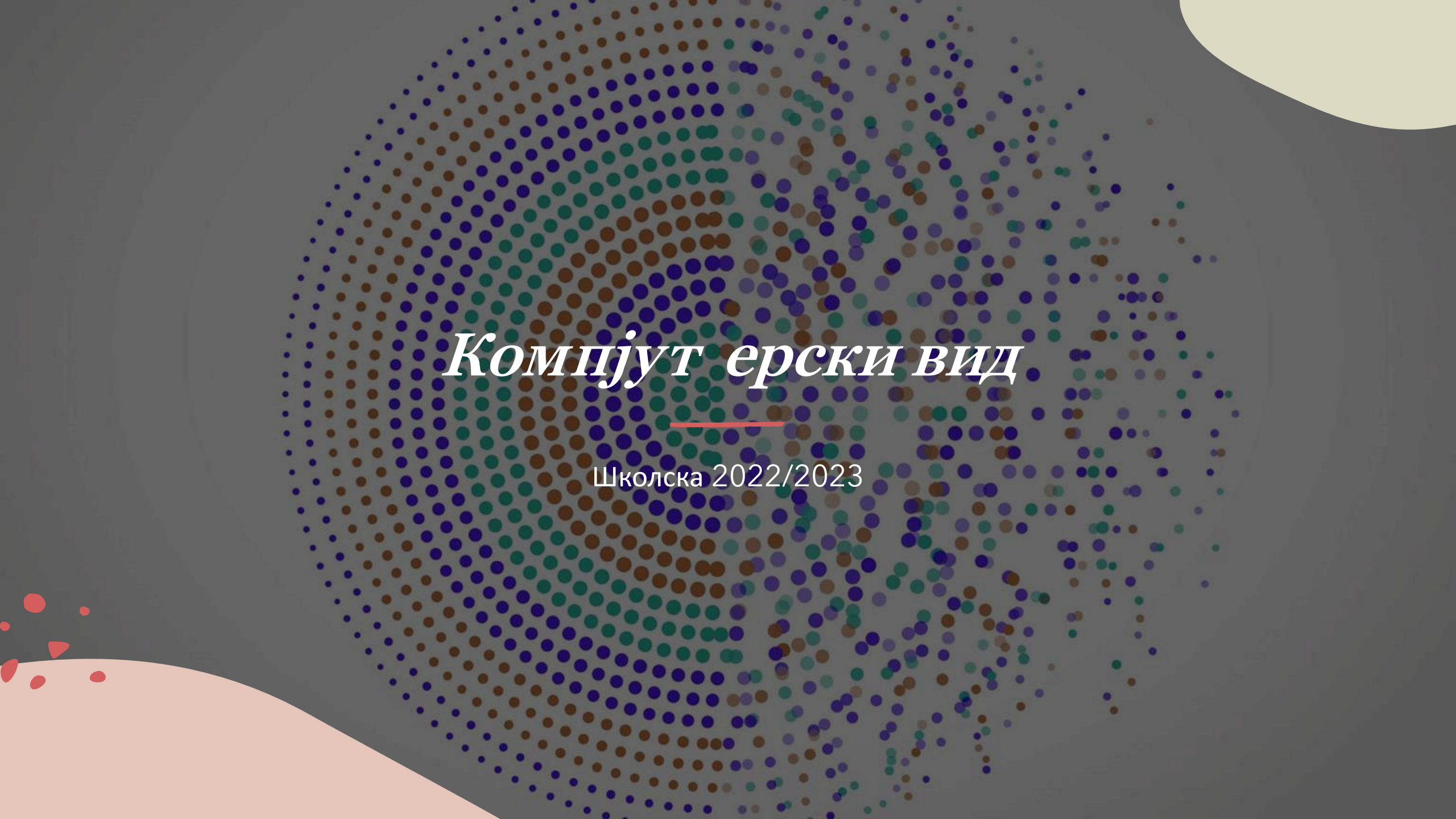




Компјутерски вид

Школска 2022/2023

План рада

1. Морфолошки оператори
2. Template matching
3. Feature matching

Морфолошки операт ори

- Обрада заснована на облику (морфологија)
- Вредност сваког пиксела у излазној слици зависи од резултата поређења са суседним пикселима
 1. Dilation – вредност сваког пиксела је максимална вредност свих пиксела у окружењу (нпр. пиксел се поставља на 1 ако је бар неки од његових суседа 1)
 - Резултат: нпр. попуњавање мањих рупа на слици
 2. Erosion – Вредност сваког пиксела се је минимална вредност свих пиксела у окружењу (нпр. пиксел се поставља на 0 ако је бар неки од његових суседа 0)
 - Резултат: уклањање мањих објеката (нпр. шума)

****суседни пиксели** – посматрају се заједно када се филтером прелази преко слике

Морфолошки оператори

- Варијанте:
 - Opening - erosion + dilation
 - Closing - dilation + erosion
 - Gradient - dilation - erosion

Практ ичне вежбе

1. Морфолошки оператори

Template matching

1. Циљ пронаћи дати шаблон на слици

шаблон



слика



Template matching

шаблон



t

слика



f

1. Циљ пронаћи дати шаблон на слици
2. Метод заснован на корелацији
 1. Прећи шаблоном преко слике и на свакој локацији измерити поклапање са шаблоном
 2. Поклапање се (највероватније) налази на позицији где је разлика слике и шаблона минимална

$$E[i, j] = \sum_m \sum_n (f(m, n) - t[m - i, n - j])^2$$

$$E[i, j] = \sum_m \sum_n (f(m, n)^2 - 2f(m, n) t[m - i, n - j] + t[m - i, n - j]^2)$$

Template matching

шаблон



t

слика



f

$$E[i, j] = \sum_m \sum_n (f(m, n) - t[m - i, n - j])^2$$

$$E[i, j] = \sum_m \sum_n (f(m, n)^2 - 2f(m, n) t[m - i, n - j] + t[m - i, n - j]^2)$$

минимизација

=

максимизација

$$R[i, j] = \sum_m \sum_n (f(m, n) t[m - i, n - j])$$

Cross-correlation $t \otimes f$

Template matching

шаблон



t

слика



f

Cross-correlation $t \otimes f$ $R[i, j] = \sum_m \sum_n (f(m, n) t[m - i, n - j])$

Convolution $t * f$ $R[i, j] = \sum_m \sum_n (f(m, n) t[i - m, j - n])$

Cross-correlation је исто* што и конволуција са ротираним филтером.

