прошедшие отбор α -срезом функции принадлежности, остаются без изменений. Это позволяет избавиться от ограничений методов, обрабатывающих каждую точку изображения, где помимо сглаживания шума могут появляться смазы и размытия не подверженных шуму участков.

Тестирование

Для проверки работы алгоритма воспользуемся следующей методикой. Подвергнем исходные изображения влиянию отдельно случайного импульсного шума «соль и перец». В качестве методов фильтрации будем использовать усредняющий фильтр с нормализацией, гауссов фильтр, медианный фильтр.

Для оценки результатов воспользуемся пиковым отношением сигнала к шуму (англ. PSNR). Основные данные экспериментов сведены в табл. 1.

В задаче фильтрации импульсного шума наилучшие результаты показывает вариант алгоритма, использующий медианный фильтр. Для других базовых методов фильтрации предлагаемый подход также показал более качественные результаты.

Видно, что помимо удаления шума медианный фильтр сгладил многие имеющиеся детали, в то время как предлагаемый подход сохранил основную их часть. Ощутимый рост качества при минимальных размерах окна позволяет сделать вывод о применимости разработанного метода в задачах фильтрации импульсного шума. При больших размерах окна снижаются качество и производительность алгоритма.

Таблица 1 — Результаты фильтрации импульсного шума, изобр. Лена

р-р окна	усредняющий фильтр, дБ	гауссов фильтр, дБ	медианный фильтр, дБ	предлагаемый подход, дБ	прирост
3	23.58	25.93	29.85	37.69	26.2%
5	25.69	26.28	31.77	34.91	9.87%
7	25.66	24.78	34.32	32.22	-6.11%
9	25.23	26.09	28.59	30.55	6.87%
11	23.61	22.85	26.86	29.37	9.31%
13	24.68	25.97	27.65	28.39	2.65%
15	24.13	25.55	26.16	27.53	5.22%
ср.	24.65	25.35	29.32	31.52	7.72%

Предлагаемый алгоритм показал свою эффективность при фильтрации импульсного шума на изображениях. В ходе исследования выявлено, что использование медианного фильтра для получения нечёткого представления изображения и дальнейшей фильтрации импульсного шума даёт наилучшие результаты по сравнению с другими фильтрами. В этом случае предлагаемый подход позволяет повысить качество отфильтрованного изображения на величину около 26%.

Главной особенностью алгоритма является использование нечёткой модели изображения, основанной на нечётких пикселях. Данный подход является перспективным, так как позволяет сохранять детали изображения. В дальнейшем он может быть улучшен до использования нечётких множеств второго и более высоких типов при формировании нечёткого представления изображения.

Литература

1. Садыков, С.С. Методы и алгоритмы выделения признаков объектов в СТЗ/С.С. Садыков, Н.Н. Стулов. – М.: Горячая линия. - Телеком, 2005. – 204 с.
2. Pugin E. V., Zhiznyakov A. L. Classification of features of image sequences // ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. — 2015. — May. — Vol. XL-5/W6. — P. 79–81.
3. Zadeh L. A. Fuzzy sets // Information and Control. — 1965. — Т. 8, №. 3. — С. 338–353.