

# Применение нейронных сетей для распознавания мод Лагерра-Гаусса на цифровых изображениях



Козлова Е.С., Букин Д.П., Самарский университет, Самара, Россия

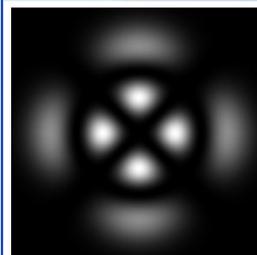
## Актуальность:

- Моды Лагерра-Гаусса: W. Paufler and et. al., Journal of Optics. 21(9), P. 1-10 (2019).
- Оптические коммуникации: L. Sanjaya and et. al., Applied Optics. 57(15), P. 4180-4190 (2018).
- Нейронные сети: J. Naranjo et. al., Applied Sciences. 10(10), P. 1-31 (2020).

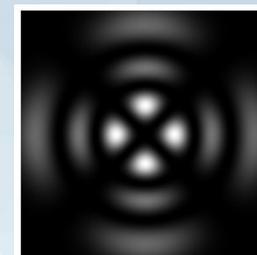
**Целью** данной работы является разработка нейронной сети для распознавания изображений мод Лагерра-Гаусса на цифровых, в том числе и зашумленных, изображениях.

**Результаты:** На языке Python реализованы программные модули для генерации изображений мод Лагерра-Гаусса для обучения и тестирования нейронных сетей. Разработаны и реализованы на языке Python нейронные сети для классификации указанных мод, позволяющие классифицировать указанные моды на не зашумлённых изображениях с точностью 100%.

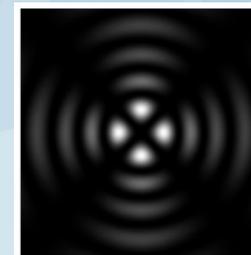
## Примеры созданных изображений мод Лагерра-Гаусса



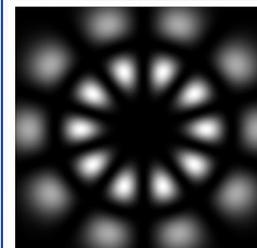
$l = 1, p = 2, \omega_0 = 30$



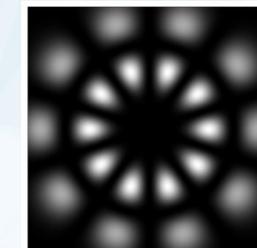
$l = 2, p = 2, \omega_0 = 30$



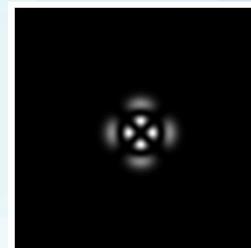
$l = 1, p = 4, \omega_0 = 30$



$l = 1, p = 3, \omega_0 = 30$



$l = 1, p = 5, \omega_0 = 30$



$l = 1, p = 2, \omega_0 = 10$

# Применение нейронных сетей для распознавания мод Лагерра-Гаусса на цифровых изображениях



Козлова Е.С., Букин Д.П., Самарский университет, Самара, Россия

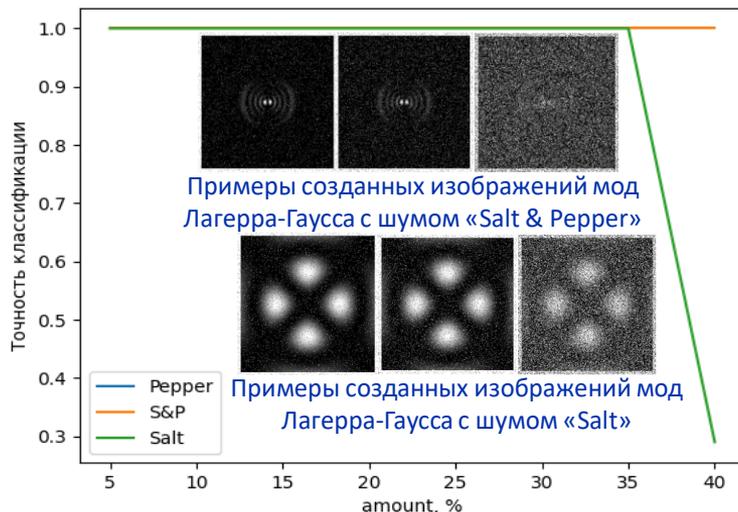


Рисунок 1 - График результатов работы модифицированной сверточной нейронной сети на изображениях с шумом «Salt & Pepper», «Pepper» и «Salt» обученной на наборе без зашумленных изображений мод

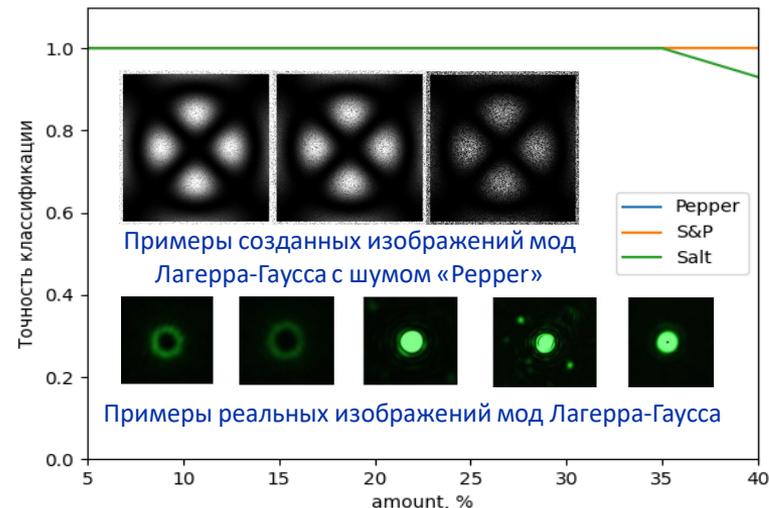


Рисунок 2 - График результатов работы модифицированной сверточной нейронной сети на изображениях с шумом «Salt & Pepper», «Pepper» и «Salt» обученной на наборе с зашумленными изображениями мод

