



First Semester Examination
2019/2020 Academic Session

December 2019 / January 2020

EPE462 – Industrial Machine Vision
[Penglihatan Mesin Industri]

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

Please check that this examination paper consists of ELEVEN [11] printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi SEBELAS [11] 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 SIX (6) main functions of a machine equipped with a visual sense.**

Nyatakan ENAM (6) fungsi utama bagi mesin yang dilengkapi dengan deria penglihatan.

(25 marks/markah)

- [b] **Explain the difference between the following terms related to the second element in a generic machine vision system model:**

Terangkan perbezaan antara istilah-istilah berikut berkaitan dengan elemen kedua dalam model generic sistem mesin penglihatan:

- (i) **image sampling and quantization,**
pensampelan imej dan pengkuantuman,
- (ii) **frame rate and shutter speed.**
kadar rangka dan kelajuan penutup.

(15 marks/markah)

- [c] **Determine the number of 3120 × 4160 24-bit RGB images (uncompressed) that can be stored in one 8 GB SD card.**

Tentukan bilangan imej RGB 3120 × 4160 24-bit (tidak termampat) yang boleh disimpan di dalam satu kad SD 8 GB.

(15 marks/markah)

- [d] **A machine vision system is needed for the inspection of defects in products moving on a conveyor. The conveyor speed is 30 m/min. A 2.4 megapixel monochrome camera having the following specifications is available for this application:**

Suatu sistem penglihatan mesin diperlukan untuk memeriksa kecacatan di dalam produk-produk yang lalu di atas tali sawat penyampai. Kelajuan tali sawat ialah 30 m/min. Kamera monokrom 2.4 megapiksel yang mempunyai spesifikasi berikut terdapat untuk aplikasi ini:

Sensor resolution (W×H): 1936 × 1216 pixels

Frame rate: 159 frames per second

Active sensor dimensions (W×H): 11.3 x 7.1 mm

Resolusi sensor (W×H): 1936 × 1216 piksel

Kadar rangka: 159 rangka se saat

Dimesi sensor aktif (W×H): 11.3 x 7.1 mm

...3/-






- (i) Determine the shutter speed required if blur caused by the product movement must be limited to within 2 pixels.

Tentukan kelajuan penutup yang diperlukan jika kekaburan yang disebabkan oleh pergerakan produk perlu dihadkan kepada 2 piksel.

- (ii) Determine the data transfer rate needed. Hence, select the most suitable camera interface based on the information given in Table 2[d].

Tentukan kadar pemindahan data yang diperlukan. Seterusnya, pilih antaramuka kamera yang paling sesuai berasaskan maklumat yang diberikan dalam Jadual 2[d].

Table 2[d]
Jadual 2[d]

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

(45 marks/markah)

2. [a] Explain the difference between exploited and imposed scene constraints. Give TWO(2) examples each.

Terangkan perbezaan antara kekangan pemandangan dieksploitasi dan dikenakan. Berikan DUA(2) contoh bagi setiap satu.

(20 marks/markah)

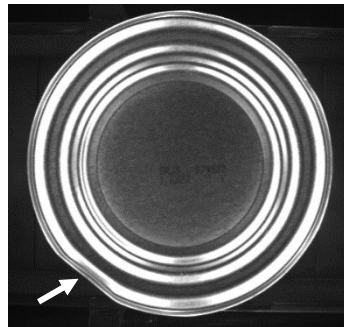
- [b] State the type of scene constraints that you would exploit and/or impose in the following machine vision applications:

Nyatakan jenis kekangan pemandangan yang anda akan eksploitasi dan/atau kenakan dalam aplikasi-aplikasi penglihatan mesin berikut:

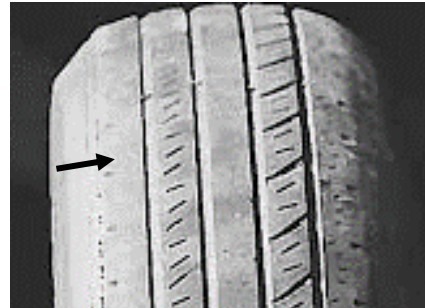
- (i) Inspection of dent on top rim of a can as shown in Figure 2[b](i)
Pemeriksaan lekukan pada rim atas tin yang ditunjukkan dalam Rajah 2[b](i).

...4/-

- (ii) **Inspection of wear of tire thread as shown in Figure 2[b](ii).**
Pemeriksaan kehausan ulir tayar seperti ditunjukkan dalam Rajah 2[b](ii).



