

И. В. Гальчук, А. Г. Костевич, М. И. Курячий

УСТРАНЕНИЕ ПОМЕХОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ВИДЕОСИСТЕМАХ С ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫМИ ТЕЛЕВИЗИОННЫМИ ДАТЧИКАМИ

Предложен алгоритм для эффективного устранения сцинтилляций, наблюдаемых в видеосистемах при использовании высокочувствительных телевизионных датчиков с электронно-оптическим преобразователем.

Ключевые слова: телевизионный датчик, видеосистема, ранговый алгоритм, сцинтилляция.

При использовании высокочувствительных телевизионных датчиков с электронно-оптическим преобразователем можно наблюдать помеховые световые образования — „вспышки“ или сцинтилляции — даже в отсутствие сигнала [1]. Сцинтилляции — это кратковременные малоразмерные световые образования, которые нужно устранить. Из теории цифровой обработки сигналов и изображений известно, что для эффективного устранения кратковременных явлений следует применять ранговый медианный фильтр с достаточно длинным вариационным рядом (длину которого можно увеличить за счет использования маски со взвешенными коэффициентами, превышающими единицу, и за счет увеличения размеров маски или количества используемых элементов) [2]. Однако при обработке изображений подвижных объектов использование масок большого размера (т.е. использование большого числа соседних кадров) может нарушить динамику движения объекта или исказить его. В этом случае целесообразно применять „короткие“ вариационные ряды.

Следует напомнить, что ранговой обработкой называется преобразование совокупности отсчетов сигнала в вариационный ряд (ВР), в котором отсчеты сигнала ранжируются по возрастанию значений амплитуды (яркости пикселей) и из элементов которого определенным способом формируется результат обработки [3]. Таким образом, процесс ранговой обработки состоит из следующих этапов:

— формирование выборки значений элементов ряда по опорной области; опорную область называют также апертурой или локальной окрестностью (относительно обрабатываемого элемента, который является центральным элементом окрестности, а его „соседи“ — периферийными элементами);

— построение вариационного ряда из элементов выборки;

— выбор элементов вариационного ряда и формирование результата обработки;

— выполнение дополнительных операций для приведения результата обработки к заданному виду (например, обнуление отрицательных значений).

В общем виде процесс ранговой обработки может быть записан следующим образом:

$$y_0(n_1, \dots, n_N) = F\{x_k(n_1, \dots, n_N)\}, k \in [0; K],$$

где (n_1, \dots, n_N) означает обработку по N степеням свободы; $x_k(n_1, \dots, n_N)$ — пиксели локальной окрестности входного изображения; $y_0(n_1, \dots, n_N)$ — текущий пиксел выходного изображения; $F\{\dots\}$ — функциональное представление третьего и четвертого этапов обработки; K — количество ненулевых элементов маски рангового фильтра.

Вариационный ряд строится для каждого нового положения опорной области при развертке изображения.

Учитывая, что скинтилляции имеют положительный контраст, покажем, что применение алгоритма межкадрового рангового минимума эффективнее алгоритма медианы и сходного с ним алгоритма „скользящего среднего“.

По своей сути ранговые алгоритмы являются существенно нелинейными, поэтому для оценки их эффективности следует провести численный эксперимент по моделированию ряда исходных изображений, их обработке ранговыми алгоритмами с последующим сравнением результатов обработки по величине пикового отношения сигнал/шум.

Оценим предложенные алгоритмы. Для обработки используем точечную маску, т.е. $n_1 = n_2 = 1$, а n_3 принимает множество значений на интервале $[1; M]$, где M — количество используемых для обработки кадров. В соответствии с приведенной выше формулой в аналитическом виде указанные алгоритмы медианы, минимума и скользящего среднего можно представить следующим образом:

$$y_{\text{med}}(n_1, n_2, n_3) = \text{med}\{x(n_1, n_2, n_3)\},$$

$$y_{\text{min}}(n_1, n_2, n_3) = \min\{x(n_1, n_2, n_3)\},$$

$$y_{\text{adv}}(n_1, n_2, n_3) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M x_i(n_1, n_2, n_3).$$

Следует отметить, что при нечетном M медиана равна среднему элементу вариационного ряда, а при четном M — полусумме двух средних элементов ряда.

Для проведения эксперимента по устранению малоразмерных помеховых образований используем последовательности синтезированных исходных изображений, представляющих собой неоднородные случайные поля скинтилляций, количество которых соответствует распределению Пуассона [1, 4—6]. На рис. 1 приведена используемая для формирования полей схема моделирования количества скинтилляций в единицу времени для отдельной точки, где α — равномерно распределенная на интервале $(0; 1)$ случайная величина, а $P = \lambda(x, y)$ — параметр Пуассона. Если $M < 0$, то скинтилляция в данной точке отсутствует. Если $M \geq 0$, то на заданном фоне аддитивно формируется скинтилляция в виде двумерной гауссоиды, имитирующей функцию рассеяния точки. В данном случае синтезированные исходные изображения имеют нулевой фон, но содержат фоновые образования, которые необходимо сохранить в результате фильтрации. В ходе эксперимента формируется выборка из 100 изображений для

обработки, а также локальные выборки (последовательности тестовых изображений), по которым оценивается пиковое отношение сигнал/шум (PSNR). Доверительная вероятность выбирается равной 0,98, а коэффициент Стьюдента — равным 3,7.

