

Обработка изображений

Программа дисциплины, структурированная по темам

Введение в обработку изображений.

Примеры изображений. Физические (оптические) и цифровые изображения. Постановки задач обработки изображений (регистрация изображений, визуализация изображений; синтез изображений, обработка изображений, анализ изображений, сравнение изображений, сжатие изображений; фильтрация изображений, восстановление изображений, распознавание изображений, редактирование изображений). Прикладные области. Математический аппарат.

Растровое представление изображений. Объектное («векторное») представление. Признаковое представление. Однобитные (чёрно-белые) изображения. Скалярные (униформные) изображения. Векторные (цветные) изображения.

Особенности цифровых изображений. Мгновенные операции. Задача вычисления оконных сумм. Алгоритм компенсации отличий. Алгоритм на кумулятивных суммах. Проблема переполнения. Проблемы потери точности и дрейфа значений.

Формирование изображений.

Сцена, оптика, сенсор. Юстировка, калибровка и дисторсия. Формирование оптического изображения. Камера обскура. Геометрические дисторсии, виньетирование, дефокусировка, хроматические аберрации. Светосила, диафрагма, глубина резкости. Оптическое разрешение. Калиброванная бинокулярная система.

Формирование цифрового изображения. Выдержка, смаз, усиление и шум. Спектральная чувствительность. Геометрический шум. Байеровские мозаики. Цветовая коррекция. Гамма-коррекция. Гетероскедастичность пуассоновского шума. Цветовые системы RGB, HSI. Принципы цветного зрения. Спектральное и цветовые пространства. Системы цветных координат XYZ, CIE Lab.

Источники излучения. Метамерия излучений. Планковские источники, цветовая температура.

Изображения трёхмерных объектов в прозрачной среде. Разрывность изображений. Яркость объекта и освещённость сенсора. Спектральная двулучевая функция отражательной способности. Окраска. Линейная модель формирования изображения.

Ослабление в сплошных средах. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Формирование рентгеновских изображений. Рассеяние. Поглощение и рассеяние в тумане. Формирование подводных изображений.

Визуализация изображений.

Визуализация яркостью и коэффициентом отражения. Цветовой охват. Основы цветосмещения. Цветовая система CMY(K). Стереодисплеи. Дисплеи светового поля. Аэрозольные экраны. Голография.

Модели восприятия цвета. Цветовые метрики, формула цветовых различий CIEDE2000. Линейная модель восприятия контраста, функции контрастной чувствительности. Цветовое разрешение. Распыление.

Обработка изображений.

Пиксельные преобразования. Яркость, контраст и гамма. Цветовые преобразования. Цветоподавление. Баланс белого.

Геометрические преобразования. Сдвиг, перекосяк и поворот изображения. Проблема повторной дискретизации. Муаровый эффект. Масштабирование изображения. Аффинное и проективное преобразования. Радиальная дисторсия.

Свёртки. Вычисление свёрток через БПФ. Быстрые свёртки с полиномами. Рекуррентные фильтры. Метод Дерриша. Дифференцирование изображения. Оператор Щарра. Псевдоградиент Ди Зензо. Структурный тензор. Лапласиан. Псевдолапласиан. Гессиан.

Морфологические операции. Размыкание (opening) и замыкание (closing). Алгоритм ван Херка-Гиля-Вермана. Морфологический контраст. Морфологическое восстановление. Карта расстояний.

Бинаризация изображений. Глобальные и локальные методы бинаризации. Нульпараметрическая глобальная бинаризация. Критерий Киттлера-Иллингворта и два критерия Оцу. Параметризация нульпараметрических методов. Метод Ниблэка, многомасштабный метод Ниблэка. Обучение малопараметрических алгоритмов бинаризации.

Восстановление изображений.

Задача обращения аппаратной функции. Рефокусировка. Томография. Свертка и обратная проекция. Алгебраический подход.

Задача шумоподавления. Аддитивный и выбросовый шум. Линейная фильтрация. Морфологическая фильтрация.

Сглаживание с сохранением границ. Медианная фильтрация. Регуляризация полной вариации. Билатеральная фильтрация. Ведомая фильтрация.

Восстановления контраста в дымке. Восстановление подводных изображений.

Анализ изображений.

Фурье-анализ. Преобразование Фурье с окном. Всплеск (wavelet) анализ. Частотно-временное окно. Текстуры. Фильтры Габора. Штрих-коды. Вращение комплексного вектора.

Поиск границ. Детекторы Марра-Хилдред и Кэнни. Граничный тензор. Замыкание границ. Алгоритмы поиска кратчайшего пути.

Поиск вершин. Фильтр «попал-промахнулся». Детектор Харриса. Поиск прямых и отрезков. Преобразование Хафа. Алгоритм Брэиди. Лучики (beamlet) Донохо. Алгоритм LSD. Трехмерный случай. Поиск плоскостей.

Поиск точек схода и концентрических структур. Анализ проективных структур цветовых распределений. Сегментация изображений. Метод водоразделов. Методики слияния областей, разрезания областей, соревнования областей. Компоненты связности.

Анализ видеопотока. Оценивание фона. Оценивание параметров равномерного движения.

Сравнение, сопоставление и нормализация изображений.

Робастные и неробастные нормы сходства изображений. Сходство с точностью до шкалирования. STRESS. Структурное сходство. Четкость совмещения. Модель визуального сходства sCIELAB. Сходство геометрических преобразований. Локальные сдвиги и вращения.

Метод динамического программирования. Стереосопоставление. Регрессия монотонного преобразования яркости.

Сопоставление при геометрических различиях. Оптический поток. Робастное сопоставление. Поиск особых точек. Локальные дескрипторы особых точек. Особые точки, инвариантные к масштабированию. Сопоставление изображений. RANSAC. Эпиполярное сопоставление.

Нормализация по яркости. Автоконтрастирование, эквализация гистограммы. Нормализация поворотов и перекосов. Проективная нормализация. Алгоритм TILT. Нормализация ортотропных пучков. Принцип границы информативности.

Сжатие изображений и видеопотоков.

Сжатие изображений. Сжатие без потерь: RLE (PCX, TIFF), Хаффмана (TIFF), LZW (TIFF, GIF, PNG), арифметическое кодирование. Сжатие с потерями: косинусное преобразование (JPEG), всплеск-преобразование (DjVu). Специализированные

алгоритмы: CCITT Fax 4, DjVu. Сжатие видеопотоков. MPEG- 1 и MPEG-2.

Примеры приложений.

Нормализация освещенности лица. Визуализация радоновским распылением. Двумерное обобщение метода Оцу. Нормализация текста на фотографии документа. Слепая калибровка радиальной дисторсии. Визуализация мультиспектральных изображений. Калибровка неоднородностей дисплея. Линейная цветовая сегментация. Панорамирование. Слепая калибровка геометрического шума. Томографическое оценивание ядра смаза.