

Модифицированный алгоритм повышения детальности оптико-электронного снимка с использованием генеративно- состязательной нейронной сети

Чебурков М.А.
Зуев Л.Г.
Голубков И.К.
Дементьев Д.С.

Санкт-Петербург
2022

Идея исследования

Оптико-электронные снимки получаемые с борта КС ДЗЗ имеют высокдетальную информацию местности и малый размер отдельных объектов, таких как дороги, малые водоёмы и так далее.



Требуется алгоритм который способен повышать пространственное разрешение изображений полученных в результате оптико-электронной съемки Земли из космоса без потери его информативности.

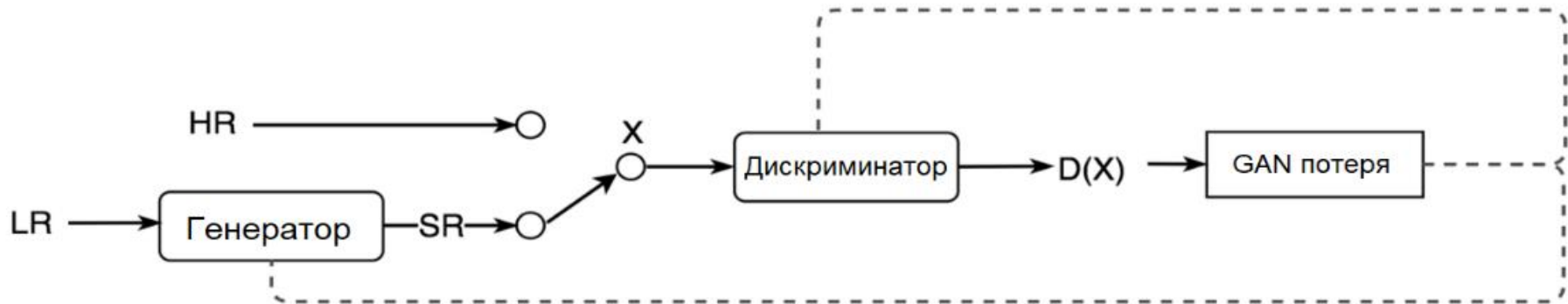


Для выполнения данной задачи применяется модифицированный алгоритм генеративно-согласительной нейронной сети с использованием свёрточной нейронной сети VGG-19 для вычисления показателя потери во время обучения.



Полученные результаты в ходе исследования, где слева изображение низкого разрешения, справа изображение полученное в результате применения модифицированного алгоритма генеративно-согласительной нейронной сети.

Принцип работы ИНС



Функция потерь нейронной сети VGG-19 для вычисления показателя потери

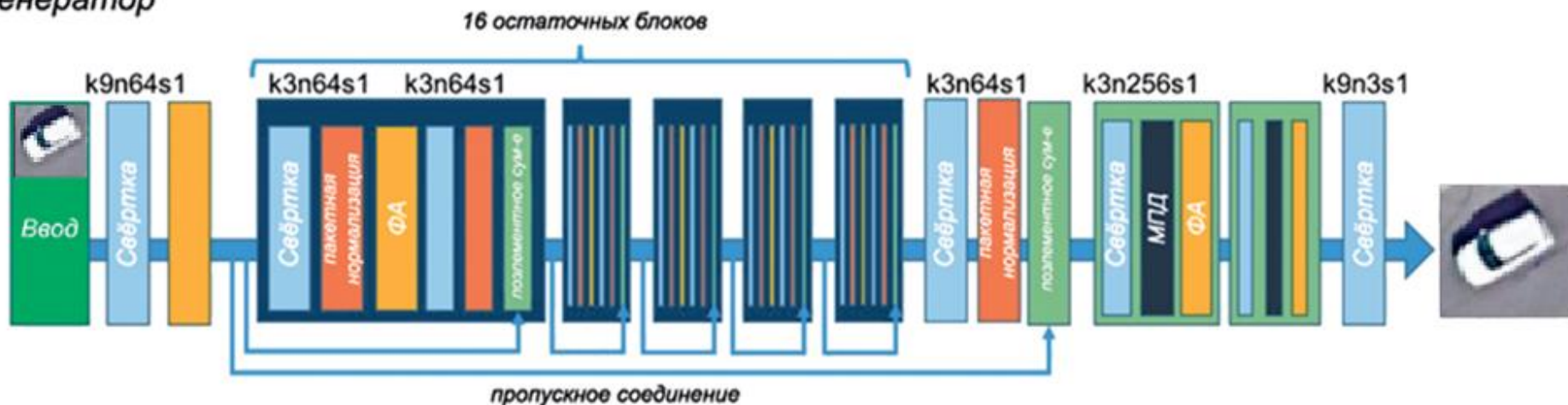
$$l_{VGG/i,j}^{SR} = \frac{1}{W_{i,j} H_{i,j}} \sum_{x=1}^{W_{i,j}} \sum_{y=1}^{H_{i,j}} (\phi_{i,j}(I^{HR})_{x,y} - \phi_{i,j}(G_{\theta_G}(I^{LR}))_{x,y})^2$$

