

# **КОМП'ЮТЕРНИЙ СИНТЕЗ та ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ**

**2021 / 2022 навчальний рік**

# КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ

1. Компьютерное зрение (КЗ). Задачи.  
Области применения.
2. Функции систем КЗ. Организация  
процесса обработки изображений в  
системах КЗ.
3. Задача выделения объектов .
4. Детектор углов Moravec. Алгоритм.

# КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ

**Компьютерное зрение (*computer vision*)** — научное направление в области ИИ и связанные с ним **технологии получения изображений объектов реального мира, их обработки и использования полученных данных для решения разного рода прикладных задач без участия (полного или частичного) человека.**

**Задачи:** Все задачи сводятся к анализу изображения и/или видеопотока:

- **Идентификация**
- **Распознавание**
- **Сегментация**
- **Оценка положения**
- **Распознавание текста**
- **Генерация**

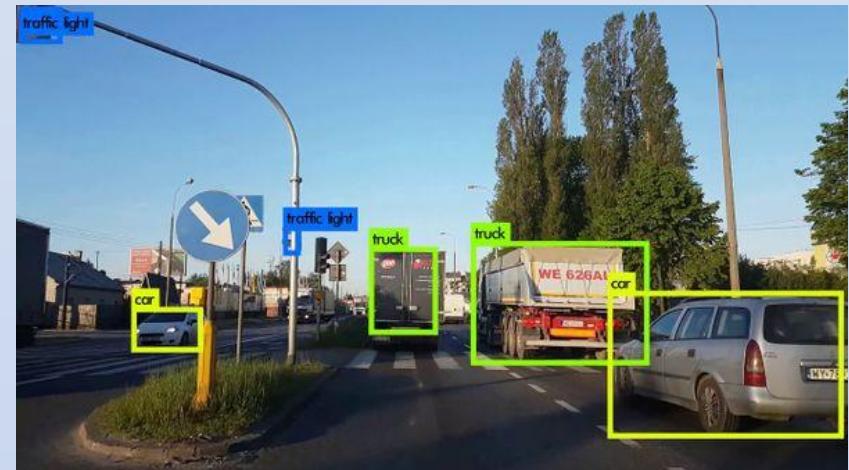
# КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ

**Задача идентификации** – классифицировать изображение целиком или его часть (как правило, прямоугольную область).

**Задача распознавания** – выделить на изображении некоторый набор объектов.

**В общем виде не решена.**

Один из методов –  
**детекция объектов** -  
выделение с помощью  
скользящего окна  
(прямоугольного) – *sliding windows*.



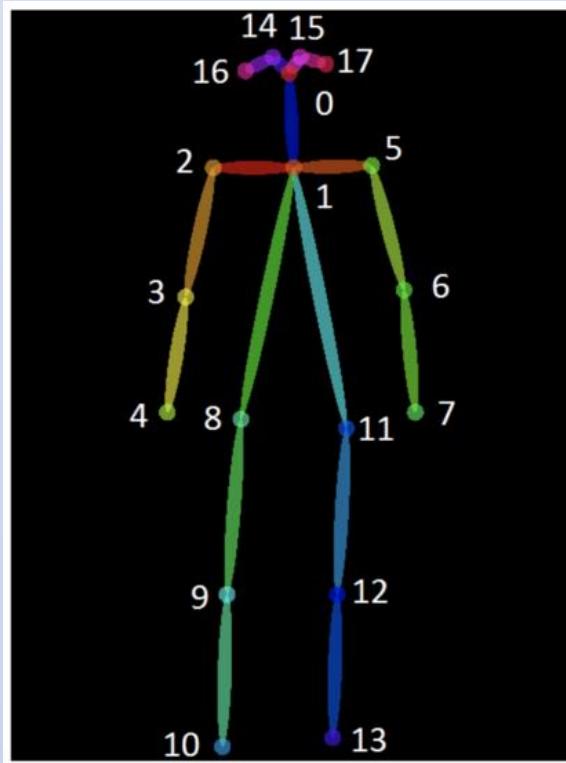
# КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ

**Задача сегментации – аналог детекции, но в отличие от нее требуется не окружить найденные объекты рамками, а выделить пиксели, которые этот объект составляют.**



# КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ

**Задача оценки положения** - заключается в выделении некоторого каркаса объекта (например скелета, если речь идет о людях) и определении положения этого каркаса на изображении.



# КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ

Задача распознавания текста – извлечь текстовую информацию из изображения.

