

Компьютерное зрение '2014

Who? Александр Вахитов

When? February 15, 2014

План лекции

Состав курса

Обработка сигналов

Обработка изображений и видео

Проективная геометрия

Машинное обучение в компьютерном зрении

Некоторые приложения

Обработка сигналов

Виды систем и базовые сигналы

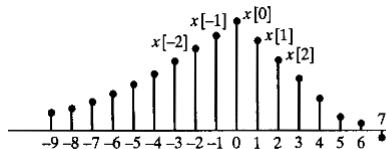
Импульсная характеристика

Состав курса

- Введение в цифровую обработку сигналов

Состав курса

- Введение в цифровую обработку сигналов
- Обработка изображений и видео

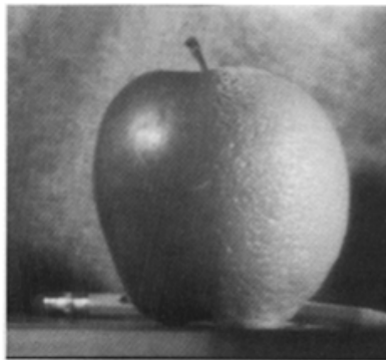


Состав курса

- Введение в цифровую обработку сигналов
- Обработка изображений и видео

Состав курса

- Введение в цифровую обработку сигналов
- Обработка изображений и видео
- Проективная геометрия



Состав курса

- Введение в цифровую обработку сигналов
- Обработка изображений и видео
- Проективная геометрия

Состав курса

- Введение в цифровую обработку сигналов
- Обработка изображений и видео
- Проективная геометрия
- Машинное обучение в компьютерном зрении

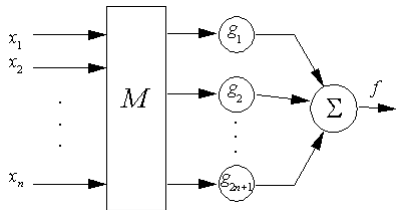


Состав курса

- Введение в цифровую обработку сигналов
- Обработка изображений и видео
- Проективная геометрия
- Машинное обучение в компьютерном зрении

Состав курса

- Введение в цифровую обработку сигналов
- Обработка изображений и видео
- Проективная геометрия
- Машинное обучение в компьютерном зрении



Введение в цифровую обработку сигналов

- Дискретизация (оцифровка) сигнала
- Представление сигнала

Введение в цифровую обработку сигналов

- Дискретизация (оцифровка) сигнала
- Представление сигнала
- Модификация (фильтрация) сигнала

Введение в цифровую обработку сигналов

- Дискретизация (оцифровка) сигнала
- Представление сигнала
- Модификация (фильтрация) сигнала

Обработка изображений и видео

- Модель камеры как оптической системы
- Фильтрация как снижение помех

Обработка изображений и видео

- Модель камеры как оптической системы
- Фильтрация как снижение помех
- Вычленение специфической информации из изображений (контуры, дескрипторы)

Обработка изображений и видео

- Модель камеры как оптической системы
- Фильтрация как снижение помех
- Вычленение специфической информации из изображений (контуры, дескрипторы)
- Оптический поток

Обработка изображений и видео

- Модель камеры как оптической системы
- Фильтрация как снижение помех
- Вычленение специфической информации из изображений (контуры, дескрипторы)
- Оптический поток

Проективная геометрия

- Однокамерная проекция
- Отображение точек, прямых, кривых

Проективная геометрия

- Однокамерная проекция
- отображение точек, прямых, кривых
- Двухкамерная система

Проективная геометрия

- Однокамерная проекция
- отображение точек, прямых, кривых
- Двухкамерная система
- Трехкамерная система

Проективная геометрия

- Однокамерная проекция
- Отображение точек, прямых, кривых
- Двухкамерная система
- Трехкамерная система

Машинное обучение в компьютерном зрении

- Задача машинного обучения
- Модель машинного обучения (ошибка по выборке и общая ошибка)

Машинное обучение в компьютерном зрении

- Задача машинного обучения
- Модель машинного обучения (ошибка по выборке и общая ошибка)
- Методы машинного обучения (SVM, каскадный классификатор, ...)

