INSTITUTO UNIVERSITARIO
SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Introductory Overview Lecture
CASA course
(5/10/2018)

D. Freire-Obregón, PhD.

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

Plan for the 1st part of the CASA course

Week 0:

- TS1: Introduction to CV & DL

Week 1:

- LS1: Our first NN. Different approaches.
- TS2: Fundamentals of ML & DL.

Week 2:

- LS2: Regularization is critical.
- TS3: Why regularization.

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL
BIP LAB
Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Plan for the 1st part of the CASA course

Week 3:

- LS3: DL on images.
- TS4: DL on images.

Week 4:

- LS4: Convolutional NN.
- TS5: Convolutional NN.

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Plan for TS1

- Computer-Human vision overview
- Computer graphics vs. Computer Vision
- Last 20 years of papers (just the relevants)
- CV…ML or DL?
- Current state of the art
- Working with images? Feasible?

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL
BIP LAB
Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

What is computer-human vision?

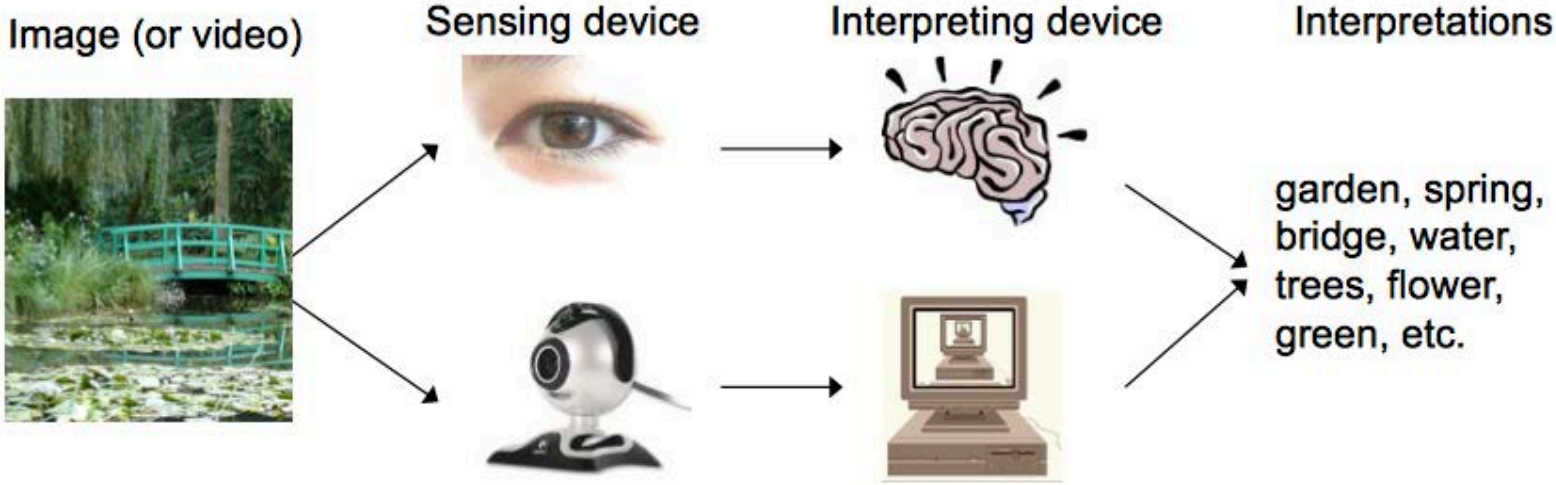
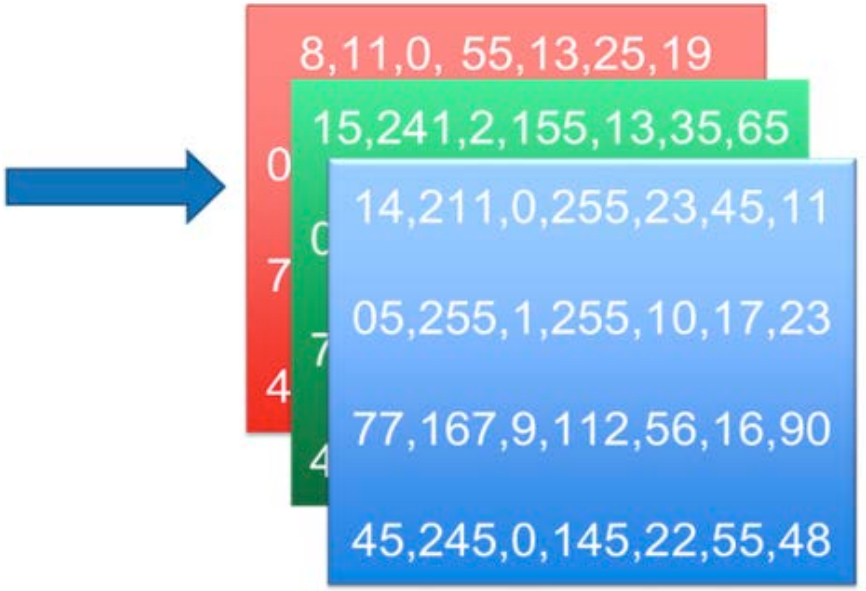


Image from Fei-Fei & Niebles. Introduction to Computer Vision. Stanford vision Lab. 2016

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

What is computer-human vision?

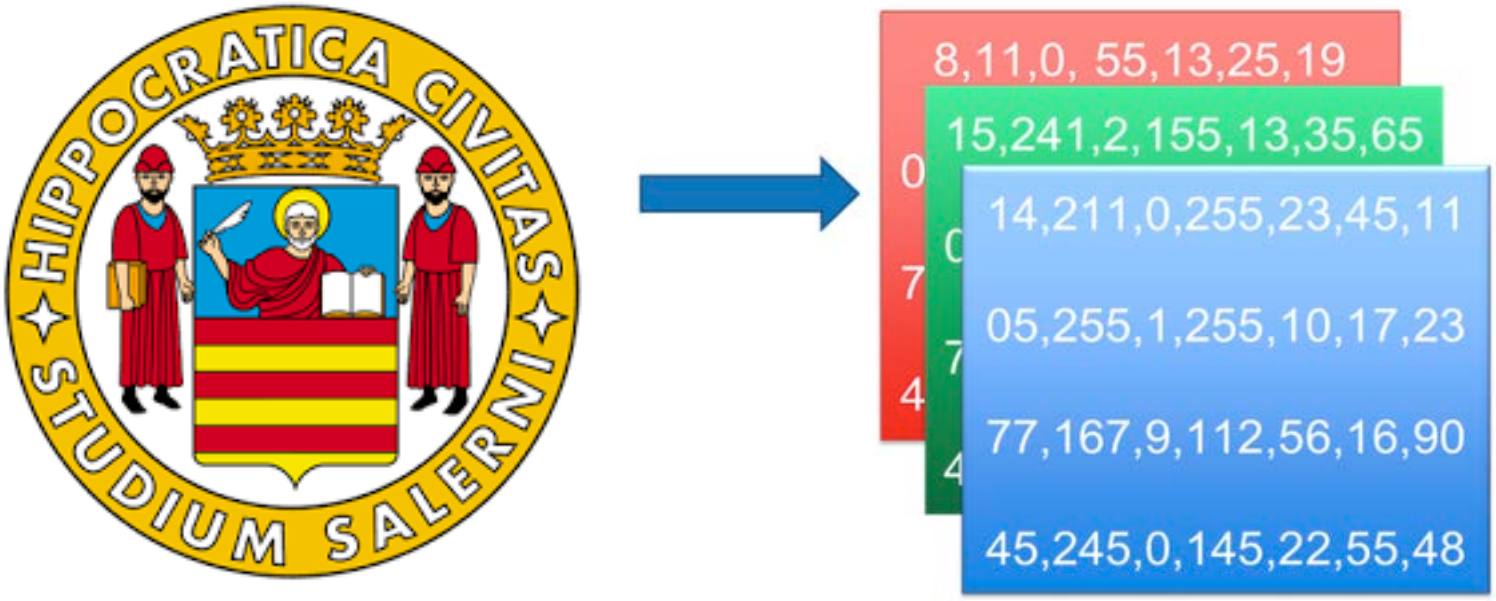
This is what the computer sees
An image is a big grid of numbers [0, 255]
e.g. 200x200x3 (3 channels RGB)



INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL
BIP LAB
Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

What is computer-human vision?

Challenge → Viewpoint variation



Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

What is computer-human vision?

¿What is this? ¿A rock?¿A palm tree?

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

What is computer-human vision?

The perspective on what you see is relevant.

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

What is computer-human vision?

Other challenges:

Illumination

Deformation

Oclussion

Intraclass variations

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI INGENIERIA COMPUTACIONAL

BIP LAB

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Where?

