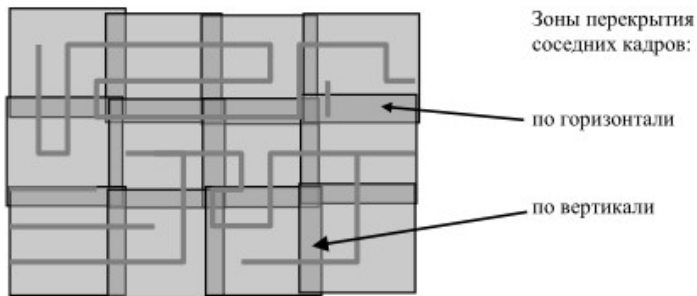


Описание задачи

- Высокоточная сшивка смежных цифровых изображений
- Применима для исходных изображений с микроскопа, аэросъемка
- Высокие требования точности (отклонение 1-2 пиксела)
- Исходные изображения фиксированного размера
- Изображения формируют панорамную картину
- Большие объемы пакетов данных (десятки тысяч кадров)
- Широкое разнообразие входных изображений
- Нельзя искажать исходные изображения

Постановка задачи



- Размер изображений $m \times n$

- Левое изображение $L = \begin{pmatrix} l_{11} & \dots & l_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{m1} & \dots & l_{mn} \end{pmatrix}$

- Правое изображение $R = \begin{pmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}$

- Размер перекрытия по вертикали $m \times s$

- Область перекрытия $Z = \begin{pmatrix} z_{11} & \dots & z_{1s} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{m1} & \dots & z_{ms} \end{pmatrix}$

- Выберем подматрицы зон перекрытия левого и правого изображений

- $LZ = \begin{pmatrix} lz_{11} & \dots & lz_{1s} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ lz_{m1} & \dots & lz_{ms} \end{pmatrix}$ $RZ = \begin{pmatrix} rz_{11} & \dots & rz_{1s} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ rz_{m1} & \dots & rz_{ms} \end{pmatrix}$

- **Метрика схожести** двух изображений

$$D = \frac{1}{nm} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m (l_{ij} - r_{ij})^2$$

