หุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำ

AQUATIC ROBOT

ธนานุช รัตนจรัสโรจน์

นณพร พรหมจารีย์

ณัฐมา มากศิริ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

หุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำ

AQUATIC ROBOT

ธนานุช รัตนจรัสโรจน์
นณพร พรหมจารีย์
ณัฐมา มากศิริ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AQUATIC ROBOT

TANANUCH RATANAJARATROD
NANAPORN PROMJAREE
NUTTAMA MAKSIRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ หุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำ

AQUATIC ROBOT

นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวธนานุช รัตนจรัสโรจน์ **รหัสนักศึกษา** 53010681

นางสาวนณพร พรหมจารีย์ **รหัสนักศึกษา** 53010683

นางสาวณัฐมา มากศิริ **รหัสนักศึกษา** 53010691

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2556

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ชัย นิลาศ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำ AQUATIC ROBOT		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวธนานุช รัตนจรัสโรจน์	รหัสนักศึกษา	53010681
	นางสาวนณพร พรหมจารีย์	รหัสนักศึกษา	53010683
	นางสาวณัฐมา มากศิริ	รหัสนักศึกษา	53010691
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ชัย นิลาศ		
ปีการศึกษา	2556		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของปลาตามธรรมชาติในระดับพื้นฐาน เพื่อนำมาสู่การออกแบบ จัดทำและประกอบโครงสร้างของ “หุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำ” โดยภายในโครงงานจะประกอบด้วยการออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ การศึกษาไมโครคอนโทรลเลอร์และโปรแกรม เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนไหวในน้ำ ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด Arduino DUE ในการควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งรับค่าตัวแปรควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์จากโปรแกรม Vistual Basic โดยมีเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดในการตรวจจับวัตถุกีดขวาง เพื่อกำหนดทิศทางในการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์ ทำให้ส่วนหางมีการเคลื่อนที่ในลักษณะของการสะบัดไปมา ซึ่งเกิดความสามารถในการหลบสิ่งกีดขวาง และทดลองหาค่าตัวแปร รัศมีในการเลี้ยวที่เหมาะสมตามปัจจัยสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	AQUATIC ROBOT	
Authors	Miss Tananuch	Ratanajaratrod
	Miss Nanaporn	Promjaree
	Miss Nuttama	Maksiri
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Phongchai	Nilas

ABSTRACT

This Aquatic Robot project focuses on study, design as well as hardware assembly the fish robot. The project employs Arduino DUE microcontroller, water-proof servo motor and a Graphical User Interface (GUI) program. The GUI is written in Visual Basic 2012 to receive parameter values form computer and transmitted to Arduino DUE to control Aquatic Robot movement. The Aquatic Robot is based on mathematical model and parameter values. The experiment results could imitate behavior of natural aquatic animal by focusing on Thunniform fish.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับคำปรึกษาและความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.พงษ์ชัย นิลาศ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณรศ.สุพรรณ กุลพาณิชย์ ในการอนุเคราะห์วัสดุโครงสร้างอะคริลิกและอาจารย์บุคลากรภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุก ๆ ท่าน ที่แนะนำความรู้ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาในด้านเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสถานที่ในการทำโครงงาน

ขอขอบคุณนายสมสิน ทองไกรรัตน์ รุ่น 50 ผู้ให้คำปรึกษาทางด้านซอฟแวร์และพร้อมทั้งให้คำแนะนำในโครงงานนี้อย่างเต็มที่

ขอขอบพระคุณชุมนุมโรบอทและชมรมออโตโมทีฟ ซึ่งได้ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในด้านเทคนิคในการทำหุ่นยนต์ อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำงานต่าง ๆ

และสุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว เป็นอย่างสูงสำหรับความรัก กำลังใจ คำปรึกษาและการสนับสนุนในด้านต่าง ๆ ที่มอบให้อยู่อย่างสม่ำเสมอ จนเกิดเป็นแรงผลักดันที่ทำให้โครงงานนี้ประสบความสำเร็จและผ่านลุล่วงมาได้อย่างสมบูรณ์

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 1

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ความรู้พื้นฐานในการสร้างหุ่นยนต์ 3

2.1.1 ประเภทของหุ่นยนต์ 3

2.1.1.1 หุ่นยนต์ชนิดที่ติดตั้งอยู่กับที่ 3

2.1.1.2 หุ่นยนต์ชนิดที่เคลื่อนที่ได้ 3

2.1.2 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ 4

2.1.2.1 อุปกรณ์ทางกล 4

2.1.2.2 อุปกรณ์ขับเร้า 4

2.1.2.3 อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 5

2.1.2.4 อุปกรณ์ควบคุม 6

2.1.2.5 แหล่งพลังงาน 6

2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของปลาตามธรรมชาติ 7

2.2.1 ลักษณะการเคลื่อนที่และการเคลื่อนไหว 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.2.2 แรงขับเคลื่อนในการว่ายน้ำ 8
2.2.3 รูปแบบโครงของหุ่นยนต์ปลา 9
2.3 อุปกรณ์ 10
2.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 10
2.3.2 เซอร์โวมอเตอร์ 11
2.3.3 เซนเซอร์อินฟราเรดแบบวัดระยะทาง 14

บทที่ 3 โครงสร้างและการออกแบบ 16
3.1 แนวคิดการออกแบบ 16
3.2 โครงสร้างพื้นฐาน 16
3.2.1 กลไกการเชื่อมของอุปกรณ์และการสื่อสาร 17
3.2.1.1 ครีบหาง 17
3.2.1.2 ระบบควบคุมและรูปแบบการเคลื่อนที่ 17
3.3 โครงสร้างของหุ่นยนต์ 19

บทที่ 4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ 20
4.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล 24
4.2 ออกแบบโครงสร้างและวงจร 24
4.3 ศึกษาและเขียนโปรแกรมสร้าง PWM 24
4.4 ศึกษาและเขียนโปรแกรมสั่งการทำงานด้วย Visual Basic 25
4.5 ประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกันและทำการทดลอง 25
4.6 จัดทำปริญญานิพนธ์ 25

บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง 26
5.1 กล่าวนำ 26
5.2 ขั้นตอนการทดลอง 26
5.3 ผลการทดลอง 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.3.1 ผลการทดลองครั้งที่ 1 29
5.3.2 ผลการทดลองครั้งที่ 2 30
5.3.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3 31
5.3.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบ K_a, K_i, และ A_{max} 32
5.3.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแนวโน้มค่า K_a, K_i 34

บทที่ 6 บทสรุป **35**
6.1 สรุปผลการทดลอง 35
6.1.1 สรุปผลการทดลองครั้งที่ 1 35
6.1.2 สรุปผลการทดลองครั้งที่ 2 35
6.1.3 สรุปผลการทดลองครั้งที่ 3 35
6.2 สรุปผลโครงงาน 36

บรรณานุกรม **38**

ภาคผนวก ก ไมโครคอนโทรลเลอร์ **39**

ภาคผนวก ข โปรแกรม **47**

ภาคผนวก ค แบบร่างโครงของหุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำ **55**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 ตารางแสดงรายละเอียดส่วนประกอบของโครงสร้าง 19

5.1 ตารางตัวอย่างในการบันทึกค่ารัศมีตั้งแต่ 20 ถึง 90 เซนติเมตร 28
เมื่อทำการเปลี่ยนค่า Ki และ Ka

5.2 ตารางแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 29

5.3 ตารางแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 30

5.4 ตารางแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เฟืองดอกจอกและสปริงขด	4
2.2	มอเตอร์แบบลำดับขั้นและเซอร์โวมอเตอร์	5
2.3	อุปกรณ์ไฟฟ้าและเอนโคดเดอร์	6
2.4	สมองกลและเครื่องควบคุมขนาดเล็ก	6
2.5	ส่วนประกอบต่าง ๆ ของหุ่นยนต์	7
2.6	กลไกการว่ายน้ำของปลา	8
2.7	ลักษณะการเคลื่อนที่ของสัตว์น้ำ	8
2.8	พฤติกรรมในการว่ายน้ำรูปทรงตัวซี	9
2.9	Arduino DUE	10
2.10	เซอร์โวมอเตอร์	11
2.11	ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเซอร์โวมอเตอร์	11
2.12	หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์	12
2.13	บล็อกไดอะแกรมในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	13
2.14	Infrared Distance Sensors รุ่น GP2Y0D810Z0F	14
2.15	หลักการทำงานของ Infrared Distance Sensors	14
2.16	ขนาดและโครงสร้างของ Infrared Distance Sensors	15
2.17	ตัวอย่างของลักษณะการวัดระยะทางของ Infrared Distance Sensors	15
3.1	ปลาไพค์และปลาทูน่า	16
3.2	ประเภทของครีบหางปลาไพค์และปลาทูน่า	17
3.3	เส้นกราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ตามค่าสัมประสิทธิ์การเลี้ยว	18
3.4	โครงสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบในการเคลื่อนที่ของปลา	19
4.1	Flow Chart แสดงการทำงาน	20
4.2	Flow Chart แสดงการทำงาน (ต่อ)	21
4.3	Flow Chart แสดงการทำงาน (ต่อ)	22
4.4	Flow Chart แสดงการทำงาน (ต่อ)	23
5.1	หน้าจอ Graphics User Interface	27
5.2	สถานที่ในการทำการทดลอง	27
5.3	กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1	29
5.4	กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5.5	กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3	31
5.6	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Ka, Ki และ Amax เท่ากับ 30	32
5.7	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Ka, Ki และ Amax เท่ากับ 40	32
5.8	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Ka, Ki และ Amax เท่ากับ 50	33
5.9	กราฟแสดงการเปรียบเทียบแนวโน้มค่า Ki ที่ Amax เท่ากับ 30, 40 และ 50	34
5.10	กราฟแสดงการเปรียบเทียบแนวโน้มค่า Ka ที่ Amax เท่ากับ 30, 40 และ 50	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

เทคโนโลยีมีความสำคัญกับการดำรงชีวิตของมนุษย์มาเป็นเวลานาน ในการแก้ปัญหาพื้นฐานในการดำรงชีวิต สร้างความสะดวกสบายและนำไปสู่การผลิตในอุตสาหกรรมบนพื้นฐานประหยัด นำไปสู่การทดแทนหรือทุ่นแรงในลักษณะหุ่นยนต์ โดยหุ่นยนต์ในแต่ละประเภทจะมีหน้าที่การทำงานในด้านต่างๆ ตามการควบคุมโดยตรงและอ้อมจากมนุษย์และกลไกการควบคุมระบบต่างๆ โดยทั่วไปหุ่นยนต์ถูกสร้างขึ้นเพื่อสำหรับงานที่มีความยากลำบาก เช่น งานสำรวจในพื้นที่บริเวณแคบหรืองานสำรวจในพื้นที่ไม่มีสิ่งมีชีวิต แม้แต่หุ่นยนต์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องเล่นของมนุษย์ พัฒนาให้หุ่นยนต์นั้นมีลักษณะที่คล้ายมนุษย์ เพื่อให้อาศัยอยู่ร่วมกันกับมนุษย์ ให้ได้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้ของหุ่นยนต์เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว บนโครงสร้างพื้นฐานที่ซับซ้อนมากขึ้น

โดยปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาทดลองจัดทำโครงสร้างหุ่นยนต์ และนำเสนอเทคโนโลยีในรูปแบบที่สามารถเคลื่อนที่เลียนแบบสิ่งมีชีวิต เช่น ปลาอย่างง่ายได้ โดยศึกษาและทำความเข้าใจธรรมชาติการเคลื่อนที่ของปลา นำไปสู่ทฤษฎีการเคลื่อนที่อย่างง่าย และศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ เพื่อกำหนดลักษณะโครงสร้างของปลาให้เหมือนกับธรรมชาติให้ได้มากที่สุด โดยโครงงานฉบับนี้ทำเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาสู่อนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ค้นคว้าศึกษาและรวบรวมข้อมูล การทำงานของหุ่นยนต์ประเภทต่าง ๆ รวมถึงรูปแบบการทำงานลักษณะที่เกี่ยวข้องกับโครงงานหุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำ
2. สามารถเลือกอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อใช้ในโครงการหุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำได้
3. สามารถทำให้หุ่นยนต์ทำงานได้จริง
4. เรียนรู้การใช้งานของไมโครโปรเซสเซอร์และสามารถโปรแกรมได้ตามต้องการ
5. สามารถทดลองศึกษา เก็บผลการทดลอง และนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ได้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาการทำงานของหุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำ
2. ศึกษาหลักการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อการควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำ
3. สามารถทำการประกอบหุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำอย่างง่ายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาค้นคว้าลักษณะการเคลื่อนที่ของปลาแต่ละประเภท วิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนที่เพื่อเลือกรูปแบบในการจัดทำโครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำต้นแบบ เพื่อเลียนแบบการเคลื่อนที่ของปลาอย่างง่ายได้อย่างเหมาะสม

2. เลือกอุปกรณ์วัดและควบคุม เพื่อออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำอย่างง่ายเบื้องต้น โดยคำนึงถึงการเคลื่อนที่ของปลาตามธรรมชาติ เช่น การหลบหลีกสิ่งกีดขวาง แรงสมดุลในการเคลื่อนที่ของลำตัว และการทำงานของอุปกรณ์กันน้ำ เป็นต้น

3. ศึกษาภาษาในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ และโปรแกรม เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ในทิศทางที่ต้องการได้

4. จัดทำโครงสร้างหุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำอย่างง่ายเบื้องต้น ทดลองหาค่าตัวแปรที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ในน้ำอย่างง่ายเบื้องต้น และนำผลลัพธ์ที่ได้มาสร้างหุ่นยนต์ในน้ำอย่างง่ายเบื้องต้นที่เหมือนกันมากที่สุด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การสร้างหุ่นยนต์ถือเป็นการศึกษาเรียนรู้อุปกรณ์การวัดและควบคุมอย่างง่ายที่นำทฤษฎีและหลักการการวัดต่าง ๆ มาปฏิบัติให้เห็นผล นำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้า เรียนรู้พื้นฐานกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ เข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด เพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ต้องการ และเรียนรู้การทำงานร่วมกันกับผู้อื่น การรับฟังความคิดเห็นและรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมายจนเกิดผลสำเร็จ สร้างเสริมประสบการณ์ในการเรียนรู้และสร้างทักษะในการลงมือปฏิบัติ สร้างความภาคภูมิใจในตนเองและกล้าเผชิญปัญหาในอนาคตอย่างภาคภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐานในการสร้างหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ หรือ โรบอต (Robot) คือ เครื่องจักรกลชนิดหนึ่งมีลักษณะโครงสร้างและรูปร่างแตกต่างกัน หุ่นยนต์ในแต่ละประเภทจะมีหน้าที่การทำงานในด้านต่าง ๆ ตามการควบคุมโดยตรงของมนุษย์ การควบคุมระบบต่าง ๆ ในการสั่งงานระหว่างหุ่นยนต์และมนุษย์ สามารถทำได้โดยทางอ้อมและอัตโนมัติ โดยทั่วไปหุ่นยนต์ถูกสร้างขึ้นเพื่องานที่มีความยากลำบาก เช่น งานสำรวจในพื้นที่บริเวณแคบ หรือ งานสำรวจดวงจันทร์ ดาวเคราะห์ที่ไม่มีสิ่งมีชีวิต ในปัจจุบันเทคโนโลยีของหุ่นยนต์เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วและเริ่มเข้ามามีบทบาทกับชีวิตของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านอุตสาหกรรมการผลิต แตกต่างจากเมื่อก่อนที่หุ่นยนต์มักถูกนำไปใช้ ในงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ ปัจจุบันมีการนำหุ่นยนต์มาใช้งานมากขึ้น เช่น หุ่นยนต์ที่ใช้ในทางการแพทย์ หุ่นยนต์สำหรับงานสำรวจ หุ่นยนต์ที่ใช้งานในอวกาศหรือแม้แต่หุ่นยนต์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องเล่นของมนุษย์ จนกระทั่งในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้หุ่นยนต์ให้มีลักษณะที่คล้ายมนุษย์ เพื่อให้อาศัยอยู่ร่วมกันกับมนุษย์ได้ในชีวิตประจำวัน

2.1.1 ประเภทของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์สามารถแบ่งแยกได้หลากหลายรูปแบบตามลักษณะเฉพาะของการใช้งาน โดยจัดแบ่งประเภทตามการเคลื่อนที่และอาจจำแนกตามรูปลักษณ์ภายนอกได้ หุ่นยนต์อาจถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งาน

2.1.1.1 หุ่นยนต์ชนิดที่ติดตั้งอยู่กับที่

เป็นหุ่นยนต์ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนได้ด้วยตัวเอง มีลักษณะเป็นแขนกล สามารถขยับและเคลื่อนไหวได้เฉพาะแต่ละข้อต่อภายในตัวเองเท่านั้น มักนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานประกอบรถยนต์ เป็นต้น

2.1.1.2 หุ่นยนต์ชนิดที่เคลื่อนที่ได้

หุ่นยนต์ประเภทนี้จะแตกต่างจากหุ่นยนต์ที่ติดตั้งอยู่กับที่ เพราะสามารถเคลื่อนที่ไปไหนมาไหนได้ด้วยตัวเอง โดยการใช้ล้อ หรือ การใช้ขา ซึ่งหุ่นยนต์ประเภทนี้ปัจจุบันยังเป็นงานวิจัยที่ทำการศึกษาอยู่ภายในห้องทดลอง เพื่อพัฒนาหุ่นยนต์ออกมาใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น หุ่นยนต์สำรวจดาวอังคารขององค์การนาซ่า เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ประกอบด้วยอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ มากมาย ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดมีหน้าที่แตกต่างกันตามลักษณะและวัตถุประสงค์ของการใช้งาน การเลือกใช้อุปกรณ์และชิ้นส่วนต่าง ๆ จึงจำเป็นต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจ รวมถึงความเหมาะสม เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว คงทน และประหยัดพลังงาน หุ่นยนต์สามารถแบ่งส่วนประกอบใหญ่ ๆ ออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

1) อุปกรณ์ทางกล (Mechanic)
2) อุปกรณ์ขับเร้า (Actuator)
3) อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Equipment)
4) อุปกรณ์ควบคุม (Controller)
5) แหล่งพลังงาน (Power Supply)

2.1.2.1 อุปกรณ์ทางกล

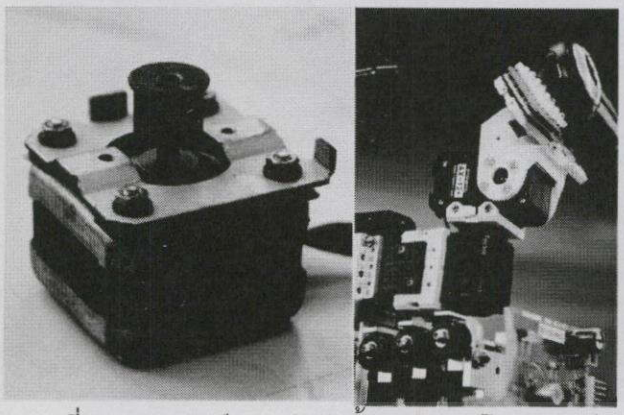
อุปกรณ์ทางกล คือ ชิ้นส่วนกลไกต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ เช่น โครงสร้าง เพลา เฟือง สกรูส่งกำลัง สายพาน โซ่ สปริง ข้อต่อสวมเพลา คลัตช์ เบรก ข้อต่อ ก้านต่อโยง ตลับลูกปืน และ ปลอกสวม เป็นต้น

รูปที่ 2.1 เฟืองดอกจอกและสปริงขด

2.1.2.2 อุปกรณ์ขับเร้า

อุปกรณ์ขับเร้า คือ อุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าให้กลายเป็นการกระจัด การเคลื่อนที่ หรือ แรง เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ระบบนิวแมติก ระบบไฮดรอลิก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 มอเตอร์แบบลำดับขั้นและเซอร์โวมอเตอร์

2.1.2.3 อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่ใช้สัญญาณทางระบบไฟฟ้า เช่น อุปกรณ์ตรวจรู้ วงจรขับต่าง ๆ อุปกรณ์แสดงผล เป็นต้น

อุปกรณ์ตรวจรู้หรือที่เรียกกันว่า เซนเซอร์ ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการรับค่าปริมาณทางฟิสิกส์ เช่น แสง สี อุณหภูมิ เสียง แรง ความดัน ความหนาแน่น ระยะทาง ความเร็ว อัตราเร่ง ระดับความสูง อัตราการไหล แล้วแปลงปริมาณทางฟิสิกส์ที่ได้เป็นสัญญาณไฟฟ้า หรือ ปริมาณการวัดในรูปแบบที่สามารถนำไปประมวลผลต่อได้ อุปกรณ์ตรวจรู้ที่ใช้ในหุ่นยนต์มีมากมาย ได้แก่

1) ตัวตรวจจับแสง มีทั้งแบบตรวจจับแสงขาวและแสงอินฟราเรด ผลการตรวจจับสามารถให้ผลในรูปของความต้านทานไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า หรือ สัญญาณลอจิก "0" กับ "1" ตัวอย่างของตัวตรวจจับแสง ได้แก่ LDR (Light Detect Resistor) คือ ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง เมื่อมีแสงตกกระทบมาก ค่าความต้านทานจะลดลง หรือ โฟโต้ไดโอด (Photo Diode) ใช้ตรวจจับแสงอินฟราเรด หากมีแสงอินฟราเรดมาตกกระทบ ค่าความต้านทานจะลดลง เป็นต้น