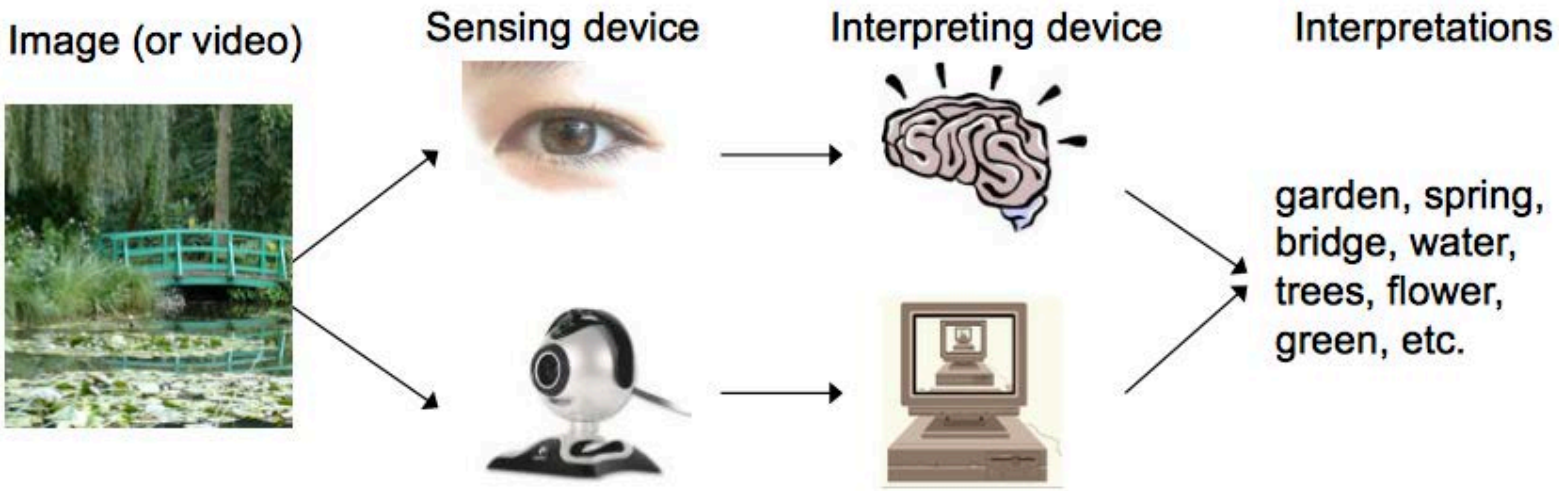


Image from Fei-Fei & Niebles. Introduction to Computer Vision. Stanford vision Lab. 2016

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Computer Vision

What do you see?

Which team is it?
How do you know?

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Not because of the people...

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Let’s train considering the shirt

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Let’s train considering the shirt

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Computer Vision

Do you know who are the goalkepeers?

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Let’s train considering the shirt

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Computer Vision

Again: 1-human segmentation
2-pattern recognition

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Computer Vision

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Computer Vision

What about the Badge?? ☺

Please…find one for me in the picture.

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Training data!

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Good luck with that

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Did they win?

How do you know that?

Tell me our best shot

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Computer Vision

Pattern Recognition:

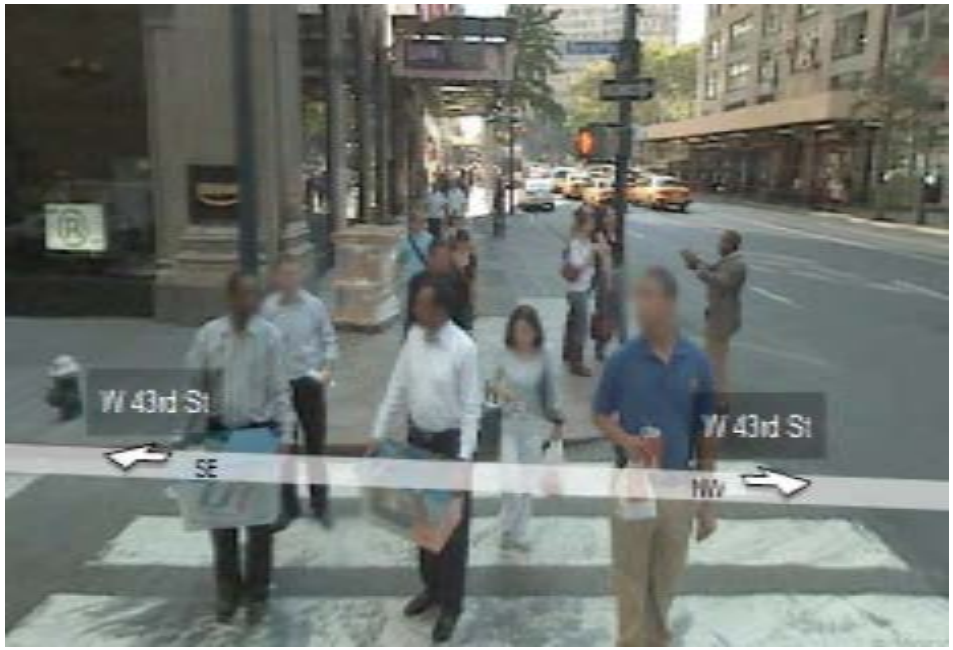
Facial expression recognition:




Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Computer Vision

Google Street View



INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL
BIP LAB
Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Computer Vision

Not so easy...

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Computer Graphics vs Computer Vision

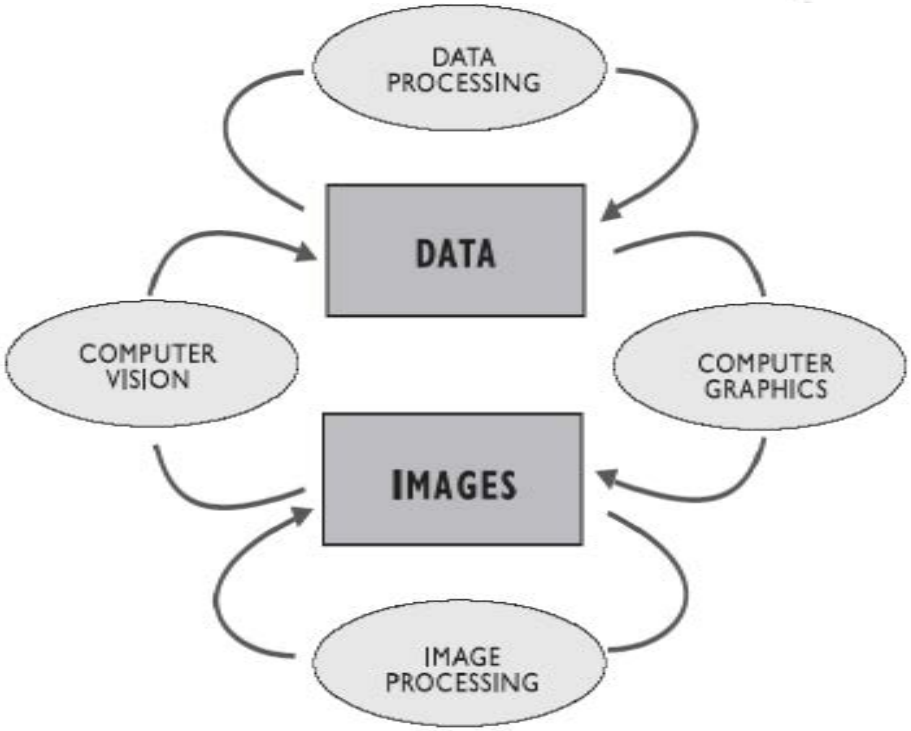
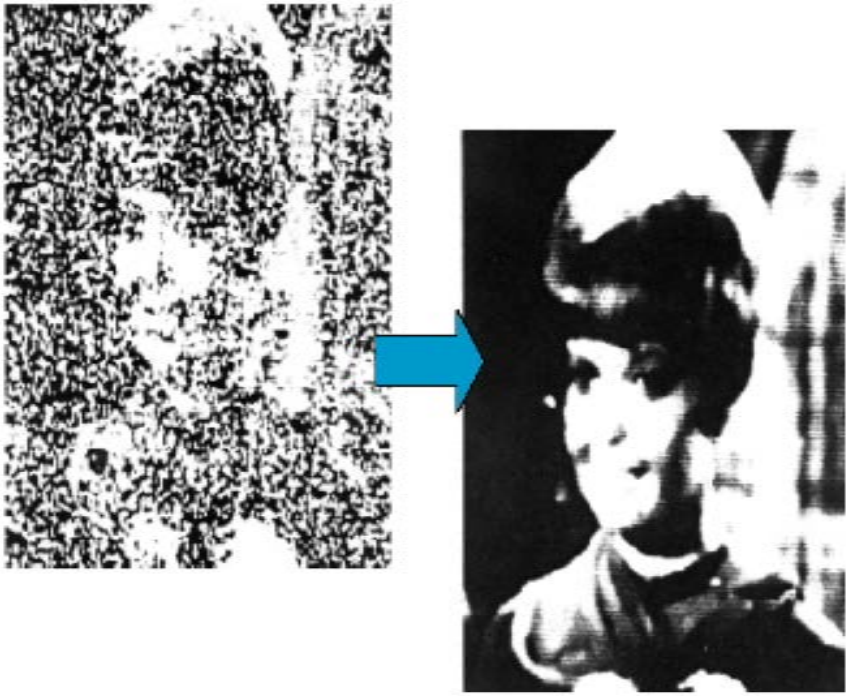


Image from Sablatnig. Einführung in Visual Computing (EVC) Image Processing & Computer Vision.

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Noise removal



INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Image from Sablatnig. Einführung in Visual Computing (EVC) Image Processing & Computer Vision.

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Image enhancement

Original

Automatic Enhancement

Image from Sablatnig. Einführung in Visual Computing (EVC) Image Processing & Computer Vision.

