

С. Б. ОДИНЦОВ, И. В. ПЕТРУШКО, А. В. САВИЦКИЙ, В. С. ЩЕТИНКИН
(Москва)

ПАРАЛЛЕЛЬНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ КОРРЕЛЯТОР С ФОТОАНИЗОТРОПНОЙ СРЕДОЙ

В [1] проведено исследование двумерного параллельно-последовательного коррелятора изображений с интегрированием во времени, который вычисляет корреляционную функцию анализируемого и эталонного изображений в соответствии с выражением

$$K(\xi, \eta) = \int_0^T \varphi(t) f[\xi + x(t), \eta + y(t)] dt, \quad (1)$$

где $f(x, y)$ — функция, описывающая анализируемое изображение; $x(t)$ и $y(t)$ — заданные в параметрической форме от времени t координаты точек траектории, совпадающей с контуром эталонного изображения, повернутого на 180° по отношению к его исходному положению; $\varphi(t)$ — временная зависимость интенсивности света в контуре эталонного изображения; T — время, в течение которого точка с координатами $\{x(t), y(t)\}$ пробегает по контуру эталона целое число раз.

Такой способ вычисления корреляционной функции параллельно-последовательный, так как обработка анализируемого изображения ведется одновременно (параллельно) по всем точкам, а накопление (интегрирование) корреляционной функции происходит последовательно во времени. Как отмечалось в [1], параллельно-последовательный метод вычисления корреляционной функции, несмотря на невысокое быстродействие (~ 10 операций сравнения за ~ 1 мс), обладает рядом достоинств, главными из которых являются отсутствие необходимости использования эталонного изображения в виде физически реализуемых транспарантов или фильтров и возможность реализации метода при некогерентном освещении. При этом первое из этих достоинств позволяет широко использовать ЭВМ для программного задания, смены и преобразования эталонных изображений, а второе — улучшить отношение сигнал/фон при оптическом вычислении корреляционной функции. Техническая реализация предложенного метода требует выполнения следующей последовательности операций: оконтуривание анализируемого изображения [2], его последующее смещение в собственной плоскости по описанному выше алгоритму и накопление смещаемого изображения на каком-либо двумерном (многоэлементном) фотоприемном устройстве.

В настоящей работе экспериментально исследована возможность создания параллельно-последовательного некогерентно-оптического коррелятора изображений, в котором операции оконтуривания и накопления выполняются одновременно с помощью фотоанизотропной среды. Фотоанизотропные среды (ФС) (например, на основе органических полимеров [3]) реагируют на воздействие активирующего поляризованного света определенной длины волны возникновением в них фотоиндуцированной анизотропии (двулучепреломления и дихроизма), которая может быть считана без разрушения светом другой длины волны, а затем стерта тепловым нагревом и вновь фотоиндуцирована. Такие ФС обладают высокой разрешающей способностью (~ 1000 мм $^{-1}$) и практически неограниченной апертурой и исследовались ранее нами применительно к задачам обработки информационно емких изображений (с числом элементов разрешения на кадр до 10^7 — 10^8) [3—5]. Они позволяют в пространственно-некогерентном свете осуществить вычитание изображений, являющееся базовой операцией при различных видах их обработки [3—5].

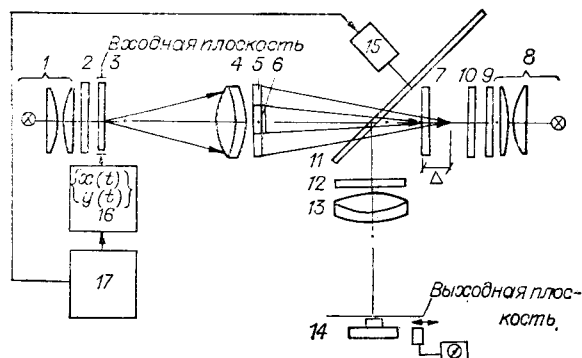


Рис. 1

Экспонирование ФС двумя ортогональными линейно-поляризованными оптическими сигналами в каждой точке среды в соответствии с входным распределением интенсивности света позволяет сформировать изображение с пространственно меняющейся анизотропией, характеризующейся ориентацией

наведенной оптической оси и величиной двулучепреломления. В результате интенсивность света, прошедшего при считывании фотоанизотропной записи через систему «поляризатор — ФС — анализатор», пропорциональна квадрату разности входных оптических сигналов [5].

На основе операции вычитания оптических сигналов с помощью ФС сравнительно просто может быть реализована операция оконтурирования анализируемого изображения. В то же время накопление изображений на ФС позволяет зафиксировать на ней корреляционную функцию в соответствии с алгоритмом, представленным в виде выражения (1).