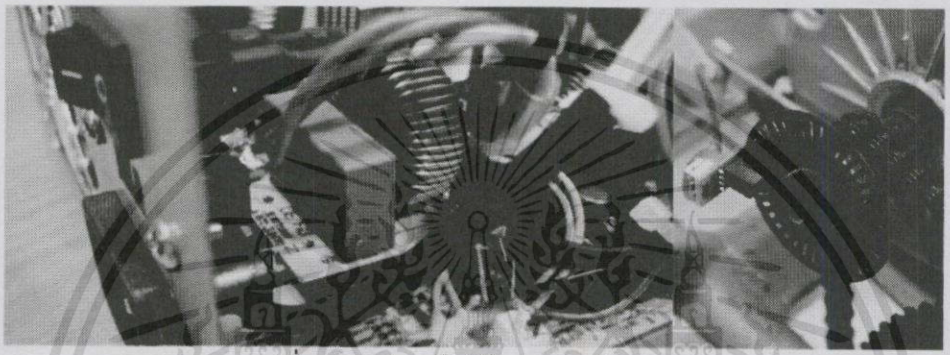
2) ตัวตรวจจับการสัมผัส เป็นตัวตรวจจับที่มีส่วนประกอบหลัก คือ สวิทช์ เมื่อสวิทช์ถูกกด เป็นการต่อวงจร ซึ่งเราสามารถกำหนดได้ว่าจะต่อวงจรแบบใด เมื่อสวิทช์ถูกกดแล้วจะให้ค่าแรงดันสูง หรือ ไม่มีค่าแรงดันก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบลายวงจร สวิทช์ที่ใช้ในวงจรตัวตรวจจับการสัมผัสนี้ส่วนมากแล้วจะใช้สวิทช์แบบกดติดปล่อยดับ และ วงจรก็จะออกแบบให้สร้างสัญญาณเอาต์พุตเป็นลอจิก "0" หรือ "1" ซึ่งจะส่งไปยังส่วนควบคุมต่อไป

3) ตัวตรวจจับอุณหภูมิ เป็นตัวตรวจจับที่จะให้ค่าแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ มี 2 ชนิด คือ เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor) ซึ่งเป็นตัวต้านทานแปรค่าตามอุณหภูมิ มี 2 แบบ คือ แบบให้ค่าแปรผันตามค่าของอุณหภูมิ (Positive Temperature Co-efficient: PTC) เมื่ออุณหภูมิสูง ค่าความต้านทานจะสูงตาม และ แบบให้ค่าแปรผกผันกับค่าอุณหภูมิ (Negative Temperature Co-efficient: NTC) เมื่ออุณหภูมิสูง ค่าความต้านทานจะลดลง โดยอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้ คือ เทอร์โมคับเปิล (Thermo-couple) ให้ผลการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นค่าแรงดัน ปัจจุบันมีการใช้ไอซีตรวจจับอุณหภูมิ ซึ่งจะให้ผลเป็นแรงดันไฟฟ้าแปรผันตามอุณหภูมิ และแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลเพื่อส่งต่อไปยังส่วนควบคุมได้เลย

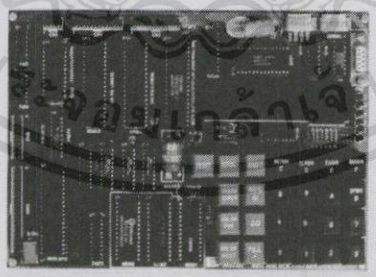
4) ตัวตรวจจับแบบอื่น ๆ เช่น ตัวตรวจจับอัลตราโซนิก ตัวตรวจจับความดันอากาศ (Pressure Sensor) ตัวตรวจจับความเข้มของสนามแม่เหล็ก (Hall-effect Sensor) ตัวตรวจจับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH Sensor) ตัวตรวจจับความดังเสียง (Sound Sensor) เป็นต้น จะเห็นได้ว่าตัวตรวจจับที่กล่าวถึงนั้นมีคุณสมบัติเฉพาะ ซึ่งถ้านำมาใช้กับหุ่นยนต์ ก็จะทำให้หุ่นยนต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น



รูปที่ 2.3 อุปกรณ์ไฟฟ้าและเอนโคดเดอร์

2.1.2.4 อุปกรณ์ควบคุม

อุปกรณ์ควบคุม คือ สมองกลที่ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น สมองกลที่ประดิษฐ์จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องควบคุมขนาดเล็ก คอมพิวเตอร์ชนิดแผงวงจรสำเร็จรูป เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถสร้างโปรแกรมได้ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เป็นต้น



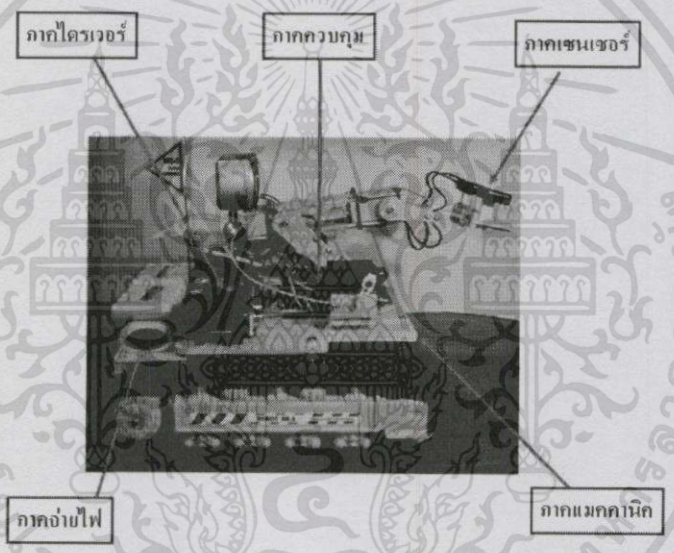
รูปที่ 2.4 สมองกลและเครื่องควบคุมขนาดเล็ก

2.1.2.5 แหล่งพลังงาน

แหล่งพลังงานเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดและเป็นตัวสร้างปัญหาให้กับหุ่นยนต์มากที่สุดด้วย เพราะเป็นส่วนที่เป็นพลังงานใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ ทำให้หุ่นยนต์สามารถทำกิจกรรมที่เราสั่งให้ทำได้ แหล่งพลังงานสำหรับหุ่นยนต์ขนาดเล็กส่วนใหญ่จะใช้แบตเตอร์รี่ที่เราสามารถหา ได้ทั่วไป เช่น ขนาด AAA หรือ AA ที่จ่ายแรงดัน 1.5 V แต่เนื่องจากว่า กว่าที่เราจะสั่งให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ทำงานได้ตรงตามที่ต้องการก็จะต้องมีการทดลองแล้วทดลองอีกอยู่หลายครั้ง ซึ่งแม้ว่าเราจะใช้แบตเตอร์รี่ชนิดธรรมดาก็ยังค่อนข้างเปลืองอย่างมาก ดังนั้นจึงนิยมนำแบตเตอรี่ชนิดที่สามารถประจุไฟใหม่ได้มาใช้ เช่น ถ่านชาร์ตแบบ NiCd เป็นต้น ซึ่งสามารถให้แรงดันไฟที่ 1.2 V ต่อก้อน นอกจากแหล่งพลังงานที่จำเป็นต้องพิจารณาคัดเลือกอย่างดีแล้ว วงจรที่ใช้ควบคุมกระแสไฟและแรงดันก็จำเป็นอย่างยิ่ง เพราะแผงวงจรที่ใช้เป็นส่วนควบคุมหุ่นยนต์นั้นโดยมากแล้วใช้กระแสไฟที่มีแรงดันเพียง 5 V เท่านั้น ดังนั้นถ้าเราจะใช้ถ่านชนิดแรงดัน 9 V ก็จำเป็นต้องต่อพ่วงวงจรควบคุมแรงดันไฟ (Regulator) ไว้ด้วย สำหรับปัญหาสำคัญของแหล่งพลังงานของหุ่นยนต์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้แบตเตอร์รี่ก็คือน้ำหนักของแบตเตอรี่ที่มากและเป็นภาระสำคัญอย่างยิ่งต่อกลไกการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของหุ่นยนต์

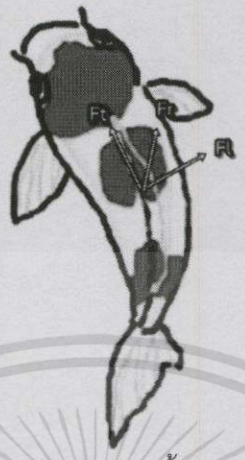
2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของปลาตามธรรมชาติ

2.2.1 ลักษณะการเคลื่อนที่และการเคลื่อนไหว

การเคลื่อนที่ของปลาจะประกอบจากปัจจัยพื้นฐานต่าง ๆ มากมาย โดยประกอบไปด้วยปัจจัยทางด้านไฮโดรไดนามิกของของเหลว และ กลไกในการเคลื่อนที่ของสัตว์น้ำ ซึ่งมีลักษณะการเคลื่อนที่เฉพาะของสัตว์แต่ละประเภท ในการที่ปลาว่ายน้ำ การเคลื่อนของปลาจะส่งผลกระทบต่อน้ำที่อยู่บริเวณรอบ ๆ ตัวปลาในทุก ๆ การเคลื่อนไหว ทำให้ปลาที่เคลื่อนที่เกิดการแลกเปลี่ยนแรงเหวี่ยงระหว่างตัวปลากับน้ำ ปัจจัยสำคัญในการสร้างหุ่นยนต์ปลา คือ แรงที่ทั้งหมดที่กระทำกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ปลาควรจะทำให้เหมือนกับแรงที่กระทำกับปลาตามธรรมชาติในขณะว่ายน้ำ ซึ่งแรงดังกล่าวได้แก่ แรงในการว่ายน้ำที่คงที่ แรงในการสะบัด และ แรงในการเคลื่อนไหว โดยอธิบายดังรูปที่ 2.6

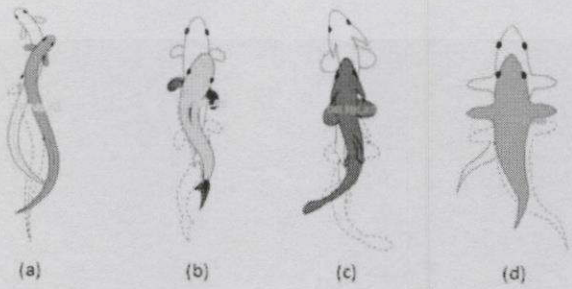


รูปที่ 2.6 กลไกการว่ายน้ำของปลา

กลไกการว่ายน้ำของปลาเกิดจากปฏิกิริยาของการเคลื่อนที่ของปลา แรงผลักจะเพิ่มขึ้นถ้าปลาสามารถสร้างคลื่นที่มีขนาดใหญ่ในการขับเคลื่อนได้ ดังนั้นหางปลาจะต้องสะบัดไปในมุมกว้างพร้อมทั้งการสะบัดอย่างรวดเร็ว ปลาสามารถสร้างแรงขับเคลื่อน โดยที่น้ำจะผ่านตามลำตัวของปลาแล้วเกิดการย้อนกลับ จึงผลักดันให้ปลาว่ายไปข้างหน้าได้ แรงสนับสนุนจากส่วนเล็ก ๆ ของร่างกาย จะสร้างแรงส่งผ่านไปยังน้ำที่เรียกว่าแรงปฏิกิริยา (FR) ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของแรง ได้เป็นแรงด้านข้าง (FL) และแรงผลักดัน (FT) แรงที่เป็นส่วนประกอบในการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า คือ แรงผลักดัน (FT) แต่แรงด้านข้าง (FL) จะมีผลให้ตัวปลาเคลื่อนที่ไปด้านข้างและตามแกนแนวตั้งของร่างกาย

2.2.2 แรงขับเคลื่อนในการว่ายน้ำ

โดยทั่วไปการเคลื่อนที่ของสัตว์น้ำสามารถแบ่งได้เป็น 4 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ลักษณะการเคลื่อนที่ของสัตว์น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(a) Anguiliform เป็นการขับเคลื่อนโดยใช้ทุกส่วนของร่างกาย พร้อมทั้งจะเกิดลักษณะคลื่นรูปไซน์ที่สมบูรณ์ตามร่างกาย โดยความกว้างในการเคลื่อนที่ของปลาค่อนข้างใหญ่ไปตามความยาวทั้งหมดของร่างกาย สามารถพบได้ในสัตว์ที่มีที่มีความยืดหยุ่นของโครงสร้างร่างกาย เช่น ปลาไหล ลูกอ๊อด ฯลฯ

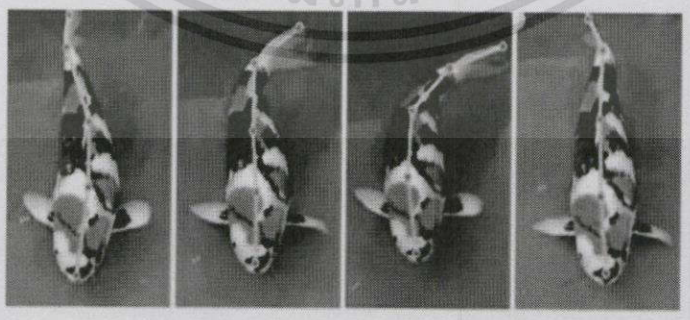
(b) Subcarangiform คล้ายกับแบบ Anguiliform แต่ความกว้างในการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นแค่ในช่วงครึ่งหลังของร่างกาย ร่างกายส่วนที่ไม่เคลื่อนไหวจะทำให้ความเร็วสำหรับการเคลื่อนที่เพิ่มสูงขึ้น แต่จะลดความคล่องแคล่ว สามารถพบได้ในปลาเทร้า ปลาหิมะ ฯลฯ

(c) Carangiform จะเกิดการกระเคลื่อนที่มาก ในส่วนที่สามของความยาวของลำตัว หรือเกินครึ่งของความยาวลำตัวสามารถพบได้ในปลาแซลมอน, ปลาทู ฯลฯ

(d) Thunniform มีการสะบัดที่หาง ซึ่งมีความโดดเด่นที่ความเร็วสูงและว่ายน้ำได้ในระยะทางที่ไกล สามารถพบได้ในปลาทูน่าและเลี้ยงลูกด้วยนมทางทะเล

2.2.3 รูปแบบโครงของหุ่นยนต์ปลา

แบบจำลองโครงสร้างของหุ่นยนต์ปลา เกิดจากการวิเคราะห์โครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับปลาตามธรรมชาติ โดยสังเกตการเคลื่อนไหวของปลาตามธรรมชาติและโครงสร้างของปลา เป็นส่วนประกอบในการพัฒนาหุ่นยนต์ปลา และใช้รูปแบบการเคลื่อนไหวต่าง ๆ ของการว่ายน้ำเพื่อควบคุมการขับเคลื่อนและหลบหลีกสิ่งกีดขวางของหุ่นยนต์ จึงเน้นการทำงานด้วยรูปแบบการขับเคลื่อนของการว่ายน้ำแบบ Thunniform เพื่อให้ผลของการเคลื่อนไหวเหมาะสมกับสภาพในน้ำและสภาพสิ่งแวดล้อมที่มีการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ซึ่งในรูปที่ 7 จะแสดงในแต่ขั้นตอนของการเคลื่อนไหวของปลา โดยการแบ่งตัวปลาออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนร่างกาย ส่วนดหลังของร่างกาย และส่วนหาง ปลาจะว่ายโค้งเป็นรูปตัว C เพื่อสร้างแรงผลักผ่านน้ำ ให้เกิดแรงปฏิกิริยา (FR) เพื่อเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

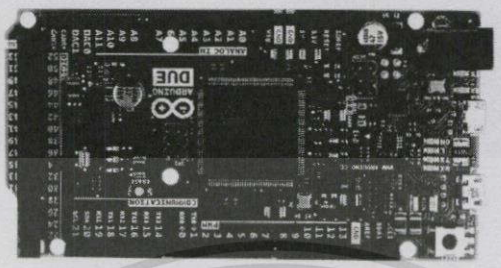


รูปที่ 2.8 พฤติกรรมในการว่ายน้ำรูปทรงตัวซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 อุปกรณ์

2.3.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 2.9 Arduino DUE

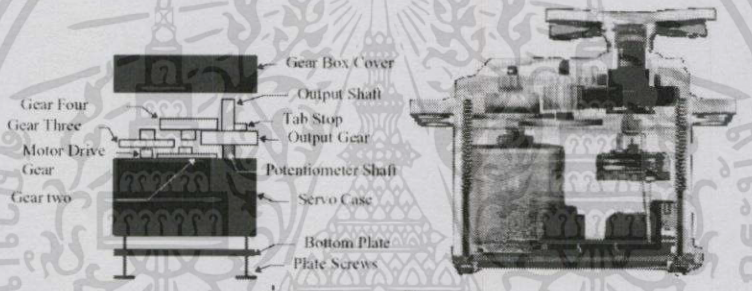
Arduino DUE เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 ซึ่งเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 32-Bits เป็น MCU ประจำบอร์ด โดยการออกแบบโครงสร้างบอร์ดนั้นจะเน้นให้มีโครงสร้างขนาดเล็กเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน โดยนำ MCU มาจัดเรียงกับอุปกรณ์พื้นฐานที่จำเป็นและจัดเรียงพอร์ตให้ง่ายต่อการนำไปใช้งาน ตัวบอร์ดใช้ไฟ 7-12 โวลต์ มี Serial Communication Port จำนวน 3 พอร์ต สำหรับการทำการดาวน์โหลด Hex Files และใช้งานในการสื่อสารกับ Application ที่เขียนขึ้นเอง

คุณสมบัติ	
ไมโครคอนโทรลเลอร์	AT91SAM3X8E
โวลต์ที่ทำงาน	3.3V
ขนาดของแหล่งจ่ายที่เหมาะสม	7-12V
ขนาดของแหล่งจ่ายที่รับได้	6-16V
ดิจิตอล I/O พิน	54 (12 PWM output)
อนาลอกอินพุทพิน	12
อนาลอกเอาต์พุตพิน	2 (DAC)
กระแสที่ I/O พิน	130 mA
กระแสที่ 3.3V พิน	800 mA
กระแสที่ 5V พิน	800 mA
หน่วยความจำแบบแฟรช	512 KB
สแตติกแรม	96 KB
สัญญาณนาฬิกา	84 MHz

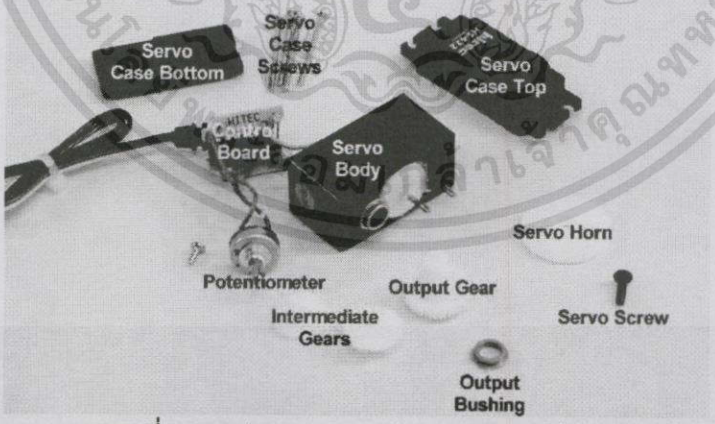
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) ที่ถูกประกอบรวมกับชุดเกียร์และส่วนควบคุมต่าง ๆ ไว้ในโมดูลเดียวกันหรือภายในกล่องพลาสติกเดียวกัน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อใช้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ VCC GND และสายสัญญาณควบคุม (Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้าย หรือ ขวาได้จากสายสัญญาณเพียงเส้นเดียว โดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณพัลส์วิดมอด (PWM) แบบ TIL Level มอเตอร์นี้จะมีขนาดเล็กน้ำหนักเบาให้แรงบิดสูง กินพลังงานน้อยและสามารถควบคุมด้วยแรงดันลอจิกที่เป็น TIL ได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องต่อวงจรขับ (Driver) อื่น ๆ เพราะมอเตอร์ชนิดนี้จะมีวงจรควบคุมบรรจุไว้ภายในอยู่แล้ว ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถควบคุมให้หมุนไปในตำแหน่งหรือทิศทางองศาที่ต้องการได้ โดยอาศัยสัญญาณความกว้างพัลส์ที่ป้อนให้มอเตอร์ ซึ่งสามารถหมุนได้แค่ 180 องศาเท่านั้น เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของตัวต้านทานปรับค่าได้



รูปที่ 2.10 เซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 2.11 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบหลัก ๆ ของเซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1) วงจรควบคุม วงจรนี้เปรียบเสมือนสมองของเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งมีหน้าที่ในการอ่านค่าความกว้างพัลส์ที่ป้อนเข้ามาโดยผู้ใช้งานและแปลงสัญญาณเพื่อบังคับทิศทางของเพลาให้หมุนไปในตำแหน่งที่ต้องการ

