

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2016/2017 Academic Session

December 2016 / January 2017

**EPE 462 – Industrial Machine Vision**  
*[Penglihatan Mesin Industri]*

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

Please check that this paper consists of TEN printed pages, and FIVE questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi SEPULUH mukasurat, dan LIMA soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.*

**Instructions** : Answer **ALL** (5) questions.  
*[Arahan : Jawab **SEMUA** (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.]*

- Q1. [a] State FIVE(5) types of scene constraints that can be exploited when developing a machine vision solution.**

*Nyatakan LIMA(5) jenis kekangan pemandangan yang boleh dieksploitasi apabila membangunkan penyelesaian sistem penglihatan mesin.*

**(15 marks/markah)**

- [b] For each of the following machine vision applications, state the type of scene constraints that can be exploited and imposed in order to simplify the subsequent stages.**

*Untuk setiap aplikasi sistem penglihatan mesin berikut, nyatakan jenis-jenis kekangan pemandangan yang boleh dieksploitasi dan dikenakan untuk memudahkan peringkat-peringkat seterusnya.*

- (i) Detection of scratch marks on a compact disk (CD).**  
*Pengesanan tanda-tanda calar pada cakera padat (CD).*
- (ii) Detection of dent on a car door panel.**  
*Pengesanan lekuk pada panel pintu kereta.*
- (iii) Detection of cracks on the wall of a glass jar.**  
*Pengesanan keretakan pada dinding balang kaca.*
- (iv) Detection of a bent lead on a lead frame.**  
*Pengesanan lid bengkok pada rerangka lid.*
- (v) Sorting of yellow and blue bottle caps of the same size and type.**  
*Pengasingan penutup-penutup botol kuning dan biru yang sama saiz dan jenis.*

**(30 marks/markah)**

- [c] Camera lenses used in machine vision system have the following common focal lengths: 12.5, 16, 25, 35, 50 and 70 mm. What are the factors that you would consider when selecting a suitable lens focal length for a particular application?**

*Kanta-kanta kamera yang digunakan dalam sistem penglihatan mesin mempunyai jarak fokus yang umum seperti berikut: 12.5, 16, 25, 35, 50 and 70 mm. Apakah faktor-faktor yang akan anda pertimbangkan apabila memilih jarak fokus kanta yang sesuai bagi sesuatu aplikasi?*

**(10 marks/markah)**

- [d] A JAI CV-A10 1/2" CCD camera having sensing area  $6.4 \times 4.8$  mm is available to capture the image of M10 bolt shown in Figure Q1[d]. The sensor resolution is  $767 \times 576$  pixels. If the entire thread length (33 mm) needs to be captured by the camera, determine (i) the lens to sensor distance and (ii) the lens focal length required. The working distance is 200 mm.

Hence, suggest a suitable lens for this application based on the focal lengths given in Q1[c]. Using the selected focal length, recalculate the lens to sensor distance.

*Kamera CCD JAI CV-A10 1/2" yang mempunyai saiz sensor  $6.4 \times 4.8$  mm boleh didapati untuk merakam imej bol M10 seperti ditunjukkan dalam Rajah S1[d]. Resolusi sensor ialah  $767 \times 576$  piksel. Jika seluruh panjang ulir (33 mm) perlu dirakam oleh kamera, tentukan (i) jarak antara kanta ke sensor dan (ii) jarak fokus kanta yang diperlukan. Jarak kerja ialah 200 mm.*

*Seterusnya, cadangkan kanta yang sesuai bagi aplikasi ini berasaskan jarak fokus yang diberikan dalam Q1[c]. Dengan menggunakan jarak fokus yang dipilih, kira semula jarak antara kanta ke sensor.*

(45 marks/markah)

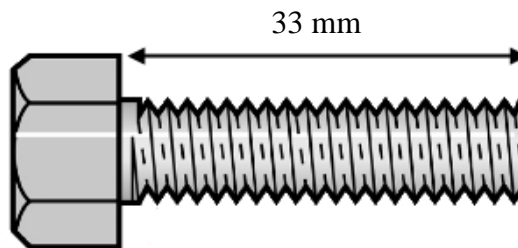


Figure Q1[d]  
Rajah S1[d]

- Q2. [a] Explain the difference between contrast stretching and gamma correction operations used in image enhancement. Illustrate with sketches.