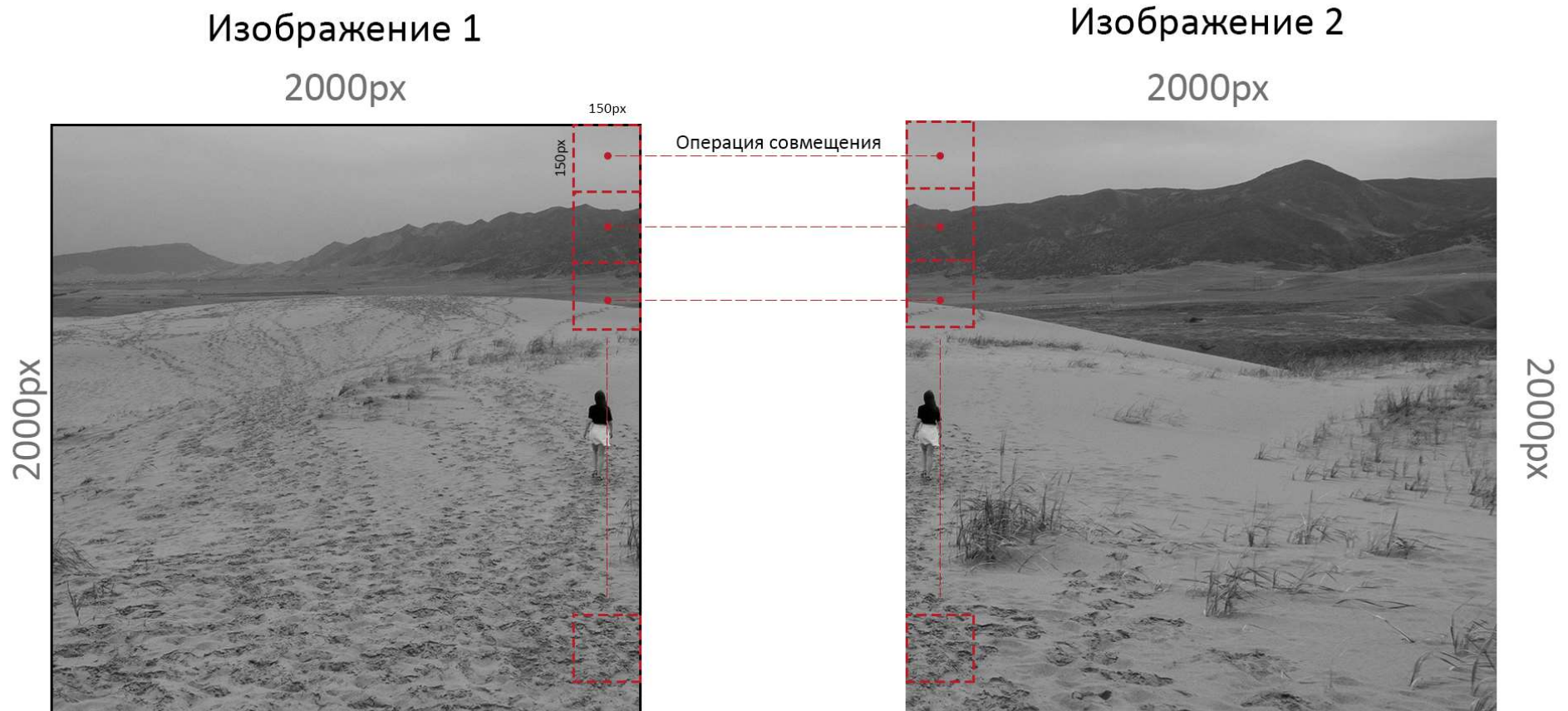
- «Фиксируется» LZ

- RZ сдвигается на $\Delta i, \Delta j$

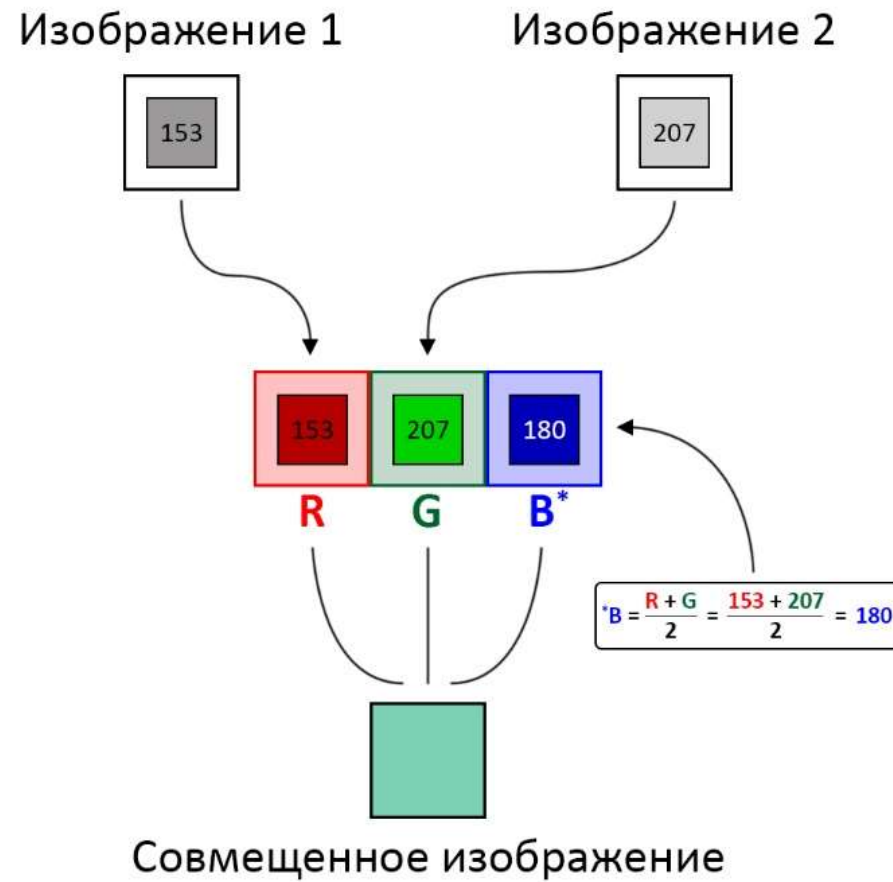
- Задача найти такие $\Delta i, \Delta j$, при которых **метрика схожести** двух изображений D будет минимальной

$$D = \frac{1}{ms} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^s (lz_{ij} - rz_{i+\Delta i, j+\Delta j})^2 \rightarrow \min$$

