

УДК 004

## Разработка программного средства динамического анализа изображения с использованием цифровой голографии

# 09, сентябрь 2012

Шибитов И.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Волосатова Т.М.

Кафедра САПР(РК6), МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия.

МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[bauman@bmstu.ru](mailto:bauman@bmstu.ru)

Системы технического зрения предназначены для замены человека в сфере решения задач, связанных со сбором и анализом зрительной информации.

Разработанный программный продукт предназначен для детектирования перемещения объекта в исследуемой последовательности кадров данного видео ряда.

Для решения данной проблемы использован метод цифровой голографии. Существуют несколько типов голограмм: Фурье, Френеля, Ли и т.д. Общая схема получения Фурье-голограммы по методу Вандер Люгта представлена на рисунке 1.

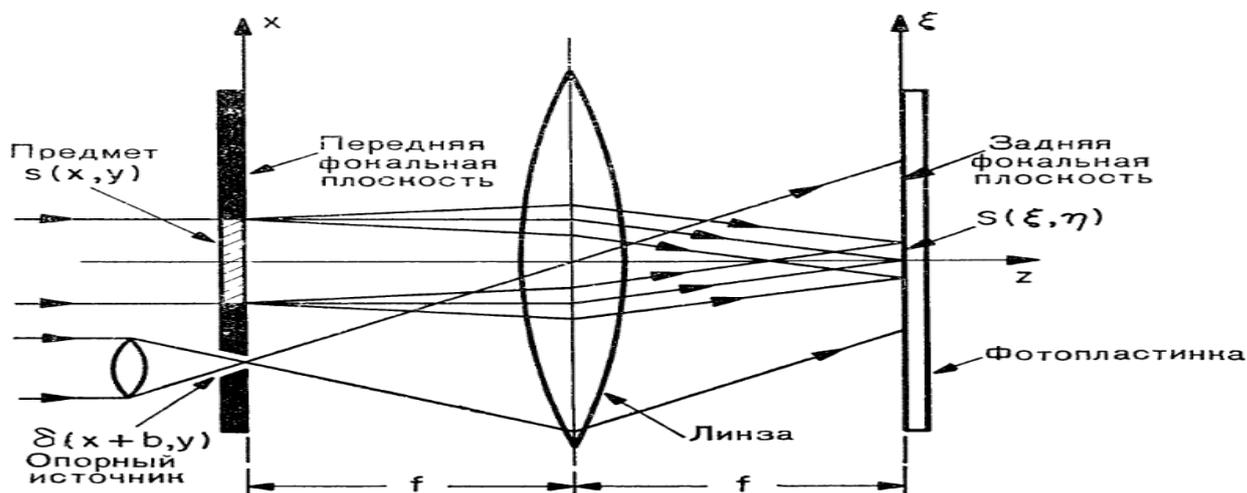


Рис. 1 Схема получения Фурье-голограммы (размеры линзы даны не в масштабе)

Фурье-голограммой мы называем голограмму в том случае, если на ней регистрируется интерференция двух волн, комплексные амплитуды которых в плоскости голограммы являются фурье-образами предмета и опорного источника. Если  $s(x,y)$  — пропускание транспаранта, помещенного в передней фокальной плоскости линзы, то амплитуда предметной волны в плоскости голограммы, совпадающей с задней фокальной плоскостью линзы, есть  $S(\xi,\eta)$ . В передней фокальной плоскости расположен также точечный источник  $\delta(x+b,y)$ , фурье-образом которого является плоская волна с амплитудой  $\exp(-2\pi i \xi b)$ . Это плоская волна играет роль опорной волны и так же, как и

$S(\zeta, \eta)$ , освещает заднюю фокальную плоскость линзы. Интенсивность интерференционной картины, образованной двумя фурье-образами, описывается выражением

$$I = [\exp(-2\pi i \zeta b) + S(\zeta, \eta)] [\exp(2\pi i \zeta b) + S^*(\zeta, \eta)] = \\ = 1 + |S(\zeta, \eta)|^2 + S(\zeta, \eta) \exp(2\pi i \zeta b) + S^*(\zeta, \eta) \exp(-2\pi i \zeta b).$$