# Применение нейронных сетей для распознавания мод Лагерра-Гаусса на цифровых изображениях



Козлова Е.С., Букин Д.П., Самарский университет, Самара, Россия

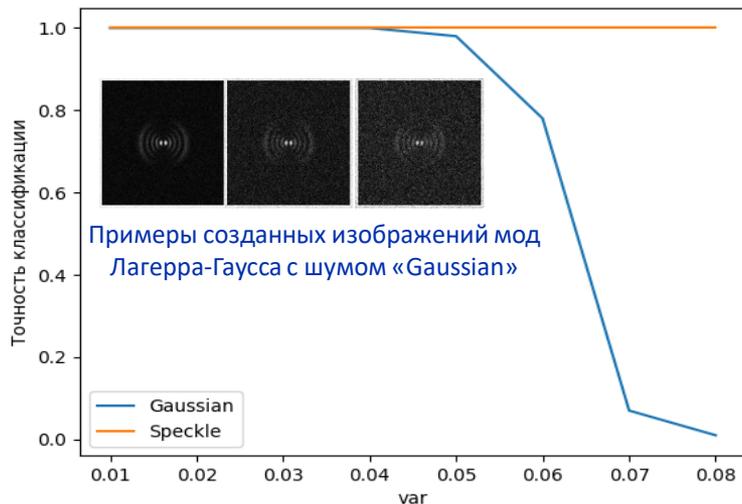


Рисунок 3 – График результатов работы модифицированной сверточной нейронной сети на изображениях с шумом «Gaussian» и «Speckle» обученной на наборе без зашумленных изображений мод

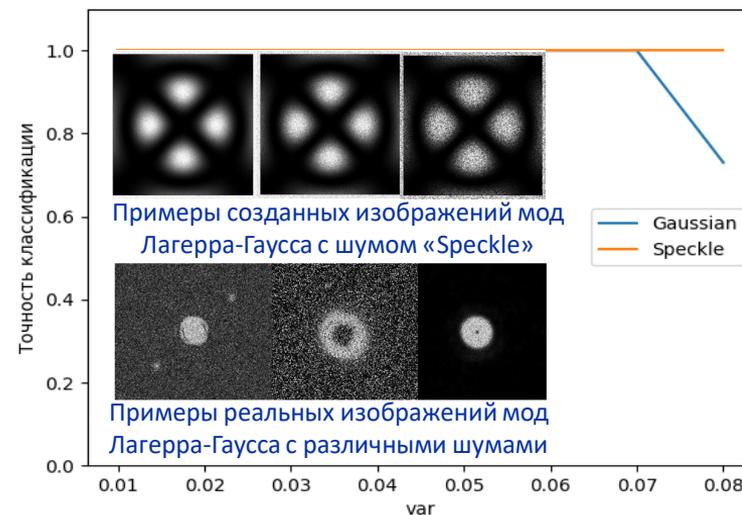


Рисунок 4 – График результатов работы модифицированной сверточной нейронной сети на изображениях с шумом «Gaussian» и «Speckle» обученной на наборе с зашумленными изображениями мод

# Применение нейронных сетей для распознавания мод Лагерра-Гаусса на цифровых изображениях



Козлова Е.С., Букин Д.П., Самарский университет, Самара, Россия

Показано, что в отсутствие зашумленных изображений в обучающей выборке, нейронные сети распознают зашумленные изображения в 50% случаев. Добавление зашумленных изображений в обучающую выборку позволяет достигнуть 100% точности распознавания.

Показано, что на качество распознавания влияет не только интенсивность шума, но и его тип. Шум Gaussian значительно влияет на точность классификации, которая падает до 72% при  $\text{var} = 0,06$  для сгенерированных изображений и уже при  $\text{var} = 0,02$  для натуральных изображений. При этом шумы Salt и S&P фактически не влияют на точность классификации цифровых изображений.

Показано, что использовании зашумленных изображений мод Лагерра-Гаусса в процессе обучения модифицированной сверточной нейронной сети, позволяет значительно улучшить точность распознавания, увеличив ее практически во всех случаях до 1, а в случае для шума Gaussian с 0,01 до 0,73 для  $\text{var} = 0,08$ .

**Выводы:** Нейронные сети пригодны для распознавания изображений мод Лагерра-Гаусса на цифровых, в том числе и зашумленных, изображениях.

Контакты:

[bukindima@mail.ru](mailto:bukindima@mail.ru)

[kozlova.elena.s@gmail.com](mailto:kozlova.elena.s@gmail.com)



Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках выполнения работ по Государственному заданию ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН и Российского фонда фундаментальных исследований РФФИ (грант № 18-19-00595, грант № 18-29-20003).