$l_{VGG/i,j}^{SR}$ – значение показателя потери

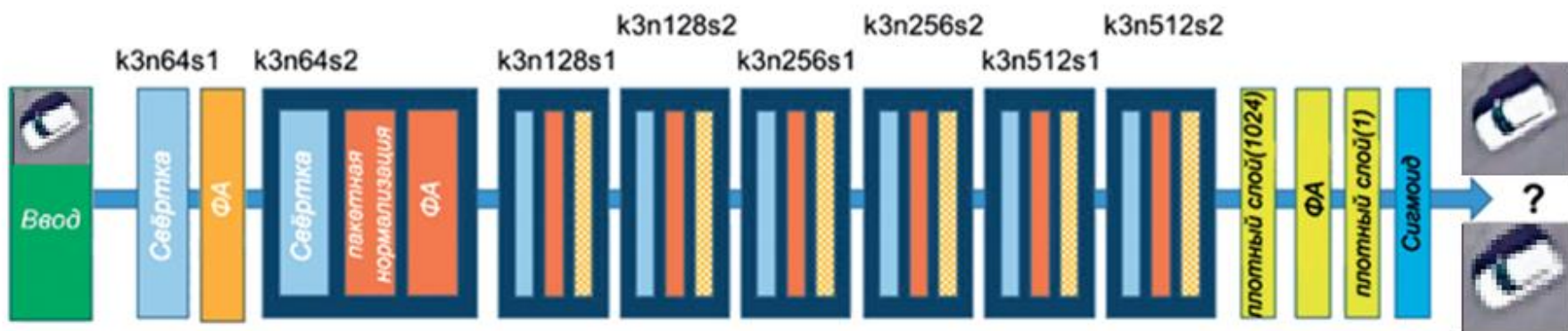
$\phi_{i,j}$ – функция, формирующая карту признаков после j -й свертки (после активации) до i -го слоя максимального объединения в сети VGG-19.

Архитектура генеративно-состязательной нейронной сети

Генератор

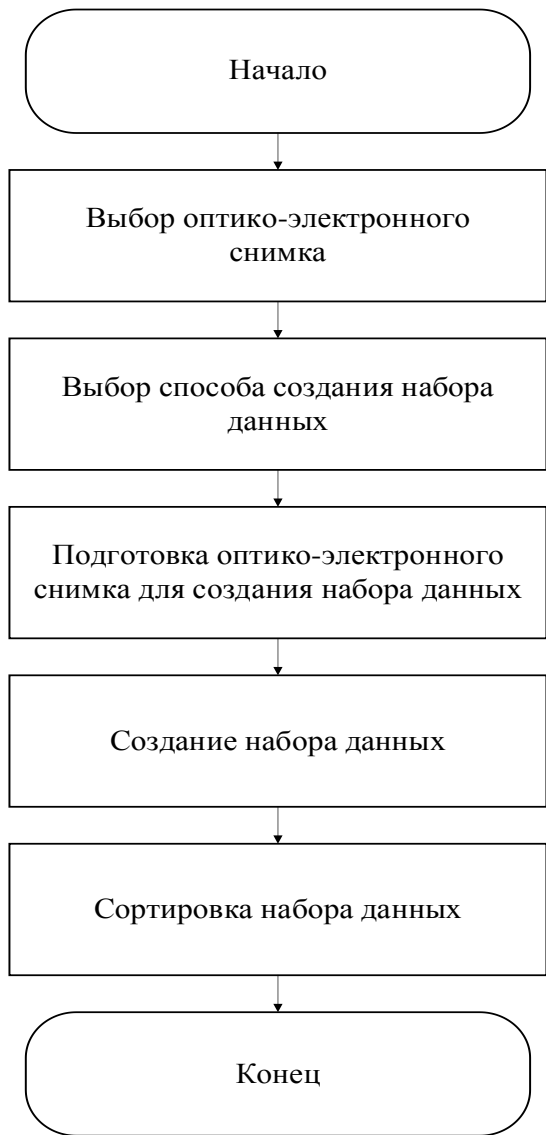


Дискриминатор



Архитектура сети генератора и дискриминатора с соответствующим размером ядра (k), количеством карт функций (n) и шаг (s) указаны для каждого сверточного слоя, где ФА – функция активации, МПД – метод повышающей дискретизации

Методы подготовки данных для обучения ИНС



1. Линейный метод

Данные для обучения подготавливаются с применением алгоритма интерполяции (рис. 1).