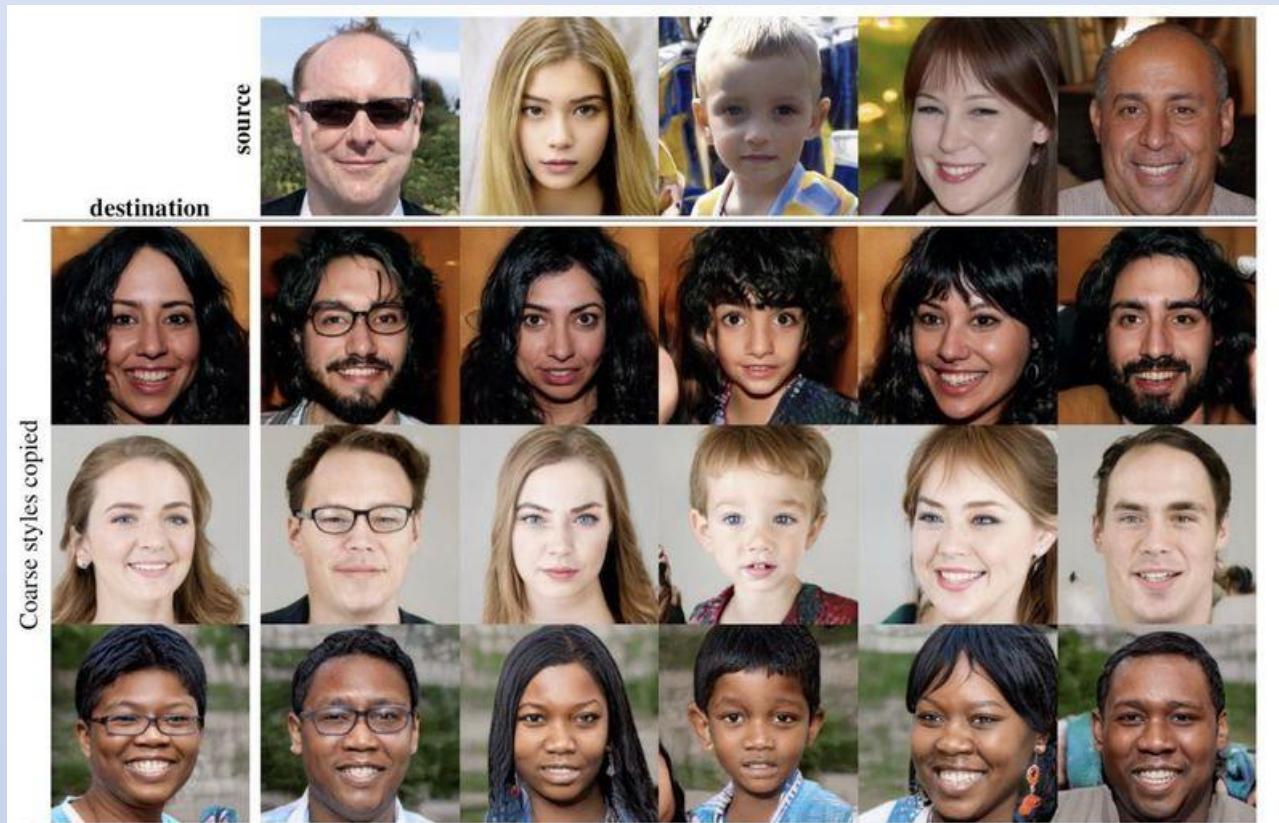
Две класса:

- текст «in the world»
- текст «on paper»



# КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ

**Задача генерации объектов** – создание несуществующих объектов («виртуальных»), похожих на реальные.



# КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ

## Области применения компьютерного зрения:

- Системы управления процессами (роботы, автономные транспортные средства).
- Системы видеонаблюдения.
- Системы организации информации (индексация баз данных изображений).
- Системы моделирования объектов или окружающей среды (анализ медицинских изображений, топографическое моделирование).
- Системы взаимодействия (например, устройства ввода для системы человеко-машинного взаимодействия).
- Системы дополненной реальности.
- Вычислительная фотография.

# КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ

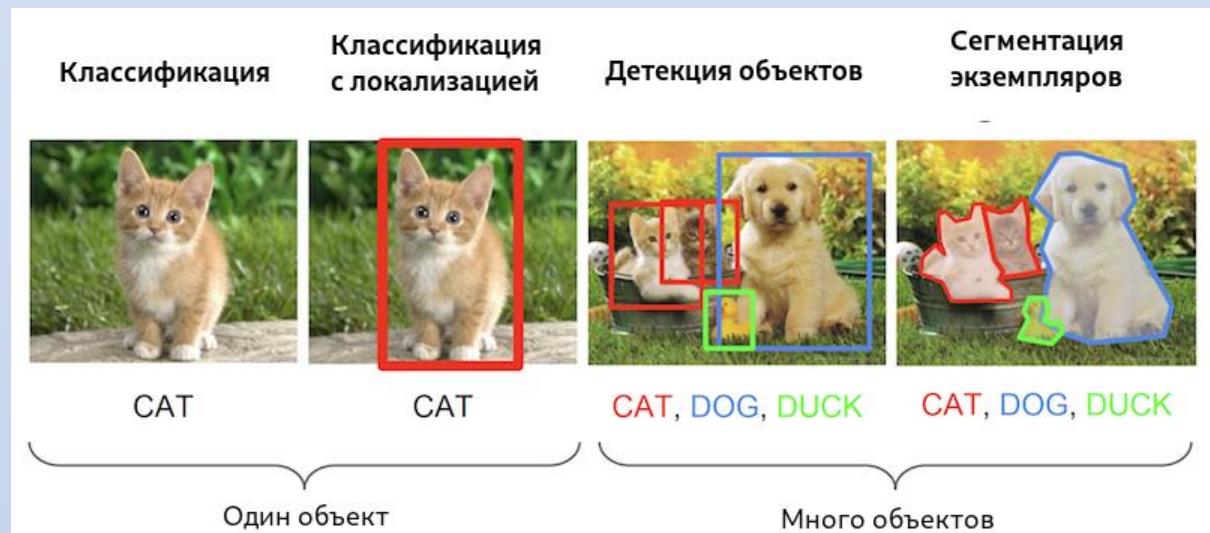
**Типичные функции систем компьютерного зрения:**

- **Получение изображений** : камеры, видеокамеры, радары, лидары, ....
- **Предварительная обработка:** удаление шума, контрастность, масштабирование, ....
- **Промежуточная фильтрация:** фильтрация для выделения областей интереса (границы, перепады и т.п.)
- **Выделение деталей («фичи»)** : линии, границы, кромки, локализованные точки интереса (углы, капли, формы, ...)
- **Детектирование / Сегментация** – выделение определенного набора точек интереса, выделение необходимых одного (нескольких) участков изображения.
- **Высокоуровневая обработка** – оценка характерных параметров (положение, размер), классификация объектов,

**Библиотека алгоритмов компьютерного зрения с  
открытым исходным кодом OpenCV (<https://opencv.org/>)**

# ДЕТЕКЦИЯ ОБЪЕКТОВ

Задача детекции (object detection) - необходимо выделить несколько объектов на изображении посредством нахождения координат их ограничивающих рамок и классификации этих ограничивающих рамок из множества заранее известных классов. В отличие от классификации с локализацией, число объектов, которые находятся на изображении, заведомо неизвестно.

