

		$l$			
		0	1	2	...
$k$	0	$g_{k,0}$	...	...	$g_{k,l_2}$ ...
	1	...	...	...	...
	2				
	...				
	...	$g_{k,l_1}$	...	...	$g_{k,l_2}$ ...
					...

$$f_{k\ell} = v_{k-k_1, \ell-\ell_1}, \quad (38)$$

$$(k, \ell) \in [k_1, k_2] \times [\ell_1, \ell_2].$$

Описанная методика цифрового моделирования непрерывной двумерной линейной системы гарантирует адекватное преобразование пространственных сигналов и экономична с вычислительной точки зрения.

#### Библиографический список

- Р и с. 4. Размещение результатов свертки в массив  $v_{k\ell}$
1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. - Т. I. - М.: Мир, 1982. - 312 с.
2. Рабинер Л., Голд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов: Пер. с англ. - М.: Мир, 1978. - 848 с.
3. Годуб М.А., Имамутдинов Н.П. Алгоритмы двумерной быстрой аперидической свертки // Автоматизация экспериментальных исследований. - Куйбышев: КуАИ, 1982. - С. 69-74.

УДК 621.396.9+629.7.05:621.391.268

Ю.А.Андреев, Г.М.Макаров, М.Я.Штейнбок

#### ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ МАКЕТА ЦИФРОВОЙ КОРРЕЛЯЦИОННО-ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ (г. Томск)

Корреляционно-экстремальные навигационные системы (КЭНС) являются наиболее точными навигационными системами из всех существующих в настоящее время. Принцип их работы заключается в сравнении двух изображений, эталонного (ЭИ) и текущего (ТИ), и вычисления критерия их близости (корреляционной или какой-либо другой статистической функции). Координаты экстремума критерия близости указывают на рассогласование между изображениями.

При цифровой реализации КЭНС существенной является проблема увеличения их быстродействия. Одним из способов повышения быстродействия КЭНС является аппаратная реализация наиболее "частых" вычислительных операций, необходимых для определения сдвига между изображениями. К таким операциям прежде всего относится вычисление критерия близости изображений. Исходя из этих соображений, был создан лабораторный макет КЭНС на базе микроЭВМ "Электроника-60", в состав которого входит специализированный процессор (СП), позволяющий на аппаратном уровне произвести расчет двух наиболее распространенных критериев:

корреляционного функционала -

$$R(\tau_1, \tau_2) = \frac{1}{S^*} \iint_S F_3^0(x, y) * F_7^0(x + \tau_1, y + \tau_2) dx dy \quad (1)$$

и модульного функционала -

$$\Phi(\tau_1, \tau_2) = \frac{1}{S^*} \iint_S |F_3(x, y) - F_7(x + \tau_1, y + \tau_2)| dx dy, \quad (2)$$

где  $F_3$  и  $F_7$  - соответственно ЭИ и ТИ;  $S$  - область пересекающихся частей изображений;  $S^* = (N - \tau_1)(N - \tau_2)$  - площадь области  $S$ ;  $N$  - размер стороны ЭИ и ТИ;  $\tau_1 - \tau_2$  - сдвиг между изображениями по осям  $X$  и  $Y$  соответственно.

Кроме того, в СП выполняются некоторые сервисные операции, позволяющие повысить эффективность работы макета. К ним относятся операции обмена изображениями между ЭВМ и внутренними ОЗУ СП (ОЗУ эталона M2 и ОЗУ текущего изображения M1), перепись изображения из M1 в M2 и другие. Имеется также специальный канал для связи с оптическим датчиком, выполненном на базе фотодиодной матрицы МФ-14, и АЦП для оцифровки аналогового сигнала с датчика. Полученное изображение имеет 16 уровней интенсивности и размер  $N^2 = 32 \times 32$  элемента /I/.

Работа макета осуществляется следующим образом: с помощью оптического датчика в память M1 спецпроцессора вводится изображение, которое интерпретируется как эталонное. Затем это же изображение переписывается в память M2 спецпроцессора и определяется чувствительность системы к сдвигам, после чего выдается запрос на сдвиг. Изображение (фотография), установленное на специальной подставке, снабженной микрометрическими винтами, сдвигается, вводится в память M2 и воспринимается как текущее. При выдаче команды на работу

в автоматическом режиме система отслеживает сдвиг текущего изображения относительно эталона. В основе работы макета лежит направленный алгоритм поиска экстремума /2/. Признаком того, что искомый экстремум найден, является тот факт, что ближайшие соседние точки критерия близости не превышают (для корреляционного функционала) экстремального значения. Для уточнения положения экстремума используется интерполяция треугольной функцией.

Исследования показали, что погрешность определения координат экстремума не превышает 0,3% от размера изображения; максимально допустимый сдвиг составляет порядка двух радиусов корреляции исходных изображений; время срабатывания системы не более 100 мс.

#### Библиографический список

1. Андреев Ю.А. Влияние дискретизации изображений на точностные характеристики КЭС //Корреляционно-экстремальные системы управления: Сб.науч. работ. - Томск: Изд-во ТГУ, 1982. - С. 31-37.

2. Андреев Ю.А., Штейнбок М.Я. Исследование двухуровневого алгоритма функционирования КЭНС. - В наст. сборнике.

УДК 621.38.13.122

О.П.Валов, Р.Р.Вафин, Л.М.Шарнин

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИНТЕЗА  
ПЕРВИЧНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА РАСТРОВОМ ИНДИКАТОРЕ

(г. Казань)

Растровые индикаторы на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ) нашли широкое применение в различных областях техники. Область применения растровых индикаторов определяет выбор вида развертывающих функций растра, например, в телевидении применяются устройства с прогрессивной и чересстрочной, а в радиолокации со спиральными развертками. Способы формирования первичных изображений (вектор, полуплоскость, окружность) на телевизионном растре широко представлены в литературе /1,2/. При анализе изображений используется так на-