*Terangkan perbezaan antara operasi-operasi peregangan kontras dengan pembedulan gamma yang digunakan untuk menambah baik imej. Ilustrasi dengan lakaran.*

(10 marks/markah)

- [b] A 640×480 pixel image needs to be enhanced using the piecewise linear mapping shown in Figure Q2[b]. Derive the mapping functions. Hence, write the codes to carry out the operation.

*Imej dengan 640×480 piksel perlu ditambahbaik dengan menggunakan pemetaan lurus sesecebis seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S2[b]. Terbitkan fungsi-fungsi pemetaan tersebut. Seterusnya tulis kod untuk menjalankan operasi tersebut.*

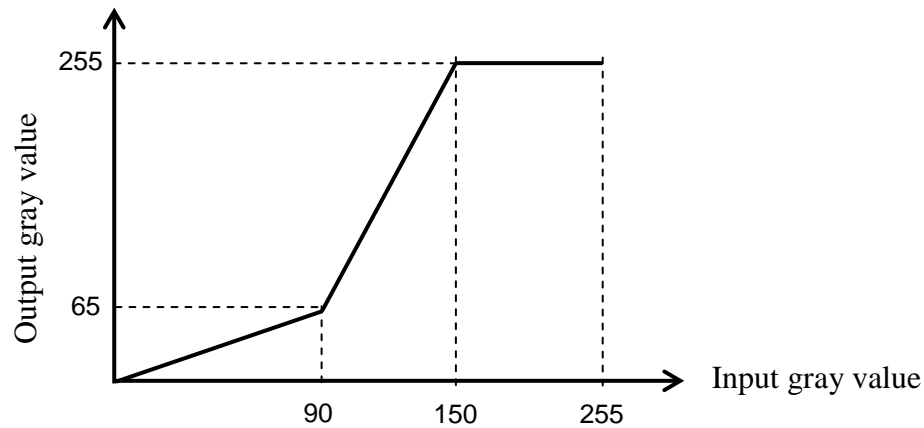


Figure Q2[b]  
Rajah S2[b]

(30 marks/markah)

- [c] Figure Q2[c] shows the pixel values in a particular location in a 8-bit grayscale image. Determine the gray value of the pixel in the output image at the location indicated by the circle if the image is subjected to each of the following operations. Assume that zero boundary padding is used.
- (i) Median filtering using 3x3 window
  - (ii) Average filtering using 3x3 window
  - (ii) Gaussian filtering using 1x3 window with a standard deviation of 2.0. The 1-D Gaussian function is given by

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

Determine the gray value of the pixel at the same location for each of the above operations if edge replication is used instead of boundary padding.

Rajah S2[c] menunjukkan nilai-nilai piksel pada suatu lokasi di dalam imej paras kelabu 8-bit. Tentukan nilai kelabu piksel di dalam imej output pada lokasi yang ditunjukkan dengan bulatan jika imej tersebut dikenakan setiap operasi berikut. Andaikan bahawa penebalan sempadan sifar digunakan.

- (i) Penurasan median menggunakan tetingkap  $3 \times 3$
- (ii) Penurasan purata menggunakan tetingkap  $3 \times 3$
- (iii) Penurasan Gaussian menggunakan tetingkap  $3 \times 1$  dengan sisihan piawai 2.0. Fungsi Gaussian 1-D diberikan sebagai

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

Tentukan nilai kelabu piksel pada lokasi yang sama bagi setiap operasi tersebut jika pengreplikaan sisi digunakan sebagai ganti bagi penebalan sempadan.

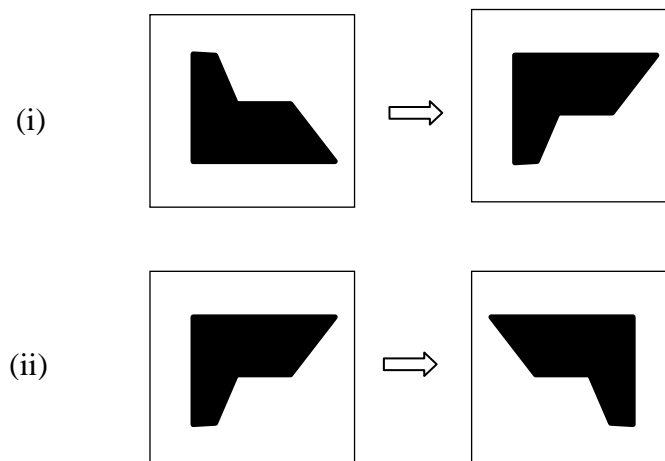
(40 marks/markah)

185	150	185	169
63	98	185	144
34	58	185	150
90	32	64	190

Figure Q2[c]  
Rajah S2[c]

- [d] Figure Q2[c](i)-(ii) shows a  $300 \times 300$  pixel image that is laterally inverted. Write the codes required to carry out each of the operation.

Rajah S2[c](i)-(ii) menunjukkan imej  $300 \times 300$  piksel yang disongsang tulis kod untuk menjalankan setiap operasi tersebut.



**Figure Q2[c]**  
*Rajah S2[c]*

(20 marks/markah)

- Q3. [a] What is meant by ‘quantization level’ used during digitizing of images? Determine the number of bytes required to store an 8-bit 1000 × 1000 pixels RGB image.**

*Apakah yang dimaksudkan dengan ‘paras pengkuantuman’ yang digunakan dalam pendigitan imej? Tentukan bilangan byte yang diperlukan untuk menyimpan imej RGB 1000 × 1000 piksel 8-bit.*

(10 marks/markah)

- [b] With the aid of sketches, explain the difference between interlaced scanning and progressive scanning. What is the main limitation of interlaced scanning compared to progressive scanning?**

*Dengan bantuan lakaran, terangkan perbezaan antara pegimbasan selang-seli dengan pengimbasan progresif. Apakah kebatasan utama pengimbasan selang-seli dibandingkan dengan pengimbasan progresif?*

(20 marks/markah)

- [c] Explain the difference between a charge-coupled device (CCD) sensor and a complementary metal oxide semiconductor (CMOS) sensor used in machine vision cameras. Illustrate with sketches, if necessary. What are the advantages and disadvantages of the CMOS sensor compared to the CCD sensor?**

*Terangkan perbezaan antara sensor ‘charge-coupled device (CCD)’ dan sensor ‘complementary metal oxide semiconductor (CMOS)’ yang digunakan di dalam kamera penglihatan mesin. Ilustrasi dengan lakaran, jika perlu. Apakah kelebihan dan kelemahan sensor CMOS dibandingkan dengan sensor CCD?*

(20 marks/markah)

[d] **Erosion and dilation are two different morphological operations.**  
*Hakisan dan perlebara adalah dua operasi morfologi yang berbeza.*

(i) **Briefly describe the morphological effect of erosion and dilation on 'boundaries' and 'holes' features in an image object.**

*Terangkan secara ringkas kesan morfologi hakisan dan perlebaran pada ciri-ciri 'sempadan' dan 'lubang' dalam satu objek imej.*

(ii) **Given a grayscale image and the structuring element in Figure Q3[d], show the intermediate and final output images after grayscale closing operation. The structuring element should be confined within the image.**

*Diberi satu imej berskala kelabu dan elemen struktur seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S3[d], tunjukkan imej perantaraan dan terakhir selepas operasi tutup dalam skala kelabu. Elemen struktur harus terbatas dalam imej.*

15	45	47	54	51	42	49
23	36	48	65	74	51	48
19	50	56	63	69	45	54
22	49	89	88	71	78	34
26	55	76	98	85	50	33
31	52	68	77	40	61	63
35	57	58	67	51	68	72

**Image**

0	1	0
1	1	1
0	1	0

**Structuring element**

**Figure Q3[d]**  
*Rajah S3[d]*

**(50 marks/markah)**

**Q4. [a] Segmentation algorithms are based on one or two basic properties of intensity values: discontinuity and similarity.**

*Algoritma segmentasi adalah berdasarkan kepada satu atau dua sifat-sifat asas nilai keamatan: ketakselanjutan dan persamaan.*

**(i) With a suitable sketch of line profile, explain the mechanism difference between image segmentation based on discontinuity and similarity.**

