

การพัฒนาอากาศยานไร้คนขับเพื่อเฝ้าระวังและลดการระบาดของหอยเชอรี่ในแปลงการเกษตร

ศิริเรือง พัฒน์ช่วย^{1*} และ พรประสิทธิ์ บุญทอง²

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต.หนองแก อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์ 77110

* Corresponding Author: siriruang.pha@rmutr.ac.th

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

² อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

ข้อมูลบทความ

บทคัดย่อ

ประวัติบทความ :

รับเพื่อพิจารณา : 12 มกราคม 2564

แก้ไข : 8 ตุลาคม 2564

ตอบรับ : 15 ตุลาคม 2564

DOI : 10.14456/kmuttrd.2021.19

คำสำคัญ :

อากาศยานไร้คนขับ / การเฝ้าระวัง / หอยเชอรี่

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเชิงวิศวกรรมและพัฒนาต้นแบบอากาศยานไร้คนขับสำหรับการเฝ้าระวังและควบคุมการแพร่ขยายของหอยเชอรี่ในแปลงการเกษตร โดยประยุกต์ใช้อากาศยานควบคู่กับการประมวลผลภาพเฝ้าระวัง ตลอดจนกำจัดหอยเชอรี่โดยใช้สารกำจัดพ่นด้วยอากาศยานไร้คนขับ โดยลดความเสี่ยงในการใช้ยาพ่นเองให้กับเกษตรกร การทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การทำงานของอากาศยานสี่ใบพัดควบคู่กับระบบมอเตอร์ปั้มน้ำที่ติดตั้งไว้บนอากาศยาน โดยการบังคับทิศทางการบินอากาศยานไร้คนขับจะเริ่มต้นโดยใช้รีโมทในโหมดการทำงานแบบบังคับด้วยมือ เมื่ออากาศยานสามารถทรงตัวในอากาศได้แล้วก็จะล็อกตำแหน่งความสูงเพื่อบินตรวจจับหอยเชอรี่ 2) การประมวลผลภาพ โดยนำเทคนิคปรีมิสซิวิเคราะห์ค่าสีของไข่หอยเชอรี่ โดยทำการศึกษาที่ระดับความสูง 4 ระดับ ได้แก่ ระดับความสูง 1 เมตร 1.5 เมตร 2 เมตร และ 3 เมตร ใช้วิธีวัดผลด้วยการประเมินค่าความแม่นยำของระบบการบินเพื่อตรวจจับไข่หอยเชอรี่โดยใช้กลุ่มตัวอย่างภาพในการทดสอบด้านซอฟต์แวร์ของระบบจำนวน 1,000 ภาพ ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา คือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตวังไกลกังวล และแปลงการเกษตรของเกษตรกรในพื้นที่ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน และตำบลหนองตาแต้ม อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ผลการศึกษาพบว่า ต้นแบบอากาศยานไร้คนขับสำหรับการเฝ้าระวังและควบคุมการแพร่ขยายของหอยเชอรี่ในแปลงการเกษตร สามารถบินสำรวจและตรวจจับไข่หอยเชอรี่และพ่นสารกำจัดหอยเชอรี่ได้ตามพิกัดความสูงที่กำหนดไว้โดยมีค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 80

Development of Unmanned Aerial Vehicle to Monitor and Eradicate Golden Apple Snails in Agricultural Plots

Siriuang Phatchuay^{1*} and Pornprasit Boontong²

Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Nong Kae, Hua Hin, Prachuap Khiri Khan 77110

* Corresponding Author: siriuang.pha@rmutr.ac.th

¹ Assistant Professor, Major of Computer Engineering Technology, Faculty of Industry and Technology.