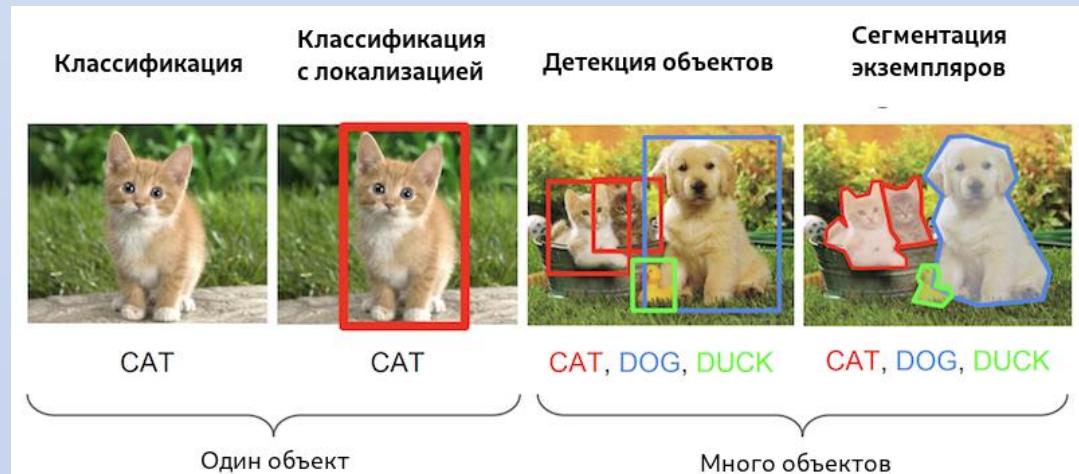


# ВЫДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ

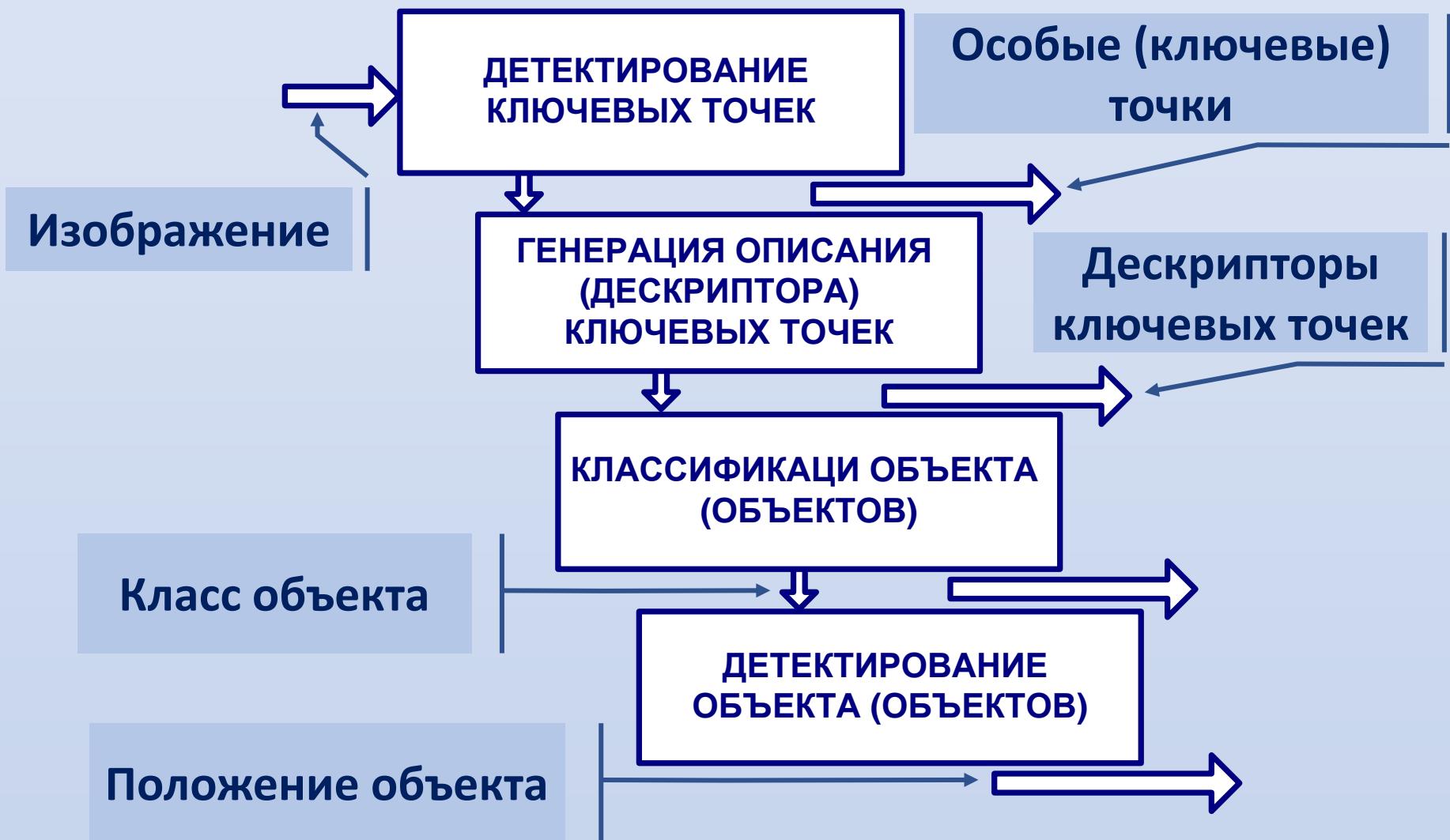
**Задача выделения (нахождения, детектирования) объектов на изображении — определение наличия или отсутствия объекта определённого домена (вида) на изображении, нахождение границ этого объекта в системе координат пикселей исходного изображения.**

**В зависимости от алгоритма, объект может характеризоваться**

- координатами ограничивающей рамки,
- ключевыми точками (точками интереса),
- контуром объекта.