Машинное обучение в компьютерном зрении

- Задача машинного обучения
- Модель машинного обучения (ошибка по выборке и общая ошибка)
- Методы машинного обучения (SVM, каскадный классификатор, ...)
- Применения: распознавание пешеходов, лиц, предметов, автоматическая аннотация изображений

Машинное обучение в компьютерном зрении

- Задача машинного обучения
- Модель машинного обучения (ошибка по выборке и общая ошибка)
- Методы машинного обучения (SVM, каскадный классификатор, ...)
- Применения: распознавание пешеходов, лиц, предметов, автоматическая аннотация изображений

Ожидаемый результат

Знания

- Основы обработки изображений (повышение качества, устранение помех, усиление деталей, итп)
- Детекция и сопоставление особенностей, реконструкция положения в 3D по проекциям в 2D
- Типовые подходы к решению задач распознавания в компьютерном зрении

Умения

- Работа с изображениями и видео на C++ и Python
- Использование OpenCV для обработки изображений, отслеживания движения, стереореконструкции, ...
- Решение задач в области проективной геометрии

Некоторые примеры приложений компьютерного зрения, которыми мы занимались

- Image blending (плавный переход между кадрами)
- Реконструкция траектории собственного движения по видео

Некоторые примеры приложений компьютерного зрения, которыми мы занимались

- Image blending (плавный переход между кадрами)
- Реконструкция траектории собственного движения по видео
- Построение 3D карт по 2D снимкам

Некоторые примеры приложений компьютерного зрения, которыми мы занимались

- Image blending (плавный переход между кадрами)
- Реконструкция траектории собственного движения по видео
- Построение 3D карт по 2D снимкам
- Распознавание транспортных средств на видео

Некоторые примеры приложений компьютерного зрения, которыми мы занимались

- Image blending (плавный переход между кадрами)
- Реконструкция траектории собственного движения по видео
- Построение 3D карт по 2D снимкам
- Распознавание транспортных средств на видео

Проекты

Небольшое самостоятельное произведение. Один-два человека.

Технически, ...

- Удаление теней, бликов, затемнения, отдельных объектов с фотографий
- Определение направления света, характеристик поверхности, дальности до объекта по 1 снимку
- Реконструкция здания в 3D по одному снимку
- Распознавание мусора на улице
- Распознавание расы человека
- ...

Проекты (2)

Тематически,...

- Восприятие человеком изображений (масштаб детали, сегментация, геометрия, незаметная модификация , устранение дефектов)
- Анализ произведений (картины, фото зданий или сцен, видео)
- Анализ деятельности (отслеживание позы, перемещения объекта, будь то человек или автомобиль)
- Автоматизация (отслеживание движения объектов на видео, управление по визуальному сигналу)
- Дополненная реальность
- Приложения для телефонов, персональных компьютеров с веб-камерами, ip камер, датчиков глубины типа Kinect

Требования к экзамену

- Допуск по задачам (80% задач зачтены, при сдаче после дедлайна - доп. вопрос по задаче)
- Проект (30 % оценки)- тема определяется после консультации с лектором, до 1 апреля 2014

Требования к экзамену

- Допуск по задачам (80% задач зачтены, при сдаче после дедлайна - доп. вопрос по задаче)
- Проект (30 % оценки)- тема определяется после консультации с лектором, до 1 апреля 2014
- Выступление (20 % оценки)

Требования к экзамену

- Допуск по задачам (80% задач зачтены, при сдаче после дедлайна - доп. вопрос по задаче)
- Проект (30 % оценки)- тема определяется после консультации с лектором, до 1 апреля 2014
- Выступление (20 % оценки)
- Ответ на экзамене (50 % оценки)

Письменные задачи сдаются путем отправки на email `a.vakhitov at spbu.ru` с пометкой в теме письма "4_XXXXXX", где XXXXXX - номер специальности студента.

Инструкция по сдаче задач-программ будет выложена отдельно на сайте.

