



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

# Классификация методов повышения разрешения изображения по нескольким кадрам

Студент: Сироткина Полина Юрьевна  
Группа: ИУ7-13М

Научный руководитель: Филиппов Михаил Владимирович, к.т.н., доцент кафедры ИУ7

Москва, 2023 г.

# Цель и задачи работы

Цель - изучение и классификация известных методов повышения разрешения изображения по нескольким кадрам.

## Задачи:

- провести обзор существующих методов повышения разрешения по нескольким кадрам;
- сформулировать критерии классификации и сравнения методов;
- классифицировать рассмотренные методы;
- провести сравнительный анализ рассмотренных методов;
- на основе полученных теоретических сведений сделать выводы об области применимости рассмотренных методов.

# Постановка задачи

Для получения изображения высокого разрешения рассматривается система уравнений следующего вида:

$$A_k x = D B_k M_k x + n_k = y_k,$$

где  $y_k$  —  $k$ -ый кадр,  
 $x$  — желаемое изображение высокого качества,  
 $D$  — матрица движения фотосистемы,  
 $B_k$  — матрица размытия,  
 $M_k$  — матрица понижения размерности,  
 $n_k$  — вектор шума.



# Частотные методы

Подход основывается на 3 принципах:

1. Свойство сдвига преобразования Фурье.
2. Взаимосвязь между непрерывным преобразованием Фурье  $X$  исходного изображения и дискретным преобразованием Фурье  $Y$  для кадров.
3. Частотный диапазон изображения ограничен.

Взаимосвязь  $X$  и  $Y$ :

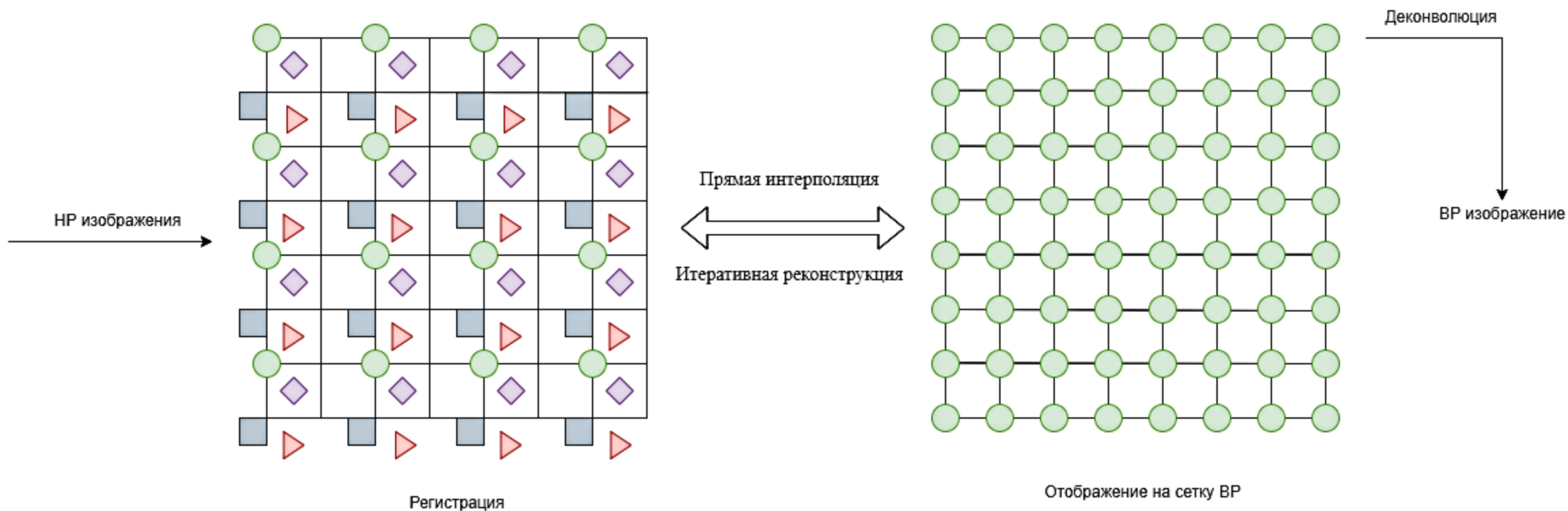
$$Y(\Omega_1, \Omega_2) = \frac{1}{T_1 T_2} \sum_{n_1=0}^{L_1-1} \sum_{n_2=0}^{L_2-1} X_k \left[ \frac{2\pi}{T_1} \left( \frac{\Omega_1}{N_1} + n_1 \right), \frac{2\pi}{T_2} \left( \frac{\Omega_2}{N_2} + n_2 \right) \right],$$

