



โครงการ

ชุดควบคุมรถไถเดินตามแบบอัตโนมัติ



นายปฏิภาณ

นิมธานี

B5923557

นายอัครพล

ฉิมดอน

B5924004

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2561

ชื่อโครงการ	ชุดควบคุมรถไถเดินตามแบบอัตโนมัติ
ชื่อนักศึกษา	นาย ปฏิภาณ นิมมานี B5923557
	นาย อัครพล ชิมคอน B5924004
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. ชีตัต คลวิชัย

บทคัดย่อ

โครงการนี้ออกแบบและสร้างชุดควบคุมรถไถอัตโนมัติใช้งานทางด้านเกษตรเพื่อความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้และผู้ใช้งานสามารถควบคุมผ่านโทรศัพท์มือถือ หลักการทำงานของรถไถอัตโนมัติคือ วาดเส้นทางเดินของรถไถในแอปพลิเคชันและออกแบบชุดควบคุมสมดุรถไถในโปรแกรม Solid works เซ็ตParametersในโปรแกรมMission planner โดยอุปกรณ์ที่นำไปติดตั้งได้แก่ Servo motor เพื่อใช้ดึงเบรกและคันเร่ง ชุดควบคุมสมดุขของรถไถเพื่อปรับสมดุขของรถไถให้สามารถคราดดินได้ และบอร์ด Pixhawk เพื่อใช้ควบคุม Servo motor ผลที่ได้จากโครงการคือ ชุดควบคุมรถไถอัตโนมัติที่ทำงานได้เสถียรในระดับหนึ่ง

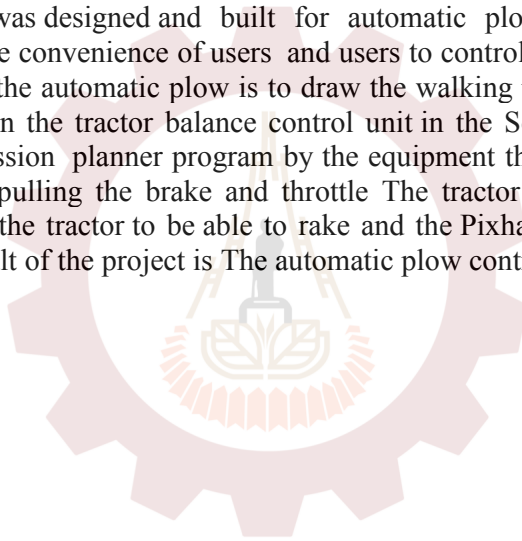
สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Project name Automatic walking tractor control unit
Student name Mr. Patiphan Nimthanee B592357
Mr. Akarapon Chuemdon B5924004
Advisors Dr. Teetut Dolwichai

Abstract

This project was designed and built for automatic plow control vehicles for agricultural use for the convenience of users and users to control via mobile phones. The working principle of the automatic plow is to draw the walking path of the tractor in the application and design the tractor balance control unit in the Solid works program. Set Parameters in the Mission planner program by the equipment that is installed, including the servo motor for pulling the brake and throttle The tractor balance control unit to adjust the balance of the tractor to be able to rake and the Pixhawk board to control the servo motor. The result of the project is The automatic plow control unit that operates at a certain level



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับการอนุมัติจาก อาจารย์ ดร. ชีทัต คลวิชัย จึงขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. ชีทัต คลวิชัย เป็นบุคคลแรก ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของโครงการได้ปรึกษาทั้งเรื่องการขอเบิกงบและปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างขึ้นรูปชุดควบคุมรถ โถนี้ โดยที่ท่านคอยชี้แนะในส่วน ของ DC motor Servo motor และการจัดบันทึกผลการทดลองต่างๆ

บุคคลที่สองที่จะขอขอบคุณคงไม่พ้นบิดามารดาที่ได้สนับสนุนทุนในการทำโครงการนี้ซึ่งใช้เงินเป็นจำนวนเยอะมากๆ เนื่องจากไม่สามารถขอเบิกงบจากมหาวิทยาลัยได้เพราะเวลาที่น้อยและการขอเบิกที่ยุ่งยากเกินไป โดยสมาชิกในกลุ่มได้พิจารณาว่า ถ้าเกิดทำการขอเบิกงบผ่าน คงไม่ได้สร้างชิ้นงานตามที่ได้รับมอบหมายเป็นแน่แท้