Оптическая схема параллельно-последовательного коррелятора изображений с ФС показана на рис. 1. Свет от осветителя 1 (типа ОИ-24 с ртутной лампой ДРШ-250) проходит через светофильтр 2 (стекло СЗС-6), за которым формируется активирующее излучение в диапазоне длин волн 400—560 нм. Этим излучением освещается входной анализируемый транспарант 3, изображение которого с помощью объектива 4 («Зенитар-М») формируется с увеличением 0,2^x в плоскости ФС 7, в качестве которой использовался реверсивный фотоанизотропный материал типа СЧМ-А2 [3] (светочувствительность 5 мДж/см², величина фотоиндуцированного двулучепреломления ~4 · 10⁻²). В проекционной части коррелятора при записи изображений реализуется метод двухзрачкового синтеза частотной характеристики [6] за счет вычитания на ФС изображений, сформированных от центральной и кольцевой зон выходного зрачка объектива 4, что и позволяет реализовать операцию оконтурирования изображений. Разделение выходного зрачка на зоны производится составным поляридом с ортогональными осями поляризации в центральной (поляриод 6) и внешней кольцевой (поляриод 5) зонах. Причем изображение, полученное от центральной зоны, формируется в плоскости ФС 7, а изображение от кольцевой зоны смещено относительно ФС на небольшую величину Δ = 0,2—0,5 мм, т. е. формируется в плоскости ФС с дефокусировкой. Передаточные функции центрального и кольцевого проекционных каналов в геометрическом приближении описываются выражениями

$$H_{\text{ц}}(\nu) = r_1^2 \frac{J_1(2\pi r_1 \nu)}{r_1 \nu};$$

$$H_{\text{кол}}(\nu) = r_2^2 \frac{J_1(2\pi r_2 \nu)}{r_2 \nu} - r_1^2 \frac{J_1(2\pi r_1 \nu)}{r_1 \nu}, \quad (2)$$

где r_1 и r_2 — радиус центральной зоны и внешний радиус кольцевой зоны выходного зрачка соответственно; $\nu = \sqrt{\nu_x^2 + \nu_y^2}$ — пространственная частота; J_1 — функция Бесселя 1-го рода 1-го порядка. Результирующая передаточная функция в силу фотоанизотропного отклика ФС и поляризационных эффектов равна разности передаточных функций центрального и кольцевого каналов и при выполнении соотношения $r_2/r_1 =$

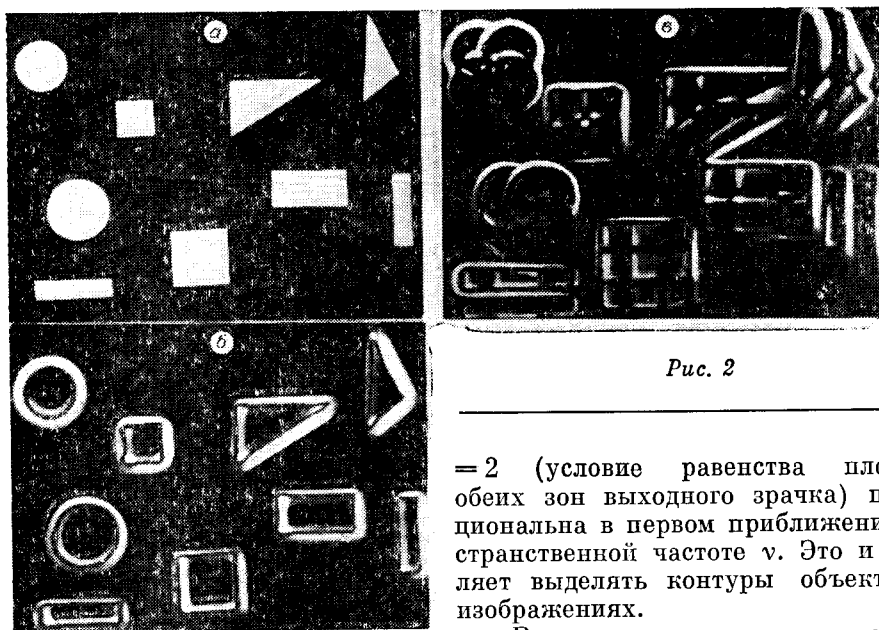


Рис. 2

$= 2$ (условие равенства площадей обеих зон выходного зрачка) пропорциональна в первом приближении пространственной частоте ν . Это и позволяет выделять контуры объектов на изображениях.

