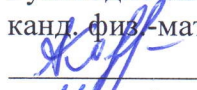


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Радиофизический факультет
Кафедра оптико-электронных систем и дистанционного зондирования

ДОПУСТИТЬ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ГЭК
Руководитель ООП
канд. физ.-мат. наук, доцент
 А.Г. Коротаев
« 11 » июня 2021 г.

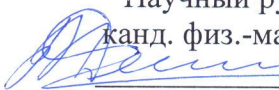
НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

об основных результатах подготовленной научно – квалификационной работы
(диссертации)

МЕТОДЫ КОРРЕКЦИИ И ПОДАВЛЕНИЯ ИСКАЖЕНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЧАСТИЦ,
ВОССТАНОВЛЕННЫХ ИЗ ЦИФРОВЫХ ГОЛОГРАММ

по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре
направление подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия

Давыдова Александра Юрьевна

Научный руководитель
канд. физ.-мат. наук, доцент
 В.В. Дёмин
подпись
« 11 » июня 2021 г.

Автор работы
аспирант
 А.Ю. Давыдова
подпись

Томск-2021

Актуальность. Цифровая голография получила широкое применение при исследовании частиц различного происхождения, например, при исследовании планктона в среде обитания [1]. Преимущества использования методов цифровой голографии для решения подобных задач часто ограничиваются физическими принципами формирования голографического изображения, в том числе, когерентным характером используемых световых полей. В частности, из-за когерентности в изображениях частиц присутствуют искажения [2-7], снижающие качество восстановленных изображений и затрудняющие процесс определения характеристик частиц (координат, размеров и формы). Искажения, связанные с самой цифровой голографической камерой, со средой, в которой расположены исследуемые частицы, и с двойниковым изображением исследуемой частицы могут иметь характер как систематической, так и случайной ошибки. В настоящей работе исследуются искажения, обусловленные:

- влиянием компонентов голографической системы - систематическая погрешность, которая может быть устранена посредством учета модели построения голографического изображения (DHC дисплей),

- взаимным влиянием мнимого и действительного изображений, восстановленных из голограммы [2-7] - систематическая погрешность, которая может быть минимизирована посредством использования методов подавления [2-7] данного влияния,

- влиянием оптического несовершенства среды, в которой расположены исследуемые частицы - случайная погрешность, которая может быть минимизирована статистическими методами.

Цель исследования. Количественная оценка эффективности и определение границ эффективного применения методов коррекции и подавления искажений действительных изображений частиц, восстановленных из осевой голограммы.

Объект исследования. Методы коррекции и подавления искажений действительных изображений частиц, восстановленных из осевой голограммы.

Предмет исследования. Эффективность методов коррекции и подавления искажений действительных изображений частиц, восстановленных из осевой голограммы.

Задачи:

1. аналитический обзор литературы по анализу изображающих свойств оптических систем;
2. построение геометрооптической модели цифровой голографической системы;
3. описание алгоритмов методов коррекции и подавления искажений действительных изображений частиц, восстановленных из осевой голограммы, и их реализация;

4. апробация реализованных методов коррекции и подавления искажений применительно к численно рассчитанным цифровым голограммам модельных частиц правильной формы и к цифровым голограммам реальных частиц;

6. определение границы эффективного применения и погрешности реализованных методов коррекции и подавления искажений и их сравнительный анализ.

Методы исследования. В ходе выполнения работы при решении поставленных задач используются: аналитическое рассмотрение процесса образования изображения в цифровой голографической системе в приближении Кирхгофа, построение физической модели цифровой голографической системы с использованием методов геометрической оптики, методы численного моделирования процесса записи и восстановления цифровых голограмм Френеля и Фраунгофера; экспериментальные методы (регистрация цифровых голограмм частиц с помощью CMOS камер в модельных и природных средах); численные методы (обработка цифровых голограмм и изображений). Оценка погрешности выполняется с помощью стандартных статистических методов.

Основные результаты работы:

1. Реализованы методы подавления влияния волны, распространяющейся от мнимого изображения, на действительное изображение частицы, восстановленное из осевой голограммы. Свидетельства о регистрации программ №2017661869 от 24.10.2017, № 2017661939 от 25.10.2017, №2020667348 от 02.12.2020.

2. Проведена количественная оценка границ применимости и эффективности реализованных методов подавления влияния волн, распространяющихся от мнимых изображений, в действительных изображениях частиц, восстановленных из осевой голограммы, что позволяет улучшить качество изображения частиц, восстановленных из цифровых голограмм, например, с использованием метода Гершберга-Сакстона увеличить пиковое отношение сигнала к шуму PSNR в 1.9 ± 0.3 раза, граничный перепад интенсивности изображения ΔI – в 8 ± 4 раза, граничный контраст изображения K – в 126 ± 56 раз, а значение среднеквадратичной разницы между изображением частицы, восстановленным из цифровой голограммы с использованием метода Гершберга-Сакстона, и эталонным изображением частицы MSE уменьшить в 15 ± 6 раз.