บุคคลที่สามที่จะขอขอบคุณคงเป็นเจ้าของร้าน BIG HOBBY เพราะพี่บ๊วกคนนี้เป็นบุคคลที่เชี่ยวชาญทางด้านบอร์ด Pixhawk เป็นอย่างมาก ถ้าไม่ได้พี่บ๊วกช่วยไว้ปรับตัวบอร์ดและรีโมตคอนโทรลโปรเจกต์นี้ไม่มีทางสำเร็จ

บุคคลสุดท้ายที่จะขอขอบคุณคือครอบครัวของ นาย ณัฐดิตร เกี้ยวสูงเนิน ที่ได้ให้ความรู้เรื่องการควบคุมรถ โถกับที่คราดและยังให้ยืมรถ โถในการทดลองชุดควบคุมรถ โถชุดนี้อีกด้วย

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปฏิภาณ นิ่มธานี
อักรพล ชิมคอน

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูปภาพ	ค
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2 ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 รถไถเดินตาม	3
2.2 Pixhawk	4
2.3 Arduino และ Servo Motor	5
2.5 ทอร์กและโมเมนต์ของแรง	6
3 วิธีการดำเนินโครงงาน	7
3.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	7
4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	8
4.1 ผลการทดลอง	8
4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง	8
5 สรุปและข้อเสนอแนะ	9
5.1 สรุป	9
5.2 ข้อเสนอแนะ	9
ประวัติผู้เขียน	10
เอกสารอ้างอิง	11
ภาคผนวก	12

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1	รถไถเดินตาม	3
2	Pixhawk PX4	4
3	Arduino logo	5
4	Servo motor 65kg.cm	6
5	ชุดควบคุมขณะติดตั้ง	8
6	รอยคราด	8



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของโครงการ

โรคฮีทสโตรกเป็นโรคที่เกิดจากการที่ร่างกายได้รับความร้อนมากเกินไป จนทำให้ความร้อนในร่างกายสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส สำหรับอาการที่เบื้องต้น ได้แก่ เมื่อยล้า อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ หน้ามืด ระยะถัดมาอุณหภูมิในร่างกายสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว รุขุมขนจะปิดจนไม่สามารถระบายเหงื่อได้ บางรายอาจถึงขั้นชักกระตุกและหมดสติ มีไข้สูง ตัวร้อนมาก ซึ่งส่งผลต่อระบบไหลเวียนโลหิตและระบบสมอง ถ้าไม่ได้รับการแก้ไขอย่างถูกต้องและทันเวลา อาจทำให้หัวใจหยุดเต้นและถึงแก่ชีวิตได้

โรคฮีทสโตรกจึงเป็นปัญหาหลักๆที่ชาวเกษตรกรต้องเผชิญกับความเสี่ยงตลอดทั้งวัน โดยในปี พ.ศ.2559 มีผู้เสียชีวิตจากโรคฮีทสโตรกเป็นจำนวน 21 รายและในปี 2561 มีผู้เสียชีวิตจากโรคฮีทสโตรกเป็นจำนวน 32 รายด้วยกัน

ส่วนปัญหาอีกปัญหาที่ชาวนาต้องพบเจออีกปัญหาคือ โรคฉี่หนูเกิดจากการสัมผัสเชื้อโรคฉี่หนู (Leptospirosis หรือ *Leptospira interrogans*) ในปัสสาวะของสัตว์ที่ปนเปื้อนอยู่ในพื้นที่ชื้นแฉะหรือมีน้ำขัง เชื้อโรคอยู่ในหนู วัว ม้า หมู สุนัข โดยเข้าร่างกายได้ทางแผลที่ผิวหนังหรือเยื่อเมือก ทำให้เกิดการทำลาย ตับ ไต กล้ามเนื้อ ผิวหนัง และหลอดเลือด ทำให้มีเลือดออกเป็นจุดเล็กๆ ทั่วไป