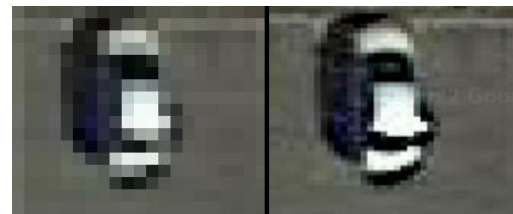


Рис 1. Слева изображение низкого разрешения, справа изображение высокого разрешения

2. Вероятностный метод

Данные для обучения подготавливаются с применением случайного шума (рис. 2).



Рис 2. Слева изображение низкого разрешения, справа изображение высокого разрешения

3. Реальные данные

Данные для обучения подготавливаются из пары геопривязанных изображений одинаковой местности и разного пространственного разрешения (рис. 3).

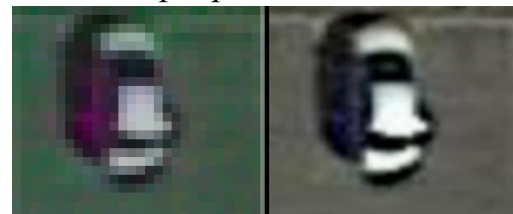


Рис 3. Слева изображение низкого разрешения, справа изображение высокого разрешения

Методы оценки результата работы ИНС

1. Индекс структурного сходства (SSIM)

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x \mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)},$$

3. Пиковое отношение сигнала к шуму (PSNR) с расчётом через среднеквадратическое отклонение (RMSE)

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{RMSE^2} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{RMSE} \right)$$

3.1 Среднеквадратическое отклонение (RMSE)

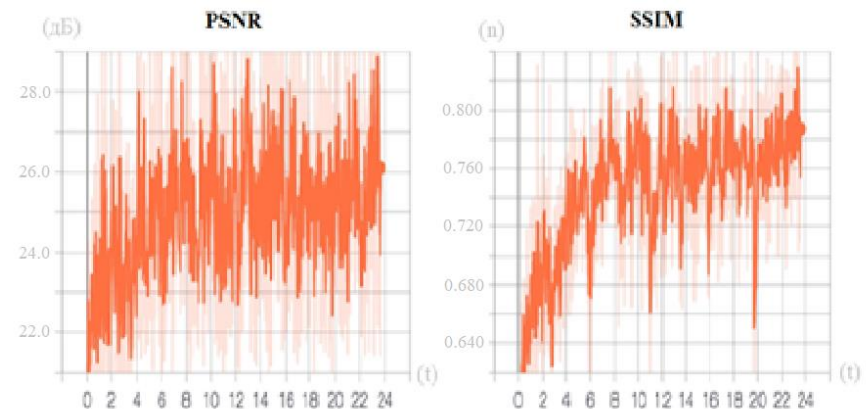
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |I(i, j) - K(i, j)|^2}$$

2. Пиковое отношение сигнала к шуму (PSNR) с расчётом через среднеквадратическую ошибку (MSE)

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right)$$

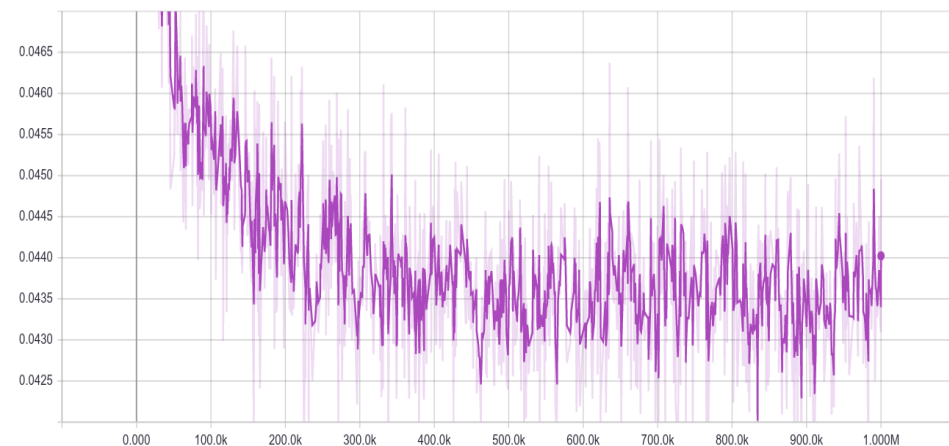
2.1 Среднеквадратическая ошибка (MSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$



