

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»**

**(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

|  |  |
| --- | --- |
| Институт | информатики, математики и электроники |
| Факультет | информатики |
| Кафедра | геоинформатики и информационной безопасности |

|  |
| --- |
| **ОТЧЕТ ПО ПРАКТИКЕ** |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид практики: | | преддипломная | | | |
| Срок прохождения практики: | | | | 04.02.21-24.05.21 | |
| по направлению подготовки 10.05.03 информационная безопасность автоматизированных систем (специалитет) | | | | | |
| Студент группы № 6511-100503D | |  | | | Г.В. Цой |
|  | | (подпись) | | |  |
| Руководитель практики от | | |  | |  |
| университета, профессор, д.т.н. | | |  | | В.В. Сергеев |
|  | | (подпись) | | |  |
| Руководитель практики | | |  | |  |
| от организации |  | | | | В.В. Сергеев |
|  | | (подпись) | | |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Дата сдачи: | 24.05.2021 |
|  | Дата защиты: | 24.05.2021 |
|  | Оценка |  |

Самара 2021

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»**

(Самарский университет)

|  |  |
| --- | --- |
| Институт | информатики, математики и электроники |
| Факультет | информатики |
| Кафедра | геоинформатики и информационной безопасности |

**Индивидуальное задание на практику**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Студенту | | | Цою Глебу Владимировичу | Группы 6511-100503D | | |
| Направление на практику оформлено приказом по университету | | | | | | **№ 47 от 25.01.2021** |
| в | Самарский университет, кафедра ГИиИБ, | | | | | |
|  | | (наименование профильной организации или структурного подразделения университета) | | | | |
| в соответствии с договором о направлении на практику от | | | | | -. | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Планируемые результаты освоения образовательной программы | Планируемые результаты практики | Содержание задания |
| ПСК-7.1 | способность разрабатывать и исследовать модели информационно-технологических ресурсов, разрабатывать модели угроз и модели нарушителя информационной безопасности в распределенных информационных системах | фыва |
| ПСК-7.2 | способностью проводить анализ рисков информационной безопасности и разрабатывать, руководить разработкой политики безопасности в распределенных информационных системах | фыва |
| ПСК-7.5 | способностью координировать деятельность подразделений и специалистов по защите информации в организациях, в том числе на предприятии и в учреждении | фыва |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Дата выдачи задания: | 04 февраля 2021 г. | | | | |
| Срок предоставления на кафедру отчета о практике: | | | | 24 мая 2021 г. | |
| Руководитель практики от | | |  | |  |
| университета, профессор, д.т.н. | | |  | | В.В. Сергеев |
|  | | | (подпись) | |  |
| Руководитель практики | | |  | |  |
| от профильной организации | |  | | | В.В. Сергеев |
|  | | | (подпись) | |  |
| Задание принял к исполнению | | |  | |  |
| студент группы № 6511-100503D | |  | | | Г.В. Цой |
|  | | (подпись) | | |  |

**Рабочий план проведения практики**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дата (период) | Содержание задания | Результаты практики |
| 04.02.2021 | Получение задания на преддипломную практику, ознакомление с предметной областью | Оформленное задание на преддипломную практику |
| 18.02.2021 | Поиск источников по теме исследования | Обзор текущего состояния решаемой задачи |
| 04.03.2021 | Разработка метода повышения качества видео | Описание разработанного метода |
| 18.03.2021 | Поиск тестовых данных для проведения исследования | Набор тестовых данных для проведения исследования |
| 01.04.2021 | Реализация программного кода для проведения исследований | Листинг исходных кодов разработанной программы |
| 15.04.2021 | Проведение экспериментального исследования разработанного метода на подобранных данных | Зависимости среднеквадратической ошибки восстановления исследуемого метода от количества использованных кадров |
| 29.04.2021 | Сравнение разработанного метода с аналогами | Зависимости выигрыша по среднеквадратической ошибке у аналогичного метода в зависимости от количества использованных кадров |
| 06.05.2021 | Оформление отчета по результатам проведенных во время преддипломной практики исследований | Оформленный отчет по преддипломной практике |
| 24.05.2021 | Предоставление отчета по преддипломной практике на кафедру | Защита отчета по преддипломной практике |

*Рабочий план практики предназначен для ежедневных/еженедельных (с указанием даты) кратких записей о том, что было изучено, какие этапы задания выполнялись, какие поручения руководства практики от предприятия были выполнены.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Руководитель практики от | |  |  |
| университета, профессор, д.т.н. | |  | В.В. Сергеев |
|  | | (подпись) |  |
| Руководитель практики | |  |  |
| от профильной организации |  | | В.В. Сергеев |
|  | | (подпись) |  |

**О Т Ч Е Т**

о выполнении индивидуального задания

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| по | преддипломной | практике |

*Технический отчет студента по итогам практики должен содержать краткое и целостное изложение основных результатов, полученных студентом в ходе выполнения Задания, сделанных студентом выводов, предложенных им рекомендаций по использованию результатов.*

*При оформлении Технического отчета (и Журнала практики) следует строго!!! соблюдать требования стандарта СУ, регламентирующего оформление учебных текстовых документов.».*

*Объем отчета должен составлять минимум* ***12 страницы****, оформленных согласно требованиям стандарта СУ.*

Реферат

Пояснительная записка: 70 c., 24 рисунка, 1 таблица, 20 источника(ов), 19 приложений.

КРИМИНАЛИСТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА, ОПТИМАЛЬНОЕ КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ, СВЕРХРАЗРЕШЕНИЕ.

Объектом исследования являются изображения низкого пространственного разрешения, искаженные под воздействием аппаратных ограничений техники.

Целью работы является разработка метода повышения качества изображений по серии кадров низкого качества, а также разработка пользовательской программы, реализующий алгоритм разработанного метода.

В результате работы разработан программный комплекс, позволяющий повышать пространственное разрешение изображений с использованием серии кадров видеозаписи низкого качества.

Эффективность работы заключается в оптимизации восстановления изображений, искаженных аппаратными характеристиками.

Содержание

[Введение 11](#_Toc71742072)

[1 Описание разработанного метода 13](#_Toc71742073)

[1.1 Общее описание метода 13](#_Toc71742074)

[1.2 Учащение сетки дискретизации кадров 14](#_Toc71742075)

[1.3 Формирование дополнительного канала обработки 15](#_Toc71742076)

[1.4 Геометрическое согласование 15](#_Toc71742077)

[1.4.1 Методы, основанные на детектировании особых точек 16](#_Toc71742078)

[1.4.2 Методы, основанные на пирамидальном подходе 17](#_Toc71742079)

[1.4.3 Методы, основанные на вычислении пиков взаимокорреляционной функции 18](#_Toc71742080)

[1.4.4 Метод, основанный на оптическом потоке 19](#_Toc71742081)

[1.5 Взвешенное суммирование 20](#_Toc71742082)

[2 Описание программной реализации 22](#_Toc71742083)

[2.1 Модуль автоматизации экспериментальных исследований 23](#_Toc71742084)

[2.2 Модуль графического интерфейса 25](#_Toc71742085)

[2.3 Модуль предобработки 33](#_Toc71742086)

[2.4 Модуль интерполяции 34](#_Toc71742087)

[2.5 Модуль вычисления ошибки интерполяции 35](#_Toc71742088)

[2.6 Модуль согласования 35](#_Toc71742089)

[2.7 Модуль комплексирования 36](#_Toc71742090)

[3 Экспериментальное исследование 38](#_Toc71742091)

[3.1 Типичные для криминалистической экспертизы видео данные 38](#_Toc71742092)

[3.2 Сравнительное исследование методов геометрического согласования 40](#_Toc71742093)

[3.3 Исследование эффективности разработанного сверхразрешения 41](#_Toc71742094)

[3.3.1 Первый эксперимент 42](#_Toc71742095)

[3.3.2 Второй эксперимент 44](#_Toc71742096)

[3.4 Сравнительное исследование методов сверхразрешения 46](#_Toc71742097)

[Заключение 47](#_Toc71742098)

[Определения, обозначения и сокращения 48](#_Toc71742099)

[Список использованных источников 49](#_Toc71742100)

[Приложение А 50](#_Toc71742101)

Введение

Обеспечить информационную безопасность защищаемого объекта можно многими способами. Некоторые из них напрямую связаны с использованием изображений: изображения используются в стеганографии в качестве контейнера, на защищаемых объектах аудит обеспечивают камеры видеонаблюдения, совсем недавно стали применяться биометрические системы аутентификации. Изображения могут применяться не только как средство защиты, но и как защищаемые объекты.