เชื้อเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านทางผิวหนังที่มีรอยแผลหรือเยื่อเมือกแล้วเข้าสู่กระแสเลือดแล้วแบ่งตัวแพร่กระจายไปยังอวัยวะต่างๆ แล้วร่างกายจะกำจัดเชื้อด้วยกระบวนการกินเชื้อ (Phagocytosis) และระบบน้ำเหลือง เชื้อโรคจะถูกกำจัดให้หมดไปจากกระแสเลือดอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลา 4-7 วัน แต่มีเชื้อบางส่วนที่ยังมีชีวิตอยู่ในอวัยวะต่างๆ เช่น ตับ ไต กล้ามเนื้อ ผิวหนัง หลอดเลือดฝอย เป็นต้น หากตับมีเชื้อจำนวนมากจะทำให้ตับโต มีการเสื่อมและตายของเนื้อตับเป็นหย่อมๆ ทั่วตับทำให้ตับเสียหายที่ ไตจะบวมและมีการเสื่อมและตายของเซลล์ กล้ามเนื้อมักมีจุดเลือดออกที่กล้ามเนื้ออ่อนและอวัยวะภายใน ผิวหนังและเยื่อช่องปากมีจุดเลือดออกเป็นจุดเล็กๆ ทั่วร่างกาย หลอดเลือดฝอยถูกทำลายโดยที่ชาวนาจะพบกับความเสี่ยงของโรคฉี่หนูสูงมากเพราะนาที่เกษตรกรลงไปดำนานั้นเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคฉี่หนูที่สำคัญ

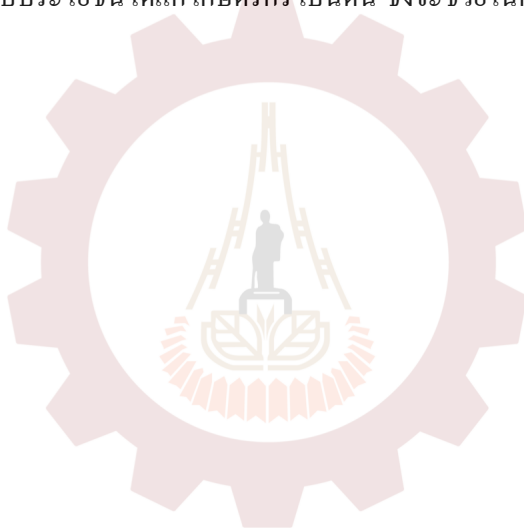
การออกแบบและสร้างชุดควบคุมรถไถในระยะใกล้จะทำให้ชาวเกษตรกรหลีกเลี่ยงโรคฮีทสโตรกที่เกิดจากอากาศร้อนและโรคฉี่หนูที่เกิดจากเชื้อโรคฉี่หนูได้

วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบและจัดทำชุดควบคุมรถไถเดินตามแบบอัตโนมัติ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

กลุ่มอาชีพที่ได้รับประโยชน์ได้แก่ เกษตรกร เป็นต้น ซึ่งจะช่วยในการประหยัดเวลาและลดการทำงานของเกษตรกรลง