Где  $N_1 N_2$  — размер желаемого изображения,  $L_1 L_2$  — коэффициенты понижения дискретизации,  $T_1 T_2$  — периоды дискретизации.

Матрично-векторная форма записи решения:

$$Y = \Phi X.$$

# Регистрация – интерполяция - восстановление



Недостатки: возникновение алиасинга, размытия и эффекта Гиббса.

# Регуляризационные методы

Детерминированный подход:

$$\sum_{k=1}^p ||y_k - W_k x||^2 + \alpha ||Cx||^2.$$

Здесь  $p$  – количество кадров,  $\alpha$  – параметр регуляризации,  $C$  – фильтр высоких частот,  $|| \cdot ||$  – L2-норма.

Рекуррентная формула для вычисления  $x$ :

$$\hat{x}^{n+1} = \hat{x}^n + \beta \left[ \sum_{k=1}^p W_k^T (y_k - W_k \hat{x}^n) - \alpha C^T C \hat{x}^n \right],$$

где  $\beta$  – параметр сходимости.

Стохастический подход:

$$x = \operatorname{argmax} P(x | y_1, y_2, \dots, y_p).$$

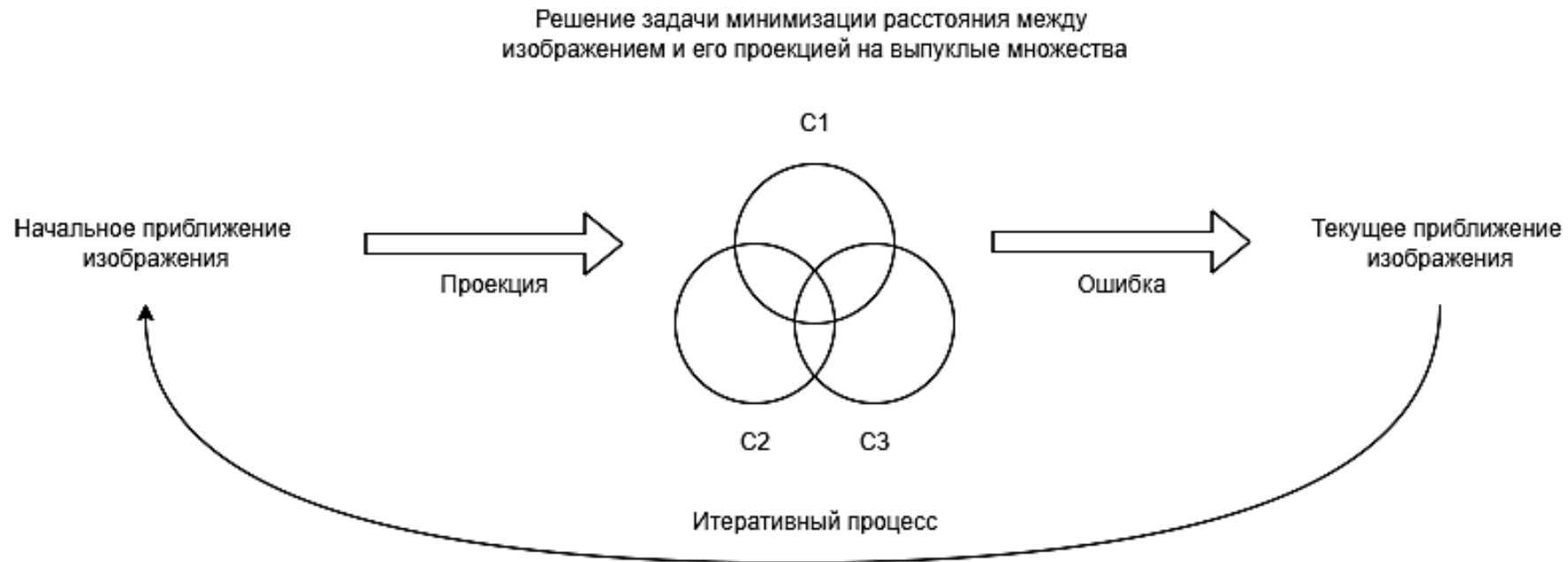
$$x = \operatorname{argmax} \{ \ln P(y_1, y_2, \dots, y_p | x) + \ln P(x) \}.$$