*математички, ова „ситна“ разлика може да буде битна, али што се имплементације тиче, врло су сличне

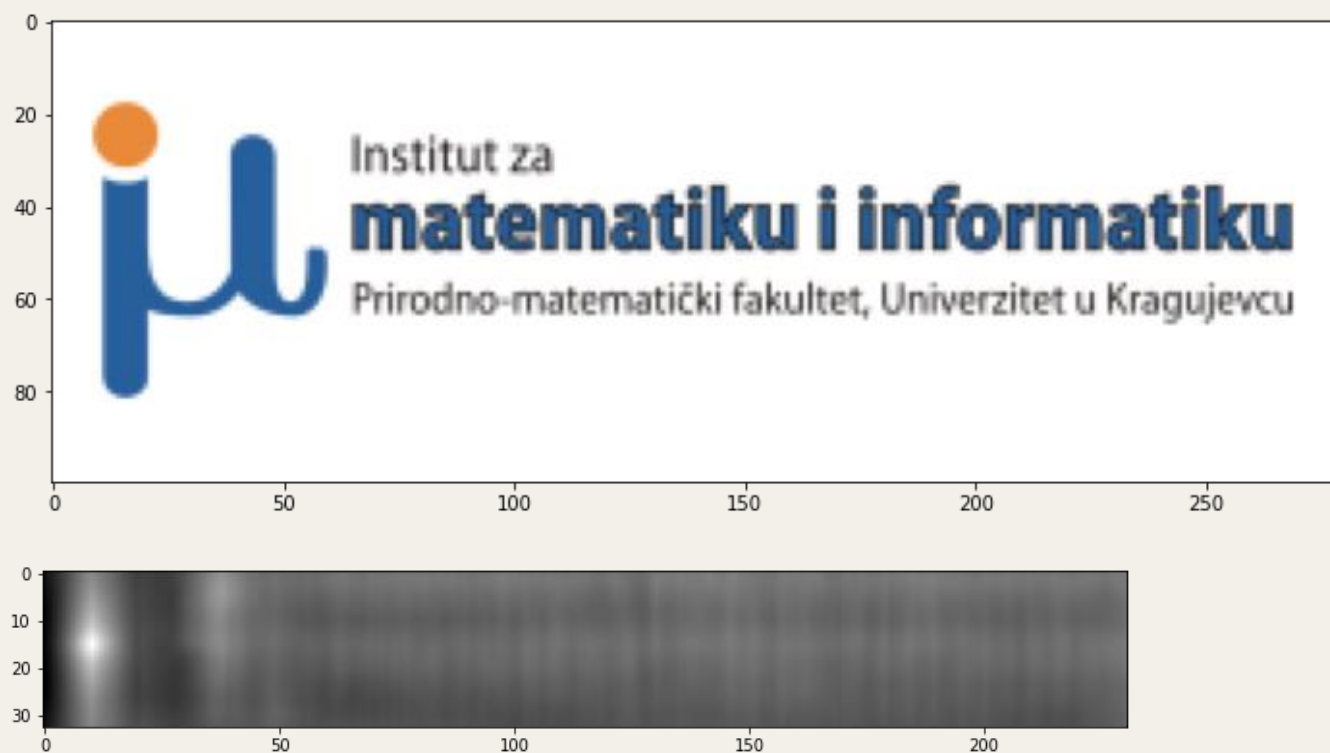
шаблон



слика



Template matching



Улазна слика: $W \times H$

Шаблон: $w \times h$

Резултат: $(W - w + 1) \times (H - h + 1)$

Template matching

шаблон



слика



Резултат



Улазна слика: $W \times H$

Шаблон: $w \times h$

Резултат: $(W - w + 1) \times (H - h + 1)$

Template matching

1. Поређење шаблона и слике
2. Недостатак: тачна копија шаблона мора да се појави на слици

Feature matching

- Сlike могу бити упарене на основи битних карактеристика – енг. **feature**
 - На основу којих карактеристика би се упариле ове сlike?



Feature matching

- Сlike могу бити упарене на основи битних карактеристика – енг. **feature**
 - На основу којих карактеристика би се упариле ове сlike?
 - ❖ Врхови планине, однос планине и неба, делови хоризонта, предео покривен снегом који је исти на обе сlike
 - ❖ Изглед куће, облик прозора, шаблон по коме се снег појављује на крову



Feature matching

- Сlike могу бити упарене на основи битних карактеристика – енг. **feature**
 - На основу којих карактеристика би се упариле ове сlike? – **keypoint features or interest points**
 - ❖ Врхови планине, однос планине и неба, делови хоризонта, предео покривен снегом који је исти на обе сlike
 - ❖ Изглед куће, облик прозора, шаблон по коме се снег појављује на крову