3. Установлено, что для коррекции влияния оптической системы цифровой голографической камеры (учета зависимости продольного и поперечного увеличения от координат изображения) достаточно использовать четыре калибровочных тест-объекта в предложенной геометрооптической модели формирования изображения в цифровой голографической системе.

5. Установлено, что для эффективного устранения нестационарных когерентных шумов, связанных со средой, в которой расположены исследуемые частицы, достаточно усреднения по трем цифровым голограммам, зарегистрированным на разных длинах волн, или по восстановленным из них изображениям. При этом считали, что метод подавления когерентных шумов эффективен, если значение дисперсии интенсивности изображения частицы, восстановленного из цифровой голограммы, уменьшилось после применения метода.

Достоверность результатов. Достоверность полученных результатов обеспечивается:

1. низкой погрешностью реализованного алгоритма численного расчета Фурье-образа, используемого в методах численного восстановления изображений из цифровых голограмм и реализованных методах подавления изучаемых шумов, которая составила 0.76% (для оценки погрешности расчета дискретного и быстрого преобразования Фурье сравнивались расчетные данные, полученные при помощи реализованной программы, с дифракционной картиной Фраунгофера на круглом отверстии, построенной стандартным аналитическим способом);

2. репрезентативностью данных: эффективность реализованных методов коррекции и подавления искажений действительного изображения частицы, восстановленного из осевой голограммы, исследована для частиц различной формы и происхождения, расположенных в различных средах; в выборку входили как голограммы, зарегистрированные на цифровую камеру (360 шт.), так и численно рассчитанные голограммы модельных частиц (500 шт.);

3. сравнением данных компьютерного моделирования с материалами натурных измерений и модельных лабораторных экспериментов.

Научная новизна. Определены границы эффективного применения методов коррекции и подавления искажений действительных изображений частиц, восстановленных из цифровой осевой голограммы, и реализовано их применение в экспериментальных исследованиях.

Практическая значимость. Результаты работы могут быть использованы при исследовании частиц в различных средах методами осевой цифровой голографии в целях повышения качества восстановленных изображений частиц.

Реализованные методы подавления влияния волны, распространяющейся от мнимого изображения, на действительное изображение частицы, восстановленное из осевой голограммы, используются в программном обеспечении цифровой голографической камеры ДНС для исследования планктона в среде его обитания.

Результаты работы использованы в следующих проектах: ФЦП проект № 14.578.21.0205 от 03.10.2016; госзадание №8.2712.2017/ПЧ от 01.01.2017; грант РФФИ № 19-32-90233; грант РНФ соглашение № 20-17-00185 от 25.05.2020.

Апробация работы. Основные результаты представлены на конференциях различного уровня, из них 7 докладов на международных конференциях и 3 – на всероссийских. По теме диссертации опубликованы 34 работы, из которых 6 статей вышли в рецензируемых периодических журналах из списка ВАК, 16 в журналах, входящих в базы данных WoS и Scopus, из них 3 в Q1 и 2 в Q2. Ниже приведены примеры опубликованных работ:

1) Демин В. В. Физические основы метода определения геометрических характеристик и распознавания частиц в цифровой голографии / В. В. Демин, И. Г. Половцев, А. Ю. Давыдова // Известия вузов. Физика. – 2017. – Т. 60. – № 11. – С. 174-176. (оригинал на русском)

Dyomin V. V. Physical Principles of the Method for Determination of Geometrical Characteristics and Particle Recognition in Digital Holography / V. V. Dyomin, I. G. Polovtsev, A. Yu. Davydova // Russ. Phys. J. 2018. V. 60. № 11. P. 2044–2046. (перевод на английский)

2) Dyomin V. V. Holography of particles for diagnostic tasks / V. V. Dyomin, A. I. Gribenyukov, A. Yu. Davydova, M. M. Zinoviev, A. S. Olshukov, S. N. Podzyvalov, I. G. Polovtsev, and N. N. Yudin // Appl. Opt. – 2019. – Vol. 58. – Pp. G300–G310.

3) Dyomin V. V. Planktonic response to light as a pollution indicator / V. V. Dyomin, A. Yu. Davydova, Yu. N. Morgalev, A. S. Olshukov, I. G. Polovtsev, T. G. Morgaleva, and S. Yu. Morgalev // J. Great Lakes Res. – 2020. – Vol. 46. – Issue 1. – Pp. 41-47.

