

ELEC-E8118 Robotic Vision

Exam

16.2.2017

Questions are given in English and Finnish. Answers can be in either language.

Material allowed in exam: Written material (books, notes), calculator. No electronic materials.

1. Answer the questions briefly (max 4 lines per answer). (5 p.)
Vastaa kysymyksiin lyhyesti, enintään 4 riviä/vastaus.

- (a) How many point correspondences are needed to fit a 2D translational model?
Kuinka monta vastinpistettä tarvitaan 2D translaatiomallin sovitukseen?
- (b) What is the aperture problem?
Mikä on "aperture" ongelma?
- (c) Name two criteria (measures) for deciding how well two feature descriptors match.
Nimeää kaksi kriteeriä (mittaria), joilla voidaan määritellä, kuinka hyvin kaksi piirrettä vastaavat toisiaan.
- (d) Why is a Gaussian filter preferred to a box (averaging) filter ?
Miksi Gaussista suodatusta suositaan verrattuna keskiarvo suotimeen?
- (e) What is the motion field and how does it relate to optical flow?
Mikä on liikekenttä ja mikä on sen suhde optiseen vuohon?

2. Answer the following questions: (10 p.)
Vastaa seuraaviin kysymyksiin:

- (a) Consider the following 2 D filter

$$\begin{pmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -2 & 4 & -2 \\ -1 & 2 & -1 \end{pmatrix}.$$

To which kind of image structure it is most sensitive? What is the response of the filter for a constant (uniform) image?

Tarkastele yllä olevaa 2 D suodinta. Millaiseen rakenteeseen kuvassa se reagoi vahvimmin? Mikä on suotimen vaste vakio arvoiselle kuvalle?

- (b) How do you make a region descriptor rotationally invariant?
Kuinka kuva alueen piirteestä tehdään rotaatio invariantti?
- (c) List the main 3-5 steps of RANSAC as applied to line fitting with outliers.
Listaa 3-5 päätävihetta RANSAC algoritmissa sovellettuna viivan sovitukseen, kun osa havainnoista on poikkeavia (outlier).
- (d) 2 D homography H is a 3 by 3 matrix that describes transform of point locations between two images as $\mathbf{p}_2 = H\mathbf{p}_1$ where \mathbf{p}_i are homogeneous 2 D points. Give the matrix H_R that corresponds to translation of image 1 by 10 pixels to the right. Give also the matrix H_Z that corresponds to the zoom of image 1 by a factor of 2 while leaving the origin in place.
2 D homografia H on 3×3 matriisi, joka kuvailee muunnosta kahden kuvan välillä yhtälön $\mathbf{p}_2 = H\mathbf{p}_1$ mukaan, jossa \mathbf{p}_i ovat 2 D homogenisia pisteitä. Anna matriisi H_R joka vastaa kuvan 1 siirtymää 10 pikselillä oikealle. Anna myös matriisi H_Z joka kuvailee kuvan 1 zoomausta kertoimella 2 pitäen origon paikallaan.
- (e) Consider a robot driving straight ahead taking two pictures of the environment in front of it. Where is the epipole in the first image. Where are the epipolar lines?
Tarkastellaan robottia, joka ajaa suoraan eteenpäin ja ottaa kaksi kuvaa edessä olevasta ympäristöstä. Missä on näiden kuvien määritämä epipoli ensimmäisessä kuvassa? Missä ovat epipolaarisuorat?

3. 3 D reconstruction from video (5 p.)

Write a structured answer describing how 3 D models can be reconstructed from video (image sequence). You can use the following questions as hints, but you are not limited to answering those: What steps are needed in the process? What information is moving between the steps? What is required from the video in order to allow reconstruction?

As a five point question, you need to give a structured answer demonstrating your understanding of the topic. Use full sentences. In addition to text, you can draw figures to help describe issues.

Kirjoita hyvin jäsennelty vastaus kysymykseen, kuinka 3 D malleja voidaan rekonstruoida videosta. Voit käyttää seuraavia kysymyksiä vihjeinä, mutta ei ole tarvetta rajoittua niihin: Mitä vaiheita prosessissa tarvitaan? Mitä informaatiota siirtyy vaiheesta toiseen? Mitä videolta vaaditaan, jotta rekonstruktio olisi mahdollinen?

Viiden pisteen kysymyksenä vastauksesi tulee olla hyvin jäsennelty ja näyttää ymmärryksesi kysymyksen aiheesta. Käytä täydellisiä lauseita. Voit käyttää tekstin ohessa kuvia helpottamaan käsittelyiden kuvauamista.

4. Perspective projection (5 p.)

Consider a perspective camera with intrinsic calibration

$$K = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

- (a) Show that under perspective projection, the projection of a 3 D line is a 2 D line in the image.
Hint: A 3 D line can be written as

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} u_X \\ u_Y \\ u_Z \end{pmatrix}$$

where $u = (u_X, u_Y, u_Z)^T$ is a unit vector and $t \in \mathbb{R}$.

- (b) Show that under perspective projection, the projected images (2 D lines) of parallel lines in 3 D intersect at a point (vanishing point).

Now, consider a weak perspective camera, with projection matrix

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c \end{pmatrix}$$

where $c = f/Z_{avg}$ is a constant.

- (c) Show that also under weak perspective, the projection of a 3 D line is a 2 D line.
(d) Do the projected images of parallel 3 D lines intersect at a point under weak perspective?
That is, is there a similar vanishing point under weak perspective?

Tarkastellaan yllämainitun matriisin K avulla määritettyä perspektiivikameraa.

- (a) *Näytä, että 3 D suoran perspektiiviprojektio on 2 D suora. Katso yltä vihje 3 D suoran yhtälöstä.*
(b) *Näytä, että yhdensuuntaisten 3 D suorien projektiot leikkaavat pisteessä (pakopiste).*

Tarkastellaan seuraavaksi heikkoa perspektiiviä, jota kuvaaa yllä esitetty projektiomatriisi P .

- (c) *Näytä, että myös heikossa perspektiivissä 3 D suoran projektio on 2 D suora.*
(d) *Leikkaavatko yhdensuuntaisten 3 D suorien projektiot pisteessä heikossa perspektiivissä kuten aiemmin? Toisin sanoen, onko tällöin samankaltaista pakopistettä?*