Толстунов В.А.

Гармонический фильтр с обобщенным гауссовским весом

Кемеровский Государственный университет
(Россия, Кемерово)

doi:10.18411/lj-11-2018-164

idsp: lj-11-2018-164

Аннотация

Предлагается алгоритм цифрового сглаживающего гармонического фильтра с обобщенными весами. Приведены результаты цифрового моделирования работы данного фильтра.

Ключевые слова: Сглаживающий фильтр, мешающий шум, погрешность фильтрации, цифровое моделирование.

Для удаления аддитивных шумов широко используются фильтры взвешенного усреднения. Как правило, весовые коэффициенты таких фильтров являются константами [1, с.185]. Такие фильтры хорошо удаляют аддитивные гауссовский шум и слабый импульсный шум. При удалении интенсивного импульсного шума существенно лучшие результаты показывают фильтры, весовые коэффициенты которых зависят от отсчетов входного сигнала [2, с.130], [3, с.39]. В этом случае для гармонического фильтра порядка s размером апертуры $m \times n$, выходной сигнал y_{kl} имеет вид

$$y_{kl} = \left(\frac{\sum_{i=k-(n-1)/2}^{k+(n-1)/2} \sum_{j=l-(m-1)/2}^{l+(m-1)/2} f(x_{ij})}{\sum_{i=k-(n-1)/2}^{k+(n-1)/2} \sum_{j=l-(m-1)/2}^{l+(m-1)/2} \frac{1}{x_{ij}^s} f(x_{ij})} \right)^{\frac{1}{s}}. \quad (1)$$

Здесь x_{ij} – отсчеты входного сигнала, $f(x_{ij})$ – весовая функция.

Рассмотрим частные случаи соотношения (1). Пусть $f(x) \equiv 1$, $s = 1$. Тогда получаем известный гармонический фильтр [1, с. 347]

$$y_{kl} = \frac{mn}{\sum_{i=k-(m-1)/2}^{k+(m-1)/2} \sum_{j=l-(n-1)/2}^{l+(n-1)/2} \frac{1}{x_{ij}}}. \quad (2)$$

Если $f(x) \equiv 1$, $s > 1$, то будем иметь гармонический фильтр s -го порядка [4, с. 165].

$$y_{kl} = \left(\frac{mn}{\sum_{i=k-(n-1)/2}^{k+(n-1)/2} \sum_{j=l-(m-1)/2}^{l+(m-1)/2} \frac{1}{x_{ij}^s}} \right)^{\frac{1}{s}} \quad (3)$$

Если весовая функция $f(x) = \exp(-\alpha x^2)$, $\alpha = \text{const} > 0$, $s = 1$, то соотношение (1) принимает вид

$$y_{kl} = \frac{\sum_{i=k-(n-1)/2}^{k+(n-1)/2} \sum_{j=l-(m-1)/2}^{l+(m-1)/2} \exp(-\alpha x_{ij}^2)}{\sum_{i=k-(n-1)/2}^{k+(n-1)/2} \sum_{j=l-(m-1)/2}^{l+(m-1)/2} \frac{1}{x_{ij}} \exp(-\alpha x_{ij}^2)} \quad (4)$$

Если весовая функция $f(x) = \exp(-\alpha x)$, $\alpha = \text{const} < 0$, $s = 1$, то будем иметь

$$y_{kl} = \frac{\sum_{i=k-(n-1)/2}^{k+(n-1)/2} \sum_{j=l-(m-1)/2}^{l+(m-1)/2} \exp(\alpha x_{ij}^2)}{\sum_{i=k-(n-1)/2}^{k+(n-1)/2} \sum_{j=l-(m-1)/2}^{l+(m-1)/2} \frac{1}{x_{ij}} \exp(\alpha x_{ij}^2)} - c \quad (5)$$

Константа c в (5) введена для регулировки яркости изображения.

Рассмотрим случай, когда на отсчеты полезного сигнала s_{ij} аддитивно накладываются гауссовский и импульсный шумы. При этом будем полагать, что гауссовский шум имеет нулевое математическое ожидание и дисперсию σ^2 . Импульсный шум может принимать три значения A , $-A$, 0 с вероятностями соответственно p , q , $1-p-q$. Результаты зашумления полезного сигнала, результаты фильтрации изображения размера $M \times N$ будем характеризовать соответственно величинами

$$R_0 = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |s_{ij} - x_{ij}|,$$

$$R = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N |s_{ij} - y_{ij}|.$$

Моделирование показало, что при удалении положительного импульсного шума для фильтров (4), (5) следует выбирать $\alpha \geq 25$. При удалении гауссовского шума хорошие результаты получаются при α близком к 0. При удалении отрицательного импульсного шума ($p=0$, $q>0$) удобно зашумленное изображение $x \in [0.1]$ изменить преобразованием $1-x$, затем профильтрованное изображение y привести к виду $1-y$. При этом значение параметра α остается таким же, как и при удалении положительного шума. Для фильтра (3) хорошие результаты получаются при $s \geq 35$.

В таблице 1 показаны зашумление и результаты удаления импульсного шума в зависимости от величины его вероятности фильтрами (2), (3), (4), (5), при этом были выбраны параметры $m = n = 3$, $\alpha = 25$, $q = 0$, $A = 80$, $\sigma = 0$, $s = 35$.

Таблица 1

Погрешности удаления импульсного шума в зависимости от p

Вероятность	0.2	0.4	0.6	0.8	1
Зашумление	0.063	0.125	0.188	0.251	0.314
Фильтр (2)	0.046	0.093	0.152	0.224	0.312
Фильтр (3)	0.027	0.027	0.031	0.070	0.296
Фильтр (4)	0.026	0.026	0.028	0.060	0.281
Фильтр (5)	0.122	0.077	0.070	0.068	0.0673
Константа c	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

В таблице 2 показаны результаты зашумления и удаления импульсного шума в зависимости от величины его амплитуды рассматриваемыми фильтрами при $m = n = 3$, $\alpha = 25$, $q = 0$, $p = 0.5$, $\sigma = 0$, $s = 35$.

Таблица 2

Погрешности удаления импульсного шума в зависимости от A

Амплитуда	40	80	120	160	200
Зашумление	0.078	0.157	0.236	0.314	0.392
Фильтр (2)	0.067	0.121	0.165	0.202	0.232
Фильтр (3)	0.027	0.027	0.028	0.028	0.028
Фильтр (4)	0.026	0.026	0.026	0.027	0.027
Фильтр (5)	0.041	0.033	0.027	0.027	0.028
Константа c	0.2	0.35	0.45	0.65	0.80

Как видно из данных таблиц, гармонический фильтр (5) существенно лучше других удаляет положительный импульсный шум при вероятности $p \geq 0.8$. Если $p < 0.8$, то лучшие результаты дает фильтр (4). Погрешности фильтров (3), (4), (5) мало зависят от амплитуды A и они лучше, чем погрешности фильтра (2). Моделирование показало, также, что при $\alpha = 0.00001$ погрешности удаления гауссовского шума фильтрами (2),(3),(4),(5) и медианным фильтром [1, с.345] близки.

На рисунке 1 показаны: a – исходное изображение, b – результат его зашумления ($A = 100$, $p = 0.9$, $q = 0$, $\sigma = 0$, $R = 0.353$), $в$ – выход фильтра (2) ($m = n = 3$, $R = 0.329$). На рисунке (2) показаны: (a) – результат удаления наложенного шума фильтром (3) ($m = 3$, $n = 3$, $R = 0.170$), ($б$) – результат удаления шума фильтром (4) ($m = 3$, $n = 3$, $\alpha = 25$, $R = 0.163$), ($в$) – результат удаления шума фильтром (5) ($m = 3$, $n = 3$, $\alpha = 25$, $R = 0.027$, $c = 0.4$).

Рис. 1. Исходное изображение, результаты зашумления и фильтрации.

Рис. 2. Результаты удаления шума фильтрами (3),(4),(5).