4) Dyomin V. V. Application of Infrared Digital Holography for Characterization of Inhomogeneities and Voluminous Defects of Single Crystals on the Example of ZnGeP₂ / V. V. Dyomin, A. I. Gribenyukov, S. N. Podzyvalov, N. N. Yudin, M. M. Zinoviev, I. G. Polovtsev, A. Yu. Davydova, A. S. Olshukov // Appl. Sci. – 2020. – Vol. 10. – No 2. – P. 442.

5) Dyomin V. V. Monitoring of Plankton Spatial and Temporal Characteristics With the Use of a Submersible Digital Holographic Camera / V. V. Dyomin, A. Yu. Davydova, S. Yu. Morgalev, N. S. Kirillov, A. S. Olshukov, I. G. Polovtsev, S. A. Davydov // Front. Mar. Sci. – 2020. – Vol. 7. – № 653. – P. 1–9.

6) Dyomin V. V. Visualization of volumetric defects and dynamic processes in crystals by digital IR-holography / V. V. Dyomin, A. I. Gribenyukov, A. Y. Davydova, A. S. Olshukov, I. G. Polovtsev, S. N. Podzyvalov, N. N. Yudin, M. M. Zinoviev // Appl. Opt. – 2021. – Vol. 60. – №4. – P. A296–A305.

Личный вклад автора. Личный вклад автора заключается в программной реализации методов коррекции и подавления искажений изображений частиц, восстановленных из цифровых голограмм, а также в выполнении численных и экспериментальных исследований эффективности реализованных методов. Автор принимал непосредственное участие в анализе полученных экспериментальных данных и формулировке основных результатов работы.

Структура и содержание работы. В работе отражены актуальность исследования, объект и предмет исследования, цель работы, задачи и методы исследования. Представлены результаты и их достоверность, а также научная новизна и практическая значимость. Указан личный вклад автора работы и апробация работы. Приведен список использованной литературы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Nayak A.R. et al. A Review of Holography in the Aquatic Sciences: In situ Characterization of Particles, Plankton, and Small Scale Biophysical Interactions // Front. Mar. Sci. 2021. V. 7. № January. P. 1–16.

2 Pasko S., Jozwicki R. Improvement methods of reconstruction process in digital holography // Opto-electronics review. 2003. V. 11. №3. P. 203-209.

3 Cuhe E., Marquet P., Depeursinge Ch. Spatial filtering for zero-order and twin-image elimination in digital off-axis holography // Applied Optics. 2000. Vol. 39. No. 23. P. 4070-4075.

4 Monaghan D.S. et al. Twin removal in digital holography using diffuse illumination // Opt. Lett. 2009. V. 34. № 23. P. 3610.

5 Liu G., Scott P.D. Phase retrieval and twin-image elimination for in-line Fresnel holograms // J. Opt. Soc. Am. A. 1987. V. 4. № 1. P. 159.

6 Fienup J.R. Phase retrieval algorithms: A personal tour [Invited] // Appl. Opt. 2013. V. 52. № 1. P. 45–56.

7 Denis L. et al. Twin-image noise reduction by phase retrieval in in-line digital holography // Wavelets XI / eds. M. Papadakis, A.F. Laine, M.A. Unser. , 2005. C. 59140J.

Введите текст:

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Радиофизический факультет
Кафедра оптико-электронных систем и дистанционного зондирования

ДОПУСТИТЬ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ГЭК
Руководитель ООП
канд. физ.-мат. наук, доцент
_____ А.Г. Коротаев
« ____ » _____ 2021 г.

...или загрузите файл:

Файл не выбран...

Выбрать файл...

Укажите год публикации:

2021 ▼

Выберите коллекции

Все

Рефераты

Авторефераты

Иностранные конференции

PubMed

Википедия

Российские конференции

Иностранные журналы

Российские журналы

Энциклопедии

Англоязычная википедия

Анализировать

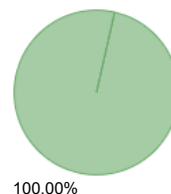
Проверить по расширенному списку коллекций системы Руконтекст (<http://text.rucont.ru/like>)

Год публикации: 2021.

Оценка оригинальности документа - 100.0%

Процент условно корректных заимствований - 0.0%

Процент некорректных заимствований - 0.0%



100.00%

Время выполнения: 7 с.

Заимствования отсутствуют

[Значимые оригинальные фрагменты](#)

[Библиографические ссылки](#)

[Искать в Интернете](#)

[Дополнительно](#)