



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

---

ФАКУЛЬТЕТ ИУ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА ИУ-7 «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ  
НА ТЕМУ:**

***«Классификация известных методов увеличения  
разрешения видеопотока»***

Студент      ИУ7-73Б      \_\_\_\_\_ Марченко В.

Руководитель НИР      \_\_\_\_\_ Тассов К. Л.

Рекомендуемая руководителем НИР оценка \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Отчет X с., X рис., X табл., X источн., X прил.

ВИДЕО, ВИДЕОПОТОК, ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЕ, РАЗРЕШЕНИЕ, ПРЕ-  
ОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ, НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

Объектом исследования являются методы увеличения разрешения видеопотока.

Цель работы: классификация известных методов увеличения разрешения видеопотока.

В результате исследования было проведено сравнение ... по ... критериям.

Область применения результатов — ...

Результат работы...

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>6</b>
<b>1 Анализ предметной области</b>	<b>8</b>
1.1 Суперразрешение видеопотока . . . . .	8
1.2 Понижение разрешения . . . . .	9
1.3 Подходы к увеличению разрешения видео . . . . .	9
1.4 Частотная область . . . . .	10
1.5 Пространственная область . . . . .	11
1.5.1 Методы, основанные на интерполяции . . . . .	11
1.5.2 Методы, основанные на регуляризации . . . . .	12
1.6 Методы, основанные на использовании нейронных сетей . . . .	12
<b>2 Классификация методов увеличения разрешения видеопотока</b>	<b>13</b>
2.1 Критерии оценки методов увеличения разрешения видеопотока	13
2.2 Сравнение методов увеличения разрешения видеопотока . . . .	13
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>14</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	<b>15</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А Презентация</b>	<b>16</b>

# ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие сокращения и обозначения:

VSR	Суперразрешение видео (Video Super-Resolution)
SISR	Суперразрешение фото (Single-Image Super-Resolution)
DFT	Дискретное преобразование Фурье (Discrete Fourier Transform)
DCT	Дискретное косинусное преобразование (Discrete Cosine Transform)
DWT	Дискретное вейвлет-преобразование (Discrete Wavelet Transform)
NEDI	New Edge-Directed Interpolation
GBA	Grouped Bees Algorithm
POCS	Проецирование в выпуклые множества (Projections onto Convex Sets)
IBP	Interval Bound Interpolation
RLS	Рекуррентный метод наименьших квадратов (Recursive Least Squares)
MAP	Оценка апостериорного максимума (Maximum a posteriori Probability)
MLE	Метод максимального правдоподобия (Maximum Likelihood Estimation)
MRF	Марковское случайное поле (Markov Random Field)

## ВВЕДЕНИЕ

Суперразрешение — это способ получения изображения или видеоизображения с высоким разрешением из изображений с низким разрешением [1]. В отличие от суперразрешения одного изображения (SISR), основная цель суперразрешения видео — не только восстановить больше мелких деталей при сохранении крупных, но и сохранить согласованность движения.

Во многих областях, работающих с видео, люди имеют дело с различными типами деградации видео, включая понижение разрешения. Разрешение видео может снизиться из-за несовершенства измерительных устройств. Плохое освещение и погодные условия добавляют шум. Движение объектов и камеры также ухудшает качество видео. Методы суперразрешения помогают восстановить исходное видео. Это полезно в широком спектре приложений, таких как [2]:

- 1) видеонаблюдение (для улучшения качества видео, снятого с камеры, а также распознавания номеров автомобилей и лиц);
- 2) медицинская визуализация (чтобы лучше обнаружить некоторые органы или ткани для клинического анализа и медицинского вмешательства);
- 3) судебно-медицинская экспертиза (для помощи в расследовании в ходе уголовного процесса);
- 4) астрономия (для улучшения качества видео звезд и планет);
- 5) дистанционное зондирование (для облегчения наблюдения за объектом);
- 6) микроскопия (для усиления возможностей микроскопов).

Суперразрешение видео также помогает решить задачу обнаружения объектов, распознавания лиц и символов (в качестве этапа предварительной обработки).

Существует множество подходов к решению этой задачи, но она по-прежнему остается популярной и сложной.

Цель научно-исследовательской работы: провести обзор известных методов увеличения разрешения видеопотока и классифицировать их по сформулированным критериям.

Задачи научно-исследовательской работы:

- 1) исследовать предметную область увеличения разрешения видеопотока;
- 2) проанализировать известные методы увеличения разрешения видеопотока;
- 3) сформулировать критерии для сравнения этих методов;
- 4) сравнить методы увеличения разрешения видеопотока по сформулированным критериям.

# 1 Анализ предметной области

## 1.1 Суперразрешение видеопотока

Суперразрешение — это набор действий с целью получения изображения (или последовательности изображений) высокого разрешения из группы изображения низкого разрешения. Концепция суперразрешения представлена на рисунке 1.1. Суперразрешение позволяет получить изображение или видео повышенного качества с большим количеством деталей на сцене, что важно для точного анализа [2].



Рисунок 1.1 – Концепция суперразрешения [2]

Суперразрешение может быть оптическим и геометрическим. В оптических методах используются характеристики оптики, датчиков и компонентов дисплея устройства визуализации, которые отвечают за ухудшение качества или разрешения изображения. Улучшение пространственного разрешения устройства визуализации может быть достигнуто путем модификации аппаратного обеспечения двумя способами [2]: увеличить количество пикселей (но есть ограничения, т. к. это уменьшает отношение сигнал/шум (ОСШ) и увеличивает время получения изображения) и увеличить размер чипа, необходимого для получения изображений высокого разрешения (такие чипы достаточно дорогие) [1].

Хорошей альтернативой обоим подходам является использование метода автономного улучшения разрешения, то есть геометрического суперразрешения. В этом типе суперразрешения для восстановления и реконструкции изображения используются методы цифровой обработки изображений [2].

Благодаря широкой применимости концепции суперразрешения это одна из наиболее быстро развивающихся областей исследований в области обработки изображений [3].

## 1.2 Понижение разрешения

На рисунке 1.2 показан процесс понижения разрешения изображения.

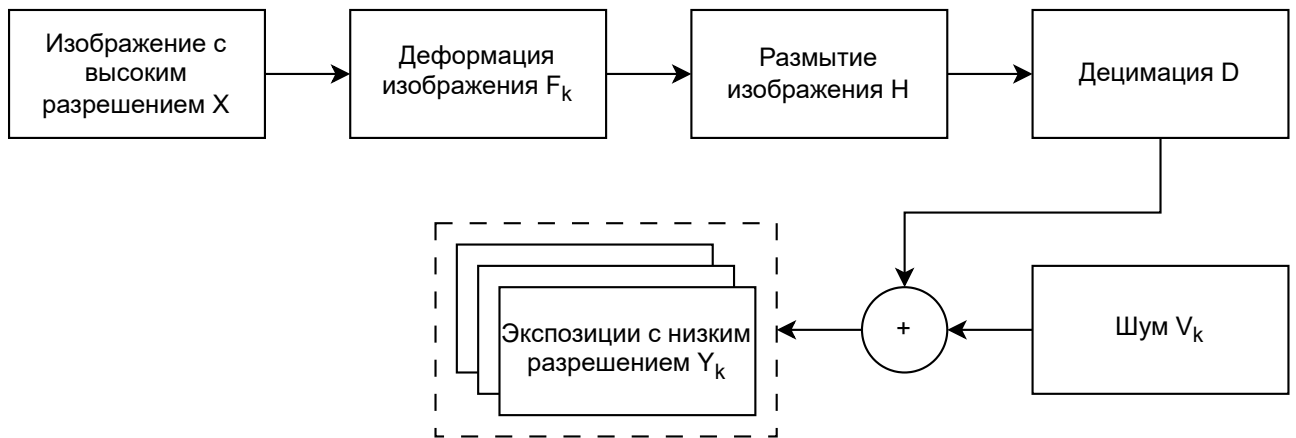


Рисунок 1.2 – Процесс понижения разрешения изображения [2]

Приведенный процесс можно записать с помощью формулы:

$$Y_k = D * H * F_k * X + V_k, \quad (1.1)$$

где  $Y_k$  —  $k$ -я экспозиция сцены с низким разрешением,  $H$  — коэффициент размытия, которое появляется из-за особенностей камеры,  $D$  — коэффициент децимации,  $F_k$  — деформация, а  $V_k$  — коэффициент шума [2].

В приведенной выше формуле факторами деградации являются  $F_k$ ,  $H$ ,  $D$  и  $V_k$ . Если эти коэффициенты известны разработчику, то система называется системой с предварительно известными данными, а изображение с высоким разрешением получается путем решения математического уравнения 1.1 [2].

## 1.3 Подходы к увеличению разрешения видео

Суперразрешение осуществляется или покадрово, или используя сразу несколько кадров. Субпиксельный сдвиг между последовательными кадрами используется для восстановления кадров высокого разрешения в многокадровых методах суперразрешения. Однокадровые методы стремятся улучшить качество изображения без добавления размытия. Алгоритмы суперразрешения работают в двух областях — частотной и пространственной. На рисунке 1.3 представлены некоторые методы суперразрешения видео [2].



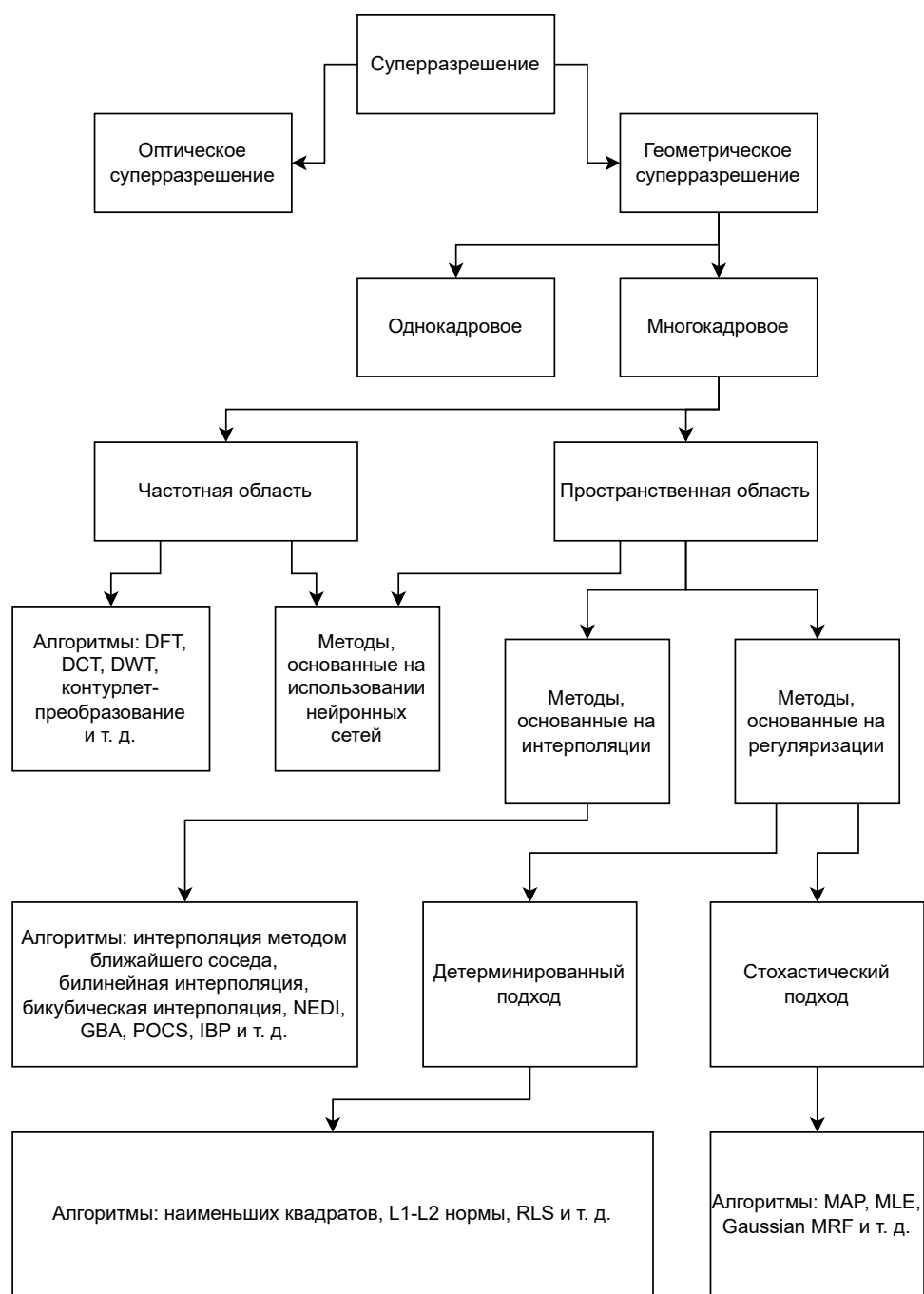


Рисунок 1.3 – Некоторые методы суперразрешения видеопотока [2]

## 1.4 Частотная область

Подходы с частотной областью рассматривают частотную составляющую как признак изображения. Преобразование области сигнала изображения/видео в частотную область осуществляется с помощью дискретного преобразования Фурье, дискретного косинусного преобразования и дискретного вейвлет-преобразования. Метод частотной области точно использует алиасинг, существующий в каждом изображении низкого разрешения для восстановления изображения высокого разрешения [2].

Подходы с частотной областью базируются на трех принципах [4]:

- 1) свойство временного сдвига преобразования Фурье;
- 2) отношение алиасинга между непрерывным преобразованием Фурье оригинального изображения с высоким разрешением и дискретным преобразованием Фурье изображений низкого разрешения;
- 3) оригинальное изображение высокого разрешения ограничено диапазоном частот.

Вейвлет-преобразование дает частотные компоненты с их временной информацией, которая отвечает за более многообещающие результаты, чем другие преобразования [2].

## **1.5 Пространственная область**

В пространственной области процесс восстановления происходит путем обработки на уровне пикселей вместо работы с каким-либо признаком изображения. Алгоритмы, относящиеся к пространственной области, в основном делятся на алгоритмы, использующие интерполяцию или регуляризационные [2].

Итеративные методы обратного проецирования предполагают некоторую функцию между кадрами с низким и высоким разрешением и пытаются улучшить свою предполагаемую функцию на каждом этапе итеративного процесса [5]. Метод проецирования в выпуклые множества, который определяет конкретную функцию стоимости, также может использоваться для итеративных методов [6].

### **1.5.1 Методы, основанные на интерполяции**

Самый простой способ повысить разрешение изображения — интерполяция. Процесс интерполяции — это оценка нового пикселя с помощью заданного набора пикселей. Регистрация, интерполяция и восстановление — три основных этапа интерполяционных методов суперразрешения [4]. Геометрическое выравнивание происходит при регистрации изображений, при которой изображения низкого разрешения выравниваются по одному конкретному изображению низкого разрешения, используемому в качестве эталона.

Смещения и повороты субпикселей необходимы для точной оценки параметров движения перед их объединением для создания изображения высокого разрешения [2].

Простые и базовые методы интерполяции представляют собой не что иное, как интерполяция методом ближайшего соседа, билинейная интерполяция и бикубическая интерполяция. В этих методах для интерполяции неизвестного пикселя используется либо ближайший пиксель, либо средневзвешенное значение соседних пикселей [2].

В методе интерполяции кубическим В-сплайном большое количество точек соединяются кривой, известной как сплайн. Кубические сплайны рассчитывают весовые коэффициенты сплайнов, которые используются для интерполяции. Метод интерполяции NEDI (New Edge-Directed Interpolation) рассматривает интерполяцию, основанную на геометрической двойственности между ковариацией низкого и высокого разрешения [2]. Метод EGI (Edge-Guided Interpolation) использует классификацию соседних пикселей на два подмножества для оценки недостающего пикселя по отдельности, а для интерполяции берется наиболее подходящая аппроксимация пикселя [7].

### 1.5.2 Методы, основанные на регуляризации

**Детерминированный подход.** Некорректно поставленные задачи решаются в корректно поставленной в детерминированном подходе. Существует двусторонний априорный подход, который основан на сильной регуляризации и минимизации наименьшего абсолютного отклонения для необычных данных и шума. Этот алгоритм полезен для оценки ошибок движения, резких краев изображений и размытия.

**Стохастический подход.** Здесь про этот подход.

## 1.6 Методы, основанные на использовании нейронных сетей

## **2 Классификация методов увеличения разрешения видеопотока**

### **2.1 Критерии оценки методов увеличения разрешения видеопотока**

### **2.2 Сравнение методов увеличения разрешения видеопотока**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения научно-исследовательской работы была достигнута поставленная цель, а также решены все задачи:

- 1) исследована предметная область увеличения разрешения видеопотока;
- 2) проанализированы известные методы увеличения разрешения видеопотока;
- 3) сформулированы критерии для сравнения этих методов;
- 4) проведено сравнение методов увеличения разрешения видеопотока по сформулированным критериям.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Park S. C., Park M. K., Kang M. G.* Super-resolution image reconstruction: a technical overview // IEEE Signal Processing. — 2003. — С. 21—36.
2. *Mrunmayee D. V., Sachin R. D.* Video Super Resolution: A Review // Department of Electronics Engineering, Walchand College of Engineering, Sangli, Maharashtra, India. — 2021. — С. 6.
3. Image super-resolution: The techniques, applications, and future / L. Yue [и др.] // IEEE Signal Processing. — 2016. — Т. 128. — С. 389—408.
4. A performance comparison among different super-resolution techniques / D. Thapa [и др.] // Computers and Electrical Engineering. — 2016. — Т. 54. — С. 313—329.
5. *Cohen B., Avrin V., Dinstein I.* Polyphase back-projection filtering for resolution enhancement of image sequences // 2000 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. — 2000. — С. 2171—2174.
6. *Katsaggelos A. K.* An iterative weighted regularized algorithm for improving the resolution of video sequences // Proceedings of International Conference on Image Processing. — 1997. — С. 474—477.
7. *Zhang L., Wu X.* An edge-guided image interpolation algorithm via directional filtering and data fusion // IEEE Trans Image Process. — 2006. — Т. 15. — С. 2226—2238.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А