

УДК 621.397

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТЕЛЕВИЗИОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Петрушкевич Павел Антонович,
ст. преподаватель; e-mail: kafedrtartzi@mail.ru;

Тимошенко Ксения Михайловна, студентка; e-mail: ksusha.smile@mail.ru;

кафедра радиотехники и защиты информации;
Институт гражданской защиты Донбасса,
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»;
283008, г. Донецк, ул. Добронравова, 52/8;
Тел.: +38 (095) 253-82-17; +38 (066) 54-339-19

В статье изложено одно из направлений устранения проблемы искажения изображений при видеосъемке в сложных оптических условиях (например, с быстро движущимися объектами). Представлены несколько путей решения этой проблемы. Для устранения оптических помех предложена съемка с одной точки несколькими оптико-электронными преобразователями. Данный метод позволяет значительно улучшить качество изображения, что является актуальным на сегодняшний день, но приводит к некоторому увеличению стоимости оборудования.

Ключевые слова: телевидение, искажение изображения, видеокамера, съемка, спектр, процессы, объекты, качество, видеоизображение, оптика, электрические сигналы, каналы, качество, помехи.

Постановка проблемы и ее связь с актуальными научными и практическими исследованиями. При проведении телевизионных съемок в условиях сложной оптической обстановки, особенно видеосъемок, связанных с движущимися объектами, видеоизображение часто претерпевает искажения. Данные искажения чаще всего связаны с недостатками самих оптических приборов, а также помехами, связанными со средой распространения.

На сегодняшний день данная проблема практически не изучена, практические наработки по ее устранению отсутствуют, в связи с чем наше исследование является актуальным и имеет огромное практическое и теоретическое значение для повышения качества телевизионного изображения в условиях сложной оптической обстановки.

Изложение основного материала исследования. Если предположить, что видеоизображение $i(\vec{x})$ представляет собой сумму истинного изображения (\vec{x}) неизвестного импульсного отклика $h(\vec{x})$ и аддитивного шума $n(\vec{x})$ [1]. То интегрированный сигнал можно записать в следующем виде:

$$i(\vec{x}) = \int p(\vec{r}) \cdot h(\vec{x} + \vec{r}) d\vec{r} + n(\vec{x}), \quad (1)$$

где \vec{x} ; \vec{r} – координаты в плоскости изображения.

Решение уравнения (1) связано с нахождением истинного изображения $o(\vec{x})$. Сложность решения данной задачи заключается в том, что все три составляющие уравнения (1) являются неизвестными.

Если в этом уравнении произвести преобразование Фурье [2], приходим к его преобразованию в уравнение:

$$I(\omega_x, \omega_y) = O(\omega_x, \omega_y) \cdot H(\omega_x, \omega_y) + N(\omega_x, \omega_y) \quad (2)$$

где ω_x и ω_y – пространственные частоты;

O – спектр изображения;

H – спектр импульсного отклика;

N – спектр аддитивного шума.

Для решения уравнения (2) применяются различные методы.

Одним из методов обработки является метод слепой деконволюции (blind deconvolution).

Суть этого метода заключается в решении уравнения (2) с помощью циклического преобразования Фурье.

Схематически процедура решения выглядит следующим образом [1]:

$$O_k(\bar{x}) \rightarrow F(O_k) \rightarrow H_k = \frac{1}{F(O_k)} \rightarrow F^{-1}(H_k) \rightarrow h'_k(\bar{x}) \rightarrow F(h_k) \rightarrow O'_{k+1} = \\ = \frac{1}{F(h_k)} \rightarrow F^{-1}(O'_{k+1}) \rightarrow O_{k+1}(\bar{x}) \quad (3)$$

где $O_k(\bar{x})$ – оценка истинного изображения на k -й итерации;

$h'_k(\bar{x})$ – оценка неизвестных изображений на k -й итерации;

F – оператор прямого преобразования Фурье;

F^{-1} – оператор обратного преобразования Фурье.

Переход от видеоизображения $\hat{i}_k(\bar{x}) \rightarrow \hat{i}_{k+1}(\bar{x})$ означает умножение при обратном преобразовании Фурье оценки изображения $\hat{i}_k(\bar{x})$ на маску с заданными размерами и обнуление отрицательных значений. Таким образом в результате достаточно длительного повторения этой процедуры $k \approx 10^2 \div 10^3$ предполагается каждой из этих неизвестных функций $o(\bar{x})$ и $h(\bar{x})$, поскольку считается, что данные априорные ограничения на каждую из функций полностью их определяют [6]. Не вдаваясь в детали исправлений в области изображений и в области Фурье-спектра, видно, что данная процедура является инверсным фильтром многократного применения [2].