$$x = \operatorname{argmin} \left[ \sum_{k=1}^p ||y_k - W_k \hat{x}||^2 + \alpha \sum_s \varphi_s(x) \right],$$

где  $\varphi_s$  – функция производной изображения.

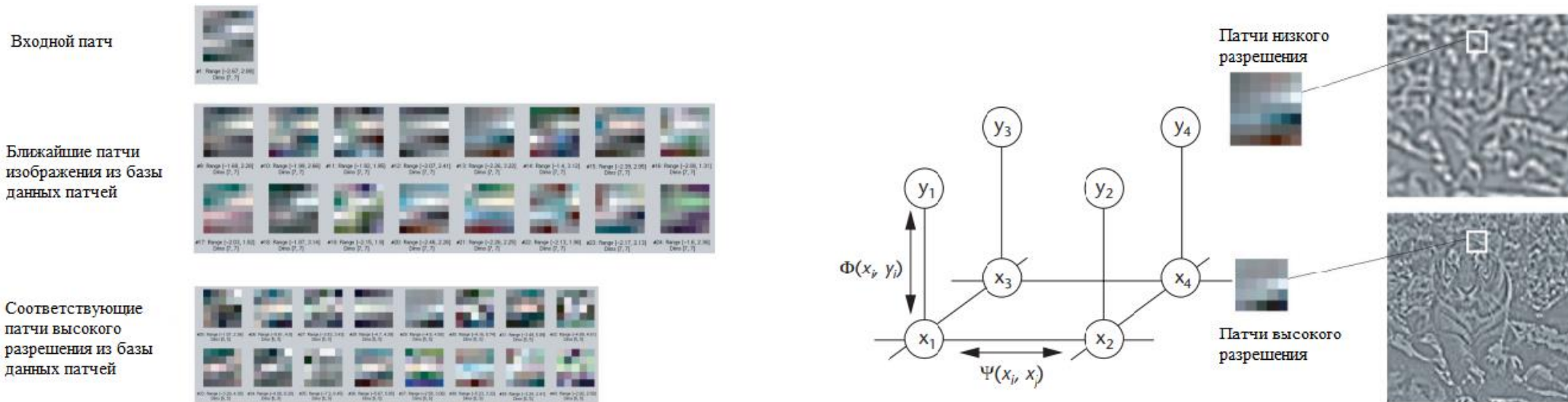
# Методы на основе теории множеств

Решение должно быть членом замкнутого выпуклого множества, которое определяется как набор векторов, удовлетворяющих определенному свойству изображения.