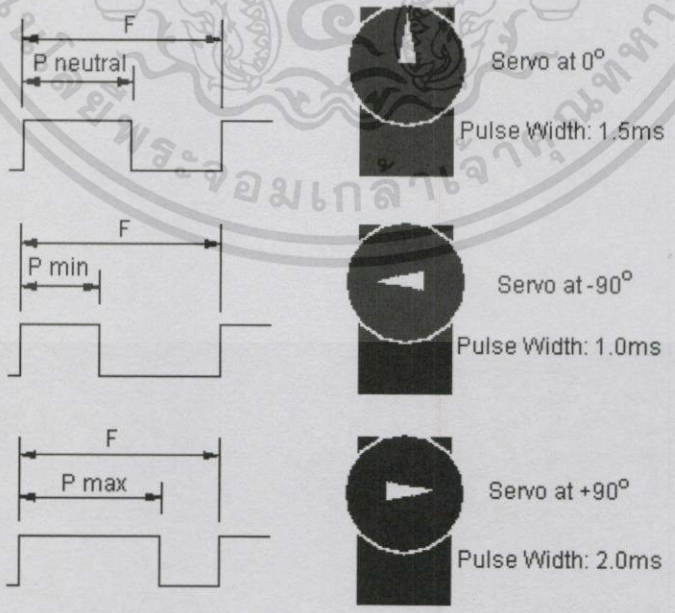
2) ตัวต้านทานปรับค่าได้ เพลาของเซอร์โวมอเตอร์จะอยู่ในตำแหน่งที่ติดกับเพลาของตัวต้านทานปรับค่าได้ ทำให้ในขณะที่เพลาของมอเตอร์หมุนไป ตัวต้านทานปรับค่าได้จะถูกปรับให้หมุนไปตามทิศทางของเพลามอเตอร์ทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลง วงจรควบคุมจะอ่านค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้สามารถรู้ตำแหน่งที่แน่นอนในการขับเพลงของมอเตอร์

3) มอเตอร์ มอเตอร์กระแสตรงขนาดเล็กจะถูกควบคุมโดยวงจร H-bridge ซึ่งอยู่ติดกับวงจรควบคุม

4) ชุดเกียร์ ชุดเกียร์จะอยู่ในตำแหน่งที่หมุนรอบเพลาของมอเตอร์ ทำให้รอบในการหมุนของมอเตอร์ต่อนาทีลดลง และยังทำให้ทอร์กของมอเตอร์เพิ่มขึ้น ซึ่งทอร์กเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของเซอร์โวมอเตอร์

5) เพลามอเตอร์ เมื่อส่วนประกอบต่าง ๆ ของเซอร์โวมอเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม จะมีผลทำให้เพลาของมอเตอร์หมุนไปในตำแหน่งที่ถูกต้องแม่นยำตามที่ผู้ใช้ต้องการ

การควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ทำได้โดยการป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์ขึ้นกับขนาดของความกว้างของพัลส์นั้น ๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีจุดให้อ้างอิง 3 จุด ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณควบคุมความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศา หรือจุดกึ่งกลางของมอเตอร์

สัญญาณควบคุมความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม -90 องศา หรือทวนเข็มนาฬิกา

สัญญาณควบคุมความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม +90 องศา หรือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ค่าความกว้างพัลส์และระยะองศาการหมุนของมอเตอร์ที่อธิบายด้านบนนั้นเป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น ทั้งนี้ระยะการหมุนและขนาดของพัลส์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในแต่ละยี่ห้ออาจจะไม่เท่ากัน ดังนั้นในการใช้งานจึงควรศึกษารายละเอียดของมอเตอร์ในแต่ละรุ่นที่นำมาใช้ ซึ่งโดยปกติแล้วรายละเอียดต่าง ๆ ของมอเตอร์มักจะมีติดมากับตัวมอเตอร์นั้น ๆ อยู่แล้ว

ส่วนการที่จะควบคุมให้มอเตอร์หมุนเป็นมุมอื่น ๆ นั้นก็สามารถทำได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เป็นระดับความกว้างต่าง ๆ โดยอ้างอิงจากจุด ทั้ง 3 จุดที่กล่าวมานี้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปที่มุม -45 องศา เราก็จะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้าง 1.25 ms เป็นต้น และสัญญาณพัลส์นี้จะต้องจ่ายให้มอเตอร์ทุก ๆ 20 ms เพื่อรักษาสภาพตำแหน่งของมอเตอร์ไว้

รูปที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรมในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

อันที่จริงแล้วเซอร์โวมอเตอร์เป็นการประยุกต์ใช้ระบบควบคุม ACS (Automated Control System) โดยเมื่อไม่มีสัญญาณควบคุมป้อนเข้ามาเซอร์โวมอเตอร์จึงไม่ขยับ และจะขยับไปในตำแหน่งที่ต้องการเมื่อมีการป้อนสัญญาณพัลส์ โดยมีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

1) วงจรควบคุมจะถอดรหัสสัญญาณที่ป้อนเข้ามาให้เป็นค่าแรงอ้างอิง ซึ่งค่าแรงดันจะมีความสัมพันธ์กับเพลาในตำแหน่งต่าง ๆ

2) วงจรควบคุมจะทราบค่าตำแหน่งของเพลามอเตอร์ โดยการอ่านระดับแรงดันที่ตัวต้านทานปรับค่าได้

3) เกิดการเปรียบเทียบระดับค่าแรงดันระหว่างระดับแรงดันทั้งสอง ถ้าระดับแรงดันของตัวต้านทานปรับค่าได้มากกว่าค่าระดับแรงดันอ้างอิง เพลาของมอเตอร์จะหมุนไปทิศทางหนึ่งในทางตรงกันข้ามเมื่อระดับแรงดันของตัวต้านทานปรับค่าได้น้อยกว่าค่าระดับแรงดันอ้างอิง เพลาของมอเตอร์ก็จะหมุนกลับทางกัน และการเปรียบเทียบค่าระดับแรงดันนี้ก็จะเกิดขึ้นต่อเนื่องซ้ำอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

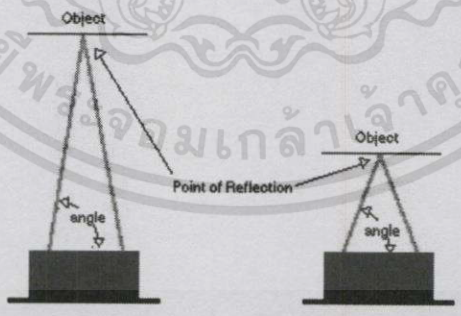
4) ถ้าค่าระดับแรงดันระหว่างแรงดันอ้างอิงและแรงดันของตัวต้านทานปรับค่าได้เท่ากัน เพลาของมอเตอร์จะไม่เกิดการเคลื่อนที่

5) ถึงแม้ว่าเซอร์โวมอเตอร์จะไม่ได้เคลื่อนที่หรือหมุนอยู่ การตรวจสอบตำแหน่งเพลาของมอเตอร์ก็ยังเกิดขึ้นอยู่เสมอเนื่องจากอาจมีการแทรกแซงจากภายนอก ถ้าการแทรงแซงจากภายนอกเกิดขึ้น วงจรควบคุมจะพยายามทำให้ตำแหน่งเพลาของมอเตอร์กลับมาอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง ดังนั้นสัญญาณควบคุมพัลส์จึงควรป้อนให้เซอร์โวมอเตอร์ตลอดเวลา ทำให้มอเตอร์รักษาสภาพให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ

2.3.3 เซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดแบบวัดระยะทาง

รูปที่ 2.14 Infrared Distance Sensors รุ่น GP2Y0D810Z0F

Infrared Distance Sensors เป็นเซนเซอร์สำหรับวัดระยะทางที่มีขนาดเล็ก ตัวโมดูลประกอบด้วยอุปกรณ์ภายนอกทั้งหมดที่พร้อมใช้งานเพื่อต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ มีระยะตรวจจับที่ 2 cm - 10 cm โดยหลักการทำงานของ IR Sensor นั้นเป็นการส่งคลื่นแสงอินฟราเรดไปตกกระทบกับวัตถุแล้วสะท้อนกลับมาเข้าที่ขา Emitter ของตัวรับแสง จากนั้นแปลงค่ามาเป็นสัญญาณดิจิตอล



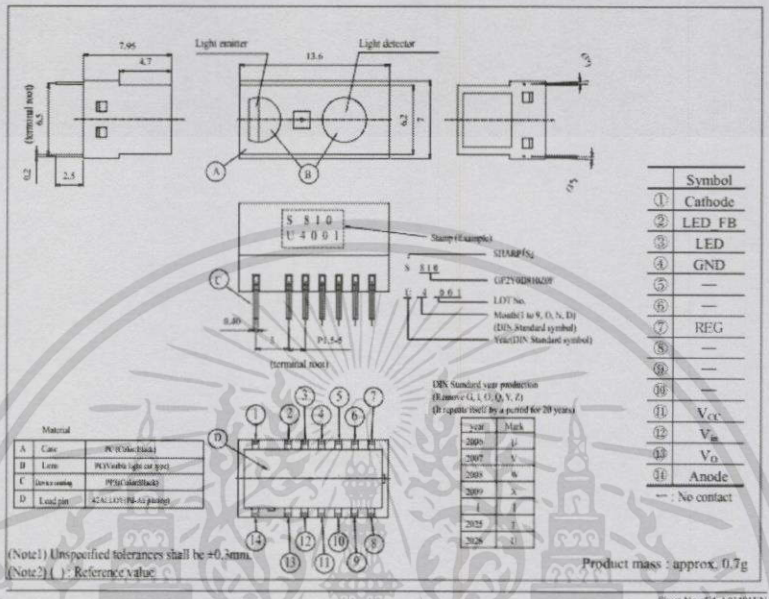
รูปที่ 2.15 หลักการทำงานของ Infrared Distance Sensors

โดยมีรายละเอียดคุณสมบัติดังนี้

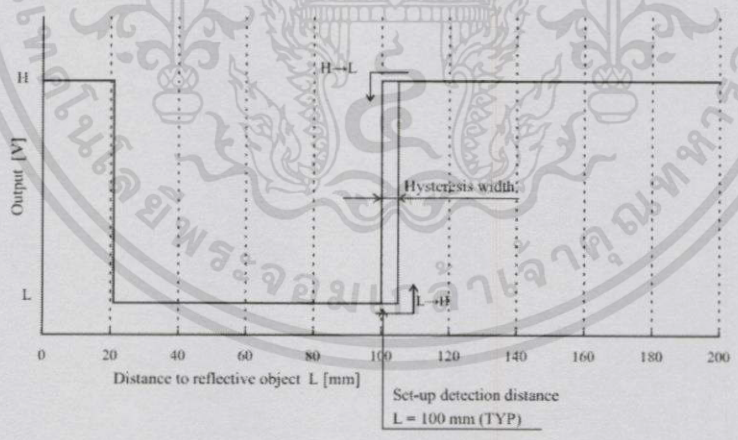
- ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 2.7 V ถึง 6.2 V
- กินกระแสไฟเฉลี่ย 5 mA
- วัดระยะทางได้ตั้งแต่ 2 เซนติเมตร ถึง 10 เซนติเมตร (0.8 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว)
- Output เป็นแบบ Digital Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เวลาตอบสนองใน Steady State คือ 2.56 ms (มากที่สุด คือ 3.77 ms)
- ขนาดของโมดูล คือ 21.6 x 8.9 x 10.4 mm
- น้ำหนักไม่รวม Header Pins คือ 1.3 กรัม (0.05 oz)



รูปที่ 2.16 ขนาดและโครงสร้างของ Infrared Distance Sensors



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างของลักษณะการวัดระยะทางของ Infrared Distance Sensors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
โครงสร้างและการออกแบบ

3.1 แนวคิดการออกแบบ

วิธีการว่ายน้ำของปลาต่าง ๆ เช่น ปลาไหลแหวกว่ายโบกทั้งลำตัว และว่ายแบบโบกครีบยาว ในการศึกษานี้มุ่งเน้นคือการว่ายแบบวิธีของปลา เช่น ปลาไพค์หรือปลาทูน่า ซึ่งการเคลื่อนของครีบหางและคอคอดหางไปทางขวาและซ้าย รูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ปลาไพค์และปลาทูน่า

แสดงให้เห็นถึงรูปร่างของปลาไพค์และปลาทูน่า ซึ่งมีลักษณะของรูปร่างที่แตกต่างกันของครีบหางปลา โดยปลาไพค์จะครีบหางป็นรูปร่างสามเหลี่ยมส่งผลต่อสมรรถภาพการเร่งความเร็ว ส่วนปลาทูน่ามีครีบหางรูปพระจันทร์เสี้ยวและสามารถว่ายน้ำด้วยความเร็วที่มีประสิทธิภาพสูง ลักษณะพื้นฐานของหุ่นยนต์สามารถพัฒนาต่อไปจากการทดสอบและการพิจารณาถึงลักษณะการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับแหล่งพลังงานที่มีความเร็วและประสิทธิรูปที่สูง อย่างไรก็ตามหุ่นยนต์ปลาต้องได้รับการทดสอบรูปแบบการเคลื่อนไหวและการเคลื่อนที่ที่หลากหลายของหาง เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเคลื่อนไหวและประสิทธิภาพในการขับเคลื่อน ในการศึกษาทดลองในครั้งนี้ได้ทำโครงสร้างหุ่นยนต์ปลาเป็นแบบปลาไพค์ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบ Thunniform โดยมีการสะบัดที่ครีบหาง ซึ่งมีความโดดเด่นที่ความในการว่ายเร็วสูงและสามารถว่ายน้ำได้ในระยะไกล หางปลาสามารถเคลื่อนที่สะบัดเพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวางทั้งจากทางด้านหน้าและด้านข้าง โดยการรับค่าตัวแปรจากโปรแกรม Visual Basic

3.2 โครงสร้างพื้นฐาน

แสดงโครงสร้างของหุ่นยนต์ปลา ประกอบด้วยเซอร์โวมอเตอร์ อินฟราเรดเซนเซอร์และแบตเตอร์รี่ที่ติดตั้งอยู่ภายในตัวหุ่นยนต์ที่มีระบบกันน้ำ ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ปลาจะอยู่ในระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

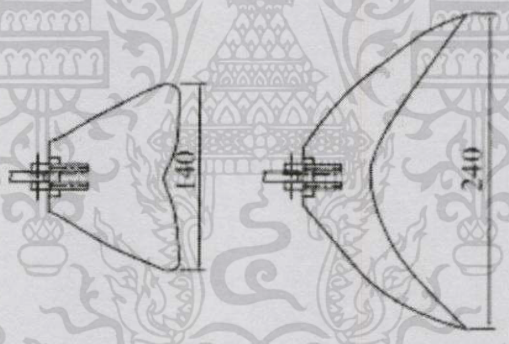
ความลึกคงที่ เพื่อที่จะปรับสมดุลของแรงโน้มถ่วงและแรงลอยตัวจากน้ำ ทำให้การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ปลาทั้งลำตัวและหางเคลื่อนที่ได้อย่างสมดุล

3.2.1 กลไกการเชื่อมของอุปกรณ์และการสื่อสาร

หุ่นยนต์ปลาจะเคลื่อนที่เป็นลักษณะแบบ Thunniform ซึ่งต้องคำนึงถึงลักษณะรูปร่าง ความยาวและความกว้างของหางที่จะส่งผลต่อความแรงในการสะบัดของหาง ซึ่งความถี่ในการสะบัดของหางจะส่งผลถึงมุมในการหลบหลีกสิ่งกีดขวางในระยะเวลาที่กำหนด ความสัมพันธ์ระยะในการตรวจรู้ของเซนเซอร์และการสะบัดเคลื่อนที่ของหางปลา

3.2.1.1 ครีบหาง

ประเภทของครีบหางทั้งสอง ดังรูปที่ 3.2 คือ ปลาไพค์และปลาทูน่า ที่มีรูปร่างที่แตกต่างกันดังอธิบายไว้ข้างต้น นอกจากนี้ครีบหางปลาไพค์ถ้ามองในระนาบตัดขวางจะมีลักษณะคล่องตัวกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับครีบหางปลาทูน่าที่เพรียวลมในการเคลื่อนที่ พื้นที่ด้านข้างครีบหางชนิดปลาทูน่าจะเทียบเท่ากับชนิดครีบหางปลาไพค์ กำหนดรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ประเภทของครีบหางปลาไพค์และปลาทูน่า

3.2.1.2 ระบบควบคุมและรูปแบบการเคลื่อนที่

แสดงสมการทางคณิตศาสตร์ในการควบคุมหุ่นยนต์ปลา โดยตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ จะถูกควบคุมโดยค่าตัวแปรจากโปรแกรม Visual Basic ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนไหวของเซอร์โวมอเตอร์โดยเคลื่อนที่เป็นคลื่นรูปซายน์ การเคลื่อนที่จะแตกต่างกันตามรูปแบบต่าง ๆ โดยสามารถหาได้จากสมการคลื่นไซน์ดังนี้

$$A_x = A_{max}\sin(2\pi f t) \qquad (1.1)$$

โดย A_x แอมพลิจูดของคลื่น ณ เวลาใด ๆ (องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A_{max} แอมพลิจูดสูงสุดของคลื่น (องศา)

f ความถี่ของคลื่น (เฮิรตซ์)

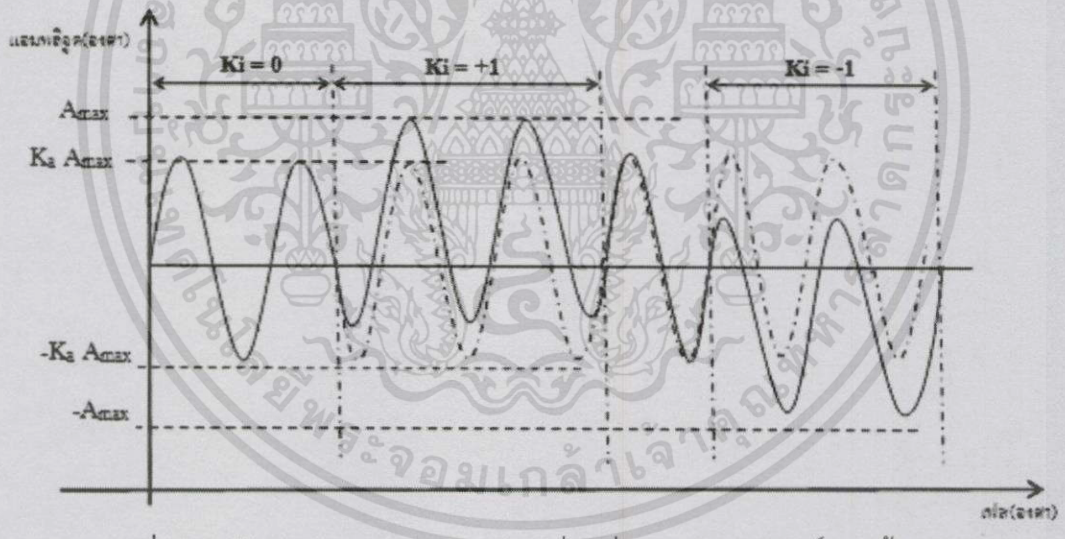
t ระยะเวลา (วินาที)

จากสมการคลื่นรูปซายน์เบื้องต้นเป็นต้นแบบของการเคลื่อนที่ของหางปลา ซึ่งในความเป็นจริงแล้วโครงสร้างของหุ่นยนต์มีขีดจำกัดในการเคลื่อนที่ ดังนั้นจะต้องมีตัวแปรในการกำหนดขีดจำกัดของการเคลื่อนของอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับมุมในการเลี้ยวและแอมพลิจูดสูงสุดที่เป็นไปได้ ดังสมการ

$$A_x = A_{max}K_a \sin(2\pi ft) + A_{max}K_i(1 - K_a) \quad (1.2)$$

โดย K_a อัตราส่วนของค่าแอมพลิจูดสูงสุดที่ต้องการกับค่าแอมพลิจูดสูงสุดที่เป็นไปได้

K_i ค่าสัมประสิทธิ์การเลี้ยว โดยจะมีค่าอยู่ในช่วง –1.0 ถึง 1.0



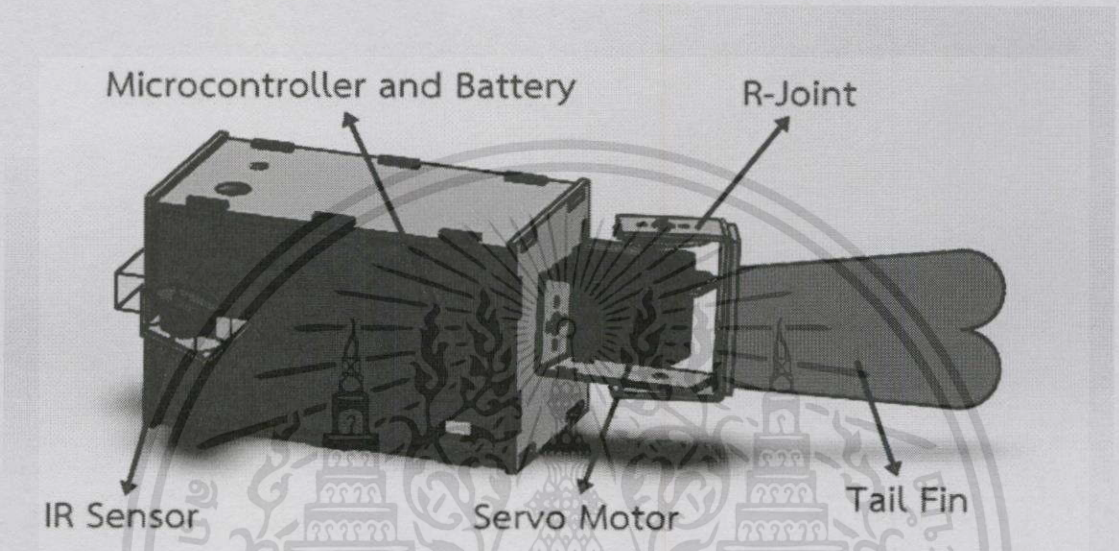
รูปที่ 3.3 เส้นกราฟแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ตามค่าสัมประสิทธิ์การเลี้ยว