Поскольку наша задача сводится к выделению изображения, сходного с истинным, один из алгоритмов решения данной проблемы – это алгоритм сходимости. Теоретический анализ сходимости любого подобного алгоритма можно привести, используя теорию множеств [1].

Так как уже было сказано, что мы обнуляем отрицательные значения, то данная теория сводится к анализу выпуклости используемых в данной процедуре априорных ограничений. Множество и положительных функций являются выпуклыми, в то время как множество функций с заданным произведением в области Фурье-спектра выпуклыми не являются [6]. Учитывая, что данный процесс является расходящимся, то для достижения желаемого результата необходим искусный выбор стабилизирующих множителей и коэффициентов регуляции, а также повышение отношения сигнал-шум. Ограничение применения данного метода связано с отсутствием гарантированной сходимости.

Одним из направлений устранения данного недостатка является алгоритм восстановления путем проектирования на советуемые множества. Если взять уравнение (2) с точки зрения построения операторов проекции на соответствующие множества, то можно получить систему уравнений:

$$O \cdot H = I \left| O - \hat{O} \right|^2 + \left| H - \hat{H} \right|^2 = \min, \quad (4)$$

где \hat{O} – оценка изображения;

\hat{H} – оценка передаточной функции.

Определив O из первого уравнения $O = \frac{1}{H}$, подставляя его во второе уравнение и дифференцируя по H' и приравнявая к нулю, получим:

$$\left| H \right|^4 - \left| H \right|^2 \cdot H' \cdot \hat{H} + H \bar{O} H' - I^2 \quad (5)$$

Данное уравнение (5) не может быть однозначно решено, как относительно H , так как не может быть вычислен оператор проекции на множество с заданным произведением. Так и относительно O , так как для него невозможно вычислить оператор проекции единственным образом.

Анализировать это множество можно, если перейти к логарифмированию произведений в Фурье-плоскости и попробовать вычислить операторы проекции на множество.

Логарифмируя соотношения (4) и применив наименьших квадратов составим систему уравнений:

$$F_1 + F_2 = \alpha \cdot |F_1 - \hat{F}_1|^2 + |F_2 - \hat{F}_2|^2 = \min, \quad (6)$$

где $F_1 = \ln O$, $F_2 = \ln H$ – логарифмы спектра изображения и передаточной функции;

\hat{F}_1 и \hat{F}_2 – оценки соответствующих логарифмов спектров.

Выражая F_2 из первого уравнения системы (6) и подставляя во второе уравнение дифференцируя по F_1 и приравнявая к нулю, получим выражение $\hat{F}_1 = \frac{(\alpha + \hat{F}_1 - \hat{F}_2)}{2}$, то для оценки изображения получаем:

$$O = \sqrt{\alpha \frac{\hat{O}}{\hat{H}}} \quad (7)$$

Из последнего выражения (7) видно, что однозначно перейти от \hat{O} к O невозможно, поскольку уравнение (7) имеет два решения и, следовательно, нельзя получить аналитическое выражение для оператора проекции [1].

Данный метод основан на многократном использовании преобразования Фурье, что с точки зрения математического описания, приводит к расходимости алгоритма, либо к неоднозначности построения процедуры восстановления. При регистрации изображения в белом свете передаточную функцию можно с хорошей точностью аппроксимировать круговым гауссовским процессом с нулевым средним и неизвестной дисперсией [1, 3]:

$$H_G(\vec{\omega}) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{|\vec{\omega}|^2}{\sigma}\right) \quad (8)$$

Тогда, оценка для спектра изображения получается путем обычной вилерской фильтрации:

$$O = I \cdot \frac{H^* \cdot \sigma}{|H_G|^2 + C |\vec{\omega}|^2}, \quad (9)$$

где C – управляемая константа;

$|\vec{\omega}|^2$ – регулируемый множитель;

σ – изменяемая дисперсия.

Значение C выбирают из диапазона 0,1-0,001 по критерию максимума резкости границ в восстановленном изображении. Значение σ при различных порогах фильтрации выбирают в диапазоне 0,1 ÷ 0,5.

Еще одним методом обработки изображений является метод кепстральной обработки [1, 7]. Суть метода заключается в увеличении удельного веса высоких пространственных частот в спектре искаженного изображения. Так как они отвечают за границы контура изображения, за счет этого можно повысить резкость изображения, не прибегая к специальным методам компенсации искажающей передаточной функции. Если $I(\omega, \omega_y)$ – Фурье-спектр изображения, тогда кепстром – логарифм спектра $\ln I(\omega, \omega_y)$.

Поскольку, спектр быстро спадает с увеличением частоты, то на практике в логарифмическое распределение добавляет небольшую константу для устранения неопределенности, которая возникает при логарифмировании очень маленьких значений. Таким образом, схематически алгоритм обработки выглядит следующим образом [1, 5]:

$$i(\vec{x}) \rightarrow I(\omega_1, \omega_2) = F\{i(x_1, x_2)\} \rightarrow K(\vec{\omega}) = \ln\{I(\vec{\omega}) + C\} \exp i \cdot \varphi(\vec{\omega}) \rightarrow j(\vec{x}) = F^{-1}\{k(\vec{\omega})\}, \quad (10)$$

- где $i(\vec{x})$ – исходное искаженное изображение;
 F – оператор прямого преобразования Фурье;
 F^{-1} – оператор обратного преобразования Фурье;
 $C = 10^{-3} \div 10^{-6}$;
 $\varphi(\vec{\omega})$ – фаза спектра $I(\omega_1, \omega_2)$;
 $j(\vec{x})$ – обработанное изображение.

В целом, структурная схема телевизионной камеры с выходом в эфир имеет вид, представленный на рис. 1 (см. ниже), где:

ЭОП – электронно-оптический преобразователь для преобразования оптической сигнала в электрический;

ПЧМ – устройство преобразования электрического сигнала в сигнал поднесущей частоты и ее модуляция фазовой или частотной в зависимости от системы телевидения;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

Кодер ТС – кодер телевизионного сигнала, обеспечивает необходимые преобразования для сжатия цифровой информации;

УВЧ – обеспечивает преобразование видеоимпульсов цифровой информации в радиоимпульсы с частотой телевизионной программы.

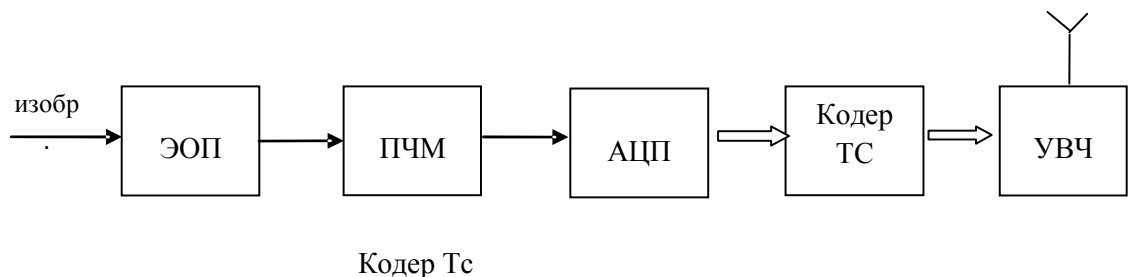


Рис. 1. Структурная схема телевизионной камеры с выходом в эфир

Для устранения недостатков съемки схема телевизионной камеры с выходом в эфир в условиях сложной оптической обстановки должна иметь следующий вид:

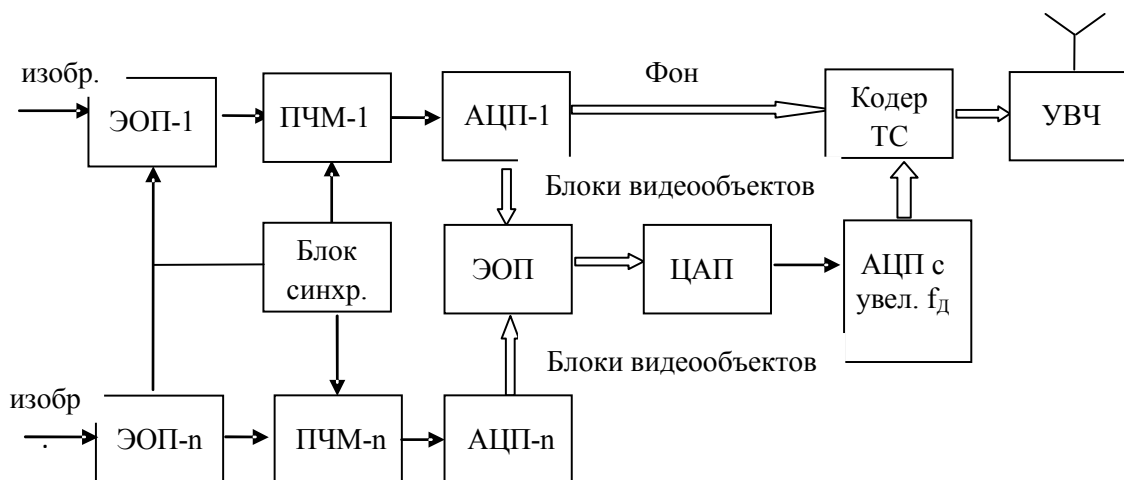


Рис. 2. Структурная схема телевизионной камеры с выходом в эфир в условиях сложной оптической обстановки

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Для устранения оптических помех в телевидеокамерах предлагаем, учитывая вышеизложенные методы, съемку вести с одной точки несколькими оптико-электронными преобразователями. Полученные электрические сигналы по своим каналам поступают для преобразования в цифровую информацию.

За счет программы сжатия можно выделить фон и подать на оконечное устройство, а движущиеся и мелкие объекты (блоки данных по ним) подать снова на обратное преобразование для увеличения частоты дискретизации и изменения количества уровней квантования. Одинаковые блоки различных каналов сравнить и усреднить различие между блоками, т.е. создать блоки движущихся объектов или мелких деталей, соответствующие среднему значению нескольких каналов оптико-электронного преобразования.

Эти блоки подать на оконечное устройство для формирования кадра изображения. Усредненное изображение движущихся объектов и мелких деталей уменьшит воздействие оптической помехи и улучшит качество передаваемой телевизионной информации. Хотя, конечно, данный способ практического решения данной проблемы приведет к усложнению телекамер и увеличению их стоимости. Но усложнение аппаратуры приведет к возможности качественной видеосъемки при наличии оптических помех.

Библиографический список

1. Потапов, А.А. Новейшие методы обработки изображений / А.А. Потапов и др. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007 (монография в печати – по гранту РФФИ №07-05-07005).
2. Lim, S.S., Oppenheim, A.V., Curtis, S.R. // Journal of the optical society of America, – 1983. V. 73. – № 5. – P. 1287-1293.
3. Pakhomov, A.A. Optical engineering. – 1996. – V. 35. – № 3 – P. 1044-1045.
4. Байкут, П.А. Оптика и спектроскопия / П.А. Байкут и др. – М., 1986. – V. 60. – № 4. – С. 788-791.
5. Pakhomov, A.A., Potapov, A.A. // Int. Confonpatten Recognition and Information Proccessing. – PRIP2007'' (May 22-24, 2007; Minsk, Belarus) – Minsk: UIIPNASSB, 2007.
6. Пахомов, А.А., Обработка одиночных кадров изображений наблюдаемых через толщину морской воды / А.А. Пахомов и др. – Таганрог: МНК «ИРЭМВ-2007», 2007. – С. 41-45.
7. Пахомов А.А., Потапов, А.А. // Тез. докл. VMH-ТК «Физика и техническое приложение возможных процессов» (Самара, 11-17 сентября 2006 г). – Самара: «Самарское книжное издательство», 2006. – С. 323-324.

© П.А. Петрушкевич, К.М. Тимошенко, 2016
Рецензент канд. техн. наук, доц. А.В. Оводенко
Статья поступила в редакцию 20.10.2015

IMPROVING THE QUALITY OF THE TELEVISION IMAGE IN A COMPLEX OPTICAL CONDITIONS

Pavel Antonovich Petrushkevich, Senior Lecturer; e-mail: kafedrartzi@mail.ru;

Kseniia Myhailovna Tymoshenko, Student; e-mail: ksusha.smile@mail.ru;

Radio Engineering and Information Protection Department;
Donbass Civil Defence Institute,
Donetsk National Technical University;
283008, Donetsk, 52/8 Dobronravova Str.;
Phone: +38 (095) 253-82-17; +38 (066) 54-339-19;

The article described one of the directions correct the problem, namely the distortion of the image when shooting video in some circumstances (for example, fast-moving objects). Presents several solutions to these problems. To eliminate optical interference proposed shooting from one point several optoelectronic converters. This method can significantly improve the image quality that is true today, but it increases the cost of such cameras.

Keywords: television, image distortion, camcorder, shooting, range, processes, facilities, quality, video, optics, electrical signals, channels, quality, noise.