Значение PSNR и SSIM при сравнении исходного изображения и результата работы ИНС во время обучения

Оценка полноты информации

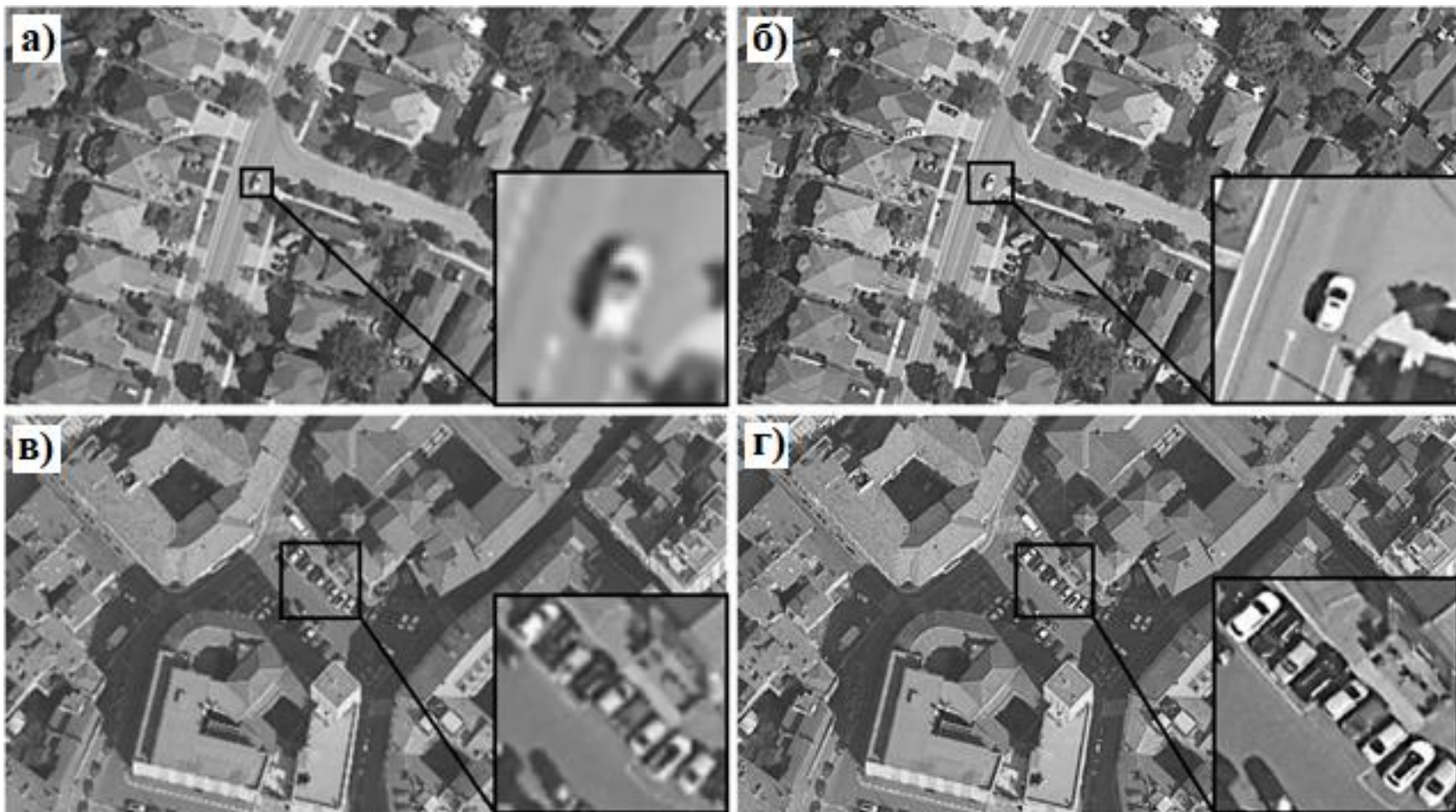


*График зависимости значения
потери полноты информации от
количества эпох обучения
генератора без использования
дискриминатора*