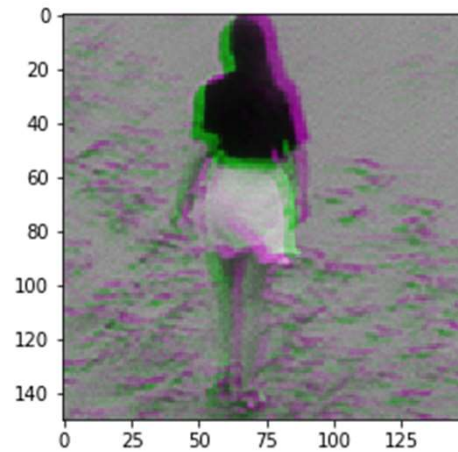
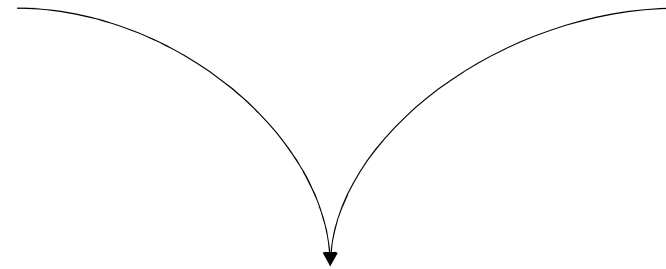
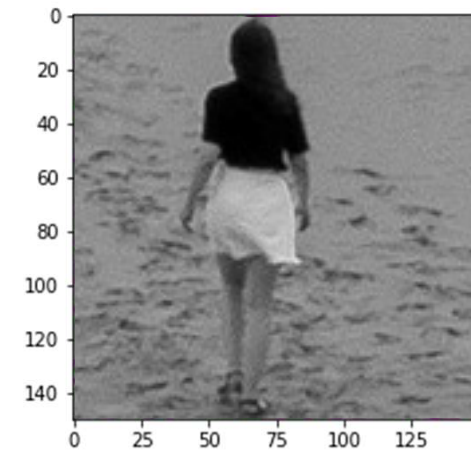
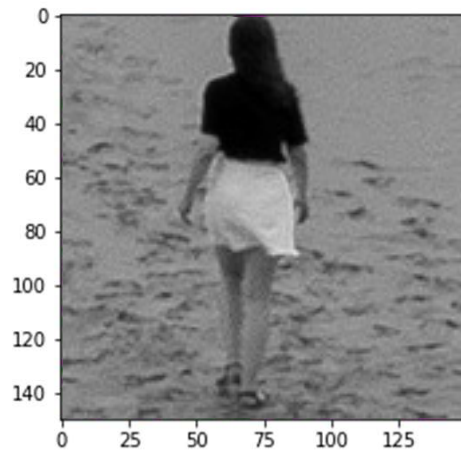
Методы решения (нарезка исходных изображений)



Методы решения (совмещение изображений)