Предположим, что проявленная голограмма имеет пропускание  $t(x, y) \sim I$ . Если голограмма освещается распространяющейся вдоль оси  $z$  плоской волной с постоянной амплитудой  $r_0$ , то произведение  $rot(x, y)$  представляет собой комплексную амплитуду  $W$  дифрагированного света непосредственно за голограммой:

$$W \sim rot(x, y) \sim I = 1 + |S|^2 + S \exp(2\pi i \zeta b) + S^* \exp(-2\pi i \zeta b).$$

Линза, расположенная непосредственно перед голограммой или непосредственно после нее, будет создавать в задней фокальной плоскости поле, соответствующее произведению обратного фурье-образа функции  $W$  на фазовый множитель сферической волны.

В математической модели рис.1 интерпретируется следующим образом:

1. Предмету соответствуют файлы с плоскими изображениями кадров динамически меняющегося тест-объекта (видеоролик).
2. Линза моделируется преобразованием Фурье от функции, кодирующей изображения.
3. Взаимодействие опорного пучка с распределением поля, моделируемым преобразованием Фурье от функции, кодирующей изображения, описывается сложением поля с комплексной амплитудой наклонной под произвольно выбранным углом плоской волны.
4. Фотопластинка регистрирует квадрат модуля распределения амплитуды волны.

При произвольном перемещении объекта в фотографии отображаются сдвиги вдоль координат  $Y$  и  $X$ , которые приводят к появлению фазовых множителей в преобразованиях Фурье, а именно:

$$\exp[-2\sigma j(v_{x\Delta}x + v_{y\Delta}y)],$$

где  $v_{x\Delta}$ ,  $v_{y\Delta}$  - соответствующие пространственные частоты,  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ , пространственный сдвиг системы  $XOY$  относительно абсолютной системы координат. Как известно, Фурье - голограмма инвариантна к положению объекта в плоскости регистрации. Следовательно, передача пространственных частот в цифровых Фурье - образах инвариантна к положению объекта (пользователя). И только фазовый множитель содержит данные о движении объекта.

ПО разработано в среде MATLAB, т.к. она предоставляет широкий набор средств цифровой обработки изображений, что позволяет сосредоточить усилия не на разработке алгоритмов, а на реализации основной практической задачи.

Обработка входных данных происходит следующим образом.

На первом этапе происходит чтение видео ролика и разбиение его на кадры. Далее производится перевод данных из формата uint8 в double, и из RGB в оттенки серого, что необходимо для корректной работы функции, выполняющей Фурье-преобразование.

На втором этапе производится построение непосредственно голограмм Фурье для каждого кадра по ранее описанным зависимостям с использованием функции выполняющей БПФ -  $fft2()$ .

На третьем этапе производится вычисление фазовых множителей по формуле

$$\varphi = \text{atan}(\text{Im}(I)/\text{Re}(I)),$$

которые как раз и являются детекторами перемещения объекта.