² Lecturer, Major of Computer Engineering Technology, Faculty of Industry and Technology.-

Article Info

Article History:

Received: January 12, 2021

Revised: October 8, 2021

Accepted: October 15, 2021

DOI : 10.14456/kmuttrd.2021.19

Keywords:

Unmanned Aircraft /

Surveillance / Golden Apple

Snails

Abstract

The objective of this study was to design, engineer and develop an unmanned aerial vehicle prototype for surveillance and control of proliferation of golden apple snails in agricultural fields. This was achieved by applying the vehicle in conjunction with surveillance image processing; the snails were eradicated via a sprayer attached to the aerial vehicle sprayer. Doing so would reduce the risk of chemical exposure to farmers. The research was divided into 2 parts: (1) Operation of four-rotor aircraft installed with a water pump motor system by steering the flight. The unmanned aerial vehicle was initiated by remote control in manual operation mode. When the aircraft was stabilized in the air, its height position would be locked in order to fly and detect the snail eggs. (2) Image processing was conducted using HSV (Hue, Saturation, Value) space to analyze the color values of snail eggs at four altitudes, namely, 1 m, 1.5 m, 2 m and 3 m. Accuracy of the flight system to detect snail eggs was assessed. A group of 1,000 images was used to test the software of the system within the campus area of Rajamangala University of Technology Rattanakosin Wang Klai Kangwon Campus as well as within the agricultural plots of farmers in Thap Tai Subdistrict, Hua Hin District and Nong Ta Taem Subdistrict, Pranburi District, Prachuap Khiri Khan Province. The results showed that the unmanned aerial vehicle for surveillance and control of proliferation of golden apple snails was able to survey and detect snail eggs and eradicate the snails at the specified altitude with an overall accuracy of 80%.

1. บทนำ

หอยเชอร์รี่จัดเป็นศัตรูข้าวที่สำคัญในประเทศไทย ในปัจจุบัน หอยเชอร์รี่กระจายในทุกพื้นที่ของการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ปลูกผักบุ้ง ผักกระเฉด ผักตบชวา และกระเจี๊ยบ และกลุ่มเกษตรกรที่ปลูกบัว สำหรับเกษตรกรที่ทำนา ก็จะมีวิถีกำจัดหอยเชอร์รี่ที่แตกต่างกันออกไป มีทั้งวิถีแบบชาวบ้านและการใช้สารกำจัดอย่างไรก็ตาม อากาศยานไร้คนขับน่าจะเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยสำรวจและเฝ้าระวังในพื้นที่การเกษตรที่มีจำนวนมากได้เป็นอย่างดี โดย Hunt และ Daughtry [1] ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้งานที่หลากหลายรูปแบบ เช่น การบินลาดตระเวนสอดส่องหาปัญหา การตรวจสอบเพื่อป้องกันการสูญเสียผลผลิตทางการเกษตร และการวางแผนการจัดการพืชผลตลอดระยะเวลาของการเก็บเกี่ยว เพราะการสำรวจศัตรูของผลผลิตทางการเกษตรในพื้นที่การเกษตรด้วยคนอาจต้องใช้เวลาและอาจไม่ทั่วถึง Mongkolchart และ Ketcham [2] ได้ประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในการบินเก็บภาพถ่ายในแปลงนาข้าวเพื่อสำรวจการแพร่ระบาดของโรคข้าว คือ เพลี้ยน้ำตาล ซึ่งใช้เทคนิคปริภูมิสี (HSV) ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพเพื่อวิเคราะห์หาเพลี้ยน้ำตาลในแปลงนาข้าว แต่ผลที่ได้ยังไม่มีความแม่นยำสูง Yimyam และ Ketcham [3] จึงได้วิเคราะห์และออกแบบระบบแจ้งเตือนการแพร่กระจายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในนาข้าวโดยใช้ยานพาหนะไร้คนขับในการบินสำรวจ โดยนำภาพที่ได้จากการบินเข้าสู่หลักการของการใช้รูปแบบ RGB และแปลงภาพเป็น HSV ในการวิเคราะห์ตรวจจับศัตรู เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของข้าวในแปลงว่ามีศัตรูข้าวที่เป็นเพลี้ยกระโดดระดับใด แต่เนื่องด้วยการพัฒนาอากาศยานให้เหมาะสมกับลักษณะงานที่ใช้นั้นย่อมมีราคาต้นทุนที่แตกต่างกันออกไป ทำให้เกษตรกรเข้าใจและรับรู้ค่านาอากาศยานว่าจะต้องมีราคาสูง ทำให้เกษตรกรไม่มีกำลังทรัพย์ที่จะจัดซื้อ นอกจากนี้ ยังมีปัญหาจากสถานการณ์การระบาดของไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ (COVID-19) ไปทั่วโลกที่ส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตรในทุกประเทศ [4] ทำให้มีผลกระทบต่อรายได้และส่งผลกระทบต่ออำนาจในการซื้ออุปกรณ์สำหรับใช้ในการประกอบอาชีพลดลง ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความจำเป็นในการสร้างอุปกรณ์สำหรับช่วยเหลือเกษตรกรในการสำรวจและเฝ้าระวังศัตรูผลผลิตทางการเกษตรด้วยราคาต่ำที่เกษตรกรสามารถลงทุนได้ ด้วยการนำหลักการพัฒนาอากาศยานสีไปพัฒนาคู่กับระบบมอเตอร์ป้อนน้ำที่ติดตั้งไว้บนอากาศยานด้วยการออกแบบตามหลักวิศวกรรม

รวมถึงการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาช่วยในการทำงาน เพื่อเกษตรกรจะได้ใช้ประโยชน์และช่วยลดความเสียหายของผลผลิตทางการเกษตร ทำให้มีรายได้เพิ่มขึ้นเลี้ยงครอบครัวได้อย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาอากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำสำหรับเฝ้าระวังและลดการระบาดของหอยเชอร์รี่ในแปลงการเกษตร
2. เพื่อวัดประสิทธิภาพความถูกต้องของการทำงานของระบบของการบินและตรวจจับหอยเชอร์รี่

3. ขอบเขต

- พื้นที่ที่ทำการศึกษาคือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตวังไกลกังวล และแปลงการเกษตรของเกษตรกรในพื้นที่ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน และตำบลหนองตาแต้ม อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
- ตัวอย่างอายุข้าวก่อนสร้างรวงอ่อน 55-60 วัน และตัวอย่างพืชเกษตรทั่วไป เช่น ผักบุ้ง ดอกพุทธรักษา โดยเก็บภาพ 2 แบบคือ ช่วงสภาพดินแห้ง และสภาพดินเปียกชื้น
- ตัวอย่างภาพเป็นการเก็บภาพแบบเคลื่อนที่ตลอดเวลา (Dynamic) และทดลองระบบการบินตรวจจับหอยเชอร์รี่ในพื้นที่ที่ต่างกัน
- ใช้โปรแกรม Mission Planer ในการกำหนดระยะเวลาความสูงของการบิน

4. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 หอยเชอร์รี่ (Golden apple snails)

หอยเชอร์รี่ [5] ถือเป็นหอยทากน้ำจืดที่มีสายพันธุ์ทั่วโลกและเป็นศัตรูพืชทางการเกษตรซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมาก มีลักษณะเด่นคือเติบโตอย่างรวดเร็วและมีอัตราการแพร่พันธุ์สูงเนื่องจากเป็นสัตว์ที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย หอยเชอร์รี่เป็นสัตว์ที่มีชีวิตยืนโดยเฉลี่ยประมาณ 2-6 ปี และมีความสามารถในการขยายพันธุ์สูง มีเปลือกสีน้ำตาล เนื้อสีขาวครีมไปจนถึงสีส้ม ไข่ของหอยจะมีสีชมพู โดยสามารถผสมพันธุ์และวางไข่ได้ ซึ่งเพศเมียจะวางไข่ในที่แห้งเหนือระดับน้ำ สามารถวางไข่ได้ตลอดปี โดยเฉพาะฤดูฝนวางไข่ได้ 10-14 ครั้งต่อเดือน ไข่มีสีชมพูเกาะติดกันเป็นกลุ่มละ 388-3,000 ฟอง ซึ่ง Thanomsit และคณะ [6]

ได้ศึกษาถึงอัตราการเพาะปลูก ลักษณะสัณฐานวิทยาของไข่หอยเชอร์รี่โดยระยะแรกเริ่มของการวางไข่ (ไข่ไม่มีสีชมพูเข้ม) และไข่ระยะที่เตรียมตัวฟัก (ไข่ไม่มีสีชมพูอ่อน) โดยขนาดของไข่ไข่หอยเชอร์รี่มีความกว้างโดยเฉลี่ย 1.70 ± 0.26 เซนติเมตร ความยาวโดยเฉลี่ย 3.98 ± 0.48 เซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 3.29 ± 0.76 กรัม ตามลำดับโดยขนาดของหอยที่สามารถกักทำลายต้นข้าวได้มากเมื่อหอยมีเปลือกสูง 10 มิลลิเมตร(ขนาดเท่าเมล็ดข้าวโพด) ถึง 40 มิลลิเมตร(ขนาดเท่าลูกปิงปอง)