ค่า Ka ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแปรที่นำมาใช้ในการปรับค่ามุมในการเคลื่อนที่สูงสุดของหุ่นยนต์เพื่อใช้ในการว่ายน้ำ กล่าวคือจากการจำลองการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะมีการลักษณะเลี้ยวในค่ามุมต่าง ๆ ซึ่งการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะเลียนแบบการเคลื่อนที่ของปลาตามธรรมชาติ โดยต้องมีการกำหนดค่าแอมพลิจูดสูงสุดที่เป็นไปได้ และต้องลดค่ามุมในการเคลื่อนที่สูงสุดของโครงสร้างให้มีค่าต่ำลงอยู่ในค่าที่ต้องการ โดยค่า Ka จะเป็นตัวแปรที่ถูกนำมาใช้ในการปรับค่ามุมในการเคลื่อนที่สูงสุดที่ต้องการแทนการเปลี่ยนค่า Amax เพื่อป้องกันการปรับค่าที่ทำให้โครงสร้างเกิดการเคลื่อนที่มากกว่าที่โครงสร้างจะรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 โครงสร้างของหุ่นยนต์

โครงสร้างของหุ่นยนต์ถูกออกแบบมาเป็นลักษณะโครงสร้างทำจากอะคริลิกเป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภายในประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรไฟเลี้ยง แบตเตอร์รี่ และเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดซึ่งจะต้องมีระบบกันน้ำ ส่วนภายนอกที่สัมผัสน้ำประกอบด้วยเซอร์โวมอเตอร์โดยมีข้อต่อ R-Joint เป็นจุดหมุนเชื่อมระหว่างเซอร์โวมอเตอร์กับหางปลา



รูปที่ 3.4 โครงสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบในการเคลื่อนที่ของปลา

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดส่วนประกอบของโครงสร้าง

ไมโครคอนโทรลเลอร์	Arduino DUE 32-Bit
เซอร์โวมอเตอร์	ทอร์ก 12.9 kg.cm
เซนเซอร์ น้ำหนัก จำนวน	อินฟราเรดเซนเซอร์ ตรวจจับแบบ Diffuse Scan ทำงานระยะ 2-10 เซนติเมตร ชนิด Dark on 1.3 กรัม 3 ชิ้น
แบตเตอร์รี่	ลิโพแบตเตอร์รี่ 2 เซลล์ 7.4V 3300 mAh
ข้อต่อ	1 ข้อ

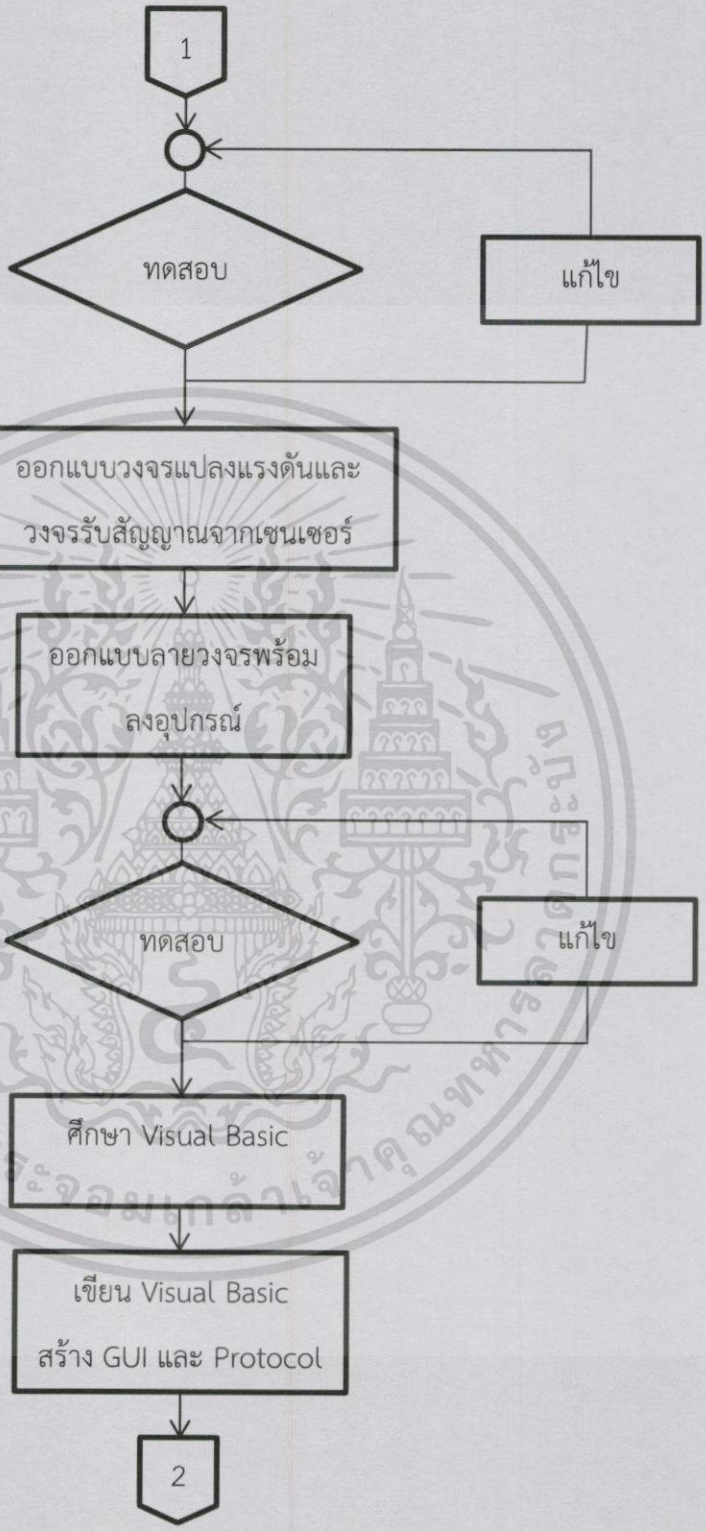
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

ในการดำเนินการนั้นมีแผนการดำเนินงานเพื่อวางแผนการทำงานในแต่ละช่วงและตรวจสอบการทำงานว่าล่าช้าหรือเร็วไปหรือไม่ เพื่อจะได้มีการจัดการเวลาการทำงานตามความเหมาะสมและทำให้งานที่ได้ออกมามีความสมบูรณ์ โดยในการดำเนินงานของโครงงานมีลำดับการทำงานดังนี้

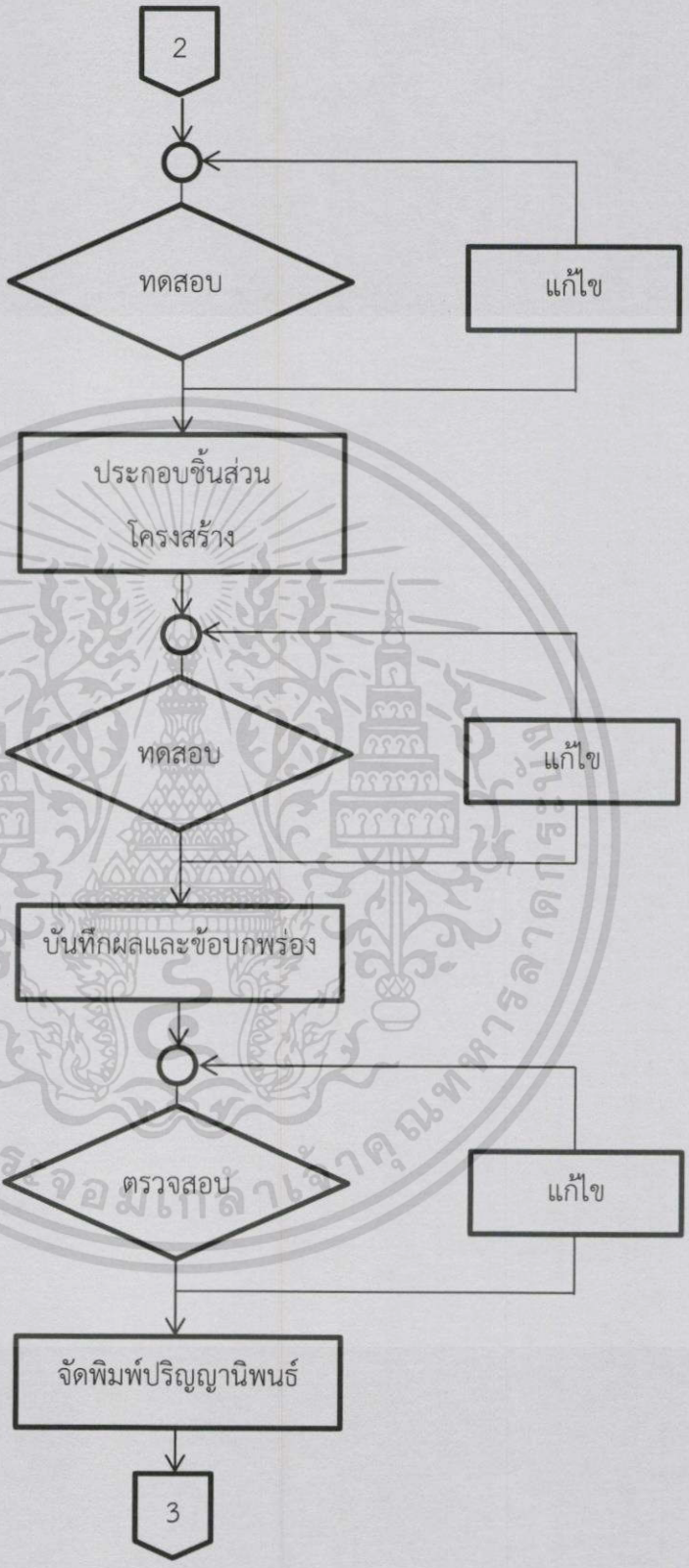
รูปที่ 4.1 Flow Chart แสดงการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



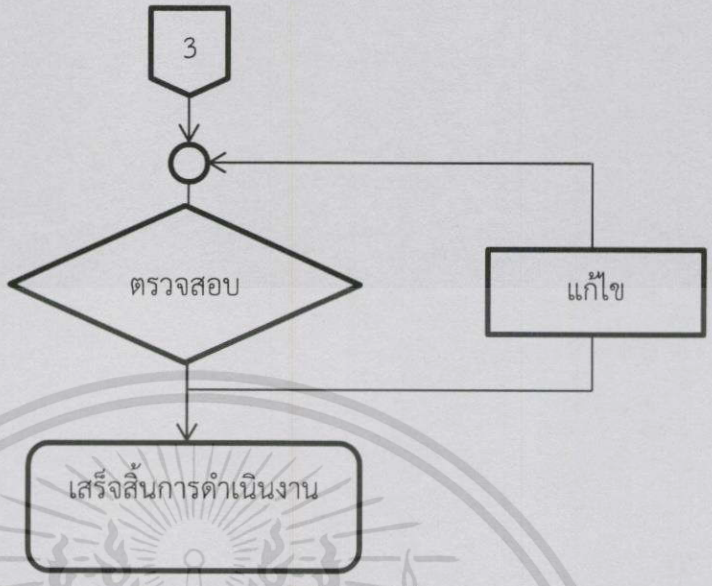
รูปที่ 4.2 Flow Chart แสดงการทำงาน (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 Flow Chart แสดงการทำงาน (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 Flow Chart แสดงการทำงาน (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนในการดำเนินงาน สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้ดังนี้

4.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

4.2 ออกแบบโครงสร้างและวงจร

4.3 ศึกษาและเขียนโปรแกรมสร้าง PWM

4.4 ศึกษาและเขียนโปรแกรมสั่งการทำงานด้วย Visual Basic

4.5 ประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกันและทดลอง

4.6 จัดทำปริญญานิพนธ์

4.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

ผู้จัดทำได้มีการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงานต่าง ๆ โดยเรียงลำดับดังต่อไปนี้

- ความรู้พื้นฐานในการสร้างหุ่นยนต์
- ลักษณะการเคลื่อนที่ของปลาตามธรรมชาติ
- สมการการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ปลา
- เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)
- เซนเซอร์ (Sensor)
- วงจรแปลงแรงดันและวงจรรับสัญญาณจากเซนเซอร์
- ไมโครคอนโทลเลอร์ (Microcontroller)
- โปรแกรมวิชวลเบสิก (Visual Basic)

4.2 ออกแบบโครงสร้างและวงจร

ก่อนการจัดทำโครงสร้างของหุ่นยนต์ต้องมีการออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์โดยผ่านซอฟแวร์ Solidworks และวงจรที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในหุ่นยนต์ก่อน โดยวงจรประกอบไปด้วยวงจร 2 ส่วน คือ วงจรเซนเซอร์ ที่ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรับค่าสัญญาณจากเซนเซอร์มายังไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ วงจรปรับค่าแรงดัน ที่ทำหน้าที่ปรับระดับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ใช้งาน จากนั้นตรวงสอบความถูกต้อง แล้วจึงทำการติดตั้งอุปกรณ์ตามแบบต่อไป

4.3 ศึกษาและเขียนโปรแกรมสร้าง PWM

สัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) เป็นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสร้างสัญญาณพัลส์ออกมาควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ตามโปรแกรมที่เขียนขึ้น ซึ่งองค์ประกอบในการเขียนโปรแกรม ได้แก่ การเขียนภาษาซี การเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ เป็นต้น นอกจากความสามารถในการสั่งการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์แล้ว จำเป็นต้องสามารถเชื่อมโยงสั่งการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัวให้มีความสัมพันธ์กันด้วย

4.4 ศึกษาและเขียนโปรแกรมสั่งการทำงานด้วย Visual Basic

หุ่นยนต์เลียนแบบการว่ายน้ำของปลาจำเป็นต้องมีการเคลื่อนที่ภายใต้น้ำตลอดเวลา โดยในการทดลองการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ด้วยค่าตัวแปรต่าง ๆ นั้น จำเป็นต้องมีการลงโปรแกรมเพื่อปรับค่าให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งโครงสร้างของหุ่นยนต์ที่มีการปิดผนึกกันน้ำจึงไม่สามารถแกะกล่องเพื่อลงโปรแกรมเข้าไปใหม่ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการทำงานของโปรแกรม Visual Basic ขึ้น เพื่อสร้าง GUI (Graphics User Interface) สำหรับการเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ในโปรแกรม จึงสร้างโปรโตคอลในการติดต่อสื่อสารขึ้นมาระหว่างคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไม่จำเป็นต้องโปรแกรมเข้าไปใหม่

4.5 ประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกันและทำการทดลอง

ประกอบการทำงานทุกส่วนเข้าด้วยกันทั้งส่วนของโครงสร้างและโปรแกรม ทดลองผงการทำงานให้หุ่นยนต์มีการเคลื่อนที่ในน้ำ ทำการปรับค่าตัวแปรต่าง ๆ สังเกตพร้อมเก็บบันทึกผล

4.6 จัดทำปริญญานิพนธ์

รวบรวมเนื้อหาและจัดพิมพ์รูปเล่ม รวมทั้งบรรณานุกรม เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษา และการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดลองและผลการทดลอง

5.1 กล่าวนำ

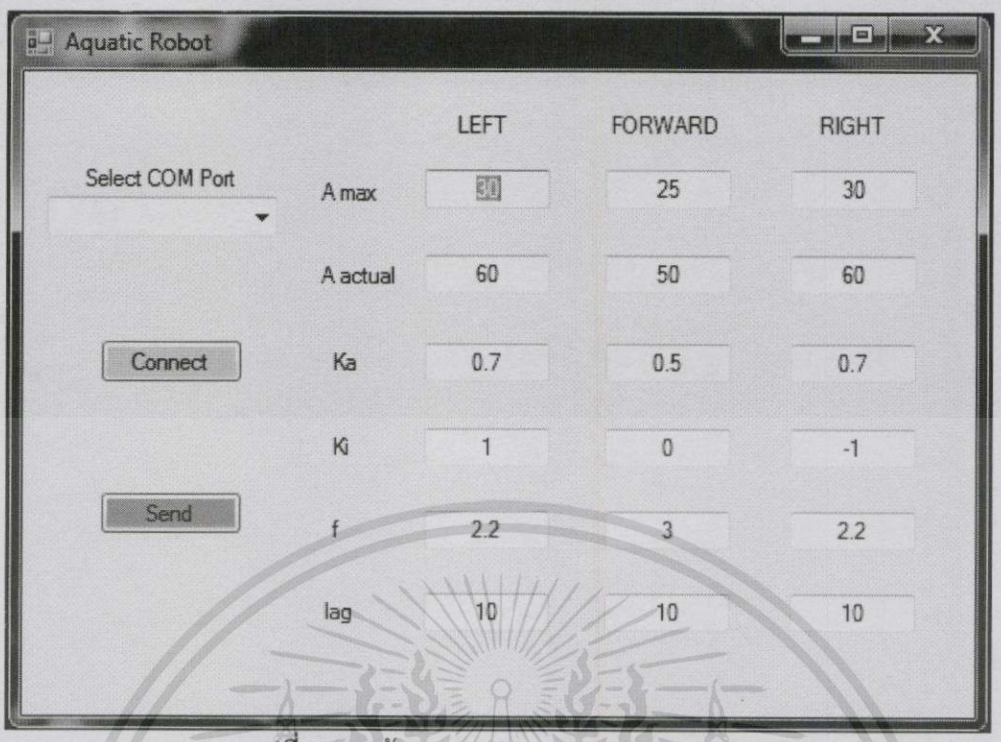
การศึกษาสมการเลียนแบบพฤติกรรมการว่ายน้ำของปลา เพื่อหาความสัมพันธ์ค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ว่ายตรงและเลี้ยวในรัศมีที่แตกต่างกัน เพื่อสามารถพัฒนาเก็บค่าจำลองแผนผังสิ่งแวดล้อมได้ต่อไปในอนาคต จากการดัดแปลงสมการรูปคลื่นซายน์เป็นสมการในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นั้น จากการทดลองเรากำหนดการเลี้ยวของหุ่นยนต์โดยตรงไม่ผ่านการตรวจรู้จากเซนเซอร์ ทั้งนี้เพื่อหาพฤติกรรมในการว่ายน้ำในตัวแปรที่ทำการทดลองต่างๆ ซึ่งทั้งนี้มีตัวแปรกำหนดการเคลื่อนที่หลัก ๆ อยู่ 4 ตัวแปร คือ Amax , Ka, Ki และ f กล่าวคือแอมพลิจูดที่มากที่สุดในการสะบัดของเซอร์โวมอเตอร์หรือหางปลาไปและกลับ ตัวแปรความแรงในการสะบัดของหางปลาเคลื่อนที่ว่ายตรงไปด้านหน้า ตัวแปรที่ใช้ในการเลี้ยว และตัวแปรความถี่ในสะบัดของเซอร์โวมอเตอร์หรือหางปลาตามลำดับ ซึ่งเราได้ทำการทดลองในการเก็บค่าตัวทั้งสามตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงคือ Amax , Ka และ Ki โดยที่ให้ค่าตัวแปร f คงที่ เพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดในรัศมีที่กำหนด เพื่อสามารถพัฒนาหุ่นยนต์ที่มีเซนเซอร์ในการตรวจรู้ทิศทางและหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้อย่างสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยสามารถพัฒนาต่อในการจำลองแผนผังการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ใต้น้ำได้อย่างสมบูรณ์

5.2 ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองหาค่ารัศมีการเลี้ยวของปลา มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

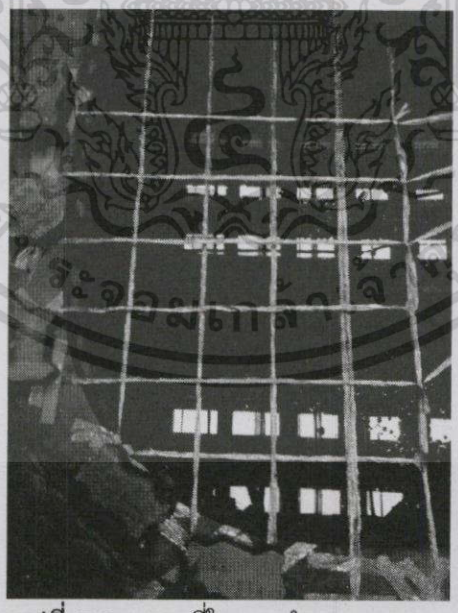
5.2.1 สร้างหน้าจอ Graphics User Interface โดยโปรแกรมวิชวลเบสิก (Visual Basic) เพื่อการปรับค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยไม่จำเป็นต้องเปิดกล่องบรรจุไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อลงโปรแกรมไปใหม่ คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่บรรจุภายในโครงสร้างของหุ่นยนต์ปลาจะถูกเชื่อมต่อโดยสาย USB มายังคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำการส่งข้อมูลจากหน้าจอ Graphics User Interface ส่งมาเปลี่ยนค่าในโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 หน้าจอ Graphics User Interface

5.2.2 ตีตารางทดลองหาค่ารัศมีการเลี้ยวโดยตาราง 1 ช่อง มีความกว้างและความยาว 20x20 เซนติเมตร



รูปที่ 5.2 สถานที่ในการทำการทดลอง

5.2.3 ปล่อยโครงสร้างหุ่นยนต์ปลาลงในน้ำที่ตำแหน่งเริ่มต้นการปล่อยโดยจะปล่อยที่จุดเดิมเสมอ ซึ่งจะเริ่มต้นปล่อยหุ่นยนต์ตอนที่หางปลาอยู่ในตำแหน่ง 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 ทดลองเปลี่ยนค่าตัวแปร และบันทึกผลการทดลองลงในตาราง โดยทดลองปรับค่าตัวแปร Ki , Ka และ Amax = 30, 40, 50 บนหน้าจอ Graphics User Interface โดยมีลักษณะการปรับ ดังนี้

- ปรับค่า Ka และ Ki โดยให้ Amax = 30 สังเกตและบันทึกผลค่ารัศมีการเลี้ยว
- ปรับค่า Ka และ Ki โดยให้ Amax = 40 สังเกตและบันทึกผลค่ารัศมีการเลี้ยว
- ปรับค่า Ka และ Ki โดยให้ Amax = 50 สังเกตและบันทึกผลค่ารัศมีการเลี้ยว

เพื่อทดลองหาค่า Ki และ Ka โดยทำการปรับค่าไปที่ Ki และ Ka ต่างๆ แล้วทำการบันทึกค่ารัศมีทำการเลี้ยวในแต่ละค่า Ki และ Ka โดยจะเริ่มบันทึกในระยะตั้งแต่ 20 ถึง 90 เซนติเมตร ดังตารางดังนี้

ตารางที่ 5.1 ตารางตัวอย่างในการบันทึกค่ารัศมีตั้งแต่ 20 ถึง 90 เซนติเมตร เมื่อทำการเปลี่ยนค่า Ki และ Ka

Ka \ Ki	0.2	0.4	0.6	0.8	1
0.4					
0.6					
0.8					

หมายเหตุ การทดลองหาค่ารัศมีที่ทำการเลี้ยวในแต่ละครั้งจะต้องทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยรัศมีการเลี้ยวอย่างแท้จริง ในแต่ละค่า Amax ที่ 30 ,40 และ 50

5.2.5 นำผลการทดลองมาหาความสัมพันธ์ในการปรับค่าตัวแปร Ki และ Ka แล้วสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

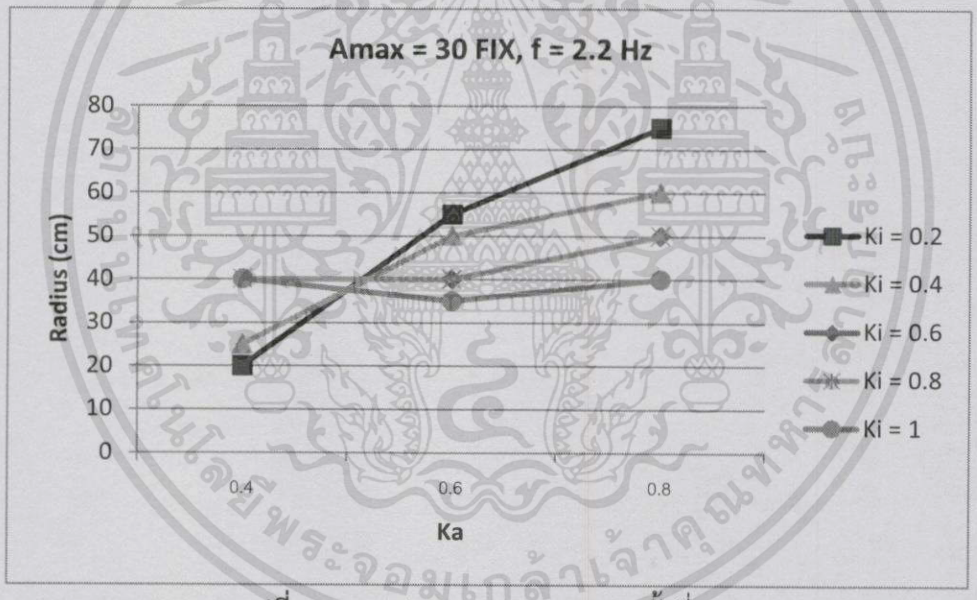
5.3 ผลการทดลอง

5.3.1 ผลการทดลองครั้งที่ 1

เมื่อ A_{max} = 30, f = 2.2 Hz ปรับค่า Ka และ Ki

ตารางที่ 5.2 ตารางแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1

Ka \ Ki	0.2	0.4	0.6	0.8	1
0.4	20	25	40	40	40
0.6	55	50	40	40	35
0.8	75	60	50	50	40



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1

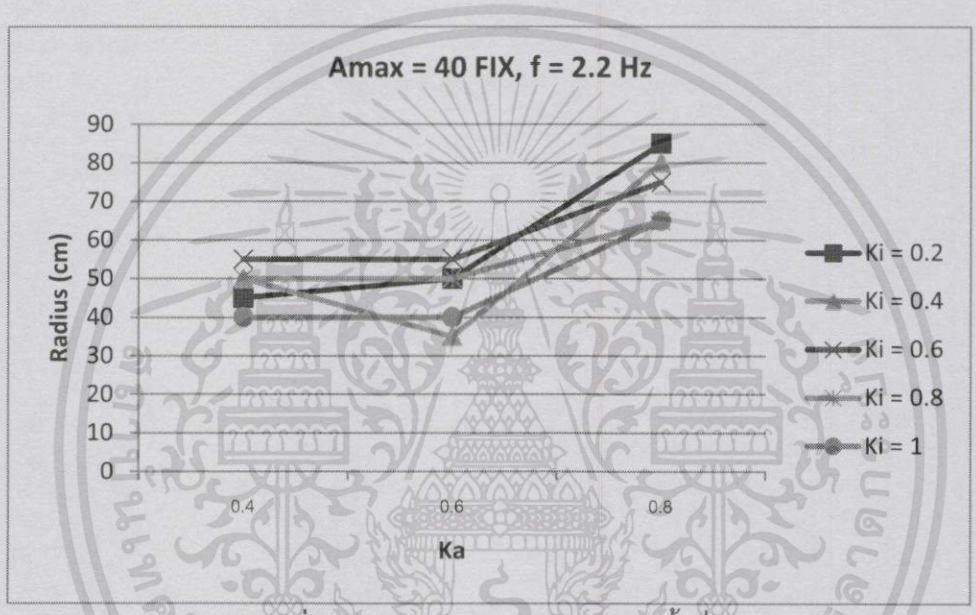
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 ผลการทดลองครั้งที่ 2

เมื่อ A_{max} = 40, f = 2.2 Hz ปรับค่า Ka และ Ki

ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2

Ka \ Ki	0.2	0.4	0.6	0.8	1
0.4	45	50	55	50	40
0.6	50	35	55	50	40
0.8	85	80	75	65	65



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2

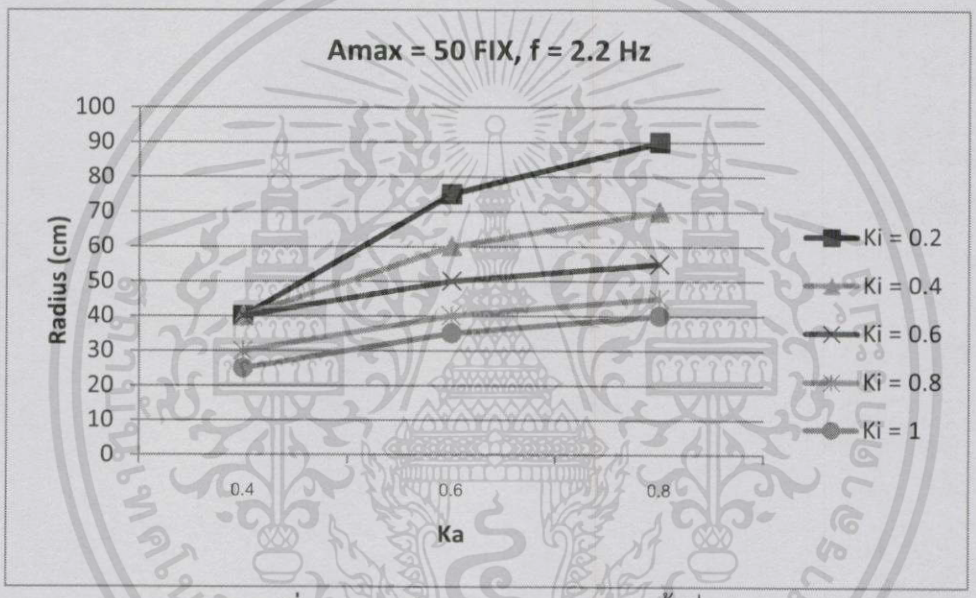
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3

เมื่อ A_{max} = 50, f = 2.2 Hz ปรับค่า Ka และ Ki

ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3

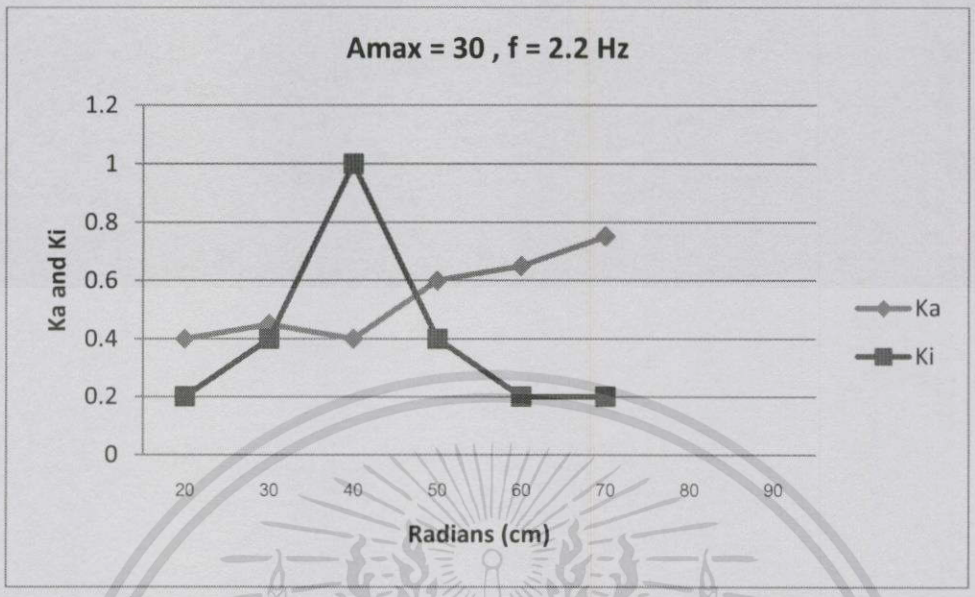
Ka \ Ki	0.2	0.4	0.6	0.8	1
0.4	40	40	40	30	25
0.6	75	60	50	40	35
0.8	90	70	55	45	40



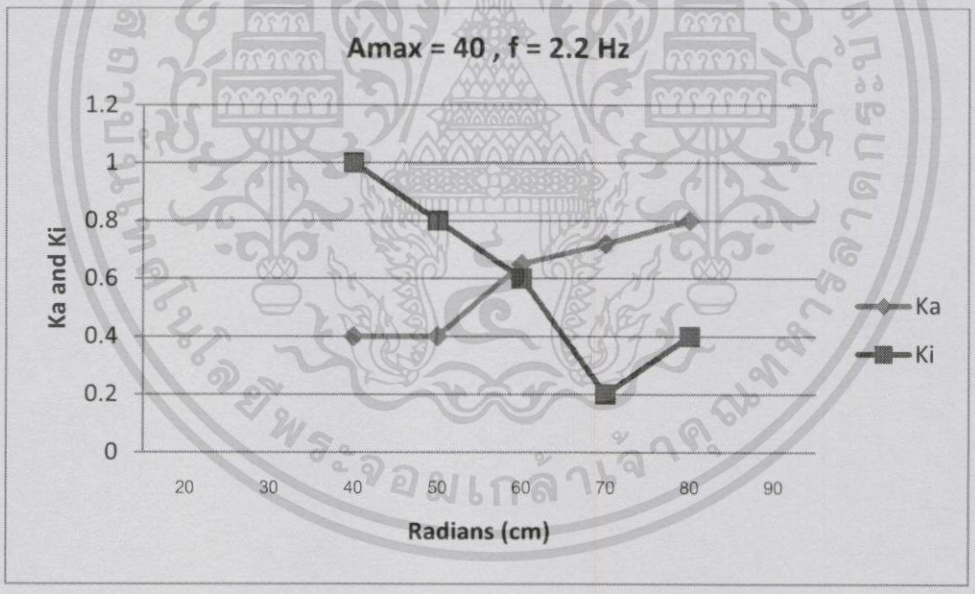
รูปที่ 5.5 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Ka, Ki และ Amax

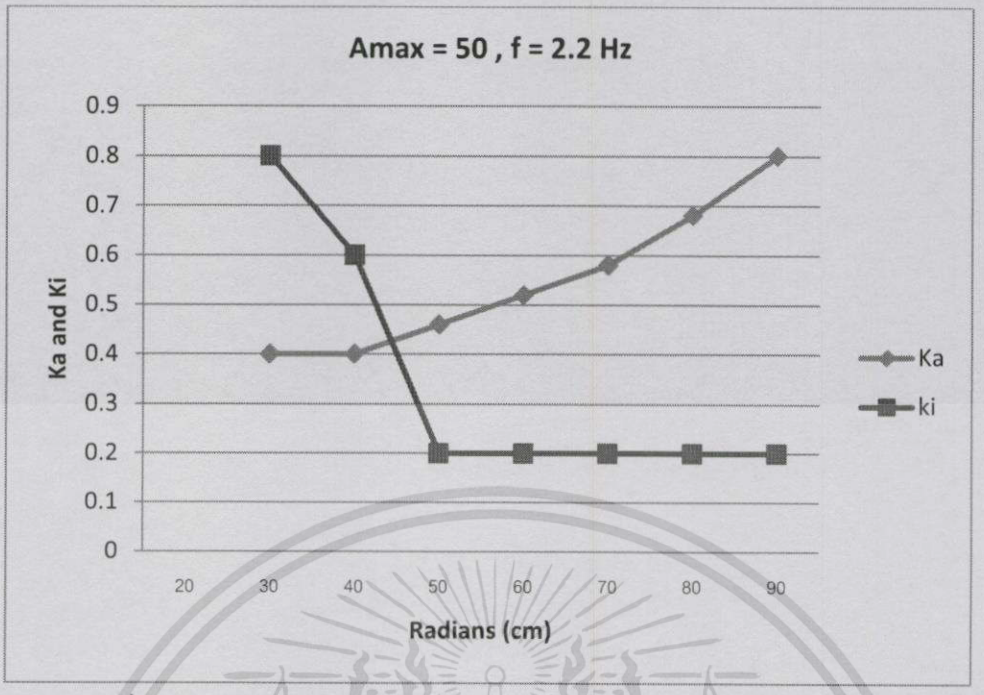


รูปที่ 5.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Ka, Ki และ Amax เท่ากับ 30



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Ka, Ki และ Amax เท่ากับ 40

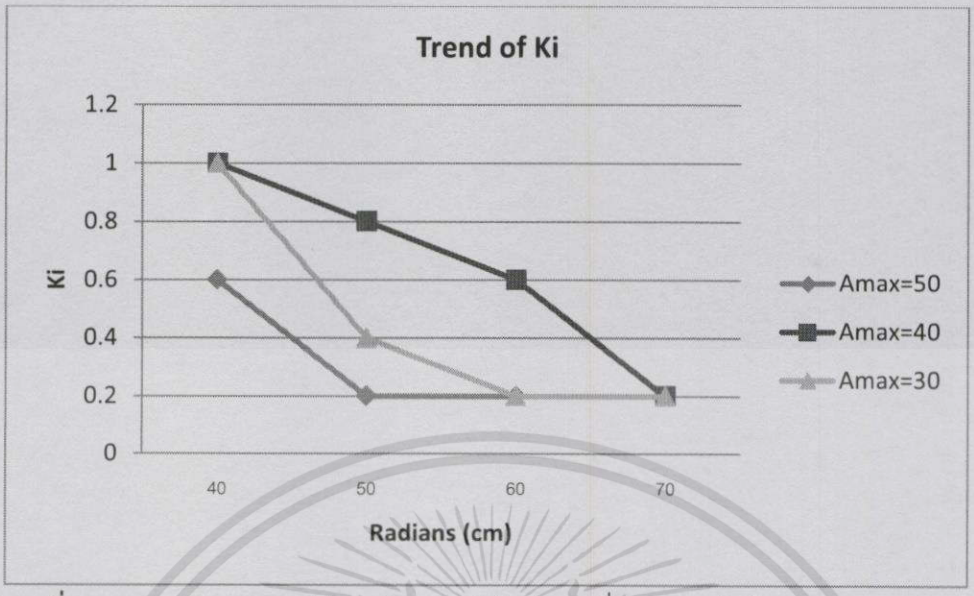
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



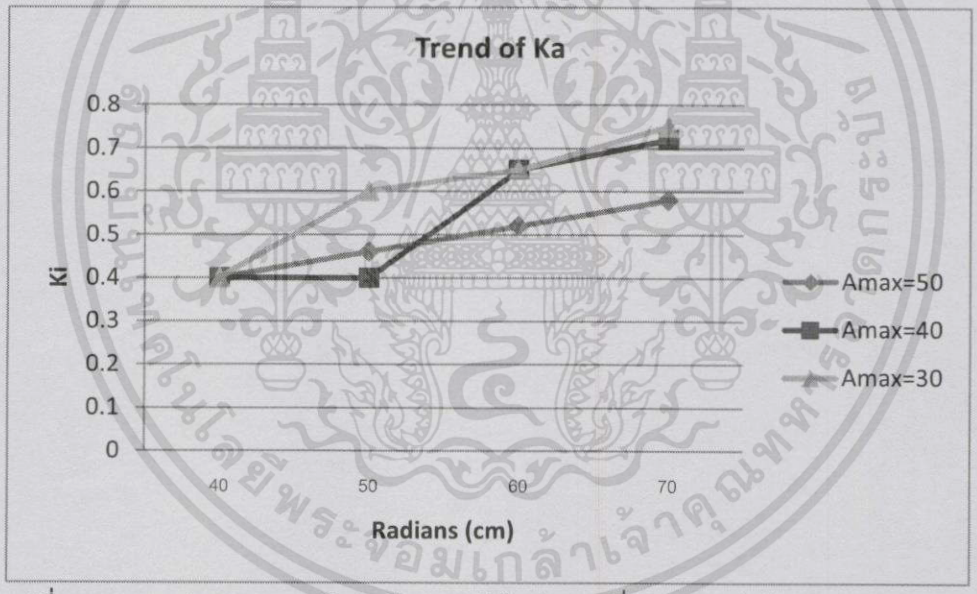
รูปที่ 5.8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า Ka, Ki และ Amax เท่ากับ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแนวโน้มค่า Ka, Ki



รูปที่ 5.9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแนวโน้มค่า Ki ที่ Amax เท่ากับ 30, 40 และ 50



รูปที่ 5.10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบแนวโน้มค่า Ka ที่ Amax เท่ากับ 30, 40 และ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุป

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 สรุปผลการทดลองครั้งที่ 1

ที่ Amax = 30 และ f = 2.2 Hz ทำการทดลองที่ค่ารัศมีที่ 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90 ซม. เพื่อหาค่า Ka และค่า Ki ที่ใช้ในการเลี้ยวที่รัศมีต่างๆ ได้ค่าดังนี้ Ka = 0.4 และ Ki = 0.2 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 20 ซม. Ka = 0.45 และ Ki = 0.4 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 30 ซม. Ka = 0.4 และ Ki = 1 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 40 ซม. Ka = 0.6 และ Ki = 0.4 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 50 ซม. Ka = 0.65 และ Ki = 0.2 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 60 ซม. Ka = 0.75 และ Ki = 0.2 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 70 ซม. Ka และ Ki ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 80 และ 90 ซม. ไม่สามารถทำการเลี้ยวได้

6.1.2 สรุปผลการทดลองครั้งที่ 2

จากการกราฟแสดงผลการทดลองที่ 2 ที่ Amax = 40 และ f = 2.2 Hz ทำการทดลองที่ค่ารัศมีที่ 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90 ซม. เพื่อหาค่า Ka และค่า Ki ที่ใช้ในการเลี้ยวที่รัศมีต่างๆ ได้ค่าดังนี้ Ka และ Ki ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 20 และ 30 ซม. ไม่สามารถทำการเลี้ยวได้ Ka = 0.4 และ Ki = 1 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 40 ซม. Ka = 0.4 และ Ki = 0.8 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 50 ซม. Ka = 0.65 และ Ki = 0.6 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 60 ซม. Ka = 0.72 และ Ki = 0.2 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 70 ซม. Ka = 0.8 และ Ki = 0.4 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 80 ซม. Ka และ Ki ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 90 ซม. ไม่สามารถทำการเลี้ยวได้

6.1.3 สรุปผลการทดลองครั้งที่ 3

จากการกราฟแสดงผลการทดลองที่ 3 ที่ Amax = 50 และ f = 2.2 Hz ทำการทดลองที่ค่ารัศมีที่ 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90 ซม. เพื่อหาค่า Ka และค่า Ki ที่ใช้ในการเลี้ยวที่รัศมีต่างๆ ได้ค่าดังนี้ Ka และ Ki ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 20 ซม. ไม่สามารถทำการเลี้ยวได้ Ka = 0.4 และ Ki = 0.8 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 30 ซม. Ka = 0.4 และ Ki = 0.6 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 40 ซม. Ka = 0.46 และ Ki = 0.2 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 50 ซม. Ka = 0.52 และ Ki = 0.2 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 60 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ka = 0.58 และ Ki = 0.2 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 70 ซม. Ka = 0.68 และ Ki= 0.2 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 80 ซม. Ka = 0.8 และ Ki = 0.2 ที่รัศมีการเลี้ยวที่ 90 ซม.

จากการทดลองทั้งสามครั้งที่ทำการหาค่าเฉลี่ยในการหาค่า Ka และ Ki ที่ Amax 30 , 40 และ 50 ที่รัศมี 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 และ 90 ซม. ที่ค่า f = 2.2 Hz คงที่ซึ่งเป็นการทดลองที่ไม่ใช้อุปกรณ์ตรวจรู้หรือเซนเซอร์ เพื่อดูลักษณะการเลี้ยวโค้งของตัวแปรที่ทดลอง จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าที่รัศมีที่เท่ากันจะได้ค่า Ka และ Ki ที่แตกต่างกัน เนื่องค่าจากค่าแอมพลิจูดที่มากที่สุดในการสะบัดของหางปลาไปและกลับ (Amax) จะเห็นได้ว่าแอมพลิจูดในการสะบัดของหางแปรผันตามค่า Ka แต่จะผกผันกับค่า Ki หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ยิ่งรัศมีในการเลี้ยวของหุ่นยนต์กว้างค่า Ka ต้องมาก และค่า Ki ต้องน้อย หรือกล่าวได้ว่าถ้าต้องการให้หุ่นยนต์ว่ายเลี้ยวในรัศมีที่กว้าง ต้องใช้ความแรงในการสะบัดของหางปลา (Ka) ที่มาก และสัมประสิทธิ์ในการเลี้ยว (Ki) ที่น้อย

6.2 สรุปผลโครงงาน

การศึกษาโครงการ “หุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำ (Aquatic Robot)” ได้ศึกษาถึงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของปลาตามธรรมชาติ และได้เลือกอุปกรณ์ในการสร้างหุ่นยนต์จำลองเคลื่อนไหวในน้ำ โดยหุ่นยนต์จะประกอบไปด้วยตัวตรวจรู้หรือเซนเซอร์ในการวัดแบบอินฟราเรดในระยะ 2 - 10 ซม. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino DUE) และการส่งค่าตัวแปรในการควบคุมจากโปรแกรม Visual Basic เพื่อกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์และแหล่งพลังงานในการควบคุมอุปกรณ์ ทั้งนี้อุปกรณ์ทั้งหมดต้องสามารถกันน้ำได้ ซึ่งจากการศึกษาพฤติกรรมการเคลื่อนที่ตามธรรมชาติของปลาสอดคล้องกับสมการคลื่นรูปซายน์ สังเกตได้จากแรงที่หางปลาสะบัดไปมา ทำให้เกิดแรงผลักให้ปลาเคลื่อนที่ไปด้านหน้า รวมถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และน้ำหนักที่สมดุลที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ โดยมีตัวแปรที่ต้องคำนึงถึงหลัก ๆ ได้แก่ 4 ตัวแปรคือ Amax, f, Ka และ Ki จะเห็นได้จากการทดลองที่กล่าวไปจะเป็นตัวแปรสำคัญในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ไปด้านหน้าหรือการเลี้ยวในรัศมีการเลี้ยวที่กำหนด ซึ่งทุกตัวแปรจะต้องสัมพันธ์กันจึงจะสามารถทำให้ปลาเกิดการเคลื่อนที่ได้ ค่าที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปจำลองหาแผนที่ของสิ่งแวดล้อมเพื่อการสำรวจหรือการเก็บค่าต่าง ๆ ได้

ค่าที่ได้จากการทดลองจะสามารถนำไปควบคุมหุ่นยนต์ที่ใช้อุปกรณ์ตรวจรู้ได้อย่างสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นนั้นเอง อย่างไรก็ตามการศึกษาหุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำ (Aquatic Robot) ในครั้งนี้ยังเป็นการเคลื่อนที่ที่ยังไม่สมบูรณ์แบบอันเนื่องจากการเคลื่อนที่ของปลาธรรมชาติที่ซับซ้อนในการว่ายที่หลากหลายรูปแบบ เช่น การดำและเงยของปลา และปัจจัยในเรื่องอื่น ๆ เช่น เรื่องกระแสน้ำ แรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลอยตัวของน้ำหนักปลาในน้ำ ยังคงเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก รวมถึงโครงสร้างวัสดุที่ใหญ่ ที่ยังไม่เหมาะสมกับการเคลื่อนที่ให้เหมือนปลาจริงที่เพรียวบาง ซึ่งยังคงต้องศึกษาและพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] P. Nilas, "A Prototypical Multi-Locomotive Robotic Fish Parametric Research and Design," Proceeding of the World Congress on Engineering and Computer Science 2011 Vol I, October 19-21, 2011.

[2] P. Nilas, N. Suwanchit, and R. Lumpuprakarn, "Prototypical Robotic Fish with Swimming Locomotive Configuration in Fluid Environment," Proceeding of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2011, page 15 -17, March 16-18, 2011.

[3] ตรีพัน ปุณกะบุตร ,พนิดา คูวงษ์วัฒนาเสรี และพิมพ์ชนก ยิ้มอยู่. 2553. "หุ่นยนต์เลียนแบบการว่ายน้ำของปลาอย่างง่าย" ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[4] เอกชัย มะการ. 2552. เรียนรู้เข้าใจการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ด้วย Arduino. กรุงเทพฯ : บริษัท อีทีที จำกัด.

[5] [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.es.co.th (พฤศจิกายน - ธันวาคม 2556).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ไมโครคอนโทรลเลอร์

ก.1 คู่มือการใช้งานบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น Arduino DUE

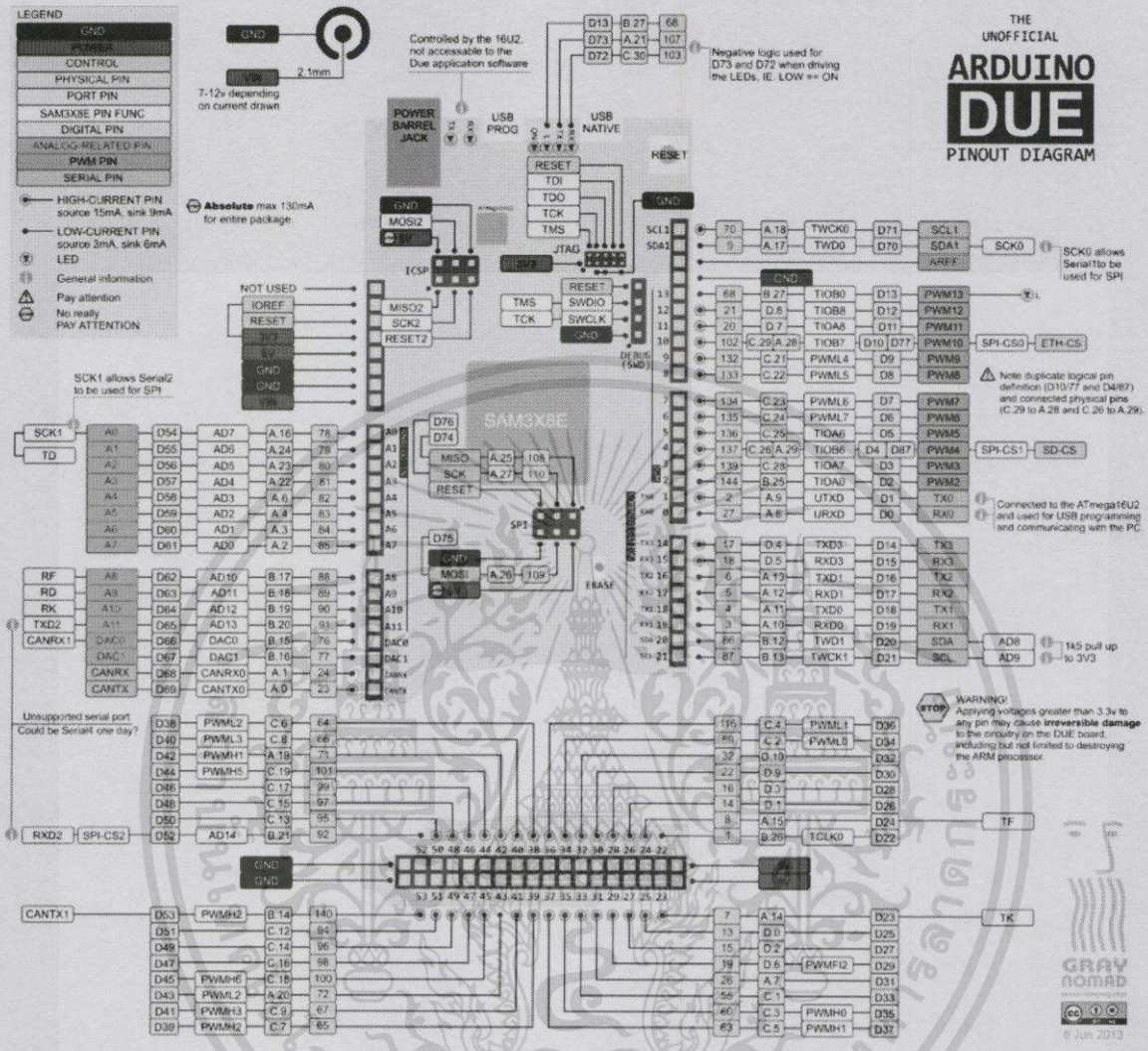
Arduino DUE เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 ซึ่งเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 32-Bit เป็น MCU ประจำบอร์ด โดยการออกแบบโครงสร้างบอร์ดนั้นจะเน้นให้มีโครงสร้างขนาดเล็กเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน โดยนำ MCU มาจัดเรียงกับอุปกรณ์พื้นฐานที่จำเป็นและจัดเรียงพอร์ตให้ง่ายต่อการนำไปใช้งาน ตัวบอร์ดใช้ไฟ 7-12 โวลต์ มี Serial Communication Port จำนวน 3 พอร์ต สำหรับการทำการดาวน์โหลด Hex Files และใช้งานในการสื่อสารกับ Application ที่เขียนขึ้นเอง

คุณสมบัติของบอร์ดในกรณีใช้ Arduino DUE

1) ใช้ MCU ตระกูล Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 เบอร์ AT91SAM3X8E ซึ่งเป็น MCU ขนาด 32-Bit
2) สามารถประมวลผลด้วยความเร็วสูงสุดที่ 84 MHz
3) ใช้แหล่งจ่ายจาก 7-12 โวลต์
4) มี Digital I/O Pins 54 Pins ซึ่งสามารถให้ PWM Output ได้ 12 Pins
5) มี Analog Input Pins 12 Pins
6) มี Analog Outputs Pins 2 Pins (DAC)
7) รองรับการโปรแกรมแบบ In-System Programming (ISP) บน ICSP header
8) หน่วยความจำโปรแกรมแบบ Flash 512 KB และ SRAM 96 KB
9) CAN: CANRX และ CANTX
10) TWI: SDA และ SCL
11) DAC1 และ DAC2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างบอร์ด Arduino DUE



ก.1 Arduino DUE Pinout Diagram

ก.2 การดาวน์โหลด HEX File ให้กับ MCU บอร์ด

การ Download Hex File ให้กับหน่วยความจำ Flash ของ MCU ในบอร์ดนั้น จะใช้โปรแกรมชื่อ Arduino IDE ซึ่งจะติดต่อกับ MCU ผ่าน Serial Port ของคอมพิวเตอร์ PC โดยโปรแกรมดังกล่าวสามารถดาวน์โหลดฟรีได้ที่

http://arduino.cc/en/Main/Software#.Uwi0ulWKXYg

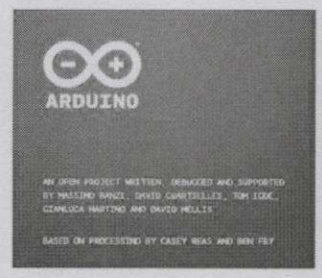
ขั้นตอนการ Download HEX File ให้กับ MCU

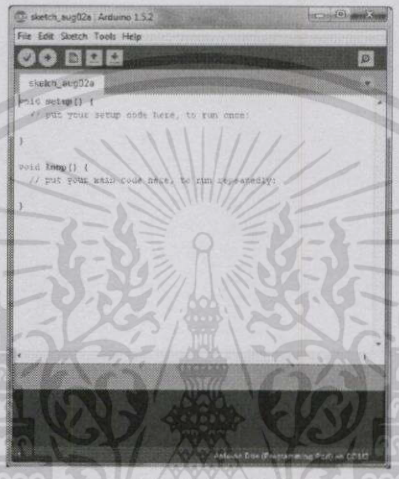
1) ต่อสายสัญญาณ Micro-B USB เข้ากับพอร์ต USB ที่คอมพิวเตอร์

2) สั่ง Run โปรแกรม Arduino arduino IDE ซึ่งจะได้ผลดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

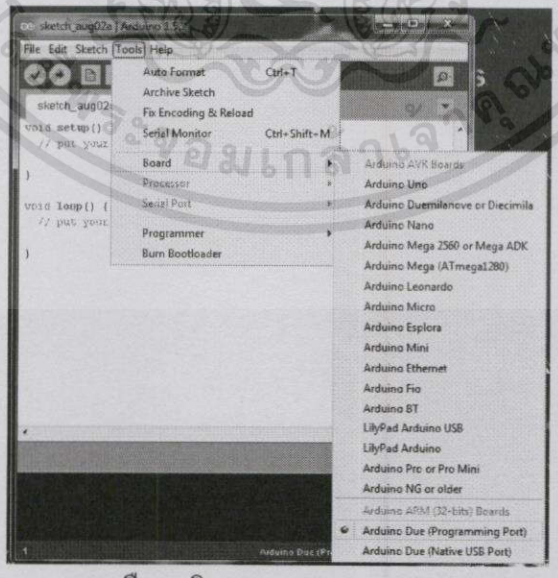
3) จะปรากฏหน้าจอสำหรับผู้ใช้งานดังรูป





ก.2 Arduino IDE

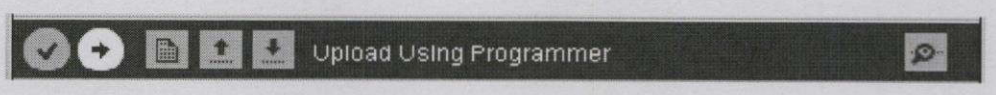
4) คลิกที่ Tools เลือก Board และ Port ให้เหมาะสม



ก.3 การเลือกชนิดของ MCU และ Serial Port

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) จากนั้นจึงสามารถคลิก Upload HEX File ให้กับ MCU



ก.3 โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

โปรแกรม ก.1 ฟังก์ชั่นควบคุม "หุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำ"

```
#include <Servo.h>                    // include Servo Library
Servo servo1;                         // Declaring variable for servo
motor
int sensor1, sensor2, sensor3, sensor4, angle;
                  // Declaring variable for receiving data from sensor
double Amax[4], Aactual[4];
                  // Declaring variable for mathematical model
double f[4], Ka[4], Ki[4], AX;
double t;
unsigned int counter;          // counter for incoming data
String inputString = "";       // a string to hold incoming data
String a[20];                  // string array to hold incoming data
int count,update,i=0,p=0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);          // Setting baud rate
  pinMode(36, INPUT);          // Setting pin attach for sensors
  pinMode(38, INPUT);
  pinMode(39, INPUT);
  servo1.attach(13);           // Setting pin attach for servo motor
  }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void loop(){
 if(update==1)
 {
   Amax[1]= atof(&a[0][0]);                    // Change incoming data to float
   Amax[2]= atof(&a[1][0]);
   Amax[3]= atof(&a[2][0]);
   Aactual[1]= atof(&a[3][0]);
   Aactual[2]= atof(&a[4][0]);
   Aactual[3]= atof(&a[5][0]);
   Ka[1]= atof(&a[6][0]);
   Ka[2]= atof(&a[7][0]);
   Ka[3]= atof(&a[8][0]);
   Ki[1]= atof(&a[9][0]);
   Ki[2]= atof(&a[10][0]);
   Ki[3]= atof(&a[11][0]);
   f[1]= atof(&a[12][0]);
   f[2]= atof(&a[13][0]);
   f[3]= atof(&a[14][0]);
   update=0;
 }
   sensor1=digitalRead(39);    //Sensor Left
   sensor2=digitalRead(36);    //Sensor Right
   sensor3=digitalRead(38);    //Sensor Front

       AX = Amax[i]*Ka[i]*sin((44/7)*f[i]*t)+(Ki[i]*(1-Ka[i])*Amax[i]);
       t=t+0.03;                          // Mathematical model

 if(sensor1==0&&sensor3==0) {  // Sensor Left and Front >> Turnright
   for(p=0;p<100;p++){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    t=t+0.03;
    i=1;
    AX = Amax[i]*Ka[i]*sin((44/7)*f[i]*t)+(Ki[i]*(1-Ka[i])*Amax[i]);
    servo1.write(100+AX);
    delay(50);
    }
}
else if(sensor2==0&&sensor3==0) {  // Sensor Right >> Turnleft
  for(p=0;p<100;p++){
    t=t+0.03;
    i=3;
    AX = Amax[i]*Ka[i]*sin((44/7)*f[i]*t)+(Ki[i]*(1-Ka[i])*Amax[i]);
    servo1.write(80+AX);
    delay(50);
  }
}
else if(sensor3==0) {                    // Sensor Front >> Turnleft
  i=3;
  servo1.write(90+AX);
}
else if(sensor1!=0&&sensor2==0) {     // Sensor Right >> Turnleft
  for(p=0;p<100;p++){
    t=t+0.03;
    i=3;
    AX = Amax[i]*Ka[i]*sin((44/7)*f[i]*t)+(Ki[i]*(1-Ka[i])*Amax[i]);
    servo1.write(90+AX);
    delay(50);
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  else if(sensor1==0&&sensor2!=0) {     // Sensor Left >> Turnright
    for(p=0;p<100;p++){
      t=t+0.03;
      i=1;
      AX = Amax[i]*Ka[i]*sin((44/7)*f[i]*t)+(Ki[i]*(1-Ka[i])*Amax[i]);
      servo1.write(90+AX);
      delay(50);
    }
  }
  else if(sensor1==0 && sensor2==0 && sensor3==0)    // Stop
      servo1.write(90);
  else {                                  // Forward
    i=2;
    servo1.write(90+AX);
  }
  delay(50);
}
void serialEvent() {                      // active when data is coming
  while (Serial.available()) {
    char inChar = (char)Serial.read();    // get the new byte
    if (inChar == ',') {
      if(inputString=="ab")               // start collect byte
        count=0;
      else if(inputString=="xz")          // end of incomming data
        update=1;
      else{
      a[count]=inputString;               // hold collected string in array
      count++;
      }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      inputString="";
    }
    else
    inputString += inChar;                    // collect char into string
  }
}
```

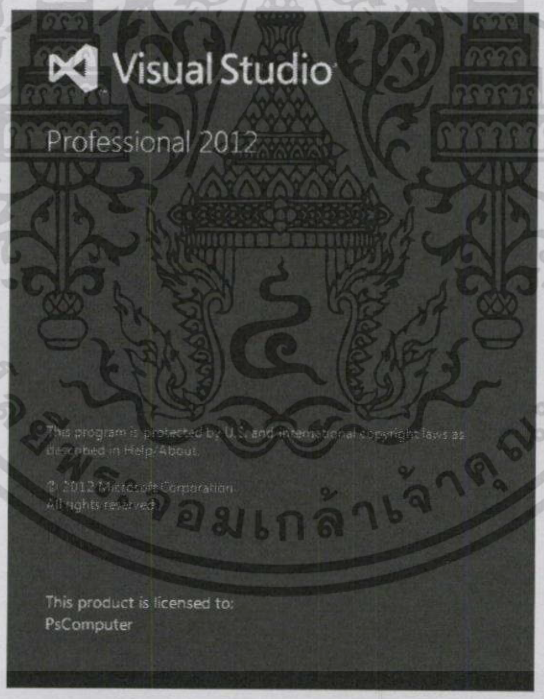
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
โปรแกรมวิชวลเบสิก

วิชวลเบสิก (Visual Basic) เป็นภาษาโปรแกรมแบบ GUI สร้างโดยบริษัทไมโครซอฟท์ เป็นภาษาที่พัฒนามาจากภาษาเบสิก และยังได้พัฒนาต่อเป็นภาษา VB.NET โดยปฏิบัติการอยู่บน .NET Framework ซึ่งเป็นรูปแบบการพัฒนาโปรแกรมแบบใหม่ที่ไมโครซอฟท์ได้พัฒนาออกมา โดยมีจุดประสงค์สำคัญคือสามารถใช้งานในสภาวะของฮาร์ดแวร์หรือระบบปฏิบัติการ ที่แตกต่างกันได้อย่างไม่มีปัญหา ซึ่งสามารถดาวน์โหลดไฟล์โปรแกรม Visual Studio Professional 2012 ได้จาก https://www.dreamspark.com/Student/Default.aspx