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

ทฤษฎีและเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

รถไถเดินตาม เป็นเครื่องจักรกลต้นกำลังอีกชนิดหนึ่งที่เป็นเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดียวไปขับเคลื่อน ล้อรถไถ โดยออกแรงลากจูงหรือผลักดันเครื่องมือท่อนแรงประเภทต่างๆ เช่น พรวนจาน ไถหัวหมู เครื่องหยอดเมล็ด เป็นต้นซึ่งในปัจจุบันเกษตรกร ชาวไร่ ชาวนาส่วนใหญ่นิยมใช้รถไถเดินตามกันมากขึ้น ซึ่งมีความคล่องตัวสามารถทดแทนแรงงานของวัวและควาย รวมทั้งยังมีราคาถูกกว่ารถแทรกเตอร์ เกษตรกรสามารถเป็นเจ้าของเองได้ส่วนใหญ่เกษตรกรจะใช้รถไถเดินตามเป็นต้นกำลังในการไถเตรียมดิน นอกจากนั้นยังสามารถนำไปใช้เป็นตัวกำลังในการทำงานอื่นๆ ได้อีก เช่น ใช้ลากเครื่องปลูกพืช ลากจูงรถพ่วงขนถ่ายสิ่งของต่างๆ เครื่องยนต์ของรถไถสามารถใช้เป็นต้นกำลังในการจุดเครื่องสูบน้ำได้อีกด้วยรถไถเดินตามที่ใช้ในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะผลิตในประเทศไทย ซึ่งส่วนมากแล้วจะขนาดตั้งแต่ 8-14 แรงม้า ซึ่งจะมีเครื่องยนต์และ โครงสร้างการทำงานของเครื่องจักรที่ไม่ซับซ้อนสามารถซ่อมแซมปรับแต่งและบำรุงรักษาได้ง่าย ยังมีสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานเหมาะสมกับสภาพพื้นที่และลักษณะของงานได้เป็นอย่างดี

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 1 รถไถเดินตาม

Pixhawk เป็นบอร์ดที่ใช้ควบคุมเครื่องบิน มัลติโรเตอร์ หรือพุดาให้่ง่ายก็คือ ทำเครื่องบินบังคับวิทยุทั่วไปให้กลายเป็น UAV หรือ Drone ได้ นอกจากนี้ยังสามารถควบคุม platform อื่นๆ ได้ เช่น Helicopter, Rover ทั้งรถและเรือและที่มาแรงในปัจจุบันคือ VTOL UAV ทั้ง Quadplane, Tailsitter และ Tiltotor โดยSoftware(Firmware)ที่ใช้ควบคุมนั้นเป็น Open source (Ardupilot, PX4) ทำให้สามารถปรับปรุงโค้ดเพิ่มเติมได้อย่างไรขีดจำกัดอีกทั้งยังสามารถเชื่อมต่อกับบอร์ด Raspberry Pi ซึ่งติดตั้ง Robot Operating System (ROS) จึงเป็นการเพิ่มขีดความสามารถให้หลากหลายมากขึ้น Pixhawk เหมาะกับทั้งงานอดิเรก ผู้ที่จะนำไปใช้งานจริง รวมถึงงานวิจัยและพัฒนาทั้งภาคอุตสาหกรรมและการศึกษา เมื่อติดตั้งบอร์ดแล้ว จะทำให้ Platform นั้นทำงานอย่างอัตโนมัติ เช่น เดินทางไปตำแหน่งที่ต้องการ (Waypoint) บินไปที่ความเร็วและความสูงตามต้องการ (Speed and altitude hold) ขึ้นและลงอย่างอัตโนมัติ (Automatic Takeoff and Landing) - ปัจจุบัน UAV ถูกใช้อย่างแพร่หลายทั้งด้านเกษตรกรรม การถ่ายภาพ การทำแผนที่ หรือแม้กระทั่งการขนส่งทางอากาศ ซึ่ง Pixhawk สามารถตอบสนองความต้องการเหล่านี้ได้เป็นอย่างดี



สาขาวิชาวิศวกรรมอากาศยาน
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 2 Pixhawk PX4

Arduino คือ โครงการที่นำชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ มาใช้ร่วมกันในภาษา C ซึ่งภาษา C นี้เป็นลักษณะเฉพาะ คือมีการเขียนไวยากรณ์ของ Arduino ขึ้นมาเพื่อให้การตั้งงานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่แตกต่างกัน สามารถใช้งานโค้ดตัวเดียวกันได้ โดยตัวโครงการได้ออกบอร์ดทดลองมาหลายรูปแบบ เพื่อใช้งานกับ IDE ของตนเอง สาเหตุหลักที่ทำให้ Arduino เป็นนิยมมากเป็นเพราะซอฟต์แวร์ที่ใช้งานร่วมกันสามารถโหลดได้ฟรี และตัวบอร์ดทดลองยังถูกแจกแปลนทำให้ผู้ผลิตเงินนำไปผลิตและขายออกตลาดมาในราคาที่ถูกลงๆ โดยบอร์ดที่ถูกลงที่สุดในตอนนี้คือบอร์ด Arduino ที่มีราคาเพียง 120 – 150 บาทเท่านั้น