# ОБЩЕЕ ПОСТРОЕНИЕ ПРОЦЕССА



# ДЕТЕКТОРЫ

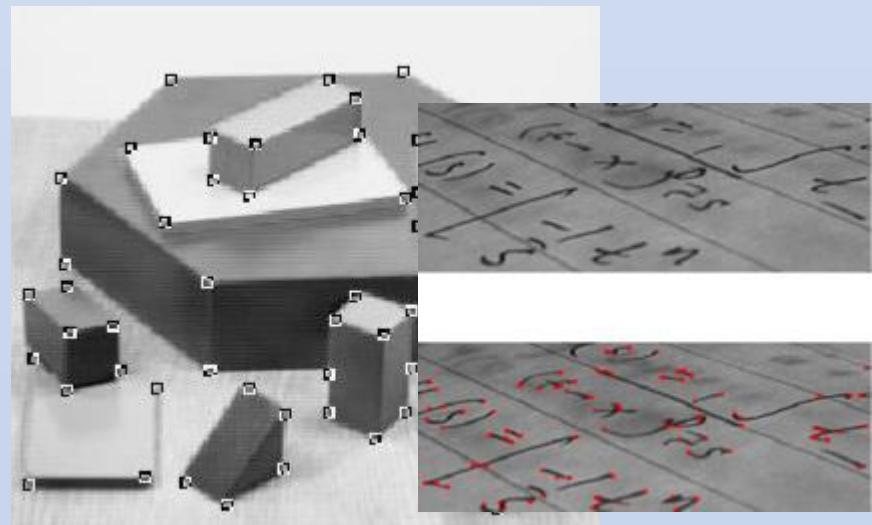
**Ключевая точка, особая точка, точечная особенность, точка интереса** → point feature, key point, feature :

такая точка  $m$  изображения  $I$ , окрестность которой  $O(m)$  можно отличить от окрестности  $O(n)$  любой другой точки  $n$  из другой (большой) окрестности  $O_2(m)$  той же точки  $m$ .

Типично в качестве окрестности  $O(m)$  берется прямоугольное окно 5x5 пикселей.

**Детектор – метод извлечения ключевых точек.** Важно – обеспечивает определение одних и тех же точек при преобразовании изображения.

**Каждая ключевая точка должна быть идентифицирована (описана) некоторым дескриптором.**



# ДЕТЕКТОРЫ

## Свойства ключевых точек:

- **Отличимость** (*distinctness*) – должна явно выделяться на фоне и быть уникальной (отличимой) в своей окрестности.
- **Инвариантность** (*invariance*) – определение ключевой точки не должно зависеть от аффинных преобразований изображения.
- **Стабильность** (*stability*) - ключевая точка должна быть устойчива к шумам и ошибкам.
- **Уникальность** (*uniqueness*) – ключевая точка должна обладать глобальной уникальностью для улучшения различимости повторяющихся паттернов.
- **Интерпретируемость** (*interpretability*) – ключевые точки должны определяться так, чтобы их можно было использовать для анализа соответствий и выявления интерпретируемой информации из изображения.

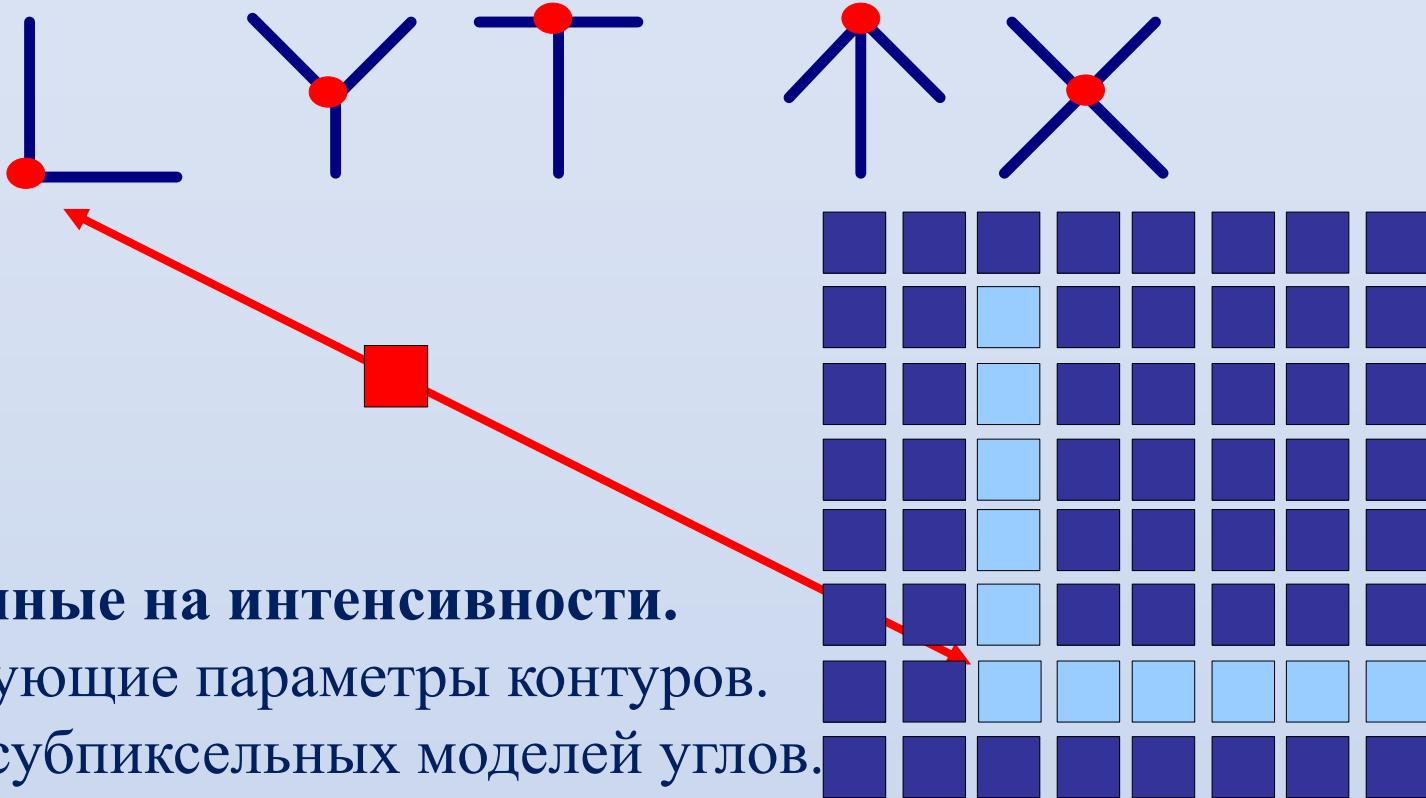
# ДЕТЕКТОРЫ

## Типы ключевых точек:

- **Углы** (*corners*) – точки, которые формируются из двух или более граней. Границы обычно определяют границу между различными объектами и / или частями одного и того же объекта.
- **Края** (*ridges, edges*) – множество точек на изображении, которые имеют высокую величину градиента изменения яркости.
- **Пятна, капли** (*blob*) - область изображения, в которой некоторые свойства являются постоянными или приблизительно постоянными (все точки пятна можно считать в некотором смысле похожими друг на друга).

# ДЕТЕКТОРЫ УГЛОВ

Углы



Методы:

- Основанные на интенсивности.
- Использующие параметры контуров.
- На базе субпиксельных моделей углов.

Детекторы углов: Moravec; Harris; Shi-Tomasi; Förstner; SUSAN; Trajkovic; FAST; CSS; CPDA;

Детектор, основанный на глобальных и локальных свойствах кривизны.