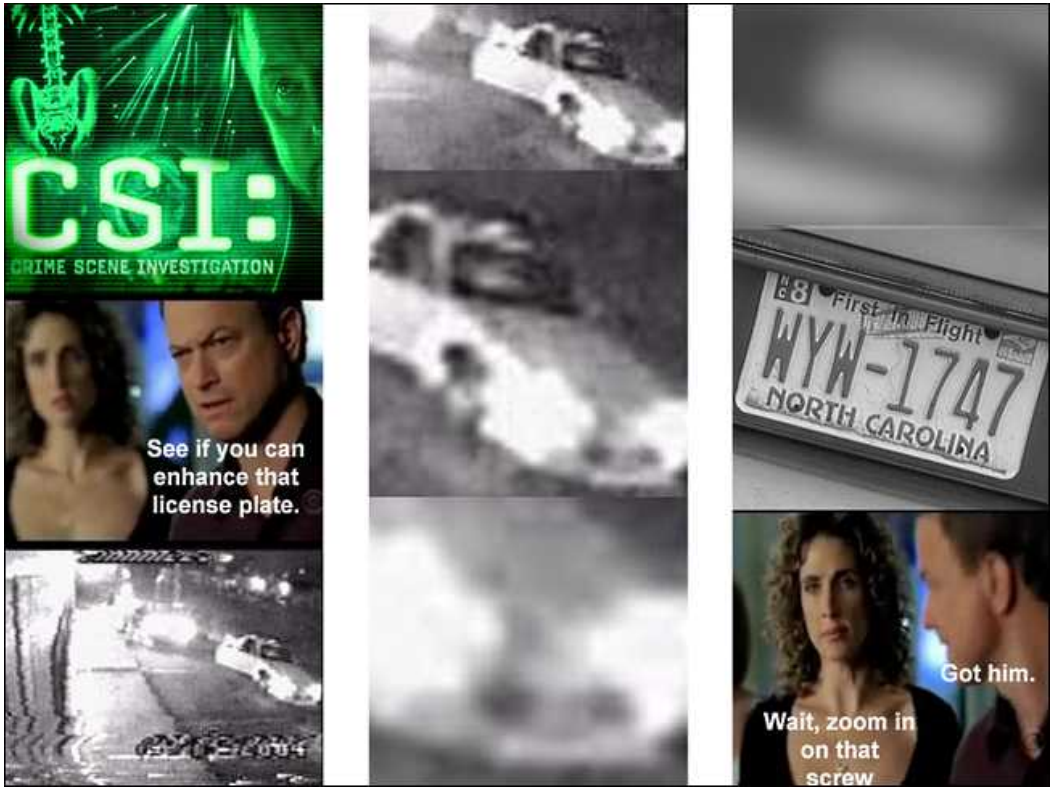
INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Image enhancement

Not real



Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Image restoration

Before

After

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Computer Vision

"Computer Vision describes the automatic deduction of the structure and the properties of a (possible dynamic) three-dimensional world from either a single or multiple two-dimensional images of the world"

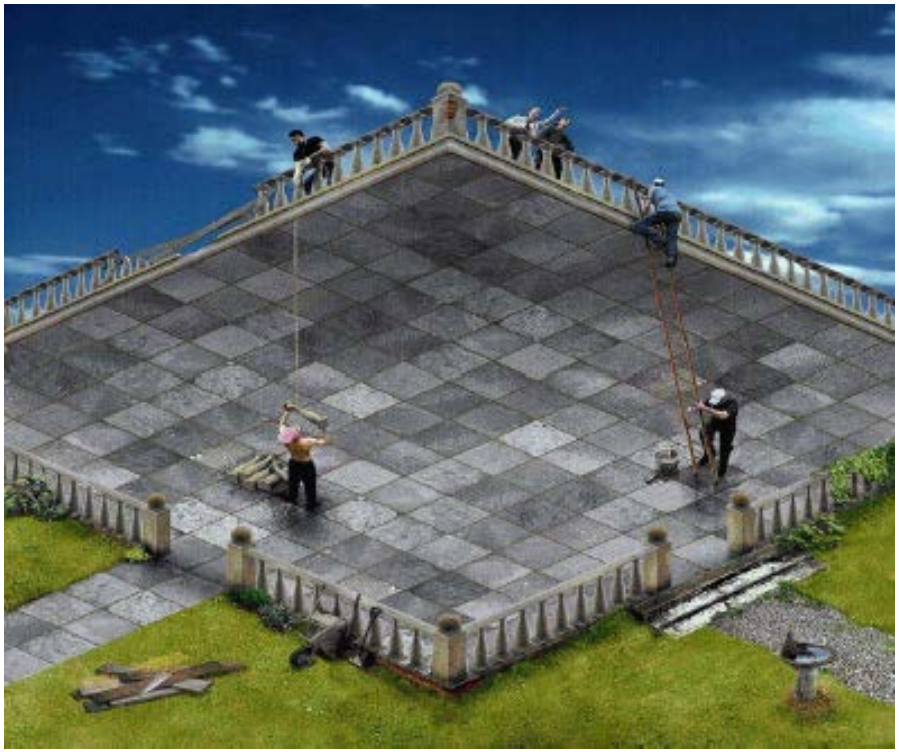
Research area → Computers perceive, process and understand visual data

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Vishvjit S. Nalwa: A guided tour of computer vision. Addison-Wesley 1993

Do we need to copy the human vision approach?

Is it reliable enough? Perception



INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

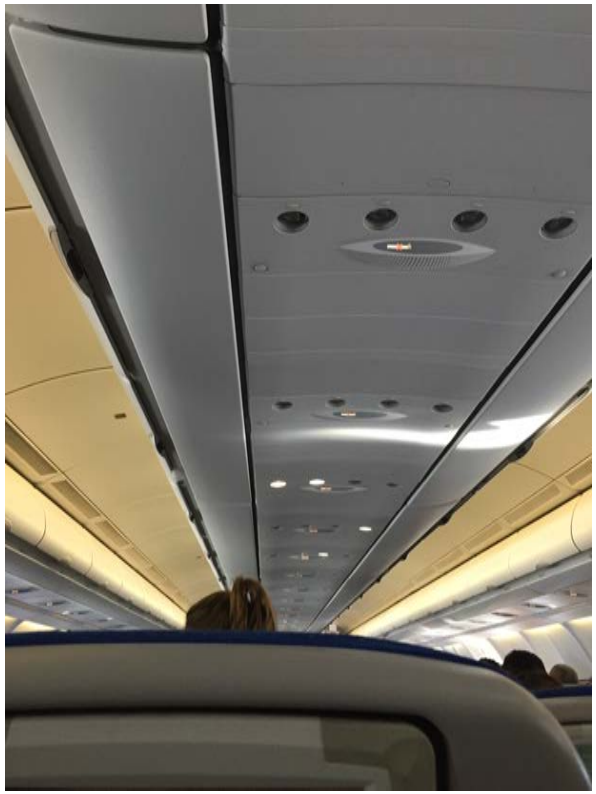
Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Computer Vision

Humans → See in 3D

Machines → Only in 2D



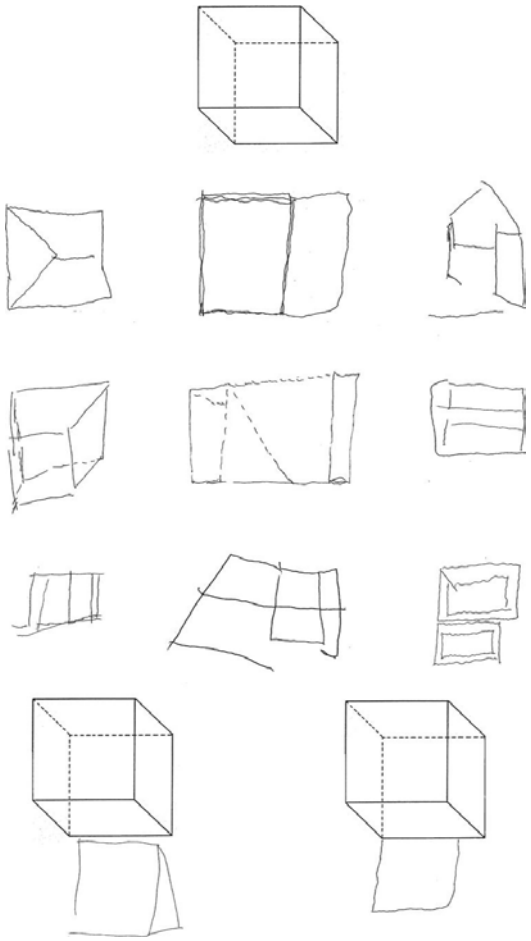
INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

BIP LAB

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Computer Vision



INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

BIP LAB

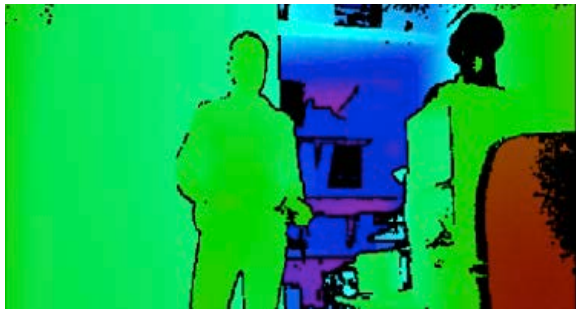
Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Innovations

Hardware

Kinect, 2010
https://www.youtube.com/watch?v=StQyUdeux0o



Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

The last 20 years: Normalized cut

https://www.youtube.com/watch?v=eUhvKEC3YTc

Shi & Malik, 1997

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

The last 20 years: SIFT & Object recog.