4.2 อากาศยานไร้คนขับ (Quadrotor UAV)

อากาศยานไร้คนขับเป็น Quadrotor โครงสร้างทางกลศาสตร์ประกอบด้วยใบพัดที่ติดอยู่ด้วยกัน 4 ใบ ติดอยู่ตรงปลายจะประกอบด้วยแบตเตอรี่และอุปกรณ์ RF คู่ตรงข้ามของใบพัด โดยใบพัดทั้ง 4 ใบจะมีการกำหนดทิศทางซึ่งแต่ละใบจะเปลี่ยนไปเป็น

วิถีเดียวกัน[7] คู่หนึ่งจะเปลี่ยนมาหมุนตามเข็มนาฬิกาและอีกคู่หนึ่งหมุนทวนเข็มนาฬิกา โดย Hassler และ Baysal-Gurel [8] อากาศยานไร้คนขับถูกออกแบบด้วยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่อพ่วงและอุปกรณ์ตรวจจับ เช่น อุปกรณ์ถ่ายภาพ เครื่องมือจับหรืออุปกรณ์ฉีดพ่น โดยการทำงานจะควบคุมไปกับการประมวลผลของโปรแกรม ซึ่งในปัจจุบันได้ประยุกต์ใช้ในงานด้านการตรวจนับสินค้าคงคลัง การตรวจนับผลผลิตทางการเกษตร การเฝ้าระวังศัตรูพืช พกหอนอนในไรชา เพลี้ยน้ำตาลในนาข้าว และการฉีดพ่นสารเคมีและอื่น ๆ ซึ่งใน Fischer และคณะ [9] ใช้อากาศยานในการบินสำรวจเพื่อประเมินความเสียหายในพื้นที่เกษตรกรรมที่เกิดจากการกินพืชผลทางการเกษตรของหนูป่า เช่น ไร่ข้าวโพด และยังสามารถนำไปใช้กับไร่อ้อย ไร่ข้าวฟ่าง ซึ่งขึ้นอยู่กับเป้าหมายและลักษณะของการใช้งานของเกษตรกร



รูปที่ 1 แสดงอากาศยานไร้คนขับ (Quadrotor UAV) [10]

4.3 บอร์ด Board APM 2.8

บอร์ด APM 2.8 มีลักษณะเป็นกล่อง autopilot หรือที่เรียกกันว่า Flight Controller ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการบินของ Multicopter นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดเส้นทางการบินด้วยระบบดาวเทียมนำทาง GPS APM [11-12] ซึ่งใช้กับระบบปฏิบัติการ ซึ่ง Ebeid และคณะ [13] ได้กล่าวถึงการเรียบเรียงข้อมูลการใช้บอร์ด APM 2.8 และการพัฒนาคุณสมบัติของแพลตฟอร์ม UAV เพื่อให้ฟังก์ชันการทำงานมีความน่าเชื่อถือและมีความทนทานต่อความผิดพลาดที่เกิดขึ้น และ[14] ยังได้ประยุกต์ใช้บอร์ด APM 2.8 ในการวางแผนด้านโปรโตคอลการสื่อสารในการรับส่งข้อมูล

4.4 ปริภูมิสี HSV (Hue Saturation Value)