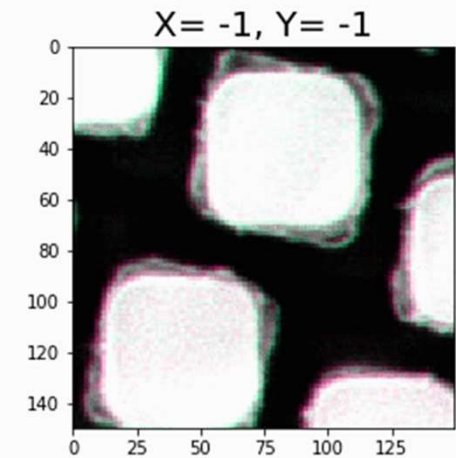
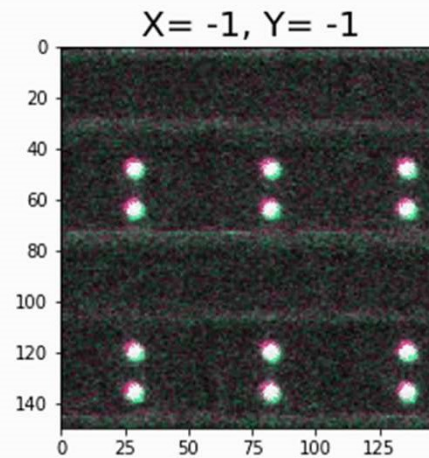
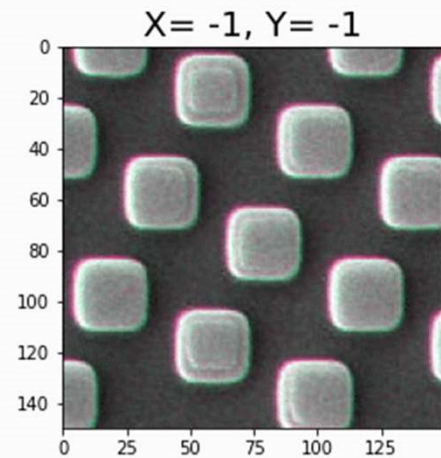


Методы решения (совмещение изображений)



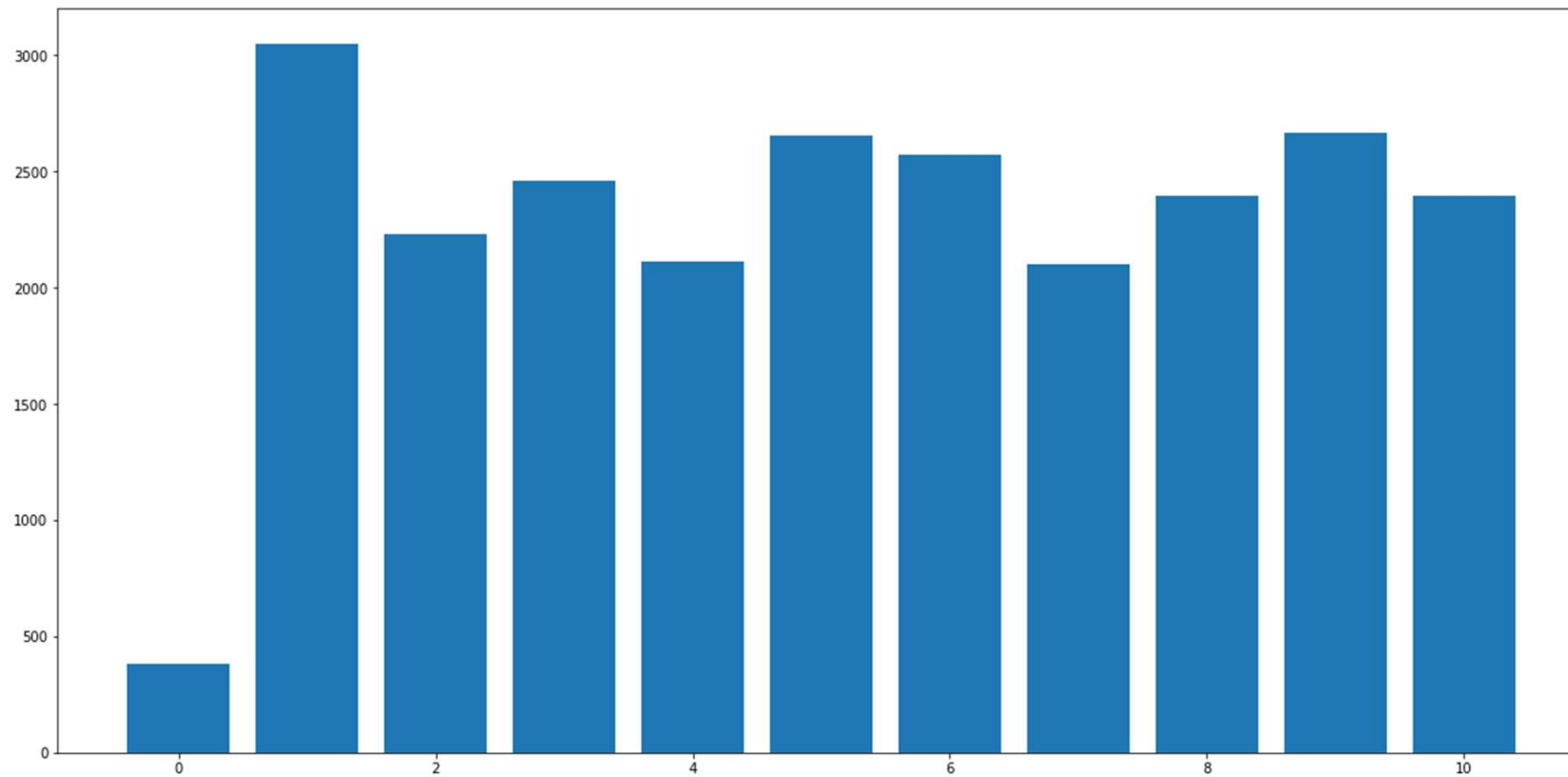
Методы решения (формирование выборки)

Итерационное смещение изображений друг относительно друга
 Δx и Δy изменяются в диапазоне $[-n, n]$

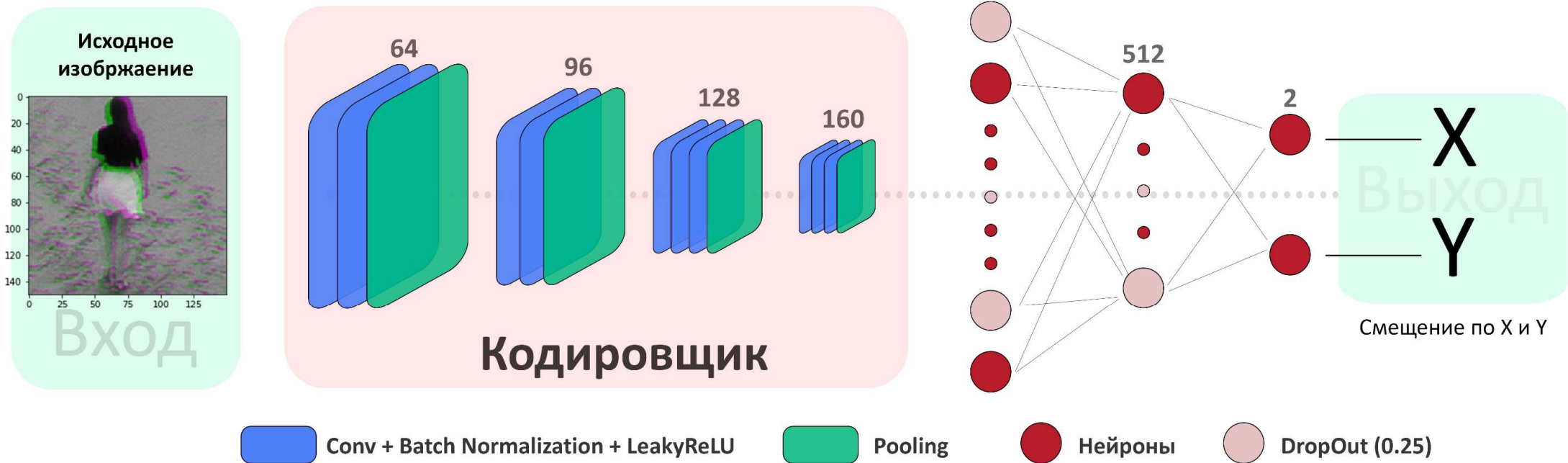


Методы решения (распределение по дельтам)

Распределение по значениям максимальных дельт для выборки [-10,10]

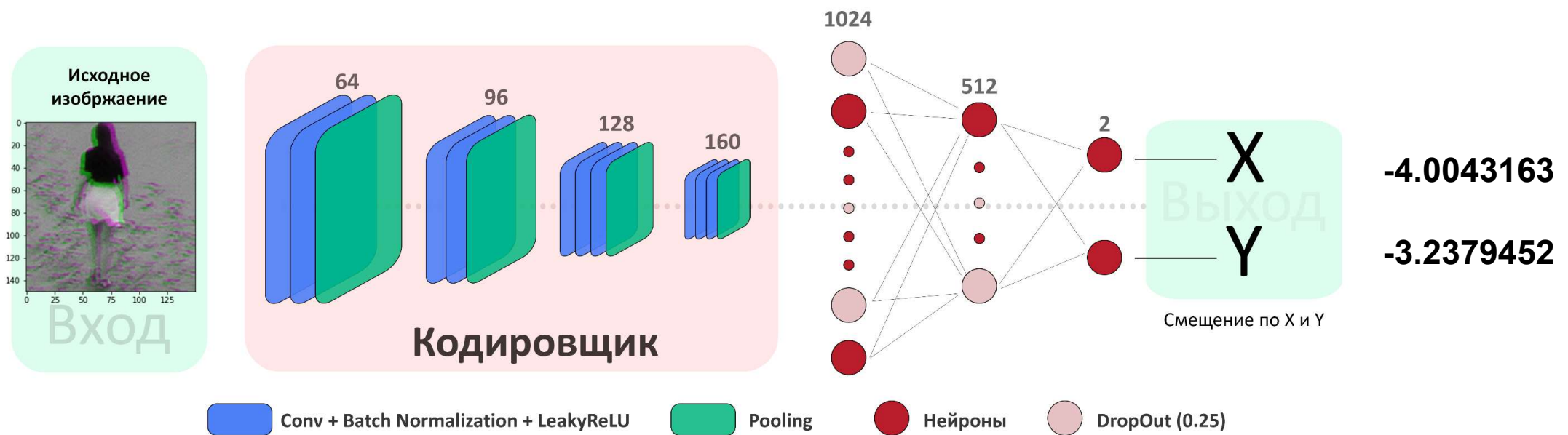


Методы решения (архитектура сети)



Кодировщик — это сеть с несколькими скрытыми слоями с уменьшающимся количеством нейронов.

Методы решения (пример работы сети)

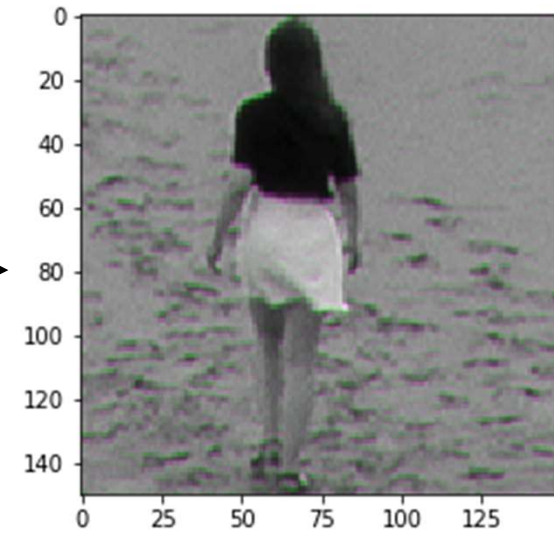
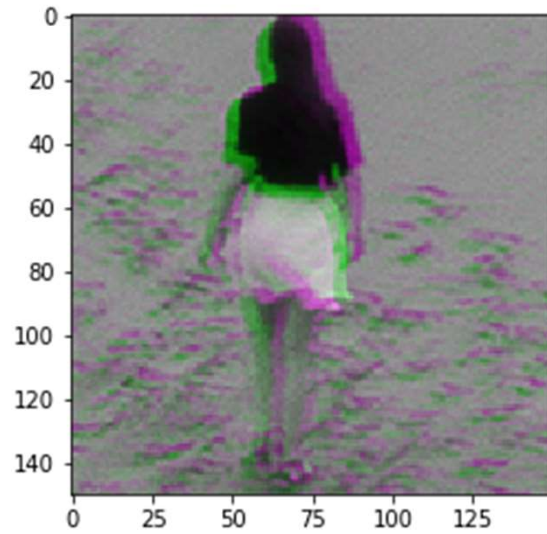


Кодировщик — это сеть с несколькими скрытыми слоями с уменьшающимся количеством нейронов.