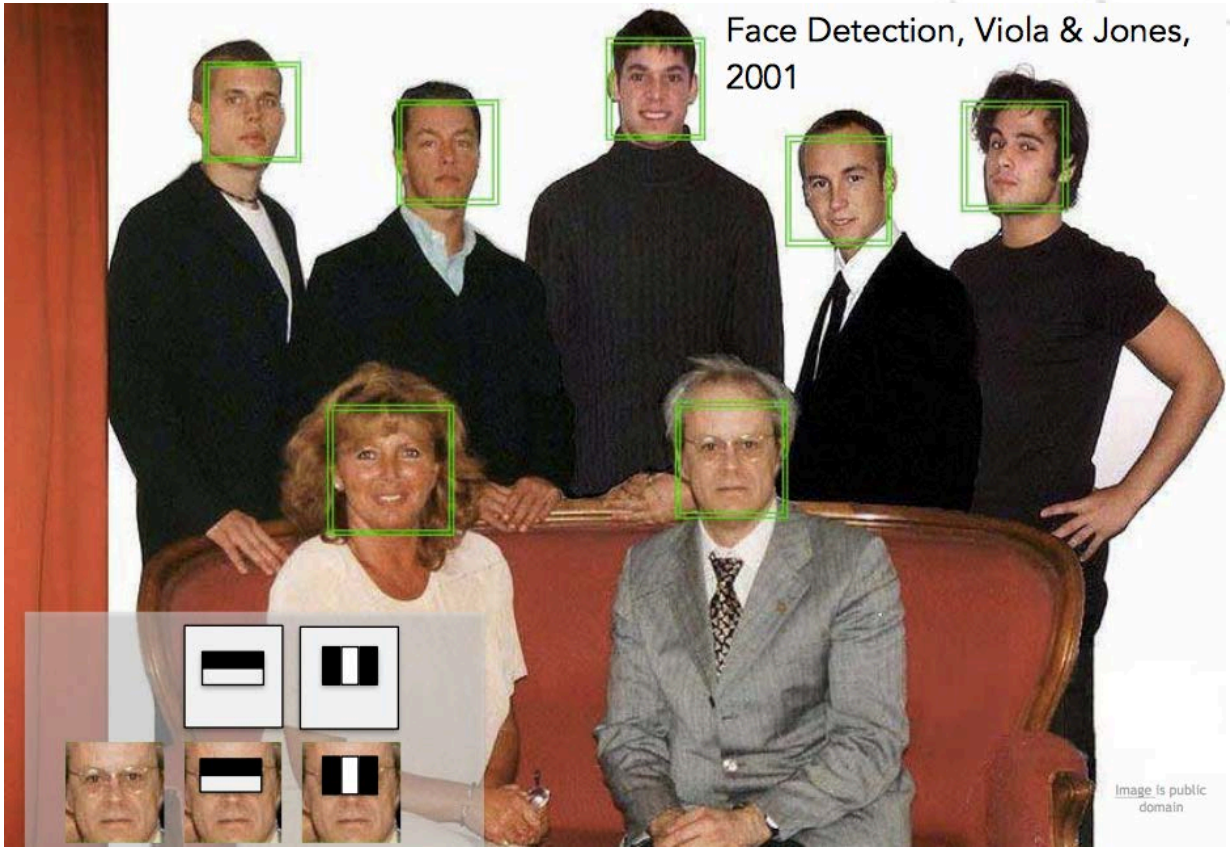
Image is public domain

Image is CC BY-SA 2.0

David Lowe, 1999

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

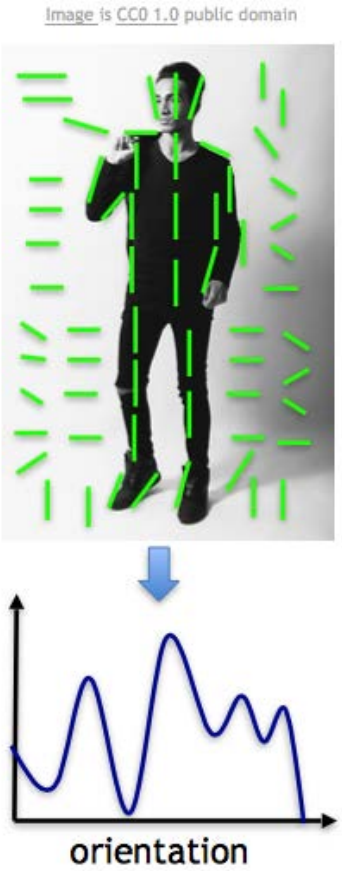
The last 20 years: Face Detector

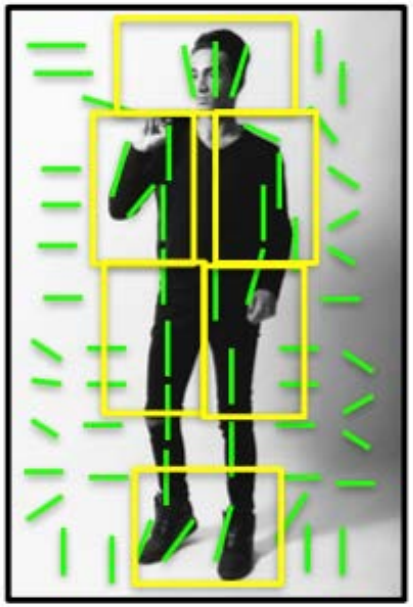


Viola & Jones, 2001

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

The last 20 years: HoG

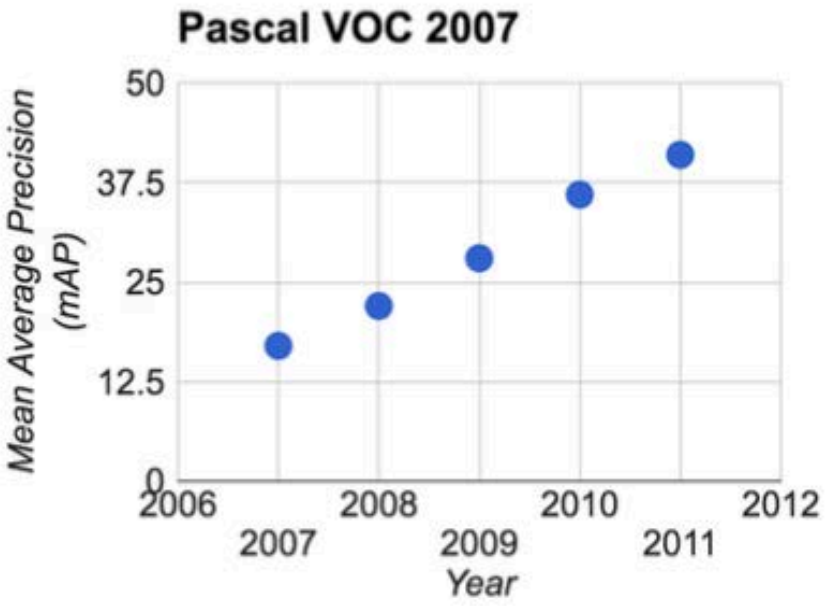




Histogram of Oriented Gradients, Dalal & Triggs, 2005
Felzenswalb et al., Deformable part model, 2009

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL
BIP LAB
Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

The last 20 years: Competitions



Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

The last 20 years: Imagenet

22K categories and 14M images

e.g. Animals:

- Bird
- Fish
- Mammal
- Invertebrate

Plants:

- Tree
- Flower

Food

Person

…

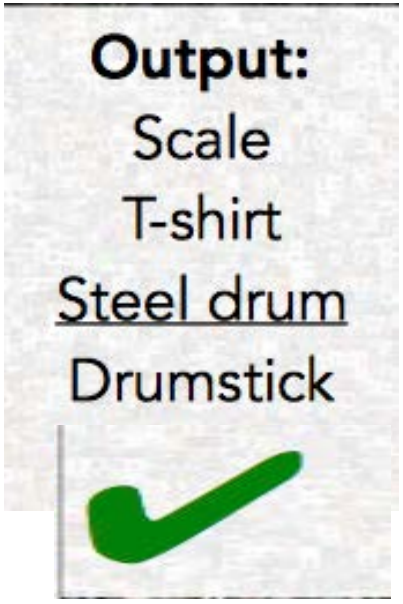
INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI INGENIERIA COMPUTACIONAL

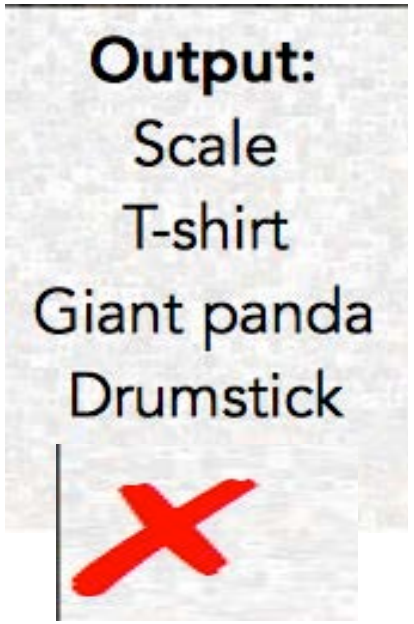
Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