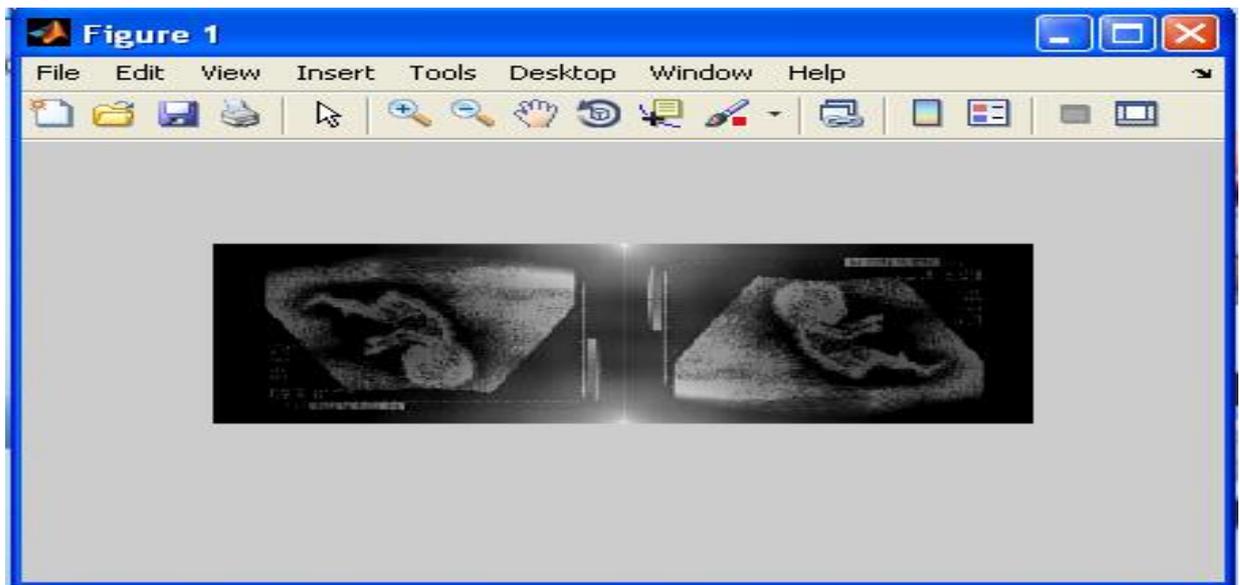


Рис. 2 Результат работы программы – мнимое и действительное изображения

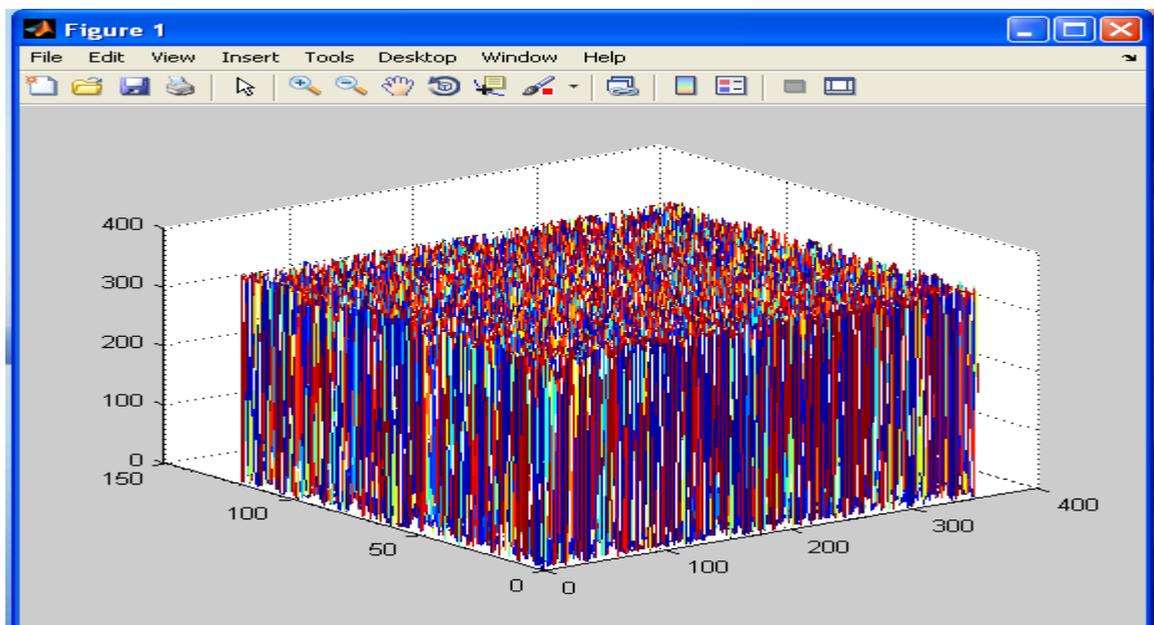


Рис. 3 Разность фаз для двух соседних кадров

Результатом работы программы является серия графиков, отображающих изменение фазовых множителей, анализ которых позволяет говорить об изменении положения объекта в кадре.

### Литература

1. Ярославский Л.П., Мерзляков «Методы цифровой голографии», Наука, 1977
2. М.Франсон. Оптика спеклов. – М.:Мир, 1980, с.141- 143.
3. Г.Г.Левин, Г.Н.Вишняков Оптическая томография. – М.: Радио и связь, 1989.- 224с.
4. Р. Кольер, К. Беркхарт, Л. Лин. Оптическая голография, Мир, Москва, 1973.