

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH
KHOA ĐÀO TẠO CHẤT LƯỢNG CAO**



**KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP
NGÀNH CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN - TỰ ĐỘNG HÓA**

**THIẾT KẾ, THI CÔNG VÀ LẬP TRÌNH ĐIỀU KHIỂN
CÁNH TAY MÁY GẤP VẬT THỂ SỬ DỤNG THUẬT TOÁN
NHẬN DẠNG MÀU SẮC VÀ HÌNH KHỐI**

**GVHD: TS. NGUYỄN VĂN THÁ
SVTH : DƯƠNG MINH THIÊN
MSSV : 12151131
SVTH : NGUYỄN XUÂN TÀI
MSSV : 12151073**



Tp. Hồ Chí Minh, tháng 7 năm 2016

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
KHOA ĐÀO TẠO CHẤT LƯỢNG CAO**



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

ĐỀ TÀI:

**THIẾT KẾ, THI CÔNG VÀ LẬP TRÌNH ĐIỀU KHIỂN
CÁNH TAY MÁY GẤP VẬT THỂ
SỬ DỤNG THUẬT TOÁN NHẬN DẠNG MÀU SẮC
VÀ HÌNH KHỐI**

**SVTH: DƯƠNG MINH THIÊN
NGUYỄN XUÂN TÀI**

**MSSV: 12151131
MSSV: 12151073**

Khóa: 2012 – 2016

**Ngành: CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA
GVHD: TS. NGUYỄN VĂN THÁI**

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 7 năm 2016

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
KHOA ĐÀO TẠO CHẤT LƯỢNG CAO**



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

ĐỀ TÀI:

**THIẾT KẾ, THI CÔNG VÀ LẬP TRÌNH ĐIỀU KHIỂN
CÁNH TAY MÁY GẤP VẬT THỂ
SỬ DỤNG THUẬT TOÁN NHẬN DẠNG MÀU SẮC
VÀ HÌNH KHỐI**

**SVTH: DƯƠNG MINH THIỆN
NGUYỄN XUÂN TÀI**

**MSSV: 12151131
MSSV: 12151073**

Khóa: 2012 – 2016

**Ngành: CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT ĐIỀU KHIỂN VÀ TỰ ĐỘNG HÓA
GVHD: TS. NGUYỄN VĂN THÁI**

Tp. Hồ Chí Minh, tháng 7 năm 2016

Tp. Hồ Chí Minh, ngày.... tháng.... năm 20....

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Họ và tên sinh viên: Dương Minh Thiện	MSSV: 12151131
Họ và tên sinh viên: Nguyễn Xuân Tài	MSSV: 12151073
Ngành: Công nghệ kỹ thuật điều khiển và tự động hóa	Lớp: 12151CLC
Giảng viên hướng dẫn: TS. Nguyễn Văn Thái	SĐT: 0902807576
Ngày nhận đề tài:	Ngày nộp đề tài:

1. Tên đề tài:

**THIẾT KẾ, THI CÔNG VÀ LẬP TRÌNH ĐIỀU KHIỂN CÁNH TAY MÁY GẤP
VẬT THỂ SỬ DỤNG THUẬT TOÁN NHẬN DẠNG MÀU SẮC VÀ HÌNH KHỐI**

2. Nội dung thực hiện đề tài:

- Tìm hiểu phương trình động học cánh tay máy robot
- Tìm hiểu các thuật toán nhận dạng màu sắc và hình khối
- Tìm hiểu về phần mềm Visual Studio trong ứng dụng nhận dạng màu sắc và hình khối
- Tìm hiểu về phần mềm SolidWorks để thiết kế cánh tay máy
- Tìm hiểu về phần mềm Matlab để mô phỏng cánh tay máy

3. Sản phẩm:

- Cánh tay máy 4 bậc tự do
- Phần mềm xử lý ảnh nhận dạng màu sắc và hình khối

TRƯỞNG NGÀNH

GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN

TS. Lê Mỹ Hà

TS. Nguyễn Văn Thái



PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN PHẢN BIỆN

Họ và tên Sinh viên: Dương Minh Thiện

MSSV: 12151131

Họ và tên Sinh viên: Nguyễn Xuân Tài

MSSV: 12151073

Ngành: Công nghệ kỹ thuật điều khiển và tự động hóa

Tên đề tài:

**THIẾT KẾ, THI CÔNG VÀ LẬP TRÌNH ĐIỀU KHIỂN CÁNH TAY MÁY GẤP
VẬT THỂ SỬ DỤNG THUẬT TOÁN NHẬN DẠNG MÀU SẮC VÀ HÌNH KHỐI**

Họ và tên Giáo viên phản biện:

NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN PHẢN BIỆN

1. Về nội dung đề tài & khối lượng thực hiện:

.....
.....
.....