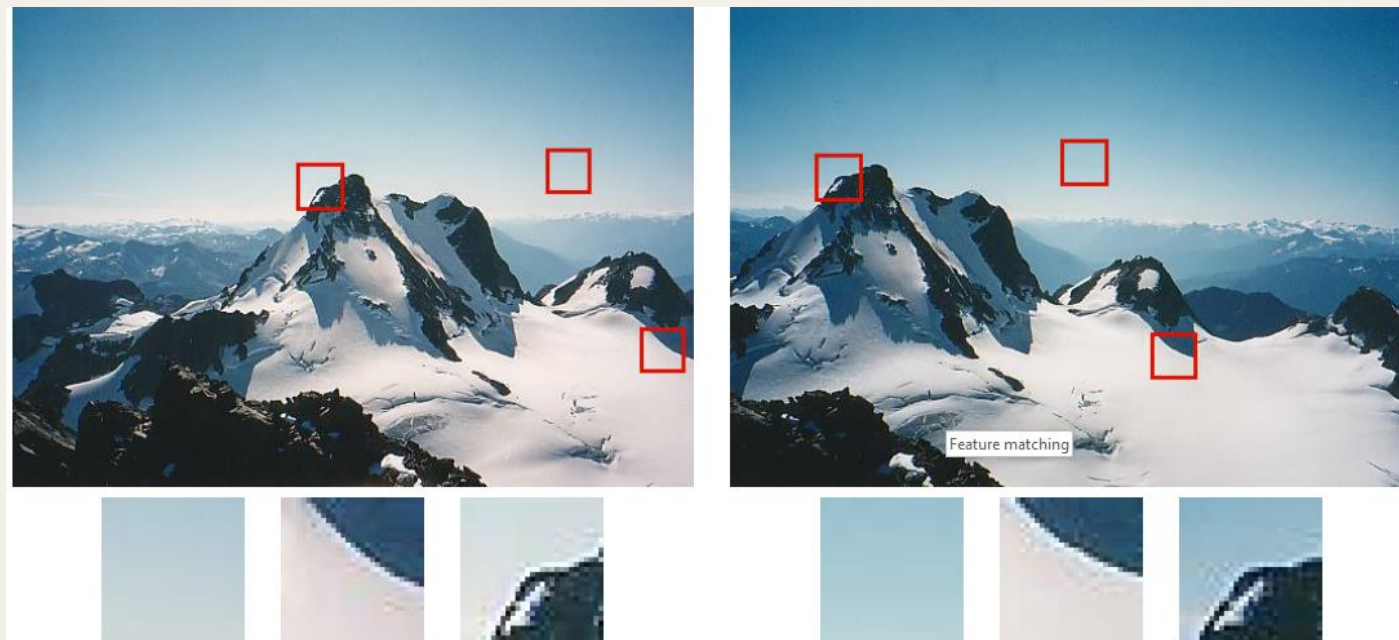


Feature matching

1. Feature detection
2. Feature description
3. Feature matching

1. Feature detection

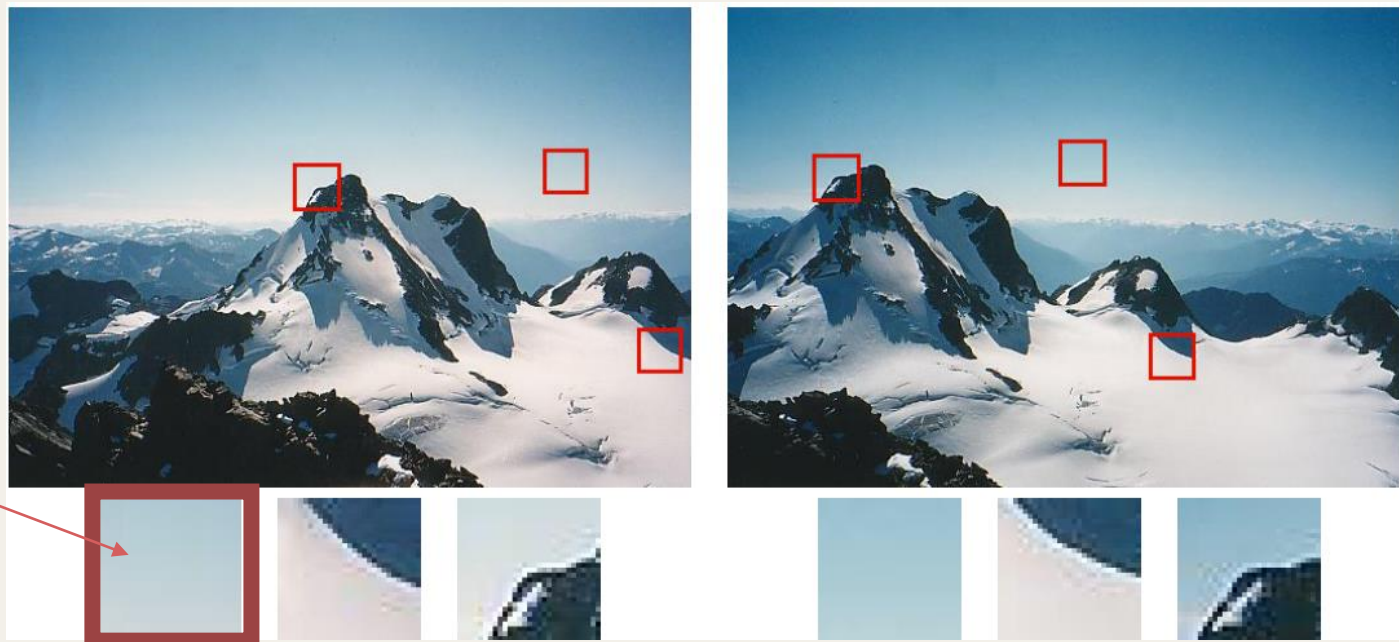
- Одредити делове слике који би могли да буду значајни за упаривање
 - Шта су то добре карактеристике које би требало идентификовати?



1. Feature detection

- Одредити делове слике који би могли да буду значајни за упаривање
 - Шта су то добре карактеристике које би требало идентификовати?

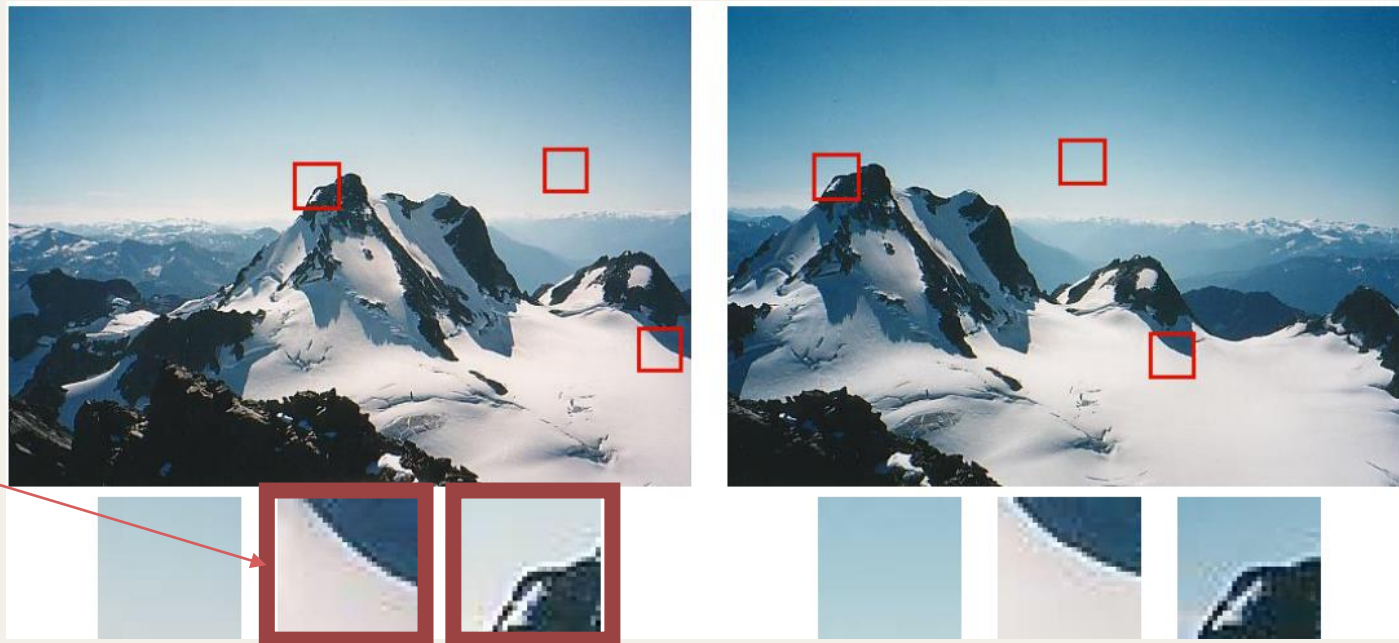
Тешко је одредити где се овакав шаблон налази на слици (неинформативно)



1. Feature detection

- Одредити делове слике који би могли да буду значајни за упаривање
 - Шта су то добре карактеристике које би требало идентификовати?