*Dengan lakaran profil garisan yang sesuai, terangkan perbezaan mekanisme antara segmentasi imej berdasarkan ketakselanjutan dan persamaan.*

**(ii) Briefly describe FOUR (4) characteristics of an ideal segmentation must possess.**

*Terangkan secara ringkas EMPAT (4) ciri-ciri segmentasi yang ideal mesti dipunyai.*

**(40 marks/markah)**

**[b] Three data points had been extracted from an image and plotted in a Cartesian plane as  $C(2, 7)$ ,  $D(4, 5)$  and  $E(8, 1)$ .**

*Tiga titik data telah disari daripada imej dan diplotkan pada satah Cartesian sebagai  $C(2, 7)$ ,  $D(4, 5)$  dan  $E(8, 1)$ .*

**Using Hough transform technique,**

*Dengan menggunakan teknik Hough transform,*

**(i) determine the equation for each point in the Hough space in polar coordinates  $(r-\phi)$  and plot the equations in the Hough space.**

*tentukan persamaan bagi setiap titik dalam ruang Hough dalam koordinat kutub  $(r-\phi)$  dan plot persamaan dalam ruang Hough.*

**(ii) Hence, prove that these three points lie in the same straight line.**

*Seterusnya, buktikan bahawa ketiga-tiga titik ini berada dalam satu garis lurus yang sama.*

**(60 marks/markah)**



**Q5. [a] Template matching is a straightforward pattern classification technique in image processing.**

*Padanan templat adalah satu teknik pengelasan corak yang mudah dan terus dalam pemprosesan imej.*

**(i) Briefly describe the mechanism of pattern matching and list ONE (1) disadvantage of this technique.**

*Huraikan dengan ringkas mekanisme padanan corak dan senarai SATU (1) kelemahan teknik ini.*

**(ii) Referring to image array as shown in Figure Q5[a](i), prepare the resulting correlation array for the template matching operation using a  $3 \times 3$  template as shown in Figure Q5[a](ii).**

*Merujuk kepada tatasusunan imej seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S5[a](i), sediakan tatasusunan korelasi yang terhasil daripada operasi padanan templat dengan menggunakan templat  $3 \times 3$  seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S5[a](ii).*

**(iii) Determine the location of the object with the highest match in row and column.**

*Tentukan lokasi corak dengan padanan tertinggi dalam baris dan lajur.*

		y							
x		0	0	0	0	0	0	0	1
		0	1	1	1	0	1	1	0
		1	1	0	0	1	1	0	0
		0	1	1	1	0	1	1	0
		0	0	0	1	0	0	0	1
		0	1	1	1	0	1	1	0
		0	0	1	0	0	0	0	0
		0	0	1	0	0	0	0	0

**Figure Q5[a](i)**  
*Rajah S5[a](i)*

1	1	0
1	0	1
1	1	1

**Figure Q5[a](ii)**  
*Rajah S5[a](ii)*

**(50 marks/markah)**

- [b] **A pattern classification algorithm is developed to classify object pattern within a scene. It is known that there are three classes within the scene namely class A, class B and class C. A confusion matrix based on the number of classification is generated as shown in Table Q5[b].**

*Satu algoritma pengelasan corak dibangunkan untuk mengelaskan corak objek dalam satu pemandangan. Diketahui bahawa terdapat tiga kelas dalam pemandangan ini iaitu kelas A, kelas B dan kelas C. Satu matriks kekeliruan berdasarkan bilangan klasifikasi dihasilkan seperti yang ditunjukkan dalam Jadual S5[b].*

**Table Q5[b]**  
*Jadual S5[b]*

		Predicted class		
		A	B	C
Actual class	A	37	9	11
	B	3	25	5
	C	11	2	55

- (i) **Build a table of confusion corresponding to the class A.**

*Bina jadual kekeliruan yang dipadankan dengan kelas A.*

- (ii) **Determine accuracy, true positive rate and precision of the pattern classification algorithm corresponding to the class A.**

*Tentukan ketepatan, kadar positif benar dan kejituan algoritma pengelasan corak yang dipadankan dengan kelas A.*

**(50 marks/markah)**