



First Semester Examination
Academic Session 2018/2019

December 2018/January 2019

EPE462 – Industrial Machine Vision
[Penglihatan Mesin Industri]

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

Please check that this examination paper consists of NINE [9] printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi SEMBILAN [9] mukasurat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.]

INSTRUCTIONS : Answer **ALL FIVE [5]** questions.

ARAHAN : Jawab **SEMUA LIMA [5]** soalan.]

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] **State the main functions of a machine equipped with a visual sense.**

Nyatakan fungsi utama sebuah mesin yang dilengkapi dengan deria penglihatan.

(15 marks/markah)

- [b] **Explain briefly the difference between the following terms applied to image acquisition:**

Terangkan secara ringkas perbezaan antara ungkapan-ungkapan berikut yang diaplikasikan pada perolehan imej:

- (i) **Spatial and intensity resolution.**
Resolusi ruang dan keamatan.
- (ii) **Image sampling and quantization.**
Pensampelan dan pengkuantuman imej.
- (iii) **Progressive and interlace scanning.**
Pengimbasan turutan dan selang-seli.
- (iv) **CCD and CMOS sensor.**
Sensor CCD dan CMOS.

(35 marks/markah)

- [c] **Determine the number of 8-bit color images that can be stored in a 16 GB SD-card if each image has a resolution of 1360 x 1024 pixels.**

Tentukan bilangan imej warna 8-bit yang boleh disimpan di dalam kad-SD 16 GB jika setiap imej mempunyai resolusi sebanyak 1360 x 1024 pixel.

(25 marks/markah)

...3/-

- [d] A monochrome camera has a frame rate of 20 fps and resolution of 1620 x 1220 pixels. Determine the data transfer rate required for the camera. Hence, using the information in Figure 1[d] suggest, by giving justification, a suitable interface type for this camera.

Kamera monokrom mempunyai kadar rangka sebanyak 20 fps dan resolusi sebanyak 1620 x 1220 piksel. Tentukan kadar pemindahan data yang diperlukan untuk kamera tersebut. Seterusnya, dengan menggunakan maklumat dalam Rajah S1[d] cadangkan, dengan memberi justifikasi, jenis antaramuka yang sesuai bagi kamera tersebut.






Digital Signal Options	FireWire 1394.b	Camera Link®	USB 2.0	USB 3.0	GigE
					
Data Transfer Rate:	800 Mb/s	3.6 Gb/s (full configuration)	480 Mb/s	5Gb/s	1000 Mb/s

Figure 1[d]
Rajah 1[d]

(25 marks/markah)

2. [a] State ONE(1) scene constraint that can be exploited and ONE(1) scene constraint that can be imposed to simplify the subsequent stages in a machine vision system for each of the following applications:

Nyatakan SATU(1) kekangan pemandangan yang boleh dieksploitasi dan SATU(1) kekangan pemandangan yang boleh dikenakan bagi memudahkan langkah-langkah seterusnya dalam sistem penglihatan mesin bagi setiap aplikasi berikut:

- (i) **Sorting of stainless steel washers according to size.**
Penyusunan sesendal mengikut saiz.
- (ii) **Detection of scratch marks on a compact disk surface.**
Pengesanan tanda-tanda calar pada permukaan cakera padat.
- (iii) **Detection of chipping on the side of a glass bottle.**
Pengesanan retakan pada sisi botol kaca.

(25 marks/markah)

...4/-

- [b] An automobile component manufacturer wishes to setup a machine vision system to inspect defects in gears. A 5 MP JAI B series monochrome camera is available for this application. The camera has a 2/3 inch sensor with active sensor dimensions 8.5 x 7.1 mm. The sensor resolution is 2456 x 2058 pixels. The field-of-view to be captured is 150 x 150 mm. The working distance is 250 mm.

Pembuat komponen kenderaan ingin mewujudkan sistem penglihatan mesin untuk memeriksa kecacatan pada gear. Kamera monokrom siri 5 MP JAI B didapati untuk aplikasi ini. Kamera tersebut mempunyai sensor 2/3 inci dengan dimensi sensor aktif 8.5 x 7.1 mm. Sensor mempunyai resolusi 2456 x 2058 piksel. Medan pandangan yang perlu dirakam ialah 150 x 150 mm. Jarak kerja ialah 250 mm.

- (i) **Determine the lens focal length required.**
Tentukan jarak fokus kanta yang diperlukan.
- (ii) **Select a suitable camera lens if lenses having the following focal lengths are available: 12 mm, 16 mm, 25 mm and 35 mm. Justify your selection.**

Pilih kanta yang sesuai jika kanta-kanta yang mempunyai jarak-jarak fokus berikut boleh didapati: 12 mm, 16 mm, 25 mm dan 35 mm. Berikan justifikasi untuk pilihan anda.

- (iii) **Based on your selection in (ii) determine the suitable lens-to-sensor distance required to keep the image in focus.**

Berasaskan pilihan anda dalam (ii) tentukan jarak kanta-ke-sensor yang sesuai untuk mengekalkan fokus imej.

(40 marks/markah)

...5/-

- [c] A CCD camera has a shutter speed of 0.162 ms and pixel size of $1.55 \times 1.55 \mu\text{m}$. An image captured by this camera is considered to be blurred if a point on the object spreads over three pixels or more. Determine the maximum speed (in m/min) of a moving object that can be captured using this camera without blurring.

Suatu kamera CCD mempunyai kelajuan 'shutter' sebanyak 0.162 ms dan saiz piksel $1.55 \times 1.55 \mu\text{m}$. Imej yang dirakam oleh kamera ini dianggap sebagai kabur jika suatu titik pada objek tersebar ke atas tiga atau lebih piksel. Tentukan kelajuan maksimum (dalam m/min) suatu objek bergerak yang boleh dirakam dengan kamera ini tanpa pengaburan.

(35 marks/markah)

3. [a] Explain the basic principle of the following types of filters: Mode filter, median filter and nearest- k filter. State ONE(1) application of the median filter.

Terangkan prinsip asas bagi penuras-penuras berikut: Penuras mod, penuras median dan penuras k -terdekat. Nyatakan SATU(1) aplikasi penuras median.

(20 marks/markah)

- [b] Figure 3[b] shows the pixel values in a gray scale image. Determine the pixel value at location (3, 5) in the output image if the image is filtered using each of the following filters: (i) mode filter, (ii) median filter and (iii) nearest- k filter where $k=5$. Given that the mask size is 3×3 .

Rajah 3[b] menunjukkan nilai-nilai piksel di dalam suatu imej paras kelabu. Tentukan nilai piksel pada lokasi (3, 5) di dalam imej output jika imej tersebut dituras dengan menggunakan setiap jenis penuras berikut: (i) penuras mod, (ii) penuras median dan (iii) penuras k -terdekat. Diberikan bahawa saiz topeng ialah 3×3 .

21	29	44	57	87	78	66	62
28	32	50	59	72	77	34	46
20	15	80	23	88	96	20	13
23	20	16	24	23	45	59	60

Figure 3[b]

Rajah 3[b]

(35 marks/markah)

...6/-

- [c] Determine the value of the pixel in the output image at the same location, i.e. at (3, 5), if the image in Figure 3[b] is filtered using a 1x5 Gaussian filter with standard deviation $\sigma = 1.5$. The following 1-D Gaussian function is given.

Tentukan nilai piksel di dalam imej output pada lokasi yang sama, iaitu (3, 5), jika imej di dalam Rajah 3[b] dituras dengan menggunakan penuras Gaussian 1x5 dengan sisihan piawai $\sigma = 1.5$. Fungsi Gaussian 1-D berikut diberi.

$$G(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-x^2/2\sigma^2\right\}$$

(35 marks/markah)

- [d] Based on your results in part [c] explain the effect of standard deviation σ on the resulting image.

Berasaskan jawapan anda dalam bahagian [c] terangkan kesan sisihan piawai σ ke atas imej yang terhasil.

(10 marks/markah)

4. [a] Explain the difference between the following segmentation methods: Segmentation based on discontinuity and segmentation based on similarity. Give ONE(1) example of each type of segmentation.

Terangkan perbezaan antara kaedah-kaedah peruasan berikut: Peruasan berasaskan ketakselanjaran dan peruasan berasaskan kesamaan. Berikan SATU(1) contoh bagi setiap jenis peruasan.

(20 marks/markah)

- [b] Figure 4[b] shows two points in the Cartesian coordinates. Rajah 4[b] menunjukkan dua titik dalam koordinat Cartesian.

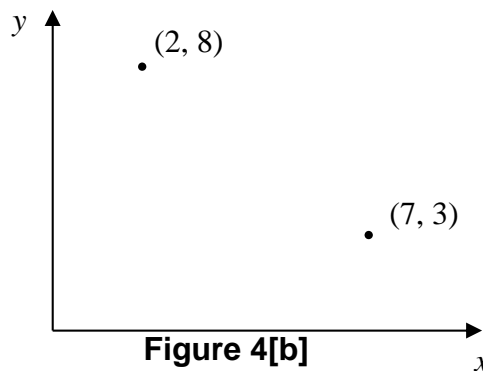


Figure 4[b]
Rajah 4[b]

...7/-

- (i) **Sketch the Hough space to represent each of the points.**
Lakarkan ruang Hough untuk mewakili setiap titik tersebut.
- (ii) **Estimate the slope and intercept of the line containing the two points from the Hough space.**

Anggarkan kecerunan dan pintasan bagi garisan yang mengandungi kedua-dua titik tersebut daripada ruang Hough tersebut.