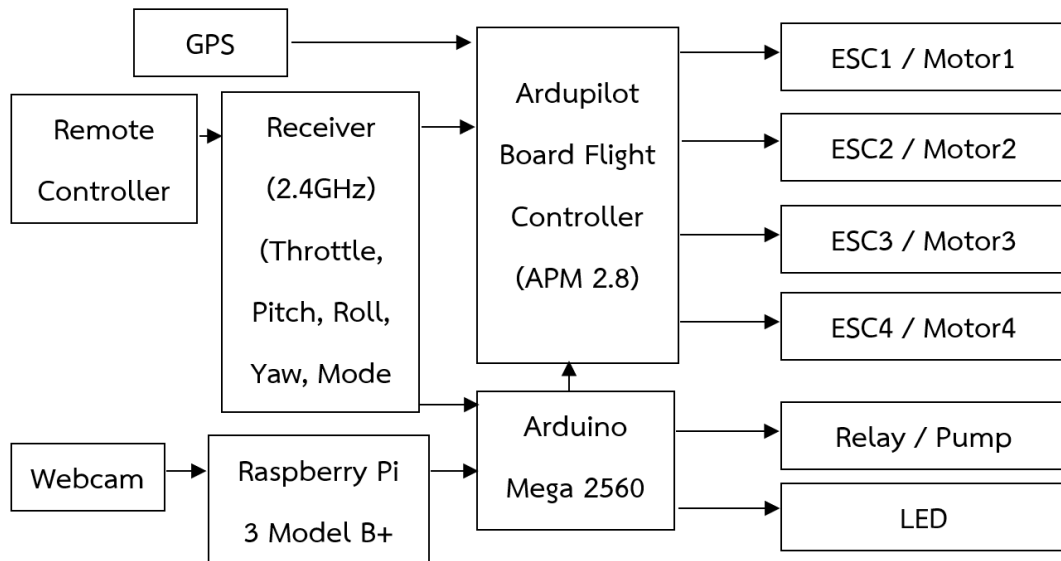
แบบจำลองสี HSV (HSV Color Model) [15-17] เป็นแบบจำลองสีที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกโดย แสดงจะให้ความหมายที่ดีกว่าเมื่อกล่าวถึงสีต่างๆ ซึ่งการพิจารณาสีโดยใช้ Hue Saturation และ Value ซึ่ง Hue คือค่าสีของสีหลัก (แดง เขียว และน้ำเงิน) ในทางปฏิบัติจะอยู่ระหว่าง 0 และ 255 ซึ่งถ้า Hue มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดงและเมื่อ Hue มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สีก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 256 จึงจะกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้งซึ่งสามารถแทนให้อยู่ในรูปขององศาได้ ดังนี้คือ สีแดง = 0 องศา สีเขียวเท่ากับ 120 องศา สีน้ำเงินเท่ากับ 240 องศา ใช้หลักการแยกความสว่างออกจากเนื้อสีของจุดภาพ โดยปริภูมิสี HSV นั้นแทนค่าด้วยเวกเตอร์สามมิติ

5. วิธีดำเนินงานวิจัย

กระบวนการทำงานของวิธีดำเนินงานวิจัยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

5.1 กระบวนการด้านการออกแบบทางวิศวกรรมและพัฒนา

อากาศยานไร้คนขับ ประกอบด้วยองค์ประกอบของการทำงาน ส่วนการออกแบบดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพการทำงานของระบบอากาศยานไร้คนขับ


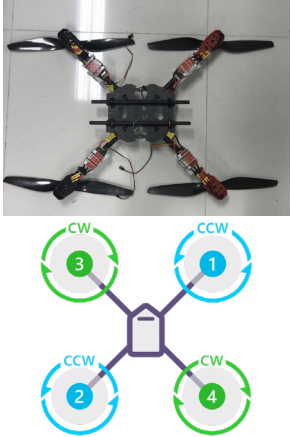
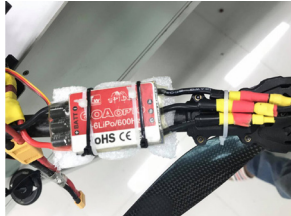
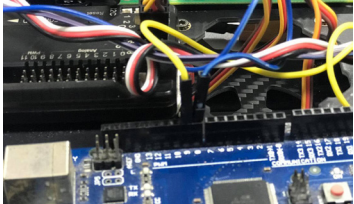
จากรูปที่ 2 แสดงการทำงานโดยเริ่มจากผู้ใช้ Mission Planner ทำการกำหนด Waypoint ให้กับบอร์ดควบคุม เมื่อใช้ Remote สั่งอากาศยานไร้คนขับเริ่มบิน โดย Arduino รับค่าสัญญาณ PPM จาก Receiver ที่ส่งมาจาก Remote แล้วนำสัญญาณ PPM ที่ได้รับส่งเข้าบอร์ด APM จากนั้นส่งจ่ายไฟผ่าน ESC เข้ากับมอเตอร์ เมื่อสัญญาณ PPM ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดอากาศยานไร้คนขับจะทำการบินตาม Waypoint ที่กำหนดไว้ โดยใช้สัญญาณ GPS นำทางและการทำงานส่วนของ Arduino จะรอรับค่าจาก Raspberry Pi ในขณะเดียวกันในฝั่ง Raspberry Pi Webcam จะส่งภาพไปยัง Raspberry Pi เพื่อ