Шаблони са јаким контрастом (градијентни шаблони) су лакши за детекцију



1. Feature detection

- Одредити делове слике који би могли да буду значајни за упаривање
 - Шта су то добре карактеристике које би требало идентификовати?
 - Карактеристична текстура
 - Нагла промена оријентације ивице
 - Пресечна тачка више ивица
 - Које су особине добрих карактеристика?
 - Добро дефинисана позиција у оквиру слике (препознатљива)
 - Стабилна у односи на промене као што су осветљење (поновљивост детекције)
 - Како одабрати карактеристике
 - На основу осветљења - градијенти слике
 - На основу ивица

1. Feature detection

- Неки алгоритми за идентификацију битних карактеристика (кључних тачака)
 - ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)
 - SIFT(Scale Invariant Feature Transform)
 - Harris Corner

2. Feature description

1. Сваки feature (кључна тачка) се описује
 - Околним пикселима
 - На начин који би (идеално) требало да буде инваријантан на транслацију, ротацију, осветљење итд.
 - Да би могао да се пронађе и на трансформисаној слици
2. Резултат је descriptor vector – нумерички „отисак прста“ сваког одабраног feature-а

2. Feature description

- Алгоритми
 1. SIFT(Scale Invariant Feature Transform)
 2. BRISK (Binary Robust Invariant Scalable Keypoints)
 3. BRIEF (Binary Robust Independent Elementary Features)
 4. ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)
 5.
- Алгоритми обично комбинују feature detection и feature descriptors

3. Feature matching

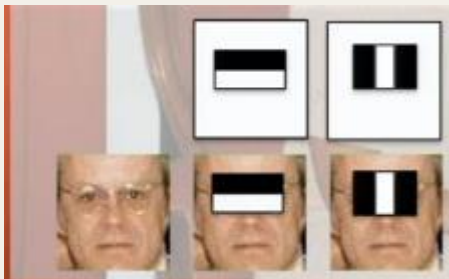
- Добијени feature descriptors који су извучени из сваке слике се пореде и упарују
- Алгоритми
 1. Brute-Force Matcher
 2. FLANN(Fast Library for Approximate Nearest Neighbors) Matcher

Feature matching – Face detection

Viola and Jones, 2001

Face detection

Haar features

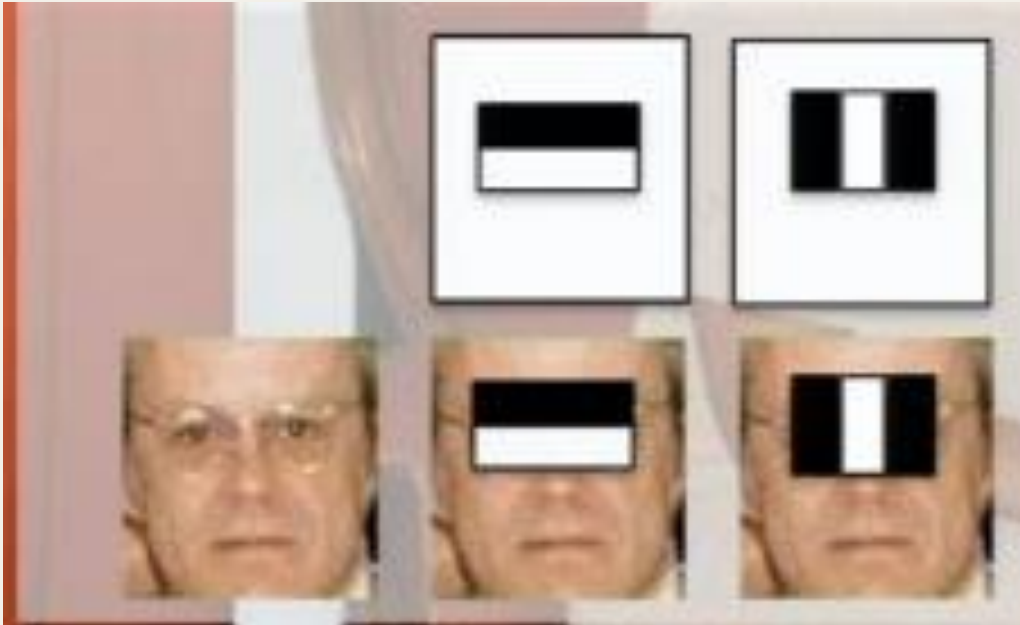


Feature matching – Face detection

1. Проблеми

1. Не знамо колико је велика област у којој се налази лице – различите скале
2. Потребно је да детекција ради брзо
3. Детекција треба да буде робустна на додатке – шминка, наочаре, капе итд.

Feature matching – Haar features



- Бинарни филтери
- Резултат: један део слике се одузима од другог
- Дакле, траже се они делови слике који су некој оријентацији тамнији (светлији) од другог

Feature matching – Haar features



$\otimes$  H_A

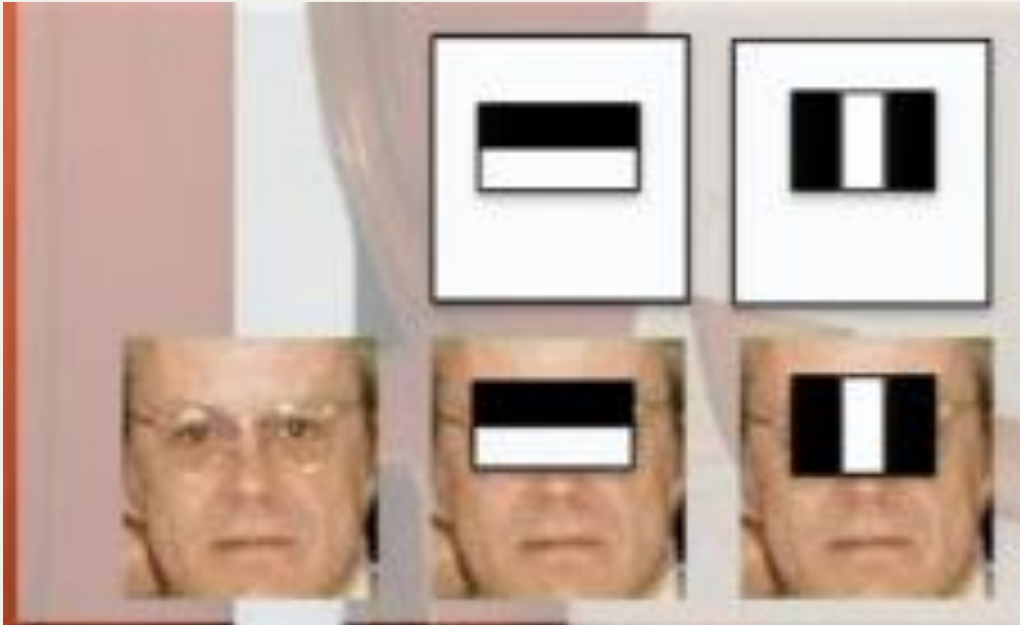
White = 1, Black = -1

Response to Filter H_A at location (i, j) :

$$V_A[i, j] = \sum_m \sum_n I[m - i, n - j] H_A[m, n]$$

- Пошто је филтер бинарни, рачунање се своди на сабирање и одузимање
- Брже и ефикасније од множења