Требования к экзамену

- Допуск по задачам (80% задач зачтены, при сдаче после дедлайна - доп. вопрос по задаче)
- Проект (30 % оценки)- тема определяется после консультации с лектором, до 1 апреля 2014
- Выступление (20 % оценки)
- Ответ на экзамене (50 % оценки)

Письменные задачи сдаются путем отправки на email `a.vakhitov at spbu.ru` с пометкой в теме письма "4_XXXXXX", где XXXXXX - номер специальности студента.

Инструкция по сдаче задач-программ будет выложена отдельно на сайте.

План темы

- 1 Системы преобразования одномерных дискретных сигналов
- 2 Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование сигналов
- 3 Использование дискретного преобразования Фурье

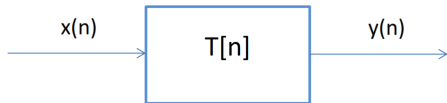
Литература

A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer, J.R. Buck.
Discrete-Time Signal Processing. 2nd Ed., 1999.

Системы обработки сигналов

Общий вид

$$x, y \in \mathcal{S} = \{\mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{C}^n\}, \quad T : \mathcal{S} \rightarrow \mathcal{S}$$



Входной
сигнал

$$x[n] = x_a(nT), \quad -\infty < n < \infty.$$

Линейная система

Определение

$$T\{ax_1[n] + bx_2[n]\} = aT\{x_1[n]\} + bT\{x_2[n]\}.$$

$$\forall k \ T(x_k[n]) = y_k[n] \implies T\left(\sum_k a_k x_k[n]\right) = \sum_k a_k y_k[n]$$

Стационарная система

Определение

$$\forall n_0 T\{x[n - n_0]\} = y[n - n_0]$$

Примеры: '+'

$$y[n] = 2 * x[n] - x[n - 1]$$

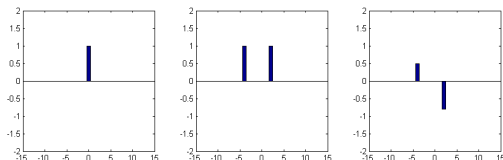
'-'

$$y[n] = \begin{cases} 2 * x[n] - y[n - 1], & n \geq 1, \\ 1, & n = 0, \\ 0, & n < 0. \end{cases}$$

Единичное возмущение

$$\delta[n] = \begin{cases} 0, & \text{при } n \neq 0, \\ 1, & n = 0. \end{cases} \quad (1)$$

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]\delta[n-k].$$



Пример

- $\delta[n]$
- $\delta[n+4] + \delta[n-2]$
- $0.5 * \delta[n+4] - 0.8 * \delta[n-2]$

Базовые функции

- Ступенька

$$u[n] = \begin{cases} 1, & \text{при } n \geq 0. \\ 0, & \text{при } n < 0. \end{cases} \quad (2)$$

- Экспоненциальная

$$x[n] = A\alpha^n = |A|e^{j\phi}|\alpha|^n e^{j\omega_0 n} = |A||\alpha|^n e^{j(\omega_0 n + \phi)}. \quad (3)$$

В отличие от непрерывной функции $x(t) = e^{j\omega_0 t}$,

$$x[n] = Ae^{j(\omega_0 + 2\pi)n} = Ae^{j\omega_0 n} e^{j2\pi n} = Ae^{j\omega_0 n}.$$

Импульсная характеристика $h[n]$

Определение

Импульсная характеристика - реакция системы на единичный импульс:

$$h[n] = T(\delta[n])$$

Пример

$$y[n] = x[n] \implies$$

Импульсная характеристика $h[n]$

Определение

Импульсная характеристика - реакция системы на единичный импульс:

$$h[n] = T(\delta[n])$$

Пример

$$y[n] = x[n] \implies$$

$$h[n] = \delta[n].$$

Импульсная характеристика $h[n]$

Определение

Импульсная характеристика - реакция системы на единичный импульс:

$$h[n] = T(\delta[n])$$

Пример

$$y[n] = x[n] \implies$$

$$h[n] = \delta[n].$$

$$y[n] = x[n - 1] - x[n - 2] \implies$$

Импульсная характеристика $h[n]$

Определение

Импульсная характеристика - реакция системы на единичный импульс:

