

УДК 621.384.3

В.И. Боженко

*Академия сухопутных войск им. гетмана Петра Сагайдачного, Львов*

## ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОГО ТЕПЛОвого ИЗОБРАЖЕНИЯ

*Предлагаются алгоритмы параллельной цифровой обработки и параллельного рекурсивного накопления динамического теплового изображения, позволяющие производить эти процедуры в режиме реального времени и одновременно уменьшить искажения в результирующем изображении.*

**Ключевые слова:** *тепловое изображение, пировидиконная камера, усреднение, рекурсивная фильтрация.*

### **Введение**

**Постановка проблемы.** При комплексных исследованиях в самых различных сферах человеческой деятельности (в т.ч. и в военном деле) изображения исследуемых объектов, полученные в различных диапазонах их излучения, являются наиболее распространенным и эффективным способом подачи ин-

формации. Одним из наиболее часто используемых является изображение, полученное в инфракрасном диапазоне [1]. В то же время тепловое изображение (ТИ) в силу ряда причин [2] имеет гораздо более низкое соотношение сигнал-шум, чем телевизионное. При этом наиболее действенным средством повышения качества изображения является уменьшение влияния асинхронных помех путем последовательного

многокадрового накопления видеосигнала с его последующим усреднением. Эта процедура может применяться к изображениям, полученным во всех используемых диапазонах, однако выдвигаемые к ТИ требования по помехозащищенности гораздо выше, что, естественно, требует увеличения количества накапливаемых кадров.

**Анализ исследований.** Известно достаточно большое количество способов многокадрового арифметического усреднения, в т.ч. и для случая тепловизионной камеры на пировидиконе [3] (которая, по нашему мнению, по-прежнему является наиболее приемлемым средством проведения массового теплового мониторинга). При этом индикация изменений результирующего сигнала производится через интервал времени, определяемый избранным количеством ( $N$ ) суммируемых кадров. Однако в случае, когда частота изменения тепловой картины превышает значение  $1/N$ , это создает трудности при отслеживании динамики изменения состояния объекта исследования (ОИ) и приводит к расфокусировкам и смазам изображения на экране монитора.

**Цель статьи** состоит в рассмотрении алгоритмов параллельной цифровой обработки и многокадрового накопления видеосигнала, в котором осуществлён переход от последовательного к параллельному суммированию кадров.

### Основная часть

Значительная часть задач теплового мониторинга относится к специфической отрасли компьютерной техники, так как возникает необходимость сравнения ОИ с эталоном, или с построенной моделью, которая признается удовлетворительной на основе предварительных исследований.

Цифровая обработка изображений признана наиболее приемлемым методом решения таких задач [2], но процедуры обработки ТИ должны иметь отличные от обработки оптического изображения приоритеты. Поскольку в каждой точке ТИ содержится полезная информация о температурных показателях ОИ, для него неприемлемы стандартные цифровые методы обработки изображений.

Включение персонального компьютера в состав тепловизионной системы позволяет не только упростить управление ею и ускорить изменение настроек системы, но и осуществлять параллельную обработку динамических ТИ (рис. 1), а именно:

1. Дополнять оцифрованное ТИ градационной шкалой для выявления зон температурных аномалий.
2. Корректировать контрастность ТИ для улучшения индивидуального зрительного восприятия изображения оператором.
3. Выполнять оцифровку видимого изображения ОИ и преобразовывать его в контурное изображение для того, чтобы
4. Создавать композитное изображение путем совмещения контурного и ТИ, что позволяет осуществлять визуальную привязку тепловой сигнатуры к

конкретным участкам динамического ОИ без искажения целостности восприятия ТИ.

5. Создавать негативный вариант ТИ, что во многих случаях улучшает идентификацию теплового объекта оператором.

6. Осуществлять псевдоцветовое раскрашивание ТИ для повышения зрительного восприятия градаций температуры изображения.

7 – 8. Корректировать цветовую схему и значение контрастности ТИ.

9. Идентифицировать и удалять фон ТИ.

10. Строить графики и гистограммы распределения температурных показателей для анализа динамики состояния объекта исследования.

11. Проводить сравнение ТИ с эталонным изображением ОИ в оптимальном состоянии.

12. Параллельно выводить на экран полученные изображения для принятия решения оператором.