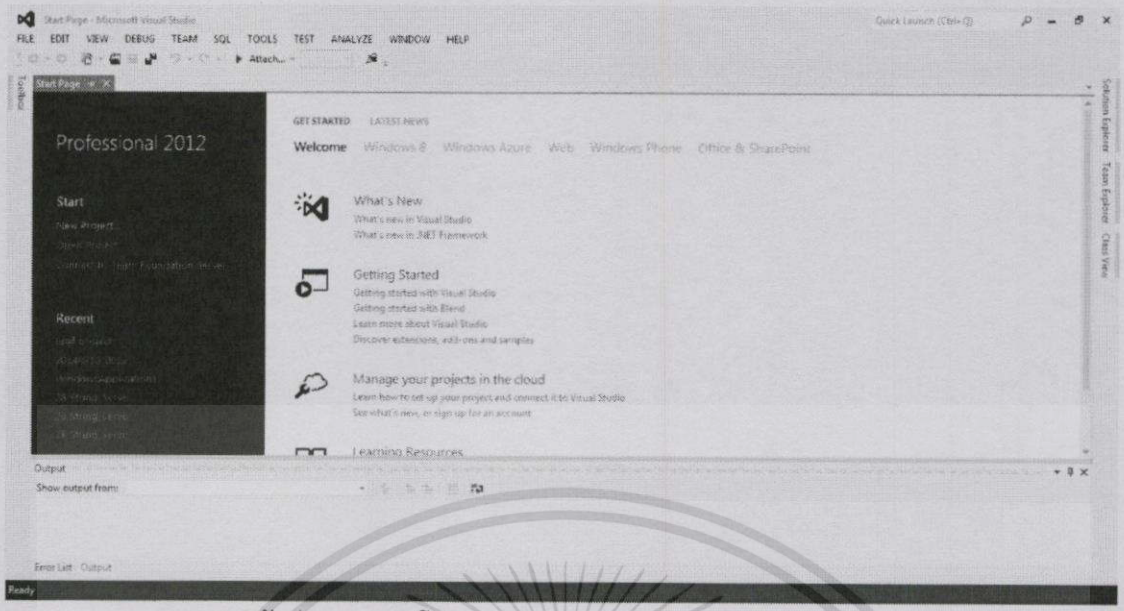
ข.1 วิธีการใช้งาน Vistual Studio Professional 2012

1) คลิกที่ ไอคอน เพื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาซึ่งจะแสดงหน้าต่างดังรูป



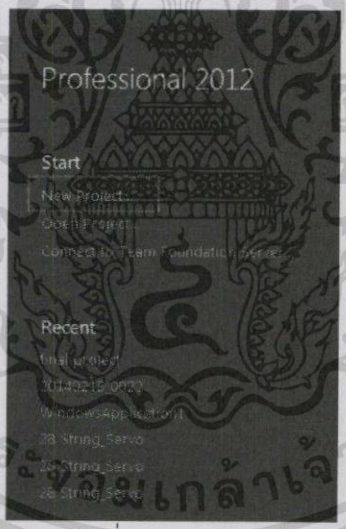
ข.1 Visual Studio Professional 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข.2 หน้าต่างแรกของโปรแกรม Visual Studio Professional 2012

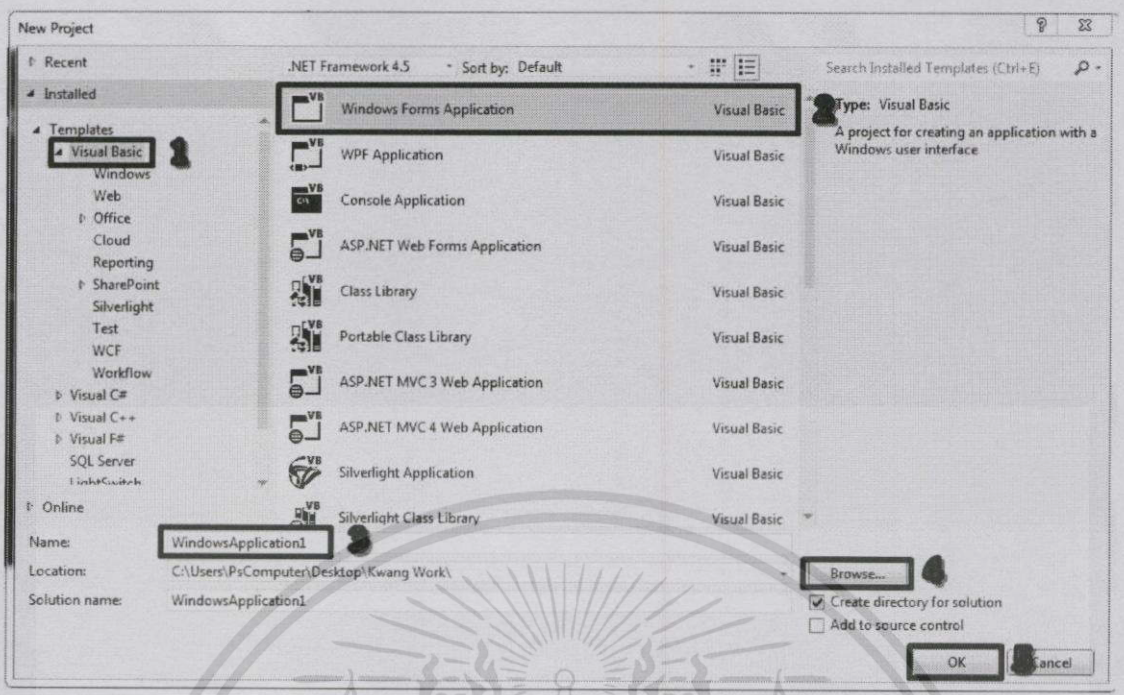
2) ต่อมาเป็นการสร้าง Project กดไปที่ New Project... อยู่ตรงหน้า Start Page



ข.3 คลิกที่ปุ่ม New Project...

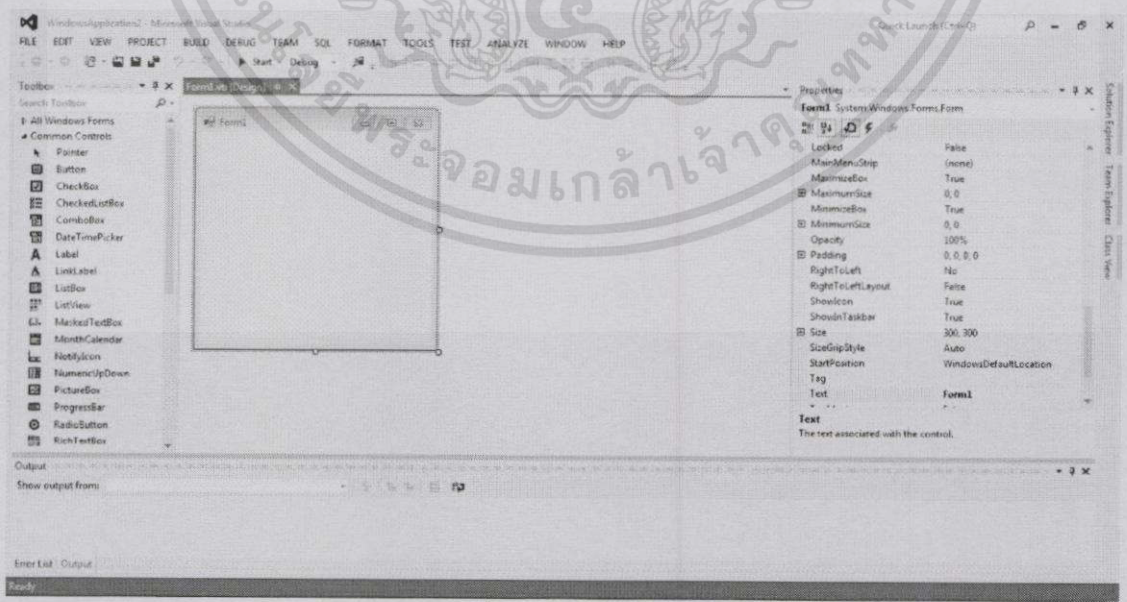
3) จะปรากฏหน้าหน้าต่าง New Project ขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข.4 หน้าต่าง New Project

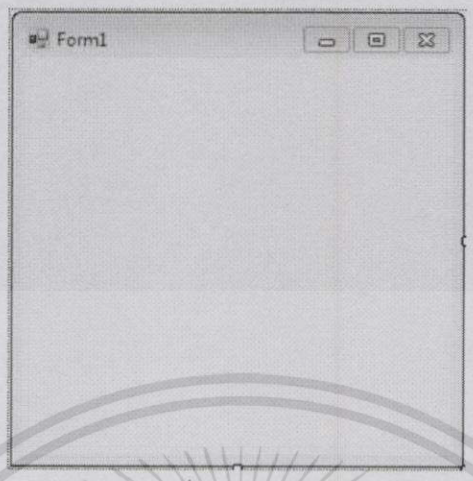
4) คลิกที่หมายเลข 1 หรือเลือก Visual Basic
5) จากนั้นเลือกไปที่หมายเลข 2 หรือเลือกเป็น Windows Forms Application
6) จากนั้นสามารถเปลี่ยนชื่อ Project ได้ที่หมายเลข 3 และสามารถเลือกโฟลเดอร์ที่ต้องการเก็บ Project ได้ที่หมายเลข 4
7) เมื่อกด OK ก็จะปรากฏ Form ดังรูป ข.5 เพื่อสร้าง GUI ที่ต้องการ



ข.5 แสดงหน้าต่างเริ่มต้นในการดีไซน์รูปแบบโปรแกรม

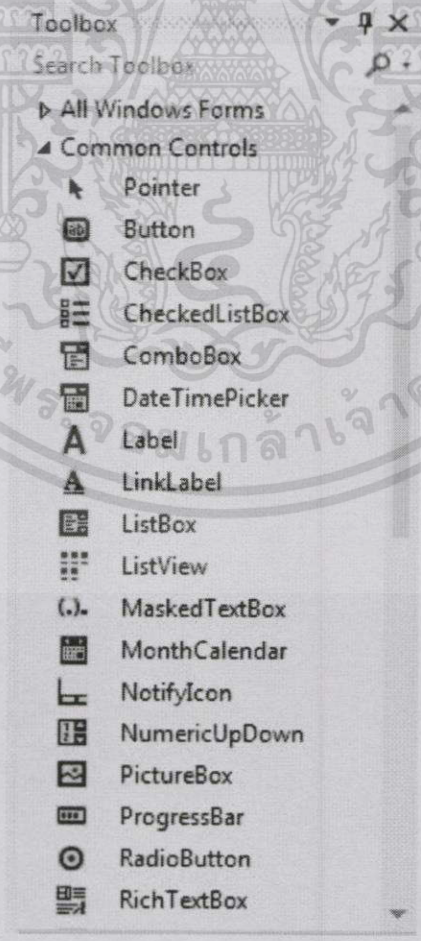
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ส่วนแรก คือ Form ในส่วนนี้เอาไว้สร้างรูปแบบหน้าต่างที่เราต้องการ



ข.6 ส่วนของ From

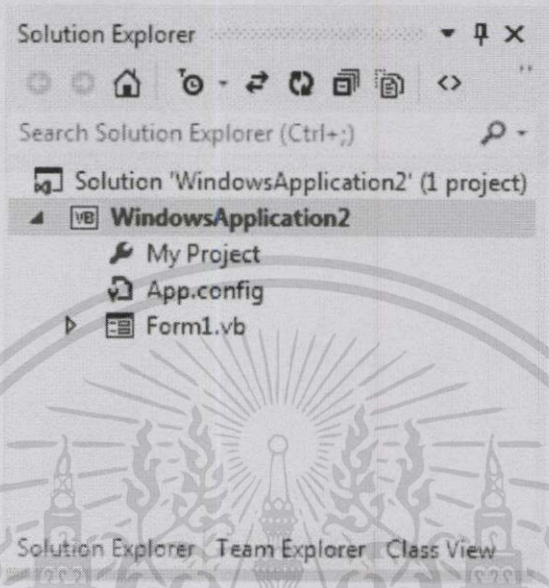
9) ส่วนของ Toolbox นี้เป็นเครื่องมือสำหรับสร้าง Graphics User Interface (การโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม)



ข.7 Toolbox

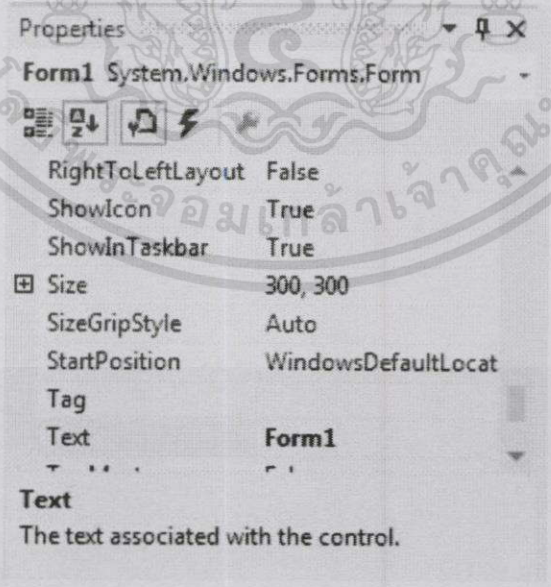
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) ส่วนของ Solution Explorer ใช้แสดงรายละเอียดโครงสร้างทั้งหมดของโปรแกรมที่ผู้เขียนทำงานอยู่



ข.8 Solution Explorer

11) ส่วนของ Properties จะปรับแต่งลักษณะของเครื่องมือต่าง ๆ ใน Toolbox เช่น ขนาด ตำแหน่งในการจัดวางวัตถุบน Form เป็นต้น