$$h[n] = T(\delta[n])$$

Пример

$$y[n] = x[n] \implies$$

$$h[n] = \delta[n].$$

$$y[n] = x[n - 1] - x[n - 2] \implies$$

Импульсная характеристика $h[n]$

Определение

Импульсная характеристика - реакция системы на единичный импульс:

$$h[n] = T(\delta[n])$$

Пример

$$y[n] = x[n] \implies$$

$$h[n] = \delta[n].$$

$$y[n] = x[n - 1] - x[n - 2] \implies$$

$$h[n] = \delta[n - 1] - \delta[n - 2].$$

Импульсная характеристика $h[n]$

Определение

Импульсная характеристика - реакция системы на единичный импульс:

$$h[n] = T(\delta[n])$$

Пример

$$y[n] = x[n] \implies$$

$$h[n] = \delta[n].$$

$$y[n] = x[n - 1] - x[n - 2] \implies$$

$$h[n] = \delta[n - 1] - \delta[n - 2].$$

Свертка с единичным импульсом

Входной сигнал:

$$x[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]\delta[n - k]$$

Для линейной системы:

$$\begin{aligned} y[n] &= T\left\{ \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]\delta[n - k] \right\} = \\ &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]T\{\delta[n - k]\} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]h_k[n]. \end{aligned}$$

Для линейной стационарной системы:

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]h[n - k] = x[n] * h[n].$$

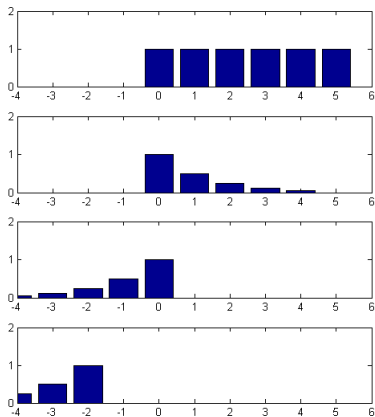
Иллюстрация свертки

$$x[n] = u[n]$$

$$h[k] = 2^{-k} u[k]$$

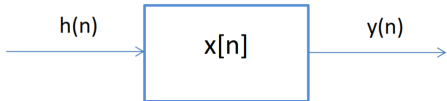
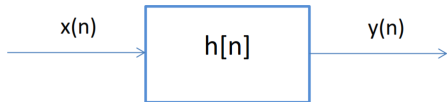
$$h[-k]$$

$$h[-2 - k]$$



Линейная стационарная система

$$\sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]h[n-k] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[n-k]h[k]$$



- параллельное соединение ЛСС:

$$x[n] * (h_1[n] + h_2[n]) = x[n] * h_1[n] + x[n] * h_2[n].$$

- последовательное соединение ЛСС:

$$h[n] = h_1[n] * h_2[n]$$

Задачи

Является ли следующая система линейной?
стационарной?

1 $y[n] = 2x[n] + 3$

2 $y[n] = x[n]\sin\left(\frac{2\pi}{7}n + \frac{\pi}{6}\right)$

3 $y[n] = (x[n])^2$

4 $y[n] = \sum_{m=-\infty}^n x[m]$

Что будет на выходе у системы:

$$x[n] = \alpha^n u[n], \quad 0 < \alpha < 1$$

$$h[n] = \beta^n u[n] \quad 0 < \beta < 1, \beta \neq \alpha.$$

Задачи (2)

Если выход системы равен входу, умноженному на (комплексную) константу, то такой вход называется собственной функцией системы.

- 1 покажите, что $x[n] = z^n$, где z - комплексное число, является собственной функцией линейной стационарной системы;
- 2 предъявите контрпример, доказывающий, что $z^n u[n]$ не может быть собственной функцией линейной стационарной системы

Доклады

Каждая тема - 4 доклада. Темы для обработки сигналов:

- 1 Частотная характеристика для скользящего среднего (2.20)
- 2 Идеальный фильтр низких частот и его импульсная характеристика (2.22)
- 3 Белый шум и его преобразование Фурье (2.30)
- 4 Алгоритм быстрого преобразования Фурье