

УДК 535.421

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФАНТОМНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОЖЕСТВЕННЫХ ДЛИН ВОЛН

Шумига́й В.С. (Университет ИТМО), Опарин Е.Н. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д. ф.-м. н. Цыпки́н А.Н.
(Университет ИТМО)

Одним из основных недостатков техники фантомных изображений является низкая скорость восстановления изображения. В работе реализовано мультиплексирование по длине волны, которое позволяет ускорить процесс восстановления вычислительных фантомных изображений, что делает предлагаемый метод более привлекательным для требовательных к быстродействию приложений, таких как передача данных и дистанционное зондирование физических процессов.

Введение. Метод фантомных изображений находит свое применение при дистанционном зондировании физических процессов и в системах связи благодаря возможности восстановления информации при наличии высоких шумов. Восстановление информации об объекте выполняется путем вычисления попиксельной корреляции между полем, прошедшим через объект, и случайным спекл-полем, которое его освещает. Псевдослучайная структура может быть сформирована с помощью пространственного модулятора света (SLM). Однако скорость восстановления изображения остается низкой – для получения изображения размером 2×2 см² с отношением контраста к шуму (CNR), достигающего 5, требуется 16000 измерений. Для решения этой проблемы ранее было предложено использовать три отдельных источника света с разными длинами волн и три SLM в одной установке. Благодаря этому была реализована одновременная реконструкция нескольких фантомных изображений одного объекта. Объединение этих изображений ускорило рост общего CNR. Чтобы обойти необходимость использования нескольких источников и нескольких SLM, мы предлагаем использовать спектральный суперконтинуум в качестве широкополосного когерентного источника света. Кроме того, его излучение модулируется всего одним SLM. Этот метод позволит уменьшить количество итераций, необходимых для восстановления фантомных изображений, с помощью увеличения количества источников излучения.

Основная часть. Скорость восстановления фантомных изображений определяется ростом CNR. При большом количестве итераций отношение контраста к шуму восстановленного фантомного изображения растет как квадратный корень из количества итераций. Использование излучения с несколькими длинами волн приведет к общему эффективному количеству измерений, равному квадратному корню из произведения количества длин волн на количество итераций. То есть скорость восстановления изображения увеличится в корень из числа длин волн. Численное моделирование в данной работе частично воспроизводит процесс экспериментального восстановления фантомных изображений. Так, случайно сгенерированное спекл-поле разделяется на несколько участков, каждый из которых соответствует определенному участку SLM и определенному спектральному диапазону. После чего рассчитывается свертка маски объекта и спекл-структуры, которая в реальном эксперименте со спектральным суперконтинуумом соответствует интенсивности на собирающем детекторе, расположенным после объекта. Для каждого из участков спекл-картины производится стандартный алгоритм восстановления фантомных изображений, который состоит в вычислении корреляционной функции второго порядка. Ускорение процесса восстановления определяется в первую очередь параметрами SLM. Например, типичное разрешение 1920×1080 обеспечивает формирование 25 независимых спеклов, генерируемых с помощью фазовых масок с разрешением 76×1080 пикселей. Это позволяет

достичь пятикратного увеличения скорости восстановления изображений по сравнению с обычными вычислительными фантомными изображениями.

Выводы. Предложена модификация метода вычислительных фантомных изображений. Она основана на использовании нескольких участков спекл-структур для одной итерации, что в эксперименте соответствует использованию нескольких диапазонов длин волн. Такая методика позволяет достичь увеличения скорости реконструкции прозрачных изображений, что имеет решающее значение для высокоскоростных приложений.

Исследование было выполнено при финансовой поддержке гранта НИРМА ФТ МФ Университета ИТМО.

Шумигай В.С. (автор)

Подпись

Опарин Е.Н. (автор)

Подпись

Цыпкин А.Н. (научный руководитель)

Подпись