

ПРОСТОЙ ОПТИЧЕСКИЙ КОРРЕЛОМЕТР

В. М. ДЖУЛАКЯН

Описан простой и недорогой оптический коррелометр, существенно сокращающий время обработки пары изображений и в силу этого рекомендуемый при обработке большого экспериментального материала. Приведены результаты его сравнительного с голографическим методом испытания.

Введение

Корреляционная обработка двумерных изображений применяется в самых различных областях науки и техники. Наряду с трудоемкими цифровыми методами их обработки все шире применяются оптические методы. Так, двумерная взаимокорреляционная функция пары изображений может быть получена на голографическом столе, где сопоставляется фурье-спектр одного из изображений с фурье-голографическим фильтром другого изображения. Однако такая установка чувствительна ко всякого рода фазовым шумам, и весь процесс требует больших временных затрат. Для уменьшения влияния шумов необходимо использовать иммерсионные жидкости, что приемлемо лишь при небольшом количестве обрабатываемого материала.

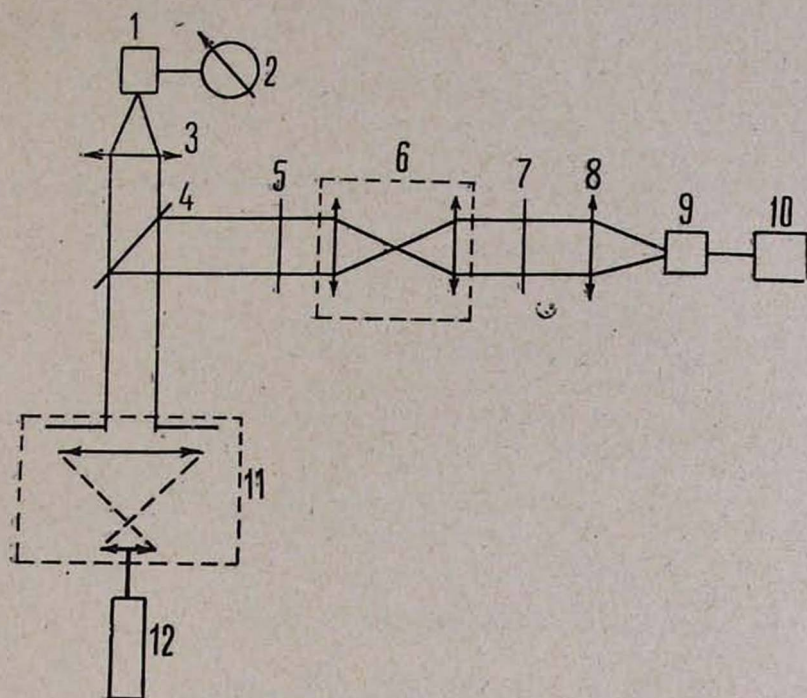
Поскольку перед нами стояла задача исследования продольной корреляции лазерного луча, возникла необходимость оценки коррелированности изображений светового пучка, полученных в различных сечениях его. Это требовало обработки множества изображений. Поэтому была разработана установка, позволяющая существенно сократить время обработки, с привлечением широко доступных оптических элементов.

Описание установки и методика измерения

Действие установки, изображенной на рисунке, известно (см., например, [1—4]) и сводится к следующему. Лазерный пучок после пространственной фильтрации и аподизации в очистителе 11 коллимируется с достаточно равномерной по сечению интенсивностью. Детектором 1 совместно с линзой 3 и гальванометром 2 осуществляется контроль мощности. Далее пучок последовательно освещает транспаранты 5 и 7 с амплитудными характеристиками пропускания соответственно $I_1(x; y)$ и $I_2(x; y)$. Корректор 6 осуществляет коррекцию масштаба транспарантов 5 и 7, если это необходимо.

Обработка осуществляется по следующей схеме. Имеются пары изображений (негативов), соответствующих двум сечениям лазерного пучка вдоль трассы распространения. Для каждого из негативов изготавливаются

по два позитива. Затем оценивается корреляция между парой позитивов, относящихся к разным негативам, а также корреляция между парой позитивов, соответствующих одному и тому же негативу. Последняя операция служит для нормирования корреляционной функции.



Простой оптический коррелометр: 1, 9 — детекторы ФД-3, ФЭУ-79; 2 — гальванометр М-95; 3, 8 — интегрирующие линзы с фокусным расстоянием $F = 12,5$ см; 4 — полупрозрачное зеркало; 5, 7 — транспаранты; 6 — корректор масштаба, состоит из двух линз с фокусным расстоянием 12,5 см; 10 — регистрирующее устройство В 7-16; 11 — очиститель с диафрагмой, равной 25 мкм; 12 — He-Ne-лазер ЛГ-38.

