

การพัฒนาาระบบนำทางและระบุตำแหน่งอัตโนมัติสำหรับการใช้ในโดรน

Autonomous guidance and navigation development for aviation



ปฏิญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2563
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Autonomous guidance and navigation development for aviation



THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR
THE BACHELOR DEGREE IN MECHATRONICS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่เป็นประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

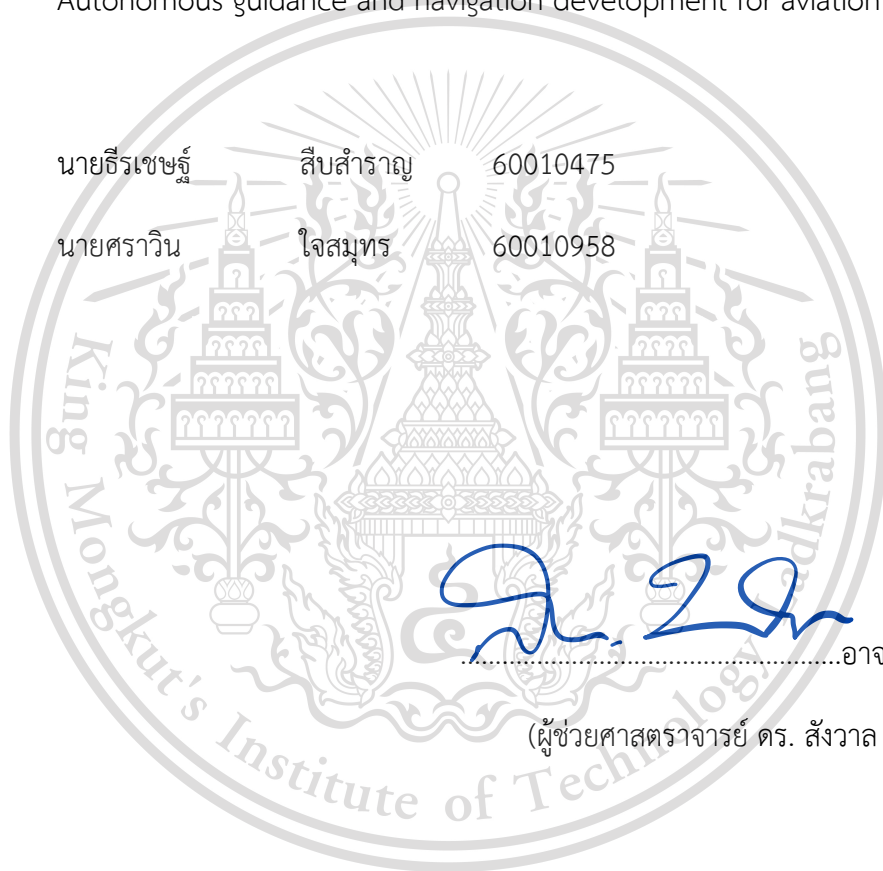
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาระบบนำทางและระบุตำแหน่งอัตโนมัติสำหรับการใช้ในโดรน

Autonomous guidance and navigation development for aviation

ผู้จัดทำ นายธีรเชษฐ์ สืบสำราญ 60010475

นายศราวิน ใจสมุทร 60010958



(Handwritten signature in blue ink)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สังวาล บกสุวรรณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การพัฒนาระบบนำทางและระบุตำแหน่งอัตโนมัติสำหรับการใช้ในโดรน

นาย อธิเชษฐ์ สืบสำราญ

นาย ศราวิน ใจสมุทร

ผศ.ดร.สังวาล บกสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ทำการนำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาและการออกแบบระบบการนำทางรวมทั้งการระบุตำแหน่งโดยอัตโนมัติสำหรับการประยุกต์ใช้ในโดรน เพื่อการประยุกต์ใช้ในระบบส่งเครื่องดื่มนั้น โดยที่การพัฒนานั้นจะมุ่งเน้นไปที่ระบบการลงจอดและการออกแบบโดรนให้เหมาะสมกับการทำงาน โดยอาศัยการวิเคราะห์ภาพเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการลงจอดของโดรน และทำการออกแบบโครงสร้างโดรนให้สามารถบรรจุอาหารและเครื่องดื่ม เพื่อสำหรับนำไปส่งยังจุดหมายได้ เพื่อช่วยแก้ปัญหาการขนส่งสินค้าอุปโภคบริโภคในปัจจุบันซึ่งอาศัยการจราจรทางถนนเป็นหลัก ทำให้ประสบกับปัญหาความล่าช้าเนื่องจากการติดขัดของการจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Autonomous guidance and navigation development for aviation

Mr.Theerachet Subsamran

Mr.Sarawin Jaisamut

Assistant.Prof.Dr. Sungwan Boksuwan Advisor

ABSTRACT

This project present about development and design of guidance and navigation system for drone applications in beverage transportation. The development focus on the landing system by applying image processing to find a path to land on the ground and drone design to be suitable to contain a beverage to deliver to the destination. To solve the problems about traffic in consumable goods nowadays which mainly relies on road that sometime facing with belatedness.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการได้รับความช่วยเหลือจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สังวาล บกสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์กับการทำโครงการมาโดยตลอด และได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขปริญญาานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ สหายร่วมสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ทุกคน ที่ร่วมฟันฝ่าอุปสรรคในการทำงาน และคอยให้กำลังใจกันและกันมาเสมอ ทั้งตลอดการศึกษาทั้ง 4 ปีการศึกษา และตลอดช่วงการทำโครงการนี้

ท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และครอบครัวซึ่งให้การสนับสนุนทางด้านทุนทรัพย์และกำลังใจ ในการทำโครงการนี้ให้สำเร็จไปด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

|||

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนด.....	2
1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงงาน.....	2
1.5 แผนการดำเนินโครงงาน	2
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การประมวลผลภาพ (Image Processing).....	4
2.1.1 OpenCV	5
2.1.2 ImageAI	6
2.1.3 YOLOv3	7
2.2 หลักการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้าง.....	7
2.2.1 หลักการวิเคราะห์ความเค้นของ Mohr.....	7
2.2.2 หลักการพิจารณาความเสียหายของวัสดุเพราะ Maximum Normal Stress.....	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

2.2.3 การพิจารณาอายุตุลัฎกปีน	13
บทที่ 3 การออกแบบการทลลล	15
3.1 การประมวผลภาพ (Image Processing)	15
3.2 การออกแบบตัวโตรนตามคุณสมบัตืที่ต้อการ	15
3.3 การเลือกอุปกรณ์เพื่อใช้ในการสร้างานจริง.....	16
บทที่ 4 การทลลลและผลการทลลล	17
4.1 การตรวจจับและแยกแยะประเภทของวัตถุ.....	17
4.1.1 OpenCV	17
4.1.2 ImageAI.....	18
4.1.3 YOLOv3.....	19
4.2 ผลงานการออกแบบสร้างาน.....	20
4.2.1 โครงตัวโตรน.....	20
4.2.2 กรอข้างและปีกของโตรน	21
4.2.3 กลไกสลักยืตลลลหืออาหาร.....	22
4.3 การวิเคราะห้ความแข่งแรงของสร้างาน.....	24
4.3.1 สร้างานและการอธิบายการรับภาระของสร้าส่วนองงานที่เลือก.....	24
4.3.2 การค่านวณวิเคราะห้หาความเหมาะสมของภาระ load ที่กระทำ.....	28
4.3.3 การวิเคราะห้หาค่า Moment Inertia รอบแกนสะเทิน(I_x) ,รอบแนวฉากที่ลากผ่านแกนจะเทิน (I_y) และรอบแนวที่พุ่งผ่านจุดสะเทิน (I_z, J).....	32
4.3.4 การวิเคราะห้หาความเค้นที่มากกระทำกับวัตถุ	36
4.3.5 ตรวจสอบการค่านวณตามทลลลลลด้วยโปรแกรม CAD/CAE (Freecad).....	39
4.3.6 การประเมินความเหมาะสมองการออกแบบ	40
4.4 การปรับแบบที่ออกแบบไว้ให้เป้นไปตามความต้อการ.....	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญตให้ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดข้ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกคร้้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

4.5 การคำนวณอายุตลับลูกปืนที่คาดว่าจะนำมาใช้งาน (เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm)	45
4.6 การเลือกอุปกรณ์เพื่อที่จะนำมาสร้างโดรนอัตโนมัติและการประเมินราคาอย่างคร่าว.....	48
4.6.1 Flight Controller	48
4.6.2 โมดูลคอมพิวเตอร์ประมวลผลภาพขนาดพกพา Nvidia Jetson Nano	49
4.6.3 รีโมทและอุปกรณ์รีซีฟเวอร์ fs-i6x.....	50
4.6.4 เสาร์ับส่งสัญญาณระหว่างโดรนกับคอมพิวเตอร์ภาคพื้นดิน Holybro 433MHz 500mW ...	51
4.6.5 โมดูล GPS ระบุตำแหน่งด้วยระบบดาวเทียมและระบุทิศทาง RadioLink se100	52
4.6.6 Electronics Speed Controller X-rotor ขนาด 40A	53
4.6.7 มอเตอร์ Brushless DC A2212 1000KV 4 อัน	54
4.6.8 Gimbal tarot 2 แกนหมุน รุ่น TL2D01	55
4.6.9 โมดูลแปลงไฟกระแสตรงแบบลดแรงดันสำหรับ Pixhawk.....	56
4.6.10 โมดูล Switching DC converter สำหรับ Nvidia Jetson Nano (UBEC).....	57
4.6.11 แบตเตอรี่ Li-po 3 cell 11.1 Volt ขนาด 6000mAh	58
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	59
5.1 สรุปผลการทดลอง	59
5.2 ปัญหาที่พบ	60
5.3 แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....	60
เอกสารอ้างอิง.....	61
ภาคผนวก.....	62
โปรแกรมการประมวลผลภาพ.....	63
ประวัติผู้เขียน.....	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า	
รูปที่ 2.1	หลักการเบื้องต้นของการประมวลผลภาพ	4
รูปที่ 2.2	สัญลักษณ์โลโก้ของ OpenCV	5
รูปที่ 2.3	สัญลักษณ์โลโก้ของ Image AI	6
รูปที่ 2.4	สัญลักษณ์โลโก้ของ TensorFlow	6
รูปที่ 2.5	สัญลักษณ์โลโก้ของ YOLO	7
รูปที่ 2.6	แผนภาพแสดงระนาบความเค้น	10
รูปที่ 2.7	แผนภาพแสดงระนาบความเค้นที่ตัดด้วยมุม θ	10
รูปที่ 2.8	องค์ประกอบของแรงที่กระทำกับตลับลูกปืน	13
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนการทำงานในการหาพื้นที่ลจอดของโครง	15
รูปที่ 4.1	ผลการทดลองการใช้ OpenCV ร่วมกับตัวตรวจจับวัตถุ	18
รูปที่ 4.2	ผลการทดลองการใช้ YOLOv3	19
รูปที่ 4.3	โครงตัวโครง	20
รูปที่ 4.4	กรอบข้างและปีกของโครง	21
รูปที่ 4.5	กลไกสลักยึดถุงหิ้วอาหาร	22
รูปที่ 4.6	ร่องสลัก	22
รูปที่ 4.7	ภาพรวมของการประกอบโครง	23
รูปที่ 4.8	ความยาวของชิ้นส่วนที่เลือก	25
รูปที่ 4.9	ช่องว่างที่จะทำการเนสายภายใน และช่องเดินสายเข้าไปภายในตัวโครง	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

รูปที่ 4.10	ชิ้นส่วนที่เลือกแบบมุมมองภาพ Isometric	26
รูปที่ 4.11	ภาพตัดขวางของก้านปีกที่แสดงถึงขนาดต่างๆของชิ้นส่วน (มิลลิเมตร)	26
รูปที่ 4.12	แรง G ที่กระทำกับตัวโรตอร์	27
รูปที่ 4.13	ตำแหน่งที่แรง 14.715 N กระทำกับชิ้นงาน	28
รูปที่ 4.14	ภาพหน้าตัดของชิ้นส่วนที่ติดอยู่กับตัวโรตอร์	28
รูปที่ 4.15	ภาพหน้าตัดขวางของก้านปีกที่ติดอยู่กับบริเวณตัวโรตอร์ แบ่งย่อยเป็น 6 ส่วน	29
รูปที่ 4.16	ขนาดของชิ้นส่วนย่อยต่างๆ และระยะห่างจุด centroid ของแต่ละรูย่อยกับจุด (0,0) ของพิกัด XY	30
รูปที่ 4.17	ตำแหน่งจุด Centroid, แกนสะเทินแนว x รวมถึงระยะของ Centroid รูย่อยถึงแกนสะเทินแนว x	32
รูปที่ 4.18	ตำแหน่งจุด Centroid, แกนสะเทินแนว y รวมถึงระยะของ Centroid รูย่อยถึงแกนสะเทินแนว y	33
รูปที่ 4.19	สมมูลแรง โมเมนต์บิด และโมเมนต์ดัดที่มากกระทำกับหน้าตัดตรงปลายที่ติดกับตัวโรตอร์ (ผิวนอก {สีน้ำเงิน})	36
รูปที่ 4.20	จุดที่เลือกเพื่อวิเคราะห์ความเค้น รวมถึงความยาวรัศมีที่ลาตจากจุด Centroid ไปยังจุดนั้น	36
รูปที่ 4.21	ระยะจากแนวสะเทิน x และรัศมีจากจุด Centroid ไปยังจุดที่จะวิเคราะห์ 1,3	37
รูปที่ 4.22	ความเค้นอัดที่มากที่สุดที่กระทำกับชิ้นงาน	39
รูปที่ 4.23	แผนภูมิแท่งแสดงถึง yield strength ทั้งแบบ compressive และ tensile ของ PLA	40
รูปที่ 4.24	Catalog ของ Bearing SKF ที่จะนำมาเปรียบเทียบกับวิเคราะห์อายุ Bearing ที่คาดว่าจะนำมาใช้งาน	45
รูปที่ 4.25	โครงสร้างภายนอกโดยรวมของมอเตอร์ที่คาดว่าจะนำมาใช้งาน	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4.25 โครงสร้างภายนอกโดยรวมของมอเตอร์ที่คาดว่าจะนำมาใช้งาน 46
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.26	โครงสร้างภายในของมอเตอร์ที่คาดว่าจะนำมาใช้งาน	46
รูปที่ 4.27	โครงสร้างบริเวณตลับลูกปืนที่ทำหน้าที่รับแรงของมอเตอร์ที่คาดว่าจะนำมาใช้งาน	47
รูปที่ 4.28	Pixhawk 2.4.8 Flight Controller	48
รูปที่ 4.29	Nvidia Jetson Nano	49
รูปที่ 4.30	รีโมทและรีซีฟเวอร์สำหรับการควบคุมแบบ Manual	50
รูปที่ 4.31	Telemetry รับส่งสัญญาณกับคอมพิวเตอร์ภาคพื้นดิน	51
รูปที่ 4.32	โมดูล GPS RadioLink se100	52
รูปที่ 4.33	ESC X-rotor ขนาด 40A	53
รูปที่ 4.34	มอเตอร์ Brushless DC A2212 1000KV	54
รูปที่ 4.35	Gimbal tarot 2 แกนหมุน รุ่น TL2D01	55
รูปที่ 4.36	โมดูลแปลงไฟกระแสตรงแบบลดแรงดันสำหรับ Pixhawk	56
รูปที่ 4.37	โมดูลแปลงไฟกระแสตรงแบบลดแรงดันสำหรับ Nvidia Jetson Nano	57
รูปที่ 4.38	แบตเตอรี่ Li-po 3 cell 11.1 Volt ขนาด 6000mAh	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ไม่สามารถปฏิเสธได้ว่าระบบการขนส่งสินค้าเพื่อการบริโภคอันได้แก่ อาหาร และเครื่องดื่มนั้นได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากกับสังคม ซึ่งบริการเหล่านี้ก็มีให้เลือกสรรมากมายหลายผู้ให้บริการ โดยแต่ละบริการนั้นได้มุ่งเน้นความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้งาน โดยที่ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องเดินทางไปซื้ออาหารและเครื่องดื่มด้วยตนเอง โดยที่ผู้ใช้งานสามารถสั่งซื้อสินค้าผ่านทางช่องทางให้บริการ จากนั้นจะมีตัวแทนไปทำการซื้อสินค้าที่ต้องการให้ และนำมาส่งให้กับผู้ใช้งานด้วยยานพาหนะประเภทต่างๆที่สัญจรทางบก ซึ่งในบางครั้งก็สามารถเกิดปัญหาในการจัดส่งได้ เช่น ความล่าช้าเนื่องจากการติดขัดของการจราจร หรือความซับซ้อนของเส้นทางจัดส่ง เป็นต้น

ปัญหานี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาแนวทางในการแก้ปัญหา ดังกล่าวในย่อหน้าที่ผ่านมา โดยการศึกษาและพัฒนาระบบการจัดส่งสินค้าผ่านทางโดรน ซึ่งจะทำให้สามารถแก้ไขปัญหของการขนส่งทางบกที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยได้มีการประยุกต์ใช้ระบบนำทางด้วย GPS ในการนำทางและระบุตำแหน่ง ใช้การประมวลผลภาพหรือ Image processing ช่วยในการกำหนดจุดจอด และทำการออกแบบโดรนให้เหมาะสมกับการขนส่งอาหารและเครื่องดื่ม เพื่อแก้ไขปัญหาค่าใช้จ่ายของการจัดส่ง และเพิ่มความสะดวกสบายให้กับสังคมได้เพิ่มขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาเทคโนโลยี Image Processing
2. เพื่อออกแบบโครงสร้างของโดรนที่เหมาะสมกับการขนส่งอาหารและเครื่องดื่ม
3. เพื่อศึกษาองค์ประกอบการสร้างโดรนอัตโนมัติ
4. เพื่อสร้างโดรนตัวต้นแบบที่จะใช้ขนส่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนด

1. สามารถใช้ Image Processing ในการตรวจจับสิ่งของต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการลงจอดของตัวโดรนได้
2. ออกแบบตัวโดรนที่มีกลไกที่สามารถบรรทุกสัมภาระที่เป็นเครื่องดีอย่างเหมาะสมเพื่อการจัดส่งสัมภาระไปยังเป้าหมายที่กำหนดอย่างสมบูรณ์ ไม่ได้รับความเสียหาย
3. สามารถออกแบบโดรนที่สามารถขึ้นบินทำการขน-ส่งสัมภาระ ไป-กลับในระยะทำการประมาณ 1-2 กิโลเมตรได้อย่างอัตโนมัติ โดยสัมภาระมีน้ำหนักประมาณ 700 กรัม

1.4 วิธีการที่ใช้ในโครงการงาน

1. การประมวลผลภาพ (Image Processing) ด้วยเครื่องมือ Image AI, TensorFlow และ YOLOv3
2. การวิเคราะห์และออกแบบชิ้นส่วนตามหลักการออกแบบเครื่องจักรกล ทั้งตามทฤษฎีและการใช้โปรแกรม CAD/CAE ช่วยในการออกแบบ
3. การเลือกอุปกรณ์สำหรับการสร้างตัวโดรนและการประเมินราคาอุปกรณ์เทียบกับท้องตลาด

1.5 แผนการดำเนินโครงการงาน

1. แบ่งงานวิจัยออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือการประมวลผลภาพและการสร้างโดรน
2. ทำการศึกษาการวิเคราะห์ภาพด้วยเครื่องมือต่างๆ และทำงานเขียนโปรแกรมให้เหมาะสม
3. การแยกวัตถุของตัวโดรน
4. ทำการออกแบบตัวโดรนให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการด้วยโปรแกรม CAD
5. วิเคราะห์และปรับปรุงการออกแบบด้วยโปรแกรม CAE
6. ทำการเลือกชิ้นส่วนอุปกรณ์ในการสร้างโดรนแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. สามารถนำความรู้เรื่อง Image Processing ไปต่อยอดประยุกต์ใช้กับงานประเภทอื่นๆได้
ในอนาคต
2. สามารถพัฒนาทักษะทางการออกแบบชิ้นงาน เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง
3. สามารถออกแบบระบบ Embedded System เพื่อใช้กับระบบได้อย่างเหมาะสม
4. สามารถพัฒนาระบบโทรนหรือเครื่องจักรหุ่นยนต์อัตโนมัติ สำหรับการใช้งานเฉพาะได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

การประมวลผลภาพ หมายถึงกระบวนการในการจัดการและวิเคราะห์ผลสัญญาณบนสัญญาณ 2 มิติ เช่น ภาพนิ่ง (ภาพถ่าย) หรือภาพวีดิทัศน์ (วิดีโอ) เป็นต้น ให้เป็นข้อมูลในแบบดิจิทัล โดยข้อมูลที่ได้ ออกมานั้นสามารถเป็นภาพ หรือข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับภาพอย่างใดก็ได้



รูปที่ 2.1 หลักการเบื้องต้นของการประมวลผลภาพ

ในช่วงเริ่มแรกนั้น การประมวลผลภาพจะมีวิธีการประมวลผลจากสัญญาณแอนะล็อก (analog) แต่เนื่องจากการพัฒนาของเทคโนโลยีในปัจจุบัน การประมวลผลภาพดิจิทัล (digital image processing) จึงได้รับความนิยมมากกว่า เพราะการประมวลผลที่ได้ซับซ้อนขึ้น แม่นยำ และง่ายในการลงมือศึกษา และปฏิบัติ

ขั้นตอนต่างๆที่สำคัญสำหรับการประมวลผลภาพนั้น คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดเพิ่มมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุ ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพ จากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ เช่น ระบบจดจำลายนิ้วมือเพื่อตรวจสอบว่าลายนิ้วมือที่มีอยู่นั้นเป็นของผู้ใด ระบบตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ระบบคัดแยกเกรดหรือคุณภาพของพืชผลทางการเกษตร ระบบอ่านรหัสไปรษณีย์อัตโนมัติ เพื่อคัดแยกปลายทางของจดหมายที่มีจำนวนมากในแต่ละวัน โดยใช้ภาพถ่ายของรหัสไปรษณีย์ที่อยู่บนซอง ระบบเก็บข้อมูลรถที่เข้าและออกอาคารโดยใช้ภาพถ่ายของป้ายทะเบียนรถเพื่อประโยชน์ในด้านความปลอดภัย ระบบดูแลและตรวจสอบสภาพการจราจรบนท้องถนนโดยการนับจำนวนรถบนท้องถนนในภาพถ่ายด้วยกล้องวงจรปิดในแต่ละช่วงเวลา ระบบจดจำใบหน้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เพื่อเฝ้าระวังผู้ก่อการร้ายในอาคารสถานที่สำคัญ ๆ หรือในเขตคนเข้าเมือง เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการประมวลผลภาพจำเป็นกับการใช้ในระบบต่างๆเป็นอย่างมาก ที่มีลักษณะเป็นกระบวนการที่มีการทำซ้ำกันในรูปแบบเดิมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งหากให้มนุษย์วิเคราะห์เอง มักต้องใช้เวลาและใช้แรงงานสูง และอาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เหล่านี้แทนมนุษย์ อีกทั้งคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการคำนวณและประมวลผลข้อมูลจำนวนมากในเวลาอันสั้น จึงมีประโยชน์อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลภาพและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากภาพในระบบต่าง ๆ

2.1.1 OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision) เป็นไลบรารีฟังก์ชันการเขียนโปรแกรม โดยที่ไลบรารีจะมุ่งเน้นไปที่การแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ และได้ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์ในการประยุกต์ใช้กับการประมวลผลรูปภาพ ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Intel และจากนั้น ก็มีการพัฒนาจากบริษัทอื่นๆเรื่อยมา รองรับการใช้งานบนระบบปฏิบัติการที่เป็น Linux และ Microsoft Windows สามารถพัฒนาบนโปรแกรมภาษา C++, C# และ Python ได้

ตัวไลบรารีของ OpenCV นั้นมีความสามารถหลักคือสามารถช่วยจัดการวิดีโอหรือรูปภาพ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับรูปภาพ เช่น การทำให้ภาพหรือวิดีโอคมชัดขึ้น การทำให้เบลอ การลดสัญญาณรบกวน เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพที่สามารถทำให้คอมพิวเตอร์สามารถแบ่งแยกวัตถุต่างๆออกมาได้ เช่น สุนัข แมว รถยนต์หรือคน เป็นต้น รวมไปถึงการนำไปใช้ในงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น การจดจำใบหน้าของผู้คน การจดจำและคัดแยกรายละเอียดของสิ่งต่างๆ เป็นต้น



รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์โลโก้ของ OpenCV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

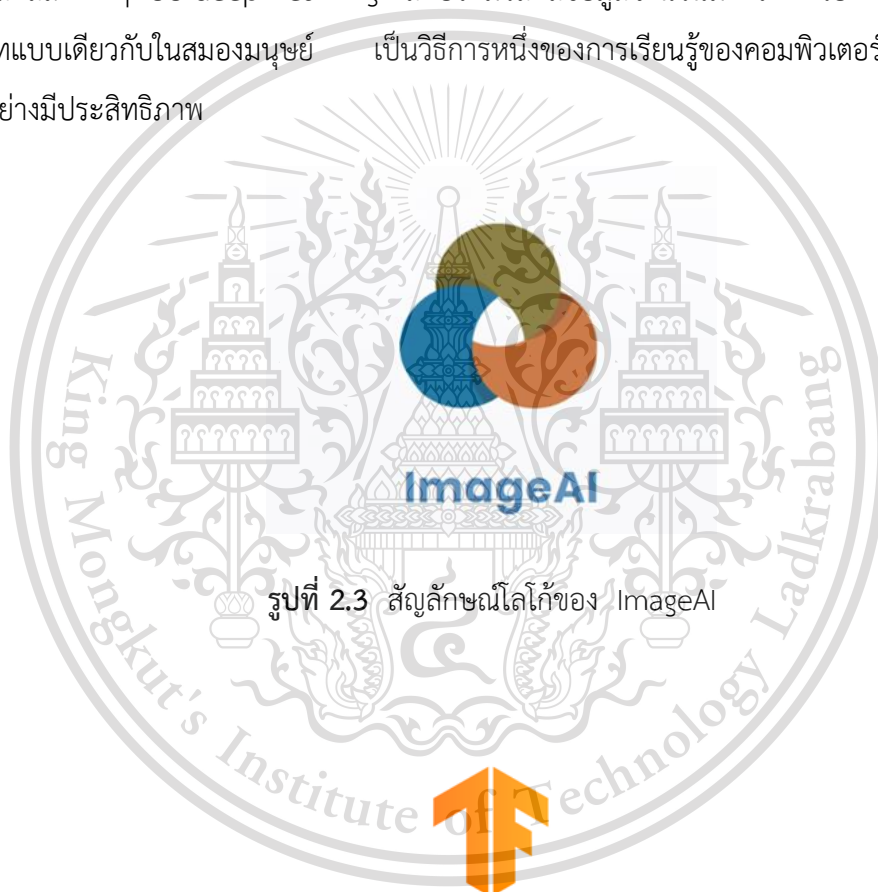
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.2 ImageAI

ImageAI เป็นไลบรารีที่มีการนำเอา TensorFlow ซึ่งก็เป็นไลบรารีสำหรับ deep learning มาใช้งาน ซึ่งไลบรารีนี้สามารถที่จะจับภาพวัตถุต่างๆในภาพ แล้วสามารถระบุประเภทของวัตถุต่างๆที่อยู่ในภาพได้อย่างแม่นยำ ในอัตราความถูกต้องเฉลี่ยที่ 60% ขึ้นไป

ไลบรารี TensorFlow ที่เป็นไลบรารีย่อยที่ ImageAI นำมาประยุกต์ใช้งานนั้น เป็นไลบรารีที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดย Google มีความสามารถในการทำงานแบบ deep learning ซึ่งสามารถทำงานประมวลผลสิ่งต่างๆแบบ deep learning และประมวลผลข้อมูลจำนวนมากได้ ด้วยการจำลองเครือข่ายประสาทแบบเดียวกับในสมองมนุษย์ เป็นวิธีการหนึ่งของการเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์ที่เรียนรู้การแทนข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.3 สัญลักษณ์โลโก้ของ ImageAI

TensorFlow

รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์โลโก้ของ TensorFlow

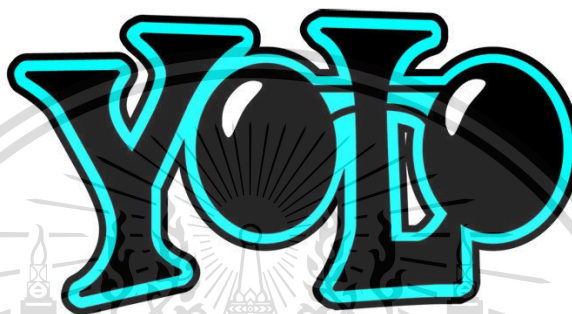
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.1.3 YOLOv3

YOLO (You Only Look Once) เป็นเทคโนโลยีล้ำสมัย ซึ่งเป็นระบบตรวจจับวัตถุแบบ Real time ซึ่งมีเวอร์ชันต่างๆที่ทางผู้พัฒนาได้พัฒนาออกมาให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมของการใช้งาน ซึ่งในแต่ละเวอร์ชันก็จะมี ความต่างของประสิทธิภาพที่ต่างกัน และได้รับการพัฒนาดีขึ้นเรื่อยๆซึ่งใน YOLOv3 ที่ถูกพัฒนาด้วย TensorFlow นั้นผู้ใช้งานสามารถเทรนชุดข้อมูลเพื่อสร้างโมเดลของตนเองออกมาได้



รูปที่ 2.5 สัญลักษณ์โลโก้ของ YOLO

2.2 หลักการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้าง

ในการออกแบบชิ้นงานนั้นนอกจากจะคำนึงถึงรูปทรงหรือรูปร่างที่ผู้ออกแบบเพื่อให้ชิ้นงานทำงานได้ตามความต้องการแล้ว ผู้ออกแบบยังต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของโครงสร้างนั้นเพื่อให้มีความแข็งแรงพอที่จะรองรับแรงที่มากระทำกับวัตถุได้

2.2.1 หลักการวิเคราะห์ความเค้นของ Mohr

ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างของวัตถุนั้น สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคือองค์ประกอบของแรงที่มาดกกระทบบนวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์นั้น จากนั้นทำการวิเคราะห์สืบเนื่องต่อไปว่าแรงที่มากระทบนั้นทำให้เกิดความเค้นชนิดใดขึ้นกับวัตถุ และความเค้นนั้นมีขนาดเท่าไรตลอดระยะหน้าตัดของวัตถุที่มีแรงมากระทำ ตรงจุดไหนที่ควรจะเกิดความเค้นขึ้นมากที่สุดให้วิเคราะห์ถึงองค์ประกอบของความเค้นแต่ละแบบที่จุดๆนั้น โดยความเค้นที่เกิดขึ้นนั้นมีความเค้นอยู่ทั้งหมด 2 ประเภท ได้แก่

2.2.1.1 ความเค้นตั้งฉาก คือ ขนาดของแรงต่อพื้นที่หน้าตัดที่มีทิศตั้งฉากกับหน้าตัดของ

เอกสารนี้เป็น วัตถุ ไม่ว่าจะเป็ความเค้นอัดที่มีค่าเป็นลบ หรือความเค้นดึงที่มีค่าเป็นบวก มีหน่วยเป็น N/m^2 ขึ้นด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.1.2 ความเค้นเฉือน คือ ขนาดของแรงต่อพื้นที่หน้าตัดที่มีทิศขนานกับหน้าตัดของวัตถุ มีหน่วยเป็น N/m^2

สิ่งที่ทำให้เกิดความเค้นในแบบต่างๆที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นนั้นสามารถเกิดจากแรงที่มาตั้งฉากโดยตรงซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ง่าย แต่แรงบางแรงทำให้เกิดโมเมนต์ดัด หรือโมเมนต์บิด และแรงเฉือนที่มีความยุ่งยากในการวิเคราะห์เพิ่มขึ้นโดย

โมเมนต์ดัดทำให้เกิดความเค้นตั้งฉากที่มีค่าเท่ากับ

$$\sigma = \frac{M \times c}{I} \quad (2.1)$$

โดย σ คือความเค้นตั้งฉากที่กระทำณจุดต่างๆของพื้นที่หน้าตัด มีหน่วยเท่ากับ N/m^2

M คือโมเมนต์ดัดที่เกิดกับพื้นที่หน้าตัดนั้นๆ มีหน่วยเท่ากับ N/m

c คือระยะจากแนวสะเทินของพื้นที่หน้าตัดไปยังจุดที่ต้องการวิเคราะห์ความเค้นตั้งฉาก ในทิศตั้งฉาก

I คือโมเมนต์ความเฉื่อยเชิงพื้นที่ของพื้นที่หน้าตัดนั้นๆ รอบแกนสะเทินแนวขนานกับพื้นที่หน้าตัดและตั้งฉากกับแรงทำให้เกิดโมเมนต์ดัด มีหน่วยเท่ากับ m^4

ค่าของ I ของพื้นที่หน้าตัดนั้นๆ คือ $\int y^2 dA$ โดย y คือ ระยะจากแนวสะเทิน x

โมเมนต์เฉือนทำให้เกิดความเค้นเฉือนที่มีค่าเท่ากับ

$$\tau = \frac{T \times r}{J} \quad (2.2)$$

โดย τ คือความเฉือนที่กระทำณจุดต่างๆของพื้นที่หน้าตัด มีหน่วยเท่ากับ N/m^2

T คือโมเมนต์บิดที่เกิดกับพื้นที่หน้าตัดนั้นๆ มีหน่วยเท่ากับ N/m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

r คือระยะจุดเซนทรอยด์ของพื้นที่หน้าตัดไปยังจุดที่เกิดความเค้นขึ้น มีหน่วยเท่ากับ m

J คือโมเมนต์ความเฉื่อยเชิงพื้นที่ของพื้นที่หน้าตัดนั้นๆ รอบแกนสะเทินแนวตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดและขนานกับแนวแรงที่ทำให้เกิดโมเมนต์บิด โดยแกนนี้ผ่านจุดเซนทรอยด์ มีหน่วยเท่ากับ m^4

ค่าของ J ของพื้นที่หน้าตัดนั้นๆ คือ $\int r^2 dA$ โดย r คือ ระยะจุดเซนทรอยด์ไปยังพื้นที่ dA นั้นๆ ตามแนวรัศมี

แรงเฉือนที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัดหนึ่งๆนั้น ไม่เหมือนกับแรงตั้งฉากที่กระทำต่อพื้นที่ตรงที่แรงเฉือนนั้นไม่ได้กระทำโดยมีขนาดเท่ากันตลอดพื้นที่หน้าตัด แรงเฉือนจะมากที่สุดบริเวณตรงกลางของพื้นที่หน้าตัด ทำให้การหาแรงเฉือนที่กระทำที่ ณ จุดต่างของพื้นที่หน้าตัดนั้น หาได้จาก

แรงเฉือนทำให้เกิดความเค้นเฉือนที่มีค่าเท่ากับ

$$\tau = \frac{V \times Q}{I \times b} \quad (2.3)$$

โดย τ คือความเค้นเฉือนที่กระทำณจุดต่างๆของพื้นที่หน้าตัด มีหน่วยเท่ากับ N/m^2

V คือแรงที่ตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดต่อพื้นที่หน้าตัด มีหน่วยเท่ากับ N/m

Q คือผลคูณของพื้นที่เหนือจุดทำการวิเคราะห์ความเค้นคูณกับระยะจากแกนสะเทินถึงจุดเซนทรอยด์ของพื้นที่เหนือจุดที่ทำการวิเคราะห์นั้น มีหน่วยเท่ากับ m^3

I คือโมเมนต์ความเฉื่อยเชิงพื้นที่ของพื้นที่หน้าตัดนั้นๆ รอบแกนสะเทินแนวขนานกับพื้นที่หน้าตัดและตั้งฉากกับแรงทำให้เกิดโมเมนต์ดัด มีหน่วยเท่ากับ m^4

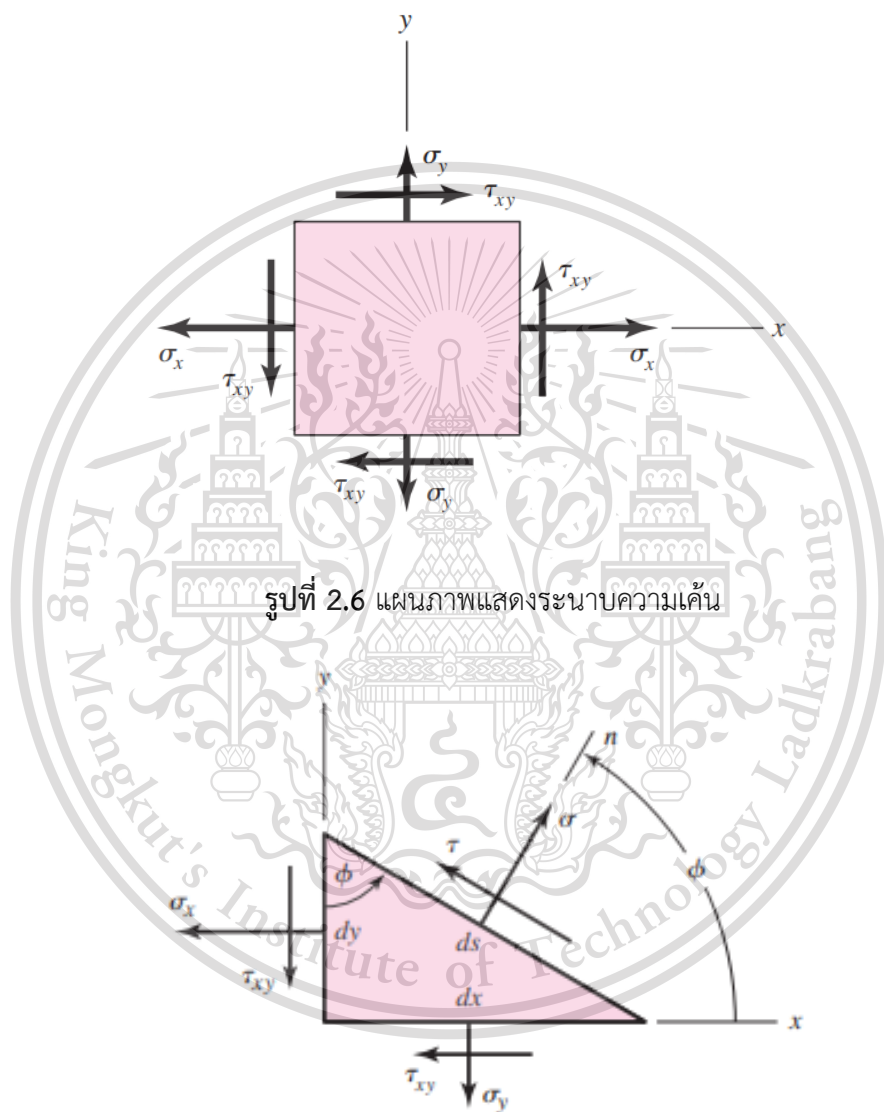
b คือความกว้างตามแนวแกนสะเทินของจุดที่ทำการวิเคราะห์ความเค้น มีหน่วยเท่ากับ m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หลังจากที่เราได้ทำความรู้จักกับการหาความเค้นในแต่ละแบบไปแล้ว เราจะนำความเค้นที่ได้ไปวิเคราะห์หาความเค้นตั้งฉากและความเค้นเฉือนสูงสุดที่เกิดกับวัตถุที่ทำการวิเคราะห์ ซึ่งได้จากการเขียนแผนภาพความเค้นตั้งฉากและความเค้นเฉือน แล้วทำการวิเคราะห์หุ้มระหว่างความเค้นทั้งคู่ หามุมที่ทำให้เกิดความเค้นสูงสุดกับวัตถุ



รูปที่ 2.6 แผนภาพแสดงระนาบความเค้น

รูปที่ 2.7 แผนภาพแสดงระนาบความเค้นที่ตัดด้วยมุม ϕ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$\sigma = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\phi + \tau_{xy} \sin 2\phi \quad (2.4)$$

$$\tau = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\phi + \tau_{xy} \cos 2\phi \quad (2.5)$$

สมการข้างบนแสดงให้เห็นถึง ความเค้นตึงฉากและความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นเมื่อมี ความเค้นตึงฉากและความเค้นเฉือนในแนว x และ y มากกระทำ ณ มุม ϕ ต่างๆ หากเราทำการหาอนุพันธ์ของสมการทั้งสอง เทียบ ϕ และให้ค่าเท่ากับ 0 เพื่อหาค่าสูงสุดของ σ และ τ จะได้ว่า ค่า ϕ ที่ทำให้เกิดความเค้นตึงฉากและความเค้นเฉือนสูงสุดตามลำดับนั้นคือ

$$\tan 2\phi_p = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} \quad (2.6)$$

$$\tan 2\phi_s = -\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2\tau_{xy}} \quad (2.7)$$

หากนำสมการทั้งสองไปแทนในสมการที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับจะได้ว่าความเค้นตึงฉากสูงสุดและความเค้นเฉือนสูงสุดที่เกิดขึ้น จะเท่ากับ

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (2.8)$$

$$\tau_1, \tau_2 = \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (2.9)$$

ค่าบวกและค่าลบที่อยู่ในสมการนั้นทำให้ความเค้นสูงสุดนั้นจะเลือกเฉพาะค่าที่ บวกมากที่สุด
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
หรือลบมากที่สุด เป็นหมายเลข 1 แล้วให้อีกค่าเป็นค่าที่น้อยรองลงมาเป็นหมายเลข 2
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เมื่อเราได้ทราบความเค้นจากทฤษฎีดังกล่าวแล้วเราก็สามารถนำค่าดังกล่าวไปพิจารณาต่อไป หลักทฤษฎีความเสียหายที่เกิดขึ้น แต่เนื่องจากวัสดุที่ผู้ทำเลือกใช้ในการทำโครงการนั้นเป็นพลาสติก PLA ดังนั้นผู้จัดทำจึงได้เลือกทฤษฎีที่จะนำมาวิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้น คือทฤษฎี Maximum Normal Stress (MNS) เพื่อให้ง่ายและเป็นการลดความซับซ้อนของการวิเคราะห์คำนวณ

2.2.2 หลักการพิจารณาความเสียหายของวัสดุประเภท Maximum Normal Stress

ในการพิจารณาความเสียหายของวัสดุประเภทนั้นเราจะพิจารณาจากความเค้นตึงฉากสูงสุดที่วัสดุ นั้นๆสามารถรับได้ สาเหตุที่ต้องพิจารณาจากความเค้นตึงฉากนั้นเป็นเพราะว่าวัสดุประเภทนี้เมื่อเสียหาย จะเสียหายในแนวตึงฉากกับแรงที่มากระทำ แตกต่างจากวัสดุเหนียวที่พิจารณาจากความเค้นเฉือน ประกอบด้วยเนื่องจากเมื่อเสียหายวัสดุจะมีการสไลด์ตัวของเนื้อวัสดุเฉียงออกจากกัน ดังนั้นหากเราจะ พิจารณาว่าวัสดุประเภทนั้นเสียหายหากมีภาระมากระทำหรือไม่นั้น ต้องพิจารณาจาก

$$\sigma_1 \geq S_{ut} \quad (2.10)$$

หรือ

$$\sigma_3 \leq -S_{uc} \quad (2.11)$$

โดย σ_1, σ_3 คือความเค้นตึงฉากที่มีค่าสูงสุดและน้อยที่สุดตามลำดับ ซึ่งค่า

S_{ut} นั้นคือค่า Ultimate tensile strengths (ค่าความเค้นครากดึงสูงสุดที่วัสดุสามารถรับได้)

S_{uc} นั้นคือค่า Ultimate compressive strengths (ค่าความเค้นครากอัดสูงสุดที่วัสดุสามารถรับได้)

หากคำนึงถึงค่า Safety factor (n) ในการออกแบบ เราจำเป็นต้องตั้งสมการเป็น

$$n = -\frac{S_{uc}}{\sigma_3} \quad \text{หรือ} \quad n = \frac{S_{ut}}{\sigma_1} \quad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์ที่อื่น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

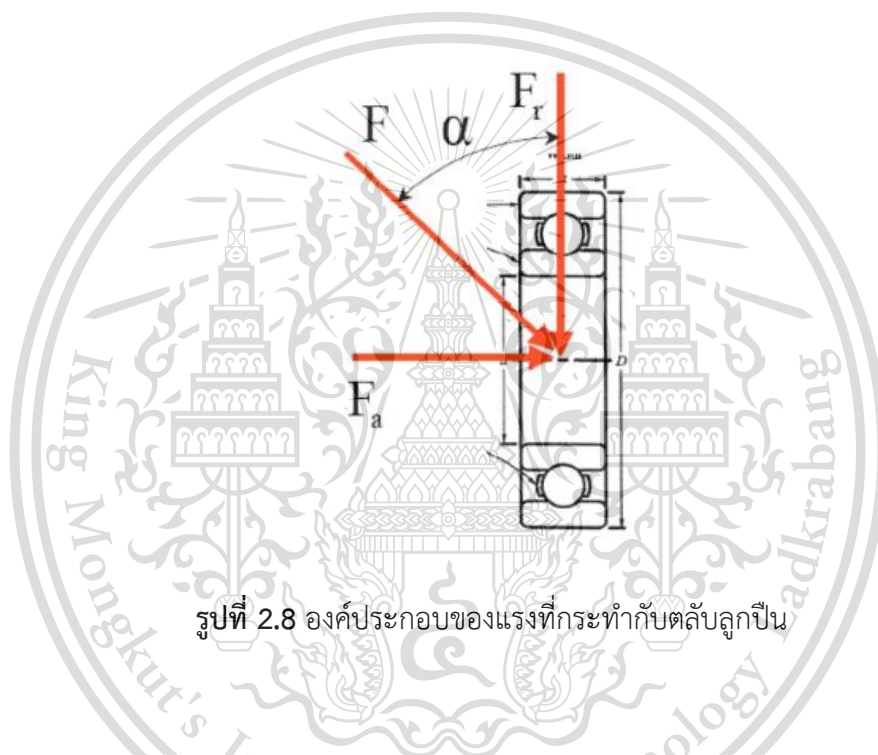
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2.3 การพิจารณาอายุตลับลูกปืน

ในการพิจารณาอายุตลับลูกปืนนั้นเราทำไปเพื่อคำนวณอายุในการดูแลบำรุงรักษาลูกปืนโดยเราต้องทำค่านึงถึงแรงสมมูลจากสมการต่อไปนี้

$$F = XVF_r + YF_a \quad (2.13)$$



รูปที่ 2.8 องค์ประกอบของแรงที่กระทำกับตลับลูกปืน

โดย F คือ แรงสมมูลที่มากกระทำกับตลับลูกปืน มีหน่วยเป็น N

X คือ ตัวประกอบบริคมี (หนังสือการออกแบบเครื่องจักรกล)

V คือ ค่าเท่ากับ 1 สำหรับ การที่ลูกปืนวงในหมุนแต่วงนอกอยู่นิ่ง

ค่าเท่ากับ 1.2 สำหรับ การที่ลูกปืนวงนอกหมุนแต่วงในอยู่นิ่ง

F_r คือ แรงในแนวรัศมีที่กระทำกับตลับลูกปืน มีหน่วยเป็น N

Y คือ ตัวประกอบของแรงสวนลูกปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากนั้นเรานำแรงสมมูลที่กระทำกับลูกปืนไปพิจารณาในส่วนของอายุการใช้งานของลูกปืนโดยพิจารณาจากค่าพิงก์การใช้งานของลูกปืน โดยทั่วไปคิดจากสูตร

$$L_{10} = \frac{10^6}{60n_D} \left(\frac{C_{10}}{F_e} \right)^3 \quad (2.14)$$

โดย L_{10} คือ จำนวนชั่วโมงที่ค่าความผิดพลาด 10 เปอร์เซ็นต์ ของตลับลูกปืน มีหน่วยเป็น ชั่วโมง

n_D คือ ความเร็วรอบการใช้งาน มีหน่วยเป็น rpm

C_{10} คือ ค่าของพิงก์ของแรงที่ค่าความน่าเชื่อถือ 90 เปอร์เซ็นต์ (ค่าความผิดพลาด 10 เปอร์เซ็นต์) โดยทำการทดสอบเป็นจำนวน 1,000,000 รอบ [สามารถหาได้จากการเปิดดูตารางข้อมูลของผู้ผลิต]

F_e คือ แรงสมมูลที่กระทำกับตลับลูกปืน มีหน่วยเป็น N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

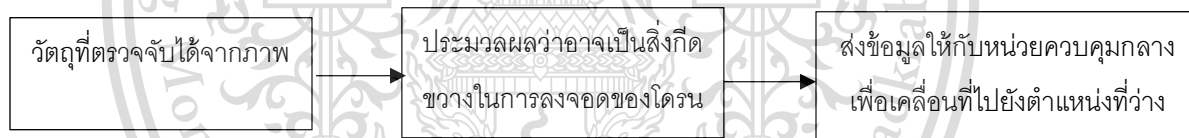
บทที่ 3

การออกแบบการทดลอง

3.1 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

ในโครงการนี้จะใช้กล้อง Intel Realsense ซึ่งเป็นกล้องที่มีประสิทธิภาพสูงในการทำงานด้านการประมวลผลภาพ เนื่องจากให้ภาพที่คมชัด โดยจะใช้กล้องในการตรวจจับสถานที่ลงจอดเพื่อหาจุดลงจอด และใช้ในการวิเคราะห์ว่าสถานที่ที่จะลงจอดนั้นมีสิ่งกีดขวางหรือสามารถลงจอดได้หรือไม่ เมื่อทำการตรวจจับเจอสถานที่ลงจอด หรือตรวจจับได้ว่ามีสิ่งกีดขวางทำให้ไม่สามารถลงจอดได้ ก็จะส่งข้อมูลไปให้กับส่วนควบคุมกลาง เพื่อวิเคราะห์และหาหนทางต่อไป

โดยได้ทำการคัดแยกให้ การประมวลผลภาพนั้นจำเป็นต้องสามารถประมวลผลวัตถุต่างๆ ที่อาจเป็นสิ่งกีดขวางการลงจอดของโดรนได้ เช่น รถยนต์ รถมอเตอร์ไซด์(รถจักรยาน) มนุษย์ สุนัข แมว ต้นไม้ เป็นต้น นอกจากนี้ยังอาจรวมถึง สายไฟ ร้านค้า หรือ สิ่งต่างๆที่สามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวัน



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานในการหาพื้นที่ลงจอดของโดรน

3.2 การออกแบบตัวโดรนตามคุณสมบัติที่ต้องการ

การออกแบบตัวโดรนให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการนั้นหลักๆแล้วจะคำนึงถึงภาระและรูปแบบหน้าที่ที่โดรนต้องทำการปฏิบัติการเป็นหลัก ซึ่งการออกแบบข้างต้นนี้จะกำหนดสมภาระของตัวโดรนประมาณ 700 กรัม หรือเทียบเท่ากับกาแฟเย็นแก้วใหญ่ 1 แก้ว หรือกาแฟร้อนแก้วเล็ก 2 แก้ว

ผู้ดำเนินการวิจัยจะทำการออกแบบตัวโดรนด้วยโปรแกรม CAD จากนั้นจะทำการวิเคราะห์การเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ออกแบบด้วยหลักทฤษฎีทางวิชาการเปรียบเทียบกับโปรแกรม CAE ซึ่งเป็นโปรแกรมย่อยที่อยู่ในไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม CAD เพื่อทำการวิเคราะห์ความเค้นว่าตรงกับที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎีเอาไว้หรือไม่ การออกแบบสามารถนำไปอ้างอิงถึงภาระจริงได้แค่ไหน

หลังจากที่ผู้ดำเนินการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความเค้นแล้ว ก็ทำการปรับปรุงการออกแบบนั้น ให้เหมาะสมกับความเค้นที่ใช้จริงโดยจำทำการวิเคราะห์ปรับขนาดหน้าตัดของชิ้นงานด้วยหลักทฤษฎีที่ใช้ทำการวิเคราะห์ความเค้นในตอนแรก

3.3 การเลือกอุปกรณ์เพื่อใช้ในการสร้างชิ้นงานจริง

ในการเลือกอุปกรณ์เพื่อทำการสร้างชิ้นงาน ผู้ดำเนินการวิจัยได้คำนึงถึงความเหมาะสมทางงบประมาณที่มี และพิจารณาถึงการออกแบบในหัวข้อที่แล้ว จากนั้นจึงทำการเลือกอุปกรณ์และชิ้นส่วนที่จำเป็นที่จะใช้เพื่อสร้างชิ้นงานตัวต้นแบบขึ้นมา โดยจะคุมงบประมาณไม่ให้เกิน 20000 บาท

การเลือกอุปกรณ์จะเลือกอุปกรณ์และชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีอยู่ในท้องตลาดเพื่อลดขั้นตอนความยุ่งยากที่จะต้องใช้เวลาในการพัฒนาชิ้นส่วนย่อยเอง เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือเพื่อสร้างไดรอนอัตโนมัติที่มีการใช้ขั้นตอนของการวิเคราะห์ภาพเข้ามาเกี่ยวข้องเป็นสำคัญ ดังนั้นจึงเลือกอุปกรณ์สำเร็จรูปมาดัดแปลงให้เข้ากับความต้องการที่จะใช้สร้างชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ภายในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงการทดลองและผลของการทดลองต่างๆ ของการพัฒนาระบบที่จำเป็นสำหรับการนำโดรนไปใช้ในการขนส่งเครื่องดื่มโดย จะแบ่งส่วนต่างๆออกได้เป็น 6 ส่วน ได้แก่ การตรวจจับและแยกแยะประเภทของวัตถุเพื่อใช้สำหรับการหาตำแหน่งลงจอด, ผลงานการออกแบบชิ้นงาน, การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงาน, การปรับแบบที่ออกแบบไว้ให้เป็นไปตามความต้องการ, การคำนวณอายุถลับลูกปืนที่คาดว่าจะนำมาใช้งาน (เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm) และ การเลือกอุปกรณ์เพื่อที่จะนำมาสร้างโดรนอัตโนมัติและการประเมินราคาอย่างคร่าว โดยแต่ละส่วนจะมีผลที่ได้จากการทดลองดังนี้

4.1 การตรวจจับและแยกแยะประเภทของวัตถุ

การทดลองในส่วนนี้จะเป็นการใช้กล้องในการจับภาพสภาพแวดล้อม เพื่อใช้ในการตรวจจับและคัดแยกประเภทของสิ่งกีดขวางในการลงจอดของโดรน โดยเพื่อให้ง่ายต่อการทดลองจึงได้ใช้วิธีการใช้กล้องเคลื่อนที่ที่ติดอยู่กับคอมพิวเตอร์ หรือใช้การถ่ายวิดีโอจากมุมสูงเพื่อแทนมุมมองของโดรน แล้วนำมาจำลองภายในคอมพิวเตอร์แทน ก่อนการไปประยุกต์ใช้ให้เป็นการเคลื่อนที่ไปพร้อมโดรน

โดยการทดลองจะการทำงานด้วยภาษา Python ได้ทำการทดลองด้วยกันทั้งสิ้น 3 การทดลอง โดยใช้รูปแบบและเทคโนโลยีในการประมวลผลภาพที่ต่างกัน ออกไป 3 แบบ ได้แก่ OpenCV, ImageAI และ YOLOv3 โดยได้ผลการทดลองดังนี้

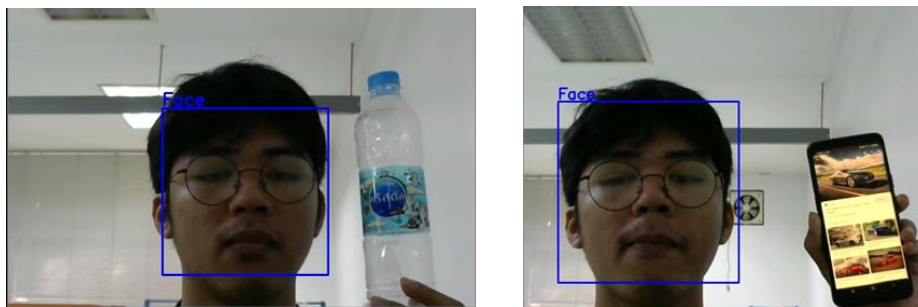
4.1.1 OpenCV

ในวิธีการทดลองนี้ เป็นวิธีการแรกที่ได้ทดลองขึ้นมา โดยใช้ไลบรารี OpenCV ร่วมกันกับตัวตรวจจับวัตถุ เพื่อทำการตรวจจับวัตถุใดๆ ที่ถ่ายโดยกล้องเคลื่อนที่ที่ติดกับคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการต่อยอดไปยัง รูปแบบอื่นๆ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นไปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองการใช้ OpenCV ร่วมกับตัวตรวจจับวัตถุ

จากผลการทดลองที่ได้ จะเห็นว่าวิธีการนี้สามารถที่จะตรวจจับวัตถุได้ (ในที่นี้ ผู้ทดลองใช้ตัวตรวจจับใบหน้าในการทำงานร่วมกับ OpenCV) ซึ่งสามารถทำงานได้อย่างดี แต่วิธีการนี้นั้นจะสามารถตรวจจับวัตถุได้เพียงชนิดเดียว ดังที่เห็นจากภาพผลการทดลอง ที่โปรแกรมนี้จะสามารถตรวจจับใบหน้าได้ แต่ไม่สามารถตรวจจับวัตถุประเภทอื่นได้

จากย่อหน้าข้างต้น เมื่อนำมาใช้กับระบบในการลงจอดของโดรน จะทำให้โดรนไม่สามารถตรวจจับวัตถุอื่นๆได้นอกจากวัตถุที่ตัวตรวจจับนั้นสามารถตรวจจับได้ และการใส่ตัวตรวจจับหลายๆตัวลงไปยังโปรแกรมนั้นจะส่งผลให้โปรแกรมไม่สามารถทำงานได้ ดังนั้นวิธีการนี้จึงอาจไม่เหมาะสมกับการทำงานของโครงการที่ทำ

4.1.2 ImageAI

ในวิธีการทดลองนี้ จะเป็นการใช้ deep learning เข้ามาช่วยในการคัดแยกประเภทวัตถุต่างๆ แต่เนื่องจากการพัฒนาของเทคโนโลยี และความจำกัดของเทคโนโลยีของผู้ทำการทดลอง ทำให้ไม่สามารถทำการทดลองได้จนมีผลการทดลองออกมา เนื่องจาก เป็นวิธีการที่มีการใช้ deep learning ทำให้จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์สูง โดยจำเป็นต้องมีการใช้งานร่วมกันระหว่าง หน่วยประมวลผลกลาง (CPU – Center Processing Unit) และหน่วยประมวลผลภาพ (GPU – Graphic Processing unit) อีกทั้ง ไลบรารี TensorFlow ที่เป็นหัวใจหลักของวิธีการนี้นั้น ได้มีการอัปเดตไลบรารีย่อยภายในตัวเองเป็นรูปแบบใหม่ โดยจากสาเหตุเหล่านี้ทำให้การทดลองนี้ไม่สามารถทำได้จนสำเร็จเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยีที่มีในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.3 YOLOv3

ในวิธีการทดลองนี้ เป็นวิธีการที่ต่อยอดมาจากวิธีการที่ไม่สำเร็จก่อนหน้านี้ โดย YOLOv3 เป็นเทคโนโลยีที่สามารถทำให้ตรวจจับวัตถุและแยกประเภทได้หลายประเภทในคราวเดียว โดยได้มีการอธิบายโดยสังเขปภายในบทที่ 2 ซึ่งหลังจากการนำมาทำการทดลอง พบว่าจะได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.2 ผลการทดลองการใช้ YOLOv3

จากผลการทดลองพบว่า วิธีการนี้สามารถตรวจจับวัตถุได้หลายประเภท ทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์ แต่ตัวโปรแกรมที่ทำการทดลองยังไม่สามารถตรวจจับสิ่งของบางอย่างเช่น สายไฟฟ้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

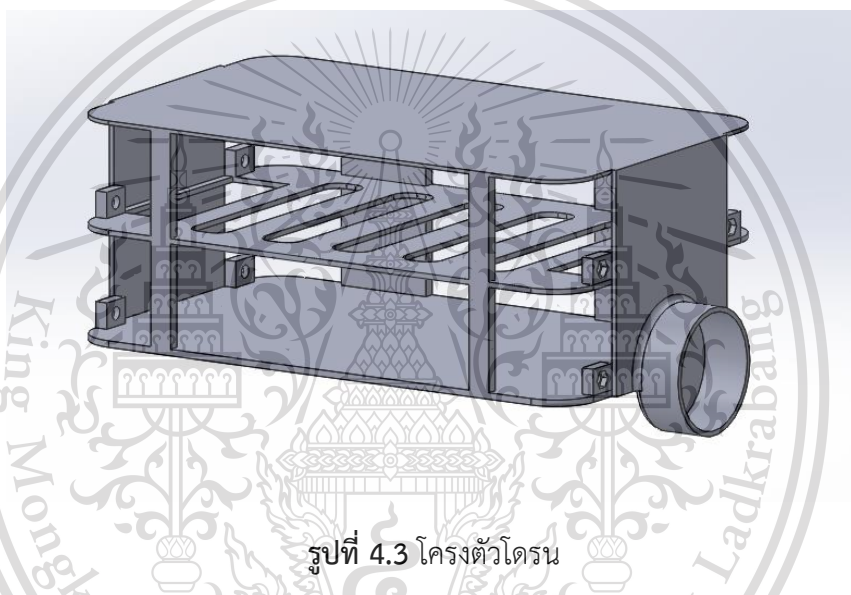
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หรือเสาไฟฟ้า เป็นต้น จึงยังจำเป็นต้องมีการเพิ่มการทำงานให้กับโปรแกรมเพิ่มเติมอีก เพื่อให้ตัวโปรแกรมสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพมากกว่านี้ ในการประยุกต์ใช้งานจริงกับโครง

4.2 ผลงานการออกแบบชิ้นงาน

การออกแบบชิ้นงานชิ้นนี้มีการใช้โปรแกรม Solidwork ในการช่วยออกแบบ 3 มิติ โดยแบ่งชิ้นส่วนที่ออกแบบไว้เป็นหลายส่วนซึ่งได้แก่

4.2.1 โครงตัวโครง



รูปที่ 4.3 โครงตัวโครง

การออกแบบโครงตัวโครงนั้นจะออกแบบโดยยึดการจัดวางอุปกรณ์และพื้นที่ใช้สอยเป็นสำคัญ ซึ่ง มีขนาดกว้าง*ยาว ประมาณ 110*190 มม. สูงประมาณ 80 มม. จากขนาดดังกล่าวนี้เพียงพอที่จะสามารถบรรจุชุดควบคุมโครง และคอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลภาพรวมถึงแบตเตอรี่ และอุปกรณ์ย่อยอื่นๆที่จำเป็นที่จะต้องติดตั้งไปกับตัวโครงขณะโครงทำงาน อาทิเช่น GPS, ESC, ตัวแปลงไฟฟ้าแบบลดแรงดัน ฯลฯ

การวางชั้นของอุปกรณ์จะแบ่งเป็น 2 ชั้น ชั้นบนจะใช้วางอุปกรณ์ควบคุม, ประมวลผล และอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณเพื่อใช้ในการนำทางต่างๆ ส่วนชั้นล่างจะเป็นที่อยู่ของตัวแปลงไฟฟ้าและแบตเตอรี่ บริเวณตรงกลางที่ทำเป็นช่องว่างเนื่องจากใช้เป็นพื้นที่ในการร้อยสายไฟฟ้าและการจัดสายไฟให้เป็นระเบียบ

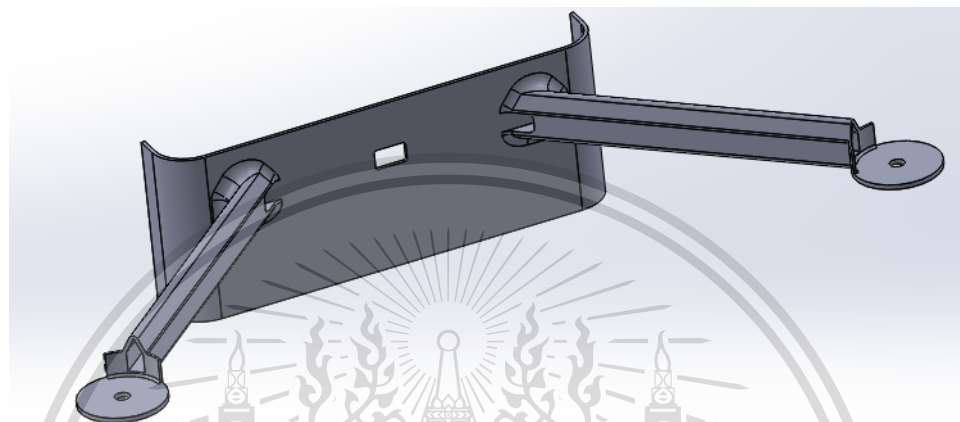
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บริเวณด้านหน้าเป็นที่อยู่ของตำแหน่ง motor ของ gimbal ที่ทำหน้าที่ในการรักษาองศาศูนย์ถ่วงของกล้องให้มีทิศทางของกล้องคงที่ขณะบินไปมา

4.2.2 กรอบข้างและปีกของโดรน



รูปที่ 4.4 กรอบข้างและปีกของโดรน

การออกแบบโครงสร้างด้านข้างนั้นจะเป็นโครงสร้างที่ใช้ยึดติดกับส่วนโครงสร้างตัวโดรนเพื่อพุงน้ำหนักทั้งหมดของโดรนและสัมภาระเอาไว้ โดยชิ้นงานจริงจะมีส่วนนี้ 2 ข้าง

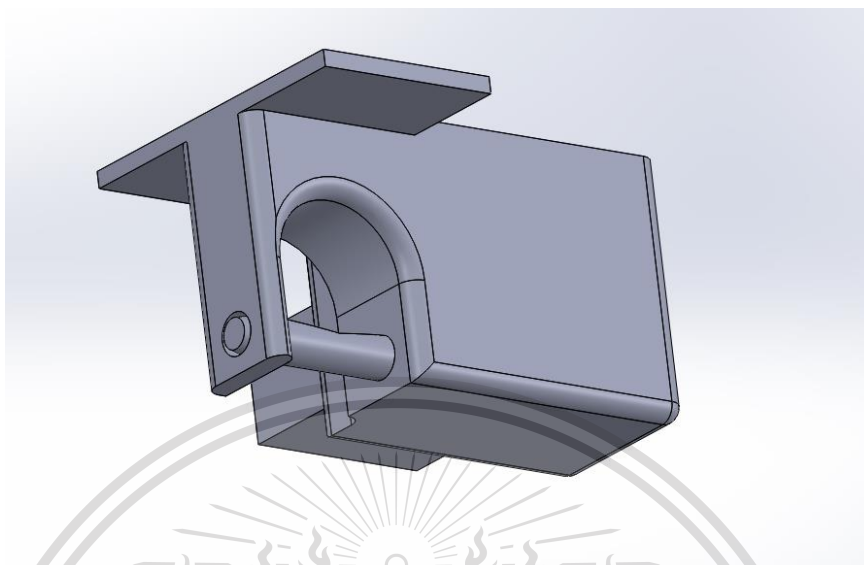
ก้านปีกที่ทำหน้าที่พุงตัวมอเตอร์และใบพัดนั้นจะมีการออกแบบให้มีส่วนที่เป็นยอดแหลมเพื่อลดแรงต้านของอากาศที่จะไหลมาจากด้านบน ตรงปลายจะเป็นฐานของมอเตอร์ ก้านแต่ละก้านจะทำมุม 45 องศากับกรอบข้าง มีความยาวประมาณ 150 มม. ก้านปีกนั้นจะมีความกลมเนื่องจากเอาไว้ร้อยสายของมอเตอร์เข้าไปเพื่อความแข็งแรงและความสวยงาม ที่บริเวณที่ติดกับตัวกรอบข้าง จะมีการเจาะช่องเอาไว้เพื่อร้อยสายออกมา ไปเชื่อมต่อกับ Electronics Speed Control Unit แล้วจึงร้อยสายต่อไปยังรูตรงกลางของกรอบข้างไปเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าภายในตัวโดรน สาเหตุที่ต้องนำ Electronics Speed Control Unit (ESC) ออกมาไว้ด้านนอกเป็นเพราะว่าจงใจให้มีการไหลผ่านของอากาศเพื่อลดอุณหภูมิของตัว ESC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

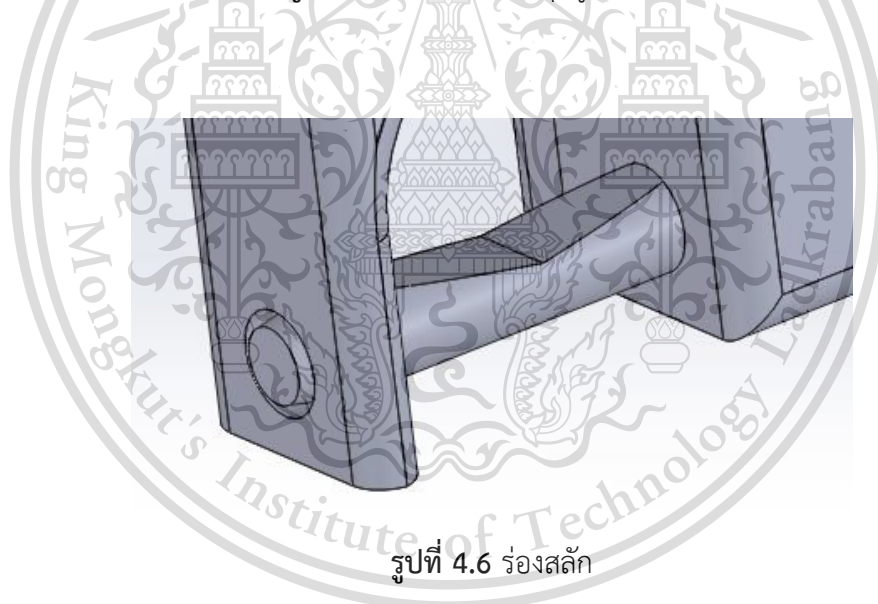
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.2.3 กลไกสลักยึดถุงหิ้วอาหาร



รูปที่ 4.5 กลไกสลักยึดถุงหิ้วอาหาร



รูปที่ 4.6 ร่องสลัก

การออกแบบกลไกสลักยึดถุงหิ้วอาหารนั้นได้มีการออกแบบให้กลไกนี้จะถูกติดตั้งอยู่บริเวณใต้ตัวของโดรนเพื่อทำการหิ้วอาหารและเครื่องตีผสมขณะที่โดรนทำการบินอยู่ซึ่งการทำงานนั้น จะมีเซอร์โวนขนาดเล็กติดอยู่กับตัวกล่องของกลไก ทำให้เมื่อเซอร์โวนทำงาน สลักนั้นจะสามารถเลื่อนเข้า-ออกเพื่อทำการล็อก-ปลดล็อก สลักที่ใช้หิ้วอาหาร ผู้ใช้งานสามารถแขวนหิ้วของอาหารได้ที่บริเวณนี้เมื่อสลักมีการเปิดออก จากนั้นก่อนที่โดรนจะทำการขึ้นบินเพื่อนำอาหารไปส่งยังจุดหมายปลายทาง สลักก็จะทำการเลื่อนปิดเพื่อล็อกไม่ให้หิ้วหิ้วนั้นหลุดออกจากตัวกลไกได้

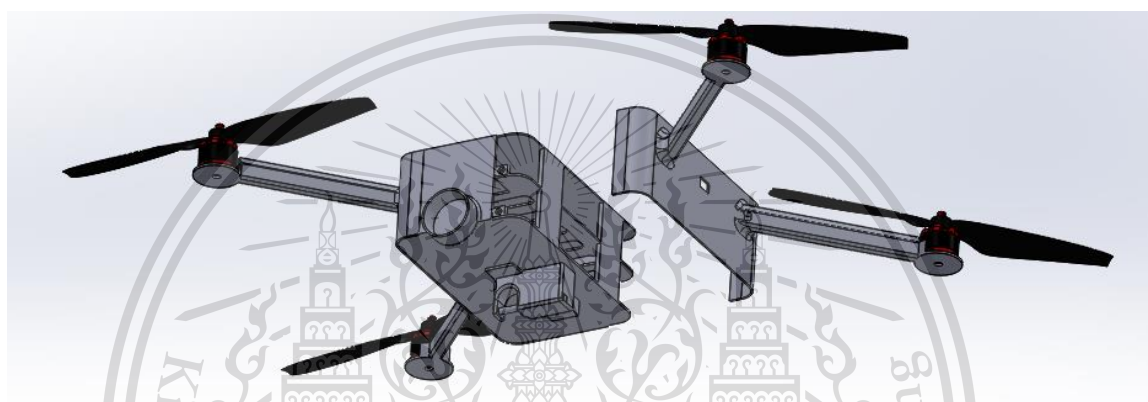
เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ หากท่านนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บริเวณตรงกลางของสลักนั้นจะมีร่องสลักบากเอาไว้ ร่องบากมีขนาดใหญ่แต่มีความชันน้อย ทำหน้าที่ในการบังคับให้หัวของอากาศยานนั้นเลื่อนมาอยู่บริเวณตรงร่องสลักซึ่งเป็นตรงกลางของตัวโดรน ทำให้แรงที่กระทำกับตัวโดรนนั้นผ่านจุดศูนย์กลางมวล ทำให้คุมโดรนได้ง่าย

หลังจากออกแบบทุกชิ้นส่วนเสร็จแล้วหากนำมาประกอบรวมกันจะได้เป็นชิ้นงานตามรูปด้านล่างนี้



รูปที่ 4.7 ภาพรวมของการประกอบโดรน

ผลงานเมื่อเสร็จสิ้นจะถูกประกอบตามภาพดังที่แสดงไว้ด้านบนซึ่งมอเตอร์และใบพัดนั้นเป็นสิ่งที่ไม่ได้ออกแบบเอาไว้ เพียงแต่แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งการติดตั้งเพื่อความเข้าใจในการประกอบตัวชิ้นงานเพียงเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงาน

งานดังกล่าวเป็นงานที่ต้องออกแบบตัวโรตอร์ 4 ใบพัดที่ใช้ในการขนส่งภาระโหลดปานกลางที่มีระยะทางในการบินไปกลับประมาณ 1-2 กิโลเมตร ผู้จัดทำจึงได้ออกแบบตัวโรตอร์ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ความต้องการดังกล่าว และเนื่องจากเพื่อความสะดวก ผู้จัดทำจึงได้ทำการประมาณรูปร่างและความหนาของชิ้นส่วนที่จะจัดทำขึ้นมาเองตามประสบการณ์ที่มี ทำให้ชิ้นส่วนที่ออกแบบนั้นยังมีความไม่แน่นอนของขีดจำกัดในการรับภาระแรงที่ต้องการ

โรตอร์ดังกล่าวนี้เป็นโรตอร์ที่ทำหน้าที่ในการบินไปรับเครื่องตี-กาแฟ ไปส่งยังที่หมายที่ได้ระบุเอาไว้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นจะต้องมีน้ำหนักที่ไม่มากและทำจากวัสดุที่เบาเท่าที่ทำได้โดยไม่แพงเกินไป นั่นคือพลาสติก PLA

จากเหตุผลดังกล่าวผู้จัดทำจึงได้เลือกชิ้นส่วนสำคัญของชิ้นงานที่มีความสำคัญในการรองรับแรงมาเพื่อทำการวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมและหาวิธีการในการปรับปรุงการออกแบบชิ้นงานเดิมให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น แต่ยังคงใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์เดิม

4.3.1 ชิ้นงานและการอธิบายการรับภาระของชิ้นส่วนของงานที่เลือก

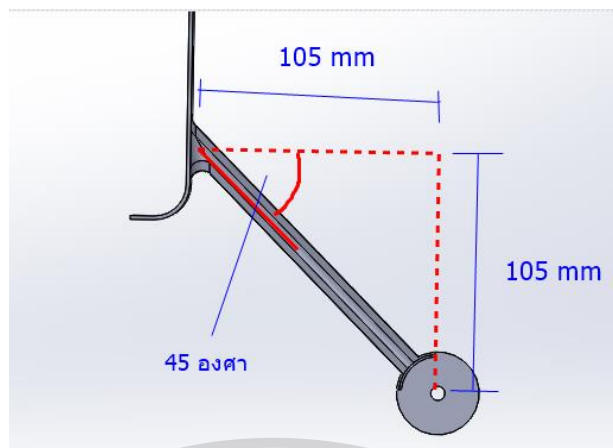
โรตอร์ที่ได้ออกแบบไว้มีใบพัดทั้งหมด 4 ใบ โดยตัวโรตอร์ได้ถูกออกแบบอย่างสมมาตร และ load ของตัวแกว้กาแฟหรืออาหารนั้นจะถูกห้อยอยู่ตรงกลางลำพอดี เพื่อให้ load ที่กระทำต่อใบพัดแต่ละด้านมีขนาดที่เท่ากัน(ตอนบินขึ้นตรงๆ) ทำให้ควบคุมการบินได้ง่าย

จากที่ผู้จัดทำได้ออกแบบโรตอร์ดังกล่าวขึ้นมาชิ้นนั้น โรตอร์จะมีมวล 2.3 กิโลกรัม (รวมแบตเตอรี่, controller, กล้อง) และสัมภาระที่เป็นแกว้กาแฟ ประมาณ 700 กรัม ดังนั้นรวมแล้วตัวโรตอร์นี้จะต้องมีแรงยกของใบพัดอย่างนั้น 3 kgf ถึงจะยกโรตอร์ให้บินขึ้นไปในอากาศได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

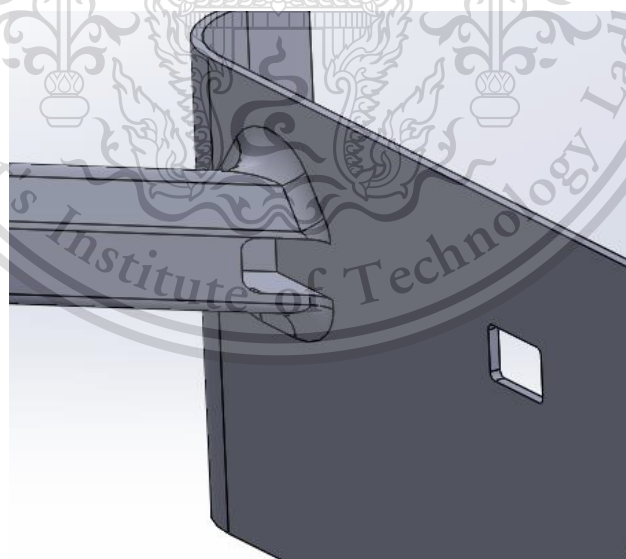
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.8 ความยาวของชิ้นส่วนที่เลือก

ชิ้นส่วนที่เลือกมานั้น ผู้ออกแบบได้เลือกชิ้นส่วนที่เป็นก้านของโดรนที่ติดอยู่กับโดรนเพื่อทำหน้าที่ส่งแรงจากใบพัดที่มอเตอร์มาพยุงตัวของตัวโดรนไว้ ซึ่งเหตุผลที่ต้องออกแบบให้เป็นก้านนั้นเพราะส่วนนี้ต้องมีขนาดเล็กไม่ใหญ่เกินไป เพื่อให้มีน้ำหนักเบา และเป็นชิ้นส่วนที่อากาศจากใบพัดจะตกมากระทบ การทำให้มีขนาดเล็กเท่าที่จะเป็นไปได้นั้นจะทำให้ใบพัดไม่สูญเสียแรงยกตัวไป



รูปที่ 4.9 ช่องว่างที่จะทำการเนสายภายใน และช่องเดินสายเข้าไปภายในตัวโดรน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 4.11 ภาพตัดขวางของก้านปีกที่แสดงถึงขนาดต่างๆของชิ้นส่วน (มิลลิเมตร) ยชนด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปทรงของชิ้นส่วนที่ได้เลือกนั้นมีรูปทรงเป็นทรง 5 เหลี่ยมที่ด้านบนจะเป็นยอดแหลมเพื่อให้แหวกอากาศได้ดีที่สุด ผนังหนา 1.6 มม. และมีลักษณะเป็นท่อกลองเพื่อนำหนักที่เบาและเป็นทางเดินของสายไฟที่จะต่อไปยัง motor brushless ได้ แต่บริเวณที่ชิ้นส่วนอยู่ติดกับตัวไดรอนนั้น ชิ้นส่วนจะมีการทำเป็นช่องว่างเอาไว้เพื่อให้เดินสายออกมาด้านนอกได้ เหตุผลที่ต้องเดินสายออกมาด้านนอกนั้นก็เพื่อให้ตัวชุดวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ ESC (Electronics Speed Control) นั้นอยู่ด้านนอกให้สัมผัสกับอากาศ แล้วจึงค่อยต่อสายจาก ESC เข้าไปด้านในอีกทีหนึ่ง นั่นก็เพราะจะทำให้ ESC มีการระบายความร้อนจากอากาศได้ ทำให้ ESC ไม่ร้อนเกินไปจนเสียหาย จากสาเหตุดังกล่าวทำให้ความเค้นที่เกิดบริเวณนี้นั้นเกิดสูง จึงต้องมีการออกแบบอย่างระมัดระวัง

รูปร่างชิ้นที่ผู้จัดทำได้ออกแบบเพื่อทำการวิเคราะห์นั้นอาจมีความแตกต่างจากไฟล์ชิ้นงานที่เคยออกแบบจริงอยู่บ้าง เพื่อสมมติให้การคำนวณมีความซับซ้อนที่น้อยลงแต่ขนาดและรูปทรงยังใกล้เคียงกับความเป็นจริงอยู่ (ไม่มีแผ่นฐานรองมอเตอร์ แต่ความยาวชิ้นงานเป็นจุดที่คลอมนคลุมถึงฐานของตรงกลางมอเตอร์ที่เป็นจุดที่มีแรงลัพท์ของใบพัดมากระทำ, ภาพหน้าตัดเป็นแบบเหลี่ยมไม่มีการกลมมุม และไม่คิดถึงน้ำหนักมอเตอร์และก้านปีกในการพิจารณาเนื่องจากมีค่าน้อยกว่ามากเมื่อเทียบกับ load)



รูปที่ 4.12 แรง G ที่กระทำกับตัวไดรอน

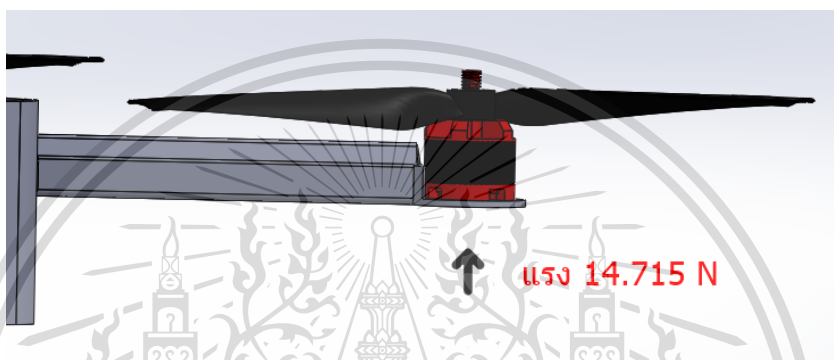
แรงที่ตัวไดรอนจะต้องแบกรับนั้น อย่างน้อยจะต้องเท่ากับน้ำหนักของตัวไดรอนเองรวมถึงสมภาระ ของกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1G และความเร่งที่ตัวไดรอนต้องการนั้นก็ทำให้เกิดภาระเพิ่มขึ้นอีก โดยผู้ออกแบบมีความต้องการนั้นต้องการให้ไดรอนนั้นถูกเร่งได้ด้วย ความเร่งที่เท่ากับโลกทำกับวัตถุ ดังนั้น แรงที่มอเตอร์ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

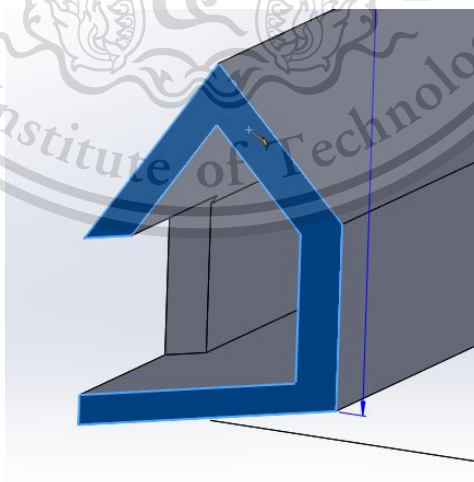
ต้องออกนั้นจะเพิ่มขึ้นอีก 1G เมื่อต้องเร่งให้บินขึ้น แรงที่กระทำนั้นจะกระทำที่บริเวณยึดติดกับมอเตอร์ เป็นแรงในทิศด้นขึ้น ขึ้นส่วนบริเวณที่ติดอยู่กับใบพัดดังกล่าวจะถูกกระทำด้วยแรงรวมทั้งสิ้นรวม 2G/4 (เนื่องจากมี 4 ใบพัด) (แรงเท่ากันเนื่องจาก centroid อยู่ตรงกลางลำ และใบพัดล้วนห่างจาก centroid เท่ากัน)

$$\text{มีค่าเท่ากับ } \frac{2 \times 3 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2}{4} = 14.715 \text{ N}$$



รูปที่ 4.13 ตำแหน่งที่แรง 14.715 N กระทำกับชิ้นงาน

4.3.2 การคำนวณวิเคราะห์หาความเหมาะสมของภาระ load ที่กระทำ
การวิเคราะห์หาตำแหน่งจุด Centroid

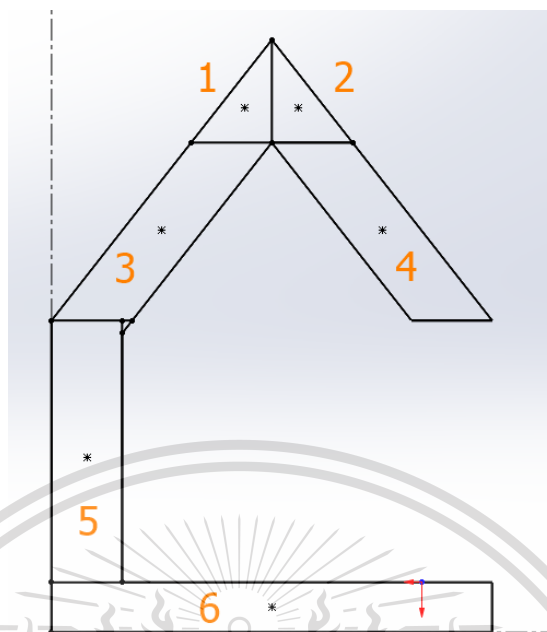


รูปที่ 4.14 ภาพหน้าตัดของชิ้นส่วนที่ติดอยู่กับตัวไดรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



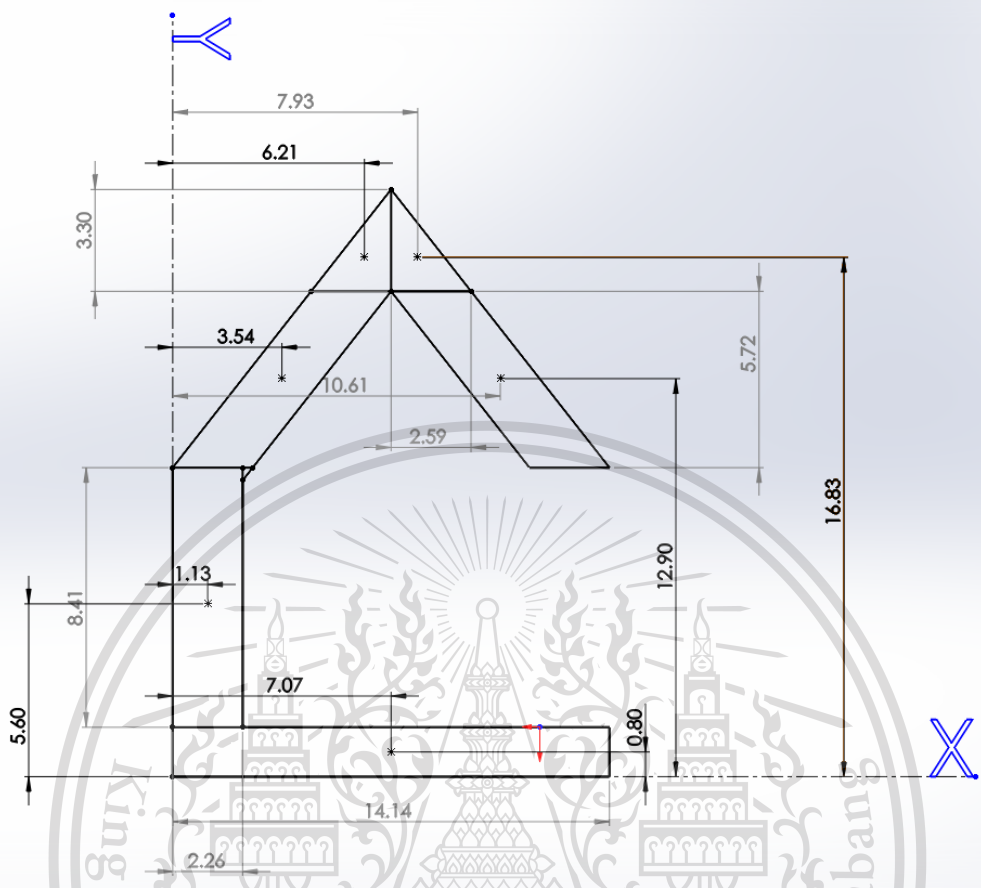
รูปที่ 4.15 ภาพหน้าตัดขวางของก้านปีกที่ติดอยู่กับบริเวณตัวโดรน แบ่งย่อยเป็น 6 ส่วน

ผู้ออกแบบได้ทำการแบ่งส่วนต่างๆของหน้าตัดเป็นส่วนย่อยๆทั้งหมด 6 ส่วนเพื่อทำการวิเคราะห์หาจุด Centroid โดยได้ละหน้าตัดบางส่วนที่อยู่ระหว่างชิ้นส่วน 3 และ 5 ซึ่งเป็นรูปสามเหลี่ยมเล็กๆ ทั้งนี้เพื่อลดความซับซ้อนในการคำนวณและเนื่องจากรูปสามเหลี่ยมดังกล่าวนี้เป็นรูปที่มีขนาดเล็กมาก มีผล Error เพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงถือว่าสามารถละเลยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.16 ขนาดของชิ้นส่วนย่อยต่างๆ และระยะห่างจุด centroid ของแต่ละรูปย่อยกับจุด (0,0) ของ พิกัด XY

จากภาพที่ระบุขนาดต่างๆของชิ้นส่วนย่อยแต่ละชิ้น และระยะห่างจากแกน x และ y ของจุด Centroid ของชิ้นส่วนย่อย โดย จุด Centroid ย่อยของรูป 3 เหลี่ยมมุมฉากนั้นจะอยู่ห่างจากด้านประกอบมุมฉากอยู่ 1/3 ของความสูงของด้านนั้น ทำให้เราสามารถรู้ตำแหน่งของรูป 3 เหลี่ยมย่อยได้ในทันที และ รูปทรงที่เหลือเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่จุด Centroid จะอยู่ตรงกลางของรูป ทำให้เราสามารถกำหนดจุด Centroid ของแต่ละรูปย่อยได้ตามภาพ

จากสูตรการหาระยะ Centroid รวมของภาพทั้งภาพ ทั้งแกน x และ y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขได้ประโยชน์ด้านการค้า

$$\bar{x} = \frac{x_1(Area_1) + x_2(Area_2) + x_3(Area_3) + x_4(Area_4) + x_5(Area_5) + x_6(Area_6)}{Area_{all}}$$

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ Area_{all} อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\bar{y} = \frac{y_1(Area_1) + y_2(Area_2) + y_3(Area_3) + y_4(Area_4) + y_5(Area_5) + y_6(Area_6)}{Area_{all}}$$

โดย Area 1 เท่ากับ $0.5 \cdot 2.59 \cdot 3.3 = 4.27 \text{ mm}^2$

Area 2 เท่ากับ $0.5 \cdot 2.59 \cdot 3.3 = 4.27 \text{ mm}^2$

Area 3 เท่ากับ $2.59 \cdot 5.72 = 14.81 \text{ mm}^2$

Area 4 เท่ากับ $2.59 \cdot 5.72 = 14.81 \text{ mm}^2$

Area 5 เท่ากับ $2.26 \cdot 8.41 = 19.01 \text{ mm}^2$

Area 6 เท่ากับ $1.6 \cdot 14.14 = 22.62 \text{ mm}^2$

$$\bar{x} = \frac{6.21(4.27) + 7.93(4.27) + 3.54(14.81) + 10.61(14.81) + 1.13(19.01) + 7.07(22.62)}{(4.27 + 4.27 + 14.81 + 14.81 + 19.01 + 22.62)}$$

$$\bar{x} = 5.657 \text{ mm}$$

$$\bar{y} = \frac{16.83(4.27) + 16.83(4.27) + 12.9(14.81) + 12.9(14.81) + 5.6(19.01) + 0.8(22.62)}{(4.27 + 4.27 + 14.81 + 14.81 + 19.01 + 22.62)}$$

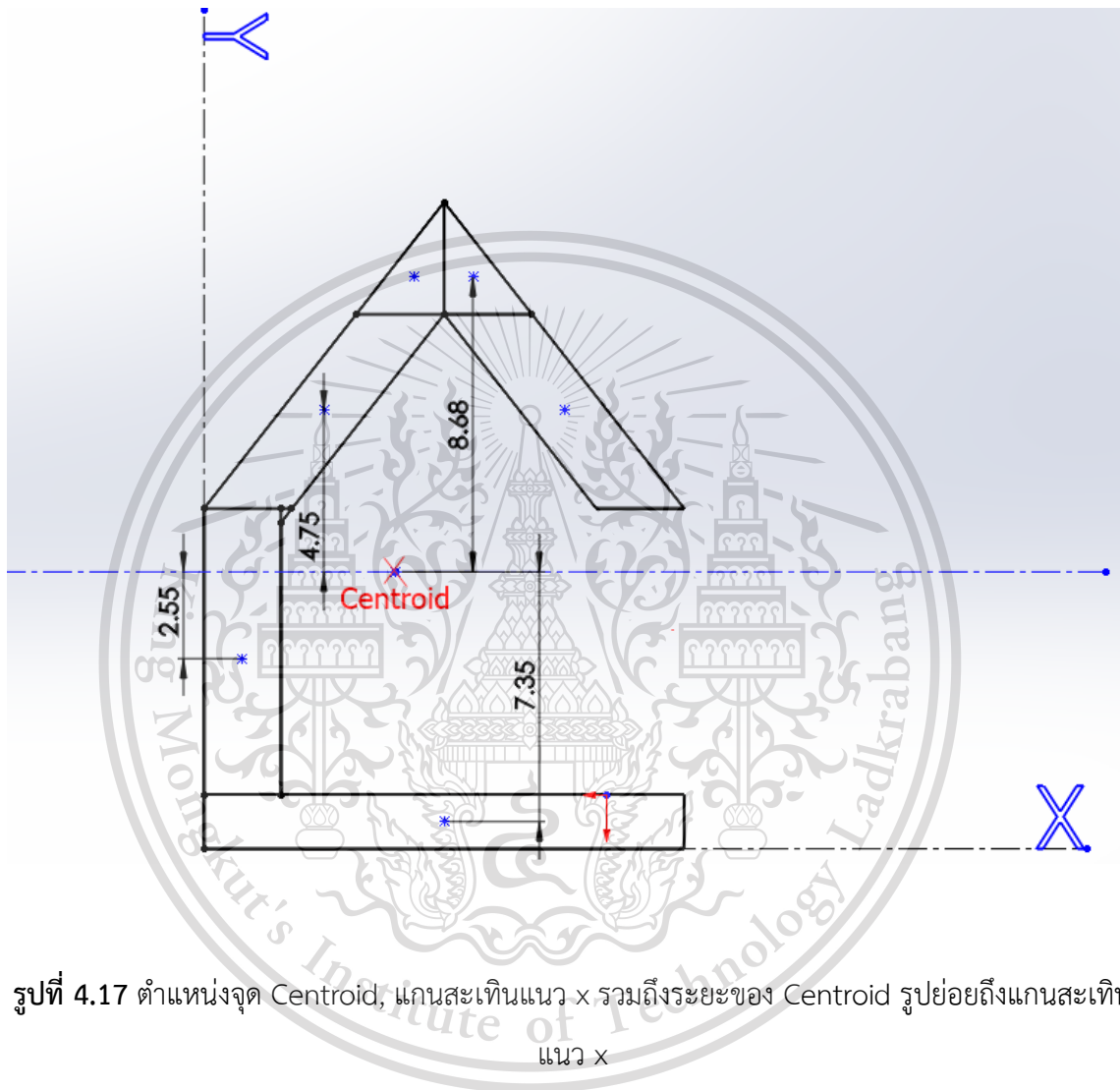
$$\bar{y} = 8.151 \text{ mm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

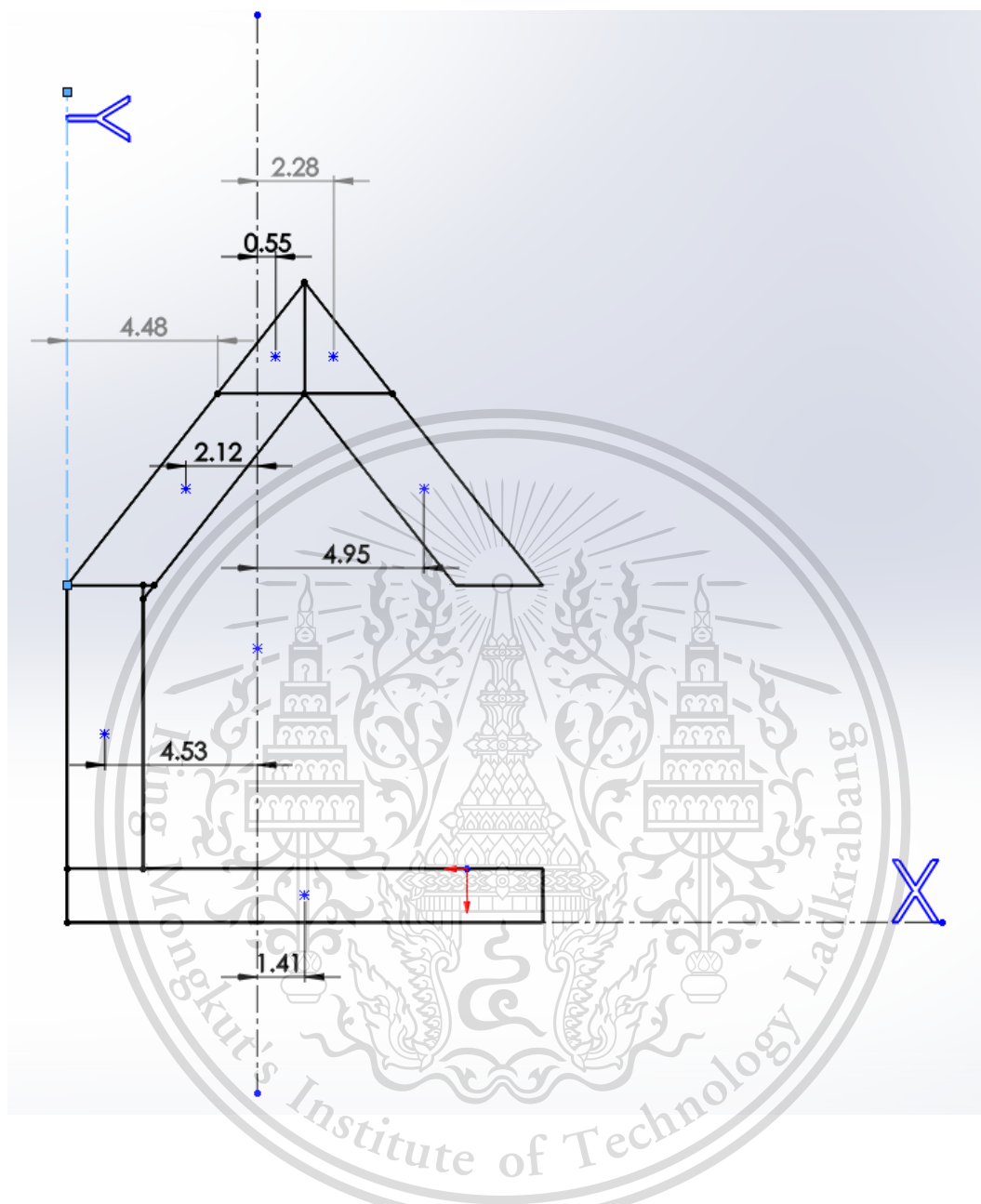
4.3.3 การวิเคราะห์หาค่า Moment Inertia รอบแกนสะเทิน(I_x) ,รอบแนวฉากที่ลากผ่านแกนจะเทิน (I_y) และรอบแนวที่พุ่งผ่านจุดสะเทิน (I_z,J)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.18 ตำแหน่งจุด Centroid, แกนสะเทินแนว y รวมถึงระยะของ Centroid รูปย่อยถึงแกนสะเทินแนว y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากค่า Moment inertia รอบแนวแกนสะเทิน x

$$\text{รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก} \quad 1/12 * \text{length } x * \text{length } y^3$$

$$\text{รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน} \quad 1/12 * \text{length } x * \text{length } y^3$$

$$\text{รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก} \quad 1/36 * \text{length } x * \text{length } y^3$$

จากค่า Moment inertia รอบแนวแกนสะเทิน y

$$\text{รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก} \quad 1/12 * \text{length } y * \text{length } x^3$$

$$\text{รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน} \quad 1/12 * \text{length } x * \text{length } y * (\text{length (ระยะเหลี่ยม)}^2 + \text{length } x^2)$$

$$\text{รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก} \quad 1/36 * \text{length } y * \text{length } x^3$$

*** ทั้งนี้ต้องบวกค่า Area*(ระยะห่างจากจุด centroid ถึงแนวสะเทิน)² ไปด้วย

จากค่า Moment inertia รอบแนวที่พุ่งผ่านจุดสะเทิน (Ix, Iy)

$$J = Ix + Iy$$

หา Ix

$$\text{ชิ้นที่ 1} = 1/36 * 2.59 * 3.3^3 + 4.27(8.68)^2 = 324.2975 \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชิ้นที่ 2} = 1/36 * 2.59 * 3.3^3 + 4.27(8.68)^2 = 324.2975 \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชิ้นที่ 3} = 1/12 * 2.59 * 5.72^3 + 14.81(4.75)^2 = 374.5436 \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชิ้นที่ 4} = 1/12 * 2.59 * 5.72^3 + 14.81(4.75)^2 = 374.5436 \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชิ้นที่ 5} = 1/12 * 2.59 * 5.72^3 + 19.01(2.55)^2 = 164.0055 \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชิ้นที่ 6} = 1/12 * 14.14 * 1.6^3 + 22.62(7.35)^2 = 1226.8154 \quad \text{mm}^4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$\text{รวม } 324.2975 + 324.2975 + 374.5436 + 374.5436 + 164.0055 + 1226.8154 = 2788.5031 \text{ mm}^4$$

หา I_y

$$\text{ชั้นที่ 1} = 1/36 * 3.3 * 2.59^3 + 4.27(0.55)^2 = 2.8842 \text{ mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 2} = 1/36 * 3.3 * 2.59^3 + 4.27(2.28)^2 = 23.7897 \text{ mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 3} = 1/12 * 2.59 * 5.72 * (4.48^2 + 2.59^2) + 14.81(2.12)^2 = 99.6219 \text{ mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 4} = 1/12 * 2.59 * 5.72 * (4.48^2 + 2.59^2) + 14.81(4.95)^2 = 395.942 \text{ mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 5} = 1/12 * 5.72 * 2.59^3 + 19.01(4.53)^2 = 398.3839 \text{ mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 6} = 1/12 * 1.6 * 14.14^3 + 22.62(1.41)^2 = 421.9236 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} &\text{รวม } 2.8842 + 23.7897 + 99.6219 + 395.942 + 398.3839 + 421.9236 \\ &= 1342.5453 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

หา I_z, J

$$\text{ชั้นที่ 1} = 324.2975 + 2.8842 = 327.1817 \text{ mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 2} = 324.2975 + 23.7897 = 348.0872 \text{ mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 3} = 374.5436 + 99.6219 = 474.1655 \text{ mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 4} = 374.5436 + 395.942 = 770.4856 \text{ mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 5} = 164.0055 + 398.3839 = 562.3894 \text{ mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 6} = 1226.8154 + 421.9236 = 1648.739 \text{ mm}^4$$

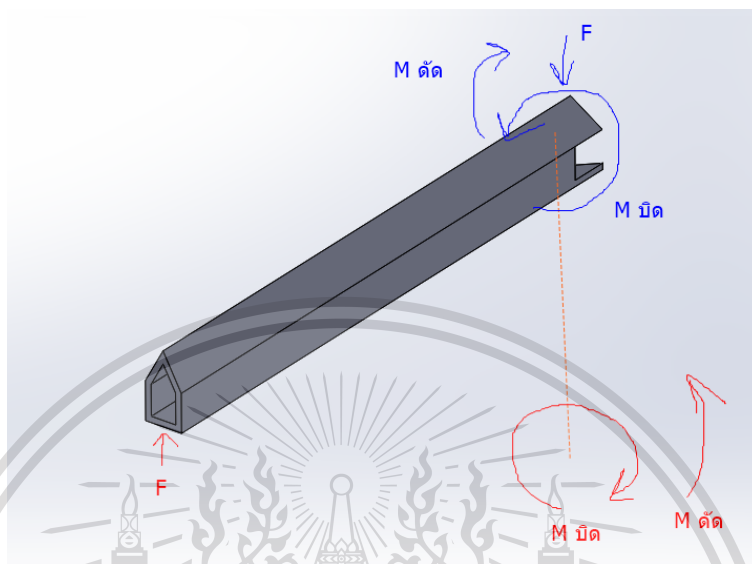
$$\text{รวม } 327.1817 + 348.0872 + 474.1655 + 770.4856 + 562.3894 + 1648.739$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

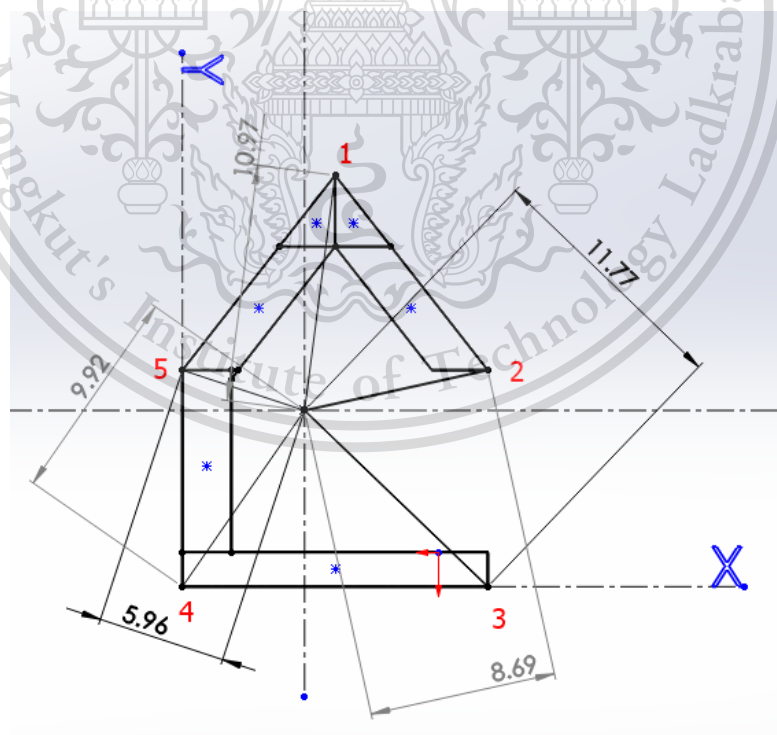
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3.4 การวิเคราะห์หาความเค้นที่มากระทำกับวัตถุ



รูปที่ 4.19 สมดุลแรง โมเมนต์บิด และโมเมนต์ตัดที่มากระทำกับหน้าตัดตรงปลายที่ติดกับตัวโครง (ผิวนอก {สีน้ำเงิน})

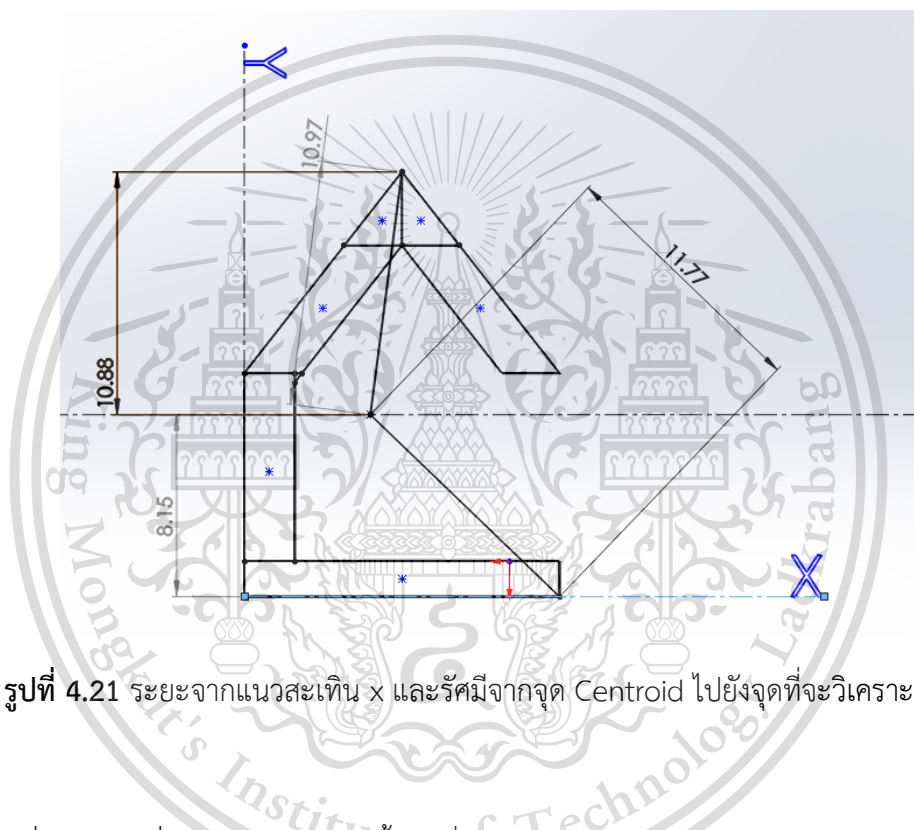


เอกสารนี้เป็นรูปที่ 4.20 จุดที่เลือกเพื่อวิเคราะห์ความเค้น รวมถึงความยาวรัศมีที่ลัดจากจุด Centroid ไปยังจุดนั้น การคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากภาพเราจะทำการเลือกวิเคราะห์ ในบางจุดเท่านั้นเนื่องจากจุดบางจุดเท่านั้นที่สามารถพิจารณาได้แล้วว่า มีความเค้นมากกว่ากระทำมากกว่าที่จุดอื่น นั่นคือ จุดที่ 1 ที่ซึ่งอยู่ห่างจากจุดแกนสะเทินแนว x มากที่สุด แล้วมีรัศมีจากจุด centroid สูงเป็นอันดับ 2 ที่ซึ่งค่าทั้ง 2 นั้นสูงกว่าทั้งจุด 2,4 และ 5 แต่ว่าแม้ว่าระยะจากแนวสะเทินของจุด 1 จะมีค่ามากกว่าจุด 3 ก็ตาม ค่ารัศมีนั้นยังน้อยกว่า จุด 3 อยู่ จึงต้องนำจุด 3 มาวิเคราะห์ด้วย



รูปที่ 4.21 ระยะจากแนวสะเทิน x และรัศมีจากจุด Centroid ไปยังจุดที่จะวิเคราะห์ 1,3

เนื่องจากจุดที่เกิดความเค้นสูงสุดนั้นอยู่ที่ขอบ วัดจากแนวสะเทิน x ทำให้ไม่มีแรงเฉือนที่เกิดจากการตัดกระทำกับจุดๆนั้น คิดแค่ แรงดึงอัด กับแรงเฉือนที่เกิดจากการบิด เท่านั้น

จุดที่ 1

ความเค้นตั้งฉากมีค่าเท่ากับ (อ้างอิงระยะ M จากรูปภาพความยาวชิ้นส่วนที่เลือก)

$$\sigma = M \cdot c / I_x = - [14.715(105\text{mm}) \cdot 10.88 / 2788.5031]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$= -6.018 \text{ MPa}$$

ความเค้นเฉือนมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}\tau &= T \cdot c / J = [14.715(105\text{mm}) \cdot 10.97 / 4131.0484] \\ &= 4.103 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่า } \sigma_{\max} &= \sigma/2 + \sqrt{((\sigma/2)^2 + \tau^2)^{1/2}} \text{ {กรีนี่ +- ใช้ -}} \\ &= -8.097 \text{ MPa}\end{aligned}$$

จุดที่ 3

ความเค้นดัดจากมีค่าเท่ากับ (อ้างอิงระยะ M จากรูปภาพความยาวชิ้นส่วนที่เลือก)

$$\begin{aligned}\sigma &= M \cdot c / I_x = [14.715(105\text{mm}) \cdot 8.15 / 2788.5031] \\ &= 4.516 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 \\ &= 4.516 \text{ MPa}\end{aligned}$$

ความเค้นเฉือนมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned}\tau &= T \cdot c / J = [14.715(105\text{mm}) \cdot 11.77 / 4131.0484] \\ &= 4.402 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

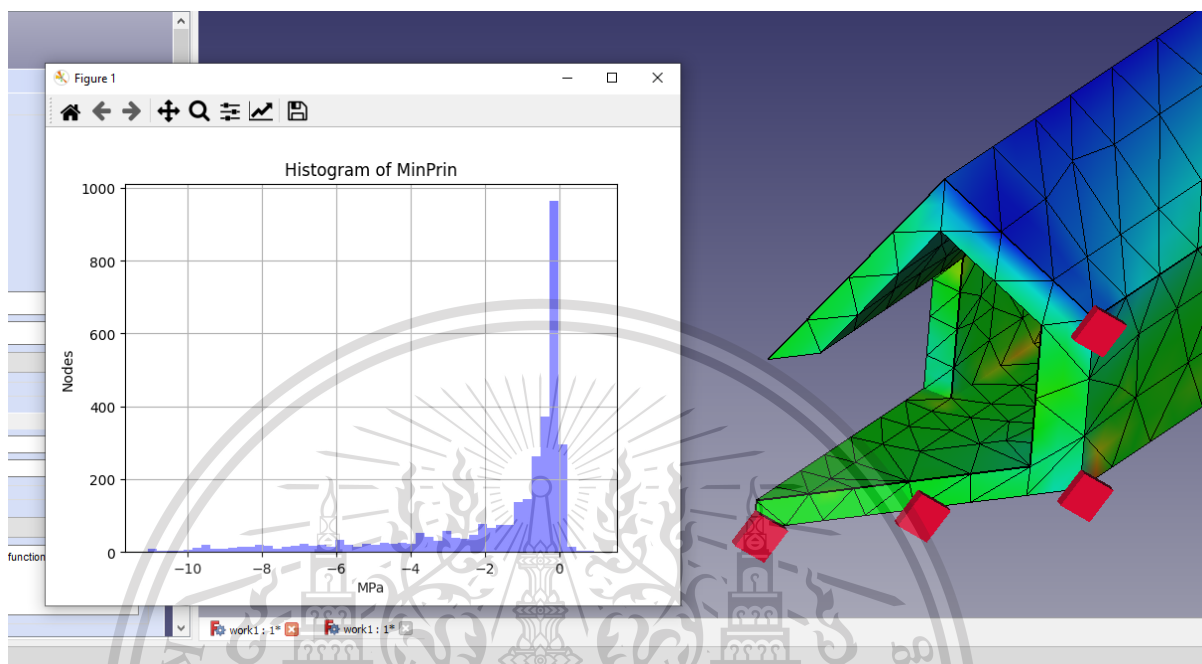
$$\begin{aligned}\text{ค่า } \sigma_{\max} &= \sigma/2 + \sqrt{((\sigma/2)^2 + \tau^2)^{1/2}} \text{ {กรีนี่ +- ใช้ +}} \\ &= 7.205 \text{ MPa}\end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
นั่นคือ ณ จุดที่มีความเค้นสูงที่สุดนั่นคือ จุด 1 ซึ่งมีความเค้นอัดกระทำอยู่ทั้งสิ้น 8.097 MPa
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3.5 ตรวจสอบการคำนวณตามทฤษฎีด้วยโปรแกรม CAD/CAE (Freecad)



รูปที่ 4.22 ความเค้นอัดที่มากที่สุดที่กระทำกับชิ้นงาน

(ไม่สามารถแสดงค่าเป็นตัวเลขได้เนื่องจากความผิดพลาดในการทำงานของโปรแกรม Freecad)

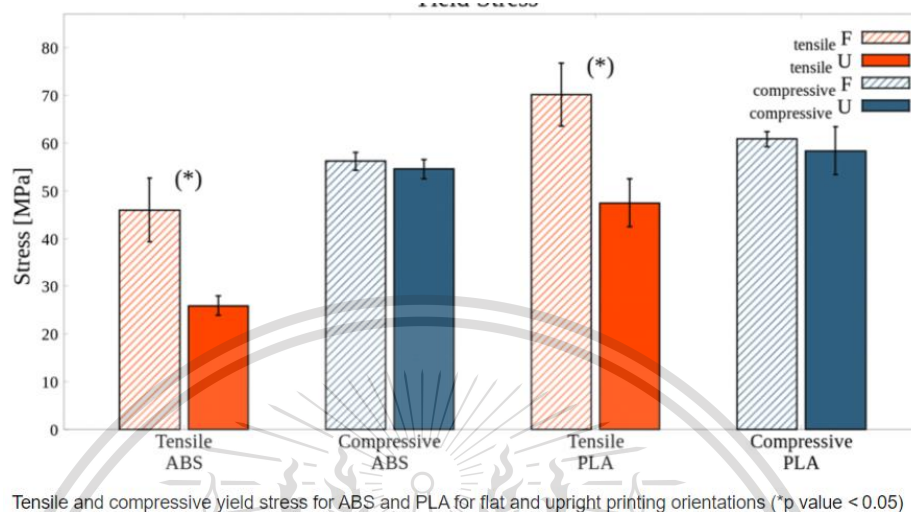
จากภาพโปรแกรมการวิเคราะห์แรงดังกล่าวนั้นจะสรุปได้ว่า กราฟที่แสดงถึงชิ้นส่วนย่อยๆนับพันๆ ชิ้นแต่ละชิ้นที่กระจายอยู่ทั่วชิ้นงานนั้น ได้รับความเค้นอัดสูงสุดเท่าไร กราฟแนวนอนยิ่งติดลบมากแสดงถึงความเค้นอัดที่มาก และจากการแสดงถึงสีของชิ้นงาน ชิ้นงานที่ออกเป็นสีน้ำเงินคือบริเวณที่ได้รับ ความเค้นอัดมากที่สุดนั่นเอง ซึ่งค่าของบริเวณนี้จะอยู่ราวๆ 10 MPa ซึ่งนับว่าแตกต่างจากที่คำนวณด้วยหลักวิชาการข้างต้นอยู่พอสมควร มี error เกิดขึ้นราวๆ 25% ซึ่งเหตุผลที่ทำให้แตกต่างกันนั้นก็อาจเป็นเพราะวิธีที่ algorithm ของโปรแกรม CAD กับ หลักการคำนวณมือนั้นมีความแตกต่างกันบ้างแต่การคำนวณมือก็ยังนับว่าอ้างอิงกับความเป็นจริงได้อยู่ไม่ได้เกิดความผิดพลาดมากมายขนาดที่รับไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3.6 การประเมินความเหมาะสมของการออกแบบ



รูปที่ 4.23 แผนภูมิแท่งแสดงถึง yield strength ทั้งแบบ compressive และ tensile ของ PLA

จากกราฟ (กราฟเขียน stress แต่ให้ stress นั้นเป็นค่าสูงสุดที่ทนได้ นั่นก็คือ strength นั้นเอง) การพิมพ์แบบ flat orientation ใน paper นี้ นั่นคือการพิมพ์ให้แนวแรงที่รับอยู่ในแนวเดียวกับแนวของ filament ที่พิมพ์เพื่อการรับแรงสูงสุด ดังนั้นผู้ออกแบบจะพิมพ์ตามแบบนี้ และสังเกตได้ว่า ค่าสูงสุดของ stress ที่แบบ compression และ tensile นั้น ค่า compressive นั้นมีค่าน้อยกว่าค่า tensile

วัสดุ PLA นั้นเป็นวัสดุเปราะผู้ออกแบบจึงได้ทำการเลือกใช้หลักการของ Maximum Normal Stress มาพิจารณา หากนำมาพิจารณาถึงความเค้นสูงสุดของเราแล้ว ความเค้นอัดสูงสุดจะเกิดมากกว่าความเค้นดึงสูงสุด เราจึงพิจารณาค่าความเค้นอัด และ yield strength แบบ compressive ของวัสดุนี้

ซึ่ง yield strength แบบ compressive ของวัสดุนี้ที่มีค่าอยู่ที่ 60 Mpa

จะพบว่าความเค้นอัดสูงสุดของชิ้นงานของเรานั้นมีค่าอยู่ที่ 8.097 Mpa

แสดงว่าการออกแบบของผู้ออกแบบนั้น Over-designed ไปค่อนข้างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.4 การปรับแบบที่ออกแบบไว้ให้เป็นไปตามความต้องการ

จากการที่แบบที่ได้ออกแบบไว้นั้นมีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น ดังนั้น ผู้ออกแบบจึงจะทำการปรับลดขนาดของแบบที่ได้ออกแบบไว้ด้วยการ ปรับ Scale หน้าตัดให้ขนาดทุกอย่างเล็กลง ซึ่งหากทำการ Scale แบบหน้าตัดให้เล็กลง ชิ้นงานจะมีหน้าตัดขนาดเล็กๆลงเท่าๆกันทั้งในแนว x และ y ทำให้รูปทรงหน้าตัดที่ออกแบบไว้ไม่เปลี่ยนแปลงแรงต้านอากาศได้เหมือนเดิม เพียงแต่มีขนาดเล็กเท่าลงเท่านั้น

เราแทนตัวแปร Scale คือ S ลงไปในสมการ Safety factor ซึ่งส่วนของตัวแปรที่ใส่ไปอยู่ในส่วนของ σ_{max} ตามเนื้อหาก่อนหน้า แล้วหาค่าตัวแปร S ออกมา

กำหนดให้ Safety factor ที่ออกแบบนั้นเท่ากับ 2

จะได้ว่า (S)

จากค่า Moment inertia รอบแนวแกนสะเทิน x

รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก $1/12 * length x(S) * length (yS)^3$

รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน $1/12 * length x(S) * length (yS)^3$

รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก $1/36 * length x(S) * length (yS)^3$

จากค่า Moment inertia รอบแนวแกนสะเทิน y

รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก $1/12 * length y(S) * length (xS)^3$

รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน $1/12 * length x(S) * length y(S) * (length (ระยะเหลือม(S))^2 + length (xS)^2)$

รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก $1/36 * length y(S) * length (xS)^3$

จะเห็นได้ว่า ค่า I ทุกอันจะเปลี่ยนไปโดยมีพจน์ (S^4) คูณติดไปด้วย

หา Ix

เอกสารนี้เป็นเอกสารชิ้นที่ 1 ไม่สำหรับ 324.2975(S⁴) เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$\text{ชั้นที่ 2} = 324.2975(S^4) \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 3} = 374.5436(S^4) \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 4} = 374.5436(S^4) \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 5} = 164.0055(S^4) \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 6} = 1226.8154(S^4) \quad \text{mm}^4$$

$$= 2788.5031(S^4) \quad \text{mm}^4$$

หา Iy

$$\text{ชั้นที่ 1} = 2.8842 (S^4) \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 2} = 23.7897(S^4) \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 3} = 99.6219(S^4) \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 4} = 395.942(S^4) \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 5} = 398.3839(S^4) \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 6} = 421.9236(S^4) \quad \text{mm}^4$$

รวม

$$= 1342.5453(S^4) \quad \text{mm}^4$$

หา Iz, J

$$\text{ชั้นที่ 1} = 324.2975(S^4) + 2.8842(S^4) = 327.1817(S^4) \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 2} = 324.2975(S^4) + 23.7897(S^4) = 348.0872(S^4) \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 3} = 374.5436(S^4) + 99.6219(S^4) = 474.1655(S^4) \quad \text{mm}^4$$

$$\text{ชั้นที่ 4} = 374.5436(S^4) + 395.942(S^4) = 770.4856(S^4) \quad \text{mm}^4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนที่ออกจากรั้วมหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

$$\begin{aligned} \text{ชั้นที่ 5} &= 164.0055(S^4) + 398.3839(S^4) = && 562.3894(S^4) && \text{mm}^4 \\ \text{ชั้นที่ 6} &= 1226.8154(S^4) + 421.9236(S^4) = && 1648.739(S^4) && \text{mm}^4 \\ &= && 4131.0484(S^4) && \text{mm}^4 \end{aligned}$$

จุดที่ 1

ความเค้นดึงฉากมีค่าเท่ากับ (อ้างอิงระยะ M จากรูปภาพความยาวชิ้นส่วนที่เลือก)

$$\begin{aligned} \sigma &= M \cdot c / I_x = - [14.715(105\text{mm}) \cdot 10.88(S) / 2788.5031(S^4)] \\ &= - 6.018 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 \\ &= - 6.018(S^3) \text{ MPa} \end{aligned}$$

ความเค้นเฉือนมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} \tau &= T \cdot c / J = [14.715(105\text{mm}) \cdot 10.97(S) / 4131.0484(S^4)] \\ &= 4.103(S^3) \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่า } \sigma_{\max} &= \sigma(S^3)/2 + \left((\sigma(S^3)/2)^2 + \tau(S^3)^2 \right)^{1/2} \{ \text{กรณีนี้ } + \text{ ใช้ } - \} \\ &= -8.097(S^3) \text{ MPa} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

นำมาเขียนใส่สมการ Safety Factor

$$\text{Safety Factor} = \frac{\text{Yield-Strength-Compressive}}{\text{Maximum Compressive Stress}}$$

นั่นคือ $2 = 60 / 8.097(S^3)$

$S = 0.6463$ เท่าของ Scale เดิม

ดังนั้นหากต้องการให้ชิ้นงานรับภาระได้โดยไม่ Over-Designed จนเกินไป และกำหนดให้มี Safety Factor เท่ากับ 2 ดังนั้น ผู้ออกแบบต้องทำการย่อพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานลงให้เหลือเป็น 0.6463 เท่าของขนาดเดิม โดยจะต้องให้ก้านปึกอยู่ในตำแหน่งเดิม และมีความยาวของก้านเท่าเดิม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.5 การคำนวณอายุตลับลูกปืนที่คาดว่าจะนำมาใช้งาน (เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm)

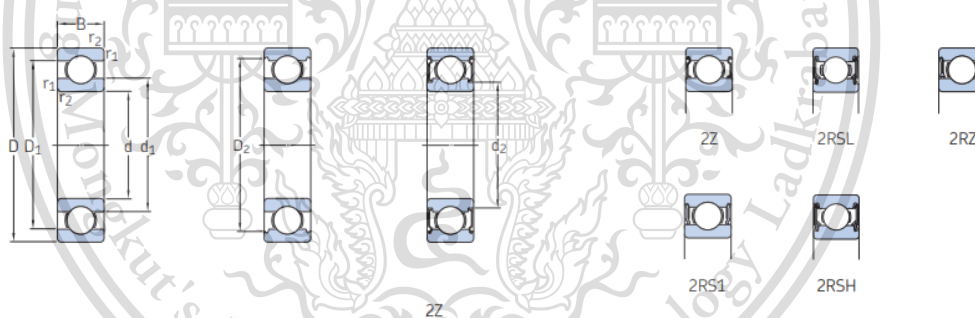
การออกแบบตัวไดรอนั้นส่วนใหญ่แล้วจะมีการใช้ motor แบบ BLDC หรือ มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน ซึ่งจะมีการใส่ตลับลูกปืนตรงบริเวณต้นเพลลาและปลายเพลลาเป็นแบบตลับลูกปืนกลม Ball Bearing เพื่อแรงเสียดทานที่ต่ำ

ปกติแล้วการที่เราจะประดิษฐ์มอเตอร์เองไปจนถึงการเลือกตลับลูกปืนเพื่อใช้งานนั้นเป็นเรื่องที่ยาก การซื้อมอเตอร์เป็นทางที่สะดวกกว่า ดังนั้นสิ่งที่ผู้ซื้อต้องคำนึงถึงการบำรุงซ่อมแซม การดูอายุ สภาพการใช้งานของ bearing ในงานนี้ผู้ออกแบบได้ซื้อมอเตอร์เอง ซึ่ง

มอเตอร์ที่ซื้อมานั้นมี Bearing แบบ ball bearing ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 10 mm และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลาเท่ากับ 3mm

จะขอเทียบกับ bearing ของ SKF ซึ่งดู spec ได้จาก SKF Catalog

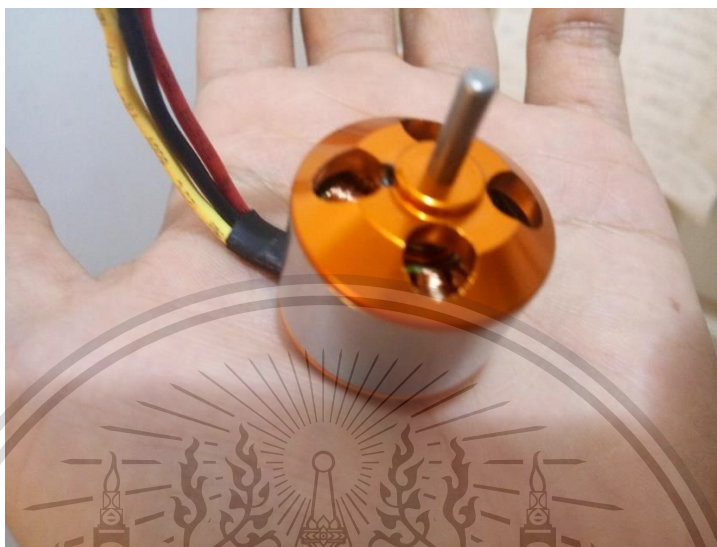
1.1 Single row deep groove ball bearings
d 3 – 6 mm



Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designations	
d	D	B	C	C ₀	P _u	Reference speed	Limiting speed ¹⁾	kg	Bearing open or capped on both sides	capped on one side ¹⁾
mm			kN		kN	r/min			-	
3	10	4	0,54	0,18	0,007	130 000	80 000	0,0015	▶ 623	-
	10	4	0,54	0,18	0,007	-	40 000	0,0015	▶ 623-2RS1	623-RS1
	10	4	0,54	0,18	0,007	130 000	60 000	0,0015	▶ 623-2Z	623-Z
4	9	2,5	0,423	0,116	0,005	140 000	85 000	0,0007	618/4	-
	9	3,5	0,54	0,18	0,07	140 000	70 000	0,001	628/4-2Z	-
	9	4	0,54	0,18	0,07	140 000	70 000	0,0013	638/4-2Z	-

รูปที่ 4.24 Catalog ของ Bearing SKF ที่จะนำมาเปรียบเทียบวิเคราะห์อายุ Bearing ที่คาดว่าจะนำมาใช้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหลดที่กระทำกับ bearing นั้นต้องพิจารณาจากอุปกรณ์



รูปที่ 4.25 โครงสร้างภายนอกโดยรวมของมอเตอร์ที่คาดว่าจะนำมาใช้งาน



รูปที่ 4.26 โครงสร้างภายในของมอเตอร์ที่คาดว่าจะนำมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.27 โครงสร้างบริเวณตลับลูกปืนที่ทำหน้าที่รับแรงของมอเตอร์ที่คาดว่าจะนำมาใช้งาน

จากภาพจะสังเกตได้ว่า มอเตอร์นั้นประกอบด้วย bearing 2 อัน มีด้านบนและด้านล่าง โดยด้านล่างนั้นมีแหวนตัว C ยึดตัวขึ้นส่วนเพลากับแบร็งด้านล่างอยู่ แต่แบร็งด้านบนไม่มีอะไรยึดอยู่เลย นั่นแสดงว่า แบร็งด้านล่างเท่านั้นที่รับโหลดแรงตั้งขึ้นของตัวใบพัดทั้งหมด นั่นคือแรง 14.715 N และใบพัดจะหมุนด้วยความเร็วประมาณ 10000 รอบต่อนาที

จากสูตรในการคำนวณ (ไม่คือน้ำหนักขึ้นส่วนเพราะน้อยมากเมื่อเทียบกับ load) หาอายุแบร็ง

$$F_e = XVF_r + YF_a$$

ซึ่ง ในชั้นส่วนนี้ไม่มีแรงในแรงรัศมีดังนั้น F_r จึงเท่ากับ 0

$$F_e = [F_a / C_0 * (0.285 / 0.09)] * F_a$$

$$F_e = ([\{0.09 - (F_a / C_0) \} / \{0.09 - 0.084\}] * [1.55 - 1.527] + 1.527) * F_a$$

$$F_e = 1.5586 * 14.715 = 22.935 \text{ N}$$

อายุการใช้งานคือ

$$L_{10} = (L_R * 60(n_R) / 60n_D) * (C_{dynamic} / F_e)^3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$L_{10} = (10^6 / 60 * 10000) * (540 / 22.935)^3$$

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

L10 = 21753.733 ชั่วโมง

หากโดรนต้องบินไป-มา เพื่อทำการส่งของวันละประมาณ 3 ชั่วโมง ดังนั้นลูกปิ่นจะมีโอกาสเสียที่ความน่าเชื่อถือ 90% อยู่ที่ระยะเวลาประมาณ $21753.733 / 3 = 7251$ วันหรือคือประมาณ 20 ปีนั่นเอง

ทั้งนี้ลูกปิ่นอาจเสียหายก่อนได้เนื่องจากสภาพการกัดกร่อนในสิ่งแวดล้อม และปัจจัยอื่นๆ ดังนั้นควรดูแลอย่างสม่ำเสมอ

4.6 การเลือกอุปกรณ์ที่จะนำมาสร้างโดรนอัตโนมัติและการประเมินราคาอย่างคร่าว

จากการวิเคราะห์ตัวโครงสร้าง ทำให้ผู้ดำเนินการวิจัยได้ทำการคัดเลือกอุปกรณ์ต่างๆให้สอดคล้องกับการทำงานตามวัตถุประสงค์ที่ได้วางเอาไว้ โดยจะต้องมีขนาดพอกับตัวโดรนที่ได้ออกแบบเอาไว้ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวที่ได้เลือกเอานั้นหลักๆที่สำคัญจำเป็นต้องกล่าวถึง ได้แก่

4.6.1 Flight Controller



รูปที่ 4.28 Pixhawk 2.4.8 Flight Controller

Pixhawk 2.4.8 นั้นเป็น Flight Controller ที่ได้รับความนิยมในการนำมาสร้างอากาศยานไร้คนขับอัตโนมัติ เนื่องจากตัว Software พื้นฐานจำเป็นที่รองรับการทำงานแบบอัตโนมัตินั้นสามารถหาได้ง่ายและเป็นที่ยอมรับของผู้คนจำนวนมากที่สนใจจะพัฒนาตัวโดรนอัตโนมัติ เนื่องจากตัว Pixhawk เองนั้นเป็นเป็นอุปกรณ์แบบ Open source ใครจะนำไปพัฒนาต่อยอดอย่างไรก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ กรุณาติดต่อผู้จัดทำเอกสารเพื่อขออนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

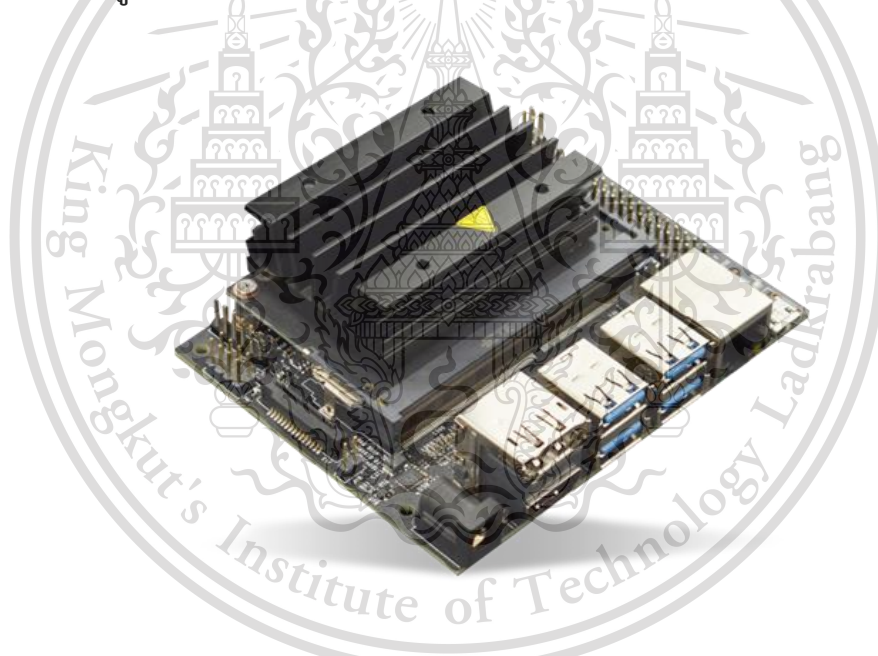
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ควบคุมจำเป็นต้องทราบขณะทำงานแบบเรียลไทม์ รวมถึงเป็นหัวใจสำคัญที่จะสั่งการมอเตอร์ให้หมุนด้วยความเร็วตามที่ต้องการทำให้โดรนนั้นเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ นอกจากนี้ยังเป็นตัวสั่งการ Gimbal ที่มีหน้าที่ในการรักษาทิศทางของกล้องให้คงที่เพื่อให้สามารถบันทึกภาพได้เสถียร ไม่แกว่งไปมา

ในตัว Pixhawk 2.4.8 นั้น มี micro controller สำรองอยู่ 1 ตัว หาก micro controller ตัวหลักมีปัญหา ตัวสำรองจะทำงานแทนให้โดรนลงจอดฉุกเฉินได้อย่างปลอดภัย

อุปกรณ์ชิ้นนี้มีราคาประมาณ 2500 บาท

4.6.2 ไมโครคอมพิวเตอร์ประมวลผลภาพขนาดพกพา Nvidia Jetson Nano



รูปที่ 4.29 Nvidia Jetson Nano

อุปกรณ์ชิ้นนี้เป็นอุปกรณ์หัวใจสำคัญอีกชิ้นในงานนี้เนื่องจากจะทำหน้าที่เป็นคอมพิวเตอร์ตัวประมวลผลภาพที่สามารถพกพาติดตัวไปกับโดรนได้ โดยจะเชื่อมต่อกับกล้องที่ติดอยู่กับตัว Gimbal ซึ่งกำลังการประมวลผลนั้นมีความเร็วเพียงพอที่จะทำให้โดรนนั้นสามารถสร้างเส้นทางการเดินทางแบบ realtime ได้ เมื่อได้เส้นทางการเดินทางของโดรนที่ได้จากการประมวลผลภาพแล้วก็จะส่งคำสั่งการ

เอกสารนี้เป็นควบคุมไปยังส่วนของ Flight Controller เป็นลำดับต่อไป นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

อุปกรณ์ชิ้นนี้มีราคาประมาณ 3800 บาท

4.6.3 รีโมทและอุปกรณ์รีซีฟเวอร์ fs-i6x



รูปที่ 4.30 รีโมทและรีซีฟเวอร์สำหรับการควบคุมแบบ Manual

ในขั้นตอนการพัฒนานั้นจะต้องมีการทดสอบรวมถึงควบคุมโดรนด้วยมือเพื่อความสะดวกและความง่ายในการควบคุมความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ดังนั้นจะต้องมีรีโมทที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมด้วยมือไปยังตัวโดรน

ในฝั่งของตัวโดรนเองก็จะมีตัวรีซีฟเวอร์ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณควบคุมจากรีโมทแล้วส่งสัญญาณแต่ละ channel ที่ควบคุมไปยัง Flight Controller เพื่อสั่งการมอเตอร์ต่อไป

อุปกรณ์ชิ้นนี้มีราคาประมาณ 1700 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6.4 เสารับส่งสัญญาณระหว่างโดรนกับคอมพิวเตอร์ภาคพื้นดิน Holybro 433MHz 500mW



รูปที่ 4.31 Telemetry รับส่งสัญญาณกับคอมพิวเตอร์ภาคพื้นดิน

ในขั้นตอนการพัฒนาการบินด้วยระบบอัตโนมัตินั้น จะต้องมีการใช้คอมพิวเตอร์ของผู้ควบคุมที่อยู่ภาคพื้นดินทำการสั่งการให้ตัวโดรนเริ่มขึ้นบิน และทำสิ่งต่างๆ ซึ่งจะต้องอาศัยการรับ-ส่งสัญญาณข้อมูล ที่มีประสิทธิภาพสูง กินระยะเวลาการส่งสัญญาณมีระยะทางที่ไกลในระดับ 1-2 กิโลเมตร ดังนั้นจะต้องอาศัย โมดูลรับ-ส่งสัญญาณ ด้วย Telemetry Holybro 433MHz 500mW สาเหตุที่ต้องใช้ความถี่ 433 MHz เนื่องจากเป็นความถี่ต่ำที่อนุญาตให้ใช้ได้ทั่วไปโดยไม่ต้องขออนุญาต และมีการสูญเสียต่ำ ส่งสัญญาณได้เป็นระยะทางไกล

อุปกรณ์ชิ้นนี้มีราคาประมาณ 2000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6.5 โมดูล GPS ระบุตำแหน่งด้วยระบบดาวเทียมและระบุทิศทาง RadioLink se100



รูปที่ 4.32 โมดูล GPS RadioLink se100

การที่ตัวโดรนนั้นจะสามารถรับรู้และรายงานตำแหน่งที่อยู่ ณ ขณะทำการบินอยู่ให้ผู้ควบคุมทราบได้นั้น ต้องอาศัยความสามารถของระบบ GPS ที่เป็นระบบระบุตำแหน่งด้วยการเทียบระยะดาวเทียมหลายๆดวง ทำให้ได้พิกัดตำแหน่งที่ค่อนข้างน่าเชื่อถือ มีความผิดพลาดต่ำในระยะเวลาไม่เกิน 1-2 เมตร นอกจากนี้ตัวโมดูลนี้มีเซนเซอร์เข็มทิศในตัว ทำให้โดรนสามารถบอกทิศทางที่โดรนนั้นหันไปหาได้อีกด้วย เป็นประโยชน์ในการสั่งการควบคุมการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ

อุปกรณ์ชิ้นนี้มีราคาประมาณ 1000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6.6 Electronics Speed Controller X-rotor ขนาด 40A



รูปที่ 4.33 ESC X-rotor ขนาด 40A

การจ่ายไฟเพื่อการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบ Brushless DC นั้นจำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์ที่มีวงจรเฉพาะที่ทำหน้าที่จ่ายสัญญาณควบคุมมอเตอร์ให้เป็นไปอย่างเหมาะสม มีรูปแบบสัญญาณที่ถูกต้อง และสามารถปรับความถี่ในการจ่ายสัญญาณได้เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้ตามที่เราต้องการโดยเราจะอาศัยอุปกรณ์ ESC เพื่อทำหน้าที่นี้ ซึ่ง ESC รุ่น X-rotor นั้นมีอุปกรณ์ในการตัดสัญญาณรบกวน และมีการตอบสนองที่รวดเร็ว ทำให้เหมาะแก่การนำมาใช้งานในการสร้างโดรน 4 ใบพัดเป็นอย่างมาก

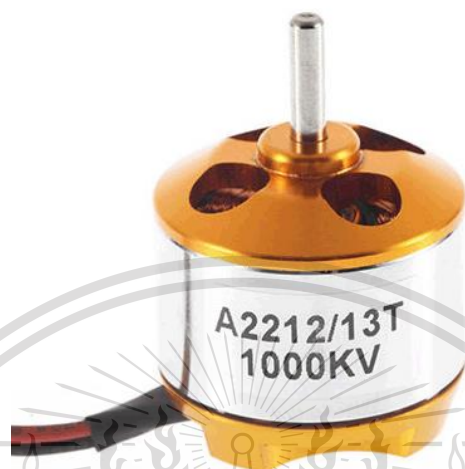
อุปกรณ์ชิ้นนี้มีราคาประมาณ 500 บาทต่อชิ้น ใช้ทั้งหมด 4 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6.7 มอเตอร์ Brushless DC A2212 1000KV 4 อัน



รูปที่ 4.34 มอเตอร์ Brushless DC A2212 1000KV

มอเตอร์เป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการขับเคลื่อนตัวโดรนให้บินไปด้วยความเร็ว และทิศทางที่ผู้ควบคุมต้องการ โดยในการสร้างโดรนนั้นมอเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดคือมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน ที่มีการจ่ายไฟกระแสตรงที่มีพฤติกรรมการจ่ายคล้ายไฟกระแสสลับ เนื่องจากเป็นมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านทำให้มีแรงเสียดทานที่ต่ำมากๆ สามารถใช้ความเร็วรอบสูงๆในการหมุนใบพัดได้โดยมีกำลังงานสูญเสียต่ำ ซึ่งมอเตอร์ 1000KV นี้ เมื่อใช้ 4 ตัว นั้นจะเหมาะกับภาระที่ใช้บรรทุก 3 กิโลกรัม โดยมีอัตราการใช้พลังงานเทียบกับอัตราการใช้พลังงานสูงสุดที่มอเตอร์สามารถรองรับได้อยู่ที่ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ อ้างอิงจากมอเตอร์ในลักษณะเดียวกันที่มีขายอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด เมื่อใช้คู่กับใบพัดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว

อุปกรณ์ชิ้นนี้มีราคาประมาณ 250 บาทต่อชิ้น ใช้ทั้งหมด 4 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6.8 Gimbal tarot 2 แกนหมุน รุ่น TL2D01



รูปที่ 4.35 Gimbal tarot 2 แกนหมุน รุ่น TL2D01

ในการรักษาสมดุลของกล้องที่ใช้ถ่ายภาพเพื่อนำไปประมวลผลนั้น จำเป็นที่จะต้องมีการรักษาตำแหน่งและองศาของกล้องให้คงที่ที่สุด แต่ว่าตัวโดรนนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาทำให้จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เฉพาะที่จะนำมารักษาสมดุลของกล้อง อุปกรณ์นั้นคือ Gimbal โดย Gimbal ที่เลือกมานั้นเป็น Gimbal สำเร็จรูปที่สามารถหมุนได้ 2 แกน โดยไม่สามารถหมุนกล้องแบบส่าย ซ้าย-ขวาได้ เพราะไม่จำเป็น ซึ่งจำเป็นที่จะต้องถูกนำมาดัดแปลงกลไกและชิ้นส่วนให้เข้ากับระบบโดรนที่ได้ออกแบบไว้

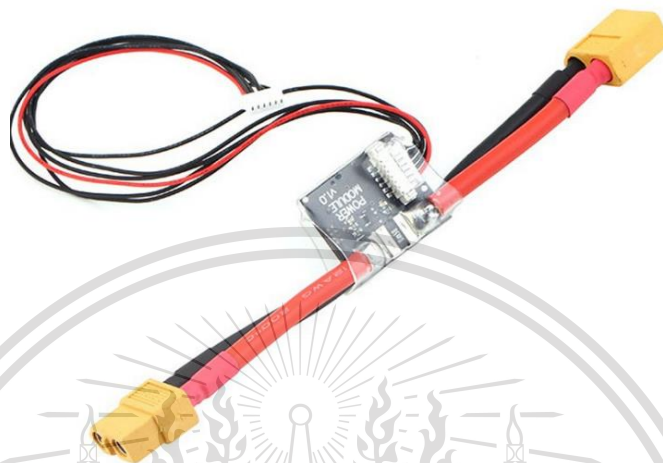
อุปกรณ์ชิ้นนี้มีราคาประมาณ 3000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6.9 โมดูลแปลงไฟกระแสตรงแบบลดแรงดันสำหรับ Pixhawk



รูปที่ 4.36 โมดูลแปลงไฟกระแสตรงแบบลดแรงดันสำหรับ Pixhawk

เนื่องจาก Flight Controller นั้นต้องมีการจ่ายไฟด้วยแรงดัน 5 Volt แต่ battery ที่ติดไปกับตัวโดรนนั้นมีแรงดันกว่า 12 Volt ทำให้จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในการแปลงไฟแบบ switching DC converter ทำหน้าที่แปลงไฟ ลดระดับแรงดันให้ใช้กับ Controller ได้ ซึ่งโมดูลที่ได้เลือกมานี้ใช้สำหรับ Pixhawk โดยเฉพาะเนื่องจากมีเซนเซอร์ที่ไววัดแรงดันและกระแสการใช้งานของแบตเตอรี่รวมอยู่ด้วย ทำให้เราสามารถรู้ถึงการใช้พลังงาน ณ ขณะนั้นได้

อุปกรณ์ชิ้นนี้มีราคาประมาณ 300 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6.10 โมดูล Switching DC converter สำหรับ Nvidia Jetson Nano (UBEC)



รูปที่ 4.37 โมดูลแปลงไฟกระแสตรงแบบลดแรงดันสำหรับ Nvidia Jetson Nano

เนื่องจาก Nvidia Jetson Nano นั้นต้องการจ่ายไฟด้วยแรงดัน 5 Volt แต่ battery ที่ติดไปกับตัวโดรนนั้นมีแรงดันกว่า 12 Volt ทำให้จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในการแปลงไฟแบบ switching DC converter ทำหน้าที่แปลงไฟ ลดระดับแรงดันให้ใช้กับ Jetson Nano ได้ ซึ่งโมดูลที่ได้เลือกนี้เป็น UBEC (Universal Battery Eliminator Circuit) ที่สามารถต่อ Volt input ได้ถึง 7-25 Volt และสามารถจ่ายกระแสต่อเนื่องได้ที่ 4A ซึ่งเพียงพอต่ออัตราการบริโภคพลังงานของ Jetson Nano และสามารถจ่ายกระแสชั่วขณะได้สูงสุดถึง 6A

อุปกรณ์ชิ้นนี้มีราคาประมาณ 350 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.6.11 แบตเตอรี่ Li-po 3 cell 11.1 Volt ขนาด 6000mAh



รูปที่ 4.38 แบตเตอรี่ Li-po 3 cell 11.1 Volt ขนาด 6000mAh

แบตเตอรี่ที่เลือกนั้นจะต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอและไม่หนักจนเกินไปที่ตัวโดรนจะแบกไหว และสามารถจ่ายพลังงานให้เพียงพอต่อการบินไปกลับอย่างน้อย 1 เที่ยวบินได้ ทำให้ผู้ออกแบบได้เลือกใช้แบตเตอรี่ Li-po 11.1 Volt ที่สามารถจ่ายกระแสได้มากเพียงพอต่อความต้องการ (ราว 60-80A) และมีขนาดความจุของแบตเตอรี่ประมาณ 6000mAh ที่ซึ่งจะทำให้โดรนนั้นบินอยู่ในอากาศได้ไม่น้อยกว่า 10-15 นาที เพียงพอต่อการบิน 1 เที่ยวบิน และน้ำหนักอยู่ที่ประมาณ 500-600 กรัม ถือได้ว่าไม่หนักมากจนเกินไปที่โดรนจะแบกได้ไหว

อุปกรณ์ชิ้นนี้มีราคาประมาณ 1500 บาท

รวมเบ็ดเสร็จทั้งหมดแล้วในการสร้างโดรนนั้นจะต้องใช้ค่าใช้จ่ายไปกับการซื้ออุปกรณ์สำเร็จรูป

อยู่ที่งบประมาณสุทธิประมาณ 20000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเรื่องการพัฒนาระบบนำทางและระบุตำแหน่งอัตโนมัติสำหรับโดรน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการประยุกต์ใช้ในการจัดส่งเครื่องดื่มนั้น ได้มีการแบ่งการทดลองออกเป็นหลายๆ ส่วน เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการการทำงานนั้น จะสามารถสรุปผลของการทำงานในแต่ละส่วนได้ดังนี้

ในส่วนของการประมวลผลภาพเพื่อประยุกต์ใช้ในการลงจอดของโดรนนั้น ได้ทำการทดลองด้วยวิธีการแตกต่างกัน 3 วิธี เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปพัฒนาใช้ให้เหมาะสมกับโครงงาน โดยจากการทดลองนั้น สามารถสรุปผลได้ คือ วิธีการตรวจจับภาพโดยใช้ Opencv ร่วมกับตัวตรวจจับนั้นจะให้ผลการทดลองที่สามารถตรวจจับวัตถุได้เพียงประเภทเดียว การใช้วิธีการตรวจจับวัตถุด้วยวิธีการตรวจจับวัตถุโดยใช้ ImageAI นั้นจะมีข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีและทรัพยากรการประมวลผลที่ค่อนข้างสูง และวิธีการตรวจจับวัตถุโดยใช้ YOLOv3 จะสามารถตรวจจับวัตถุได้หลากหลายประเภทในคราวเดียว และใช้ทรัพยากรเทคโนโลยีและการประมวลผลที่น้อย ดังนั้นจึงได้ทำการเลือกใช้วิธีการตรวจจับภาพของ YOLOv3 ซึ่งมีข้อจำกัดน้อยที่สุดสำหรับการนำไปพัฒนาต่อยอดให้เหมาะสมกับโครงงาน เนื่องจากสามารถตรวจจับวัตถุได้มากกว่าหนึ่งประเภท มีประสิทธิภาพสูง และมีข้อจำกัดในด้านเทคโนโลยีน้อย

ในส่วนของการออกแบบโครงสร้างและการเลือกอุปกรณ์เพื่อใช้ในการสร้างระบบโดรนอัตโนมัติ นั้น โดรนที่ได้ทำการออกแบบนั้นมีคุณสมบัติ และขนาดเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการขึ้นบินรับ-ส่ง เครื่องดื่มที่มีขนาดพิกัดสัมภาระประมาณ 700 กรัม และจากการวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นส่วนรับแรง นั้นพบว่ามี การออกแบบเกินความจำเป็น สามารถลดขนาดชิ้นส่วนได้โดยไม่มีผลเสียต่อการทำงานของโดรน ซึ่งสามารถใช้ขนาดพื้นที่หน้าตัดของก้านปีกเหลือราว 0.64 เท่าของพื้นที่หน้าตัดเดิม และการเลือกอุปกรณ์นั้นพบว่าการสร้างโดรนอัตโนมัตินั้นมีค่าใช้จ่ายที่จะต้องใช้ในการซื้ออุปกรณ์สำเร็จรูปอยู่ที่ประมาณ 20000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.2 ปัญหาที่พบ

เนื่องจากเทคโนโลยีที่มีนั้นค่อนข้างล้ำสมัย จึงทำให้ไม่สามารถทำการทดลองบางอย่างให้สำเร็จได้ จึงต้องทำการค้นหาวีธีที่ใกล้เคียงกันมาแทนที่

เนื่องจากระหว่างการทำงานมีการสูญหายของข้อมูลภายในคอมพิวเตอร์ ทำให้บางข้อมูลมีแต่เพียงผลลัพธ์ซึ่งได้ทำการทดลองไว้ก่อนข้อมูลสูญหาย แต่วิธีการที่ทำให้ได้มาของข้อมูลนั้น อาจจะสูญหายไปบ้าง

เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นในระดับประเทศ เช่น ปัญหาของโรคระบาดที่เกิดขึ้น ทำให้ทางสถาบันมีการออกนโยบายการรักษาระยะห่างรวมทั้งนโยบายในการเข้าทำงานภายในสถาบัน รวมทั้งผลกระทบ่วงที่เกิดขึ้นกับเศรษฐกิจ ทำให้การหาอุปกรณ์และเทคโนโลยีต่างๆมาทำงานให้สำเร็จลุล่วงเป็นไปได้อย่างลำบาก จึงส่งผลทำให้การทำงานเป็นไปด้วยความล่าช้ากว่าที่กำหนดไว้ และไม่สามารถหาสร้างชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้ให้ลุล่วงจนสำเร็จได้ ทำได้เพียงแค่ออกแบบโครงสร้างของโดรนตามความเหมาะสมและเลือกอุปกรณ์ที่ต้องใช้รวมถึงคำนวณค่าใช้จ่ายอย่างคร่าวๆที่อาจเกิดขึ้น เพียงเท่านั้น

5.3 แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ

1. ต้องทำการยกระดับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทำงานด้านการประมวลผลภาพ ให้มีประสิทธิภาพที่สูงกว่านี้ เพื่อให้สามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ
2. สามารถนำแบบที่ได้ออกแบบไว้ รวมถึงแนวทางในการเลือกอุปกรณ์ไปใช้สร้างโดรนอัตโนมัติตัวต้นแบบให้สามารถทำงานได้จริงต่อไปในอนาคตภายภาคหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

- [1] Image Processing (ออนไลน์). สืบค้นจาก :
<https://medium.com/tni-university/image-processing-981c65c26289>
- [2] OpenCV (ออนไลน์). สืบค้นจาก :
<https://kdbbeer.dev/blogs/viewผมมาทำความรู้จักกับ-Open-CVกันเถอะ-5eb961fbec76f75f73915b6e>
- [3] OpenCV (ออนไลน์). สืบค้นจาก :
<https://medium.com/@nut.ch40/opencv-คืออะไร-8771e2a4c414>
- [4] ImageAI (ออนไลน์). สืบค้นจาก :
<https://www.mindphp.com/บทเรียนออนไลน์/python-tensorflow/7304-ts-imageai.html>
- [5] YOLO (ออนไลน์). สืบค้นจาก :
<https://pjreddie.com/darknet/yolo/>
- [6] PLA Strength (ออนไลน์). สืบค้นจาก :
https://www.researchgate.net/figure/Tensile-and-compressive-yield-stress-for-ABS-and-PLA-for-flat-and-upright-printing_fig11_335060708
- [7] SKF Bearing Catalog (ออนไลน์). สืบค้นจาก :
https://www.skf.com/binaries/pub12/Images/0901d196802809de-Rolling-bearings--17000_1-EN_tcm_12-121486.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

โปรแกรมการประมวลผลภาพ

1 โปรแกรมที่ใช้สำหรับการประมวลผลภาพ

โปรแกรมที่ใช้สำหรับการทำการทดลองด้านประมวลผลภาพนั้น ได้ทำการใช้โปรแกรม Visual Studio 2019 โดยใช้ภาษา Python เป็นภาษาในการเขียน

2 โปรแกรมประมวลผลภาพของ YOLOv3

```
import cv2
import parinya
cap = cv2.VideoCapture('video3.mp4')
frame_width = int(cap.get(3))
frame_height = int(cap.get(4))
out = cv2.VideoWriter('video6Result.avi',cv2.VideoWriter_fourcc(*'MJPG'), 45, (frame_width,frame_height))
yolo = parinya.YOLOv3('coco.names', 'yolov3.cfg', 'yolov3.weights')
while True:
    ret,frame = cap.read()
    yolo.detect(frame)
    out.write(frame)
    cv2.imshow('frame',frame)
    if(cv2.waitKey(1) & 0xff != ord('q')):
        break
cap.release()
out.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

หมายเหตุ* สำหรับผลการทดลองที่ได้จาก YOLOV3 จะได้มาจากการนำวิดีโอต่างๆที่ถ่ายมาสับเปลี่ยนลงในโปรแกรมนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ - นามสกุล : นายธีรเชษฐ์ สืบสำราญ

ที่อยู่ : บ้านเลขที่ 68/4 หมู่ 9 ต.บางเลน อ.บางใหญ่ จ.นนทบุรี

รหัสไปรษณีย์ 11140

Email : 60010475@kmitl.ac.th

การศึกษา :

ระดับมหาวิทยาลัย : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ นนทบุรี



ชื่อ - นามสกุล : นายศราวิน ใจสมุทร วันเกิด : 27 สิงหาคม 2541

ที่อยู่ : บ้านเลขที่ 226/7 หมู่ 1 ถนนศรีสวัสดิ์ ต.มะขามเตี้ย อ.เมือง จ.สุราษฎร์ธานี 84000

โทรศัพท์ : 084-8417141

Email : zola2541@hotmail.com

การศึกษา :

2560-2563 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2557-2559 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา

2554-2556 โรงเรียนสุราษฎร์ธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.