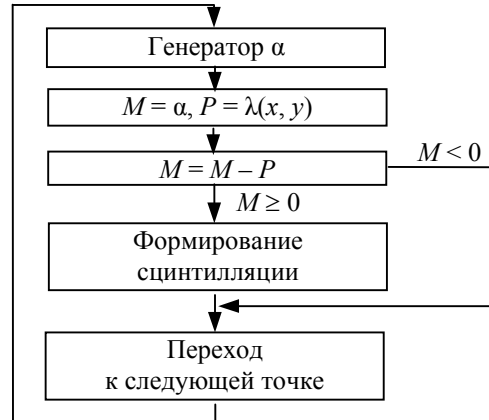


Рис. 1

На рис. 2, а приведен пример исходного изображения в виде поля сцинтилляций, имеющих вид двумерных гауссоид, а на рис. 2, б — результат обработки с использованием алгоритма скользящего среднего. Изображение инвертировано для удобства его восприятия. Интенсивность сцинтилляций задана равной 500. Поле содержит два объекта в виде наклонных эллипсов, амплитуда сигнала от которых достигает значения 120.

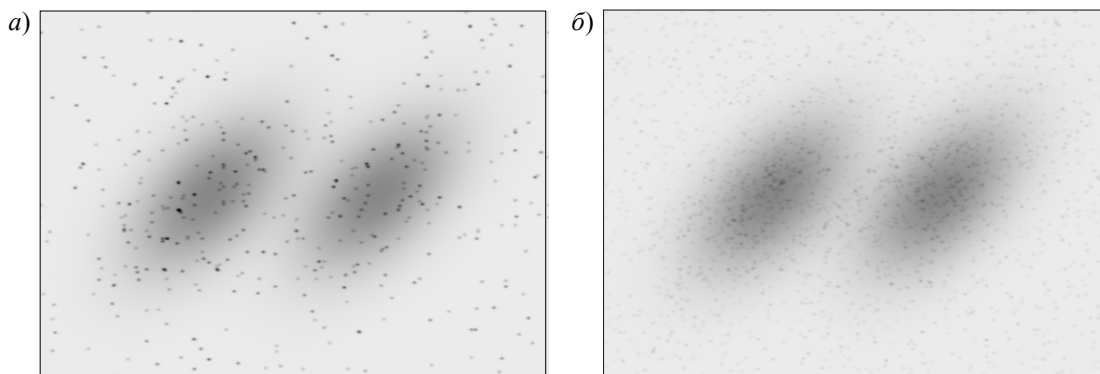


Рис. 2

Результаты эксперимента по оценке пикового отношения сигнал/шум с указанием доверительных интервалов приведены в таблице. Для сравнения представлены также результаты устранения сцинтилляций с использованием алгоритма скользящего среднего, усредняющего информацию по нескольким соседним кадрам.

M	PSNR, дБ		
	Ранговый минимум	Медиана	Скользящее среднее
2	48,5 ± 0,7	33,99 ± 0,13	33,99 ± 0,13
3	62,3 ± 3,4	43,8 ± 0,5	35,7 ± 0,06
4	73,5 ± 6,6	46,23 ± 0,34	36,74 ± 0,11
5	82,9 ± 8,4	53,2 ± 0,8	37,62 ± 0,11
6	91,2 ± 10,4	54,9 ± 0,6	38,21 ± 0,1
7	99,8 ± 0	59,55 ± 1,3	38,82 ± 0,09
8	99,8 ± 0	60,3 ± 0,7	39,19 ± 0,06
9	99,8 ± 0	64,5 ± 1,4	39,62 ± 0,06
10	99,8 ± 0	64,96 ± 1,13	39,89 ± 0,05
11	99,8 ± 0	68,78 ± 1,04	40,27 ± 0,05
12	99,8 ± 0	68,6 ± 0,7	40,36 ± 0,05
13	99,8 ± 0	71,99 ± 1,03	40,63 ± 0,03

Результаты эксперимента представлены и в виде графической зависимости: см. рис. 3, где кривая 1 соответствует алгоритму рангового минимума, кривая 2 — медиане, кривая 3 — скользящему среднему. Результаты обработки изображений полей сцинтилляций с использованием алгоритмов рангового минимума и медианы приведены на рис. 4, а, б соответственно.

