

1 слайд.

Презентация “Повышение точности измерений теньвым фоновым методом за счет использования анализа полос”. Развитие цифровых методов обработки данных расширило возможности оптических методов и сделало их более удобными для экспериментального применения, а также увеличило качество и количество получаемых данных.

2 слайд.

Хорошим примером этого служит теневой фоновый метод (ТФМ), идея которого основана на сравнении снимков фонового экрана, сделанных через однородную среду и исследуемое течение с вариациями показателя преломления. Изменение показателя преломления при этом связано с температурой, плотностью среды и концентрацией примесей. Рефракционные смещения в исследуемом объекте определяются путём сравнения опорного снимка фона, сделанного через среду с постоянным показателем преломления, и снимка этого же фона, сделанного через сам объект.

3 слайд.

Как правило, обработка изображения производится с помощью кросс-корреляционного алгоритма. В качестве фона может выступать любое изображение. Для кросс-корреляционного варианта обработки это хаотические пятна, однако, кросс-корреляция не позволяет получить верные результаты в зонах больших смещений и градиентов смещений. На слайде мы видим конвекцию в воде у вертикальной нагреваемой пластины. В варианте а) кросс-корреляционный ТФМ справляется с обработкой, но при увеличении нагрева в варианте б) градиент смещения слишком велик и поле температур становится “рябым”, с заниженным максимальным значением.

4 слайд.

Целью данной работы является сравнение точности (с помощью тестов на постоянных смещениях) и пространственного разрешения (тесты на синусоидальных смещениях), достижимых с помощью традиционного кросс-корреляционного ТФМ и Фурье метода, использующего двумерный периодический фон с синусоидальными изменениями яркости вдоль двух осей. Будет произведён поиск оптимальных параметров фона, исследование возможных ограничений фонов и самого метода.

5 слайд.

Чтобы найти поле смещений с помощью Фурье метода, мы берём опорное изображение, подобное представленному на слайде, а так же рабочее изображение, распределение яркостей  $I(x,y)$  которых задаются следующими формулами. Где  $\vec{\xi} = (\xi_x, \xi_y)$  – векторное поле смещения, а  $\Delta\varphi_x, \Delta\varphi_y$  – изменение фаз вертикальных и горизонтальных полос,  $f_{x0}, f_{y0}$  частоты фона по соответствующим осям. Для того, чтобы определить поле смещений, найдём изменение фазы, для этого ищем от обоих изображений преобразование Фурье.

6 Слайд.

Фурье-образ от обоих изображений будет выглядеть, как представлено на слайде, можно выделить две пары симметричных пиков и нулевой пик. Первый член в данной формуле соответствует нулевой гармонике, второй и третий – симметричным пикам вдоль горизонтальной оси. Четвертый и пятый – вдоль вертикальной оси. С помощью Фурье-фильтров, также показанных на слайде, выделяются пики и производится обратное преобразование Фурье. Мнимая часть логарифма от произведения обратных преобразований Фурье от пика на опорном изображении и пика на соответствующем ему рабочем изображении будет являться искомой разностью фаз, из которой мы найдём поле смещений.

7 слайд.

В работе производятся тесты с помощью синтетических изображений. Используются два типа синтетических фонов: фон с синусоидально повторяющимися полосами для проверки Фурье метода, как на рисунке а). И фон, содержащий хаотически расположенные пятна, для сравнения с ним кросс-корреляционного метода, как на рисунке б). Все фоны берутся с одинаковыми размерами 1024x1024 пикселя. Фурье-фоны берутся с периодами полос  $\lambda=10, 20, 30$  пикс. Для хаотических фонов предполагается, что хорошее значение точности достигается при размере пятен 3x3 пикс. и плотности засева  $p=0.3$ . Далее для каждого создаются рабочие изображения с постоянными и синусоидальными смещениями, и оценивается полная погрешность измерений по представленной формуле.

8 слайд.

При этом для хаотических фонов был использован трёхпроходный кросс-корреляционный алгоритм. В результате, для постоянных смещений

было получено, что при заданных параметрах Фурье-обработка имеет погрешность до 4 раз ниже в случае с фонами, период полос которого 10 пикс, по сравнению с кросс-корреляционной обработкой, что видно на графике.

9 слайд.

Для синусоидальных смещений основным результатом является то, что Фурье метод даёт лучшие результаты в областях коротковолновых возмущений, т.е. лучшее пространственное разрешение. Для кросс-корреляционного метода относительная погрешность плавно растёт и составляет 50% при  $\lambda_d$  около 22 пикс ( $\lambda_d$  — период поля смещения). Для Фурье-фонов погрешность остается сравнительно небольшой при  $\lambda_d > \sqrt{2}\lambda$ , что соответствует условию разрешения поля смещения данным фоном. Для улучшения пространственного разрешения лучше брать фон с меньшим периодом полос, что также отражено на графике

10 слайд.

На слайде изображён пример обработки для синусоидальных смещений амплитуды 2 пикс и длиной волны 15 пикс двумя методами. Для Фурье метода использован фон с длиной волны 10 пикс. В случае кросс-корреляции применён трёхпроходный алгоритм для хаотического фона. Мы видим одномерные горизонтальные профили, причем Фурье метод ещё справляется в данном коротковолновом случае и хорошо определяет синусоиду, а кросс-корреляционный — нет и определяет смещения с большой погрешностью.

11 слайд.

В работе был реализован и протестирован на синтетических изображениях способ определения смещений в теневом фоновом методе, основанный на использовании фонов, состоящих из периодических полос, и Фурье-обработки, заимствованной из интерферометрии. Тесты на изображениях с постоянным смещением показали, что погрешность определения смещения в новом варианте метода составляет от 0.01 до 0.03 пикс, тогда как в многопроходном кросс-корреляционном методе — от 0.03 до 0.05 пикс. Главное преимущество нового метода заключается в гораздо лучшем пространственном разрешении. Было показано, что для фона с

периодом полос 10 пикс возможны достоверные измерения смещений с периодом 13 пикс (для кросс-корреляционной обработки — 22 пикс).

В дальнейшем новый вариант определения смещения будет протестирован на изображениях, полученных в ходе реальных экспериментов по диффузии в жидкостях. Ожидается, что лучшее по сравнению с кросс-корреляционным методом пространственное разрешение позволит измерить профили концентрации при большой начальной разности концентраций, приводящей к образованию тонких слоев с очень большими градиентами рефракционного смещения.