
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2012/2013 Academic Session

January 2013

EPE 462/3 – Industrial Machine Vision
[Penglihatan Mesin Industri]

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

Please check that this paper contains **TEN (10)** printed pages and **FIVE (5)** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEPULUH (10)** mukasurat bercetak dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.]*

INSTRUCTIONS : Answer **ALL** questions. You may answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.

ARAHAN : Jawab **SEMUA** soalan. Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya.]

Answer to each question must begin from a new page.

[Jawapan untuk setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.]

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] A machine vision system is to be developed to sort circular rubber washers into different sizes based on their outer diameters. The washers are supplied in a box containing 500 washers, with outer diameters ranging from about 20 mm to 50 mm. The washers are made from synthetic rubber which makes them appear dark in color.**
- (i) State any TWO (2) types of scene constraints that you would exploit in this application to simplify the subsequent image processing stages.**
 - (ii) Explain briefly how the scene constraints in (i) simplify the subsequent image processing stages.**
 - (iii) State any TWO (2) additional scene constraints that you could apply to simplify the subsequent image processing stages.**
 - (iv) With the help of a flowchart, show the various stages of the machine vision algorithm required to solve the sorting problem.**

Sistem penglihatan mesin perlu dibangun untuk menyisih sesendal getah ke dalam saiz yang berlainan berasaskan garispusat luar. Sesendal-sesendal tersebut dibekalkan di dalam kotak yang mengandungi 500 sesendal, dengan garispusat luar antara 20 mm hingga 50 mm. Sesendal-sesendal tersebut diperbuat daripada getah tiruan yang menyebabkannya kelihatan gelap.

- (i) Nyatakan mana-mana DUA (2) jenis kekangan pemandangan yang anda akan eksploitasi dalam aplikasi ini untuk memudahkan langkah-langkah pemprosesan imej seterusnya.*
- (ii) Terangkan dengan ringkas bagaimana kekangan-kekangan pemandangan dalam (i) memudahkan langkah-langkah pemprosesan imej seterusnya.*
- (iii) Nyatakan mana-mana DUA (2) kekangan pemandangan tambahan yang anda boleh kenakan untuk memudahkan langkah-langkah pemprosesan imej seterusnya.*
- (iv) Dengan bantuan gambarajah aliran, tunjukkan langkah-langkah algoritma penglihatan mesin yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah sisihan tersebut.*

(50 marks/markah)

- [b] The CCD camera in a machine vision application has the following specifications:

Sensor resolution (pixels): 1392 (h) × 1040 (v)

Active area (mm): 36 (h) × 24.0 (v)

The camera needs to be used to capture the image of a 12 mm × 12 mm IC package for quality inspection. If the minimum working distance required is 50 mm and the optimum sensor area is used in the imaging, determine

- (i) Focal length of lens required.
- (ii) Lens-to-sensor distance.
- (iii) Resolution of the imaging system.

Kamera CCD dalam suatu aplikasi penglihatan mesin mempunyai spesifikasi berikut:

Resolusi sensor (pixel): 1392 (h) × 1040 (v)

Luas aktif (mm): 36 (h) × 24.0 (v)

Kamera tersebut perlu digunakan untuk merakam imej pakej IC berdimensi 12 mm × 12 mm untuk pemeriksaan kualiti. Jika jarak kerja minimum yang diperlukan ialah 50 mm dan luas sensor optimum digunakan, tentukan

- (i) *Jarak fokal kanta yang diperlukan.*
- (ii) *Jarak kanta-ke-sensor.*
- (iii) *Resolusi sistem pengimejan tersebut.*

(50 marks/markah)

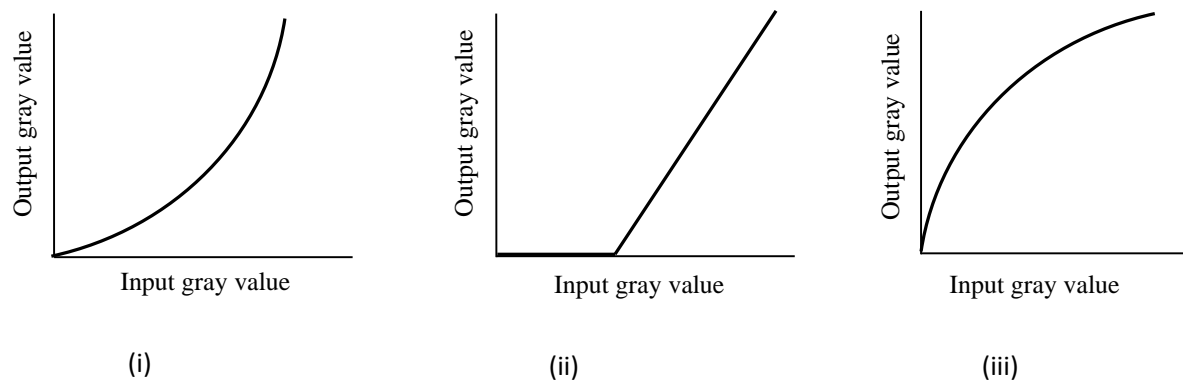
- Q2. [a] Explain the difference between correlation and convolution operations in image processing.**

Terangkan perbezaan antara operasi-operasi sekaitan dan pelinggaran dalam pemprosesan imej.

(10 marks/markah)

- [b] **Figures Q2[b](i)-(iii) show different mapping functions that are used to enhance a grayscale image. Describe the effect of each mapping function on the output image.**

Rajah-rajah S2[b](i)-(iii) menunjukkan fungsi-fungsi pemetaan berlainan yang digunakan untuk meningkatkan imej paras kelabu. Huraikan kesan setiap fungsi pemetaan ke atas imej output.

**Figure Q2[b]***Rajah S2[b]***(30 marks/markah)**

- [c] **Contrast stretching and histogram equalization are two common image enhancement operations used when processing digital images. Explain the difference between these two operations. Illustrate with diagrams, if necessary.**

Peregangan kebezajelasan dan penyamaan histogram adalah dua operasi peningkatan imej yang digunakan apabila memproses imej-imej digital. Terangkan perbezaan antara kedua-dua operasi tersebut. Ilustrasi dengan gambarajah, jika perlu.

(10 marks/markah)

- [d] **Figure Q2[d] shows the histogram of a 3-bit (7×6 pixel) grayscale image. Determine the histogram of the output image if the input image undergoes histogram equalization operation. The following formula is given:**

$$N(g) = \max\left\{0, \text{Round}\left(\frac{2^l \times c(g)}{m \times n} - 1\right)\right\}$$

where $N(g)$ is the new gray value, $c(g)$ is the cumulative pixel count up to old gray value g and l is the bit depth. Show your working in a table. Is the image suitable for histogram equalization operation? Why?

Rajah S2[d] menunjukkan histogram bagi imej kelabu 3-bit (7×6 pixel). Tentukan histogram imej output jika imej input tersebut melalui proses penyamaan histogram. Rumus berikut diberikan:

$$N(g) = \max \left\{ 0, \text{Round} \left(\frac{2^l \times c(g)}{m \times n} - 1 \right) \right\}$$

di mana $N(g)$ ialah nilai kelabu baru, $c(g)$ ialah hitungan piksel tokokan sehingga nilai kelabu lama dan l ialah kedalaman bit. Tunjukkan jalan kerja anda di dalam jadual. Adakah imej tersebut sesuai bagi operasi penyamaan histogram? Kenapa?

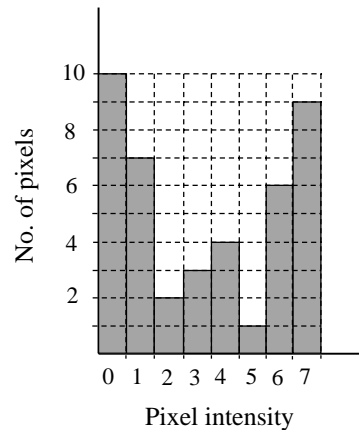


Figure Q2[d]

Rajah S2[d]

(50 marks/markah)

- Q3. [a] What is the difference between sampling and quantization in image acquisition? What factor limits sampling and quantization in an imaging system?**

Apakah perbezaan antara pensampelan dan pengkuantuman? Apakah faktor yang menghadkan pensampelan dan pengkuantuman di dalam suatu sistem pengimejan?

(10 marks/markah)

- [b] Determine the size of the file (in kilobytes) occupied by a 1392×1040 pixel grayscale digital image if the intensity resolution is: (i) 8-bit and (ii) 16-bit.**

Tentukan saiz fail (dalam kilobyte) yang diambil oleh imej digital paras kelabu berdimensi 1392×1040 pixel jika resolusi keamatan ialah: (i) 8-bit dan (ii) 16-bit.

(20 marks/markah)

- [c] What is the main disadvantage of the Laplacian operator used for edge detection? How is this disadvantage overcome?**

Apakah kelemahan utama operator Laplacian dalam pengesanan sempadan? Bagaimanakah kelemahan ini di atasi?

(10 marks/markah)

[d] Explain the purpose of the Hough transform method in image segmentation.

Figure Q3[d] shows two points, P and Q , in an image plotted using Cartesian coordinates. Using Hough transform, plot the Hough space graph in the polar coordinates $(r-\phi)$. Hence, determine the equation of the straight line that passes through the two points. Compare your result with those obtained using simple coordinate geometry. Comment on any differences that you observe.

Terangkan tujuan keadah penjelmaan Hough dalam peruasan imej.

Rajah S3[d] menunjukkan dua titik, P dan Q , dalam imej yang diplotkan menggunakan kordinat Cartesian. Dengan menggunakan penjelmaan Hough, plotkan graf ruang Hough dalam kordinate kutub $(r-\phi)$. Seterusnya, tentukan persamaan garis lurus yang melalui kedua-dua titik tersebut. Bandingkan jawapan anda dengan jawapan yang didapati daripada geometri kordinat mudah. Berikan komen anda bagi sebarang perbezaan yang diperhatikan.

(60 marks/markah)

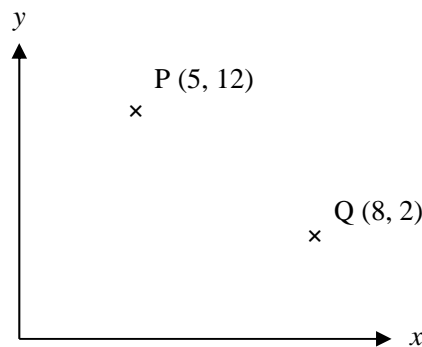


Figure Q3[d]

Rajah S3[d]

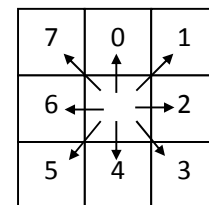
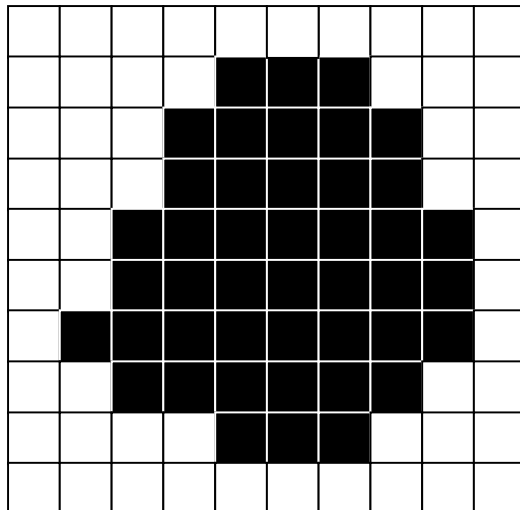
Q4. [a] Explain what is meant by ‘run code’. How would you determine the perimeter of an object from the run code?

Terangkan apa yang dimaksudkan dengan ‘kod lari’. Bagaimanakah anda menentukan ukurkeliling suatu objek daripada kod lari?

(10 marks/markah)

- [b] Figure Q4[b] shows an object in a binary image where each grid represents one pixel. The black pixels represent the foreground while the white pixels represent the back ground. Using the definition of direction vectors given in the figure, determine the chain code for the boundary of the object. (You may use any point on the boundary as the starting point). Hence, determine the perimeter, area and shape factor of the object. Show your working clearly.

Rajah S4[b] menunjukkan sebuah objek dalam imej binari di mana setiap grid mewakili satu piksel. Piksel hitam mewakili latar hadapan manakala piksel putih mewakili latar belakang. Dengan menggunakan takrifan vektor-vektor arah yang ditunjukkan dalam rajah tersebut, tentukan kod rantai bagi sempadan objek tersebut (anda boleh gunakan sebarang titik pada sempadan sebagai titik permulaan). Seterusnya, tentukan luas dan faktor bentuk objek tersebut. Tunjukkan jalan kerja anda dengan jelas.



Direction vectors
Vektor-vektor arah

Figure 4[b]
Rajah 4[b]

(60 marks/markah)

[c] If the image shown in Figure Q4[b] is subjected to the following morphological operations separately, determine the new chain code for the boundary in each case:

- (i) Erosion using 1×3 structuring element
- (ii) Erosion using 3×1 structuring element
- (iii) Erosion using 3×3 structuring element

Jika imej yang ditunjukkan dalam Rajah S4[b] melalui operasi-operasi morfologi berikut secara berasingan, tentukan kod rantai baru bagi sempadan dalam setiap kes berikut:

- (i) Penghakisan menggunakan element menstruktur 1×3
- (ii) Penghakisan menggunakan element menstruktur 3×1
- (iii) Penghakisan menggunakan element menstruktur 3×3

(30 marks/markah)

Q5. [a] Explain the difference between the supervised learning and unsupervised learning in neural network.

Terangkan perbezaan antara pembelajaran diselia dan pembelajaran tanpa diselia dalam jaringan neural.

(20 marks/markah)

[b] Figure Q5[b] illustrates a simple summing neural network model to add together the weighted sum of its inputs. Each of the weight W_1 , W_2 and W_3 has a different weight factor of 0.2, 0.3 and 0.5.

Rajah S5[b] menunjukkan satu jaringan neural ringkas untuk perolehan jumlah tambahan input berwajaran. Setiap wajaran W_1 , W_2 dan W_3 mempunyai faktor wajaran yang berbeza iaitu 0.2, 0.3 dan 0.5.

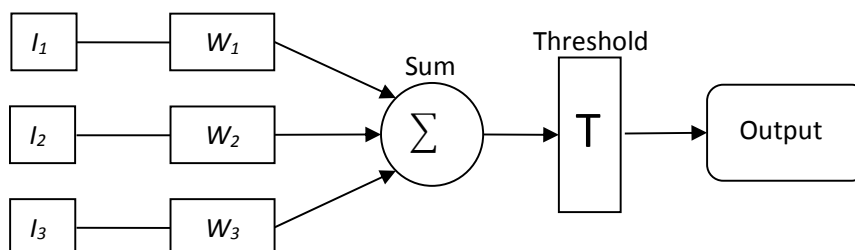


Figure Q5[b]
Rajah S5[b]

Table Q5[b] summarizes the extracted numerical values for object A, B and C for the difference shape features I_1 , I_2 and I_3 . Determine a minimum threshold value so that only ONE object will be classified as output. Identify the feature (A, B or C).

Jadual S5[b] meringkaskan sarian bernombor untuk objek-objek A, B dan C untuk ciri berbeza iaitu I_1 , I_2 dan I_3 . Tentukan nilai ambang minimum supaya hanya SATU objek akan diklasifikasikan sebagai output. Kenalpasti objek tersebut (A, B atau C).

Table Q5[b]
Jadual S5[b]

Input	A	B	C
I_1	0.8825	0.8604	0.8921
I_2	0.5655	0.5598	0.5388
I_3	0.5546	0.6342	0.6048

(50 marks/markah)

- [c] In Figure Q5[c](i) the black (object) pixels corresponds to 1 while white (background) pixels corresponds to 0. By using the template shown in Figure Q5[c](ii),**

Merujuk kepada Rajah S5[c](i), anggapkan bahawa piksel hitam (objek) berpadanan 1 manakala piksel putih (latar belakang) berpadanan 0. Dengan menggunakan templat yang ditunjukkan dalam Rajah S5[c](ii),

- (i) determine the correlation values at the locations marked with “×”,**
 - (ii) determine the pixel coordinates that produce the highest correlation value in Figure Q5[c](i).**
- (i) tentukan nilai-nilai korelasi di lokasi yang ditandakan dengan “×”,*
- (ii) tentukan lokasi yang mempunyai nilai korelasi yang tertinggi dalam Rajah S5[c](i).*

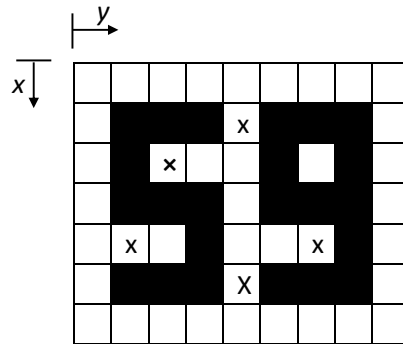


Figure Q5[c](i)
Rajah Q5[c](i)

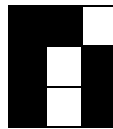


Figure Q5[c](ii)
Rajah S5[c](ii)

(30 marks/markah)