The last 20 years: The Image Class. Challenge

1,000 object classes
1,431,167 images

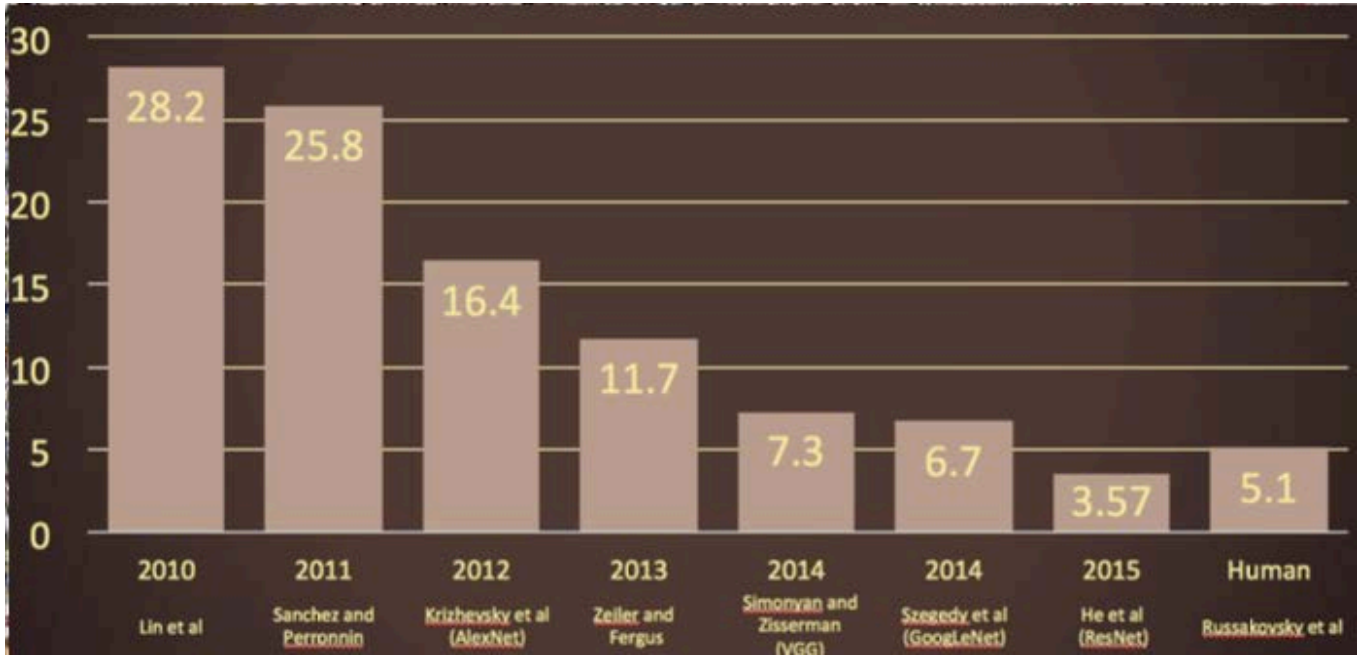




Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

The last 20 years: The Image Class. Challenge

1,000 object classes
1,431,167 images

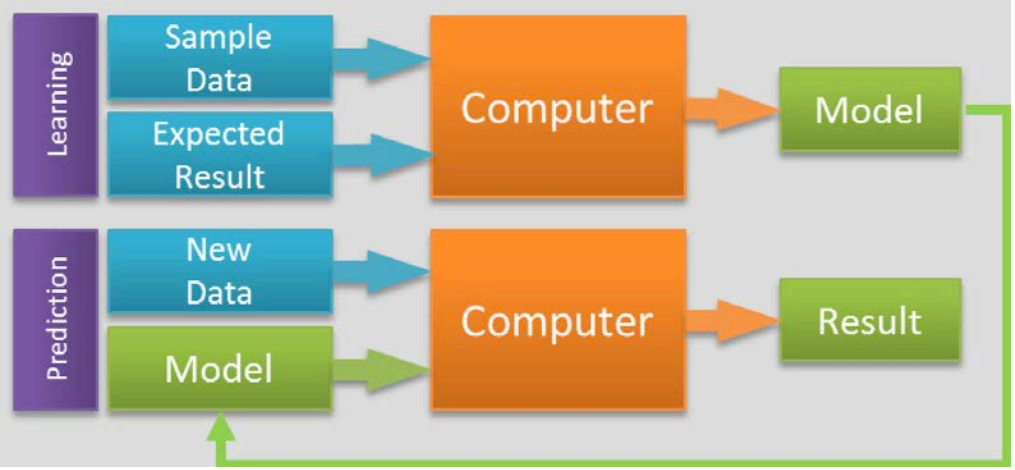


Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

CV & ML

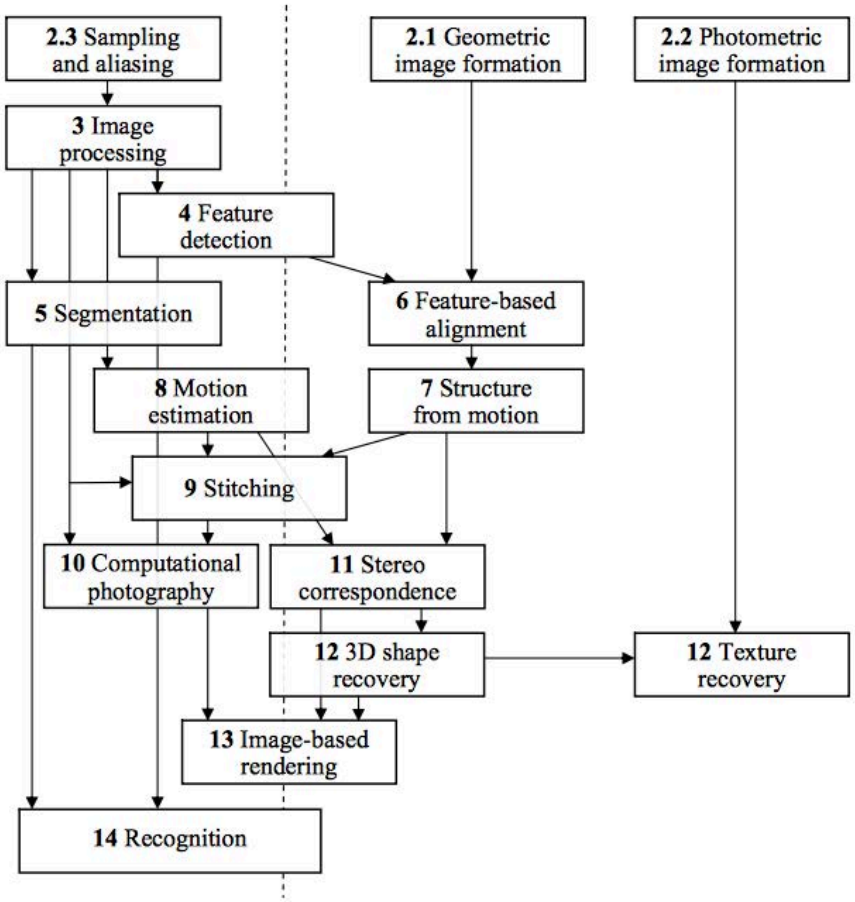
Traditional modeling - CV (feat.ext.)+ML(class.):

Deep learning:



Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Structure of a CV book



Computer Vision: Algorithms and Applications. Szeliski. 2010

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Structure of a DL book

Fundamentals:

- Brands of ML
- Evaluation
- Data processing
- Overfitting & underfitting

DL in practice:

- CNN
- RNN
- Generative models

Features??

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Where is DL?

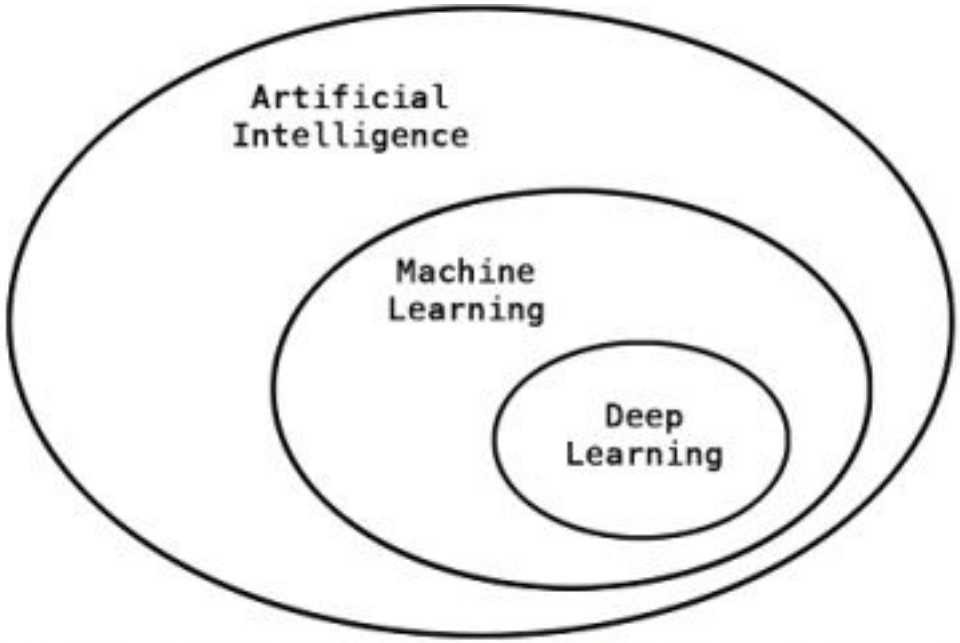


Figure 1.1 Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

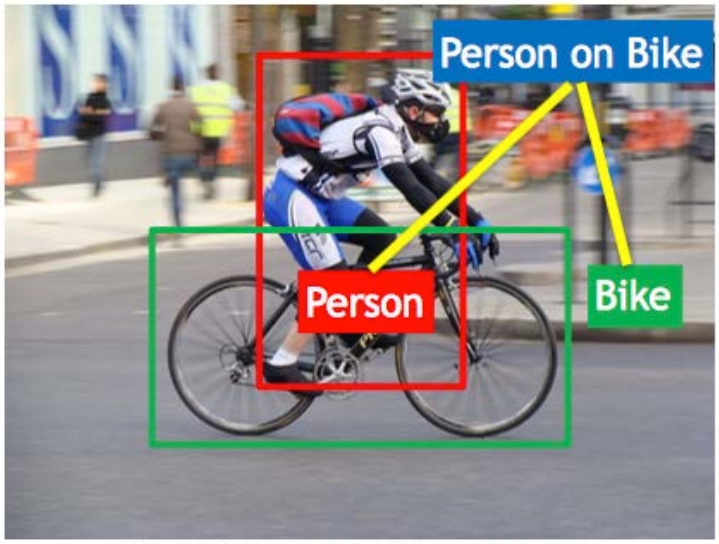
Why DL? Why now?

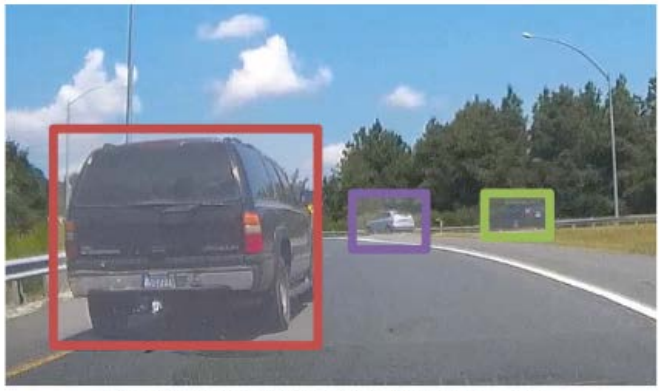
1. Hardware:
    1. GPUs…NVIDIA rules!
    2. TPUs…10xGPUs.
2. Data
    1. A lot places with datasets available
3. Algorithms:
    1. Better activation functions
    2. Better optimization techniques
    3. Better weight-initialization methods
4. New wave of investment:
    1. 2011 → 19M $...2014→394M $

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL
BIP LAB
Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Where are we now?

