

**ПРИМЕНЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО КАНАЛА В СИСТЕМЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ФАНТОМНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ИЗОБРАЖЕНИЙ ЧЕРЕЗ ДИНАМИЧЕСКИЕ СРЕДЫ**

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

Научный руководитель – доцент, доктор физико-математических наук, Цыпкин А.Н.
(Университет ИТМО)

Введение. В последние годы техника фантомной визуализации на основе псевдотепловых источников излучения активно применяется для получения изображений объектов, скрытыми за нестационарными средами [1]. Существует ряд работ, где были продемонстрированы возможности использования данной техники в условиях повышенного воздушного потока [2] и нестационарности фоновой засветки [3]. Для достижения этого рассматриваются возможности применения в системах фантомной визуализации методов цифровой фильтрации и компьютерного зрения [4].

Одной из причин невозможности обнаружения объектов через динамические среды методом фантомной визуализации являются случайное изменение детектируемого сигнала из-за нестационарности среды. Одним из методов, позволяющих частично решить данную проблему, является метод фильтрации высоких частот [5]. Однако данная технология основывается в первую очередь на эмпирических предположениях и в некоторых случаях может приводить к потере полезной информации. Исходя из этого, для оперативной характеристики нестационарной среды представляется целесообразным применение дополнительного оптического канала, регистрация излучения в котором будет осуществляться на дополнительный однопиксельный детектор. Применение вспомогательного пробного канала позволяет произвести фильтрацию частот в сигнале основного однопиксельного детектора, а также не приводит к наложению дополнительных ограничений на чувствительность и быстродействие системы.

Основная часть. Наиболее распространенным методом получения фантомных изображений является метод вычислительной фантомной визуализации [6]. Так, для задания детерминированных псевдослучайных спекл-структур используется пространственный модулятор света (SLM).

В данной работе формирование дополнительного канала обеспечивалось тем фактом, что SLM производит модуляцию излучения только с определенной поляризацией. При этом для ортогонально поляризованного света поверхность SLM служила зеркалом. Таким образом, при подаче излучения, содержащего обе поляризационные компоненты, обеспечивалось совместное распространение основного и дополнительного канала. При этом модуляция амплитуды основного канала в общем случае обуславливается как динамикой среды, так и взаимодействием спекл-структур с объектом. В то время как излучение дополнительного канала подвергается модуляции только со стороны динамической среды. Это позволило исключить её влияние в ходе последующей частотной фильтрации. Благодаря этому было повышено соотношение сигнал-шум системы фантомной визуализации по сравнению с таковой, не использующей дополнительный канал, что делает возможным восстановление изображений объектов, полностью скрытых за динамической средой.

Выводы. Экспериментально продемонстрирована возможность проведения частотной фильтрации информационного сигнала в технике вычислительной фантомной визуализации при наличии динамической среды. Информация об амплитудной модуляции детектируемого сигнала извлекалась из дополнительного лазерного канала, излучение в котором распространялось соосно со спекл-картинами и обладало ортогональной по отношению к спеклам поляризацией.

Предлагаемая методика не накладывает дополнительные ограничения на выбор спектральных структур, освещающих объекты наблюдения. Иными словами, остается возможным использование таких модификаций процесса восстановления, как метод дифференциальных фантомных изображений или метод компрессионного зондирования, которые позволяют получать изображения с высоким соотношением сигнал-шум с еще большей скоростью.

Список использованных источников:

1. Ma S. et al. Ghost imaging LiDAR via sparsity constraints using push-broom scanning //Optics Express. – 2019. – Т. 27. – №. 9. – С. 13219-13228.
2. Zhang W. et al. Digital filtering ghost imaging to remove light disturbances //Applied Optics. – 2021. – Т. 60. – №. 4. – С. 809-814.
3. Huang X. et al. Ghost imaging influenced by a supersonic wind-induced random environment //Optics Letters. – 2021. – Т. 46. – №. 5. – С. 1009-1012.
4. Li Z., Zhao Q., Gong W. Experimental investigation of ghost imaging in background light environments //Journal of Optics. – 2020. – Т. 22. – №. 2. – С. 025201.
5. Bashkansky M., Park S. D., Reintjes J. Single pixel structured imaging through fog //Applied Optics. – 2021. – Т. 60. – №. 16. – С. 4793-4797.
6. Shapiro J. H. Computational ghost imaging //Physical Review A. – 2008. – Т. 78. – №. 6. – С. 061802.