Пусть на выходе j -го транспаранта (позитива) после детектора имеем сигнал

$$i = DA I_0 \iint_S I(x; y) dx dy, \quad (1)$$

где D характеризует преобразование излучения в электрический сигнал, A учитывает особенности пленки, S — площадь поперечного сечения пучка. Тогда после умножения характеристик транспарантов и интегрирования линзой 8 для среднего значения смешанного момента получаем

$$\frac{1}{S} \iint_S I_1(x; y) I_2(x; y) dx dy = \overline{I_1(x; y) I_2(x; y)}^S = \frac{i_{12}}{DA_1 A_2 S I_0}. \quad (2)$$

Транспарант 5 может перемещаться и поворачиваться в плоскости сечения пучка с целью поиска максимального значения смешанного момента.

Располагая двумя копиями одного и того же транспаранта, находим

$$\frac{1}{S} \iint_S I_1(x; y) I_1(x; y) dx dy = \overline{I_1^2(x; y)}^S = \frac{i_{11}}{DA_1^2 SI_0}, \quad (3)$$

$$\frac{1}{S} \iint_S I_2(x; y) I_2(x; y) dx dy = \overline{I_2^2(x; y)}^S = \frac{i_{22}}{DA_2^2 SI_0}. \quad (4)$$

Кроме того, помещая лишь один транспарант, будем иметь

$$\frac{1}{S} \iint_S I_1(x; y) dx dy = \overline{I_1(x; y)}^S = \frac{i_1}{DA_1 SI_0}, \quad (5)$$

$$\frac{1}{S} \iint_S I_2(x; y) dx dy = \overline{I_2(x; y)}^S = \frac{i_2}{DA_2 SI_0}. \quad (6)$$

Запишем нормированную корреляционную функцию транспарантов $I_1(x; y)$ и $I_2(x; y)$ в виде

$$K_{12} = \frac{\overline{I_1(x; y) I_2(x; y)} - \overline{I_1(x; y)} \cdot \overline{I_2(x; y)}}{\sqrt{[\overline{I_1^2(x; y)} - \overline{I_1(x; y)}^2][\overline{I_2^2(x; y)} - \overline{I_2(x; y)}^2]}}$$

или, переходя к принятым выше обозначениям,

$$K_{12} = \frac{i_{12}i_0 - i_1i_2}{\sqrt{(i_{11}i_0 - i_1^2)(i_{22}i_0 - i_2^2)}}, \quad (7)$$

где $i_0 = DSI_0$.

Результаты испытаний

Собранная установка проверялась на нескольких парах изображений сечений лазерного пучка, прошедшего турбулентную атмосферу, предварительно обработанных на голографическом столе [5].

В таблице приведены результаты обработки, полученные обоими способами для одних и тех же пар изображений (Δx означает расстояние в

Таблица

Значения K_{12}				
Метод обработки	$\Delta x, \text{ м}$			Некоррел. пара
	5	50	150	
Голографический	1	$0,8 \pm 0,1$	$0,65 \pm 0,1$	$0,25 \div 0,35$ без иммерс. среды
На предлагаемой установке	$1 \pm 0,05$	$0,85 \pm 0,05$	$0,7 \pm 0,06$	$0,1 \div 0,2$

метрах между сфотографированными сечениями пучка). В последнем столбце в качестве некоррелированной пары взяты изображения, полученные в различные моменты времени. Ненулевая корреляция, в основном, объясняется пространственной ограниченностью пучка. Оценка погрешностей получена из статистической выборки проделанных измерений.

Как видно из сравнения, предлагаемое недорогое и простое устройство обеспечивает достаточную точность и может быть рекомендовано при обработке большого материала.

Автор выражает глубокую признательность Р. А. Казаряну и А. С. Гурвичу за ценные обсуждения.

Институт физических
исследований АН АрмССР

Поступила 7.VI.1979

ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. Строук. Введение в когерентную оптику и голографию, Изд. Мир, М., 1967.
2. Л. М. Сороко. Основы голографии и когерентной оптики, Изд. Наука, М., 1971.
3. J. T. Tippett et al. Optical and Electro-optical Information Processes, Mass. Inst. of Technology Press, 1965.
4. В. А. Зверев, Е. Ф. Орлов. Оптические анализаторы, Изд. Советское радио, М., 1971.
5. А. С. Гурвич, В. М. Джулакян, Р. А. Казарян. Тезисы докладов IV Всесоюзного симпозиума по распространению лазерного излучения в атмосфере, Томск, 1977, стр. 34.

ՊԱՐԶ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ԿՈՐԵԼՈՄԵՏՐ

Վ. Մ. ԶՈՒԼԶԱԿՅԱՆ

Նկարագրված է մատչելի օպտիկական մասերից պատրաստված բավականին պարզ կո-
րելոմետր, ի տարբերություն հոլոգրաֆիկ եղանակի, այստեղ երկու պատկերների կորելյա-
ցիան ստանալու համար պահանջվում է զգալիորեն ավելի կարճ ժամանակ, որը հնարավոր է
դարձնում մշակել մեծ ծավալի փորձնական նյութ անհրաժեշտ ճշտությամբ: Բերված են սարքի
փորձարկման արդյունքները:

SIMPLE OPTICAL CORRELOMETER

V. M. DZHULAKYAN

A simple inexpensive optical correlometer, which essentially reduces the treat-
ment time of a pair of images, and thus is recommended for the handling of large
experimental material is described. The results of its comparison with holographic
method are given.