

МЕТОДЫ ДИНАМИЧЕСКОГО НАКОПЛЕНИЯ КАДРОВ В ТЕПЛОВИЗИОННОЙ КАМЕРЕ

В.И. Боженко, П.А. Кондратов

Национальный университет
“Львівська політехніка”
г. Львов, ул. Ст. Бандери, 12
E-mail: ndki@polynet.lviv.ua

Рассмотрены методы накопления динамического теплового изображения и способы уменьшения искажений при таком накоплении.

Введение. Сравнительно с видимым, изображение, полученное в инфракрасном диапазоне, в силу ряда причин [1] имеет гораздо более низкое отношение сигнал-шум (с/ш). Поэтому, хотя в тепловизионных системах так же, как и в низкоуровневых телевизионных, наиболее действенным средством повышения качества изображения является уменьшение влияния асинхронных помех путем многокадрового накопления видеосигнала с его последующим усреднением [2], требования к помехозащищенности здесь гораздо выше.

В то же время увеличение количества накапливаемых кадров ведёт к ухудшению динамики отображения, что, в свою очередь, приводит к трудноустранимым искажениям при отображении высокодинамического изображения [3].

Целью данной статьи является рассмотрение возможных способов многокадрового накопления с точки зрения уменьшения влияния количества кадров на динамику отображения теплового изображения.

Арифметическое усреднение при последовательном накоплении кадров (ввиду простоты его реализации и линейности отношения с/ш) является одной из наиболее часто применяемых процедур прикладного телевидения. Применительно к тепловидению эта процедура имеет вид

$$U_{\Sigma} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n U_p^i, \quad (1)$$

где i – номер текущего кадра;

n – количество накапленных кадров;

U_p – видеосигнал пиродатчика (пиро-сигнал), и реализуется на арифметико-логическом устройстве и памяти кадра (рисунок 1).

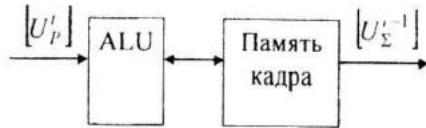


Рисунок 1 – Реализация последовательного накопления

Поскольку количество накапленных кадров обычно составляет $n = 2^t$, то выполнение функции $1/n$ осуществляется соответствующим сдвигом разрядной сетки на выходе памяти. При этом для приемлемого оператором воспроизведения результирующих усреднения необходимо подключение к выходу схемы усреднения памяти отображения. Тем самым обновление изображения на мониторе будет происходить с частотой, в t раз меньшей, чем частота кадровой развертки монитора.

Применение рекурсивной фильтрации при последовательном усреднении применяется с целью избежать искажения изображения в том случае, если частота изменения тепловой картины превышает значение $1/n$. Заметим при этом, что, в отличие от тепловизионного изображения, где основное внимание следует уделять перемещению объекта, в тепловизионном изображении более информативным является изменение теплового поля на поверхности этого объекта.

Наиболее распространён аддитивный рекурсивный фильтр первого порядка, т.е. вычисление выходного результирующего сигнала как среднего значения от текущего сигнала и результатов усреднения предыдущих сигналов [4]. Такая процедура может быть определена как:

$$U_{\Sigma}^{i,j} = U_{in}^{i,j} \cdot k + U_{\Sigma}^{(i-1),j}, \quad (2)$$

$$k = F(U_{in}^i - U_{\Sigma}^{i-1}) \in [0; 1], \quad (3)$$

где j – номер текущего пикселя;

k – коэффициент уровня фильтрации, выбираемый из нескольких постоянных значений в зависимости от того, насколько текущий кадр отличается от результата усреднения предыдущих.

Если разность велика, то текущему кадру предоставляется наибольший вес, а если незначительна – то наименьшая. Получение такой разности возможно, в частности, следующими путями.

- Последовательное сравнение j -тых пикселей текущего и усреднённого кадров с подсчетом количества тех пикселей, которые существенно разнятся между собой.

Значение k выбирается в зависимости от этого количества.

- Вычисление общей суммы значений пикселей текущего кадра

$$U_{in}^i = \sum_{j=1}^m U_{in}^{i,j}, \quad (4)$$

где m – количество пикселей в кадре.