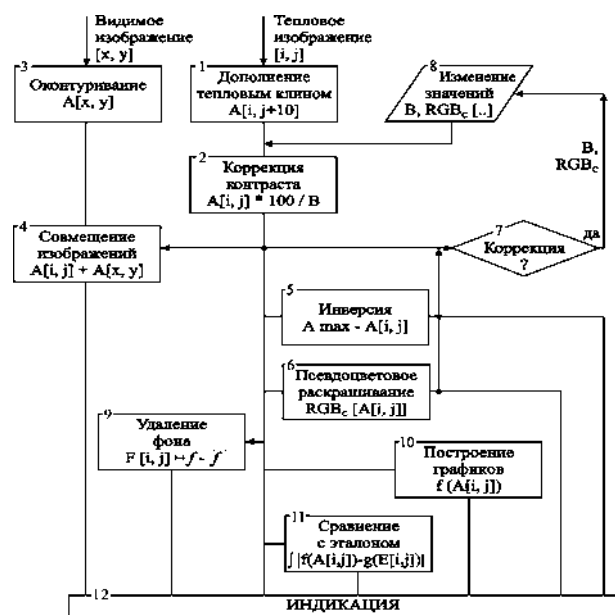


Рис. 1. Алгоритм параллельной цифровой обработки теплового изображения

Однако в случае, когда для получения ТИ применяется тепловизионная камера на базе пировидикона (или пироэлектрической матрицы), в пиросигнале присутствует составляющая базового заряда (пьедестала) мишени. Кроме того, поскольку пироэлектрик является дифференциальным датчиком, он формирует полезный сигнал лишь при изменении тепловой картины. Это достигается либо перемещением камеры (панорамирование), либо открыванием-закрыванием объектива неподвижной камеры (обтюрация). В последнем случае полезный сигнал меняет свою полярность:

$$U_{S+} = P_+ + S_+ \pm U_n; \quad (1)$$

$$U_{S-} = P_- - S_- \pm U_n, \quad (2)$$

где  $U_{S+}$ ,  $S_-$  – “позитивный” (при открытом обтюраторе) и “негативный” (при закрытом обтюраторе) пиросигналы двух смежных кадров развёртки ( $U_{S+} = U_i$ ,  $U_{S-} = U_{i+1}$ );  $P_+$ ,  $P_-$  – сохраняющие свою полярность уровни пьедестала при открытом и за-

крытом обтюраторе,  $P_+ \approx P_-$ ;  $S_+$ ,  $S_-$  – полезный сигнал,  $S_+ \approx -S_-$ ;  $U_n$  – сигнал помехи.

Для компенсации составляющей пьедестала и получения полезного униполярного сигнала обычно используется разностная обработка смежных кадров:

$$U_R = |(P_+ + S_+) - (P_- - S_-) \pm U_n| \approx 2P \pm U_n \quad (3)$$

При последовательном накоплении данная процедура может быть совмещена с накоплением  $N$  кадров:

$$U_N = \sum_{i=1}^N U_{Ri} \quad (4)$$

для чего используется арифметико-логическое устройство и память накопления, к выходу которой (для приемлемого для оператора отображения результата) подключается память отображения (рис. 2).

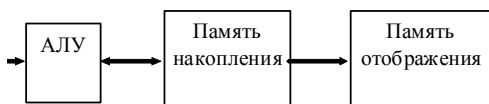


Рис. 2. Реализация последовательного накопления

При параллельном же накоплении используются  $N$  субблоков памяти, хранящих попиксельно оцифрованные последовательности пиросигналов  $N$  кадров (рис. 3).

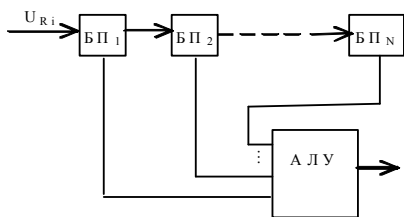


Рис. 3. Реализация параллельного накопления кадров

Во время каждого считывания и формирования пиросигнала производится его синхронная попиксельная перезапись из каждого предыдущего субблока в последующий [4]. Здесь следует отметить, что для сокращения необходимого объема субблоков памяти процедуру (3) целесообразно выполнять сразу после оцифровки пиросигнала, а не совмещать её с процедурой (4), как при последовательном накоплении.

Последовательность сигналов от каждого субблока памяти через коммутатор и узел масштабирования поступает на сумматор, на выходе которого формируется результирующий сигнал.

Решение о проведении операции многокадрового накопления, а также о количестве суммируемых кадров и “весе” каждого из них может приниматься в ручном режиме оператором или автоматически, как результат анализа процессором динамики пространственных и градиентных изменений теплового состояния объекта. Алгоритм такого анализа может быть представлен как:

$$k = F(U_{Rij} - U_{R(i-1)j}) = F(\Delta U_R) \in [1/N; 1], \quad (5)$$

где  $k$  – рекурсивный коэффициент уровня усреднения, выбираемый из нескольких постоянных значений, в зависимости от того, насколько текущий кадр отличается от предыдущего (либо от результата усреднения

$N$  предыдущих);  $j$  – номер текущей “реперной точки”, подмассив которых может избираться тем либо иным способом из массива пикселей кадра [5]. Если значение  $\Delta U_R$  велико, то текущему кадру предоставляется наибольший вес, а если незначительно – то наименьший. Тем самым обеспечивается возможность параллельного покадрового рекурсивного усреднения.