ข.9 Properties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม ข.1 โปรแกรมป้อนค่าตัวแปรไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

```
Imports System.IO
Imports System.IO.Ports
Imports System.Threading

Public Class String_Servo
    Shared _continue As Boolean
    Shared _con_st As Boolean
    Shared _serialPort As SerialPort
    Shared comPort As String

    Public Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
        Dim L1 As String = TextBox1.Text
        Dim F1 As String = TextBox2.Text
        Dim R1 As String = TextBox3.Text
        Dim L2 As String = TextBox4.Text
        Dim F2 As String = TextBox5.Text
        Dim R2 As String = TextBox6.Text
        Dim L3 As String = TextBox7.Text
        Dim F3 As String = TextBox8.Text
        Dim R3 As String = TextBox9.Text
        Dim L4 As String = TextBox10.Text
        Dim F4 As String = TextBox11.Text
        Dim R4 As String = TextBox12.Text
        Dim L5 As String = TextBox13.Text
        Dim F5 As String = TextBox14.Text
        Dim R5 As String = TextBox15.Text
        Dim L6 As String = TextBox16.Text
        Dim F6 As String = TextBox17.Text
        Dim R6 As String = TextBox18.Text

        SerialPort1.Write("ab,")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SerialPort1.Write(L1)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(F1)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(R1)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(L2)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(F2)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(L2)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(L3)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(F3)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(R3)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(L4)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(F4)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(R4)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(L5)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(F5)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(R5)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(L6)
SerialPort1.Write(",")
SerialPort1.Write(F6)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SerialPort1.Write(",")
        SerialPort1.Write(R6)
        SerialPort1.Write(",xz,")
    End Sub

    Private Sub String_Servo_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles Me.Load
        _con_st = False
        SerialPort1.Close()
        SerialPort1.BaudRate = 9600
        SerialPort1.DataBits = 8
        SerialPort1.Parity = Parity.None
        SerialPort1.StopBits = StopBits.One
        SerialPort1.Handshake = Handshake.None
        SerialPort1.Encoding = System.Text.Encoding.ASCII
    End Sub

    Private Sub con_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles con.Click
        If _con_st Then
            SerialPort1.Close()
            con.Text = "Connect"
            _con_st = False
        Else
            comPort = ComboBox1.Text
            SerialPort1.PortName = comPort
            SerialPort1.Open()
            SerialPort1.Write("ab,")
            con.Text = "Disconnect"
            _con_st = True
        End If
    End Sub
End Class
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

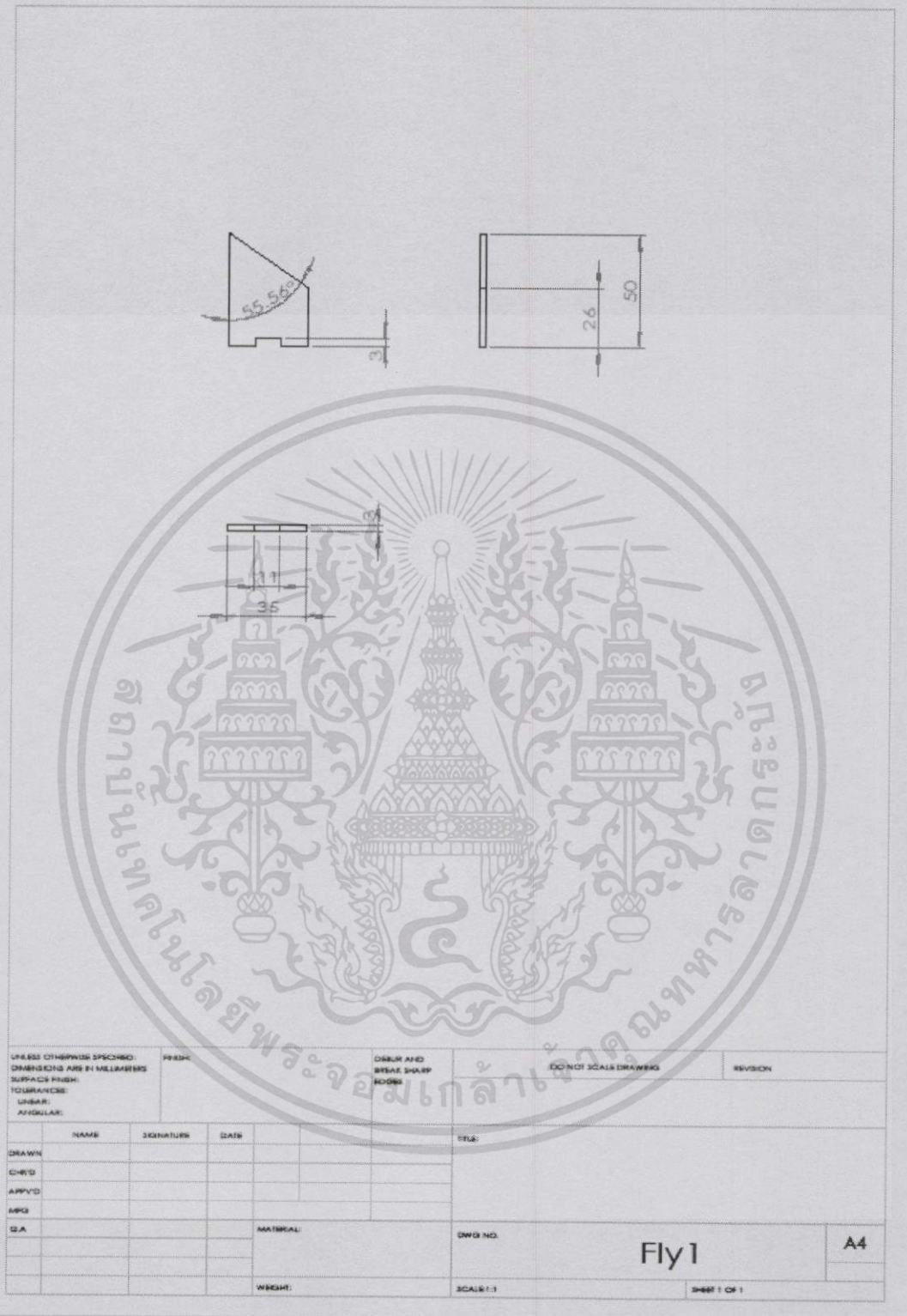
ภาคผนวก ค
แบบร่างโครงของหุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำ

ค.1 แบบร่างโครงของหุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำ

แบบร่างโครงของหุ่นยนต์เคลื่อนไหวในน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ส่วน ดังนี้

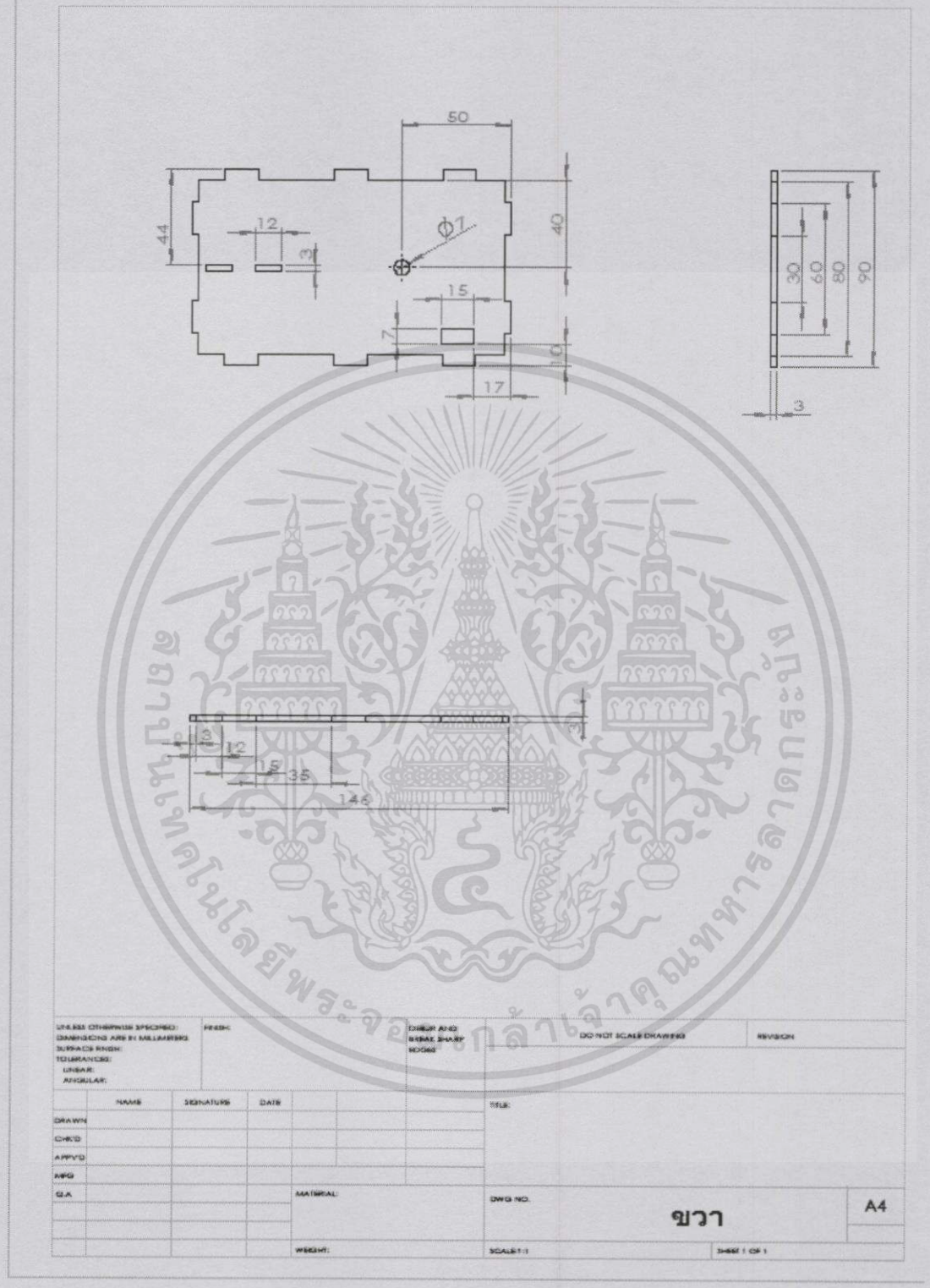
1) ส่วนขยายสำหรับวางเซนเซอร์ จำนวน 2 ชิ้น
2) ส่วนประกอบทางด้านขวาของลำตัวหุ่นยนต์ จำนวน 1 ชิ้น
3) ส่วนประกอบทางด้านซ้ายของลำตัวหุ่นยนต์ จำนวน 1 ชิ้น
4) ส่วนประกอบทางด้านบนของลำตัวหุ่นยนต์ จำนวน 1 ชิ้น
5) ส่วนประกอบทางด้านล่างของลำตัวหุ่นยนต์ จำนวน 1 ชิ้น
6) ส่วนประกอบทางด้านหน้าของลำตัวหุ่นยนต์ จำนวน 1 ชิ้น
7) ส่วนประกอบทางด้านหลังของลำตัวหุ่นยนต์ จำนวน 1 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



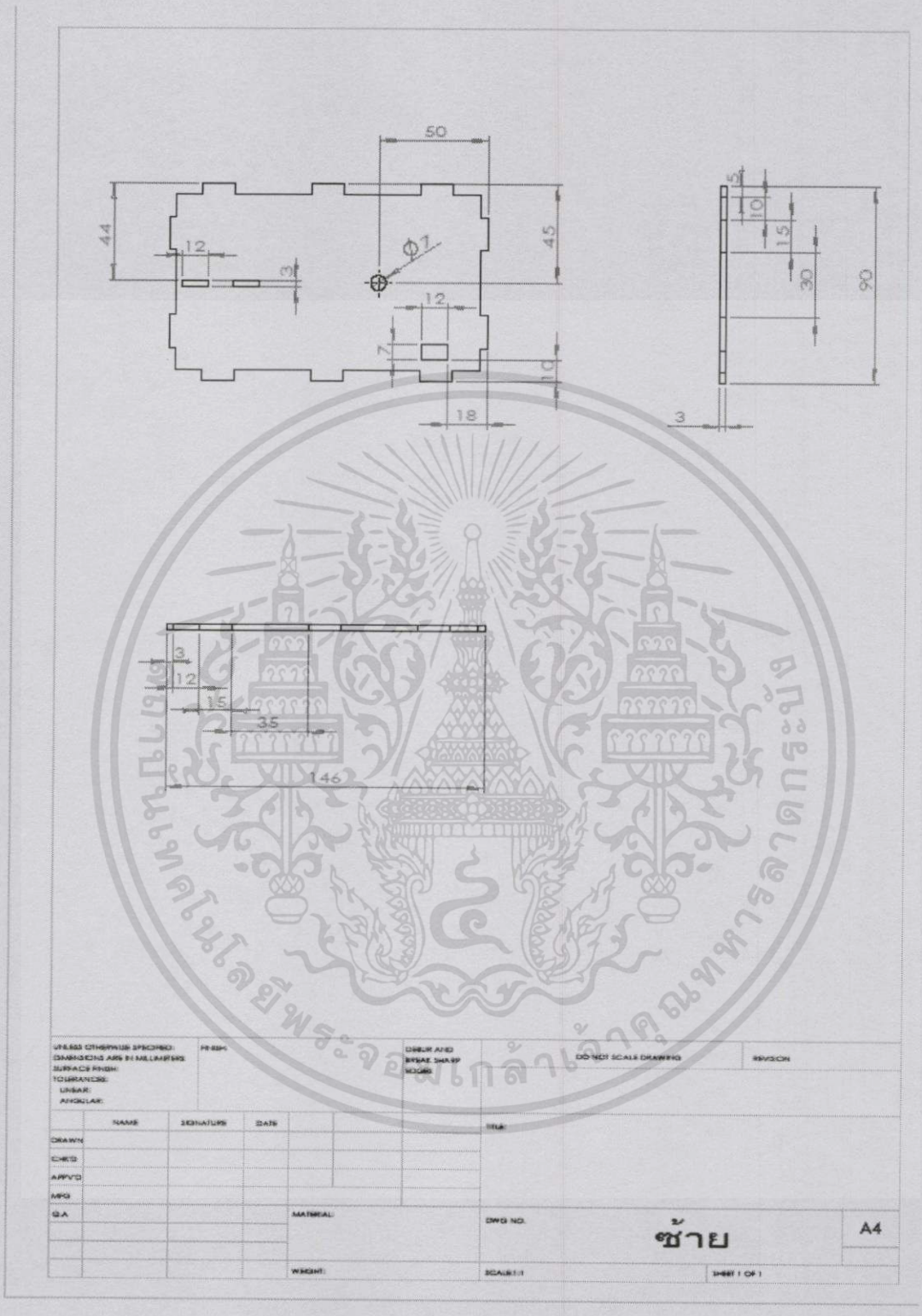
ค.1 ส่วนขยายสำหรับวางเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



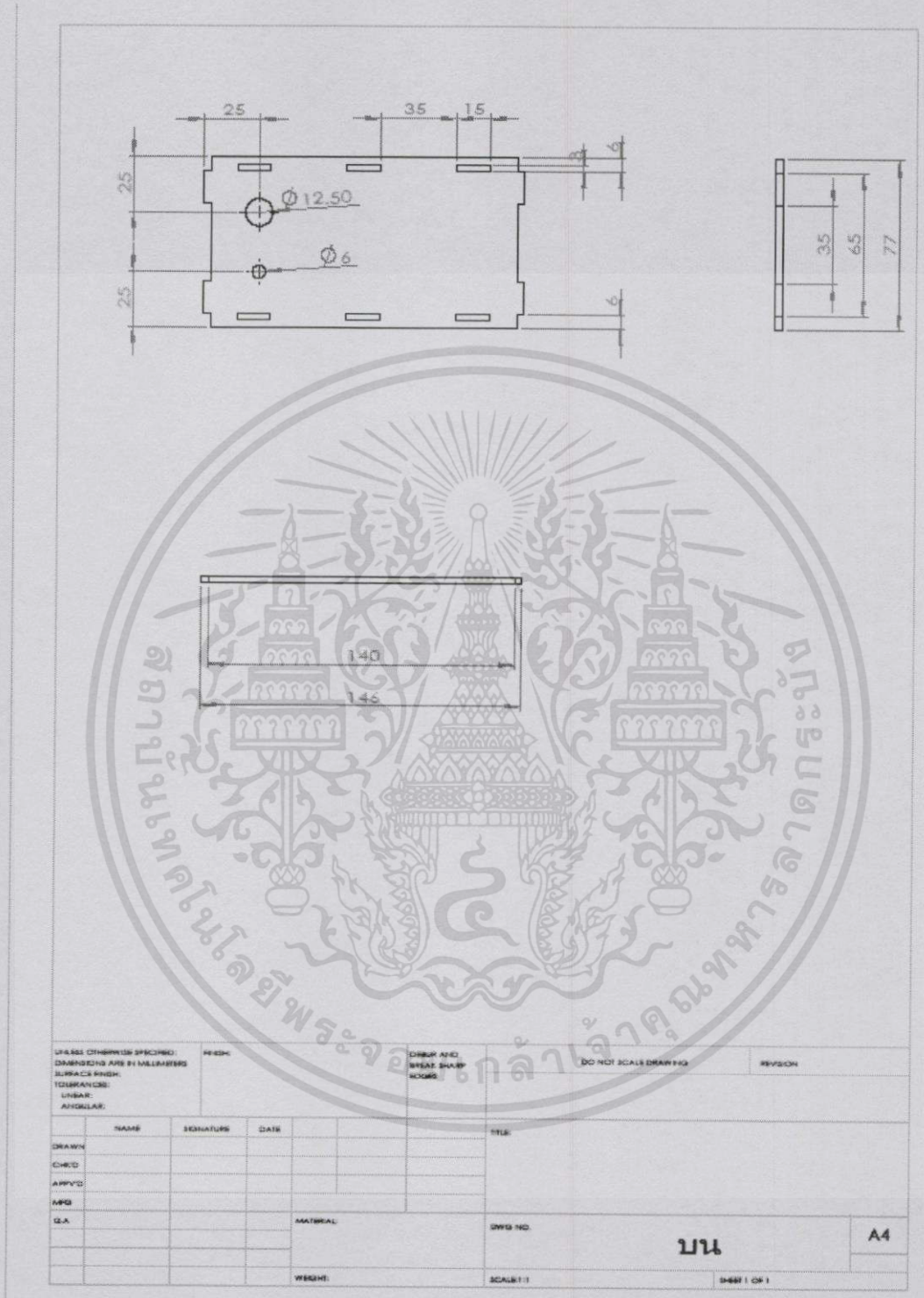
ค.2 ส่วนประกอบทางด้านขวาของลำตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



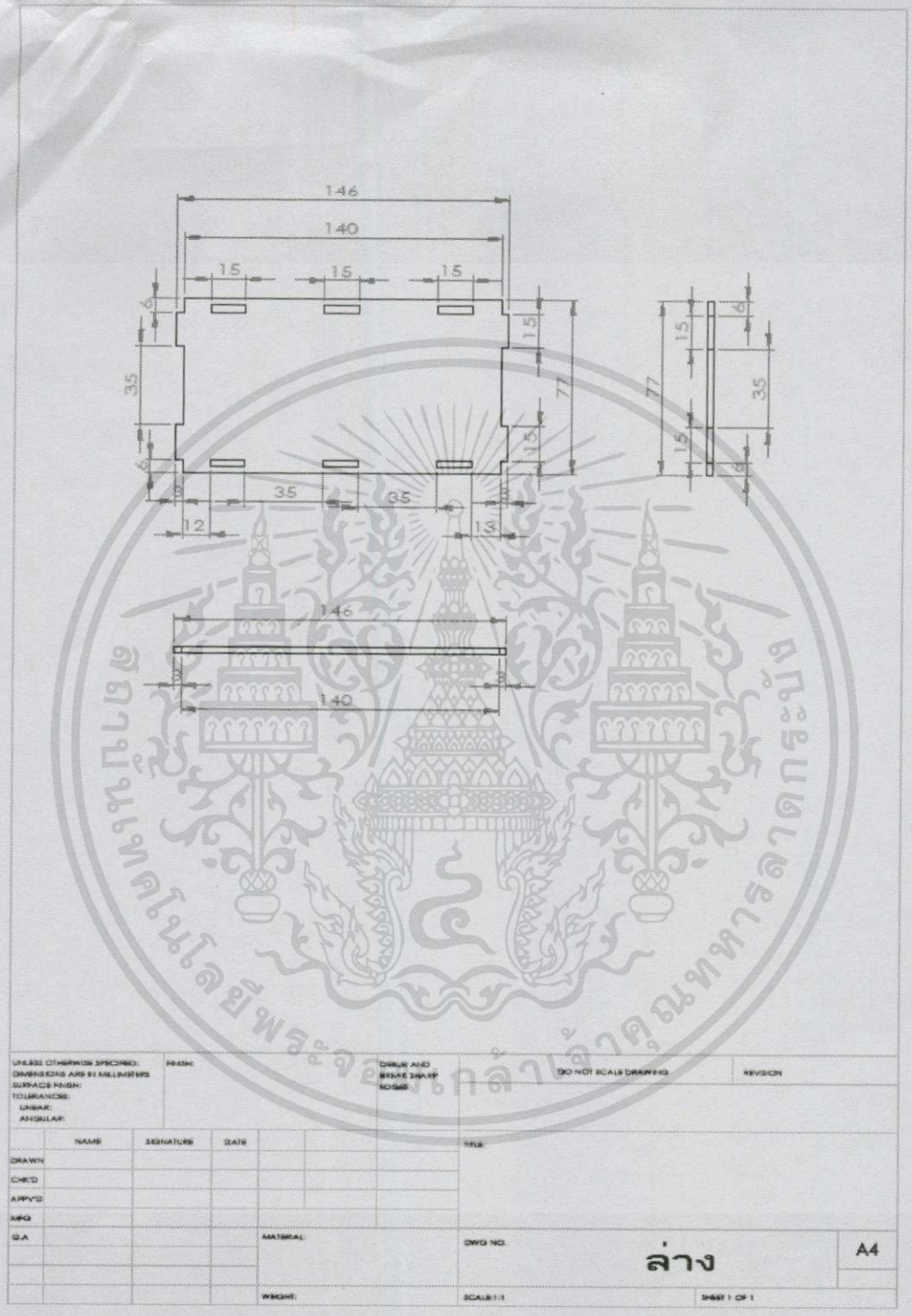
ค.3 ส่วนประกอบทางด้านซ้ายของลำตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



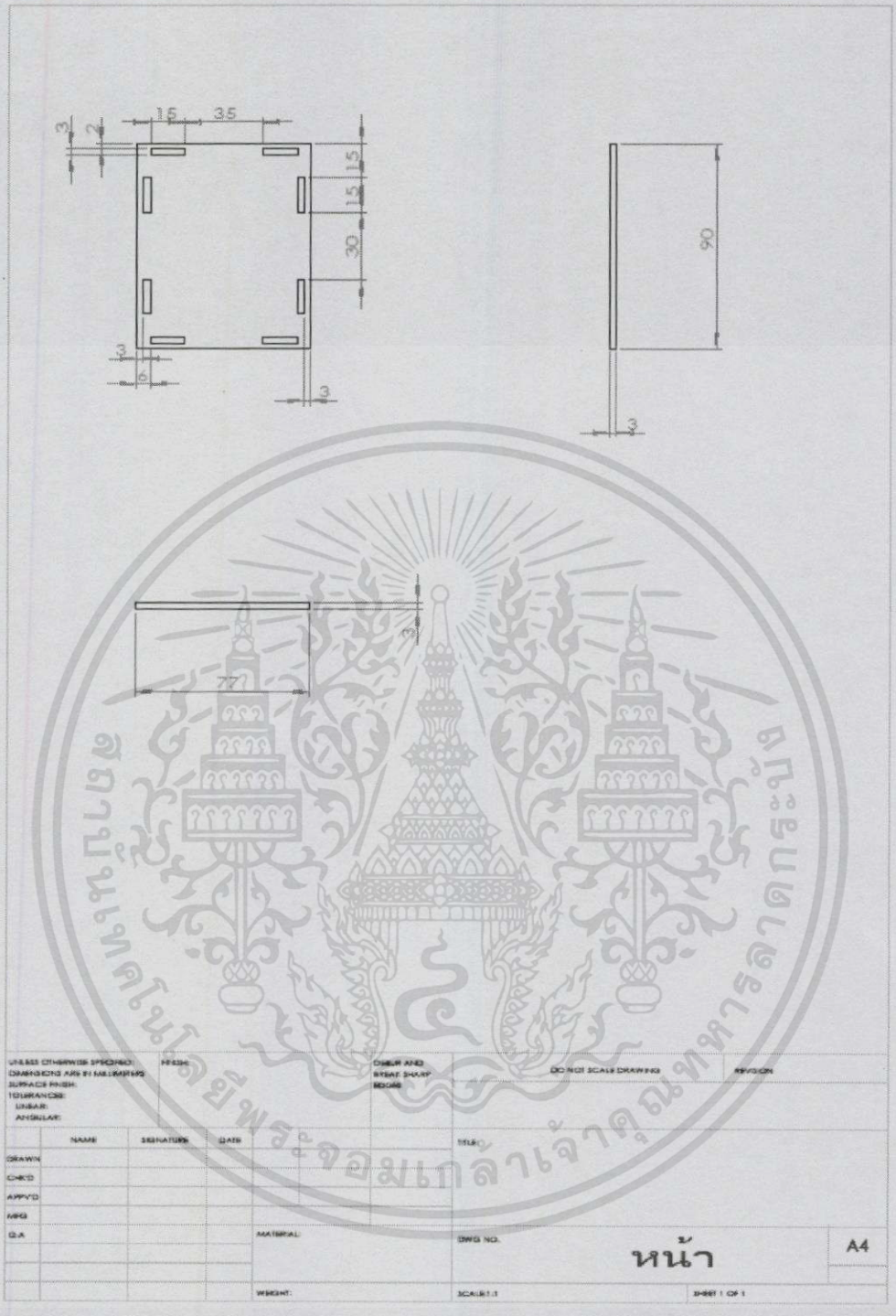
ค.4 ส่วนประกอบทางด้านบนของลำตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



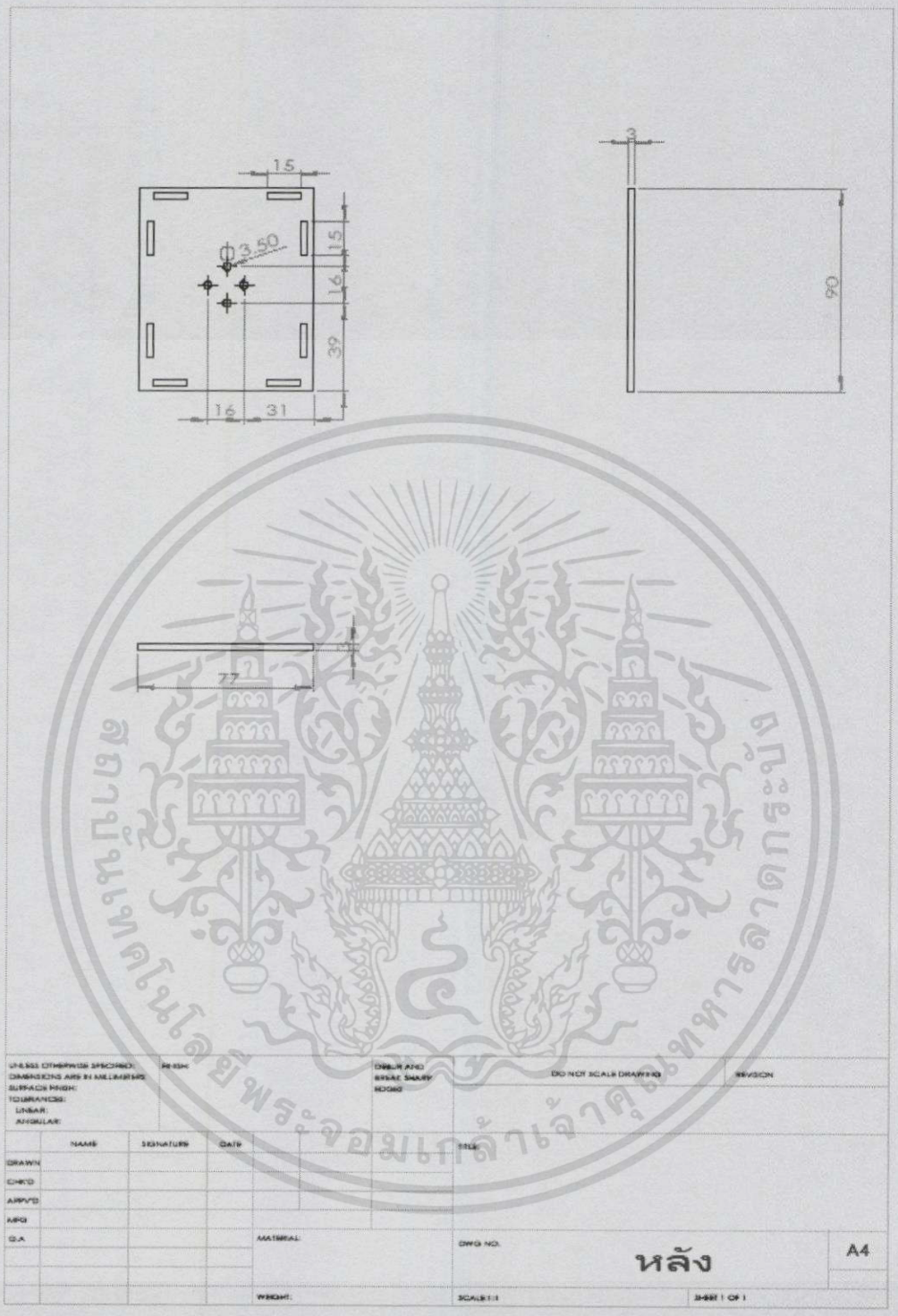
ค.5 ส่วนประกอบทางด้านล่างของลำตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค.6 ส่วนประกอบทางด้านหน้าของลำตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค.7 ส่วนประกอบทางด้านหลังของลำตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้