- (iii) **What is the practical limitation of the method in (ii) for finding lines in an image?**

Apakah kekangan praktik bagi keadah dalam (ii) untuk mencari garisan dalam suatu image?

(30 marks/markah)

- [c] (i) **Differentiate the two image codes: run code and chain code. Hence state any TWO (2) limitation of image code as image feature.**

Bezakan kedua-dua kod imej: kod run dan kod rangkaian. Seterusnya, nyatakan mana-mana DUA (2) kekangan kod imej sebagai cirian imej.

- (ii) **Figure 4c(i) shows an object in a binary image of dimension 8×8 pixels. Determine the shape factor from the chain code of the object by using the definition of direction vectors given in the Figure 4c(ii).**

Rajah 4c(i) menunjukkan satu objek dalam imej binari berdimensi 8×8 piksel. Tentukan faktor bentuk dari kod rangkaian objek ini dengan menggunakan takrif vektor arah yang diberikan dalam Rajah 4c(ii).

(Note: Start your code at the pixel marked with 'S' in the object.)
(Nota: Mulakan kod anda pada piksel yang ditandakan dengan 'S' dalam objek.)

...8/-

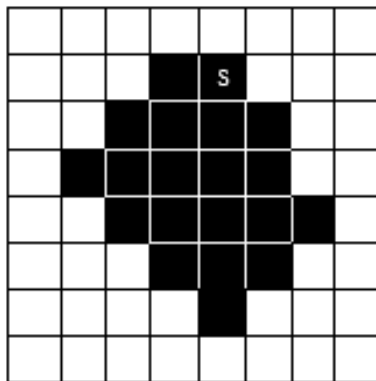


Figure 4c(i)
Rajah 4c(i)

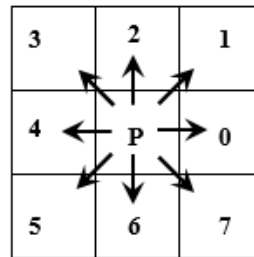


Figure 4c(ii)
Rajah 4c(ii)

(50 marks/markah)

5. [a] A minimum distance classifier is to be used to recognize two-dimensional patterns from three classes K_1 , K_2 and K_3 . The training set consists of five patterns from each class are given as follow:

Pengelas jarak minimum digunakan untuk mengenali dua dimensi dari tiga kelas K_1 , K_2 dan K_3 . Set latihan terdiri dari lima corak dari setiap kelas diberikan seperti berikut:

$$K_1 = \left\{ \begin{pmatrix} 1 \\ 6 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 2 \\ 6 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 5 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 7 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 6 \end{pmatrix} \right\}$$

$$K_2 = \left\{ \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 6 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 4 \\ 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 5 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 5 \\ 2 \end{pmatrix} \right\}$$

$$K_3 = \left\{ \begin{pmatrix} 9 \\ 7 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 8 \\ 6 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 10 \\ 6 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 9 \\ 5 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 9 \\ 6 \end{pmatrix} \right\}$$

- (i) Sketch the discrimination functions in the two-dimensional feature space.

Lakarkan fungsi diskriminasi dalam ruang ciri dua dimensi.

- (ii) Determine the class of unknown patterns with feature vectors of $\begin{pmatrix} 2 \\ 2 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} 3 \\ 3 \end{pmatrix}$ and $\begin{pmatrix} 4 \\ 4 \end{pmatrix}$.

Tentukan kelas untuk corak-corak yang tidak diketahui dengan vektor ciri $\begin{pmatrix} 2 \\ 2 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} 3 \\ 3 \end{pmatrix}$ dan $\begin{pmatrix} 4 \\ 4 \end{pmatrix}$.

(50 marks/markah)

...9/-

- [b] A pattern classification algorithm is developed to classify object pattern within images. It is known that there are three classes within the images namely, class A, class B and class C. A confusion matrix based on the number of classification is generated as shown in Table 5b.

Satu algoritma pengelasan corak dibangunkan untuk mengelaskan corak objek dalam imej-imej. Diketahui bahawa terdapat tiga kelas dalam imej-imej ini iaitu kelas A, kelas B dan kelas C. Satu matriks kekeliruan berdasarkan bilangan klasifikasi dihasilkan seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 5b.

Table 5b
Jadual 5b

		Predicted class		
		A	B	C
Actual class	A	25	16	5
	B	12	37	5
	C	11	2	55

Determine and comment the performance of the pattern classification algorithm corresponding to each class, namely class A, class B and class C in terms of

Tentu dan komenkan atas prestasi algoritma pengelasan corak berpadanan kepada setiap kelas, iaitu kelas A, kelas B dan kelas C dari segi

- (i) **Accuracy**
Ketepatan
- (ii) **Misclassification rate**
Kadar pengelasan salah
- (iii) **True Positive Rate**
Kadar Positif Benar
- (iv) **Precision**
Kejituan

(50 marks/ markah)