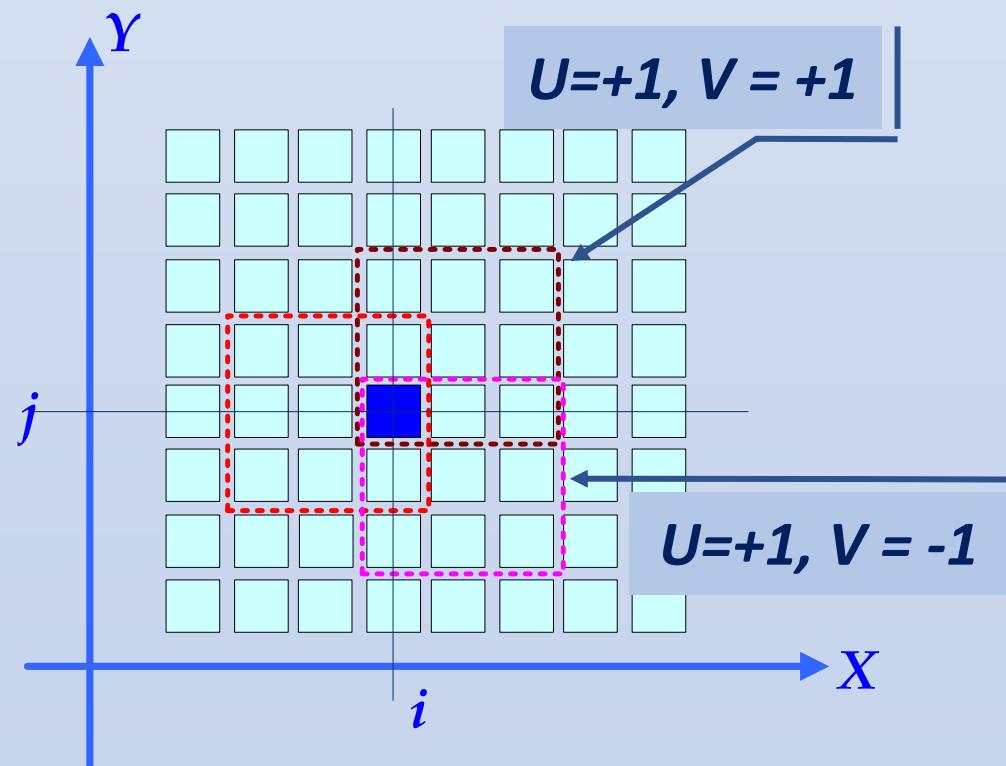
# ДЕТЕКТОРЫ УГЛОВ

• Moravec

Moravec (1977). Идея :

Анализ изменения яркости квадратного окна  $W$  относительно точки интереса при сдвиге окна  $W$  в восьми направлениях.

$$W = \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$



# ДЕТЕКТОРЫ УГЛОВ

• Moravec

Формально.

Изображение  $I(i, j)$ .

1. Для каждого пикселя  $(i, j)$  вычисляется среднеквадратичное изменение интенсивностей окрестности точки интереса:

$$V_{u,v}(i, j) = \sum_{\forall a,b \in W} (I(i + u + a, j + v + b) - I(i + a, j + b))^2,$$
$$u, v \in \{(1, 0), (1, 1), (0, 1), (-1, 1), (-1, 0), (-1, -1), (0, -1), (1, -1)\}$$

Здесь  $W$  - окно, задающее окрестность,  $a, b$  - индексы окна.

(SSD - сумма квадратов разностей)

# ДЕТЕКТОРЫ УГЛОВ

• Moravec

**Формально.**

Изображение  $I(i, j)$ .

2. Для каждого  $(i, j)$  находится оценочная функция  $C(i, j)$  - «сила угла» (cornerness) :

$$C(i, j) = V_{u,v}(i, j) = \min_{u,v} (V_{u,v}(i, j))$$

«Сила угла» - наименьшая SSD между окрестностью точки интереса и окрестностями соседних пикселей.

Если «сила» низкая – интенсивность в окрестности изменяется мало, нет угла.

Если «сила» высокая – интенсивность в окрестности изменяется сильно, вероятно угол.

# ДЕТЕКТОРЫ УГЛОВ

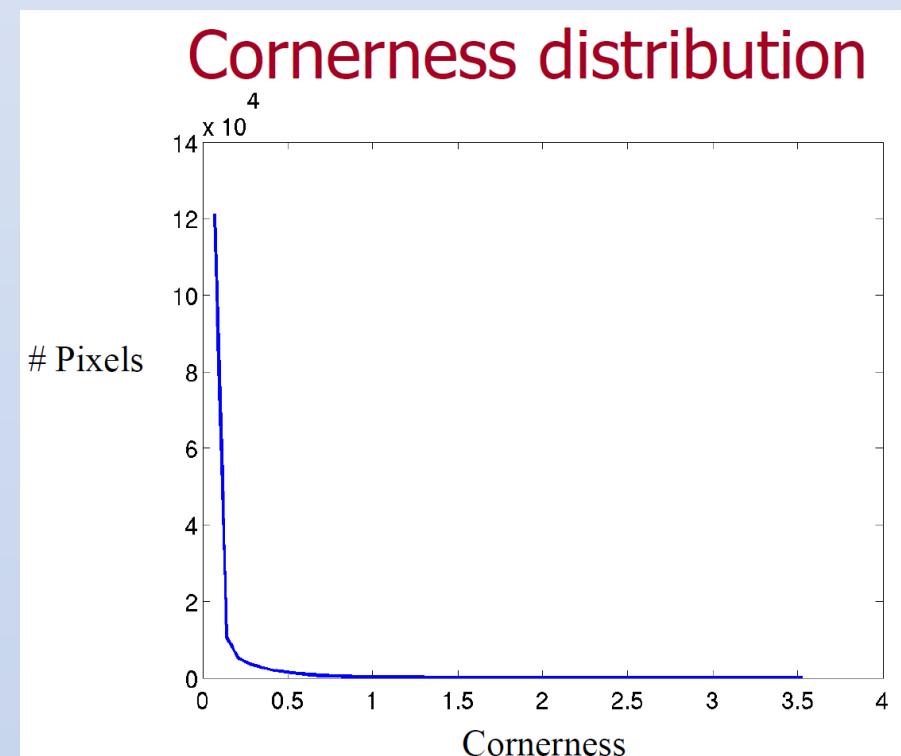
Формально.

