

# СЕКЦИЯ ОБЩЕТЕХНИЧЕСКАЯ

УДК 535

## РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ С ПОМОЩЬЮ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ МЕТОДОМ СОГЛАСОВАННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Филонович С.А., Хатынюк Р.М., Луценко Е.В., Гладыщук А.А.  
БПИ

Одним из актуальных направлений в технике является распознавание образов, для чего широко используются согласованные фильтры. Согласованная фильтрация используется в контроле качества промышленной продукции, аэрофотосъемке, биологии и медицине, системах космической навигации, а также для распознавания отпечатков пальцев и персональных удостоверений.

Нами использовался оптический коррелятор в котором осуществляется перемножение фурье-образа входной и эталонной функций с последующим преобразованием Фурье полученного произведения. Эталонная функция записывается в виде комплексно-сопряженного фурье-образа и является, по существу, пространственным фильтром.

Для создания согласованного фильтра, во входной плоскости  $P1$  помещается объект с амплитудно-фазовым пропусканием  $h(x_1, y_1)$ , при этом распределение комплексных амплитуд за фурье-линзой в выходной плоскости ( $P2$ ) равно  $u_2(x_2, y_2) = H(u, v)$ , где  $u, v$  - пространственные частоты в плоскости  $P2$  ( $u = x_2 / f_1 l$ ,  $v = y_2 / f_1 l$ ),  $l$  - длина волны,  $f_1$  - фокусное расстояние линзы,  $H(u, v)$  - фурье-образ функции  $h(x_1, y_1)$  равный:

$$H(u, v) = \frac{1}{j\lambda f_1} \iint h(x, y) \cdot \exp[-2\pi j(ux + vy)] dx dy.$$

Опорный пучок  $u_r = r_0 \exp(-i2\pi\alpha x_2)$ , падал на плоскость  $P2$  под углом  $\theta$  к нормали, при этом регистрируемая фотоматериалом интенсивность была равна:  $I(x_2, y_2) = r_0^2 + |H|^2 + r_0 H \exp(i2\pi\alpha x_2) + r_0 H^* \exp(-i2\pi\alpha x_2)$ , где  $\alpha = \sin \theta / \lambda$  - пространственная частота, связанная с наклонным падением опорной волны. Последний член этого выражения пропорциональный  $H^*$  является искомым. При линейной записи, получаем голограмму-фильтр амплитудно-фазовая прозрачность которой  $t(x_2, y_2)$ , с точностью до постоянного множителя равна интенсивности.

При распознавании, опорный пучок блокировался, во входную плоскость  $P1$  помещался объект с пропусканием  $g(x_1, y_1)$ . При этом линза  $L1$  формирует фурье-

образ объекта  $G(u, v)$  в плоскости  $P_2$ , при прохождении которого через согласованный фильтр происходит произведение фурье-образа с амплитудно-фазовым пропусканием фильтра.

За голографическим фильтром, устанавливалась вторая фурье-линза  $L_2$  так, чтобы фильтр находился в ее передней фокальной плоскости. Распределение комплексных амплитуд в задней фокальной плоскости этой линзы представляет собой фурье-образ произведения  $G t$ :

$$u_3(x_3, y_3) = r_0^2 g \delta(x, y) + [h \otimes h^* g] \delta(x, y) + r_0 [h \otimes g \otimes \delta(x_3 + \alpha f_2, y_3)] + r_0 [g^* h \otimes \delta(x_3 - \alpha f_2, y_3)],$$

где  $\otimes$  - свертка,  $*$  - корреляция. Для определения идентичности сигналов  $g$  и  $h$  достаточно рассматривать только взаимную корреляцию сигналов  $g^* h$ , описываемую последним слагаемым, которое описывает пучок исходящим из плоскости  $P_2$  под углом  $+q$ , и локализуется в выходной плоскости вокруг точки с координатами  $+\alpha f_2, 0$ . Если объект согласован с фильтром, то в выходной плоскости корреляция функций  $g$  и  $h$  имеет вид яркой световой точки, а если объект отличается от эталона - точка становится размытой и менее интенсивной.

Были экспериментально исследованы корреляционные сигналы, полученные от различных классов объектов: отпечатков пальцев, букв латинского алфавита и цифр; и их зависимость от экранирования различных пространственных частот на фурье-образе объекта. Выявлены оптимальные условия соотношения интенсивностей опорного и объектного пучков для каждого класса объектов и используемых материалов. Измерения производились на согласованных фильтрах выполненных как на амплитудных так и фазовых голограммах.

Поскольку фотопластический накопитель имеет достаточно неплохие характеристики (дифракционная эффективность около 30%, разрешение порядка 4 тысяч линий на мм) и при этом допускает около 1000 циклов запись-стирание без существенной потери дифракционной эффективности, то этот материал был выбран в виде основного для корреляционных фильтров.

Как оказалось, согласованные фильтры на фотопластическом накопителе очень чувствительны к условиям записи. Поэтому первые результаты полученные с помощью данной установки были неудовлетворительными. Например вероятность правильной идентификации отпечатка пальца составляла около 10, хотя при этом можно было точно идентифицировать буквы и цифры. Данное различие связано с различной сложностью объектов, то есть тем фактом, что фурье-образ любого из отпечатка пальцев примерно одинаковы, а фурье-образы букв и цифр существенно различаются между собой.

Оптимизация условий записи корреляционного согласованного фильтра на термопластический накопитель и исключение сигнала от плоского фронта путем отсечки интенсивности вблизи оптической оси системы, позволили получить устойчивые хорошие результаты для идентификации отпечатков пальцев. При этом

появилась возможность перейти от относительных измерений интенсивности корреляционного сигнала к абсолютным, так как даже при изменении интенсивности лазера в пределах 10% корреляционный сигнал от оригинала был на много интенсивнее корреляционных сигналов от других отпечатков пальцев. На рисунке 1 представлена гистограмма интенсивностей корреляционных сигналов от тестируемых отпечатков пальцев. Как видно из рисунка, на установке такого вида возможна уверенная идентификация отпечатков пальцев.

Учитывая возможность тысячекратной перезапись корреляционного фильтра, невысокую стоимость и возможность миниатюризации, а также простоту обращения и обслуживания подобных устройств, они могут найти применение в устройствах ограничения доступа в банковские и производственные помещения, сейфы, картотеки, кейсы и так далее, как дополнение к обычным устройствам охраны и сигнализации.