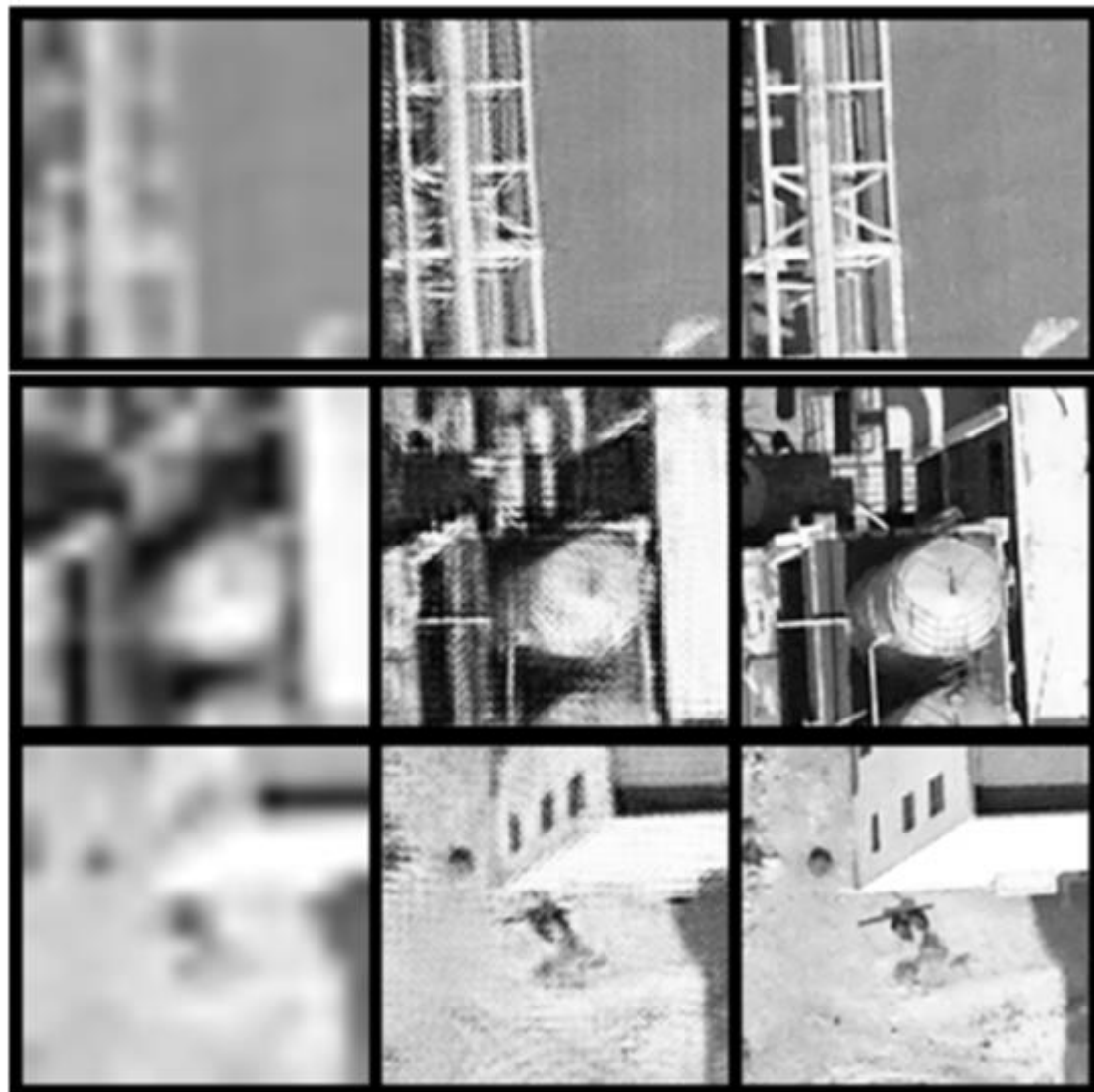
*График зависимости значения
потери полноты информации от
количества эпох обучения
генератора с использованием
дискриминатора*

Полученные результаты работы алгоритма



Результаты работы алгоритма: а, в – изображение с низким разрешением; б, г – изображение после процедуры повышения разрешения в 4 раза с использованием нейронной сети SRGAN

Полученные результаты работы алгоритма



Результаты эксперимента по восьмикратному повышению пространственного разрешения панхроматических снимков: слева – исходные изображения низкого разрешения, в центре - изображения после процедуры повышения разрешения с использованием SRGAN, справа – реальное изображение сверхвысокого разрешения (для оценивания результата обработки).