2. Ưu điểm:

.....
.....
.....
.....
.....

3. Nhược điểm:

.....
.....
.....
.....

4. Đề nghị cho bảo vệ hay không?

.....

5. Đánh giá loại:

.....

6. Điểm:.....(Bằng chữ:.....)

.....

Tp. Hồ Chí Minh, ngày tháng năm 20...
Giáo viên phản biện
(Ký & ghi rõ họ tên)

LỜI CẢM ƠN

Trong suốt quá trình thực hiện đề tài, với sự giúp đỡ nhiệt tình của quý thầy cô, hướng dẫn về mọi mặt từ thiết kế phần cứng đến phần mềm điều khiển là những yếu tố quyết định đến sự thành công của đề tài ngày hôm nay. Nhóm xin chân thành gửi lời cảm ơn đến:

Giáo viên hướng dẫn TS. Nguyễn Văn Thái đã định hướng, nhiệt tình giúp đỡ, chỉ bảo tận tình và tạo điều kiện tốt nhất cho nhóm khi làm việc tại phòng thí nghiệm (3DVisionLab) trong suốt quá trình thực hiện đề tài.

Nhóm cũng xin gửi lời cảm ơn đến toàn bộ quý thầy cô trong Khoa Điện – Điện tử và Bộ môn Tự Động Điều Khiển đã giúp đỡ nhóm rất nhiều trong quá trình thực hiện đề tài cũng như đóng góp ý kiến và tạo điều kiện thuận lợi giúp đề tài hoàn thiện hơn.

Nhóm xin gửi lời cảm ơn đến tập thể lớp 12151CLC, trong quá trình làm đề tài các bạn đã có những ý kiến thiết thực và giúp đỡ nhóm trong việc thiết kế và thi công đề tài.

Cuối cùng, nhóm xin gửi lời cảm ơn chân thành tới nhà trường, thầy cô, cha mẹ và bạn bè đã động viên và giúp đỡ trong suốt quá trình thực hiện đề tài.

Nhóm xin chân thành cảm ơn!

TÓM TẮT

Trong đề tài này, nhóm thực hiện thiết kế và thi công cánh tay máy 4 bậc tự do. Cánh tay máy có nhiệm vụ gấp hình khối khi đã phân biệt được màu sắc và hình dạng. Quá trình phân biệt màu sắc và hình dạng được thông qua một chiếc camera, chức năng chính của chiếc camera này là thu nhận hình ảnh .

Đầu tiên, nhóm sẽ tiến hành tính toán phương trình động học và mô phỏng cánh tay máy 4 bậc tự do. Phần mềm nhóm thực hiện mô phỏng là Matlab. Sau khi tính toán và mô phỏng, nhóm bắt đầu thiết kế bản vẽ cơ khí cho mô hình thực tế bằng phần mềm Solidwork. Việc lựa chọn thiết bị để thi công mô hình là một phần rất quan trọng góp phần vào sự thành công của đề tài, phần này nhóm sẽ trình bày kỹ hơn ở phần nội dung chính .

Sau khi đã thi công mô hình hoàn tất, nhóm chúng em bắt đầu điều khiển cánh tay máy hoạt động theo phương trình động học đã tính toán, qua đó so sánh kết quả thực tế thu được với kết quả mà nhóm đã mô phỏng, từ đó đưa ra kết luận mô hình đã hoạt động với mục tiêu của đề tài hay chưa?

Tiếp theo nhóm tiến hành nghiên cứu các thuật toán xử lý ảnh đáp ứng được mục tiêu của đề tài là nhận dạng được màu sắc, hình khối và xác định được tọa độ của hình khối đó. Phần mềm để nhóm nghiên cứu và lập trình cho chương trình xử lý ảnh là Visual Studio với thư viện xử lý ảnh EmguCV.

