

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ФАНТОМНОЙ ПОЛЯРИМЕТРИИ  
С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ВНЕДРЕНИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ  
АДАПТИВНОГО ПОДБОРА ПАТТЕРНОВ ОСВЕЩЕНИЯ**

**Морева П.Е. (ИТМО), Шумигай В.С. (ИТМО), Наседкин Б.А. (ИТМО), Исмагилов А.О. (ИТМО),**

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

**Введение.** Методика фантомная визуализация основана на вычислении корреляционной функции второго порядка между известным распределением интенсивности, освещающим объект, и суммарной интенсивностью света, прошедшей через него. В настоящее время данная методика активно применяется для исследования объектов, информация о которых не может быть получена с использованием традиционных методов. В рамках фантомной визуализации информация об объекте извлекается из суммарной интенсивности света, прошедшей через него, что позволяет использовать низкоинтенсивное излучение для получения картин пропускания объектов [1], что даёт возможность работать с чувствительными материалами. Кроме того, фантомные измерения показывают свою эффективность при получении изображений объектов в турбулентных средах [2, 3], в том числе и в биологических тканях [4].

На основе фантомной визуализации ранее был предложен метод фантомной поляриметрии [5], который позволяет получать картину поляризационных свойств объектов и обладает теми же преимуществами для работы при низком освещении и в турбулентных, что и фантомные измерения. Что касается возможных применений фантомной поляриметрии, то большой потенциал для развития этого метода есть в медицинских и биологических исследованиях, так как сейчас особое внимание в научном сообществе занимают исследования связи поляризационных свойств биологических тканей с их морфологическими и функциональными свойствами [6], а биологическая ткань часто чувствительна к свету и является во многих случаях турбулентной средой, что снижает точность поляриметрических исследований традиционными методами [7, 8].

**Основная часть.** В настоящее время стоит задача увеличения скорости и качества получения картин поляризационных свойств объектов при использовании устройств на основе фантомной поляриметрии. В первую очередь, для этого следует использовать схему вычислительной фантомной поляриметрии, где шаблоны излучения, падающего на объект, задаются с помощью пространственного модулятора света. Для дальнейшего ускорения проведения измерения без потери качества предлагается использовать машинное обучение по подбору адаптивных паттернов излучения в соответствии с пространственно-частотной характеристикой сегментов проявляющегося изображения объекта. После проведения измерения возможна пост-обработка изображения с помощью известных алгоритмов, применяемых в вычислительной фантомной визуализации [9].

**Выводы.** Разработана и собрана схема для измерения поляризационных свойств объектов с линейным дихроизмом. Экспериментально получены поляризационные картины объектов сложной формы. Разработана теоретическая модель для восстановления объектов с помощью модифицированных паттернов излучения с помощью сегментации по деталям объекта. В настоящее время ведутся работы по усовершенствованию схемы фантомной поляриметрии для измерения поляризационных свойств объектов более общего класса и внедрению методов машинного обучения для подбора паттернов излучения в соответствии с пространственной частотой сегментов объектов.

**Список использованных источников:**

1. Sun Z., Tuitje F., Spielmann C. A review of high-resolution microscopic ghost imaging with a low-dose pseudothermal light // *Journal of microscopy*. – 2021. – T. 284. – № 1. – C. 3-11.
2. Meda A., Caprile A., Avella A., Ruo Berchera I., Degiovanni I.P., Magni A., Genovese M. Magneto-optical imaging technique for hostile environments: The ghost imaging approach // *Applied Physics Letters*. – 2015. – T. 106. – № 26.
3. Yuan Y., Chen H. Unsighted ghost imaging for objects completely hidden inside turbid media // *New Journal of Physics*. – 2022. – T. 24. – № 4. – C. 043034.
4. Huang W., Tan W., Qin H., Wang J., Huang Z., Huang X.W., Fu X., Bai Y. Edge detection based on ghost imaging through biological tissue // *JOSA B*. – 2023. – T. 40. – № 7. – C. 1696–1702.
5. Magnitskiy S., Agapov D., Chirkin A. Ghost polarimetry with unpolarized pseudo-thermal light // *Optics letters*. – 2020. – T. 45. – № 13. – C. 3641–3644.
6. Ghosh N., Vitkin I. A. Tissue polarimetry: concepts, challenges, applications, and outlook // *Journal of biomedical optics*. – 2011. – T. 16. – № 11. – C. 110801–110801-29.
7. Li X., Han Y., Wang H., Liu T., Chen S.C., Hu H. Polarimetric imaging through scattering media: A review // *Frontiers in Physics*. – 2022. – T. 10. – C. 815296.
8. Ghosh N., Banerjee A., Soni J. Turbid medium polarimetry in biomedical imaging and diagnosis // *The European Physical Journal-Applied Physics*. – 2011. – T. 54. – № 3. – C. 30001.
9. Lyu M., Wang W., Wang H., Wang H., Li G., Chen N., Situ G. Deep-learning-based ghost imaging // *Scientific reports*. – 2017. – T. 7. – № 1. – C. 17865.