# Выделение патчей (примеро-ориентированные методы)

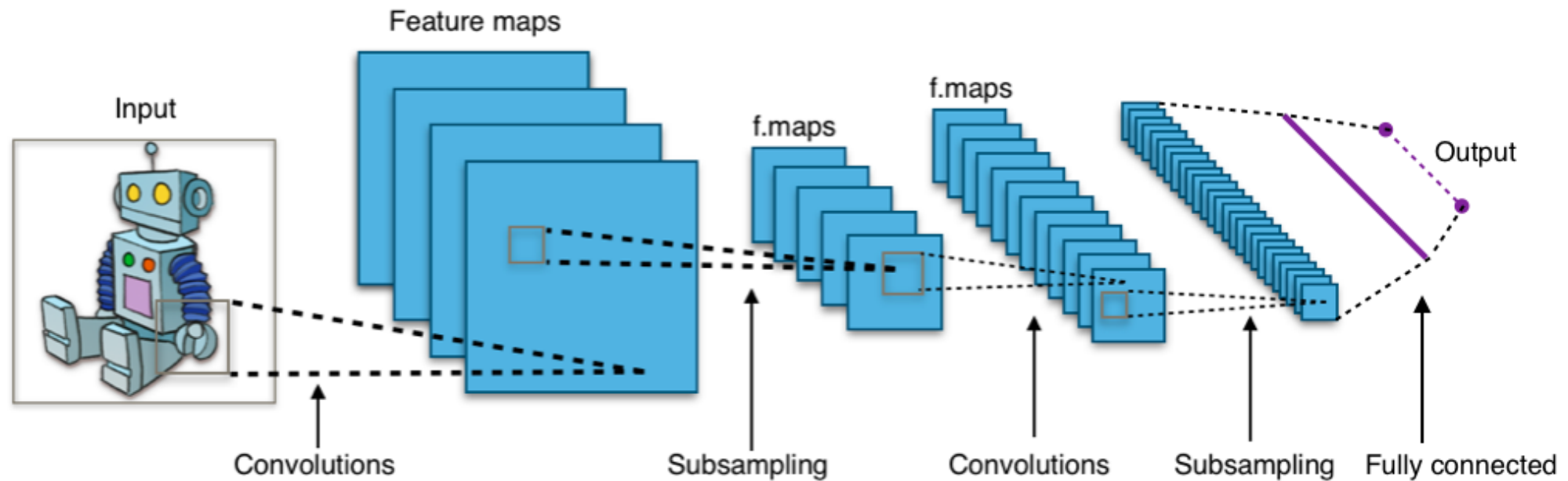
0. Предварительная интерполяция кадра с целью выравнивания размерности изображений.
1. Разбиение каждого изображения из пары на патчи.
2. Устранение вариативности среди патчей.
3. Обучение модели на полученных взаимосвязях.





# Сверточные нейронные сети

Специальная архитектура ИНС, нацеленная на эффективное распознавание образов:



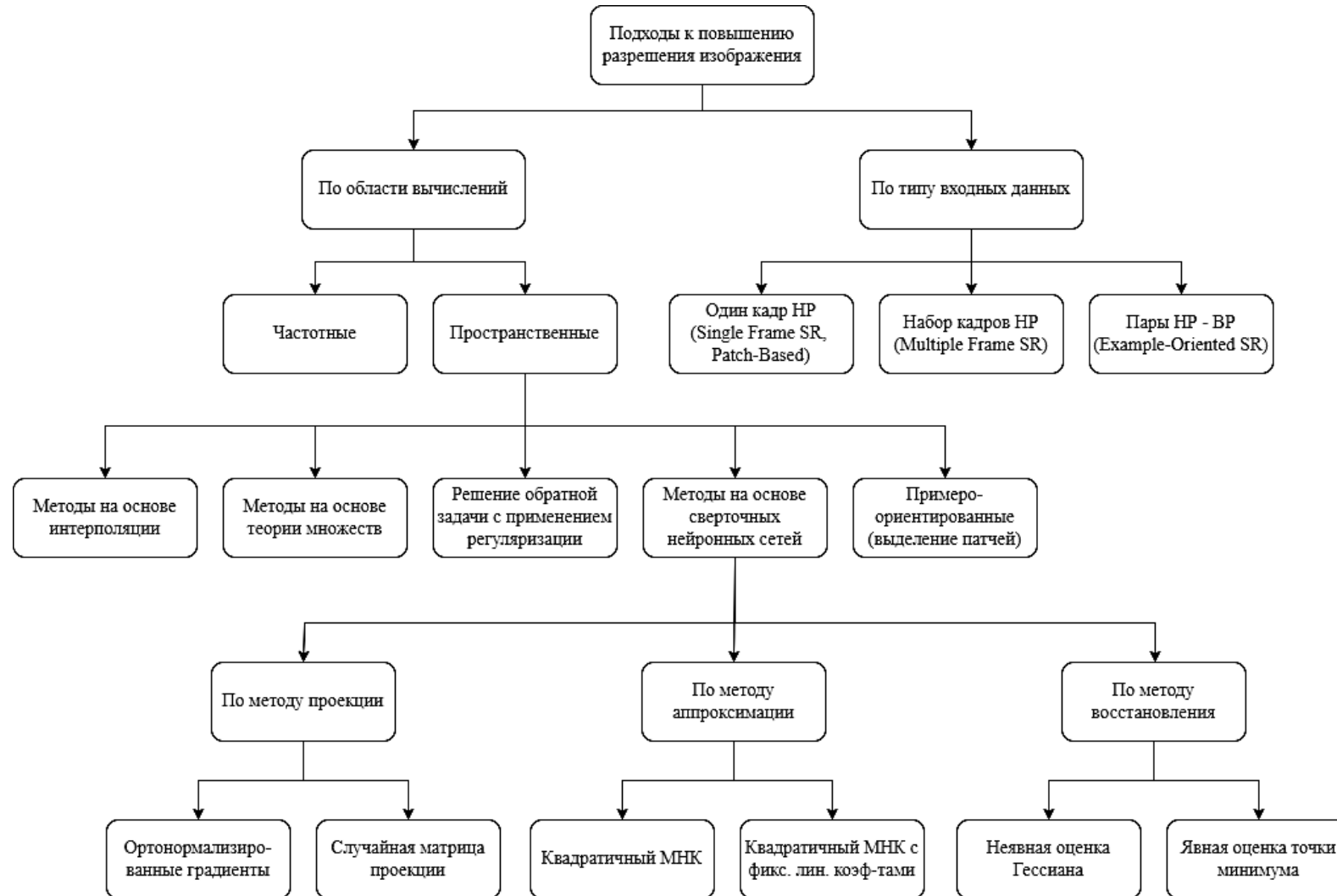
Одна из ключевых задач – оптимизация параметров.

# Сверточные нейронные сети: проекция – аппроксимация - восстановление

1. *Проекция* нескольких точек из оригинального пространства в пространство меньшей размерности.
2. Построение квадратичного полинома, *аппроксимирующего* полученные проекции точек и соответствующие им значения целевой функции.
3. *Восстановление*: аппроксимация параметров целевой функции в оригинальном пространстве на основе полученного полинома в пространство меньшей размерности.

Вариативность заключается в различной реализации каждого из этапов.

# Классификация методов суперразрешения



# Сравнительный анализ методов суперразрешения

Метод	Критерий		
	Вычислительная сложность	Качество обработки	Необходимость пост- или предобработки
Частотные методы	Низкая	Низкое	Нет
Методы на основе интерполяции	Низкая	Низкое	Нет
Методы теории множеств	Средняя	Низкое	Да
Методы решения обратной задачи с применением регуляризации	Средняя	Среднее	Нет
Примеро-ориентированные методы (выделение патчей)	Очень высокая	Высокое	Да
<b>Оптимизация СНС</b>	<b>Высокая</b>	<b>Очень высокое</b>	<b>Да</b>

# Заключение

Цель работы была достигнута: были рассмотрены и классифицированы известные методы повышения разрешения по нескольким кадрам.

Были выполнены следующие задачи:

- проведен обзор существующих методов повышения разрешения по нескольким кадрам;
- сформулированы критерии классификации и сравнения методов;
- классифицированы рассмотренные методы;
- проведен сравнительный анализ рассмотренных методов;
- на основе полученных теоретических сведений сделаны выводы об области применимости рассмотренных методов.

На основе проведенной классификации и сравнительного анализа для дальнейшей разработки было выбрано направление оптимизации сверточных нейронных сетей для повышения разрешения изображения по нескольким кадрам.