

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2008/2009

April - Mei 2009

## **EEM 312 – ROBOTIK DAN PENGLIHATAN MESIN**

Masa: 3 jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUA BELAS muka surat dan SATU muka surat LAMPIRAN yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan.

Jawab **LIMA** soalan.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan dalam bahasa Malaysia atau bahasa Inggeris atau kombinasi kedua-duanya.

1. (a) Anda diberikan tugas untuk memilih kanta yang sesuai untuk satu sistem penglihatan mesin untuk memeriksa kod bar satu produk. Saiz produk tersebut ialah 100 \* 250 mm (lebar) dan kod bar tersebut mempunyai saiz 7 mm(tinggi) \* 15 mm (lebar). Objek yang diperiksa ialah kod bar. Kamera tersebut mempunyai format CCD ½ inci. Jarak objek daripada kamera ialah 70 mm.

*You are assigned to select the lens for a machine vision system to inspect bar code of a product. The product has a size of 100 mm(height) \* 250 mm (width) and the bar code has a size of 7 mm(height) \* 15mm (width). The object of interest is the bar code. The camera has a CCD format of 1/2 inches. The working distance for the system is 70 mm.*

- (i) Pilih satu kanta yang sesuai daripada Jadual 1(b) katalog kanta daripada syarikat XXX untuk sistem penglihatan mesin tersebut.

*Select a suitable lens from Table 1(b) a lens catalog from company XXX for the machine vision system.*

- (ii) Pilih tiub pemanjangan daripada Jadual 1(c) supaya kamera dapat menangkap imej pada jarak 70 mm. Terangkan teori asas yang digunakan yang menerangkan bagaimana tiub pemanjangan dapat mengurangkan jarak objek daripada kamera.

*Select a suitable extension tube from Table 1(c) so that the system can capture image within 70 mm. Explain the basic principle of using extension tube to decrease the working distance.*

- (iii) Gunakan jarak focal yang dipilih pada soalan 1(i), kirakan berapa pixels untuk mewakili lebar kod bar tersebut jika kamera tersebut mempunyai 480 (tinggi) \* 640 (lebar) bilangan pixels.

*Using the selected lens' focal length in question 1(i), calculate how many pixels will the width of bar code cover if the camera sensors has 480(height) \* 640 (width)pixels*

Jadual 1(a) Format CCD  
Table 1(a) CCD format

CCD format	CCD height (mm)	CCD width (mm)
¼inches	2.4	3.2
1/3inches	3.6	4.8
1/2inches	4.8	6.4
2/3inches	6.6	8.8
1 inch	9.6	12.8

Jadual 1(b) Katalog Lens daripada Syarikat XXX  
Table 1(b) Lens catalog from Company XXX

Product Code	Format	Focal Length(mm)	MOD(m)
H1214-M(KP)	½	12	0.25
K1614-M(KP)	1/3	16	0.25
C1614-M(KP)	2/3	16	0.25
C2514-M(KP)	2/3	25	0.25
C3516-M(KP)	2/3	35	0.25
C5028-M(KP)	2/3	50	0.25

Jadual 1(c) Panduan untuk pemilihan extension rings  
*Table 1(c) Extension ring selection table*

	Focal Length	12mm	16mm	25mm	50mm
Extension rings	0.5mm	12...31cm	22...54cm	41..129cm	
	1.0mm	8..15cm	17...28cm	32..66cm	
	1.5mm	6..10cm	14..20cm	27..45cm	75..175cm
	5.0mm	2..3cm	7..8cm	14..16cm	43..50cm
	10.0mm			9..10cm	29..34cm
	15.0mm				23..25cm

(60%)

- (b) Bandingkan prestasi kamera CCD dan CMOS  
*Compare the performance of CCD and CMOS camera*

(20%)

- (c) Terangkan apakah kanta telesentrik dan kegunaan kanta telesentrik dalam sistem mesin penglihatan.

*Explain what a telecentric lens is and the application of telecentric lens in machine vision application.*

(20%)

- 2 (a) Satu applikasi mesin penglihatan diperlukan untuk mengasingkan epal merah dan epal hijau. Untuk menjimatkan kos pembinaan sistem tersebut, kamera biasa hitam putih digunakan. Cadangkan satu teknik pencahayaan yang boleh membantu proses tersebut dan terangkan bagaimana cadangan anda boleh membantu dalam proses pengasingan warna dengan menerangkan prinsip asas yang digunakan.

*One machine vision application is developed to classify green and red color apples on the conveyor belt. Because of cost reduction, the vision engineer is required to use normal black and white camera instead of color camera. Suggest one lighting technique that will be able to help solving the problem and explain your suggestion by stating the basic principle of the proposed lighting technique.*

(40%)

- (b) Beri dan terangkan dua jenis teknik penambahbaikan image yang berasaskan histogram.

*Give and explain two histogram-based image enhancement techniques*

(30%)

- (c) Diberi satu imej yang mempunyai bising jenis "salt and pepper", cadangkan satu teknik dan terangkan bagaimana teknik yang dicadangkan boleh menghapuskan hingar tersebut

*Given an image with salt and pepper noise, suggest a technique to remove it and explain how the proposed technique can remove the noise.*

(30%)

- 3 (a) Terangkan mengapa invariant translasi adalah penting dalam representasi bentuk dalam konteks pengecaman bentuk berasaskan kontur.

*Explain why translation invariant is important for shape representation in the context of contour-based shape recognition.*

(20%)

- (b) Terangkan operasi "closing" dan "opening" dan kegunaan kedua-dua operasi dalam sistem mesin penglihatan

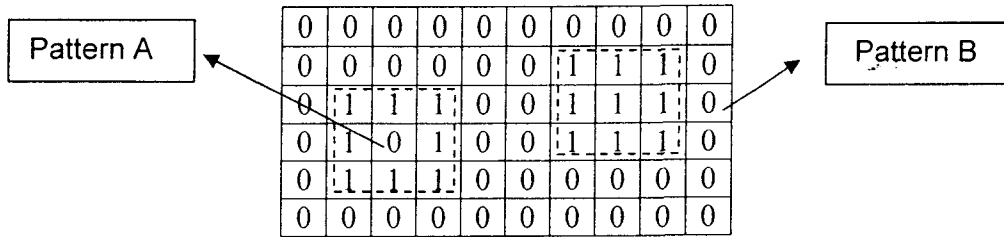
*Describe what a closing and opening operations are and their applications in machine vision.*

(30%)

- (c) Satu imej diberikan seperti pada gambarajah 3(a). Cadangkan satu operasi morfologi yang boleh digunakan untuk mengecam corak A sahaja. Terangkan proses morfologi tersebut dengan memberikan elemen struktur yang digunakan.

*An original image is given as shown in Figure 3(a). Suggest one morphological operation that is able to detect the pattern A. Name the morphological operation and demonstrate the detection process including giving the structuring element.*

Gambarajah 3b Imej Asal  
Figure 3b Original Image



(50%)

4. (a) Jelaskan apa yang dimaksudkan dengan analisa kinematik terus dan songsang.

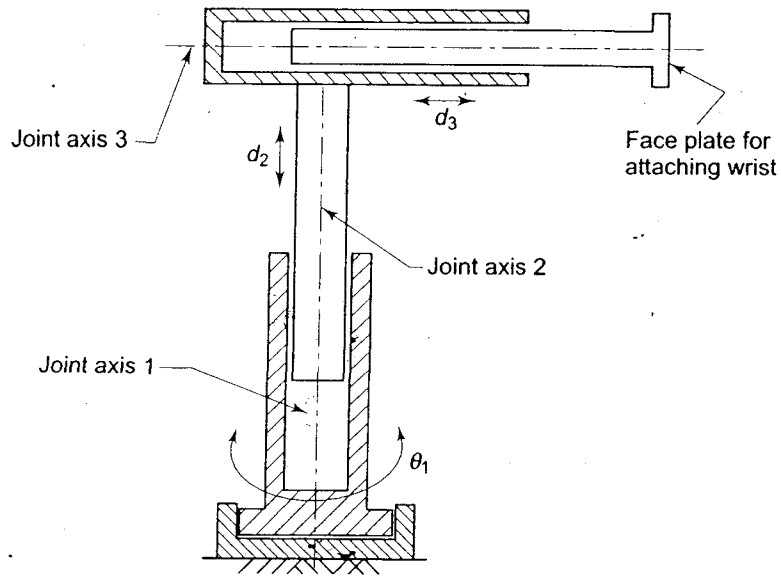
*Explain what is meant by direct and indirect kinematic analyses.*

(10%)

- (b) Sila dapatkan nilai parameter-parameter DH bagi penggerak 3-DOF yang ditunjukkan di dalam Rajah 1.

*Please outline the D-H parameter values for the 3-DOF manipulator given in Figure 1.*

(40%)



Rajah 1  
Figure 1.

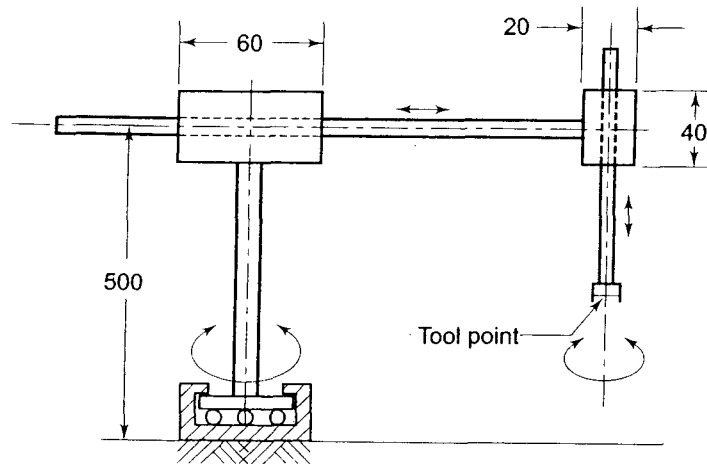
- (c) Bagi penggerak dengan 4-DOF yang ditunjukkan di dalam Rajah 2, tentukan perubahan (pusingan/peralihan) yang diperlukan, bagi kedudukan dan orientasi titik alatan yang diberi oleh matriks penjelmaan berikut. Nilai-nilai dimensi ditunjukkan oleh Rajah 2.

*For the 4-DOF manipulator shown in Figure 2, determine the joint displacements required for the tool point position and orientation given by the following transformation matrix. The dimensions are shown in the Figure 2.*

(50%)



$$T = \begin{bmatrix} 0.5 & -0.866 & 0 & -84 \\ 0.866 & -0.5 & 0 & -48.5 \\ 0 & 0 & -1 & 105 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Note: Not to scale and all dimension in mm

Rajah 2.  
Figure 2.

5. (a) Berikan definisi bagi matriks Jacobian dan kepentingannya di dalam analisa sistem lengan robot. Jelaskan juga apa yang dimaksudkan dengan ketunggalan-ketunggalan Jacobian.

*Give the definition of Jacobian matrix and its importance in the analysis of a robotic arm system. Explain also what is meant by Jacobian singularities.*

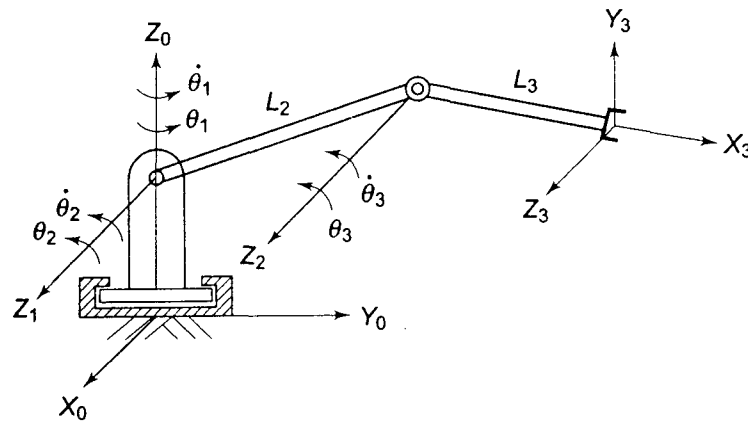
(25%)

...10/-

- (b) Tentukan matriks Jacobian bagi penggerak lengan bersendi 3-DOF yang ditunjukkan di dalam Rajah 3. Nota: Anda perlu mendapatkan nilai-nilai parameter D-H, dan penjelmaan berkaitan sebelum mengira nilai matriks Jacobian.

*Determine the manipulator Jacobian matrix for the 3-DOF articulated arm shown in Figure 3. Notes: You must first acquire the DH parameter values and the associated transformation, before calculating the Jacobian matrix.*

(75%)



Rajah 3  
Figure 3

6. (a) Apakah perbezaan utama antara 'perancangan jejakan' dan 'perancangan trajektori' bagi pergerakan satu lengan robot? Jelaskan makna 'perancangan trajektori'.

*What is the main difference between path planning and trajectory planning in relation to a robotic arm motion? Explain the meaning of 'trajectory planning'.*

(15%)

...11/-

- (b) Sendi ke-2 bagi sebuah robot enam paksi bergerak daripada sudut awal  $20^\circ$  kepada sudut pertengahan  $80^\circ$ , di dalam tempoh 5 saat. Ia kemudian terus bergerak ke destinasi sudut  $25^\circ$  di dalam 5 saat lagi. Kira nilai-nilai pekali bagi polynomial tertib ke-3 di dalam ruang sendi. Lakarkan sudut, halaju dan pecutan sendi berkaitan.

*The second joint of a six-axis robot is to go from initial angle of  $20^\circ$  to an intermediate angle of  $80^\circ$  in 5 seconds, and then continue to its destination of  $25^\circ$  in another 5 seconds. Calculate the coefficients for the third-order polynomials in joint-space. Plot the joint angles, velocities and accelerations.*

(35%)

- (c) Nilai-nilai parameter sendi-penyambung bagi satu penggerak 6-DOF diberi oleh Jadual 1. Tentukan penyelesaian kinematik songsang bagi semua sudut  $q = [\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3 \ \theta_4 \ \theta_5 \ \theta_6]^T$ . Andaikan bahawa kedudukan dan orientasi titik-hujung robot merujuk kepada koordinat tapak  ${}^0T_6$  diketahui dan diberi oleh;

*The joint-link parameters of a 6-DOF manipulator are described in Table 1. Find the inverse kinematics solutions for all the joint angles  $q = [\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3 \ \theta_4 \ \theta_5 \ \theta_6]^T$ . Assume that the position and orientation of the end-effector with respect to the base coordinates  ${}^0T_6$  is known and is given by;*

(50%)

$$T = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & d_x \\ n_y & o_y & a_y & d_y \\ n_z & o_z & a_z & d_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Joint-link parameters for a 6-DOF manipulator

Jadual 1  
Table 1

Link i	$a_i$	$\alpha_i$	$d_i$	$\theta_i$	$q_i$
1	0	$-90^\circ$	$d_1$	$\theta_1$	$\theta_1$
2	$a_2$	0	0	$\theta_2$	$\theta_2$
3	$a_3$	0	0	$\theta_3$	$\theta_3$
4	$a_4$	$-90^\circ$	0	$\theta_4$	$\theta_4$
5	0	$90^\circ$	$d_5$	$\theta_5$	$\theta_5$
6	0	0	$d_6$	$\theta_6$	$\theta_6$

ooo0ooo

$${}^{i-1}T_i = \begin{bmatrix} C\theta_i & -S\theta_i C\alpha_i & S\theta_i S\alpha_i & a_i C\theta_i \\ S\theta_i & C\theta_i C\alpha_i & -C\theta_i S\alpha_i & a_i S\theta_i \\ 0 & S\alpha_i & C\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

where  $C\theta_i = \cos \theta_i$ ,  $S\theta_i = \sin \theta_i$ ,  $C\alpha_i = \cos \alpha_i$ , and  $S\alpha_i = \sin \alpha_i$ .