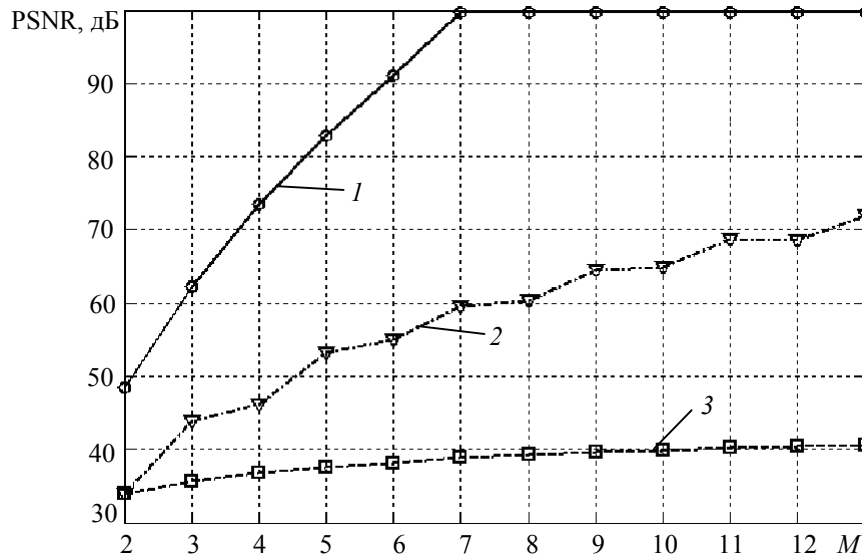


Рис. 3

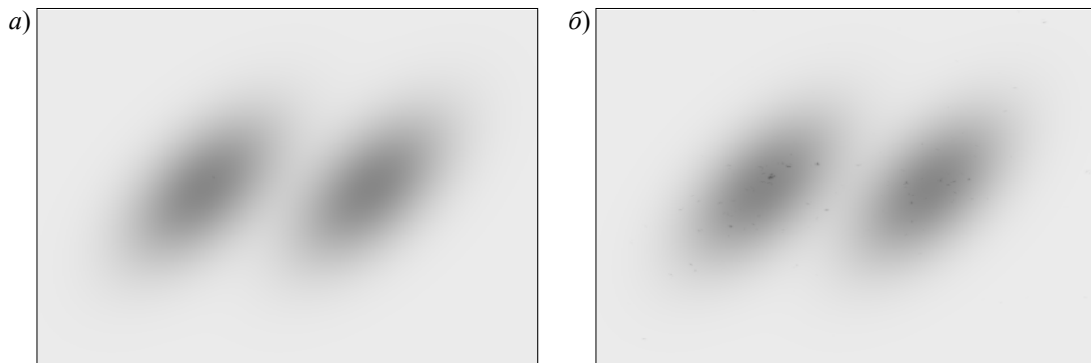


Рис. 4

По результатам эксперимента можно сделать вывод, что медианный фильтр удаляет сцинтилляции хуже, чем фильтр, использующий минимальный ранг. С увеличением числа кадров, подвергаемых обработке, качество фильтрации значительно улучшается. Такое поведение медианного фильтра связано с тем, что при малой длине вариационного ряда, например в 3 элемента (кадра), достаточно лишь двух пространственно совпадающих сцинтилляций, чтобы их подавление не произошло. С другой стороны, при длине вариационного ряда в 11 элементов (кадров) для достижения того же эффекта необходимо уже шесть пространственно совпадающих сцинтилляций. Следовательно, при прочих равных условиях, с ростом числа кадров, используемых для обработки изображений (т.е. с увеличением длины вариационного ряда), увеличивается вероятность подавления сцинтилляций медианным фильтром, однако использование фильтра межкадрового минимума будет более эффективным.

Таким образом, можно рекомендовать применять ранговый алгоритм межкадрового минимума для устранения малоразмерных помеховых образований в видеосистемах на базе высокочувствительных телевизионных датчиков с электронно-оптическим преобразователем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Достижения в технике передачи и воспроизведения изображений / Под ред. Б. Кейзана. М.: Мир, 1978. Т. 1. 336 с.
2. Яне Б. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. М.: Техносфера, 2007. 584 с.
3. Гальчук И. В., Костевич А. Г. Методы выделения малоразмерных подвижных объектов на сложном фоне // Тр. Юбил. науч.-техн. конф. по радиоэлектронике, посвященной 50-летию РТФ / Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники. Томск, 2000. Т. 5. С. 82—86.
4. Бакрунов А. О., Щукин И. В. Методы проверки статистических свойств псевдослучайных точечных изображений при испытании алгоритмов анализа структуры // Автометрия. 1984. № 6. С. 53—57.
5. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Сов. радио, 1976. Т. 3. 288 с.
6. Ермаков С. М., Михайлов Г. А. Статистическое моделирование. М.: Наука, 1982. 296 с.

Сведения об авторах**Игорь Владимирович Гальчук**

— Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, кафедра телевидения и управления, науч. сотрудник;
E-mail: ingvio@tu.tusur.ru

Анатолий Геннадьевич Костевич

— канд. техн. наук, доцент; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, кафедра телевидения и управления; E-mail: ak@tu.tusur.ru

Михаил Иванович Курячий

— канд. техн. наук, доцент; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, кафедра телевидения и управления; E-mail: kur@tu.tusur.ru

Рекомендована кафедрой
телевидения и управления

Поступила в редакцию
14.04.10 г.