ตรวจสอบค่าสี ถ้าสีตรงตามที่กำหนด Raspberry Pi จะส่งค่าไปยัง Arduino เมื่อ Arduino ได้รับค่าตรงตามเงื่อนไข Arduino จะสั่งให้ Pump ทำงาน เมื่อทำตาม Waypoint จนครบ APM จะควบคุมอากาศยานไร้คนขับลงจอดที่จุด Home ที่กำหนดค่าไว้ใน Mission Planner

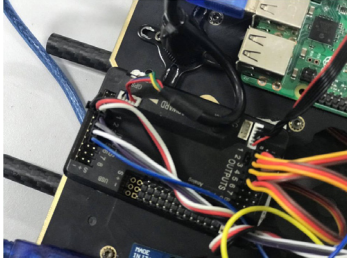
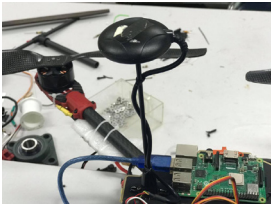

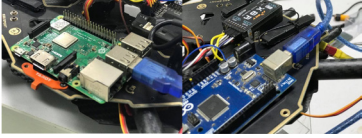

5.1.1 ขั้นตอนและเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างอากาศยานไร้คนขับ

จากกระบวนการออกแบบของระบบผู้วิจัยขออธิบาย ขั้นตอนและเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างอากาศยานไร้คนขับ โดยประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ขั้นตอนและเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างอากาศยานไร้คนขับ

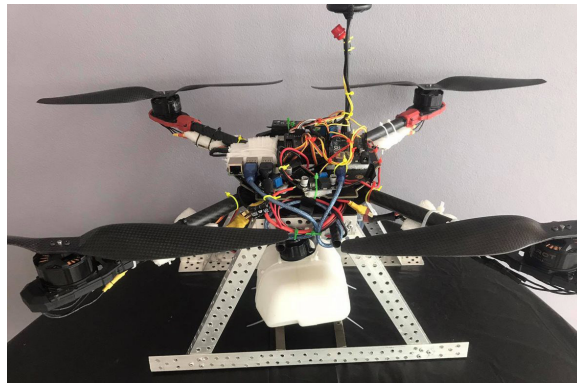
ขั้นตอนการประกอบ	แสดงผลการทำงาน
<p>1. การวางตัวฐานสำหรับการประกอบอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งฐานจะแบ่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนบนจะเป็นฐานสำหรับวางอุปกรณ์และในตัวฐานบนนั้นจะมีวงจรภายในสำหรับการส่งกระแสไฟไปยังส่วนของปีกทั้ง 4 จุด ส่วนด้านล่างจะเป็นฐานสำหรับยึดส่วนของถังน้ำและปั๊มขนาดเล็กและตัวฐานล่างจะเชื่อมกับปีกทั้ง 4 จุด</p>	
<p>2. การเดินสายไฟและตั้งค่าทิศทางการหมุนของใบพัด จะทำการเชื่อมสายไฟขั้วบวก (+) ขั้วลบ (-) เข้ากับแผงวงจรบนตัวฐานของอากาศยานสำหรับการเชื่อมต่อกับส่วนของตัวควบคุมมอเตอร์และมอเตอร์ โดยจะมีทิวเวอร์โมดูลนำกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปยังแผงวงจร</p> <p>2.1 สัญลักษณ์ทิศทางการหมุนใบพัด ปีกซ้ายบนและขวาล่างนั้นทิศทางการหมุนจะไปตามเข็มนาฬิกา และขวาด้านบนและซ้ายล่างจะทวนเข็มนาฬิกา</p>	
<p>3. การต่อ Electronic Speed Control (ESC) และมอเตอร์ หากต้องการให้ใบพัดหมุนตามเข็มนาฬิกา ก็จะใช้การต่อ ABC ของ ESC เข้ากับ ABC ของมอเตอร์โดยตรง แต่หากจะให้ใบพัดทวนเข็มนาฬิกา ต้องต่อ A ของ ESC เข้ากับ C ของมอเตอร์ และ C ของ ESC เข้ากับ A ของมอเตอร์ ส่วน B ของ ESC นั้นต่อเข้ากับ B ของมอเตอร์เหมือนเดิม</p>	
<p>4. การต่อ Receiver กับ APM จะเป็นการต่อสายไฟ 3 เส้นจากแถว INPUT ของบอร์ด APM แถวที่ 1 ไปต่อกับ Receiver แถวที่ 1 และจะต่อลักษณะนี้ตั้งแต่แถวที่ 1 ไปจนถึงแถวที่ 4 และแถวที่ 5 จะต่อผ่านบอร์ด Arduino ก่อนไปที่ APM</p>	