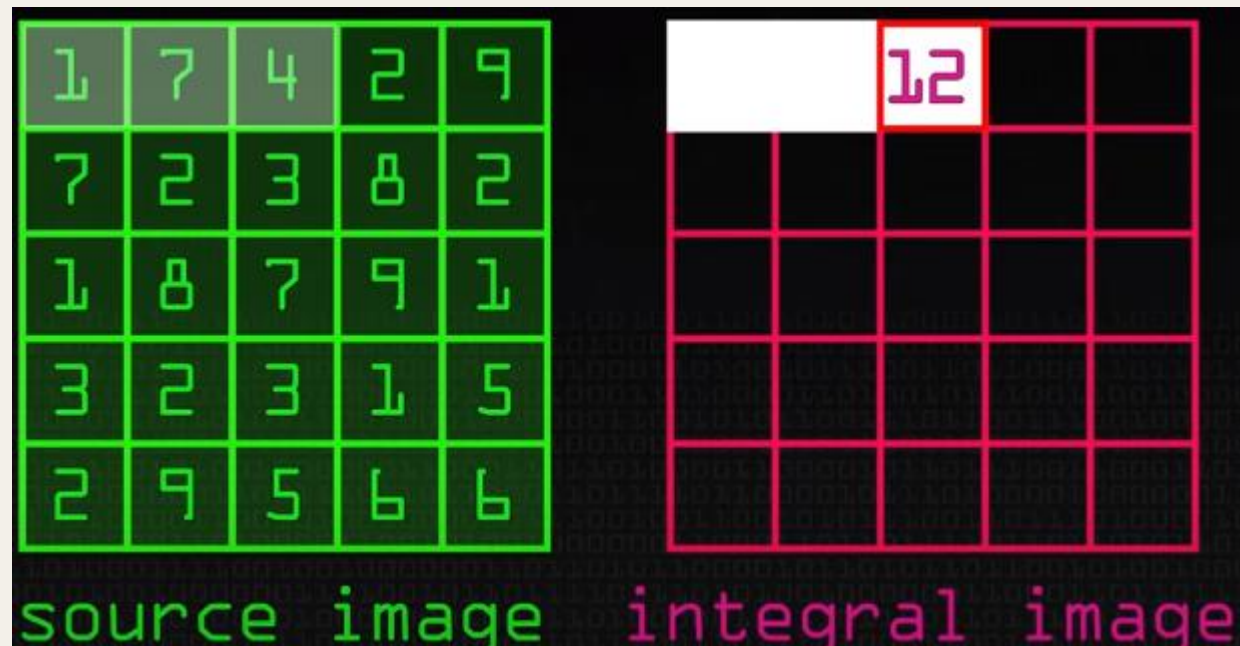
Feature matching – Haar features



- Сваки филтер може да буде другачије величине
 - На пример, по један 2×2 , 10×10 , 100×100
 - Од величине филтера зависи који делови слике се упоређују
 - Много различитих могућности и рачунања
 - Решење: интегрална слика

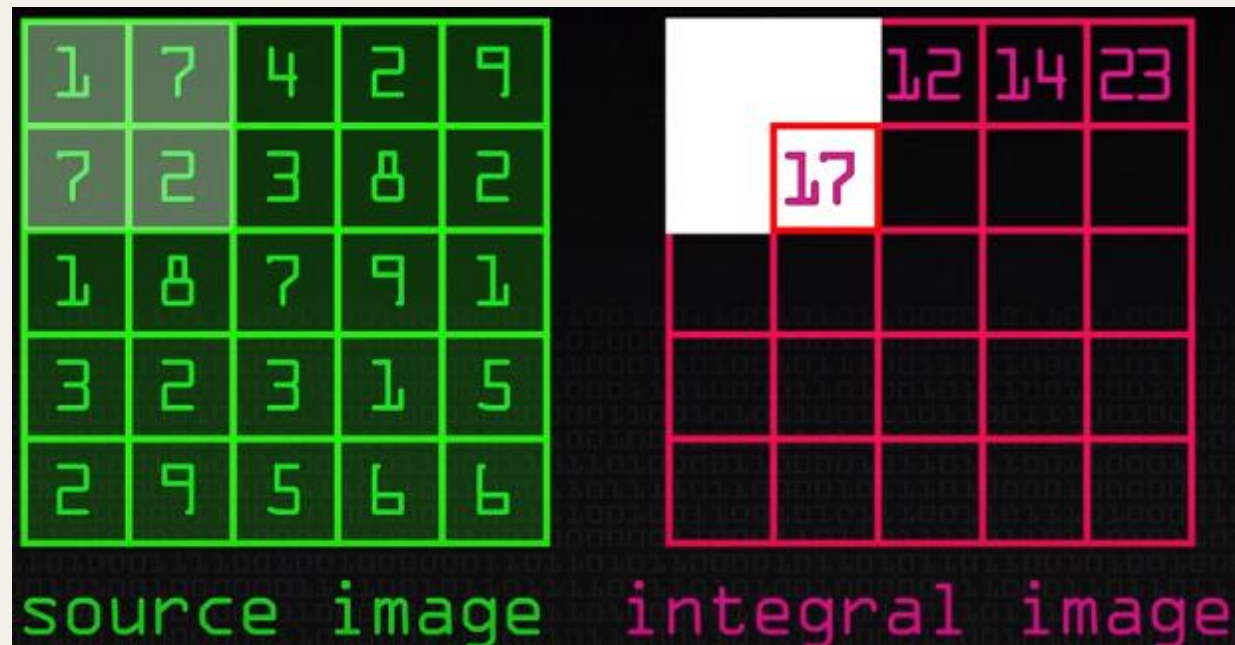
Feature matching – Integral image

1. Интегрална слика на локацији (i,j) је сума свих пиксела лево изнад тог пиксела



Feature matching – Integral image

1. Интегрална слика на локацији (i,j) је сума свих пиксела лево изнад тог пиксела



Feature matching – Integral image

1. Интегрална слика на локацији (i,j) је сума свих пиксела лево изнад тог пиксела

