

УДК 004.946

## Визуализация гиперспектральных голограмм биообъектов средствами виртуального окружения

*С.Г. Каленков<sup>1</sup>, Г.С. Каленков<sup>1</sup>, В.А. Киселев<sup>1</sup>, Н.А. Сысоев<sup>2</sup>, С.В. Клименко<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup>Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ)

В серии работ [1-4] был предложен новый способ записи гиперспектральных голограмм биообъектов в некогерентном свете. По сравнению с традиционными методами цифровой голографии, использующей когерентные источники света, гиперспектральная голография обладает существенно большей информационной ёмкостью. Она позволяет в едином акте измерения регистрировать пространственно - спектральные характеристики объекта с высоким отношением сигнала к шуму. Это связано в первую очередь с тем, что гиперспектральная голография основана на принципах Фурье-спектроскопии и наследует ее сильные стороны.

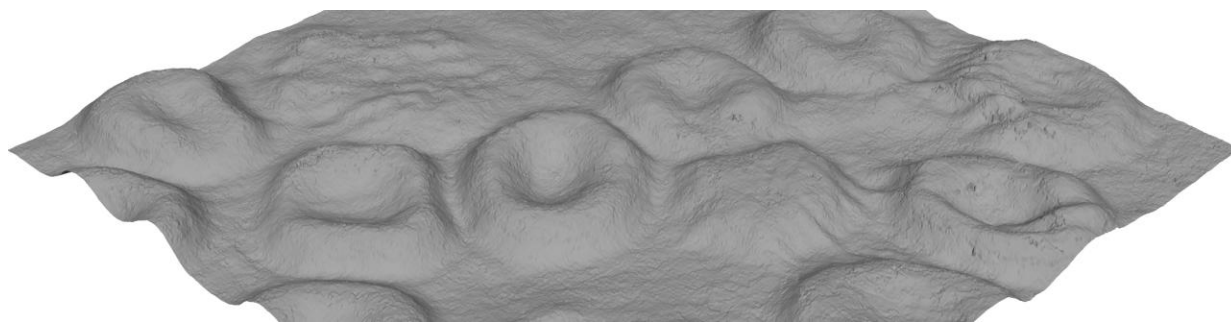


Рис. 1. Фазовый профиль красных кровяных тел крови человека, восстановленный из гиперспектральной голограммы

Аппаратная часть для системы виртуального окружения состоит из очков виртуальной реальности и контроллера человеко-компьютерного взаимодействия для манипуляции с данными и со сценой. В качестве очков использовались oculus rift dk2, а в качестве контроллера leap motion.

Возможность визуализации в режиме реального времени подразумевает, что модель, соответствующая биообъекту в каждый момент времени, должна отстраиваться в виртуальном окружении, не менее 12 раз в секунду. Интегрированная среда разработки unity была использована для реализации следующих классов: BuildingMeshModel.cs, UsingControllerAndKeys.cs, UploadingHolo.cs. Методы BuildingMeshModel.cs позволяют строить поверхность соответствующую амплитудно-фазовому профилю биообъекта по карте высот и амплитудной маске. Создание данного класса позволило строить поверхности любых размеров с любой детализацией, в контексте аппаратных возможностей. Следует отметить, что предел на максимальное количество полигонов у одного объекта (65536 полигонов) был разрешён созданием нужного количества подьобъектов, удовлетворяющих условиям, и позиционированием их по соответствующим координатам.

На начальном этапе развития программно-аппаратного комплекса, вся математическая обработка данных производилась в среде MATLAB. Восстановленные данные для фазового профиля образца представлены картой высот – двумерной матрицей, каждая точка в которой, соответствует высоте поверхности. Для экспорта данной карты высот в бинарный файл в среде MATLAB можно использовать метод fwrite. Реализованный класс UploadingHolo.cs позволяет импортировать карту высот из бинарного файла, используя методы абстрактного класса Stream, который предоставляет универсальное представление последовательности байтов. Важно отметить, что классы NetworkStream и MemoryStream имеют такие же методы и работают

аналогично. Объект FileStream передавался конструктору класса BinnaryReader, после чего вызывался метод чтения данных. Таким образом UploadingHolo.cs может быть усовершенствован для потокового чтения, как с периферийных устройств (ПЗС матрицы), так и из сети что делает актуальной перспективу визуализации в режиме реального времени.

Методы класса UsingControllerAndKeys.cs позволяют оператору манипулировать данными и сценой в виртуальном окружении, а так же моделируют рабочее пространство визуальных объектов имитирующие управляющие средства. Orion SDK используется для распознавания кистей рук пользователя. К объектам, моделирующим кисти рук и управляющие средства, добавлен компонент Rigidbody. Oculus SDK используется для создания двух виртуальных камер образующих стереопару, а так же для выстраивания соответствия между положениями камер в виртуальном окружении и реальном пространстве. Для удобной работы с моделью разработано меню, которое отображается в виртуальном окружении. В нем пользователь может в реальном времени выбрать объект и изменить его положение, выбрать отдельный спектральный слой объекта для отображения его пространственных характеристик, выбрать глубину, а также сохранить координаты рассматриваемого фрагмента для последующего возврата к нему



Рис. 2. Оператор, работающий с восстановленной голограммой; разработанное меню

При работе с микрообъектами дефицит или недоступность информации является актуальной проблемой. Виртуальное окружение применительно к данной области обеспечивает новые возможности для визуализации, что влечёт к повышению качества работы специалистов и открывает новые перспективы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ [15-29-01 135].

### Литература

1. Г.С. Каленков, С.Г. Каленков, А.Е. Штанько, “Гиперспектральная голографическая фурье-микроскопия”, «Квантовая электроника», 45, № 4, стр. 333-338, 2015
2. Kalenkov S. G., Kalenkov G. S., Shtanko A. E., “Spectrally-spatial Fourier-holography”, Optics Express, Vol. 21 Issue 21, pp.24985-24990 (2013)
3. G. Kalenkov, S. Kalenkov, and A. Shtanko, "Hyperspectral Holographic Fourier-Microscopy," in Imaging and Applied Optics 2014, OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2014), paper DTh3B.7.
4. Sergey G. Kalenkov ; Georgy S. Kalenkov ; Alexander E. Shtanko. “Hyperspectral digital holography of microobjects”, Proc. SPIE 9386, Practical Holography XXIX: Materials and Applications, 938604 (March 10, 2015); doi:10.1117/12.2085259.