Вычисленная сумма сравнивается с вычисленной аналогичным образом суммой значений пикселей усредненного кадра.

- Разбивка кадра на определённое количество квадрантов.

Значение k выбирается в зависимости от первой же выявленной существенной разности участков текущего и усредненного кадров, или же от количества участков с существенной разностью.

- Сравнение избранных (оператором либо по определённому алгоритму) квадрантов (аналогично применяемым в современной охранной аппаратуре детекторам движения) либо пикселей т.н. “реперных точек”.

Последние могут содержаться в:

- избранных строках (или столбцах) кадра;
- узлах наложенной на кадр сетки;
- точках с максимальным и минимальным значением теплового распределения;
- вычисленном [5] контуре объекта.

Известна [6] схема с рекурсивным усреднением по смежным кадрам (рисунок 2), где к значению текущего пикселя предыдущего кадра прибавляется значение разности пикселей текущего и предыдущего кадров, умноженное на k :

$$\begin{aligned} U_{\Sigma}^{(i-1),j} &= k(U_{in}^{i,j} - U_{in}^{(i-1),j}) + U_{in}^{(i-1),j} =, \quad (5) \\ &= kU_{in}^{i,j} + (1-k)U_{in}^{(i-1),j} \\ k &= F(U_{in}^i - U_{in}^{i-1}). \end{aligned}$$

Значение k выбирается из нескольких заранее определенных постоянных значений в зависимости от значения соответствующего количества старших разрядов вычисленной разности кадров. Возможно и расширение набора k : для реализации этого набор k может быть занесен в постоянную

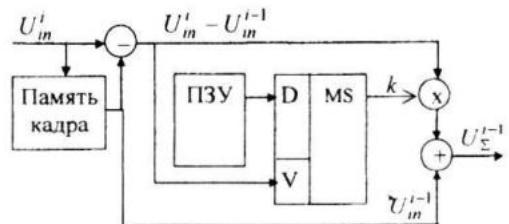


Рисунок 2 – Рекурсивное усреднение по двум смежным кадрам

память (ПЗУ), на входы адреса которого подаётся соответствующее количество разрядов значения разности кадров.

По сравнению с обычным арифметическим усреднением рассмотренная процедура улучшает значение с/ш на

$$h = 10 \log[(2 - k)/k] \text{ дБ.} \quad (7)$$

Модификацией этой процедуры является усреднение по текущему кадру и предыдущим усреднениям (рисунок 3), где k определяется по (6), а результат усреднения – как

$$U_{\Sigma}^{i,j} = U_{in}^{i,j} \cdot k + U_{\Sigma}^{(i-1),j} \cdot (1 - k). \quad (8)$$

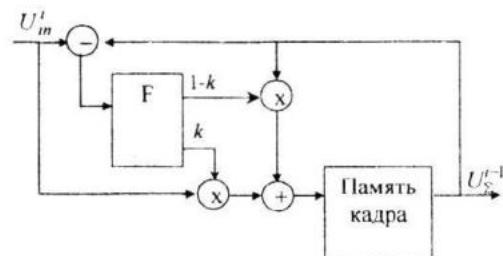


Рисунок 3 – Последовательное рекурсивное усреднение по n кадрам

Также известна [7] схема с двухуровневым рекурсивным усреднением (рисунок 4).

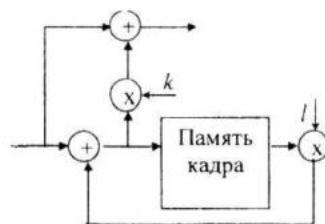


Рисунок 4 – Двухуровневое рекурсивное усреднение

Здесь при усреднении первого уровня к текущему кадру прибавляется результат усреднения предыдущих кадров, умноженный на коэффициент l , значение которого изменяется в зависимости от изменения во времени чувствительности мишени.

При усреднении второго уровня выполняется процедура:

$$U_{out}^{i,j} = U_{in}^{i,j} + k \left(U_{in}^{i,j} + l \cdot U_{\Sigma}^{(i-1),j} \right), \quad (9)$$

где k определяется по (6).

Таким образом, при данной реализации наибольший вес предоставляется текущему кадру, что может быть приемлемо лишь при том условии, что заранее известна функция динамики изменения теплового состояния. Но тогда вместо подсчёта текущих значений k и l можно ограничиться набором его заведомо определённых значений, например, таких, чтобы текущему кадру представлялся наибольший вес, а последнему из предыдущих – наименьшая. В простейшем случае последовательного уменьшения веса вдвое процедура усреднения может быть определена как:

$$U_{\Sigma} = \frac{U_{in}^1}{2^{n-1}} + \sum_{i=2}^n \frac{U_{in}^i}{2^{n-i+1}}, \quad (10)$$

что может быть реализовано соответствующим сдвигом разрядной сетки.

Параллельное усреднение может быть предложено с целью сделать возможным применение процедуры многокадрового усреднения для наблюдения быстротечных тепловых процессов. Данная процедура состоит в последовательной перезаписи n текущих кадров в n блоков памяти кадра при одновременном сложении этих кадров (рисунок 5).

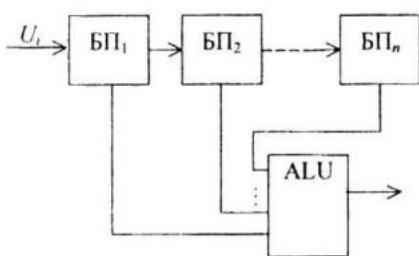


Рисунок 5 – Реализация параллельного накопления кадров

При этом информация с блоков памяти может подаваться на суммирование через управляемые делители [8], которые будут управлять значениями составляющих результирующего кадра в зависимости от значений коэффициентов уровня рекурсивной фильтрации, вычисленных в соответствии с рассмотренными выше процедурами.

Тем самым с каждым последующим кадром будет формироваться новый резуль-

тирующий сигнал, поступающий на дальнейшее преобразование, что делает возможным отображение динамики изменения теплового состояния объекта в каждом кадре развёртки.

Дополнительным преимуществом такого сложения есть то, что оно значительно повышает оперативность и гибкость рекурсивного фильтра. В частности, при вычислении коэффициента уровня фильтрации могут быть использованы значения как текущего и усредненного, так и двух смежных сопредельных кадров. Кроме того, при этом вычислении возможен учёт значений не двух, как при последовательном накоплении, а n кадров при одновременном использовании n коэффициентов уровня фильтрации.

Выводы. Переход от последовательного накопления кадров к параллельному позволяет не только повысить динамику отображения быстротечных тепловых процессов, но и существенно улучшить её качество за счёт повышения оперативности и гибкости процедур рекурсивной фильтрации, применяемых при динамическом накоплении.

Литература

1. Ж. Госсопр. Инфракрасная термография. – М.: Мир, 1988. – 216 с.
 2. И.Б. Боженко, В.М. Гой, Ю.С. Клушин, П.А. Кондратов. Процессорный тепловизионный комплекс с дополнительным каналом изображения в видимом диапазоне спектра // Системы контроля окружающей среды. Сборник научных трудов НАНУ. – Севасто-поль: МГИ, 2002. – С. 272–273.
 3. В. Апалонов, Д. Куртев, В. Сидоров и др. Гомоморфная обработка тепловизионных изображений / Тепловидение. Вып.8. – М.: МИРЭА, 1990. – С.81–84.
 4. С. Власенко, О. Домеш. Цифровой рекурсивный фильтр для тепловизора на пироэлектрическом / Оптико-механическая промышленность. – 1990. № 1. – С.17–19.
 5. Пат.27117 Україна, МПК H04N 5/33. Пристрій для формування комплексного зображення / В. Боженко, І. Боженко, П. Кондратов. 2007. Бюл. № 17.
 6. A.Teranishi, M.Ohba, K.Takanashi, E.Yamaka. Signal processing of pyroelectric video-
icons // The journal of the Institute of Television Engineers of Japan. – 1981. – № 2. – Р. 136–142.
 7. Pat.2843232 BRD, Int.Cl. H04N 5/33. Verfahren zur Erzeugung von Warmebildern Ju.Haitmann. Pub. 17.04.80.
 8. Пат.18227 Україна, МПК H04N 5/33. Пристрій формування тепловізійного зображення / П. Кондратов. 2006.. Бюл. № 11.