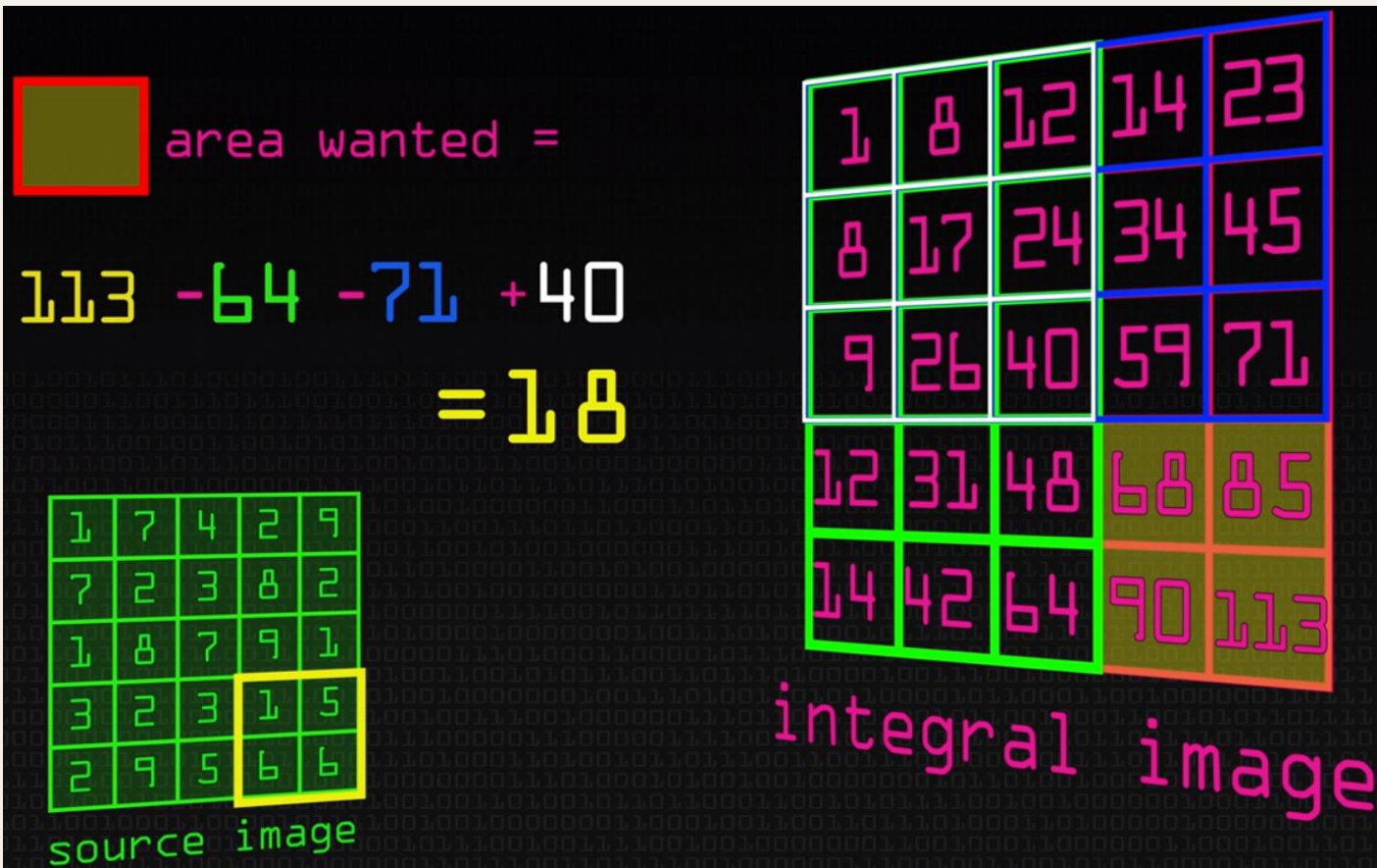


Feature matching – Integral image

1. Интегрална слика на локацији (i,j) је сума свих пиксела лево изнад тог пиксела

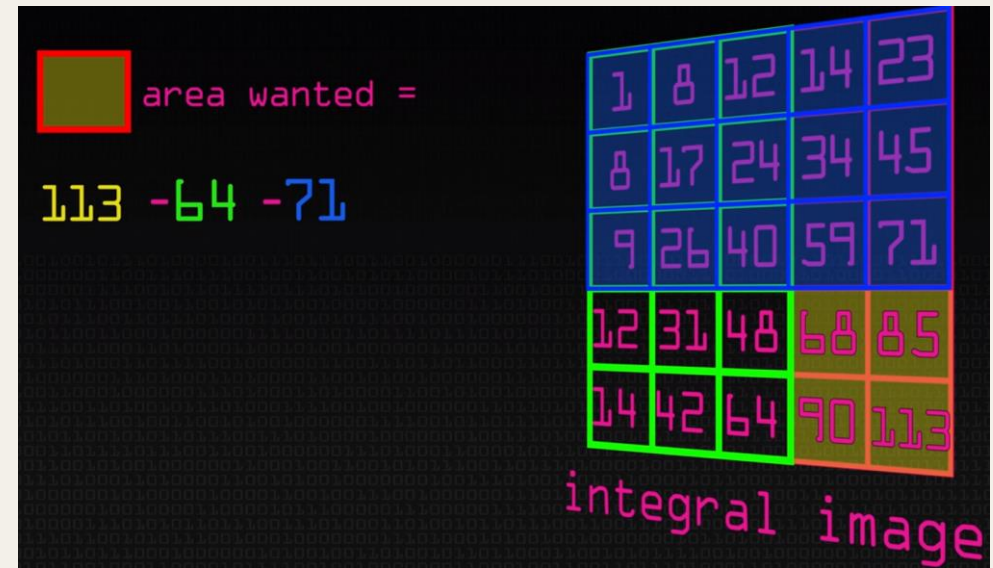
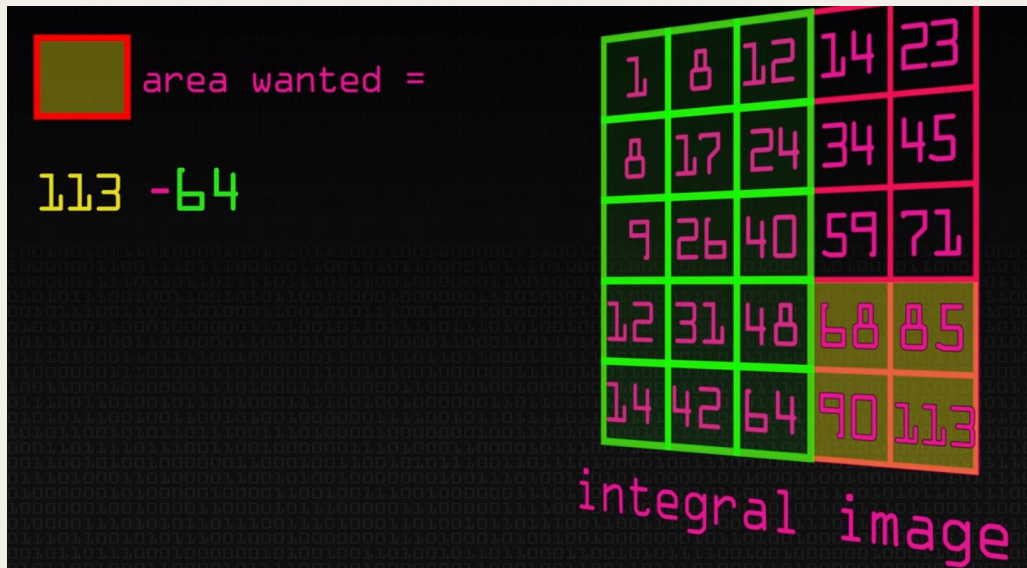
1	7	4	2	9	1	8	12	14	23
7	2	3	8	2	8	17	24	34	45
1	8	7	9	1	9	26	40	59	71
3	2	3	1	5	12	31	48	68	85
2	9	5	6	6	14	42	64	90	113
source image					integral image				

Feature matching – Integral image

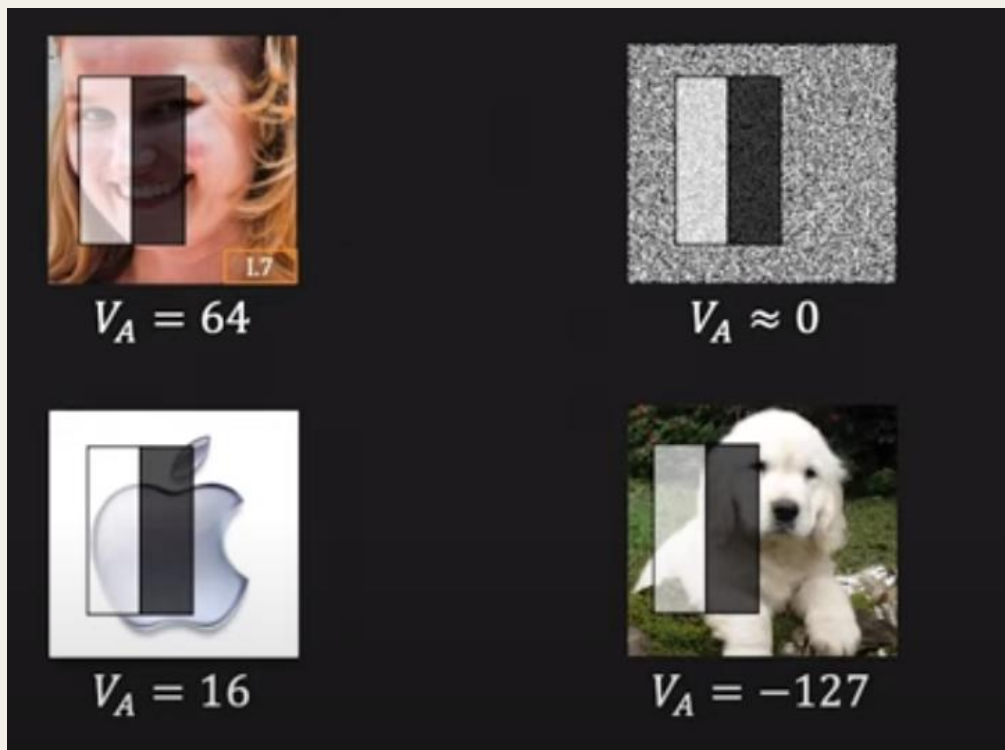


- Значајно убрзава израчунавање

Feature matching – Integral image

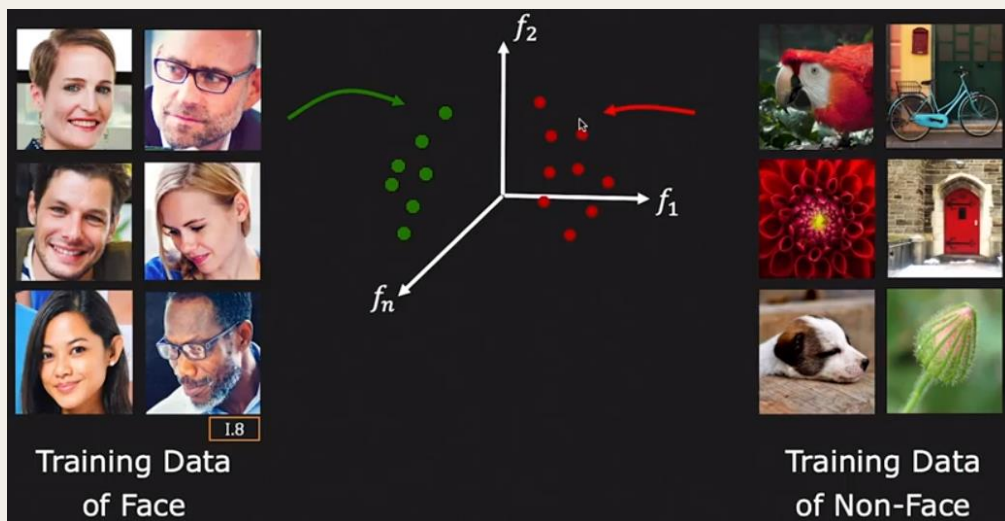


Feature matching – Haar features



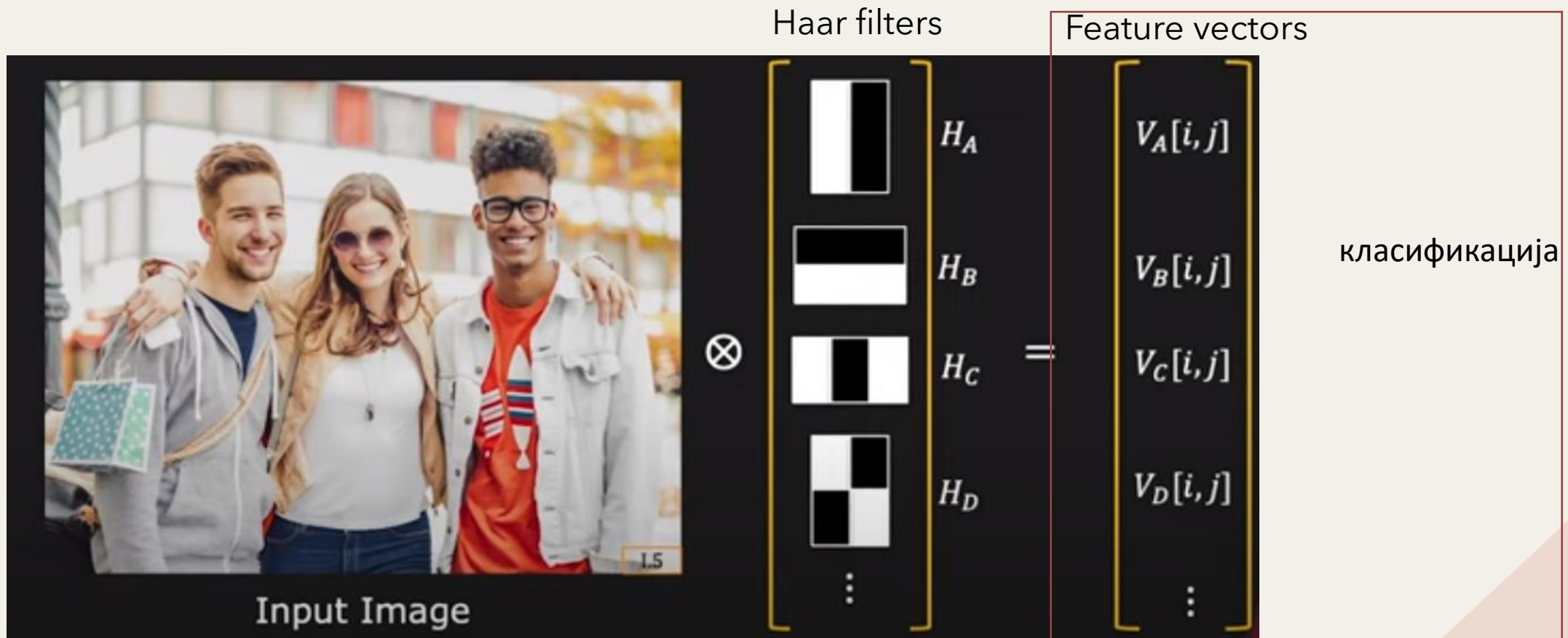
- Постоји много различитих могућности за филтере
- Тренингом (приступ машинског учења) се одабрало који филтери најбоље реагују на појаву лица
 - Такви филтери имају слаб одзив на сликама другачијег типа што их чини погодним за детекцију лица

Feature matching – Haar features



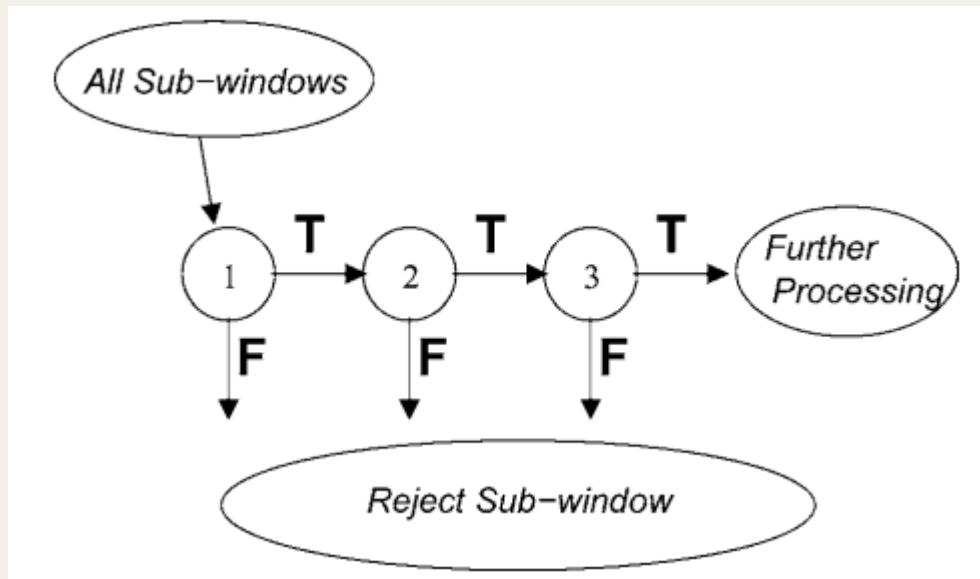
- Постоји много различитих могућности за филтере
- Тренингом (приступ машинског учења) се одабрало који филтери најбоље реагују на појаву лица
 - Такви филтери имају слаб одзив на сликама другачијег типа што их чини погодним за детекцију лица
- Тренинг је обухватио много слика лица и много слика које нису лице

Feature matching – Face detection

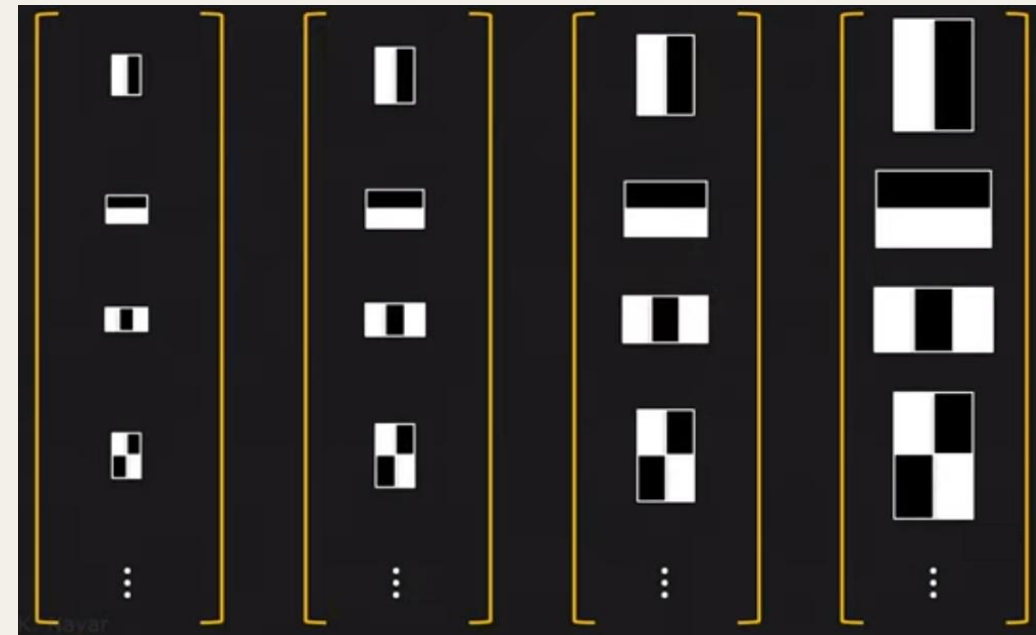


Feature matching – Face detection

Каскадна детекција



Haar filters (различите величине)



Face detection in practice

- Банка готових филтера за лице и делове лица
- Каскадни класификатори
 - Одабрани филтери су груписани у различите групе, које се једна по једна примењују на слику, у каскадном режиму
 - Ако нема детекција у првој групи за задати део слике, прелази се на следећи део слике
 - Ако има детекција, прелази се на следећу групу филтера (следећа каскада)
 - Део слике који прође све каскаде је лице!

Оригинални рад: <https://www.face-rec.org/algorithms/boosting-ensemble/16981346.pdf>

Практичне вежбе

1. Детекција лица

Материјал за самостални рад

1. Примери завршних радова

1. <http://elibrary.matf.bg.ac.rs/handle/123456789/3902>
2. http://www.racunarstvo.matf.bg.ac.rs/MasterRadovi/2018_09_14_BojanMarkovic/rad.pdf
3. https://www.etf.bg.ac.rs/uploads/files/javni_uvid/izvestaji/doktorske/2021/11/Natasa%20Vlahovic%20doktorska%20disertacija.pdf
4. <https://repozitorij.fsb.unizg.hr/islandora/object/fsb:8247>
5. <https://repozitorij.pmfst.unist.hr/islandora/object/pmfst%3A1024>

2. Примери конференцијских радова

1. (на српском) <https://infoteh.etf.ues.rs.ba/zbornik/2016/radovi/RSS-5/RSS-5-6.pdf>
2. (на енглеском) <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1710/1710.02726.pdf>