Object detection
Action classification
Image captioning





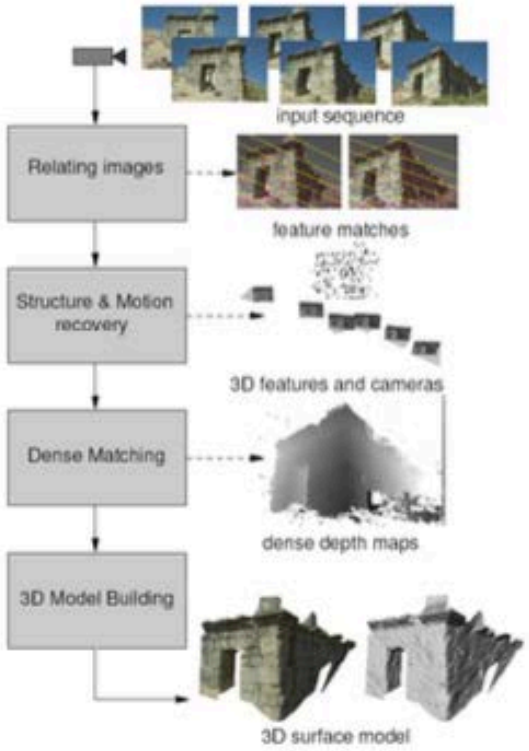
INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

BIP LAB

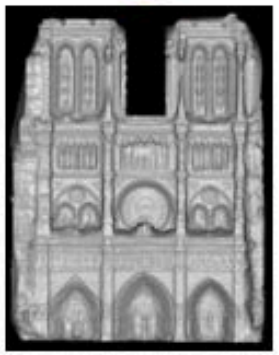
Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Vision as measurement device



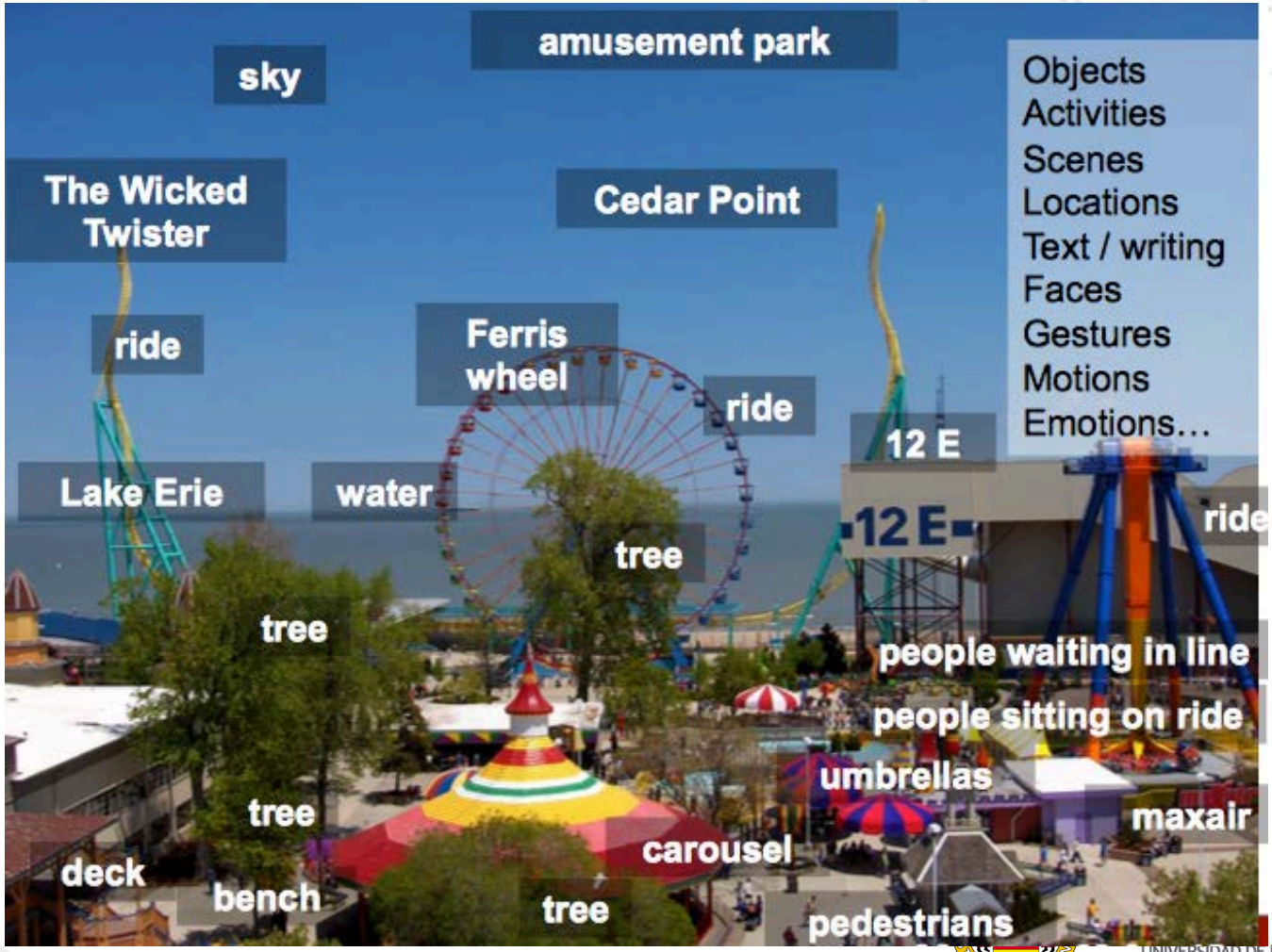
Pollefeys et al.



Goesele et al.

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Vision as a source of semantic information



INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

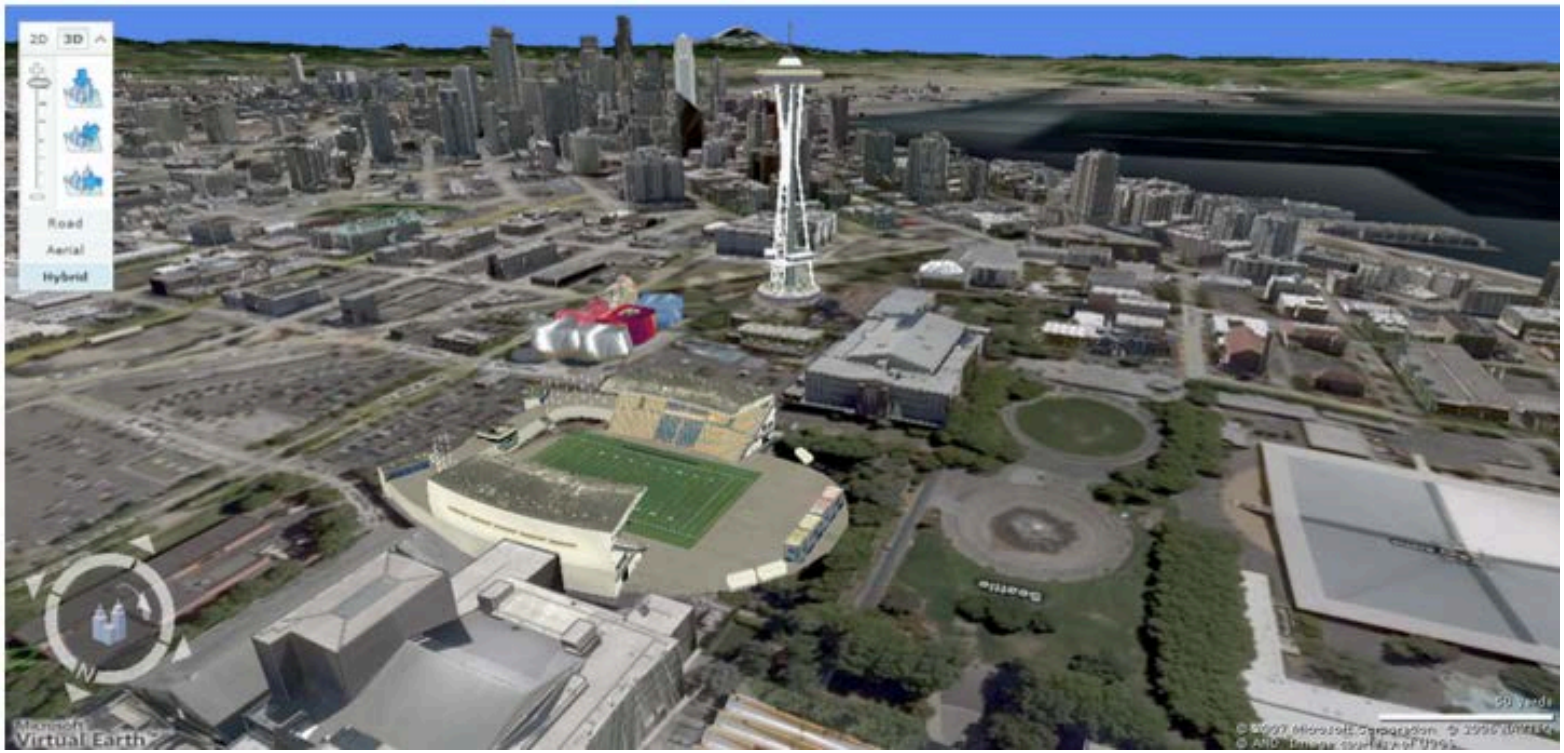
Data everywhere

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

INSTITUTO UNIVERSITARIO
SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

BIP LAB

3D urban modeling



Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

HIPPOCRATICA CIVITAS STUDIUM SALERNI

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

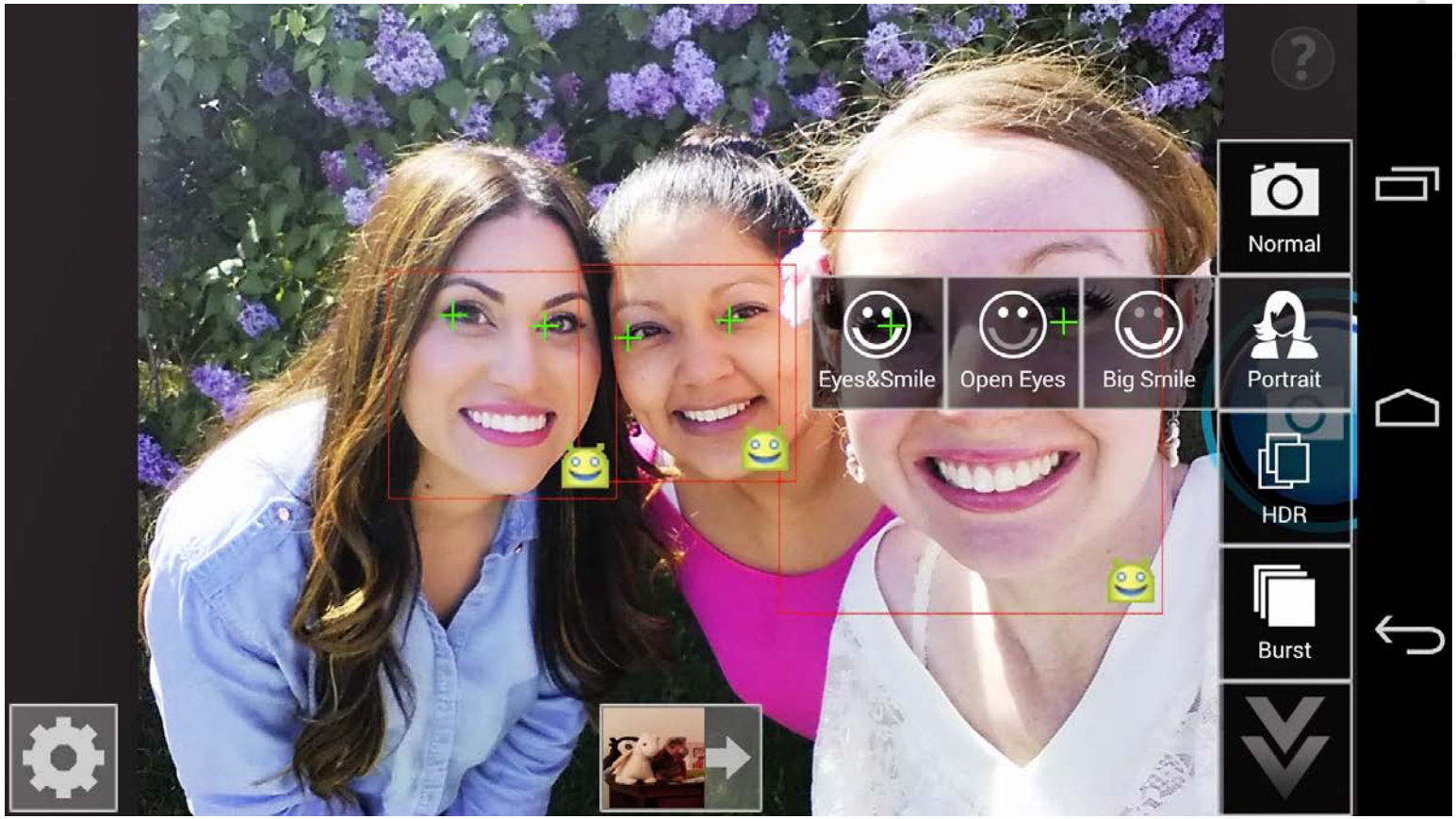
Cameras: face detection

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Cameras: smile detection

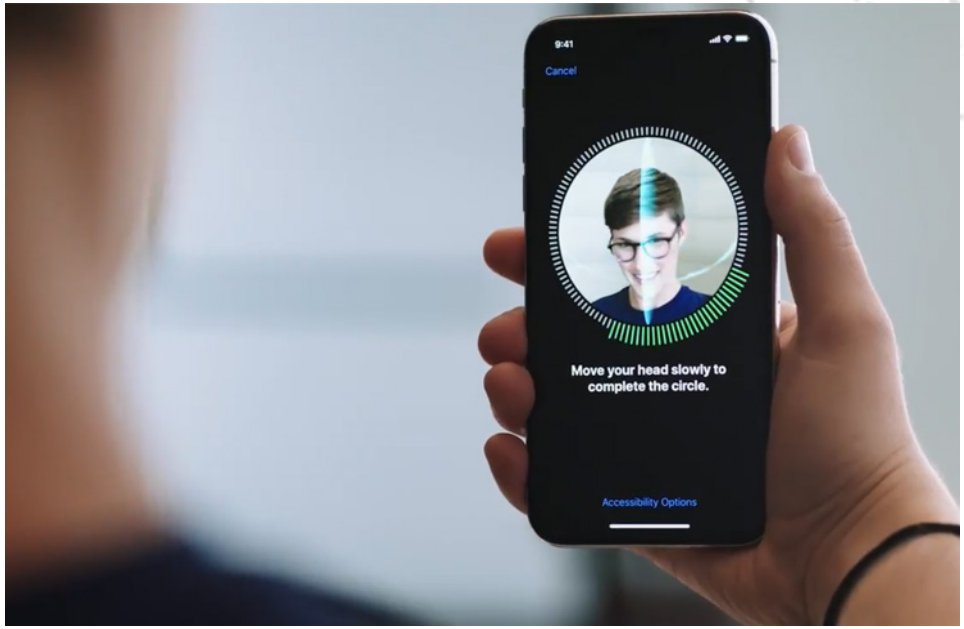


INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Face recognition



https://www.youtube.com/watch?v=FhbMLmsCax0

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

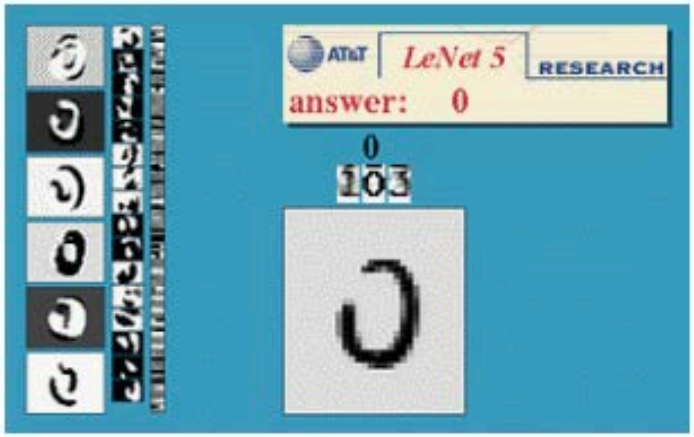
Biometrics

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Optical character recognition (OCR)

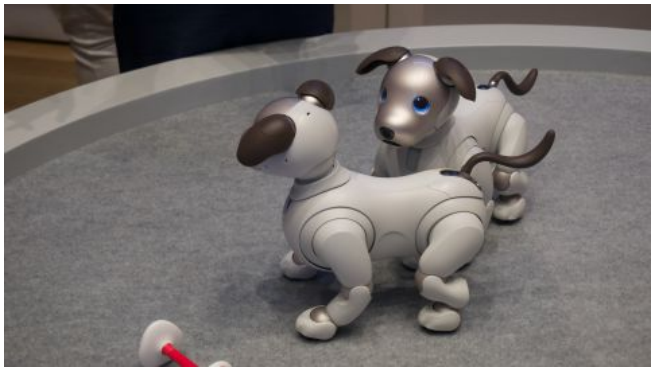


Digit recognition, AT&T labs

License plate readers
http://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_number_plate_recognition

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Toys & robots



INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

BIP LAB

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

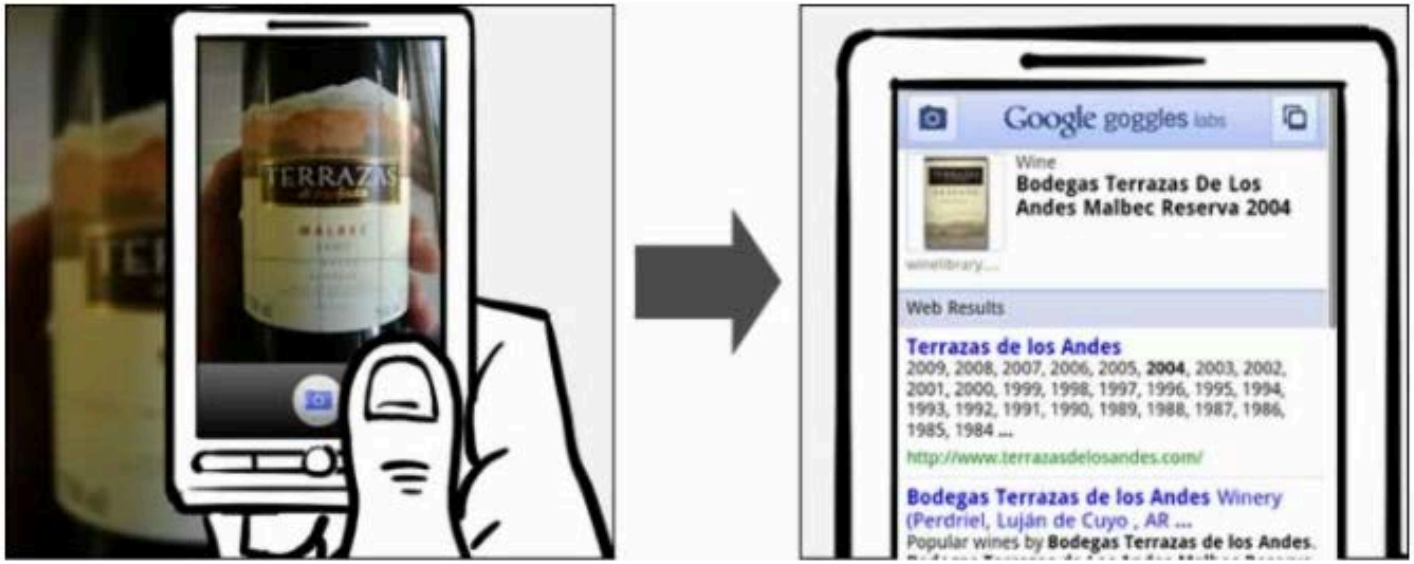
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Mobile visual search: Google Goggles

Google Goggles in Action

Click the icons below to see the different ways Google Goggles can be used.