По нашему мнению, предлагаемый алгоритм оперативного и гибкого рекурсивного накопления (рис. 4) близок к зрительному восприятию человеком статических и динамических картин в видимом диапазоне спектра.

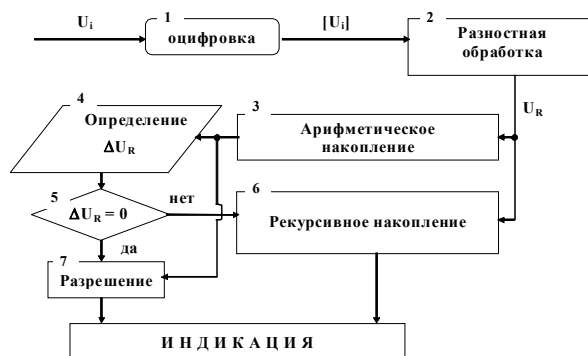


Рис. 4. Алгоритм параллельного рекурсивного накопления динамического теплового изображения

На рис.4 обозначены: 1 – оцифровка входящего сигнала; 2 – определение разности позитивного и негативного кадров  $\Delta U_R^i$ ; 3 – накопление последовательности кадров  $U_R^j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_{Ri}^j$ ; 4 – сравнение

текущего кадра с предварительно накопленной суммой  $\Delta U_R^{ij}$ ; 5 – по результатам сравнения отображаются результаты арифметического накопления (если полученная разность кадров незначительна); 6 – отображаются результаты рекурсивной фильтрации (при существенной полученной разности кадров)

$$U_E^{ij} = U_{VX}^{ij} \cdot k + U_R^{i-1,j}, \quad k = F(\Delta UE) \in [0, 1].$$

Дополнительным преимуществом применения этого алгоритма является то, что он существенно повышает оперативность и гибкость рекурсивной фильтрации. В частности, при определении коэффициента уровня фильтрации могут быть использованы значения как текущего и усредненного, так и двух смежных соседних кадров. Кроме того, при этом определении возможен учет значений не двух, а  $N$  кадров при одновременном использовании  $n$  коэффициентов уровня фильтрации.

### Выводы

Переход от последовательного накопления к параллельному позволяет не только повысить динамику отображения быстротекущих тепловых процессов, но и свести к минимуму размытие границ изображения при перемещении объекта или изменении его теплового режима.

## Список літератури

1. Боженко В. Підвищення інформативності тепловізійної системи шляхом формування композитних зображень / В. Боженко, П. Кондратов // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУ ПС, 2007. – Вип. 8(66). – С. 16-17.
2. Госсорг Ж. Инфракрасная термография / Ж Госсорг. – М.: Мир, 1988. – 216 с.
3. Research of Image Difference Processing Ways in Thermovision Camera Based on Pyrovidicon / I. Bozhenko, V. Bozhenko, O. Kondratov, P. Kondratov // Advanced Computer Systems and Networks: Design and Application. – Lviv: NU "LP", 2007. – P. 181-183.
4. Пат.18227 Україна, МПК H04N 5/33. Пристрій формування тепловізійного зображення / Кондратов П. – 2006. – Бюл. № 11.
5. Боженко В. Методы динамического накопления кадров в тепловизионной камере / В. Боженко, П. Кондратов // Системы контроля окружающей среды. Средства, информационные технологии и мониторинг. – Севастополь: МГИ, 2008. – С. 119-121.

Поступила в редколлегию 1.09.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.Н. Прудюс, Национальный университет «Львовская политехника», Львов.

## ПАРАЛЕЛЬНА ЦИФРОВА ОБРОБКА ДИНАМІЧНИХ ТЕПЛОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

В.І. Боженко

У статті розглянуті питання паралельної цифрової обробки тепловізійних зображень. Пропонуються алгоритми паралельної обробки та паралельного рекурсивного накопичення динамічного теплового зображення, що дозволяють застосовувати ці процедури в режимі реального часу та за разом зменшити спотворення у результуючих зображеннях.

**Ключові слова:** теплове зображення, піровідиконна камера, усереднення, рекурсивна фільтрація.

## PARALLEL DIGITAL PROCESSING OF DYNAMIC THERMAL IMAGES

V.I. Bozhenko

In the paper the questions of dynamic thermal images parallel digital processing are considered. Offered algorithms of dynamic thermal image parallel processing and parallel recursion accumulation are permit to process those procedures in real-time mode and in the same time to decrease the distortion in the final image.

**Keywords:** thermal image, pyrovidicon camera, averaging, recursion filtration.