Bước kế tiếp, nhóm sẽ lập trình việc truyền dữ liệu từ chương trình xử lý ảnh gửi xuống board vi điều khiển Arduino để Robot di chuyển đến vị trí mong muốn và gấp vật. Nhóm thực hiện với các hình khối có hình dạng và màu sắc khác nhau, để đưa ra kết luận được những ưu điểm và khuyết điểm của đề tài.

Kết quả nhóm thu được là mô hình cánh tay máy 4 bậc tự do theo đúng thiết kế ban đầu, chương trình xử lý ảnh đã nhận dạng đối tượng của đề tài một cách tương đối chính xác.

MỤC LỤC

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP	i
PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN	ii
PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIÁO VIÊN PHẢN BIỆN.....	iii
LỜI CẢM ƠN	iv
TÓM TẮT	v
MỤC LỤC	vi
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....	viii
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU	ix
DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH VÀ BIỂU ĐỒ.....	x
Chương 1: TỔNG QUAN.....	1
1.1. Đặt vấn đề.....	1
1.2. Mục tiêu đề tài	2
1.3. Giới hạn đề tài	2
1.4. Nội dung đề tài	2
Chương 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT.....	4
2.1. Phương trình động học cánh tay máy.....	4
2.1.1. Phương trình động học thuận.....	4
2.1.2. Phương trình động học nghịch.....	11
2.1.3. Các điều kiện của bài toán động học nghịch	12
2.1.4. Giải bài toán động học ngược cho cánh tay Robot.....	12
2.2. Xử lý ảnh	14
2.2.1. Khái niệm xử lý ảnh.....	14
2.2.2. Các vấn đề cơ bản trong xử lý ảnh	15
2.2.3. Khử nhiễu.....	16
2.2.4. Mô hình màu HSV (Hue, Saturation, Value)	20
2.2.5. Các phương pháp phát hiện biên	21
Chương 3: THIẾT KẾ VÀ CHỌN THIẾT BỊ	27
3.1. Thiết kế mô phỏng động học cánh tay máy.....	27
3.1.1. Mô phỏng động học thuận	27
3.1.2. Mô phỏng động học nghịch	30
3.2. Thiết kế cánh tay máy và lựa chọn thiết bị trong mô hình thực tế.....	32
3.2.1. Thiết kế bản vẽ cơ khí trên phần mềm SolidWorks	32
3.2.2. Lựa chọn thiết bị.....	32

3.3. Thi công mô hình cánh tay Robot	38
Chương 4: GIẢI THUẬT	39
4.1. Tổng quát	39
4.2. Lưu đồ tổng quát của quá trình xử lý ảnh.....	40
4.2.1. Nhận dạng màu sắc:	41
4.2.2. Nhận dạng hình khối:.....	42
4.2.3. Lưu đồ truyền nhận dữ liệu từ phần mềm xử lý ảnh xuống board vi điều khiển:.....	44
4.2.4. Lưu đồ điều khiển robot:	45
4.2.5. Phương pháp chuyển đổi tọa độ trên khung ảnh sang tọa độ trên mặt phẳng thực tế	46
4.3. Phần mềm Visual Studio và thư viện xử lý ảnh EmguCV	47
4.3.1. Giới thiệu thư viện xử lý ảnh EmguCV.....	47
4.3.2. Lợi thế của thư viện xử lý ảnh EmguCV.....	47
Chương 5: KẾT QUẢ	48
5.1. Một số kết quả hình ảnh xử lý ảnh trên Visual Studio	48
5.2. Kết quả kiểm nghiệm :.....	50
5.2.1. Kết quả thực nghiệm đối với màu sắc :	50
5.2.2. Kết quả thực nghiệm đối với hình khối :	50
5.2.3. Đánh giá :.....	50
Chương 6: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.....	51
6.1. Kết luận.....	51
6.2. Hướng phát triển.....	51
TÀI LIỆU THAM KHẢO	52

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

1. PWM: Pulse Width Modulation
2. USB: Universal Serial Bus
3. ICSP: In Circuit Serial Programming
4. RGB: Red Green Blue
5. HSV: Hue Saturation Value

