

А.Н. Андреев, А.Е. Березный, И.Н. Сисакян

ФАЗОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ КООРДИНАТ

Для оптической обработки информации как в когерентном, так и в некогерентном свете одной из типичных операций является преобразование координат в изображении, т.е. такое преобразование светового поля, при котором точке (x, y) во входной плоскости соответствует точка (u, v) в выходной плоскости системы, где $u = u(x, y)$, $v = v(x, y)$ а соответствие понимается в смысле геометрической оптики. Для зоны Френеля это означает, что (x, y) - точка входа луча, а (u, v) - точка выхода луча.

В зоне Фраунгофера соответствие определяется методом стационарной фазы. Задача о получении нужных для конкретной задачи преобразований при помощи искусственных голограмм многократно ставилась в литературе (см. [1]). Фактически для построения нужной искусственной фазовой голограммы необходимо решить систему дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка. В [2] выяснен вопрос о том, когда эта система уравнений интегрируема, т.е. когда нужная фазовая голограмма может быть получена в принципе.

В настоящей работе для экспериментального исследования выбрано преобразование декартовых координат в полярнологарифмические, важное для ряда приложений, в том числе для голографического распознавания образов [3] (с помощью двумерной корреляции), инвариантного к поворотам, изменению масштаба и сдвигам входного сигнала (а не только к сдвигам, как это имеет место в обычных голографических корреляторах). Разработка различных методов решения этой проблемы является сейчас одной из популярных тем в оптической обработке информации.

В [2] рассматривается схема для преобразования координат изображения с использованием частотной плоскости линзы. Если фазовую функцию оптического элемента обозначить через $f(x, y)$, то для параксиальной области имеем:

$$u = x + lf_x(x, y), \quad v = y + lf_y(x, y),$$

где:

x, y - декартовы координаты луча в передней фокальной плоскости линзы;

l - расстояние между плоскостями (x, y) и (u, v) .

Данная схема, выбранная для экспериментов, является простейшей, но не оптимальной в плане чувствительности к разъюстировкам и неточностям изготовления голограммы, так как лучевая матрица такой системы переставляет местами координаты и направления в фазовом пространстве системы. Такое же преобразование можно осуществить и в другой оптической схеме с дополнительными линзами, которая не обладает этим недостатком.

Были изготовлены голограммы для фазовой функции:

$$f(x, y) = C(xt + y \ln(r/r_0)),$$

где t - полярный угол на плоскости (x, y) : $x=r \cos t, y=r \sin t$, задающей данное преобразование координат с различными параметрами C, r_0 и различными способами кодирования голограмм.

Голограммы изготовлялись с помощью сканирующего устройства фотовывода Р-1700. Так как пространственно-полосовое произведение (SBP) этой системы невелико (использовалось около 1000, в пределе до 10000 элементов в строке), исследовалась возможность работы близко к пределу Найквиста и даже за ним (иногда это удавалось благодаря особенностям данного

преобразования). Наилучшие результаты показало cos-кодирование с частотой несущей, равной пределу Найквиста.

Результаты экспериментов показали, что на современной элементной базе реализация оптических систем приемлемого качества, выполняющих произвольные аналитические преобразования координат, вполне возможна.

Л и т е р а т у р а

1. Б р и н г д а л О. Оптические преобразования. - Автоматизация, 1983, № 2.

2. Б е р е з н ы й А.Е., С и с а к я н И.Н. Оптические преобразования координат. - 16-я Всесоюзная школа по физическим основам голографии. Куйбышев, 1985.

3. К е й с е с е н т Д., П с а л т и с Д. Новые оптические преобразования для распознавания образов. - ТИИЭР, 1977, т. 65. с. 1.