Google goggles labs



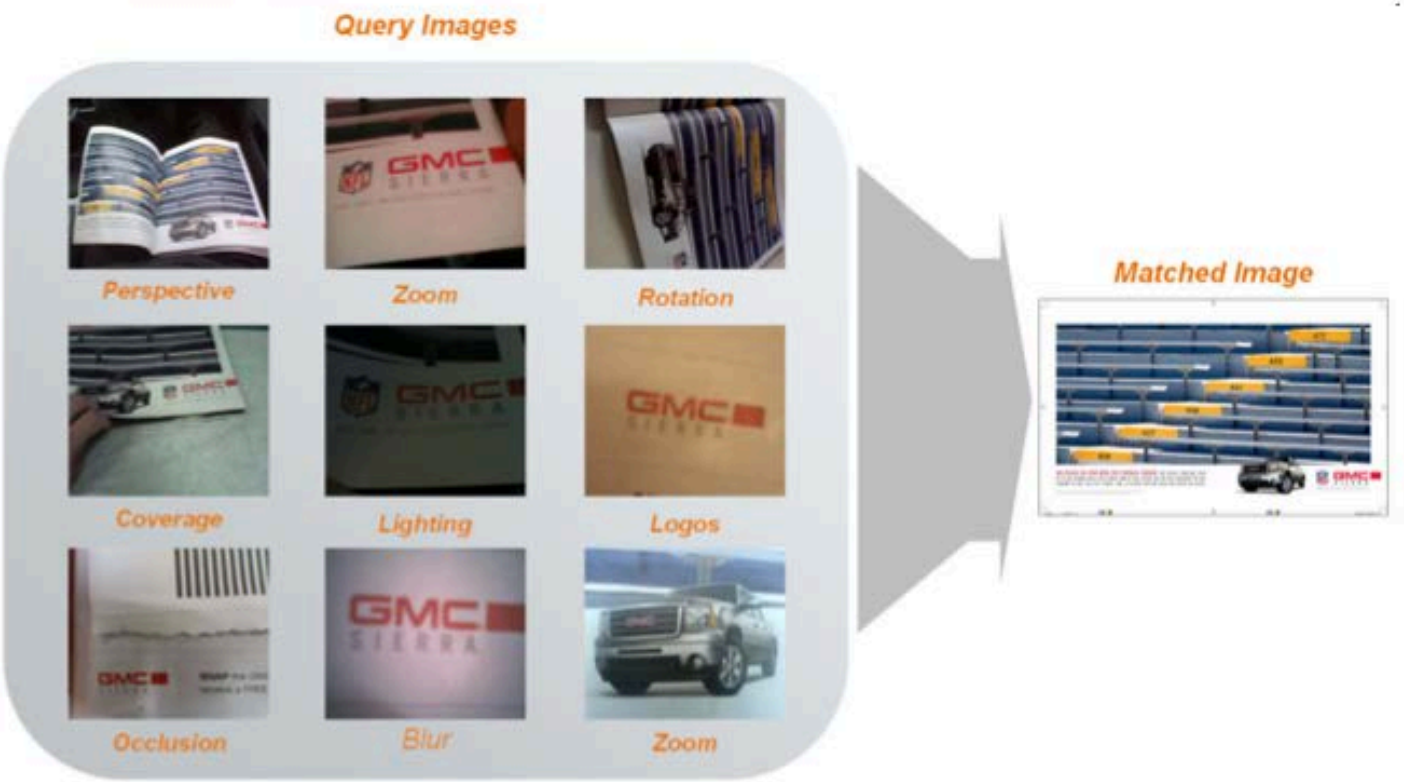
Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Mobile visual search: iPhone apps

snaptell

kooaba



Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Automotive safety

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

BIP LAB

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Where are we now?

https://www.youtube.com/watch?v=OoC8oH0CLGc

Transfer control: Human and machine.
Two cameras in the driver: face and back.
2 Deep NN: Raw segmentation + Object detection
Glance reading classification: 3D CNN
High level planning decisions:

- Transfer control or stop vehicle
- Decision fussion algorithm
  - Combines:
  - Risk factor at the external environment
  - Driver state (paying attention?)

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Vision in supermarkets

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Vision based interaction

Microsoft Kinect

Assistive technologies

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

Working with images

Method	Accuracy
Best from [10]	77.8 ± 1.3
Best from [23]	79.3 ± 0.0
Proposed using single crop	85.9 ± 1.4
Proposed using over-sample	$\mathbf{86.8 \pm 1.4}$

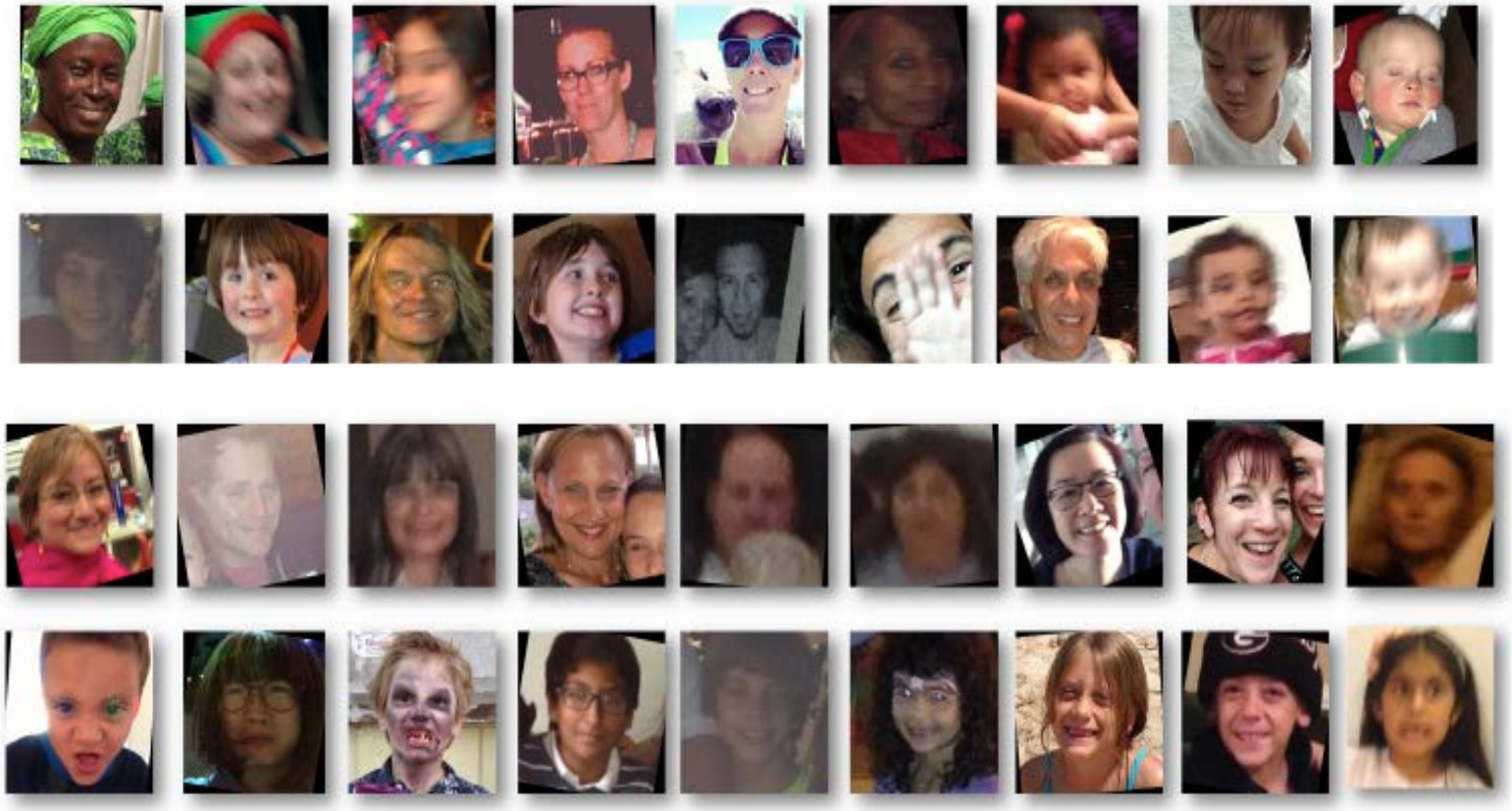
Table 2. **Gender estimation results on the Adience benchmark.** Listed are the mean accuracy $\pm$ standard error over all age categories. Best results are marked in bold.

Method	Exact	1-off
Best from [10]	45.1 ± 2.6	79.5 ± 1.4
Proposed using single crop	49.5 ± 4.4	84.6 ± 1.7
Proposed using over-sample	$\mathbf{50.7 \pm 5.1}$	$\mathbf{84.7 \pm 2.2}$

Table 3. **Age estimation results on the Adience benchmark.** Listed are the mean accuracy $\pm$ standard error over all age categories. Best results are marked in bold.

1-off means that the correct decision is the nearest neighbor to the current decision.

Working with images is hard



INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL

Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Credits

These slides are partially based on:

Niebles and Fei-Fei. Introduction to computer vision. Stanford AI Lab

INSTITUTO UNIVERSITARIO SIANI
INGENIERIA COMPUTACIONAL
BIP LAB
Edificio Central del Parque Tecnológico
Campus Universitario de Tafira
35017 Las Palmas de Gran Canaria
e-mail: info@siani.es · www.siani.es
UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA