

ный вариант устройства дискретизации дифракционных спектров, подробно описанного в [3]. Это устройство имеет следующие характеристики: динамический диапазон входных сигналов 100 дБ, длина волны лазерного излучения 0,63 мкм, фокусное расстояние объектива Фурье-преобразования 450 мм, шаг сканирования 0,05 мм, ширина щели сканирования 0,05 мм.

На рисунке приведены изображения объектов, использованных для проверки алгоритма, и зависимости $R(\rho)$ для этих объектов. Кривая 1 получена в результате сравнения квадратов 1' и 2' со сторонами 0,7 и 0,5 мм соответственно; кривая 2 — в результате сравнения квадрата 1' и фигуры 3', имеющей незначительные отличия от квадрата 2'. Значения кривой 1 не равны строго нулю вследствие конечных размеров сканирующей щели и дискретного шага сканирования.

Полученные результаты указывают на возможность распознавания объектов по данному алгоритму.

*Поступило в редакцию
19 апреля 1984 г.*

УДК 621.382 : 621.3.087.25

Л. К. ИСХАКОВА, А. Ю. МОЛОТОВА, И. В. ЩУКИН
(Москва)

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВОСПРИЯТИЯ ТОЧЕЧНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Учет психофизики восприятия важен при исследовании структуры точечных изображений в ряде прикладных задач астрономии, медицины, газодинамики двухфазных потоков.

Основная задача первого этапа визуального анализа структуры точечного изображения заключается, как правило, в установлении особенностей пространственного размещения его элементов (точек). Простейшим является пуассоновское размещение, которое характеризуется отсутствием корреляций в размещении элементов изображения. Наличие корреляций в расположении элементов может быть связано с особенностью структуры исходного объекта, представленного изображением, либо с применением трансформационных преобразований в процессе получения изображения [1, 2]. Так, один из перспективных способов измерения скорости потока частиц состоит из двухэкспозиционной фотографической или голографической регистрации исходного потока. Поле скоростей потока частиц описывается при этом расстояниями между изображениями частиц, полученными при первой и второй экспозициях, т. е. в расстояниях определенных (двухэкспозиционных) пар частиц [2]. При значительной концентрации частиц в потоке структура двухэкспозиционного изображения сложна даже при простом поле скоростей, что существенно затрудняет получение достоверных результатов при визуальном анализе. В качестве примера на рис. 1 приведен фрагмент двухэкспозиционного изображения простейшего односкоростного однонаправленного потока частиц, для которого все двухэкспозиционные пары имеют одинаковые размеры и ориентацию. Визуальный анализ данного изображения сталкивается со значительными трудностями уже на этапе поиска частиц, входящих в двухэкспозиционные пары.

Двухэкспозиционное изображение является примером изображения, особенности структуры которого связаны с применением трансформационных преобразований в процессе его получения. Однако изображение типа приведенного на рис. 1 интерпретируется и другим способом. Его можно рассматривать как изображение модели объекта, в котором произошла простейшая структурная перестройка: от пуассоновского размещения к размещению, содержащему фиксированные пары элементов. Пример изображения на рис. 1 демонстрирует тот факт, что в ряде случаев существенное изменение структуры изображения весьма сложно обнаружить визуально.

Рассмотрим условия проведения экспериментов [3]. Приведем значения основных параметров предъявлявшихся операторам точечных изображений: формат 250×250 мм; размер отдельной точки 3 мм; число групп точек 100; центры групп размещены в пределах площади изображения по закону Пуассона; вид групп: двухэкспозиционные пары; точки, расположенные в вершинах равностороннего треугольника (триады точек); точки в вершинах квадрата (четверки точек); размер групп

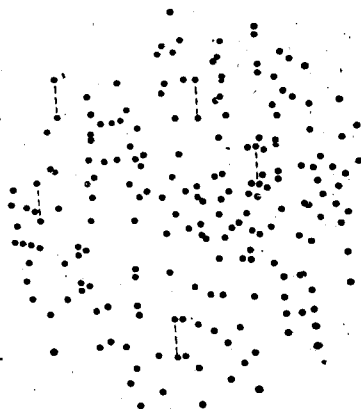


Рис. 1. Фрагмент точечного изображения.

Выделено пять двухэкспозиционных пар, общее число двухэкспозиционных пар 100.

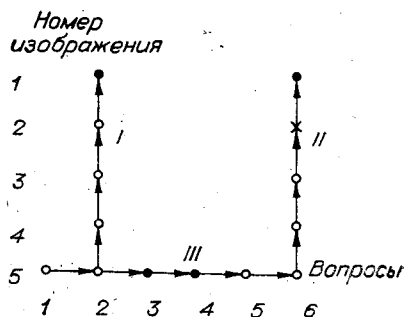


Рис. 2. Графы эксперимента:

○ — неправильный ответ; × — частично правильный ответ; ● — правильный ответ.

(I), определяемый расстоянием между точками, входящими в состав группы (№ 1 ÷ 5 — 5, 10, 15, 20, 25 мм соответственно); ориентация пар — вертикальная (90°) и горизонтальная (0°); тип изображения — негатив, позитив. В процессе экспериментов операторам* предъявлялись изображения начиная с № 5 и предлагалось ответить на следующие вопросы: 1) «Видите ли Вы какие-либо особенности в предъявленном изображении?»; 2) «Есть ли закономерность в расположении точек?»; 3) «Есть ли закономерность в цвете точек?» (данный вопрос ставился при исследовании цветных точечных изображений); 4) «Изменяется ли количество точек при переходе от одного изображения к другому?»; 5) «Видите ли Вы пары (триады, четверки) точек?»; 6) «Данное изображение состоит из пар (триад, четверок) точек? Укажите эти пары (триады, четверки) точек». Удобной характеристикой плана эксперимента по анализу особенностей восприятия точечных изображений является граф эксперимента (рис. 2). Нами использовались планы экспериментов, соответствующие графам типа I — III.

Перейдем к рассмотрению результатов экспериментов. При плане эксперимента с графом типа I для изображения с группой простейшего типа (пара точек) получен следующий результат. Особенность в расположении точек, связанная с наличием пар, обнаруживается операторами при $l/l_0 \leq 0,2$, где l — размер пары, l_0 — среднее расстояние между центрами пар. При $l/l_0 > 0,2$ закономерность в расположении точек, связанная с наличием пар, не обнаруживается (иллюзия беспорядка). Этот вывод сохраняется и для более сложных групп.

При плане эксперимента с графом типа II, когда оператор имеет априорную информацию об особенности структуры изображения, для изображения, содержащего пары точек, вероятность правильного нахождения групп может быть оценена с помощью рис. 3.

Полученные результаты в определенной степени характеризуют возможности оператора по обнаружению корреляции в размещении точек. Укажем некоторые направления их использования.

Ограниченная эффективность представления информации в форме изображения делает необходимым поиск иных форм представления информации о пространственной структуре; основанных, например, на пространственно-спектральных методах [2, 3]. Этот вывод необходимо учитывать при разработке систем моделирования процессов структурообразования.

Возможно определение области наиболее целесообразного применения автоматизированных методов анализа структуры точечных изображений.

Оценим допустимую концентрацию частиц при визуальном анализе двухэкспозиционного изображения. Так, если считать допустимой величиной отношения l/l_0 значение 0,2, предельная концентрация частиц может быть определена из соотношений:

а) для случая, когда анализ проводится по сечениям трехмерного объекта

$$n_s \leq 4 \cdot 10^{-2} l^2; \quad (1)$$

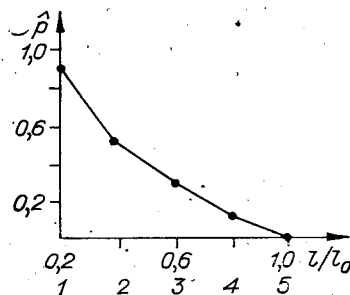


Рис. 3. Характеристика обнаружения группы точек оператором:

\hat{p} — отношение числа правильных ответов к общему числу ответов.

* Операторами были студенты 3—5 курсов МИЭМ. Общее число операторов составляло примерно 100 человек.