รูปที่ 3 Arduino logo

เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน (State) ไม่ว่าจะ เป็นระยะ ความเร็ว มุมการหมุน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว (Speed), ควบคุมแรงบิด (Torque), ควบคุมแรงตำแหน่ง (Position), ระยะทางการเคลื่อนที่ (หมุน) (Position Control) ของตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้ โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง ขนาดของ Servo Motor จะมีหน่วยในการบอกขนาดเป็นวัตต์ (Watt) Servo Motor ของ Panasonic จะมีขนาดตั้งแต่ 50W-15kWทำให้ผู้ใช้งานมีความหลากหลายในการใช้งาน



รูปที่ 4 Servo motor 65kg.cm

ทอร์ก T คือ ความพยายามของแรงที่จะหมุนวัตถุรอบแกนหรือจุดหมุนหรือก็คือ โมเมนต์ของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบหมุน มีหน่วย $N \cdot m$ เกิดจากผลคูณเชิงเวกเตอร์ของเวกเตอร์ตำแหน่ง r กับแรง F

$$T = r \times F$$

T = คือ ทอร์กของแรง หน่วยเป็น นิวตัน. เมตร

r = คือ รัศมีการหมุนของวัตถุ หน่วยเป็น เมตร

F = คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุในทิศตั้งฉากกับรัศมีการหมุน หน่วยเป็น นิวตัน

โมเมนต์ของแรง (Moment of Force) คือ ผลของแรงที่ทำให้วัตถุเกิดการหมุนรอบจุดจุดหนึ่ง มีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร (N-m)

ขนาดของโมเมนต์มีค่าเท่าแรงคูณระยะตั้งฉากจากจุดหมุนถึงแนวแรง

$$\text{โมเมนต์ของแรง} = F \times L$$

F แทน ขนาดของแรง

L แทน ระยะทางที่ตั้งฉากจากแนวการกระทำของแรงถึงจุดหมุน

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ

- ขั้นตอนการดำเนินโครงการ
1. สำรวจขนาดของรถไถและสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
 2. ระบุวัตถุประสงค์ที่ต้องสั่งซื้อ
 3. ออกแบบและสร้างแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Solid Works
 4. เขียนโปรแกรมให้บอร์ดที่ใช้ควบคุมรถไถ
 5. จัดซื้อ
 6. สร้างชิ้นงานที่ได้ออกแบบไว้และลงโปรแกรมที่เขียนไว้
 7. แก้ไขแบบและโปรแกรมที่ผิดพลาด
 8. ทดลอง
 9. บันทึกผล

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

รถไถมีความเร็ว 0.1 m/s ถึง 0.8 m/s สามารถคราดได้ระดับนิ่งตามมวลถ่วงที่ใส่ไปและในโหมดอัตโนมัติเกิด Error 3-4 เมตรและทำการทดลองในพื้นที่ขนาด 3 ไร่โดยมวลถ่วงที่ใส่ไปคือหินหนัก 5 กิโลกรัม



รูปที่ 5 ชุดควบคุมขณะติดตั้ง



รูปที่ 6 รอยคราด

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ปัญหาที่พบหลักๆคือน้ำหนักที่กดลงดินไม่หนักพอและการหักเลี้ยวของรถไถเมื่อเปิดโหมด Auto จะหักเลี้ยวมากเกินไปทำให้รถไถเคลื่อนที่เป็นตัวอักษร S

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ความเรียบของพื้นดินมีผลต่อการคราดและพื้นที่ที่จะทำการคราดในโหมด Auto มีผลต่อลักษณะการทำงานของรถไถ

ข้อเสนอแนะ

ต้องเปลี่ยนมวลถ่วงที่ใส่เข้าไปในถังจากหินเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักมากกว่าหินและการกำหนดจุดควรจะกำหนดให้รถไถมีองศาการเลี้ยวที่น้อยลงจะทำให้รถไถไม่เคลื่อนที่เป็นลักษณะตัวอักษร S

สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย ปฏิภาณ นิมธานี
ชื่อเล่น	บอล
วัน/เดือน/ปีเกิด	6 กรกฎาคม 2540
ที่อยู่ปัจจุบัน	53/1 หมู่ที่ 4 ต.เมืองเก่า อ.เสาไห้ ซ.วัดซึ้ง จ.สระบุรี 18160
อีเมลล์	thestreets@hotmail.co.th
ประวัติการศึกษา	
ระดับมัธยมศึกษา	โรงเรียนเสาไห้ “วิมลวิทยานุกูล”

ชื่อ-นามสกุล	นาย อัครพล ชิมดอน
ชื่อเล่น	ตาม
วัน/เดือน/ปีเกิด	18 กันยายน 2540
ที่อยู่ปัจจุบัน	94/1 ต.ในเมือง อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
อีเมลล์	akarapon.tam@gmail.com
ประวัติการศึกษา	
สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์	
ระดับมัธยมศึกษา	โรงเรียนนรีวิทยวิทยา

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

วิภาดา กาลกลาง. (2555). **บทที่ 2 ทอร์กกับการเคลื่อนที่แบบหมุน** [ออนไลน์]. ได้จาก:

<https://sites.google.com/site/sosindindyhiphip/home/thxr-kkab-kar-kheluxnthi-baeb-hmun>

บริษัท ไอครีเอทีฟซิสเต็มส์ จำกัด. (2561). **Pixhawk 3 Pro : แคะกล่อง+ทำความเข้าใจ Pixhawk 3 บอร์ด**

นี่คืออะไร ทำอะไรได้บ้าง? [EP.01-Part 1] [ออนไลน์]. ได้จาก:

<https://www.youtube.com/watch?v=NTkTHft7Fok>

IOXhop. (2558). **Arduino ตอนที่ 1 Arduino คืออะไร** [ออนไลน์]. ได้จาก:

<https://www.ioxhop.com/article/1/arduino->

[%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-1-arduino-](https://www.ioxhop.com/article/1/arduino-%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88-1-arduino-)

[%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3](https://www.ioxhop.com/article/1/arduino-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3)

ฉัตรชัย ธิบรวมทรัพย์. (2560). **เซอร์โวมอเตอร์ (SERVO MOTOR)** [ออนไลน์]. ได้จาก:

<http://www.advance->

[electronic.com/blog/detail/86/th/%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A](http://www.advance-electronic.com/blog/detail/86/th/%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A)

[3%E0%B9%8C%E0%B9%82%E0%B8%A7%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C-\(Servo-Motor\).html](http://www.advance-electronic.com/blog/detail/86/th/%E0%B9%80%E0%B8%8B%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C-%E0%B9%82%E0%B8%A7%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C-(Servo-Motor).html)

กองวิจัยและพัฒนาข้าว. (2559). **รถไถเดินตาม** [ออนไลน์]. ได้จาก:

<http://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=10-4.htm>

Hello Physics!. (2553). **โมเมนต์และคาน** [ออนไลน์]. ได้จาก:

http://nomyensci.blogspot.com/2010/09/blog-post_7068.html



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มวลถ่วงหนัก 7 กิโลกรัม

จุดที่ไกลที่สุดห่างจากจุดหมุนคือ 1.074 เมตร

โมเมนต์ = แรง x ระยะที่ห่างจากจุดหมุน

$$= 7 * 9.81 * 1.074$$

$$= 73.7518 \text{ N.m}$$

จุดที่ไกลที่สุดห่างจากจุดหมุนคือ 1.5 เมตร

โมเมนต์ = แรง x ระยะที่ห่างจากจุดหมุน

$$= 7 * 9.81 * 1.5$$

$$= 103.005 \text{ N.mm}$$



สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี