
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2012/2013 Academic Session

June 2013

EEM 312 – Robotics And Machine Vision
[Robotik & Penglihatan Mesin]

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

Please check that this examination paper consists of **ELEVEN (11)** pages including Appendices **TWO (2)** pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEBELAS (11)** muka surat beserta Lampiran **DUA (2)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini]*

Instructions: This question paper consists **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions. All questions carry the same marks.

[Arahan: Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama]

Answer to any question must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat 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]

1. (a) Berikan perihalan yang sesuai untuk membezakan bentuk-bentuk berikut. Terang dan tunjukkan dengan lakaran yang sesuai untuk perihalan yang dipilih.

Which descriptors should be used to distinguish the following shapes? Explain and show with sketches the descriptors that you have chosen.

(i) Satu segiempat daripada satu segitiga
A square from a triangle

(ii) Satu segiempat daripada satu bulatan
A square from a circle

(40 markah/marks)

- (b) Satu imej binari diberikan oleh Rajah 1. Cadangkan satu teknik pemprosesan imej yang boleh menghapuskan piksel hinggar (segiempat kelabu) tanpa mengganggu piksel lain. Tunjukkan process pemprosesan imej yang dicadangkan.

The binary image is given in Figure 1. Suggest an image processing operation that can remove the noisy pixel(graycolor-filled box) without affecting much the other pixels. Show the procedure for the image processing operation that you have suggested.

		1	1	1		1	1	1	
	1	1	1	1	1	1	1	1	
		1	1	1		1	1	1	
			1						

Rajah 1 : Image Binari
Figure 1 Binary image

(40 markah/marks)

- (c) Bandingkan keupayaan penglihatan manusia dengan penglihatan mesin.

Compare the capability of human vision versus machine vision.

(20 markah/marks)

2. (a) Berikan definisi kesinambungan yang sesuai untuk mencari laluan dari piksel P to piksel Q. Tunjukkan dengan lukisan output yang menggunakan jenis kesinambungan yang dicadangkan, terangkan mengapa jenis kesinambungan yang dicadangkan adalah terbaik.

What is the best type of connectivity definition to be used to find the path from pixel P to pixel Q? Show and draw the output of the path for the connectivity that you have chosen, explain why the connectivity that you have chosen is the best.

	P	1		
		1		
		1	1	
			1	
		1	1	
		1		
			Q	

(40 markah/marks)

- (b) Dua jenis kecacatan yang sering didapati semasa pemprosesan strip foil besi 6cm lebar, iaitu pelbagai saiz lubang pin bulat dan retakan garis rambut membujur. Rekabentuk satu sistem pencahayaan dan algoritma penglihatan yang boleh membezakan jenis kecacatan tersebut, jika foil besi berwarna perak cerah. Nyatakan anggapan yang dibuat dan cadangkan algoritma penglihatan dengan memberikan alasan dan carta aliran.

Two types of defects commonly occur during the manufacture of 6 cm wide strips of metal foil. They are circular pin-holes of various sizes and longitudinal hairline cracks. Design a lighting system and vision algorithm that can distinguish between these flaws, given that the metal foil is bright silver in colour. State your assumptions and suggest a vision algorithm with supporting reason and flowchart.

(60 markah/marks)

3. (a) Anda diberikan satu tugas untuk memilih satu pembekal mesin penglihatan. Saiz objek ialah 4cm (W)* 5cm (H). Ciri yang terkecil yang perlu diukur untuk objek tersebut ialah 0.01cm mendatar. Objek tersebut berwarna merah. Jarak dari objek ke kamera ialah 0.5m. Tiga pembekal mesin penglihatan telah memberi sebutharga dan spesifikasi sistem seperti ditunjukkan pada Jadual 3.1. Jadual 3.2 menunjukkan spesifikasi untuk penerima CCD yang berlainan. Anggapkan semua pembekal mempunyai keupayaan aturcara yang sama iaitu 2 piksel untuk mengukur ciri yang terkecil. Periksa setiap sistem jika mereka boleh memenuhi kriteria yang diperlukan. Pembekal yang mana anda akan memilih dan nyatakan alasan .

*You are given a task to choose a machine vision system supplier. The object's size is 4cm (W) * 5 cm(H). The smallest feature of the object to be measured is 0.01 cm in horizontal. The object is red in color. The distance of the object from the camera is estimated to be around 0.5 m. Three suppliers have given their specification of their proposed system and quotation as shown in Table 3.1. Table 3.2 shows the specification for different CCD sensors. Assume that all suppliers have the same software capability which is 2 pixel for the smallest feature. Examine each of the system if they can satisfy the criteria. Which supplier will you choose and state your reasons?*

Jadual 3.1
Table 3.1

	Supplier A	Supplier B	Supplier C
Camera	½ inch color CCD 2048x1536 pixel	1/3 inch color CCD, 768*576 pixels	2/3 inch monochrome CCD, 768*576 pixels
Lens	8 mm	30 mm	75mm
Interface	Camera Link	USB 1.0	USB 2.0
Cost	RM 50000.00	RM 30000.00	RM 10000.00

Jadual 3.2
Table 3.2

Imager size	Height [mm]	Width [mm]	Diagonal [mm]
1/4"	2.7	3.6	4.5
1/3"	3.6	4.8	6.0
1/2"	4.8	6.4	8.0
2/3"	6.6	8.8	11.0
1"	9.6	12.8	16.0

(70 markah/marks)

- (b) Berikan faktor dengan contoh yang sesuai apabila menentukan teknik pencahayaan yang digunakan dalam sistem penglihatan mesin.

State the factors with examples that determine the lighting techniques to be used in machine vision system.

(30 markah/marks)

4. (a) Huraikan apakah yang dimaksudkan dengan “*Matriks Penjelmaan Homogen, T*” merujuk kepada sebuah lengan robot industri, dan kaitannya dengan parameter-parameter Denavit-Hartenberg (D-H).

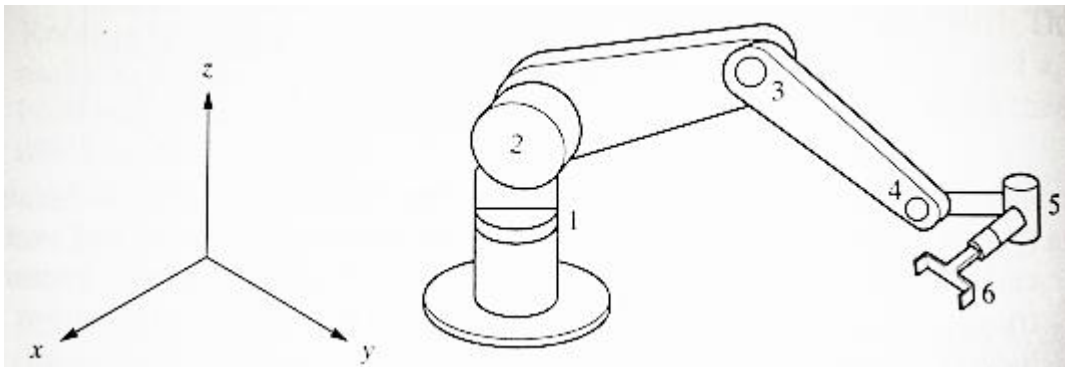
Describe what is a “Homogenous Transformation Matrix, T” with reference to an industrial robotic arm, and the relationship of this matrix T with the Denavit-Hartenberg (D-H) parameters.

(25 markah/marks)

- (b) Daripada lakaran lengan robot yang ditunjukkan di dalam Rajah 4(a), tentukan nilai-nilai parameter D-H dan berikan nilai-nilai di dalam matriks 2T_3 . Gunakan andaian-andaian yang sesuai bagi kerangka-kerangka bergerak dan nilai-nilai lain untuk meringkaskan analisa.

From the robotic arm layout given in Figure 4(a), extract the D-H parameter values and provide the values of matrix 2T_3 . Use appropriate assumptions for the moving frames and others values needed to simplify the analyses.

(45 markah/marks)



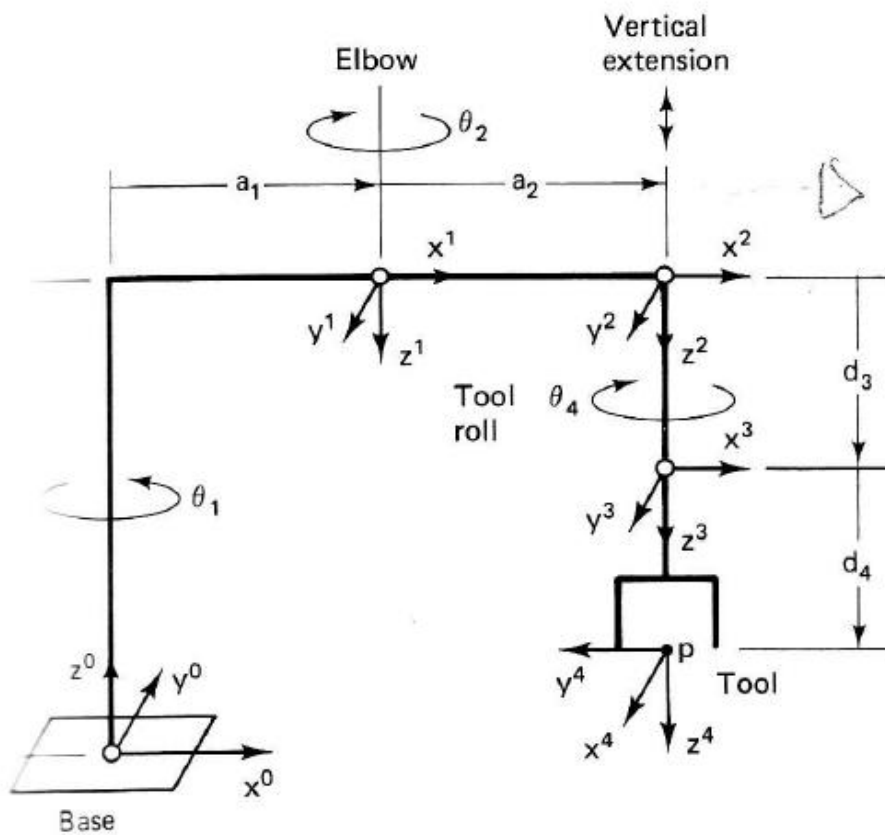
Rajah 4(a)
Figure 4(a)

- (c) Diberi kedudukan akhir bagi sebuah robot $P=(P_x; P_y; P_z)$. Tentukan nilai Θ_2 bagi robot jenis SCARA di dalam Rajah 4(c). Matriks akhir, T, diberi seperti di bawah:

Given the final position of the robot $P=(P_x; P_y; P_z)$. Find Θ_2 for the scara robot as shown in Figure 4(c). The final matrix, T, is given below:

(30 markah/marks)

$$T_4^0 = \begin{bmatrix} C_{1-2-4} & S_{1-2-4} & 0 & a_1 C_1 + a_2 C_{1-2} \\ S_{1-2-4} & -C_{1-2-4} & 0 & a_1 S_1 + a_2 S_{1-2} \\ 0 & 0 & -1 & d_1 - q_3 - d_4 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Rajah 4(c)
Figure 4(c)

5. (a) Apakah yang dimaksudkan dengan matriks Jacobian? Di dalam situasi apakah keadaan *singularity* boleh berlaku? (Berikan contoh yang sesuai untuk memperjelaskan jawapan anda).

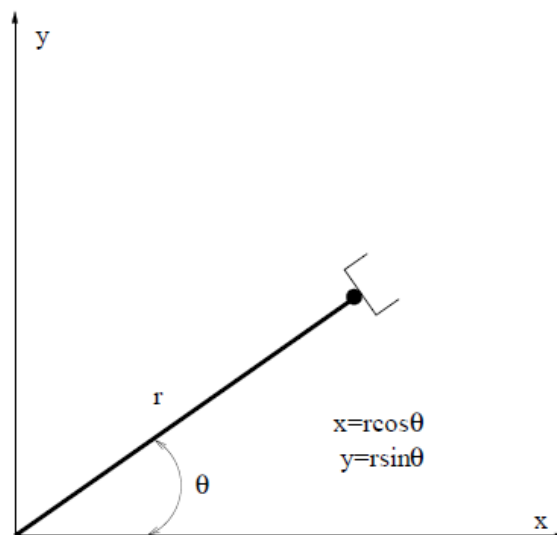
What is meant by Jacobian matrix? In what situation will singularity condition occur? (Give appropriate example to clarify your answer).

(20 markah/marks)

- (b) Tentukan matriks Jacobian bagi lengan robot polar planar 2 DOF yang ditunjukkan di dalam Rajah 5(a). Koordinat titik akhir adalah $(r\cos \theta, r\sin \theta)$. Sendi pertama adalah jenis pusingan (θ), manakala sendi kedua jenis pindahan(r).

Determine the Jacobian matrix for the 2 DOF polar planar robotic arm shown in Figure 5(a). The endpoint has coordinates $(r\cos \theta, r\sin \theta)$. The first joint is revolute (θ). While, the second joint is a translation-type (r).

(35 markah/marks)



Rajah 5(a)
Figure 5(a)

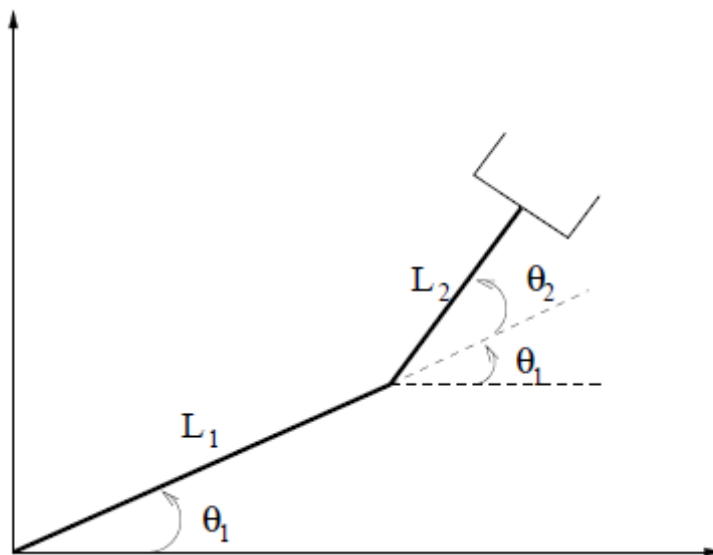
- (c) Tentukan matriks Jacobian bagi penggerak 2DOF yang ditunjukkan di dalam Rajah 5(c), dan tentukan juga keadaan yang boleh menyebabkan *singularities* berlaku terhadap penggerak 2DOF tersebut. Matriks penjelmaan, T , diberi seperti di bawah:

Determine the Jacobian Matrix for the 2DOF manipulator in Figure 5(c), and evaluate the condition where singularities can occur for the 2DOF manipulator.

The transformation matrices, T , are given below:

$$T_1^0 = \begin{bmatrix} C_1 & -S_1 & 0 & C_1L_1 \\ S_1 & C_1 & 0 & S_1L_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2^1 = \begin{bmatrix} C_2 & -S_2 & 0 & C_2L_2 \\ S_2 & C_2 & 0 & S_2L_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T_2^0 = \begin{bmatrix} C_{12} & -S_{12} & 0 & C_1L_1 + L_2C_{12} \\ S_{12} & C_{12} & 0 & S_1L_1 + L_2S_{12} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(45 markah/marks)



Rajah 5(c)
Figure 5(c)

6. (a) Huraikan kepentingan melakukan analisa dinamik dengan merujuk kepada sebuah lengan robot industri.

Describe the importance of conducting dynamic analysis with reference to an industrial robotic arm.

(10 markah/marks)

- (b) Tentukan persamaan pergerakan bagi penggerak 2DOF yang ditunjukkan di dalam Rajah 5(c) menggunakan kaedah Lagrangian-Euler [Sila rujuk soalan 5(c)]. Andaikan lengan L_1 dan L_2 mempunyai nilai M_1 dan M_2 di tengah penyambung berkaitan.

Determine the equation of motion for the 2DOF manipulator shown in Figure 5(c) using either the Lagrangian-Euler approach. [Please refer to question 5(c)]. Assume L_1 and L_2 have M_1 and M_2 at the centre of respective link.

(50 markah/marks)

- (c) Sendi pertama bagi sebuah robot enam paksi bergerak daripada sudut $\Theta_i = 40^\circ$ ke sudut akhir $\Theta_f = 120^\circ$ di dalam 4 saat dengan halaju pergerakan $\omega_1 = 10$ degrees/sec. Tentukan masa gabungan yang sesuai dengan trajektori linear dan gabungan parabolik, dan lakarkan kedudukan sendi, nilai-nilai halaju dan pecutan. Apakah yang akan berlaku sekiranya masa gabungan tidak diambil kira untuk pergerakan sendi robot? Dan nyatakan kesan pemilihan tertib parabolik yang sewajarnya.

Joint 1 of a six-axis robot is to go from initial angle of $\Theta_i = 40^\circ$ to the final angle of $\Theta_f = 120^\circ$ in 4 seconds with a cruising velocity of $\omega_1 = 10$ degrees/sec. Find the necessary blending time for a trajectory with linear segment and parabolic blends, and plot the joint positions, velocities and accelerations. What will happen if the blending time is not considered for the joint motion? And state the effect of selecting the appropriate parabolic order.

(40 markah/marks)