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1: Bảng thông số Denavit-Hartenbert của tay máy này như sau:	8
Bảng 3.1: Thông số hoạt động của RC Servo TowerPro MG946R.....	34
Bảng 3.2: Thông số của Webcam Nansin	34
Bảng 3.3: Thông số của board Arduino Uno	35
Bảng 3.4: Thông số thực của cánh tay Robot.	38
Bảng 5.1: Kết quả thực nghiệm đối với màu sắc	50
Bảng 5.2: Kết quả thực nghiệm đối với hình khối	50

DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH VÀ BIỂU ĐỒ

Hình 2.1: Các vectơ định vị trí và định hướng của bàn tay máy.	5
Hình 2.2: Chiều dài và góc xoắn của một khâu.	6
Hình 2.3: Các thông số của khâu: θ , d , a và α	7
Hình 2.4: Tay máy có hai khâu phẳng (vị trí bất kỳ).	8
Hình 2.5: Quá trình xử lý ảnh.	14
Hình 2.6: Ảnh tĩnh.....	15
Hình 2.7: Ảnh động.....	16
Hình 2.8: Ảnh trước và sau khi lọc trung vị	18
Hình 2.9: Ảnh trước và sau khi lọc trung bình	19
Hình 2.10: Mô hình không gian màu HSV	20
Hình 2.11: Hướng gradient	25
Hình 2.12: Ảnh trước và sau khi sử dụng kỹ thuật Canny.....	26
Hình 3.1: Tay máy ở vị trí ban đầu	27
Hình 3.2: Tay máy ở vị trí $\theta_1 = 90^\circ$, $\theta_2 = 0^\circ$, $\theta_3 = 0^\circ$	28
Hình 3.3: Tay máy ở vị trí $\theta_1 = 0^\circ$, $\theta_2 = 90^\circ$, $\theta_3 = 90^\circ$	29
Hình 3.4: Tay máy ở vị trí $P_x = 0, P_y = 385, P_z = 230$	30
Hình 3.5: Tay máy ở vị trí $P_x = -145, P_y = 0, P_z = 470$	31
Hình 3.6: Mô hình cánh tay máy.....	32
Hình 3.7: Cấu tạo bên.....	32
Hình 3.8: Điều khiển vị trí trục ra của động cơ bằng cách điều chế độ rộng xung. .	33
Hình 3.9: RC Servo TowerPro MG946R.....	33
Hình 3.10: Webcam Nansin.....	34
Hình 3.11: Board Arduino Uno (mặt trước và sau).	35
Hình 3.12: Board Arduino Uno.....	36
Hình 3.13: Sơ đồ nguyên lý của mạch Arduino Uno.....	37

Hình 3.14: Mô hình cánh tay Robot.....	38
Hình 4.1: Sơ đồ xử lý tổng quát của hệ thống	39
Hình 4.2: Các bước cơ bản trong một hệ thống xử lý ảnh.....	39
Hình 4.3: Lưu đồ quá trình xử lý ảnh của đề tài	40
Hình 4.4: Lưu đồ quá trình xử lý nhận dạng màu sắc.....	41
Hình 4.5: Lưu đồ quá trình truyền nhận dạng hình khối.....	42
Hình 4.6: Lưu đồ quá trình truyền nhận dữ liệu từ phần mềm xử lý ảnh xuống board vi điều khiển.....	44
Hình 4.7: Lưu đồ quá trình điều khiển robot	45
Hình 5.1: Giao diện xử lý ảnh trên Visual Studio.....	48
Hình 5.2: Nhận diện hình tròn màu đỏ.....	48
Hình 5.3: Nhận diện hình tam giác màu xanh dương	49
Hình 5.4: Nhận diện hình vuông màu xanh lá	49
Hình 6.1: Robot gấp vật	51

Chương 1: TỔNG QUAN

1.1. Đặt vấn đề

Từ khi mới ra đời robot công nghiệp được áp dụng trong nhiều lĩnh vực dưới góc độ thay sức người. Nhờ vậy các dây chuyền sản xuất được tổ chức lại, năng suất và hiệu quả sản xuất tăng lên rõ rệt. Ban đầu Robot được ứng dụng trong công nghiệp vào những năm 60 để thay thế con người làm các công việc nặng nhọc, nguy hiểm trong môi trường độc hại. Do nhu cầu cần sử dụng ngày càng nhiều trong các quá trình sản xuất phức tạp nên Robot công nghiệp cần có những khả năng thích ứng linh hoạt và thông minh hơn. Ngày nay, ngoài ứng dụng sơ khai ban đầu của Robot trong chế tạo máy thì các ứng dụng khác như trong y tế, chăm sóc sức khỏe, nông nghiệp, đóng tàu, xây dựng và cả trong an ninh quốc phòng.

Dưới đây chúng ta sẽ đi qua một số thời điểm lịch sử phát triển của người máy công nghiệp. Một trong những Robot công nghiệp đầu tiên được chế tạo là Robot Versatran của công ty AMF, Mỹ. Cũng vào khoảng thời gian này ở Mỹ xuất hiện loại Robot Unimate (năm 1900) được dùng đầu tiên trong kỹ nghệ ô tô. Tiếp theo sau Mỹ, các nước khác bắt đầu sản xuất Robot công nghiệp: Anh – 1967, Thụy Điển và Nhật – 1968 theo bản quyền của Mỹ, CHLB Đức – 1971, Pháp – 1972, ở Ý -1973...

Tại Việt Nam, nghiên cứu phát triển Robot đã có những bước tiến đáng kể trong 25 năm vừa qua. Nhiều đơn vị trên toàn quốc thực hiện các nghiên cứu cơ bản và nghiên cứu ứng dụng về Robot như: Trung tâm tự động hóa, Học viện Kỹ thuật quân sự, Viện công nghệ thông tin thuộc viện KHCNVN... Bên cạnh đó còn phải kể đến các công ty cổ phần như Robot TOSY, là doanh nghiệp thiết kế và chế tạo Robot Việt Nam có nhiều sản phẩm ấn tượng trên trường quốc tế. Ngoài ra ở các trường ĐH Bách Khoa Hà Nội, ĐH Bách Khoa Đà Nẵng, ĐH Bách Khoa Tp.HCM, ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật Tp.HCM... đã có những đề án về Robot như: Robot cá, Robot Dancing, Robot hoa, Cánh tay Robot...

Trước sự ra đời mạnh mẽ của Robot công nghiệp, xử lý ảnh cũng được nghiên cứu mạnh mẽ và đã có nhiều ứng dụng trong thực tế. Như trong y học, xử lý ảnh đã được dùng để phát hiện và nhận dạng các khối u, cải thiện ảnh X quang, nhận dạng đường biên mạch máu từ những ảnh chụp mạch bằng tia X. Trong cuộc sống hằng ngày, xử lý ảnh có mặt hầu hết ở các đồ dùng thông dụng như: Tivi, điện thoại, máy ảnh... Còn trong lĩnh vực khoa học kỹ thuật, xử lý ảnh đã và đang có những đóng góp quan trọng, đặc biệt là trong lĩnh vực Robot. Robot thông minh ngày nay không

thể thiếu yếu tố xử lý ảnh. Đó là các vấn đề nhận dạng đối tượng ngoài môi trường. Từ việc nhận dạng có thể giải quyết rất nhiều bài toán như tránh vật cản, dò đường, tìm tọa độ của vật...

Giải pháp cho nhu cầu hiện nay chính là “Ứng dụng xử lý ảnh vào trong điều khiển cánh tay Robot”.

1.2. Mục tiêu đề tài

Mục tiêu của đề tài là thiết kế một cánh tay Robot được điều khiển bởi một camera. Camera có chức năng thu thập hình ảnh, phân loại màu sắc, hình khối, xác định tọa độ của vật và sau đó cánh tay Robot sẽ đến gấp vật.

1.3. Giới hạn đề tài

Cánh tay máy rất đa dạng về nguồn gốc và chủng loại, đây là lần đầu tiên thực hiện nghiên cứu đề tài: “Thiết kế, thi công và lập trình điều khiển cánh tay máy gấp vật thể sử dụng thuật toán nhận dạng màu sắc và hình khối” trong điều kiện:

- Thời gian thực hiện đề tài chỉ trong một học kỳ.
- Kinh nghiệm thực tế chưa có nhiều.
- Vật tư và linh kiện không đồng bộ.

Vì vậy đề tài có những điểm giới hạn mà cánh tay Robot không thể gấp vật được. Ví dụ: Những điểm ngoài tầm nhìn thấy được của camera.

1.4. Nội dung đề tài

Đề tài “Thiết kế, thi công và lập trình điều khiển cánh tay máy gấp vật thể sử dụng thuật toán nhận dạng màu sắc và hình khối” bao gồm các chương sau:

Chương I: Tổng quan: Chương này trình bày tổng quan sơ bộ về các yêu cầu của cuốn báo cáo như đặt vấn đề, mục tiêu, giới hạn và nội dung đề tài

Chương II: Cơ sở lý thuyết: Chương này trình bày phương pháp tính động học thuận, động học nghịch cánh tay máy. Bên cạnh đó là lý thuyết xử lý ảnh về nhận màu sắc và hình khối của vật

Chương III: Thiết kế, thi công và lựa chọn thiết bị: Chương này trình bày về thiết kế và lựa chọn thiết bị phần cứng cho cánh tay máy. Sau đó, tiến hành thi công theo mô hình đã được thiết kế.

Chương IV: Giải thuật: Chương này sẽ trình bày giải thuật, lưu đồ phân biệt màu, hình khối, xác định tọa độ của vật và trình bày phương pháp chuyển đổi tọa độ trên khung ảnh sang tọa độ trên mặt phẳng thực tế.

Chương V: Kết quả: Kết luận chung về ưu điểm và hạn chế của đề tài, khẳng định những kết quả đóng góp đạt được, đề xuất ý kiến để cải thiện khuyết điểm và định hướng phát triển đề tài.

Chương 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Phương trình động học cánh tay máy

2.1.1. Phương trình động học thuận

2.1.1.1. Dẫn nhập

Bất kỳ một Robot nào cũng có thể coi là một tập hợp các khâu (links) gắn liền với các khớp (joints). Ta hãy đặt trên mỗi khâu của Robot một hệ tọa độ. Sử dụng các phép biến đổi thuần nhất có thể mô tả vị trí tương đối và hướng giữa các hệ tọa độ này. Denavit, J đã gọi biến đổi thuần nhất mô tả quan hệ giữa một khâu và một khâu kế tiếp là một ma trận A. Nói đơn giản hơn, một ma trận A là một mô tả biến đổi thuần nhất bởi phép quay và phép tịnh tiến tương đối giữa hệ tọa độ của hai khâu liền nhau. A_1 mô tả vị trí và hướng của khâu đầu tiên, A_2 mô tả vị trí và hướng của khâu thứ hai so với khâu thứ nhất. Như vậy vị trí và hướng của khâu thứ hai so với hệ tọa độ gốc được biểu diễn bởi ma trận: [4]

$$T_2 = A_1.A_2 \quad (1)$$

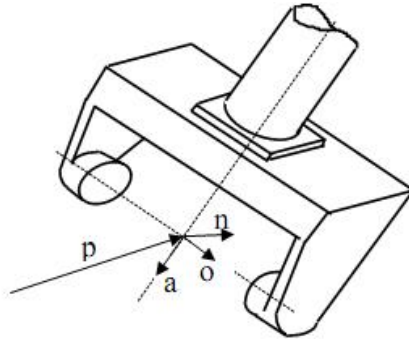
Cũng như vậy, A_3 mô tả khâu thứ ba so với khâu thứ hai là:

$$T_3 = A_1.A_2.A_3 ; v.v... \quad (2)$$

Cũng theo Denavit, tích của các ma trận A được gọi là ma trận T, thường có hai chỉ số: trên và dưới. Chỉ số trên chỉ tọa độ tham chiếu tới, bỏ qua chỉ số trên nếu chỉ số đó bằng 0. Chỉ số dưới thường dùng để chỉ khâu chấp hành cuối. Nếu một Robot có 6 khâu ta có:

$$T_6 = A_1.A_2.A_3.A_4.A_5.A_6 \quad (3)$$

T_6 mô tả mối quan hệ về hướng và vị trí của khâu chấp hành cuối đối với hệ tọa độ gốc. Một Robot 6 khâu có thể có 6 bậc tự do và có thể được định vị trí và hướng trong trường vận động của nó. Ba bậc tự do xác định vị trí thuần túy và ba bậc tự do khác xác định hướng mong muốn. T_6 sẽ là ma trận trình bày cả hướng và vị trí của Robot. Hình 2.1 mô tả quan hệ đó với bàn tay máy. Ta đặt gốc tọa độ của hệ mô tả tại điểm giữa của các ngón tay. Góc tọa độ này được mô tả bởi vector p (xác định vị trí của bàn tay). Ba vector đơn vị mô tả hướng của bàn tay được xác định như sau:



Hình 2.1: Các vector định vị trí và định hướng của bàn tay máy.

- Vector có hướng mà theo đó bàn tay sẽ tiếp cận đến đối tượng, gọi là vector a (approach).
- Vector có hướng mà theo đó các ngón tay của bàn tay nắm vào nhau khi cầm nắm đối tượng, gọi là vector o (Occupation).
- Vector cuối cùng là vector pháp tuyến n (normal), do vậy ta có:

$$\vec{n} = \vec{o} \times \vec{a} \quad (4)$$

Chuyển vị T_6 như vậy sẽ bao gồm các phần tử:

$$T_6 = \begin{bmatrix} n_x & O_x & a_x & p_x \\ n_y & O_y & a_y & p_y \\ n_z & O_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Tổng quát, ma trận T_6 có thể biểu diễn gọn hơn như sau:

$$T_6 = \left[\begin{array}{ccc|c} \text{Ma trận định hướng R} & & & \text{Vector vị trí p} \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]$$

Vector điểm \vec{p} có kích thước 3×1 , biểu diễn mối quan hệ tọa độ vị trí của gốc hệ tọa độ gắn trên khâu chấp hành cuối đối với hệ tọa độ cơ bản.

2.1.1.2. Bộ thông số Denavit-Hartenberg (DH)

Một Robot nhiều khâu cấu thành từ các khâu nối tiếp nhau thông qua các khớp động. Góc chuẩn (Base) của một Robot là khâu số 0 và không tính vào số các khâu.

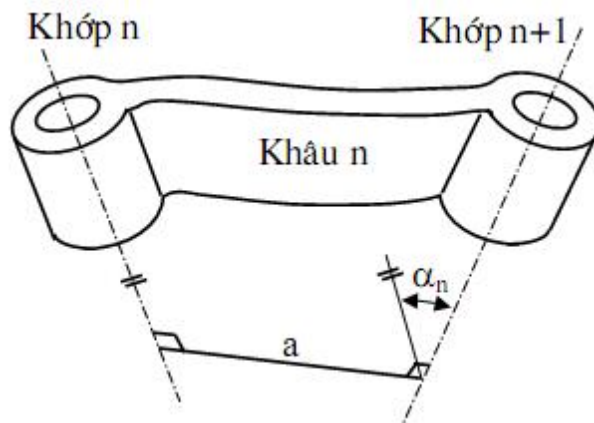
Khâu 1 nối với khâu chuẩn bởi khớp 1 và không có khớp ở đầu mút của khâu cuối cùng. Bất kỳ khâu nào cũng được đặc trưng bởi hai kích thước: [4]

- Độ dài pháp tuyến chung: a_n .
- Góc giữa các trục trong mặt phẳng vuông góc với a_n : α_n .

Thông thường, người ta gọi a_n là chiều dài và α_n là góc xoắn của khâu (Hình 2.2). Phổ biến là hai khâu liên kết với nhau ở chính trục của khớp (Hình 2.3).

Mỗi trục sẽ có hai pháp tuyến với nó, mỗi pháp tuyến dùng cho mỗi khâu (trước và sau một khớp). Vị trí tương đối của hai khâu liên tiếp như thế được xác định bởi d_n là khoảng cách giữa các pháp tuyến đo dọc theo trục khớp n và θ_n là góc giữa các pháp tuyến đo trong mặt phẳng vuông góc với trục.

d_n và θ_n thường được gọi là khoảng cách và góc giữa các khâu.



Hình 2.2: Chiều dài và góc xoắn của một khâu.