В процессе экспонирования ФС 7 входной транспарант 3 смещается в своей плоскости по «обращенному» контуру эталона с помощью двухкоординатного механического устройства 16, управляемого микроЭВМ 17 (типа «Электроника 60М»). В результате накопления на ФС непрерывно (или дискретно) смещаемого оконтуренного изображения пространственное распределение двулучепреломления в ФС будет пропорционально корреляционной функции анализируемого и эталонного изображений. Одновременно с регистрацией изображений на ФС производится считывание полученной записи, что позволяет определить оптимальную величину экспозиции. Свет от осветителя 8 (типа ОИ-24 с галогенной лампой) проходит через светофильтр 9 (стекло КС-11), за которым формируется считывающее излучение в диапазоне длин волн 600—660 нм. Это излучение, пройдя через поляризатор 10, освещает ФС 7, изображение с которой, отразившись от зеркального обтюратора 11, вращаемого двигателем 15, и пройдя через скрещенный с 10 поляризатор 12, с помощью объектива 13 («Зенитар-М») проецируется в выходную плоскость. В этой плоскости устанавливается фотокамера 14 для регистрации распределения корреляционной функции или сканирующий фотоприемник (например, ФЭУ-68), позволяющий построить графики профилей сечения корреляционной функции.

В эксперименте в качестве входного транспаранта использовалась фотопластинка размером 24×36 мм с изображениями простых геометрических фигур (рис. 2, а), размеры которых лежали в пределах 2—6 мм. В качестве эталонного изображения был выбран квадрат, по контуру которого производилось смещение входного транспаранта в процессе экспонирования ФС. При этом с целью улучшения отношения сигнал/фон в выходном изображении корреляционной функции, увеличения скорости ее вычисления и устранения влияния вибраций двухкоординатного механического устройства перемещения входного транспаранта экспонирование ФС производилось в таких положениях контура эталона, которые соответствовали его точкам перегиба, характеризующим габариты эталона [1], т. е. проводилось четырехкратное экспонирование ФС при каждом смещении квадрата на длину его стороны. На рис. 2, б показано оконтуренное тестовое изображение, а на рис. 2, в — результат накопления на ФС корреляционной функции в виде яркой точки на фоне смазанных изображений тестовых фигур. В экспериментах отношение интенсивностей света в корреляционном пятне и в окружающем фоне

не превышало 3—5, что главным образом обусловлено точностью вычитания при оконтуривании изображений и точностью перемещения входного транспаранта по контуру эталона. Кроме того, в силу низкой светочувствительности ФС скорость вычисления корреляционной функции не превышала ~ 1 с. Для повышения указанных точностей необходимо ввести операцию сравнения изображений с некоторым порогом, а также использовать более точное двухкоординатное акустооптическое устройство операций по обработке изображений в некогерентных оптических процессорах с фотоанизотропной средой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гибин И. С., Разумова И. И., Тарков В. А. и др. Исследование двумерного параллельно-последовательного коррелятора изображений с интегрированием во времени // Оптическая обработка изображений.— Л.: Наука, 1985.
2. Козлов О. А., Нежевенко Е. С., Потатуркин О. И. Распознавание изображений в когерентно-оптических системах с применением контурных эталонов // Автометрия.— 1976.— № 6.
3. Козенков В. М., Одинокоев С. Б., Петрушко И. В. и др. Оперативное устройство коррекции смаза и дефокусировки изображений с фотоанизотропным носителем // Оптические и оптико-электронные методы обработки изображений и сигналов.— Л.: ЛФТИ, 1982.
4. Одинокоев С. Б., Петрушко И. В., Спиридонов И. Н. и др. Оптическая обработка изображений с помощью фотоанизотропных регистрирующих сред // Фундаментальные основы оптической памяти и среды.— Киев: Вища школа, 1984, вып. 15.
5. Одинокоев С. Б., Петрушко И. В., Щетинкин В. С. Улучшение качества и восстановление изображений с использованием фотоанизотропных регистрирующих сред // Труды МВТУ, № 431. Сер. Оптоэлектроника.— М.: МВТУ, 1985.
6. Королев А. Н. Методы псевдокогерентных преобразований некогерентных изображений // Оптико-электронные методы обработки изображений.— Л.: Наука, 1982.

Поступила в редакцию 30 июня 1986 г.

УДК 517.986.02 : 535.317.2

В. В. СМЕРНОВ

(Ленинград)

МЕТОД РЕАЛИЗАЦИИ N -МЕРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ФУРЬЕ В КОГЕРЕНТНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Когерентные оптические системы преобразования Фурье (КОСПФ) приближенно осуществляют его для плоскости, т. е. группы R^2 (или для R) [1, 2]. В связи с возможностью оптической реализации могут представлять интерес преобразования Фурье (ПФ) и для других групп, особенно для R^N , $N = 1, 2, 3, \dots$

В настоящей работе предлагается метод реализации ПФ для R^N в КОСПФ, причем в отличие от других методов (например, реализации ПФ для R^3 в [3]) за один проход. При создании N -мерных пространственных фильтров метод дает возможность использовать голографический метод Вандер Люгта [1, 4]. При реализации одномерного ПФ он позволяет использовать всю двумерную апертуру КОСПФ, а не только одно измерение, как в системах с цилиндрическими линзами. Тем самым метод существенно расширяет возможности КОСПФ по обработке информации.