(i)



(ii)

Figure 2[b]
 Rajah 2[b]

(20 marks/markah)

- [c] **A machine vision system application requires the use of strobe lighting. The product moves at a speed of 50 m/min. The field-of-view of the camera in the direction of the product travel is 100 mm while the pixel resolution in the same direction is 640 pixels. Determine strobe pulse width required.**

Suatu sistem penglihatan mesin memerlukan penggunaan pencahayaan strob. Produk bergerak pada kelajuan 50 m/min. Medan pemandangan kamera dalam arah pergerakan produk ialah 100 mm manakala resolusi piksel dalam arah yang sama ialah 640 piksel. Tentukan lebar denyut strob yang diperlukan.

(20 marks/markah)

- [d] **A 5.0 megapixel camera (sensor resolution 2560 × 2048 pixels) is available for the inspection of defects on rubber O-rings as shown in Figure 2[d]. The camera has active sensor dimensions of 12.8 × 10.2 mm. The O-rings have an outer diameter of 39.5 mm. For the purpose of image processing it is necessary to include a 5 mm space around the periphery of the O-ring when capturing the image. Due to constraints in the production environment the distance between the camera lens and O-ring (working distance) is limited to 150 mm.**

Kamera 5.0 megapiksel (resolusi sensor 2560 × 2048 piksel) didapati untuk memeriksa kecacatan dalam gelang getah 'O' seperti ditunjukkan dalam Rajah 2[d]. Kamera tersebut mempunyai dimensi aktif sensor sebanyak 12.8 × 10.2 mm. Gelang-gelang 'O' mempunyai garispusat luar 39.5 mm. Untuk tujuan pemprosesan imej ruang 5 mm di sekitar gelang 'O' perlu dimasukkan apabila

...5/-

merakam imej. Disebabkan oleh kekangan dalam persekitaran pembuatan jarak antara kanta kamera dengan gelang 'O' (jarak kerja) perlu dihadkan kepada 150 mm.

- (i) **Calculate the sensor-to-lens distance and the lens focal length required for this application.**

Kira jarak sensor-ke-kanta dan jarak fokus kanta yang diperlukan bagi aplikasi ini.

- (ii) **If the following focal lengths are available, suggest with justification a suitable lens focal length:**

Jika jarak-jarak fokus berikut didapati, cadangkan dengan justifikasi jarak fokus kanta yang sesuai:

12 mm, 16 mm, 25 mm, 35 mm, 50 mm

- (iii) **Based on the focal length selected in part (ii) determine the new sensor-to-lens distance. By giving suitable reason comment whether the image will be in focus.**

Berdasarkan jarak fokus yang dipilih dalam bahagian (ii) tentukan jarak baharu sensor-ke-kanta. Dengan memberi alasan yang sesuai komen sama ada imej akan berfokus.

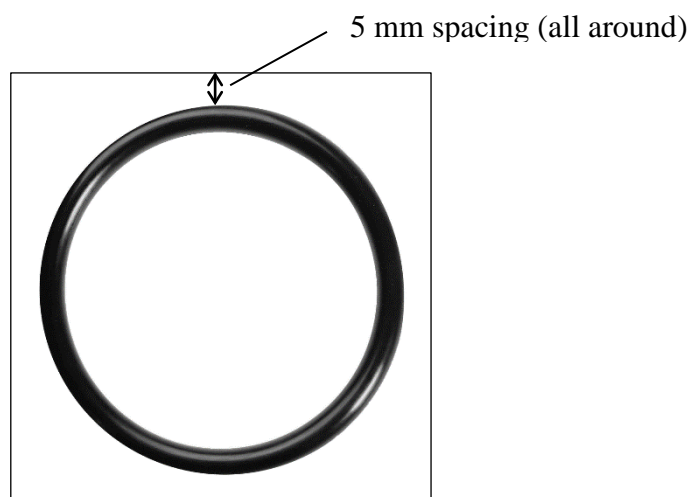


Figure 2[d]
Rajah 2[d]

(40 marks/markah)

...6/-

3. [a] Histogram equalization and histogram stretching both attempt to improve the contrast of images. With the aid of diagrams, explain the difference between these two methods of image enhancement.

Penyamaan histogram dan peregangan histogram kedua-duanya cuba memperbaiki kebezajelasan imej. Dengan bantuan lakaran, terangkan perbezaan antara kedua-dua kaedah peningkatan imej.

(20 marks/markah)

- [b] Figure 3[b] shows the pixel values at a particular location in an 8-bit image.

Rajah 3[b] menunjukkan nilai-nilai piksel pada kedudukan tertentu dalam imej 8-bit.

- (i) Determine the pixel value in the output image at pixel location (2, 3) if the image is subject to median filtering using a 3×3 mask.

Tentukan nilai piksel dalam imej keluaran pada lokasi piksel (2, 3) jika imej tersebut dikenakan penurasan median dengan menggunakan topeng 3×3.

- (ii) Determine pixel value in the output image at the pixel location (3, 2) if the image is subject to average filtering using a 3×3 mask

Tentukan nilai piksel dalam imej keluaran pada lokasi piksel (3, 2) jika imej tersebut dikenakan penurasan purata dengan menggunakan topeng 3×3.

- (ii) Determine the pixel value in the output image at the pixel location (3, 3) if the image is subjected to Gaussian filtering using 1×5 mask with standard deviation $\sigma = 3.0$. Use edge replication for edge pixels. What is the advantage of edge replication compared to zero-padding when processing edge pixels? The following one-dimensional Gaussian function is given:

Tentukan nilai piksel dalam imej keluaran pada lokasi piksel (3, 3) jika imej tersebut dikenakan penuarasan Gaussian dengan menggunakan topeng 1×5 dengan sisihan piawai $\sigma = 3.0$. Gunakan replikasi sisi bagi piksel-piksel sisi. Apakah kelebihan replikasi sisi dibandingkan dengan penebalan sifar apabila memproses piksel-piksel sisi? Fungsi Gaussian satu-dimensi berikut diberikan:

...7/-

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

112	150	96	125
83	98	65	132
110	75	103	119
88	165	195	220

Figure 3[b]
Rajah 3[b]

(40 marks/markah)

- [c] With the aid of diagrams explain the basic principle behind 'unsharp masking'.**

Dengan bantuan lakaran terangkan prinsip asas bagi 'penopengan nyah tajam'.

(20 marks/markah)

- [d] Figure 3[d] shows an image that needs to be inverted as shown in Figure 3[d](i) and 3[d](ii). The image size is 400×600 pixels. Write the generic code to carry out the inversion operation.**

Rajah 3[d] menunjukkan imej yang perlu disongsangkan seperti ditunjukkan dalam Rajah 3[d](i) dan 3[d](ii). Saiz imej tersebut ialah 400×600 piksel. Tulis kod generik untuk menjalankan operasi penyongsangan tersebut.

...8/-

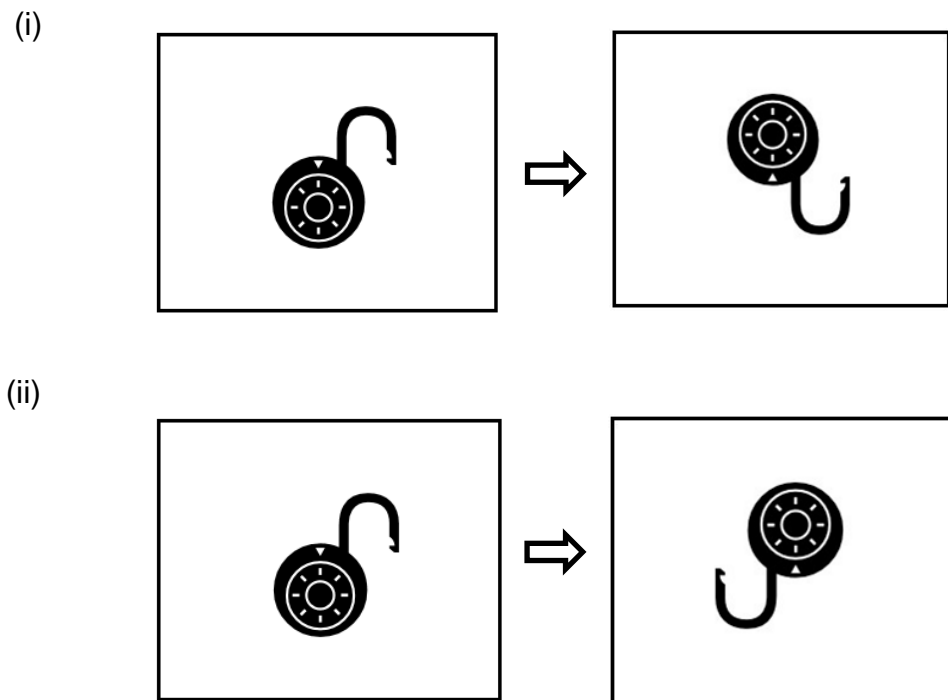


Figure 3[d]
Rajah 3[d]

(20 marks/markah)

4. [a] State the TWO(2) main approaches in image segmentation? Give ONE(1) example of each approach.

Nyatakan DUA(2) kaedah utama dalam peruasan imej? Berikan SATU(1) contoh bagi setiap kaedah.

(10 marks/markah)

- [b] Figure 4[b] shows the pixels values in a particular row in an 8-bit grayscale image. Determine the first and second derivatives at each pixel location. Hence, estimate the most accurate location of edge pixels in the image using (i) the first derivative method and (ii) the second derivative method. Comment on any difference in the edge pixels given by the two methods.

Rajah 4[b] menunjukkan nilai-nilai piksel dalam baris tertentu dalam imej paras kelabu 8-bit. Tentukan terbitan pertama dan kedua pada setiap lokasi piksel. Seterusnya, anggarkan lokasi piksel sisi yang paling jitu di dalam imej tersebut dengan menggunakan (i) terbitan pertama dan (ii) kaedah terbitan kedua. Berikan komen ada pada sebarang perbezaan pada piksel sisi yang diberikan oleh kedua-dua kaedah tersebut.

...9/-

$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$	$j=6$	$j=7$	$j=8$	$j=9$	$j=10$	$j=11$	$j=12$
95	102	88	116	136	140	182	190	196	194	200	115

Figure 4[b]
Rajah 4[b]

(40 marks/markah)

[c] Shape factor and polar-radius signature are features that can be extracted to describe the following shapes in an image as shown in Figure 4[c].

Faktor bentuk dan tandatangan kutub-jejari adalah cirian-cirian yang boleh diekstrak untuk menggambarkan bentuk-bentuk berikut dalam satu imej seperti ditunjukkan dalam Rajah 4[c].

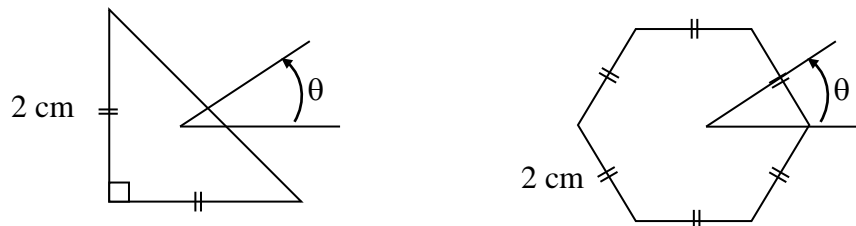


Figure 4[c]
Rajah 4[c]

(i) Sketch the polar-radius signature for each shape on a graph paper based on the dimensions given.

Lakarkan tandatangan kutub-jejari untuk setiap bentuk pada kertas graf berdasarkan dimensi yang diberikan.

(ii) Determine the shape factor for each shape.
Tentukan faktor bentuk bagi setiap bentuk.

(iii) Compare the applicability of the two features in term of the properties of invariant.

Bandingkan kebolegunaan kedua-dua cirian dari segi sifat invariant.

(50 marks/markah)

...10/-

5. [a] Briefly explain the following terms used in the performance analysis of a classification algorithm.

Terangkan secara ringkas istilah berikut yang digunakan dalam analisa prestasi algoritma pengelasan.

- (i) **Type I error**
Ralat jenis I
- (ii) **Type II error**
Ralat jenis II
- (iii) **True positive rate**
Kadar positif benar
- (iv) **Misclassification**
Pengelasan silap

(20 marks/markah)

- [b] Two classifiers, namely discriminant function analysis and nearest neighbor classification technique are to be compared for a classification task of two-dimensional patterns. The training set consists of three patterns from three classes K_1 , K_2 and K_3 as following:

Dua pengelas, iaitu analisis fungsi diskriminasi dan teknik pengelasan jiran terdekat akan dibandingkan untuk tugas pengelasan untuk corak dua dimensi. Set latihan terdiri daripada tiga corak dari tiga kelas K_1 , K_2 dan K_3 seperti berikut:

$$K_1 = \left\{ \begin{pmatrix} 23.5 \\ 0.74 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 24.0 \\ 0.69 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 24.0 \\ 0.80 \end{pmatrix} \right\}$$

$$K_2 = \left\{ \begin{pmatrix} 24.0 \\ 0.60 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 25.0 \\ 0.57 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 24.5 \\ 0.50 \end{pmatrix} \right\}$$

$$K_3 = \left\{ \begin{pmatrix} 25.5 \\ 0.72 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 25.0 \\ 0.79 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 25.5 \\ 0.61 \end{pmatrix} \right\}$$

- (i) Sketch on the graph paper provided the discrimination functions in the two-dimensional feature space.

Lakarkan pada kertas graf yang tersedia fungsi-fungsi diskriminasi dalam ruang cirian dua dimensi.

...11/-

- (ii) **Determine the class of unknown pattern of $\begin{pmatrix} 24.5 \\ 0.7 \end{pmatrix}$ using discriminant function analysis.**

Tentukan kelas corak yang tidak diketahui $\begin{pmatrix} 24.5 \\ 0.7 \end{pmatrix}$ dengan menggunakan analisis fungsi diskriminasi.

- (iii) **Repeat the classification using nearest neighbor classification technique and classify the unknown pattern of $\begin{pmatrix} 24.5 \\ 0.7 \end{pmatrix}$.**

Ulangkan pengelasan dengan menggunakan teknik pengelasan jiran terdekat dan tentukan kelas corak yang tidak diketahui $\begin{pmatrix} 24.5 \\ 0.7 \end{pmatrix}$.

- (iv) **Compare on the two classification techniques.**

Bandingkan kedua-dua teknik pengelasan.

(80 marks/markah)