3. Вводится некоторое пороговое значение  $T$  (threshold) и отбираются пиксели у которых :

$$C(i, j) > T .$$

Т.о. отбираются  
точки интереса с  
«достаточной» силой.

• Moravec



Для детектора Moravec  $T$  подбирается экспериментально.

# ДЕТЕКТОРЫ УГЛОВ

• Moravec

Формально.

Изображение  $I(i, j)$ .

4. Удаляются повторяющиеся углы с помощью применения процедуры поиска локальных максимумов функции отклика (non-maximal suppression).

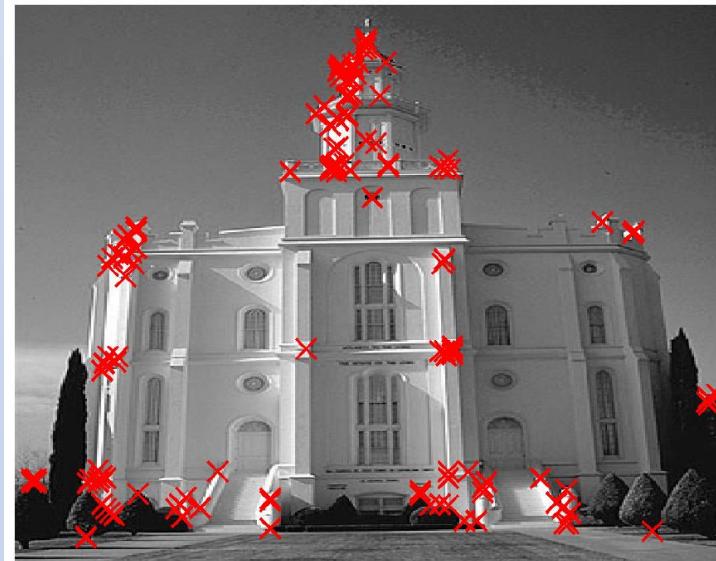
Все полученные ненулевые элементы карты соответствуют углам на изображении.

# ДЕТЕКТОРЫ УГЛОВ

- Moravec

Детектор Moravec обладает свойством анизотропии в 8 направлениях смещения окна.

Основной недостаток: отсутствие инвариантности к преобразованию поворота и возникновение ошибок детектирования при наличии большого количества диагональных ребер.



Пример из GV12/3072 Image Processing.

## **Рекомендована література**

- **Вовк С.М., Гнатушенко В.В., Бондаренко М.В.** Методи обробки зображень та комп'ютерний зір: навчальний посібник. - Д.: Ліра, 2016 — 148 с.
- **Красильников Н.Н.** Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб.пособие.- СПб.: БХВ-Петербург, 2011.- 608 с.: ил.
- **Гонсалес Р.С., Вудс Р.Э.** Цифровая обработка изображений. - М. : Техносфера, 2005. -1070 с.
- **Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю. и др.** Обработка и анализ зображений в задачах машинного зрения.-М.: Физматкнига, 2010.-672 с.

## **Рекомендована література**

- **Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В.** Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. - 384 с.
- **Творошенко І.С.** Конспект лекцій з дисципліни «Цифрова обробка зображень» / І.С. Творошенко : І. С. Творошенко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 75 с.
- Методи комп'ютерної обробки зображень: Учебное пособие для ВУЗов/ Под ред.: **Сойфер В.А..** - 2-е изд., испр. - М.: Физматлит, 2003. - 780 с.
- **Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю.** Компьютерная обработка и распознавание изображений: учеб. пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.

## **Додаткова ЛІТЕРАТУРА**

- Грузман И.С., Киричук В.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах. — Новосибирск: Изд-во НГУ, 2002. – 352 с.: ил.
- Solomon C., Breckon T. Fundamentals of Digital Image Processing. – Willey-Blackwell, 2011 - 344 р.
- Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1986. – 400 с.
- Яншин В. В., Калинин Г. А. Обработка изображений на языке Си для IBM PC: Алгоритмы и программы. — М.: Мир, 1994. — 240 с.

# Інформаційні ресурси

- Комп'ютерна обробка зображень. Конспект лекцій. [http://aco.ifmo.ru/el\\_books/image\\_processing/](http://aco.ifmo.ru/el_books/image_processing/)
- Цифрова обробка зображень [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / НТУУ «КПІ» ; уклад.: В. С. Лазебний, П. В. Попович. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,41 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 73 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/21035>
- <https://www.youtube.com/watch?v=CZ99Q0DQq3Y>
- <https://www.youtube.com/watch?v=FKTLW8GAdu4>

The END  
Modulo 4. Lec 9