б) для случая, когда анализ проводится по проекциям трехмерного объекта

$$n_v \leq 4 \cdot 10^{-2} / l^2 L, \quad (2)$$

где n_s и n_v — поверхностная и объемная концентрации частиц; l — среднее расстояние между частицами двухэкспозиционных пар; L — размер объекта в направлении, перпендикулярном плоскости проекции.

В экспериментах с цветными точечными моделями, кроме иллюзии беспорядка, наблюдалась иллюзия преобладания числа точек одного цвета при равном числе точек этих цветов на изображении. Так, например, отмечена иллюзия преобладания красных точек над черными, синих и зеленых над красными и т. д. Для точечных изображений отмечена иллюзия уменьшения числа точек при уменьшении расстояния между точками, входящими в группу. При обращении контраста, т. е. при переходе от черных точек на белом фоне к белым точкам на черном фоне, обнаружение групп с большими расстояниями l (изображения № 3—5) ухудшается. Двухэкспозиционные пары легче обнаруживаются при горизонтальной ориентации (0°), чем при вертикальной (90°).

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубахин В. Ф. Психологические основы обработки первичной информации.— Л.: Наука, 1974.
2. Бакрунов А. О., Щукин И. В. Определение скорости потока частиц методами пространственного спектрального анализа.— Автометрия, 1982, № 2, с. 78—83.
3. Мологова А. Ю., Щукин И. В. Особенности учета психофизических параметров человека-оператора при анализе структуры изображения.— В кн.: Оптическое изображение и регистрирующие среды.— Л.: ГОИ, 1982, с. 128.

Поступило в редакцию
10 июля 1984 г.

УДК 535.41

В. И. АНИКИН, Л. М. ПАНАСЮК, В. К. РОТАРЬ
(Кишинев)

ДВУХЭКСПОЗИЦИОННАЯ СПЕКЛ-ФОТОГРАФИЯ НА ФОТОТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИХ РЕГИСТРИРУЮЩИХ СРЕДАХ

В публикациях [1, 2] продемонстрирована возможность записи двухэкспозиционных голографических интерферограмм на фототермопластических регистрирующих средах одновременно и последовательным способами при использовании эффекта памяти термопластика. Оптимизируя температуру и условия записи, удалось получить высококонтрастные двухэкспозиционные интерферограммы без охлаждения термопластика с дифракционной эффективностью до 15%. Нам неизвестны оригинальные работы, сообщающие о спекл-фотографических применениях фототермопластических носителей.

Целью работы, описываемой в настоящем сообщении, являлось экспериментальное исследование специфических особенностей двухэкспозиционной спекл-фотографирования на фототермопластических регистрирующих средах. В результате показана возможность эффективного управления структурой геометрического рельефа на деформированной поверхности термопластика соответствующим выбором апертуры проекционного объектива или его диафрагмированием в плоскости входного зрачка. Достижимое при этом упорядочение геометрического рельефа позволяет снизить уровень собственных шумов носителя и тем самым повысить качество записываемых спекл-фотографий. Еще одна важная особенность спекл-фотографирования на фототермопластических носителях в сравнении с галогенидосеребряными фотографическими материалами — немонотонность диффузного гало спекл-интерферограммы, обуславливаемая нежесткостью деформированной среды.

Двухэкспозиционные спекл-фотографии записывались на фототермопластических носителях с неорганическим фоточувствительным слоем на основе халькогенидов мышьяка. В качестве термопластика использовался сополимер бутилметакрилата со стиролом. Толщина термопластического слоя составляла 0,7 мкм.

Изучались плоское перемещение диффузного объекта и его наклон по аналогии с фундаментальными опытами Берча — Токарского и др. [3, 4].

Двухэкспозиционные спекл-фотографии записывались следующим образом. Фототермопластический носитель помещался в плоскости изображения или фокальной плоскости проекционного объектива «Юпитер-8», предварительно прогревался до температуры, близкой к температуре текучести термопластика, и затем заряжался коронным зарядом и одновременно экспонировался излучением гелий-неонового лазера ЛГ-38 [1]. Напряжение на коронирующем электроде составляло 6 кВ, длительности обеих экспозиций 2,1 с, длительность паузы между экспозициями 8,8 с.