На рисунке 3 показаны: *a* – зашумленное изображение ($A=100, p=0, q=0.9, \sigma=0, R=0.353$), *б*– выход фильтра 2 ($m=3, n=3, R=0.324$). На рисунке (4) показаны: (*a*) – результат удаления наложенного шума фильтром (3) ($m=3, n=3, s=35, R=0.167$), (*б*)– результат удаления шума фильтром (4) ($m=3, n=3, \alpha=25, R=0.156$), *в* – выход фильтра (5) ($m=3, n=3, \alpha=25, R=0.028, c=0.4$).

На рисунке 5 показаны: *a* – результат наложения как положительного, так и отрицательного импульсных шумов ($A=100, p=0.5, q=0.5, \sigma=5, R=0.392$), *б*– результат удаления шума фильтром (4) ($m=3, n=3, \alpha=25, R=408.9$), (*в*) – результат удаления шума фильтром (5) ($m=3, n=3, \alpha=25, R=0.051, c=0.40$).

Таким образом, проведенные исследования показывают, что при удалении гармоническим фильтром аддитивного импульсного шума с вероятностями, $p < 0.8$, $q < 0.5$ следует использовать алгоритм (4), в противном случае – алгоритм (5).

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Толстунов В.А. Усредняющие фильтры с весовыми коэффициентами // Инновационная наука. – 2016. – Часть 2. – № 1. – С. 130 – 143.
3. Толстунов В.А. Сглаживающий фильтр с обобщенным гауссовским весом // Уфа: Символ науки. – 2018. – №1-2. – С. 39–43.
4. Толстунов В.А. Нелинейная фильтрация с помощью обобщенного сглаживающего фильтра // Вестник КемГУ, серия математика-Кемерово: Изд. КемГУ. – 2000. – вып. 4. – С. 165-171.

Бесимбаева О.Г., Тумабаева Д.А.

**Инновационные технологии лазерного сканирования, применяемые
в дорожном строительстве**

*Карагандинский государственный технический университет
(Республика Казахстан, Караганда)*

doi:10.18411/lj-11-2018-165

idsp: ljjournal-11-2018-165

Аннотация:

В данной статье рассматривается технология георадарно-лазерного сканирования автомобильных дорог при их строительстве и реконструкции. Данная технология позволяет контролировать толщину слоев дорожной одежды при строительстве, а также реконструкции автомобильных дорог. Дорожная одежда всегда рассчитывается таким образом, чтобы исключить необоснованный расход дорожно-строительных материалов, поэтому даже незначительное уменьшение расчетных проектных значений толщины слоев может привести к необеспеченности требований по прочности, морозоустойчивости и осушению. Применение электронных тахеометров при строительстве и реконструкции автомобильных дорог, позволяет производить контроль через каждые 20 метров, что не всегда точно можно проследить укладку дорожной одежды между пикетажами. Благодаря применению георадарно-лазерному сканированию контроль ведется непрерывно, получая облако точек на всем участке объекта.

Ключевые слова: Георадарно-лазерное сканирование, автомобильные дороги, дорожная одежда, лазерное сканирование, инженерные изыскания.

В настоящей статье рассматривается технология лазерного сканирования, применяемая на автомобильных дорогах. Благодаря данной технологии, проектирование автомобильных дорог стало менее затратным по сравнению с классическими методами, основываемые на тахеометрической съемке. Автомобильные дороги по всему миру настолько пестрят своим разнообразием, что принято их классифицировать на различные категории. Строительство новых дорог, а также ремонт старых финансируется из разной уровневой казны, в зависимости от того, какое назначение для неё планируется. Но это не должно пагубно сказываться на выполняемых работах, все дороги должны строиться на высоком уровне. Ведь от качества выполнения и использованных материалов непосредственно зависит комфорт граждан и эксплуатационный срок транспортных средств.

В Республике Казахстан необходимо поддерживать хорошее состояние автомобильных дорог, а также искать более альтернативные варианты по улучшению и контролю их состояния. Геодезическое обеспечение сопровождает весь процесс