
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2014/2015 Academic Session

December 2014/January 2015

CCS513 – Computer Vision and Image Analysis
[Penglihatan Komputer dan Analisis Imej]

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

INSTRUCTIONS TO CANDIDATE:

[ARAHAN KEPADA CALON:]

- Please ensure that this examination paper contains **FOUR** questions in **ELEVEN** printed pages before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **EMPAT** soalan di dalam **SEBELAS** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

- Answer **ALL** questions.

*[Jawab **SEMUA** soalan.]*

- You may answer the questions either in English or in Bahasa Malaysia.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam bahasa Inggeris atau bahasa Malaysia.]

- In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]

1. (a) The histograms of two images are illustrated in Figure 1. Sketch a transformation function that will improve the contrast of each image. Note that f is pixel intensity.

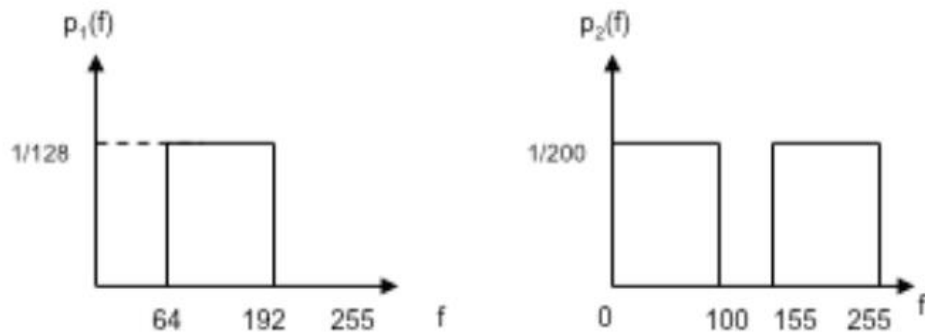


Figure 1

(9/100)

- (b) The images shown in Figure 2 are quite different but their histograms are the same. Suppose that each image is blurred with a 3×3 averaging mask:

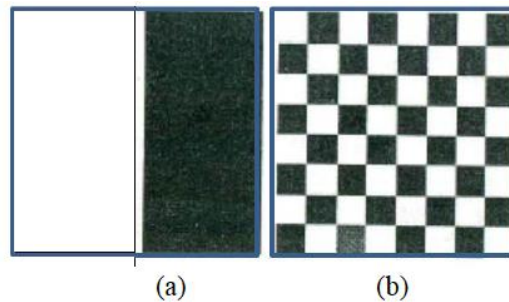


Figure 2

- (i) Would the histogram of the blurred images be still equal? Explain.
- (ii) If the histograms are not equal, sketch the two histograms.

(6/100)

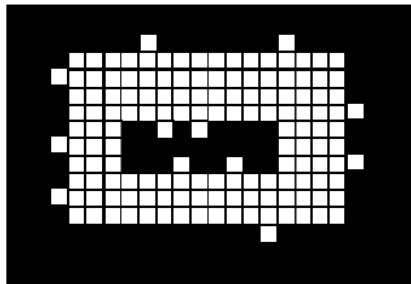
- (c) The results obtained by a single application of a 2D filter can be achieved also by applying two individual 1D filters. For example, the same result of using a 3x3 smoothing mask with coefficients 1/9 can be obtained by the following process pipeline: Applying a mask the image in the horizontal direction. The result of this is then followed by applying a mask $\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ in the vertical direction. The final result is then scaled by 1/9.

Taking a clue from the above, show that the response of Sobel mask $\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$ can be implemented similarly by the differentiating mask $\begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ followed by a smoothing mask $[1 \ 2 \ 1]$.

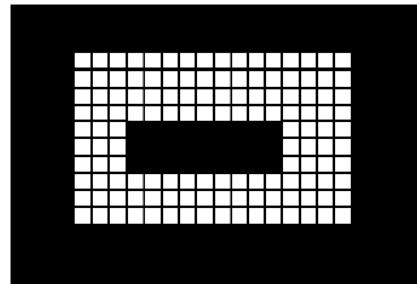
Hint: You may use the sample image $\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & k \end{bmatrix}$.

(10/100)

2. (a) Propose a morphological procedure to clear the artefacts of the image in Figure 3(a) to produce the image in (b). Clearly state the structuring element and number of iterations that you would use in your procedure.



(a)



(b)

Figure 3

(6/100)

- (b) Explain any **one (1)** of the following feature descriptors. Include the processing pipeline and describe each of the steps in this pipeline. Also state the uniqueness of the selected descriptor.
- (i) SIFT – Scale Invariant Feature Transform.
 - (ii) HOG – Histogram of Gradients.
 - (iii) LBP – Local Binary Pattern.

(9/100)

3. A computer vision system can be used to classify several distinct human emotions using analysis of facial expressions. These emotions include happy, sad, angry, surprised. Figure 4 shows a set of sample expressions that could be used to train a classifier.



Figure 4 : Example facial expressions
(Source: Japanese Female Facial Expression (JAFFE) Database)

A computer vision system was used to extract several facial feature measurements. Assume that only the following facial measurements were used for the emotion detection system:

- Angle between the principal axis of the two eyebrows, α
- Curvature of the lips, β

The following data was obtained for a sample of 10 random face images and the system is required to classify two different facial expressions, **Sad** and **Angry**. The experimenter decides to use a Euclidean distance-based minimum distance classifier.

Expression	α	β
Sad	47.5	0.32
Sad	52.6	0.35
Sad	53.7	0.34
Sad	56.8	0.38
Sad	43.8	0.32
Angry	87.9	0.09
Angry	88.0	0.13
Angry	88.0	0.18
Angry	83.4	0.11
Angry	82.5	0.12

- (a) Compute the prototype vectors for the two classes of facial expressions, \mathbf{m}_{sad} and $\mathbf{m}_{\text{angry}}$ which is given by:

$$\mathbf{m}_j = 1/N_j \sum_{x \in \theta_j} x \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, M$$

(6/100)

- (b) Plot the training data on a scatter plot (α vs β) and indicate the location of prototype vector for each class (Sad, Angry). Denote the prototype vector in the scatter plot with an asterisk (*).

(6/100)

- (c) For the minimum distance classifier that uses the Euclidean distance, it is given that the decision function for a given class is given by

$$d_j(x) = \mathbf{x}^T \mathbf{m}_j - \frac{1}{2} (\mathbf{m}_j^T \mathbf{m}_j) \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, M$$

Compute the decision function for the sad and angry classes respectively.

(7/100)

- (d) Given an unknown face image whose feature vector, $x_u = (67.3, 0.21)$, use the minimum distance classifier to determine whether this is classified as an ANGRY FACE or SAD FACE?

(6/100)

4. (a) Explain any **one (1)** of these algorithms in detail:

- (i) Watershed Segmentation.
- (ii) Graph-cut Segmentation.

(10/100)

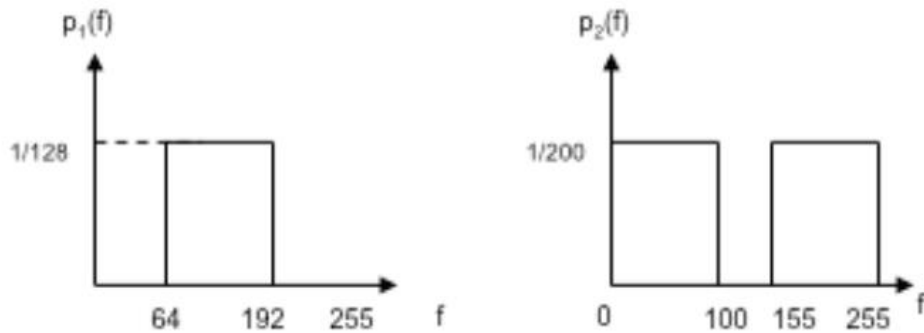
- (b) The Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM) is a popular texture descriptor. GLCM basically captures the spatial relations of texels. The image shown in Figure 5 contains only 3 intensity levels: 0, 1 and 2. $P_d(x,y)$ indicates the number of times the value x co-occurs with value y in a particular spatial relationship, d . Compute the co-occurrence matrix for the image in Figure 5, given that the spatial relationship is $d(2,2)$.

0	2	1	2	1
2	0	1	1	2
2	2	0	2	2
2	1	2	0	2
1	2	2	2	0

Figure 5

(15/100)

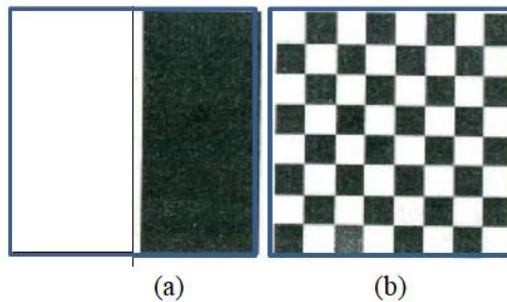
1. (a) Histogram bagi dua imej ditunjukkan dalam Rajah 1. Lakarkan fungsi transformasi yang akan memperbaiki kontras untuk setiap imej tersebut. Perhatikan bahawa f merujuk kepada keamatan piksel.



Rajah 1

(9/100)

- (b) Imej yang ditunjukkan dalam Rajah 2 adalah agak berbeza tetapi histogram mereka adalah sama. Andaikan setiap imej dikaburkan dengan topeng purata 3x3:



Rajah 2

- (i) Adakah histogram imej-imej yang dikaburkan masih sama? Terangkan.
 (ii) Jika histogram tidak sama, lakarkan kedua-dua histogram tersebut.

(6/100)

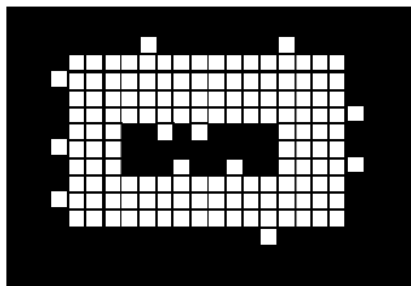
- (c) Keputusan yang diperoleh oleh satu aplikasi penuras 2D dapat dicapai juga dengan menggunakan dua penuras 1D individu. Sebagai contoh, keputusan yang sama menggunakan topeng pelicinan 3x3 dengan pekali 1/9 boleh diperoleh dengan proses berikut: Menggunakan topeng untuk imej dalam arah melintang. Keputusan ini kemudiannya diikuti dengan menggunakan topeng $\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ dalam arah menegak. Hasil akhir kemudian diskalakan dengan nilai 1/9.

Mengambil petunjuk dari contoh di atas, tunjukkan bahawa hasil topeng Sobel $\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$ boleh dilaksanakan sama dengan topeng pembezaan $\begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ diikuti oleh topeng pelicinan $[1 \ 2 \ 1]$.

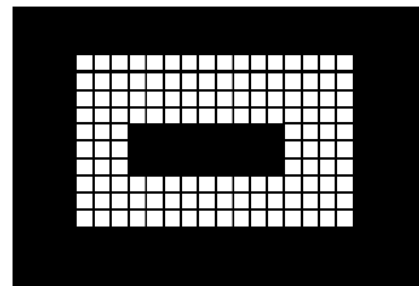
Petunjuk: Anda boleh menggunakan imej sampel $\begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & k \end{bmatrix}$.

(10/100)

2. (a) Cadangkan prosedur morfologi untuk membersihkan artifak imej dalam Rajah 3(a) untuk menghasilkan imej dalam (b). Nyatakan dengan jelas elemen penstrukturan dan bilangan lelaran yang anda akan gunakan dalam prosedur anda.



(a)



(b)

Rajah 3

(6/100)

- (b) Terangkan mana-mana salah **satu** (1) deskriptor ciri berikut. Rangkumkan langkah-langkah pemprosesan dan terangkan setiap langkah-langkah tersebut. Juga nyatakan keunikan deskriptor yang dipilih.
- (i) SIFT – Scale Invariant Feature Transform.
 - (ii) HOG – Histogram of Gradients.
 - (iii) LBP – Local Binary Pattern.

(9/100)

Sistem penglihatan komputer boleh digunakan untuk mengelaskan beberapa emosi manusia berbeza menggunakan analisis ekspresi wajah. Emosi termasuk gembira, sedih, marah, terkejut. Rajah 4 menunjukkan satu set ungkapan sampel yang boleh digunakan untuk melatih pengelas.



Rajah 4: Contoh ekspresi wajah
(Sumber: Pangkalan Data Ekspresi Wajah Wanita Jepun (JAFFE))

Sistem penglihatan komputer telah digunakan untuk mengambil beberapa pengukuran ciri wajah. Andaikan bahawa hanya ukuran muka berikut digunakan untuk sistem pengesanan emosi:

- Sudut antara paksi prinsipal kedua bulu kening, α
- Lengkungan bibir, β

Data berikut telah diperolehi bagi sampel 10 imej wajah rawak dan sistem yang dikehendaki untuk mengklasifikasikan dua ekspresi muka yang berbeza, Sedih dan marah. Penguji kaji memutuskan untuk menggunakan pengelas jarak minimum, berdasarkan jarak Euclidean.

Ekspresi muka	α	β
Sad	47.5	0.32
Sad	52.6	0.35
Sad	53.7	0.34
Sad	56.8	0.38
Sad	43.8	0.32
Angry	87.9	0.09
Angry	88.0	0.13
Angry	88.0	0.18
Angry	83.4	0.11
Angry	82.5	0.12

- (a) Kirakan vektor prototaip untuk kedua-dua kelas dari ekspresi muka, \mathbf{m}_{sad} dan $\mathbf{m}_{\text{angry}}$ yang diberikan oleh:

$$\mathbf{m}_j = 1/N_j \sum_{x \in \theta_j} x \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, M$$

(6/100)

- (b) Plotkan data latihan dalam suatu plot scatter (α vs β) dan tandakan lokasi vektor prototaip untuk setiap kelas (SAD, ANGRY) dengan penanda asterisk (*).

(6/100)

- (c) Untuk Pengelas Jarak Minima yang menggunakan jarak Euclidean, diberi bahawa fungsi keputusan bagi suatu kelas diberi oleh:

$$d_j(x) = \mathbf{x}^T \mathbf{m}_j - \frac{1}{2} (\mathbf{m}_j^T \mathbf{m}_j) \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, M$$

Hitungkan fungsi keputusan untuk kelas-kelas 'SAD' dan 'ANGRY' masing-masing.

(7/100)

- (d) Diberi suatu imej wajah yang tidak diketahui, yang mana vector cirinya diberi oleh $x_u = (67.3, 0.21)$, gunakan pengelas jarak terdekat untuk membuat keputusan sama ada diklasifikasikan sebagai wajah 'ANGRY' ataupun wajah 'SAD'.

(6/100)

4. (a) Bincangkan salah **satu** (1) daripada algoritma berikut dengan teliti:

- (i) Segmentasi *Watershed*.
- (ii) Segmentasi *Graph-cut*.

(10/100)

- (b) *Grey Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) adalah deskriptor tekstur yang populer. GLCM pada dasarnya mengungkapkan hubungan spasial antara texel. Imej yang ditunjukkan dalam Rajah 5 mengandung 3 tahap intensiti: 0, 1 dan 2. $P_d(x, y)$ mewakili berapa kali nilai x diperhatikan bersama dengan nilai y dalam hubungan ruang tertentu, d . Hitungkan matriks GLCM untuk imej dalam Rajah 5, jika diberikan bahawa hubungan spasial adalah $d(2,2)$.

0	2	1	2	1
2	0	1	1	2
2	2	0	2	2
2	1	2	0	2
1	2	2	2	0

Rajah 5

(15/100)