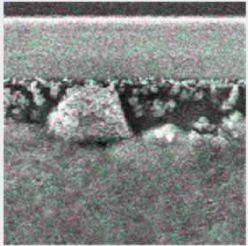
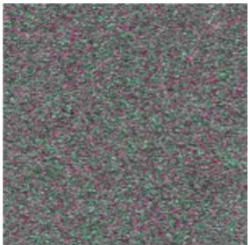
Методы решения (результат обработки)

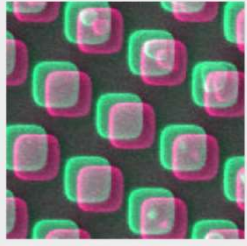
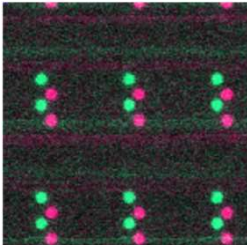
Результат работы НС
(округляется до целых)

X: -4
Y: -3



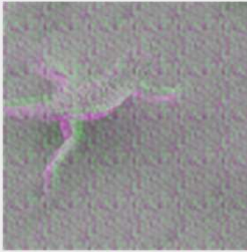

Примеры работы модели

Входное изображение	Ожидаемый результат ($\Delta x, \Delta y$)	Результат модели ($\Delta x, \Delta y$)
	(0, 0)	Непрерывный (0.00220987, -0.0925331) Округленный до целых (0, 0)
	(-1, 4)	Непрерывный (-1.876887, 3.5874705) Округленный до целых (-2, -4)

Входное изображение	Ожидаемый результат ($\Delta x, \Delta y$)	Результат модели ($\Delta x, \Delta y$)
	(8, 6)	Непрерывный (9.114626, 5.2795663) Округленный до целых (9, 5)
	(6, 9)	Непрерывный (5.1071486, 8.833363) Округленный до целых (5, 9)

Примеры работы модели

Входное изображение	Ожидаемый результат ($\Delta x, \Delta y$)	Результат модели ($\Delta x, \Delta y$)
	(-3, 7)	Непрерывный (-3.4529185, 7.712231) Округленный до целых (-3, 8)
	(-5, 5)	Непрерывный (-5.581642, 5.7536263) Округленный до целых (-6, 6)

Входное изображение	Ожидаемый результат ($\Delta x, \Delta y$)	Результат модели ($\Delta x, \Delta y$)
	(-5, 5)	Непрерывный (-4.6734366, 5.4232736) Округленный до целых (-5, 5)
	(-5, 5)	Непрерывный (-4.349349, 4.658294) Округленный до целых (-4, 5)

Результаты итоговой модели

Набор данных (около 5000 изображений)	Среднее отклонение по максимальному значению X, Y $\max Err = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \max(x_i - \tilde{x}_i , y_i - \tilde{y}_i)$	Среднее отклонение по X $xErr = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i - \tilde{x}_i $	Среднее отклонение по Y $yErr = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i - \tilde{y}_i $
Тренировочный набор	1.879	1.501	1.389
Валидационный набор	2.389	1.75	1.515

Вычислительный комплекс

- Все вычисления производились на компьютере с процессором Intel I9-10900X, видеокартой Nvidia RTX GeForce 2080Ti, объем оперативной памяти – 128 Гб.
- Основные используемые программные средства представлены в таблице

Название	Тип	Версия
Python	Язык программирования	3.6.8
Keras	Библиотека	2.2.4
TensorFlow	Библиотека	1.13.1
NumPy	Библиотека	1.16.1
Scikit-learn	Библиотека	0.23.2
Pandas	Библиотека	1.1.3
Matplotlib	Библиотека	3.0.2
C#	Язык программирования	7.0
.Net Framework	Фреймворк	4.6.7
ipython (Jupyter Notebook)	Среда разработки	7.16.1
Visual Studio Community	Среда разработки	16.9.6
Visual Studio Code	Среда разработки	1.56.2

Результаты исследования

- Модель нейронной сети (4 пакета свертки, 2 полносвязных слоя, 2 выходных нейрона)
- Объем датасета – 100.000 изображений
- Обученная модель дает результаты на тренировочном наборе с точностью в среднем 1-2 пикселя
- На изображениях не из тренировочного набора разброс доходит до 3px
- Модель устойчива к шумам и дефектам