ตารางที่ 1 ขั้นตอนและเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างอากาศยานไร้คนขับ (ต่อ)

ขั้นตอนการประกอบ	แสดงผลการทำงาน
5. การต่อสาย Power Module สายพาวเวอร์โมดูลนั้นจะได้รับไฟเลี้ยงผ่านพาวเวอร์โมดูลเชื่อมไปยัง APM ไว้สำหรับให้กระแสไฟฟ้าเพื่อให้บอร์ดทำงาน	
6. การต่อ GPS Module จะต่อเข้ากับบอร์ด APM โดยตรง ซึ่งจะมีช่องสำหรับเชื่อมต่อกับ GPS โดยเฉพาะ	
7. ระบบมอเตอร์ปั้มน้ำ จะใช้ไฟของแบตเตอรี่ เชื่อมเข้ากับบอร์ดแปลงไฟ เพื่อแปลงไฟจาก 22V เป็น 12V เพื่อเป็นไฟเลี้ยงสำหรับตัวปั้มน้ำ ซึ่งตัวปั้มน้ำจะรับคำสั่งการทำงานจากบอร์ด Arduino โดยเมื่อตรวจจับตัวไขหอยเชอรี่ได้ Arduino จะทำการสั่งเปิดการทำงานของปั้มน้ำทันที	
8. การเชื่อมต่อระหว่าง Raspberry pi และ Arduino สำหรับบอร์ด Raspberry pi และ Arduino จะใช้ไฟเลี้ยง 5V จะรับไฟจากแบตเตอรี่นำมาแปลงแรงดันไฟเป็น 5V ผ่านบอร์ดแปลงแรงดัน และทำการเชื่อมสาย USB ระหว่างสองบอร์ด เพื่อให้บอร์ดทั้งสองนั้นสามารถสื่อสารกันผ่าน Serial port ได้	
9. การเชื่อมต่อกล้องเว็บแคมนั้นจะทำการเชื่อมต่อผ่านสาย USB ไปยังบอร์ด Raspberry Pi เพื่อส่งสัญญาณภาพไปประมวลผลในบอร์ดต่อไป	

จากขั้นตอนการประกอบลำดับที่ 1-9 และทำการต่อพ่วงสายไฟให้สมบูรณ์ พร้อมติดตั้งถังสำหรับพ่นยาและน้ำหมักชีวภาพ

