

### VJEŽBA 4: SIFT

#### Opis vježbe:

Izraditi 2D model nekog objekta na temelju slike tog objekta snimljenog kamerom. Razmatrani model predstavlja skup 2D točaka detektiranih SIFT-metodom kojima su pridruženi lokalni deskriptori. Potrebno je raspoznati objekt na drugoj slici koji je također snimljen kamerom, ali iz drugog položaja.

#### Priprema:

- Downloadirati zip datoteku [SIFT Demo](#) te raspakirati sadržaj na C disk.
- Downloadirati [RV2DSIFT.cpp](#) i [RV2DSIFT.h](#) i uključiti u projekt.
- Analizirati i [Listing 4.1](#) (<http://moodle.etfos.hr/mod/resource/view.php?id=10995>)

#### Rad na vježbi:

U aplikaciji napravljenoj u prvoj vježbi treba dodati četiri nova gumba koja omogućuju sljedeće:

- Klikom na gumb “**Input first image**” učitava se prva slika koja se odmah prikazuje. Klikom na gumb “**Input second image**” učitava se drugu sliku koja se prikazuje pokraj prve učitane slike.
- Klikom na treći gumb “**Run SIFT**” omogućava se korisniku da mišem označi dio slike koji sadrži objekt od interesa, nakon čega se detektiraju SIFT značajke za označeni dio prve slike i SIFT značajke za cijelu drugu sliku. Treba označiti i prikazati značajke dobivene na obje slike te pravcima povezati slične značajke dobivene usporedbom.
- Klikom na četvrti gumb “**RANSAC**” pokreće se algoritam temeljen na RANSAC-pristupu koji na temelju geometrijskih ograničenja izbacuje krivo sparane značajke dobivene pod b). Pseudokod algoritma dan je u prilogu. Po završetku izvođenja navedenog algoritma program treba automatski označiti (uokviriti) detektirani objekt od interesa na drugoj slici.

#### Linkovi:

SIFT Demo	- <a href="http://www.cs.ubc.ca/~lowe/keypoints/siftDemoV4.zip">http://www.cs.ubc.ca/~lowe/keypoints/siftDemoV4.zip</a>
RV2DSIFT.cpp	- <a href="http://moodle.etfos.hr/mod/resource/view.php?id=10993">http://moodle.etfos.hr/mod/resource/view.php?id=10993</a>
RV2DSIFT.h	- <a href="http://moodle.etfos.hr/mod/resource/view.php?id=10994">http://moodle.etfos.hr/mod/resource/view.php?id=10994</a>

**Prilog****Random Sample Consensus (RANSAC)****I. Izgradnja modela objekta na osnovi slike predloška **A**:**

1. Postaviti k.s. objekta  $\tilde{S}_A$ ;
2. Detekcija značajki (npr. SIFT-metodom) – skup značajki  $M = \{F_i, i = 1, \dots, n\}$ ; svakoj značajki  $F_i$  pridružene su njezine koordinate  ${}^A\mathbf{m}_i$  u odnosu na  $\tilde{S}_A$

**II. Raspoznavanje objekta na slici **B**:**

1. Detekcija značajki – skup značajki  $M' = \{F'_j, j = 1, \dots, N\}$ ; svakoj značajki  $F'_j$  pridružene su njezine koordinate  $\mathbf{m}'_j$  u odnosu na  $S_I$
2. formirati skup parova  $T = \{(i, j)\}$ , gdje je  $i$  indeks značajke modela  $F_i \in M$ , a  $j$  indeks značajke  $F'_j \in M'$  detektirane na slici. Ovo sparivanje može se provesti na osnovi lokalnih deskriptora pridruženih značajkama modela, odnosno slike.
3.  $W^* \leftarrow \emptyset$
4. Ponavljanje koraka 5 do 12 određeni broj puta. Jedan je način procjene broja ponavljanja dan u [1].
5. Nasumično izaberi dva para  $(i, j)$  i  $(k, l)$  iz skupa  $T$  za koje vrijedi

$$\left| \left\| {}^A\mathbf{m}_i - {}^A\mathbf{m}_k \right\| - \left\| \mathbf{m}'_j - \mathbf{m}'_l \right\| \right| \leq \varepsilon,$$

gdje je  $\varepsilon$  neki zadani prag tolerancije.

6. Na osnovi izabranih parova značajki odrediti transformaciju koja točke  ${}^A\mathbf{m}_i$  i  ${}^A\mathbf{m}_k$  preslikava u točke  $\mathbf{m}'_j$  i  $\mathbf{m}'_l$ .

$$\mathbf{m}'_j = \sigma \cdot \mathbf{R}(\alpha) \cdot {}^A\mathbf{m}_i + {}^I\mathbf{t}_A, \tag{0-1}$$

$$\mathbf{m}'_l = \sigma \cdot \mathbf{R}(\alpha) \cdot {}^A\mathbf{m}_k + {}^I\mathbf{t}_A.$$

Transformacija predstavlja skaliranje s faktorom  $\sigma$ , rotaciju za kut  $\alpha$  i translaciju za vektor  ${}^I\mathbf{t}_A$ . Rješavanjem sustava jednažbi (0-1) određuju se parametri  $\sigma$ ,  $\alpha$  i  ${}^I\mathbf{t}_A$ .

7. Transformirati sve značajke modela transformacijom (0-1).
8. Odrediti skup parova  $W \subseteq T$ , takav da za svaki par  $(i, j) \in T$  vrijedi

$$\left\| \mathbf{m}'_j - \left( \sigma \cdot \mathbf{R}(\alpha) \cdot {}^A\mathbf{m}_i + {}^I\mathbf{t}_A \right) \right\| \leq \varepsilon$$

9. Ako je  $|W| > |W^*|$ , onda
10.  $W^* \leftarrow W$
11.  $\mathbf{w}^* \leftarrow [{}^I\mathbf{t}_A^T, \alpha]^T$
12.  $\sigma^* \leftarrow \sigma$
13. Rezultat je položaj objekta definiran vektorom  $\mathbf{w}^*$ . Ukoliko je udaljenost kamere od radne površine nepoznata odnosno promjenljiva, ona se može odrediti iz faktora skaliranja  $\sigma^*$ . Preciznija estimacija položaja objekta, kao i faktora skaliranja može se postići optmiranjem npr. metodom najmanjih kvadrata (engl. *least squares*). U tom se slučaju traže položaj objekta i faktor skaliranja za koje je vrijednost kriterijske funkcije

$$\mathfrak{J}({}^I\mathbf{t}_A, \alpha, \sigma) = \sum_{(i,j) \in W} \left\| \mathbf{m}'_j - (\sigma \cdot \mathbf{R}(\alpha) \cdot {}^A\mathbf{m}_i + {}^I\mathbf{t}_A) \right\|^2$$

minimalna.

Broj uzorkovanja može se odrediti tako da se uzorkovanje prekine kada broj uzoraka dostigne ili prestigne vrijednost

$$n_s = \log(1-P) / \log(1-(1-r)^2), \quad (0-2)$$

gdje je:

- $P$  – željena vjerojatnost odabira ispravnih parova  $(i, j)$  i  $(k, l)$  iz skupa  $T$
- $r$  – procijenjeni postotak neispravnih parova u  $T$  (engl. *outliers*)

S obzirom da je postotak outliera  $r$  često teško unaprijed procijeniti, može se primijeniti pristup koji se predlaže u [2], kod kojega se ovaj parametar procjenjuje nakon svakog izvođenja koraka 8 kao

$$r = 1 - \frac{|W^*|}{|T|}. \quad (0-3)$$

Sustav jednažbi (0-1) može se riješiti na sljedeći način. Oduzimanjem jednažbi (0-1) dobiva se

$$\mathbf{m}'_l - \mathbf{m}'_j = \begin{bmatrix} c & -d \\ d & c \end{bmatrix} ({}^A\mathbf{m}_k - {}^A\mathbf{m}_i), \quad (0-4)$$

gdje je  $c = \sigma \cos \alpha$  i  $d = \sigma \sin \alpha$ .

Jednažba (0-4) može se napisati u sljedećem obliku

$$\begin{bmatrix} \Delta u' \\ \Delta v' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta u & -\Delta v \\ \Delta v & \Delta u \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c \\ d \end{bmatrix}, \quad (0-5)$$

gdje je

$$\mathbf{m}'_l - \mathbf{m}'_j = \begin{bmatrix} \Delta u' \\ \Delta v' \end{bmatrix}, \quad {}^A\mathbf{m}_k - {}^A\mathbf{m}_i = \begin{bmatrix} \Delta u \\ \Delta v \end{bmatrix}.$$

Iz (0-5) slijedi

$$\begin{bmatrix} c \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta u & -\Delta v \\ \Delta v & \Delta u \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \Delta u' \\ \Delta v' \end{bmatrix}$$

Iz vrijednosti  $c$  i  $d$  mogu se izračunati parametri  $\alpha$  i  $\sigma$  na sljedeći način

$$\alpha = \text{atan2}(d, c), \quad \sigma = \sqrt{c^2 + d^2},$$

a vektor  ${}^I\mathbf{t}_A$  pomoću izraza

$${}^I\mathbf{t}_A = \mathbf{m}'_j - \begin{bmatrix} c & -d \\ d & c \end{bmatrix} {}^A\mathbf{m}_i.$$

**Literatura:**

- [1] M. A. Fischler and R. C. Bolles, "Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography," *Graphics and Image Processing*, vol. 24, no. 6, pp. 381–395, 1981.
- [2] R. Hartley, A. Zisserman, *Multiple View Geometry in Computer Vision*, Cambridge University Press, 2003.