****

**ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**КАФЕДРА МАТЕМАТИКИ И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН**

|  |
| --- |
| **Допустить к защите**  Заведующий кафедрой математики и естественнонаучных дисциплин  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  (подпись)  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 202\_\_ г. |

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**на тему:**

**«**разработка программы для расчётов и анализа параметров качества изображения, получаемого при съёмке**»**

**Направление подготовки:** 01.03.02. Прикладная математика и информатика

**Профиль:** Программирование, математическое моделирование

**Уровень высшего образования:** бакалавриат

**Форма обучения:** очная

Автор ВКР \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись (фамилия, имя, отчество)

Руководитель ВКР\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись (учёная степень, учёное звание, фамилия, имя, отчество)

Королёв, 2025

Разработка программы для расчётов и анализа параметров качества изображения, получаемого при съёмке

1. Анализ математических моделей преобразования оптических изображений светочувствительной матрицей
   1. Масштаб изображения
   2. Дискретизация изображения по времени
   3. Дискретизация изображения по пространственным координатам
   4. Квантование сигналов изображения по уровню
   5. Выводы
2. Параметры качества изображения, получаемого при съёмке
   1. Пространственная частотная характеристика
   2. Резкость изображения
   3. Разрешающая способность
   4. Искажения, возникающие в результате дискретизации изображения
   5. Выводы
3. Разработка требований к программе
   1. Обоснование функций программы
   2. Обоснование исходных данных и их диапазонов
   3. Обоснование выходных данных и их диапазонов
   4. Обоснование требований к интерфейсам
   5. Выводы
4. Разработка компьютерной программы учебного лабораторного практикума
   1. Разработка структуры компьютерной программы
   2. Разработка интерфейсов программы
   3. Подготовка кодов программы
   4. Выводы
5. Разработка методики испытаний программного продукта
   1. Разработка методики испытаний программного продукта
   2. Тестирование программного продукта
   3. Выводы
6. Разработка программной документации
   1. Руководство пользователя
   2. Руководство программиста
   3. Выводы
7. Исследования изменений качества изображения с помощью разработанной программы
   1. Разработка методики исследования
   2. Результаты исследования
   3. Выводы

Введение

Цель работы: Разработка программы на языке программирования Python для расчёта и анализа параметров качества изображения, получаемого при съёмке.  
Задачи:

1. Изучить математические модели преобразования оптических изображений светочувствительной матрицей.
2. Определить основные параметры качества изображения и методы их оценки.
3. Разработать требования к программе, включая функциональность, входные и выходные данные.
4. Реализовать программу с графическим интерфейсом для автоматизированного расчёта параметров.
5. Провести тестирование и валидацию программы.
6. Разработать программную документацию.
7. Исследовать влияние различных факторов на качество изображения с помощью программы.

1. Анализ математических моделей преобразования оптических изображений светочувствительной матрицей

1.1. Масштаб изображения

Масштаб изображения, сформированного объективом, определяется как отношение координат точки изображения и объекта:

— знаменатель масштаба оптического изображения, сформированного объективом;

, — поперечные координаты точки объекта и её изображения;

, — координаты точки объекта и её изображения вдоль оптической оси.

В результате продольного сдвига изображения преобразуется в масштаб изображения на светочувствительном слое:

– знаменатель масштаба оптического изображения, сформированного объективом;

– знаменатель масштаба изображения на поверхности светочувствительного слоя.

Вывод:

Масштаб изображения позволяет связать размеры объекта и его изображения, формируемого объективом и отображаемого на светочувствительном слое.

1.2. Дискретизация изображения по времени

Теорема Котельникова (Найквиста).

Влияние частоты кадров на качество.

1.3. Дискретизация изображения по пространственным координатам

Разрешение сенсора и пикселизация.

Эффект наложения (алиасинг).

1.4. Квантование сигналов изображения по уровню

Глубина цвета.

Динамический диапазон и шумы.

1.5. Выводы

Сравнение влияния разных факторов на качество изображения.

2. Параметры качества изображения, получаемого при съёмке

2.1. Пространственная частотная характеристика (ПЧХ)

Пространственная частотная характеристика характеризует способность системы передавать контраст в зависимости от пространственной частоты.

Формула для апертурной характеристики субпикселя:

*x* – горизонтальная пространственная координата в плоскости светочувствительного слоя матрицы;

​ – ширина апертуры.

Формула пространственной частотной характеристики субпикселя:

– коэффициент передачи контраста;

– пространственная частота вдоль оси *x*, соответствующая количеству периодов гармонического изменения яркости в сигнале изображения, приходящихся на 1 мм пространственной координаты *x.*

2.2. Резкость изображения

Алгоритмы оценки резкости (градиентный метод, лапласиан).

2.3. Разрешающая способность

Определение разрешающей способности

Разрешающая способность – это способность системы раздельно воспроизводить мелкие детали объекта. Она определяется максимальным числом штрихов регулярной решётки, которые ещё различимы на изображении. Величина измеряется в линиях/мм или мм⁻¹.

Разрешающая способность отличается от резкости, которая характеризует чёткость крупных деталей.

Особенности светочувствительных матриц

Матрица состоит из множества субпикселей, расположенных в строгой геометрической структуре. Каждый субпиксель имеет апертуру (область, через которую фотоны достигают светочувствительного слоя). Пространственная частота дискретизации определяется расстоянием между центрами субпикселей.

Частота дискретизации

Частота пространственной дискретизации:

​– шаг между центрами субпикселей.

Для избежания искажений частота дискретизации должна быть в два раза больше максимальной частоты сигнала (теорема Котельникова).

Результирующая пространственная частотная характеристика камеры

ПЧХ камеры определяется перемножением характеристик объектива, матрицы и других компонентов.

Пример:

Если видимый контраст , разрешающая способность камеры составит

Вывод:

Разрешающая способность светочувствительной матрицы зависит от её структуры, апертурной характеристики субпикселей, а также от параметров объектива и фильтров, которые используются для минимизации искажений.

2.4. Искажения, возникающие в результате дискретизации изображения

Искажения первого рода

Искажения первого рода возникают, если пространственные частоты сигнала превышают частоту дискретизации. Эти искажения проявляются в виде муара на периодических пространственных структурах.

Для устранения используются:

1. OLPF-фильтры (оптические фильтры нижних частот), которые ограничивают спектр сигнала.
2. Коррекция спектра и защита матрицы от инфракрасного излучения.

2.5. Выводы

Критерии оценки качества изображения.

3. Разработка требований к программе

3.1. Обоснование функций программы

Расчёт MTF, резкости, разрешения.

Визуализация искажений.

3.2. Обоснование исходных данных и их диапазонов

Разрешение сенсора, глубина цвета, фокусное расстояние.

3.3. Обоснование выходных данных и их диапазонов

Графики ПЧХ, численные оценки резкости.

3.4. Обоснование требований к интерфейсам

GUI на Tkinter/PyQt, консольный режим.

3.5. Выводы

Определение архитектуры программы.

4. Разработка компьютерной программы

4.1. Разработка структуры программы

Модули: расчёты, визуализация, интерфейс.

4.2. Разработка интерфейсов программы

Графический интерфейс с настройками параметров.

4.3. Подготовка кодов программы

Реализация на Python с использованием OpenCV, NumPy, Matplotlib.

4.4. Выводы

Готовность программы к тестированию.

5. Разработка методики испытаний программного продукта

5.1. Методика испытаний

Интеграционные тесты.

5.2. Тестирование программного продукта

Проверка на реальных изображениях.

5.3. Выводы

Оценка точности и устойчивости программы.

6. Разработка программной документации

6.1. Руководство пользователя

Инструкция по работе с программой.

6.2. Руководство программиста

Описание API, структуры кода.

6.3. Выводы

Выводы.

7. Исследования изменений качества изображения с помощью программы

7.1. Методика исследования

Анализ изображений с разными настройками.

7.2. Результаты исследования

Графики, таблицы, выводы.

7.3. Выводы

Рекомендации по улучшению качества съёмки.

Заключение

Итоги работы, перспективы развития программы.

Приложения

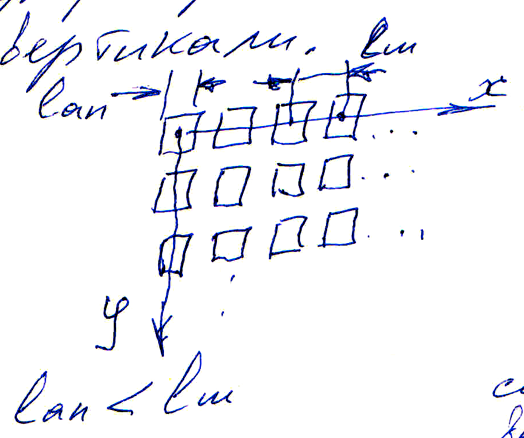
Исходный код программы.

Примеры тестовых изображений.

Скриншоты интерфейса.

Система координат в плоскости светочувствительного слоя матрицы. Центр координат в центре апертуры левого верхнего фотодиода матрицы. Ось x – горизонтально вправо при взгляде со стороны объектива. Ось y – вертикально вниз при взгляде со стороны объектива.

Апертура – окто фотодиода, через которые свет проходит в фотодиод. В матрицах фото-, видео-, киноаппаратов апертура имеет форму квадрата. Апертуры всех фотодиодов равны и регулярно расположены по горизонтали и вертикали.



n – номер пикселя по горизонтали

m – номер пикселя по вертикали

Ширина апертуры фотодиода .

Шаг дискретизации по пространственным координатам – это расстояние между центрами апертур соседних горизонтальных или вертикальных фотодиодов.

Частота пространственной дискретизации . Единица измерения .

Дискретное значение освещенности на фотодиоде (n, m):

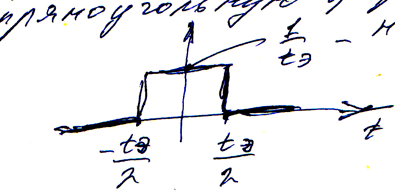
– распределение освещенности, построенном объективом.\

– дискретные значения освещенности.

– экспозиция, это количество света, направляемого объективом в точку кадра за время экспонирования , т.е. за время, в течении которого свет проходит в точку на поверхности матрицы.

В общем случае, когда есть движение изображения относительно светочувствительного слоя, в формуле (123123).

В большинстве случаев в цифровой аппаратуре характеристика обтюрации и имеет прямоугольную форму.



Нормирование:

Тогда (123123) преобразуется к виду:

Если , т.е. не зависит от времени, то ненормированная, абсолютная