Изображения могут быть подвержены непреднамеренным искажениям в результате аппаратных ограничений используемой техники. Существуют различные ситуации, когда потерянное качество требуется восстановить. Менее искаженные изображения большего разрешения позволят более точно проводить экспертизу доказательственной ориентирующей информации в целях досудебного производства и предварительного расследования. В задачи экспертизы помимо установления параметров съёмки входит ещё и установление параметров объектов на видеозаписях.

На предприятии в случае нарушения коммерческой тайны на видеокамере могут быть зафиксированы действующие лица, документы, экраны мониторов, которые могут выступать объектами экспертизы. В ситуациях дорожно-транспортных происшествий интерес представляют марки/модели машин, номерные знаки, дорожные знаки или сигналы светофора, зафиксированные на видеорегистратор. В некоторых случаях проводить экспертизу видеосъёмки представляется невозможным из-за низкого качества видеокадров, что в свою очередь приводит к неразличимости характеристик интересуемых объектов.

Существует класс методов восстановления изображений, называемый сверхразрешением. Такие методы способны повышать пространственное разрешение кадров. Существующие методы можно проклассифицировать по различным характеристикам.

Методы сверхразрешения можно проклассифицировать по количеству используемых кадров, необходимых для восстановления. Существуют методы, использующие как единственный кадр, так и серию кадров видеопоследовательности.

Также методы классифицируются по применяемым технологиям. Выделяют методы на основе искусственного интеллекта, вейвлет-преобразования, проекции на выпуклые множества, адаптивной фильтрации, а также методов преобразований Фурье.

Подавляющее большинство методов способны визуально улучшать качество, принимая за меру качества коэффициент различимости объектов. Для задач криминалистики такой подход недопустим, так как в результате обработки изображений могут возникать несуществующие в реальности элементы, называемые артефактами.

Целью данной дипломной работы является разработка оптимального метода повышения пространственного разрешения изображения по серии кадров низкого разрешения, а также его программная реализация. Оптимизация будет обеспечиваться минимизацией среднеквадратичной ошибки (СКО) для серии последовательных кадров видеопоследовательности с использованием подхода, основанного на преобразованиях Фурье.

Разрабатываемый метод сможет применяться не только в задачах криминалистики, а также в таких областях, как медицина, компьютерное зрение, обработка данных дистанционного зондирования Земли, астрономия и микроскопия и других.

1. Описание разработанного метода

Современные средства видеозаписи фиксируют кадры с некоторыми искажениями, которые препятствуют дальнейшей обработке полученных кадров. Изображение, фиксируемое на матрице видеокамеры, подвергается динамическим искажениям в непрерывной временной области, затем дискретизируется по времени, после чего на сигнал накладываются шумы. Таким образом для наблюдения доступен только дискретный выходной сигнал.

Задача сверхразрешения – избавиться от искажений, вызванных аппаратными несовершенствами техники, и приблизиться к восстановлению дискретного изображения до непрерывного.

Необходимо учесть, что при компьютерной обработке сигналов невозможно обрабатывать сигналы в непрерывном виде, но можно преобразовывать сигнал в квазинепрерывный, то есть в дискретный, но с меньшим шагом дискретизации. Идея разрабатываемого метода заключается в том, что изображение преобразуется в квазинепрерывное путём учащения сетки дискретизации.

* 1. Общее описание метода

В основе метода лежит оптимальное комплексирование серии изображений. Основной принцип работы предлагаемого метода состоит в том, что дискретизированные отсчёты изображения, называемые пикселями, дискретизируются с ещё большим шагом. Каждый новый получившийся отсчёт имеет свой уникальный весовой коэффициент и вносит тот или ной вклад в результирующее изображение.

В качестве входного параметра в алгоритм подаётся последовательность кадров. Затем для этих кадров увеличивается сетка пикселей с интерполяцией значений, что обеспечивает сверхразрешающую способность метода. После этого создаётся дополнительный канал обработки информации, в который записываются поля дисперсий ошибок интерполяции кадров. Созданный канал обработки необходим для вычисления коэффициентов взвешенного суммирования на последнем шаге. Следом происходит геометрическое согласование кадров с соответствующим преобразованием созданного канала. Согласование обеспечивает минимизацию среднеквадратичной ошибки путём приведения серии кадров к эталонному изображения, взятому из той же выборки кадров. После успешного согласования производится взвешенное суммирование пикселей кадров. Схема алгоритма изображена на рисунке 1:

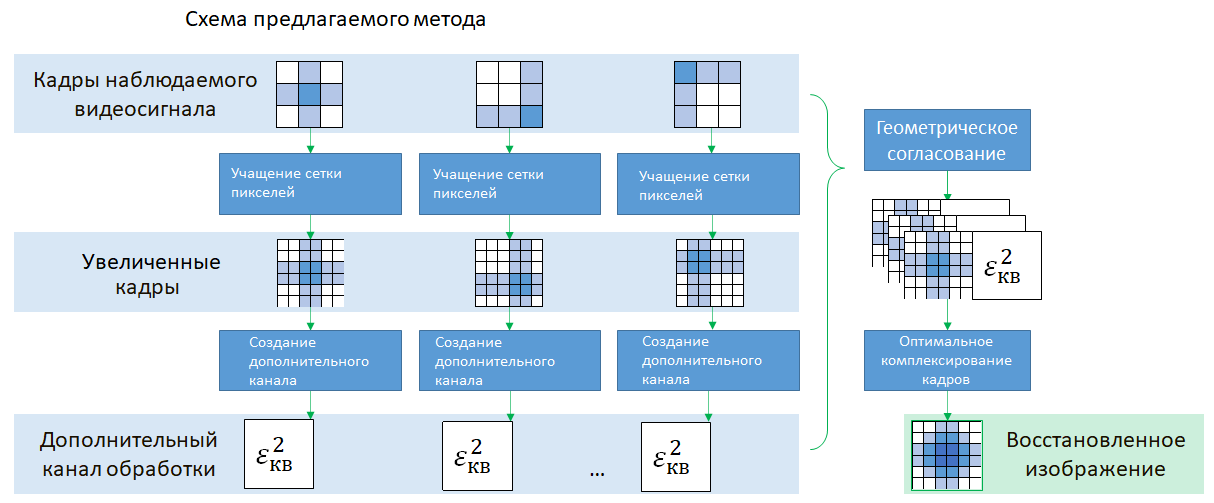


Рисунок 1 - Схема предлагаемого метода

Алгоритм оптимального комплексирования можно разбить на 4 шага:

1. учащение сетки дискретизации кадров;
2. вычисляются поля дисперсии ошибок интерполяции для каждого кадра;
3. геометрическое согласование серии кадров;
4. формирование восстановленного изображения.
   1. Учащение сетки дискретизации кадров

Первым шагом алгоритма является повышение частоты дискретизации кадров видеопоследовательности, что обеспечивает сверхразрешающую способность метода. Увеличить частоту дискретизации возможно разными способами, однако оптимальным считается интерполяция отсчётов. Интерполяцией называют вычисление промежуточных значений сигнала по дискретному набору данных. В рассматриваемой задаче используется линейная интерполяция. Со схемой линейной интерполяции можно ознакомиться на рисунке 2:

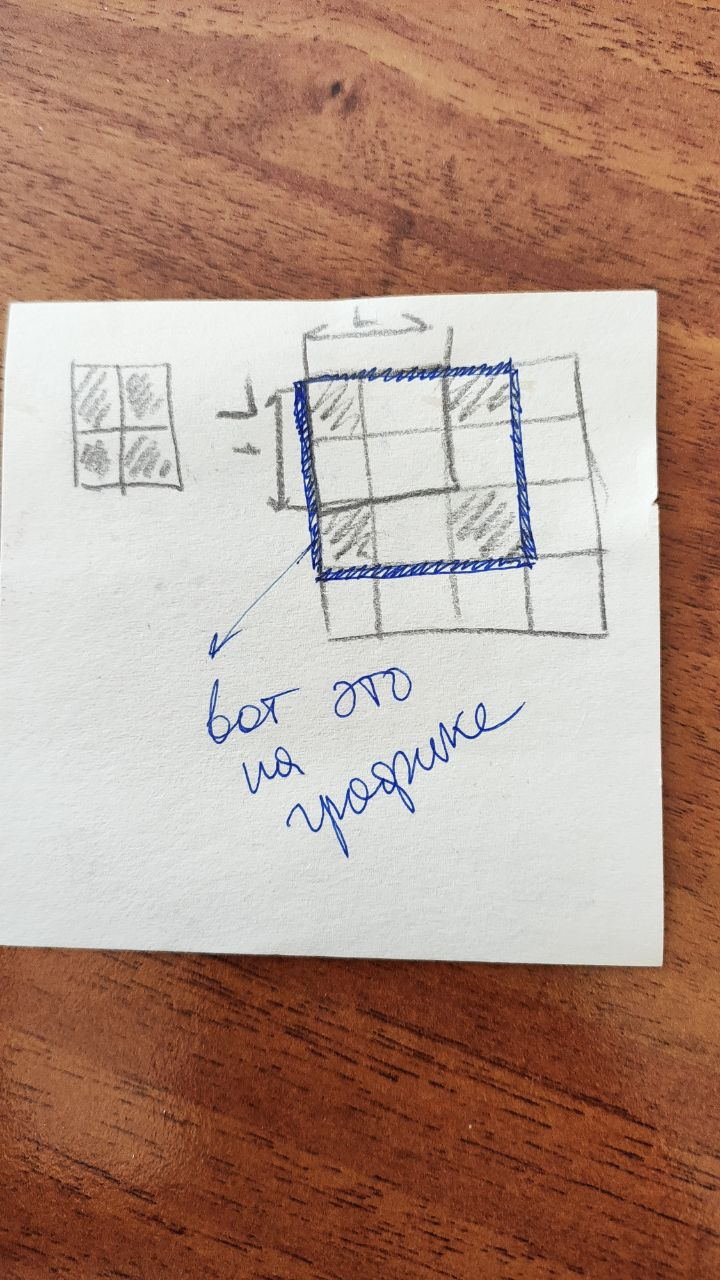
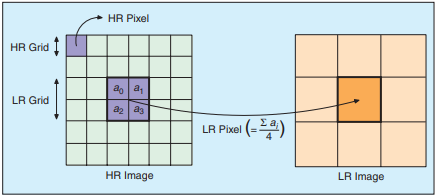
 

Рисунок 2 - Схема линейной интерполяции

Вычисление значений оценки линейной интерполяции двумерного сигнала в каждом пикселе представляется в виде формулы 1:

(1)

где – координаты отсчёта;

– значение отсчёта увеличиваемого изображения;

– шаг дискретизации непрерывного сигнала.

* 1. Формирование дополнительного канала обработки

После того, как сетки пикселей всех кадров увеличены, необходимо дополнить каждый кадр видеопоследовательности вспомогательным каналом, заполненным дисперсиями ошибок интерполяции. В дальнейшем значения дисперсий будут преобразованы и использованы в итоговой формуле восстановления отсчётов.

При учащении сетки дискретизации возможно получить только некоторую оценку исходной непрерывной сцены, причём оценка определяется с некоторой погрешностью. Эту погрешность для линейной интерполяции можно оценить теоретически. На этапе комплексирования больший вес будет даваться тем отсчетам, ошибка интерполяции которых ниже.

Ошибка интерполяции в точке вычисляется по формуле 2:

(2)

Дисперсия интерполяции вычисляется по формуле 3:

(3)

* 1. Геометрическое согласование

Геометрическое согласование – это процесс преобразования последовательности кадров таким образом, чтобы интересуемый объект находился на каждом кадре в единой системе координат, соответствующей эталонному изображению. При согласовании одно изображение из последовательности принимается за эталонное. Такое изображение статично на протяжении всего процесса согласования. С эталоном сравниваются последующие кадры последовательности и затем изменяются, причём таким образом, чтобы они максимально точно соответствовали эталонному.

На рисунке 3 можно видеть пример согласования двух кадров:

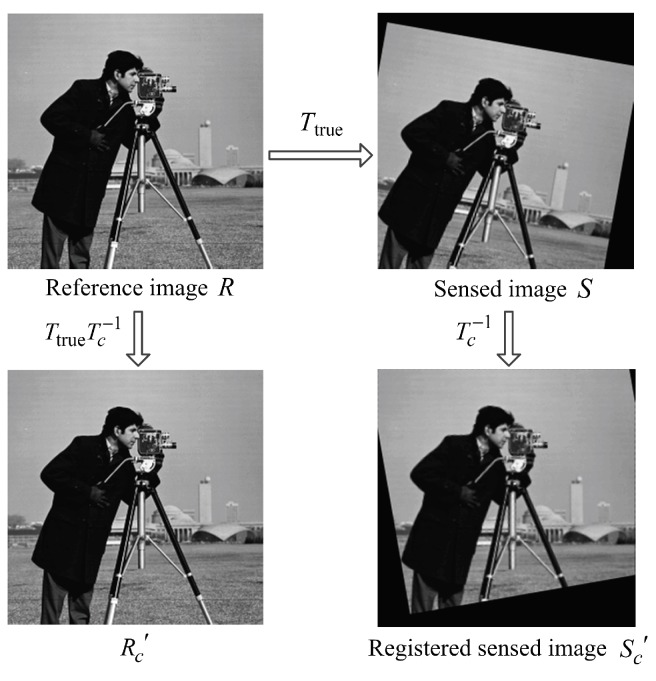


Рисунок 3 – Пример согласования двух кадров видеопоследовательности

На этом шаге производится получение матриц перехода при помощи выбранных методов геометрического согласования. Исходные кадры и поля дисперсии ошибок, созданные на предыдущем шаге, преобразуются в соответствии с матрицами перехода. Ниже рассмотрены наиболее значимые группы методов согласования.

* + 1. Методы, основанные на детектировании особых точек

С помощью детекторов на изображении идентифицируются наиболее значимые точки и с помощью дескрипторов обеспечивается инвариантность нахождения одних и тех же особых точек относительно преобразований изображений. После того, как определены ключевые точки происходит их сопоставление на эталонном и согласуемом изображениях. Сопоставление точек сопровождается трансформацией изображения. Существует несколько способов поиска ключевых точек. Наиболее популярными являются:

* алгоритм scale-invariant feature transform (SIFT)[];
* алгоритм speeded up robust features (SURF)[];
* алгоритм Binary Robust Independent Elementary Features + Star detector (BRIEF + Star)[]
* алгоритм Oriented Features from Accelerated Segment Test and rotated BRIEF (ORB)[].

На изображении 4 можно видеть пример детектирования алгоритмом ORB при детектировании 50 особых точек на изображении:

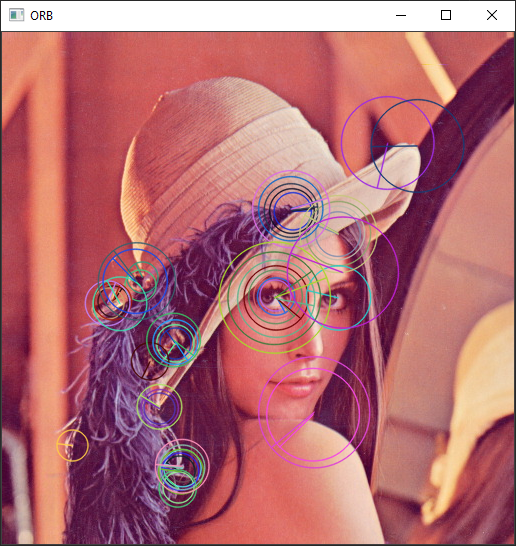


Рисунок 4 – Пример визуализации детектирования особых точек алгоритмом ORB при детектировании 50 особых точек

* + 1. Методы, основанные на пирамидальном подходе

Представление одного и того же изображения в нескольких масштабах называется пирамидой. Принцип действия метода пирамид заключается в том, что исходные эталонное и согласуемое изображения представляются в виде пирамиды. На некотором уровне пирамиды между эталоном и согласуемым изображениями находится соответствие в точке. Далее изображение трансформируется согласно найденным точкам. Существует пять возможных модификаций пирамидального подхода:

* сдвиг;
* сдвиг и поворот;
* сдвиг, масштаб и поворот;
* аффинное преобразование;
* билинейное преобразование.

На изображении 5 можно видеть пример пирамидальной модели:

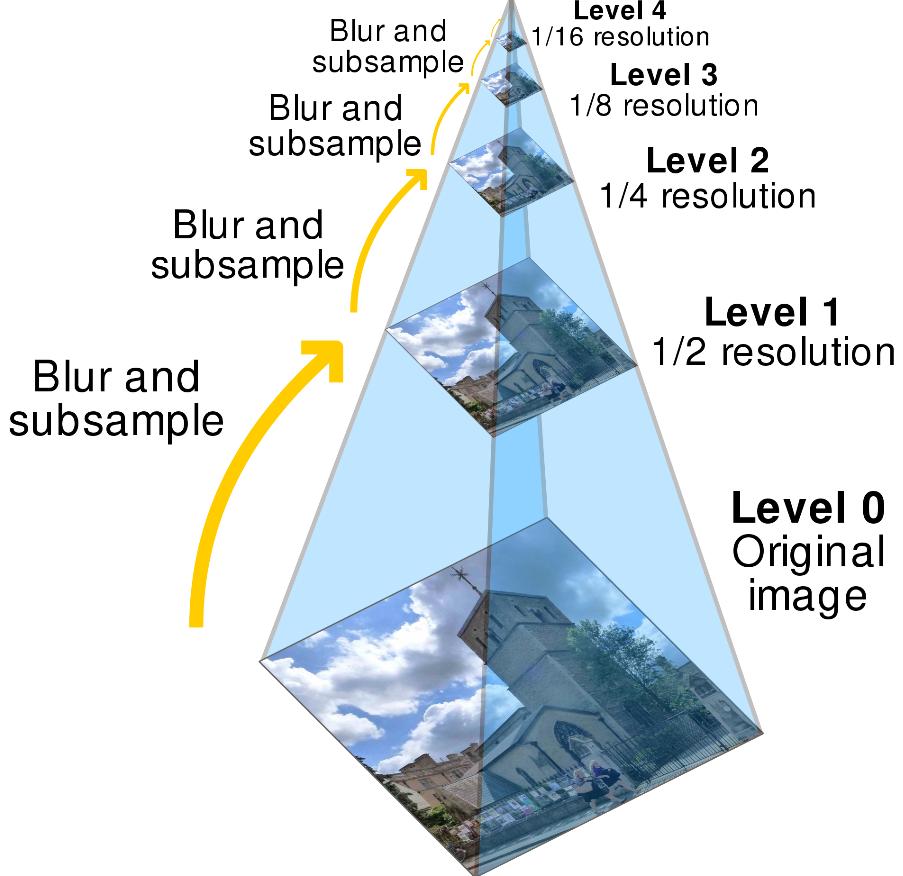


Рисунок 5 – Пример визуализации пирамидальной модели с пятью уровнями иерархии

* + 1. Методы, основанные на вычислении пиков взаимной корреляционной функции

Принцип действия методов заключается в применении прямого и обратного преобразований Фурье. Вычислив спектры сигнала, можно получить пиковые значения взаимной корреляционной функции. Полученные функции трансформируются согласно эталонной, что соответственно приводит к трансформации изображений. Существуют разные модификации этого метода, но в основном выделяют следующие:

* основанные на «классических» преобразованиях Фурье;
* основанные на вычислении меры «хи-квадрат».

На изображении 6 можно видеть визуальное изображение корреляционных пиков:

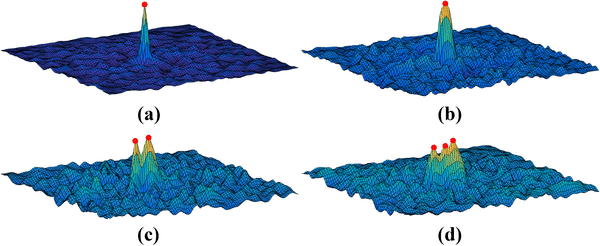


Рисунок 6 – Пример визуализации корреляционных пиков

* + 1. Метод, основанный на оптическом потоке

Оптический поток – изображение видимого движения, представляющее собой сдвиг каждой точки между двумя изображениями. Суть оптического потока в том, что он не ищет какие-то особенные точки, а по параметрам изображений пытается определить, куда сместилась произвольная точка.

На изображении 7 можно видеть визуальное изображение оптического потока двух кадров:

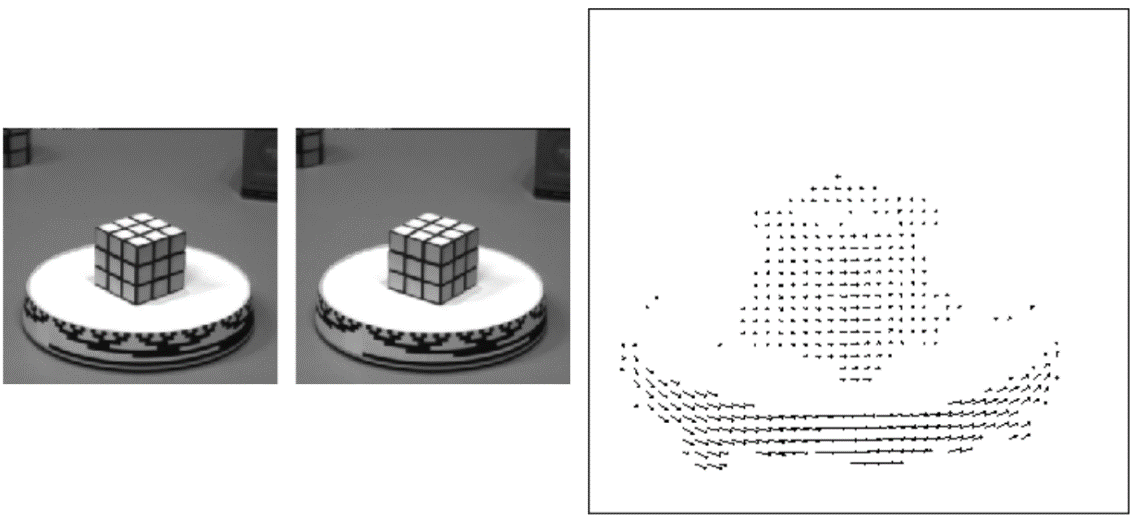


Рисунок 7 – Пример визуализации оптического потока

* 1. Оптимальное комплексирование

На последнем шаге алгоритма происходит оптимальное суммирование неравноточных измерений согласованного набора изображений.

Так как для наблюдения доступны только искаженные кадры, то необходимо построить линейную оценку, обеспечивающую наибольшую точность в терминах среднеквадратической ошибки. Представим наблюдаемый сигнал в виде формулы 1:

, (1)

где – доступная для наблюдений величина;

– исходная величина, оценку которой необходимо построить;

– шумовая компонента;

– целочисленный аргумент;

– количество доступных наблюдений.

Так как оптимальность обеспечивается минимизацией среднеквадратической ошибки, то в таком случае линейная оценка будет выглядеть следующим образом:

, (2)

, (3)

где – оценка исходной величины по наблюдаемой;

– минимизируемая среднеквадратическая ошибка;

– весовая функция суммирования.

Необходимо рассчитать весовую функцию . Необходимым условием оптимального суммирования является то, что в сумме для каждого отсчёта коэффициенты дают единицу:

, (4)

Другим условием является минимизация дисперсии ошибки:

, (5)

где – дисперсия ошибки;

Рассмотрим :

, (6)

Продифференцируем выражение (6) для среднеквадратической ошибки:

, (7)

Решив данное уравнение относительно , получаем выражение для весовой функции суммирования:

, (8)

Выражение для среднеквадратической ошибки (5) будет следующим:

, (9)

С учетом полученных результатов, выражение для оценки значения (2) примет следующий вид:

(10)

Полученные оценки позволяют восстановить наблюдаемое изображение оптимальным образом. В качестве меры оптимизации используется среднеквадратичная ошибка.

1. Описание программной реализации

Для программной реализации метода необходимо выбрать такой язык программирования, который обеспечит наибольшую эффективность при работе с цифровыми изображениями. Также язык должен поддерживать разработку графического интерфейса.

Было принято решение использовать язык Python 3.9, так как для него уже существуют библиотеки, оптимизированные для работы с изображениями и двумерными массивами. С помощью существующих библиотек для работы с пользовательским интерфейсом становится возможно создать минимально жизнеспособный продукт, пригодный для конечных пользователей.

Программная реализация проходила в два этапа:

1. сравнительное исследование наиболее эффективного метода согласования серии кадров видеопоследовательности. Экспериментальные исследования осуществлены в двенадцати независимых исполняемых файлах в модуле оптимизации;
2. разработка пользовательского интерфейса, позволяющего получить сверхразрешённое изображение по серии кадров видеопоследовательности. Пользовательский интерфейс включает в себя реализацию модуля графического интерфейса, а также модулей предобработки, интерполяции, вычисления ошибки интерполяции, согласования и комплексирования изображений. Работа всех модулей взаимосвязана и начинается с запуска модуля графического интерфейса.

Подробная схема связи программных модулей представлена на рисунке 8:

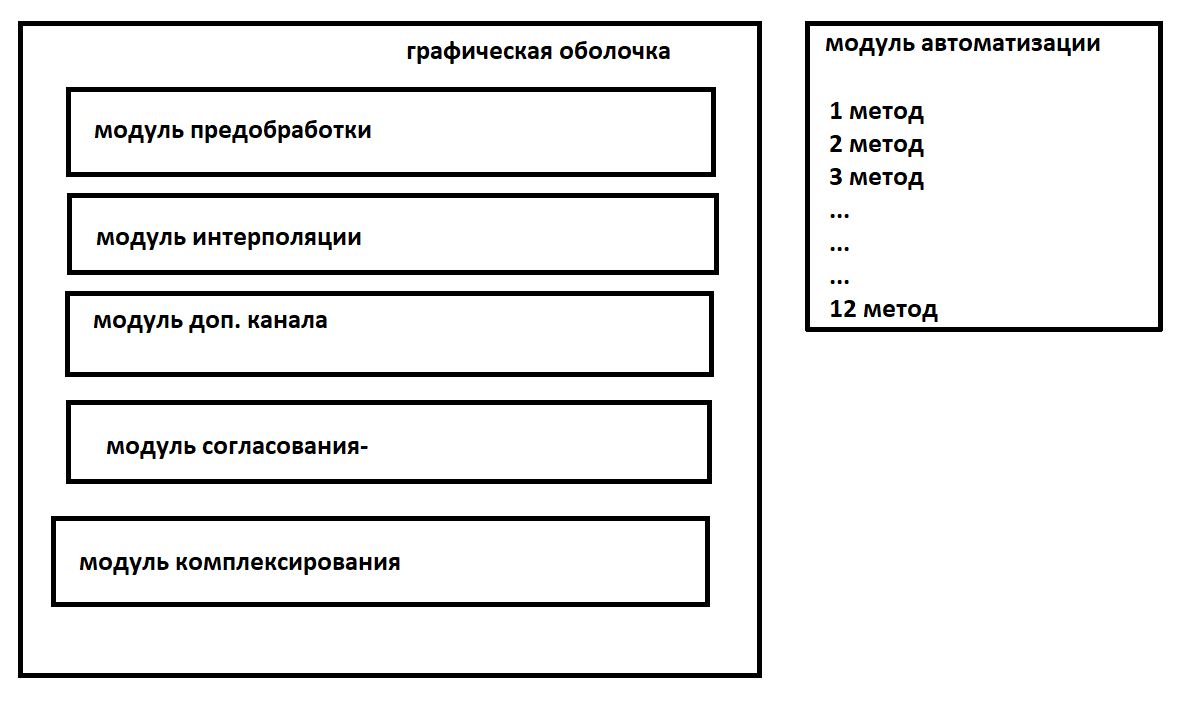


Рисунок 8 – Общая схема ПО

* 1. Модуль автоматизации экспериментальных исследований

Данный модуль предназначен для автоматизации проведения экспериментов по определению наиболее эффективного метода согласования изображений. Модуль реализован в виде двенадцати исполняемых файлов, каждый из которых реализует один из двенадцати рассмотренных методов.

Программная реализация аналогична для всех методов: в качестве входного параметра используется последовательная серия кадров одного видео; входные изображения конвертируются и представляются в форме двумерных массивов беззнакового байтового формата; первый кадр последовательности принимается за эталонный; с эталонным изображением согласуются остальные кадры. Пример кадров можно видеть на рисунке 9:

С примерами согласования можно ознакомиться на рисунке 10.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

Рисунок 10 – Пример согласования кадров видеопоследовательности

На основе полученных значений СКО было произведено сравнительное исследование наиболее эффективного метода согласования серии кадров.

* 1. Модуль графического интерфейса

Графический интерфейс разрабатывался с использованием библиотеки «Tkinter». Визуально программа представляет собой окно 800 на 600 пикселей. При запуске исполняемого файла окно размещается по центру монитора.

Ниже представлено изображение окна сразу после запуска исполняемого файла.

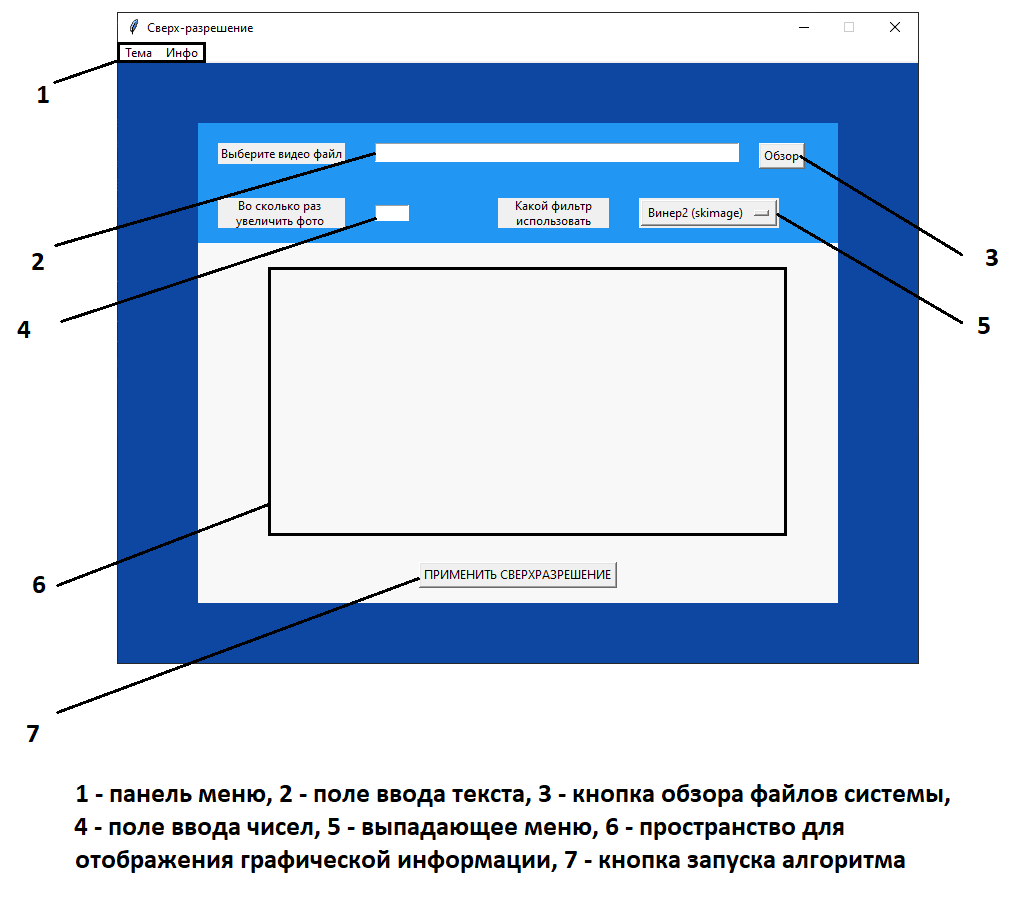


Рисунок 11 – Интерфейс разработанной программы

После выбора файла в пространстве 6 воспроизводится анимация графического файла. Пример работы программы с выбранным файлом показан на рисунке 16:

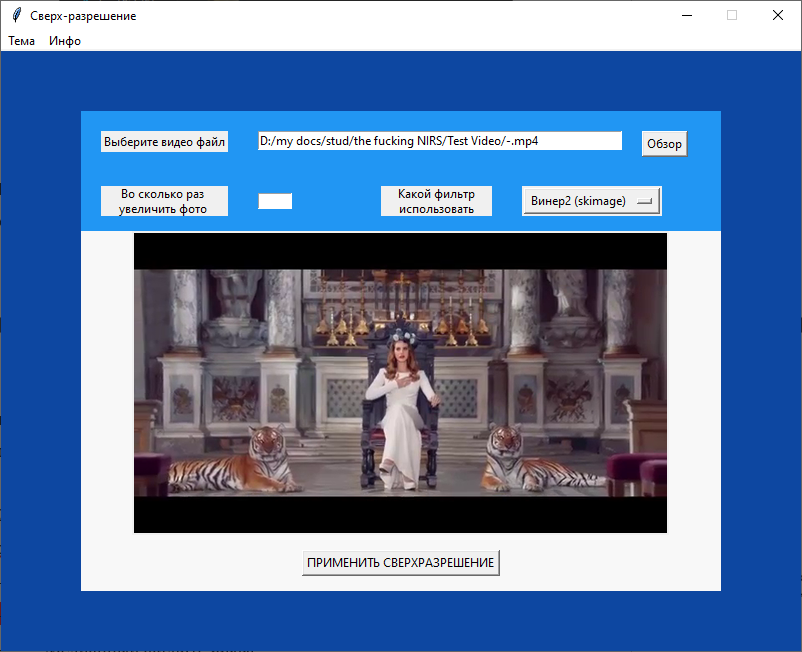


Рисунок 16 – Пример анимации

Поле ввода 4 предназначено для ввода чисел. Поле работает совместно с функцией форматно-логического контроля. Функция осуществляет проверку введённых значений. Согласно этой функции, поле ограничено по вводу не более чем двумя цифрами. При попытке ввода символов, отличающихся от арабских цифр, символы не будут заноситься в поле.

Выпадающее меню 5 содержит шесть активных элементов. Выбранный элемент характеризует дальнейший способ предобработки изображений.

Пример выпадающего меню изображен на рисунке 18:

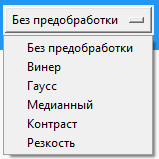


Рисунок 18 – Элементы выпадающего меню

Пространство 6 предназначено для вывода пользователю графической и текстовой информации. В процессе работы программы пользователю выводятся:

* анимация серии кадров;
* предупреждающие сообщения;
* прогресс выполнения алгоритма;
* результат работы программы;

Прогресс выполнения алгоритма представляется в виде индикатора, заполняющегося зелёной линией, соответствующей процентному соотношению от выполнения.

Ниже представлен пример индикации прогресса выполнения работы алгоритма:

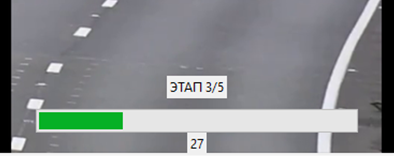


Рисунок 19 – Пример индикации прогресса работы алгоритма

Кнопка 7 осуществляет запуск алгоритма оптимального комплексирования изображений с дополнительной предварительный обработкой.

* 1. Модуль предобработки

Модуль необходим для предварительной фильтрации кадров от шумов или для большего выделения границ объектов. Такие манипуляции не вносят ошибки в результат комплексирования и даже наоборот позволяют избавиться от некоторых искажений, следовательно применение модуля предобработки допустимо при работе с изображениями в том числе в криминалистических целях.

Данный модуль соответствует первому шагу алгоритма программы. В качестве входного параметра принимается массив изображений, индикатор прогресса и способ предобработки.

Для использования того или иного метода предобработки пользователем выбирается соответствующий элемент из выпадающего меню, изображенного на рисунке 18.

Если пользователем выбран один из элементов (кроме «Без предобработки»), то фильтрация проводится в цикле по каждому кадру. После успешного преобразования каждого кадра вычисляется процент пройденных шагов цикла. Процент выполнения выводится в интерфейсе в виде индикатора.

* 1. Модуль интерполяции

Данный модуль соответствует второму шагу алгоритма программы. В качестве входного параметра принимается массив изображений, полученных на первом шаге, индикатор прогресса и коэффициент увеличения сетки пикселей. Коэффициент указывается в графическом интерфейсе в поле, изображенном на рисунке 11 под цифрой 4.

Интерполяция обеспечивается готовой функцией из существующей библиотеки «OpenCV». Интерполяция проводится в цикле по каждому кадру. После успешного преобразования каждого кадра вычисляется процент пройденных шагов цикла. Процент выполнения выводится в интерфейсе в виде индикатора.

* 1. Модуль вычисления ошибки интерполяции

Данный модуль соответствует третьему шагу алгоритма программы. В качестве входного параметра принимается массив изображений, полученных на втором шаге и индикатор прогресса.

Комплексирование обеспечивается функцией, вычисляющей формулу, КОТОРОЙ ПОКА НЕТ (ИЗ ПУНКТА 1.3). Вычисление проводится в цикле по каждому кадру. После успешного вычисления ошибки интерполяции каждого кадра вычисляется процент пройденных шагов цикла. Процент выполнения выводится в интерфейсе в виде индикатора.

* 1. Модуль согласования

Данный модуль соответствует четвёртому шагу алгоритма программы. В качестве входного параметра принимается массив изображений, полученных на втором шаге, индикатор прогресса и список массивов ошибок интерполяции, полученный на третьем шаге.

Сравнительное исследование методов согласования показало, что наиболее эффективным в терминах среднеквадратической ошибки методом является пирамидальный подход с аффинным преобразованием. В связи с этим в модуле был реализован только данный метод. Согласование аффинным методом обеспечивается готовой функцией из существующей библиотеки «pystackreg».

Согласование проводится в цикле по каждому кадру и соответствующему элементу списка ошибок интерполяции. После успешного согласования каждого кадра и преобразования соответствующего элемента списка вычисляется процент пройденных шагов цикла. Процент выполнения выводится в интерфейсе в виде индикатора. В результате работы модуля выдаётся массив преобразованных изображений и преобразованный список массивов ошибок интерполяции. После завершения работы модуля индикатор очищается.

* 1. Модуль комплексирования

Данный модуль соответствует пятому шагу алгоритма программы. В качестве входного параметра принимается массив изображений и список массивов ошибок интерполяции, полученные на четвёртом шаге, а также индикатор прогресса.

Комплексирование обеспечивается функцией, вычисляющей формулу (10). Комплексирование проводится в цикле по каждому кадру. После успешного преобразования каждого кадра вычисляется процент пройденных шагов цикла. Процент выполнения выводится в интерфейсе в виде индикатора. В результате работы модуля выдаётся единственное изображение, являющееся результатом формулы (10), спроецированной на двумерный сигнал.

1. Экспериментальное исследование

Было произведено три экспериментальных исследования.

Целью первого исследования являлось определение наиболее эффективного в терминах СКО алгоритма согласования серии изображений. Результат исследования позволил оптимизировать этап согласования в алгоритме комплексирования путём реализации метода, дающего наименьшую ошибку согласования.

Целью второго исследования являлось определение эффективности восстановления искусственно искаженного видео до исходного.

Целью третьего исследования являлось сравнение эффективности разработанного метода с другими методами сверхразрешения. Разработанный метод сравнивался с методом, основанным на усреднении по общей выборке и с методом, основанным на использовании искусственного интеллекта.

* 1. Типичные для криминалистической экспертизы видео данные

Для проведения экспериментов были использованы следующие последовательности кадров:

1. 3D модели геометрических фигур. Кадры сделаны в программе для 3D моделирования. На кадрах воспроизведено перемещение в пространстве одной фигуры на неподвижном фоне. Кадры не имеют пространственных искажений. Теоретический замысел такой последовательности – проверка работоспособности программного обеспечения без больших вычислительных затрат. Ожидаемый результат тестирования последовательности – получение за короткое время единственного изображения без видимых искажений.
2. Шахматная доска, записанная на смартфон. Видеозапись производилась на неподвижную статически закреплённую камеру. Шахматной доске придавалось умеренное движение, фон оставался неизменным. Доска не выходила за пределы видимости, не трансформировалась и не искажалась. На камере присутствуют аппаратные искажения. Теоретический замысел такой последовательности – тривиальная проверка работоспособности разрабатываемого метода. Ожидаемый результат – получение кадра большей размерности без шумов и динамических искажений.
3. Автомобиль, записанный на камеру наружного наблюдения. На кадрах неразборчив номер транспортного средства. Сам автомобиль не трансформируется, не искажается и сдвигается на несколько десятков пикселей за кадр, что можно считать интенсивным движением. Теоретический смысл – воспроизведение реальной ситуации, возникающей в случаях распознавания номеров автомобилей нарушителей правил дорожного движения. Ожидаемый результат – получение кадра с чётким читаемым номерным знаком транспортного средства.
4. Экран телефона, зафиксированный камерой видеонаблюдения. Полная версия видеозаписи демонстрирует телефонный разговор сотрудника банка с другим субъектом, чья личность не установлена. Теоретический смысл – воспроизведение реальной ситуации нарушения банковской тайны. Видеозапись являлась доказательственной базой во время проведения расследования о нарушении банковской тайны. Экран телефона содержит имя второго субъекта, однако аппаратные искажения камеры делают текст не читаемым. Ожидаемый результат – получение кадра с читаемым текстом на экране телефона.
5. Человеческое лицо, записанное на веб-камеру. Кадры представлены в низком разрешении, также кадры претерпевают умеренные искажения. Лицо умеренно передвигается в пространстве. Видео взято из общедоступного источника тестовых видеопоследовательностей. Теоретический смысл – воспроизведение реальной задачи распознавания лиц. Ожидаемый результат – получение кадра с более высоким разрешением с более выраженными чертами лица.
6. Текст на бумажном носителе. На камеру смартфона были сделаны несколько кадров неподвижной сцены, однако сама камера перемещалась в пространстве, отчего все снимки получились разные. На кадрах изображен бумажный документ с неразборчивым текстом. Теоретический смысл – воспроизведение реальной задачи распознавания текста. Ожидаемый результат – получение кадра с более высоким разрешением с более чётким и читаемым текстом.

Все последующие исследования проводились по всем перечисленным последовательностям. В результатах исследований представлены усреднённые значения шести экспериментов.

* 1. Сравнительное исследование методов геометрического согласования

Было произведено экспериментальное исследование среднеквадратической ошибки (СКО) согласования в зависимости от выбора метода геометрического согласования.

Был исследован метод, основанный на использовании особых точек изображений. При этом были исследованы различные дескрипторы особых точек – SIFT, SURF, BRIEF, ORB.

Был исследован метод, основанный на пирамидальном подходе, при этом были исследованы различные модели искажения кадра – сдвиг, сдвиг и поворот, сдвиг-масштаб-поворот, аффинное преобразование, билинейное преобразование.

Был исследован метод, использующий пики взаимной корреляционной функции (ВКФ) двух изображений, предложенный в работе – как его классический вариант, так и его модификация, использующая «хи-квадрат» меру.

Также был исследован метод геометрического согласования изображений с использованием оптического потока.

Экспериментальное исследование было выполнено следующим образом – при помощи выбранного метода кадры последовательности геометрически согласовывались с первым изображением последовательности, после чего вычислялась среднеквадратическая ошибка согласования. Ошибка усреднялась по всему тестовому набору. Полученные результаты представлены на рисунке 20 и в таблице 1.

Таблица 1 – СКО согласования исследуемых методов

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование метода | Среднее СКО согласования |
| 1. С использованием особых точек, дескриптор SIFT | 29,017 |
| 2. С использованием особых точек, дескриптор SURF | 29,264 |
| 3. С использованием особых точек, дескриптор BRIEF | 29,205 |
| 4. С использованием особых точек, дескриптор ORB | 28,841 |
| 5. Пирамидальный подход, сдвиг | 27,551 |
| 6. Пирамидальный подход, сдвиг и поворот | 23,506 |
| 7. Пирамидальный подход, сдвиг-масштаб-поворот | 23,465 |
| 8. Пирамидальный подход, аффинное преобразование | 23,155 |
| 9. Пирамидальный подход, билинейное преобразование | 23,272 |
| 10. С использованием пиков ВКФ | 27,879 |
| 11. С использованием пиков ВКФ, с χ2-мерой | 27,842 |
| 12. С использованием оптического потока | 29,419 |

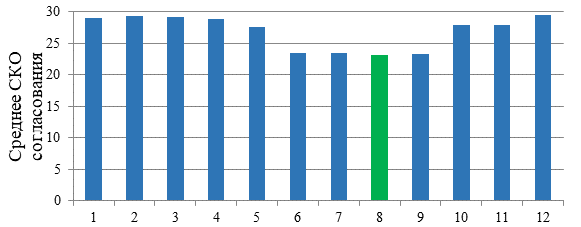


Рисунок 20 – Диаграмма усредненных по тестовому набору СКО для исследуемых методов. Номера столбцов диаграммы соответствуют номерам методов в таблице 1

Наилучшие результаты были получены при исследовании методов, основанных на пирамидальном подходе. Среди них наименьшее СКО было получено при использовании аффинного преобразования в качестве модели искажения кадра.

* 1. Исследование эффективности разработанного сверхразрешения

Для исследования эффективности было проведено два варианта экспериментов.

* + 1. Искусственное искажение и последующее восстановление изображения

Эксперимент заключался в том, что исходная выборка принималась за эталон, то есть допускалось, что изображения, снятые на камеру, являются идеальными и не имеют каких-либо аппаратных искажений.

Для анализа работы программы было необходимо искусственно применить различные виды искажений и сравнить результат работы программы с эталонной выборкой.

В качестве искажений было принято решение использовать децимацию, динамически искажения и добавление аддитивных шумов. Применяемые программные библиотеки позволяют работать только с изображениями в оттенках серого.

Дальнейшие действия выполнялись согласно алгоритму комплексирования: сетка пикселов обрабатываемых кадров учащена в 10 раз, вычислена дисперсия ошибки интерполяции, кадры согласованы наилучшим алгоритмом – пирамидальным подходом с аффинным преобразованием.

На рисунке 21 можно видеть пример работы программы.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| (а) | (б) | (в) |
| (г) | | |

Рисунок 21 – Пример полного цикла алгоритма. Один из исходных (а), один из искаженных (б), один из увеличенных (в) и несколько согласованных (г) кадров

После того, как вся серия кадров была согласована, происходило вычисление оценки исходного кадра по формуле (10).

В результате работы программы сгенерировалось полностью восстановленное изображение с разрешением, соответствующим исходным файлам. С результатом эксперимента можно ознакомиться на рисунке 22:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Рисунок 22 – Пример результата работы программы. Слева – модель искаженного кадра. Справа – результат работы алгоритма

Вычисление СКО двух изображений относительно друг друга дало следующий результат близкий к нулю.

* + 1. Улучшение качества изображений с целью распознавания конкретных объектов

Эксперимент заключался в том, что исходная выборка считалась искаженной. Задача эксперимента состояла в том, чтобы повысить визуальное качество видеокадров.

До применения алгоритма комплексирования необходимо попытаться восстановить качество изображений до исходного. Для этого использовался классический фильтр Винера, который даёт не идеальное, но оптимальное восстановление.

Дальнейшие действия выполнялись согласно алгоритму комплексирования: сетка пикселов обрабатываемых кадров учащена в 10 раз, вычислена дисперсия ошибки интерполяции, кадры согласованы наилучшим алгоритмом – пирамидальным подходом с аффинным преобразованием.

На рисунке 23 можно видеть пример работы программы.

|  |  |
| --- | --- |
| (а) | (б) |
| (в) | |

Рисунок 23 – Пример полного цикла алгоритма. Один из исходных (а), один из отфильтрованных и увеличенных (б) и несколько согласованных (в) кадров

После того, как вся серия кадров была согласована, происходило вычисление оценки исходного кадра по формуле (10).

В результате работы программы сгенерировалось частично восстановленное изображение с увеличенным разрешением. С результатом эксперимента можно ознакомиться на рисунке 24:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Рисунок 24 – Пример результата работы программы. Слева – кадр оригинальной последовательности. Справа – результат работы алгоритма

* 1. Сравнительное исследование методов сверхразрешения

Было произведено экспериментальное исследование среднеквадратической ошибки (СКО) сверхразрешения в зависимости от применяемого метода сверхразрешения.

Целью эксперимента было сравнение двух существующих методов получения сверхразрешения с разработанным новым методом.

Первый метод заключается в том, что согласованная серия кадров усредняется по всей выборке.

Второй метод основан на использовании искусственного интеллекта, принимающего в качестве входного параметра единственное изображение.

Эксперименты проводились на всех шести видеокадрах. Ниже приведены результаты экспериментов.

ТУТ НЕ ХВАТАЕТ БОЛЬШОГО КУСКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ

Заключение

ДОСТИГНУТЫ ПОСТАВЛЕННЫЕ РУКОВОДИТЕЛЕМ ЦЕЛИ (ВЗЯТЬ ЦЕЛИ ИЗ РЕФЕРАТА И НАПИСАТЬ ЧТО ВСЁ ГОТОВО).

Определения, обозначения и сокращения

ТУТ НИЧЕГО НЕ БУДЕТ.

Список использованных источников

Приложение А

for i in range(1, len(files)-1):

#-------Процесс согласования НАЧАЛО------#

start\_time = time.time()

offset\_image = img\_as\_ubyte(rgb2gray(io.imread(join(pathIn,files[i]))))

noise = 0.1

xoff, yoff, exoff, eyoff = chi2\_shift(ref\_image, offset\_image, noise,

return\_error = True, upsample\_factor = 'auto')

corrected\_image = shift(offset\_image, shift = (-yoff, -xoff), mode = 'constant')

corrected\_image = img\_as\_ubyte((corrected\_image - np.min(corrected\_image)) / (np.max(corrected\_image) - np.min(corrected\_image)))

io.imsave(pathOut+files[i], corrected\_image)

time\_arr[i-1] = time.time() - start\_time

#-------Процесс согласования КОНЕЦ-------#

print("--- %s seconds ---" % (time.time() - start\_time))

sko\_arr[i-1] = np.sum((corrected\_image.astype("float") - ref\_image.astype("float")) \*\* 2)

sko\_arr[i-1] /= float(ref\_image.shape[0] \* ref\_image.shape[1])

print("SKO[" + str(i) + "]: " + str(sko\_arr [i-1]) + "\n")

sko += sko\_arr[i-1]

#-------------Рассчёт СКО----------------#

sko = sko/(len(files)-1)

sko\_arr[len(files)-2] = "Average SKO: " + str(sko)

time\_arr[len(files)-2] = "Total Time: " + str(time.time() - total\_time)

with open(pathOut + 'SKO.txt', 'w') as f:

for i in range(1, len(sko\_arr)+1):

if (i != 50):

f.write("SKO№%s:\t%s\tExecution time %s\n" % (i, sko\_arr[i-1], time\_arr[i-1]))

else:

f.write("\t%s\t%s\n" % (sko\_arr[i-1], time\_arr[i-1]))

#------------Запись в файл---------------#

print("Average SKO: " + str(sko))

print(str(time\_arr[len(files)-2]))

**ОТЗЫВ**

**О ПРОХОЖДЕНИИ ПРАКТИКИ**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид практики | преддипломная | | | |
|  | (учебная, производственная, преддипломная) | | | |
| Срок прохождения практики: | | | 04.02.21-24.05.21 | |
| по направлению подготовки 10.05.03 информационная безопасность автоматизированных систем (специалитет) | | | |
| студентом группы № | | 6511-100503D | | |
| Фамилия, имя, отчество | | | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Критерии оценки | Оценка (по 5-бальной шкале) |
| 1. | Общая систематичность и ответственность работы в ходе практики |  |
| 2. | Достижения планируемых результатов практики |  |
| 3. | Корректность в сборе, анализе и интерпретации представляемых данных |  |
| 4. | Степень личного участия и самостоятельности практиканта в представляемом отчете о практике |  |
| 5. | Качество оформления отчетной документации |  |
|  | **ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА[[1]](#footnote-1)** |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Руководитель практики | |  |  |
| от профильной организации |  | |  |
| должность |  | | В.В. Сергеев |
|  | | (подпись) |  |

1. Итоговая оценка выставляется как средняя арифметическая оценок по пяти критериям оценки [↑](#footnote-ref-1)