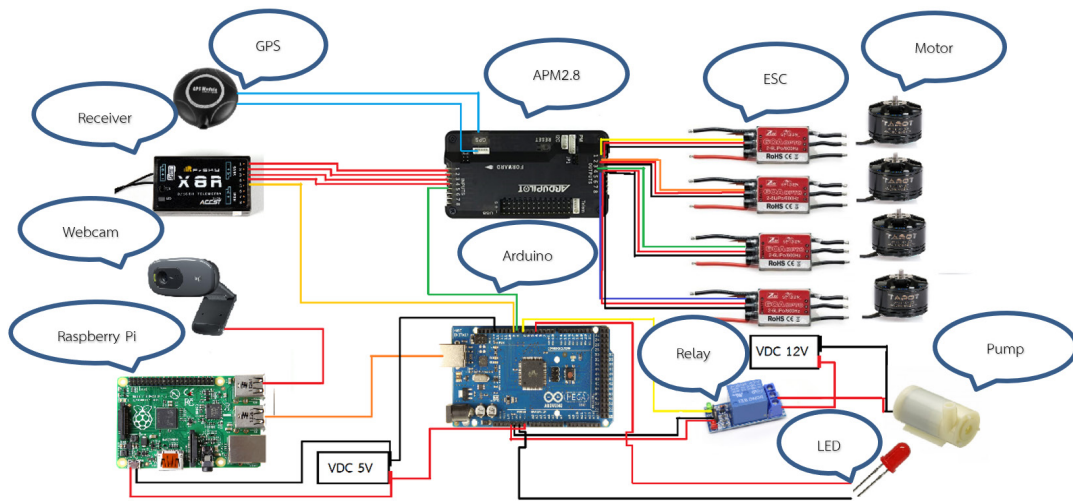
ตามกระบวนการประกอบอากาศยานไร้คนขับเพื่อเฝ้าระวังและลดการระบาดของหอยเชอรี่ในแปลงการเกษตร ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การประกอบอากาศยานไร้คนขับ (Quadrotor UAV)

โดยผู้วิจัยขออธิบายหลักการการทำงานของบอร์ดควบคุมการทำงานอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งแสดงการต่ออุปกรณ์ระหว่าง APM 2.8, Arduino mega 2560 R3 และบอร์ด Raspberry Pi นอกจากนี้ก็ยังมี Webcam ในการ Detect สีของไข่หอยเชอรี่ โดยมีหลักการทำงานดังนี้ ส่วนแรกบอร์ด APM รับกระแสไฟฟ้ามาจากแบตเตอรี่ ผ่านการแปลงกระแสไฟฟ้าด้วย Power module โดยกระจายไฟไปยังการทำงานของบอร์ด เพื่อนำมาใช้ควบคุมไฟฟ้า Output motor ทั้ง 4 ตัว พร้อมจ่ายไฟให้กับ

อุปกรณ์ต่างๆ เช่น Receiver Telemetry และ GPS module จากนั้นจะใช้ไฟจากแบตเตอรี่ 24V นำมาแปลงแรงดันให้เหลือ 12V ผ่านRelay เพื่อจ่ายไฟให้กับมินิปั๊ม และ 5V จะจ่ายไฟให้บอร์ดArduino ผ่าน Vin, Ground และในส่วนของ Raspberry Pi จะใช้พอร์ต Micro USB ในการจ่ายไฟเพื่อนำไปเลี้ยงอุปกรณ์อย่าง Webcam ส่วนอาคูนจะปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปเลี้ยง LED และRelay เพื่อควบคุมการปล่อยพ่นยาไข่หอยเชอรี่ โดยแสดงภาพรวมการทำงานของวงจรระบบดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การประกอบอากาศยานไร้คนขับ (Quadrotor UAV)

5.1.2 ขั้นตอนการทดลองบินอากาศยาน (Quad Rotor) เพื่อตรวจจับไข่หอยเชอรี่ในนาข้าว ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้

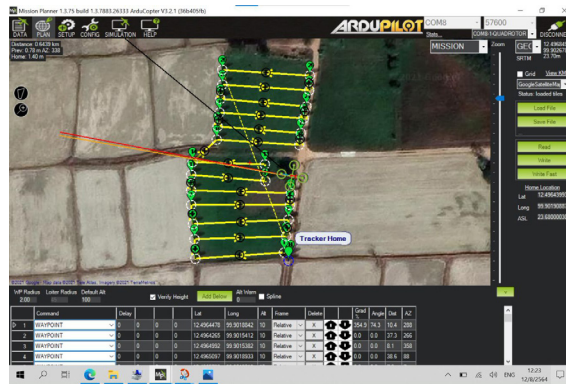
5.1.2.1 กำหนด Flight mode ให้กับบอร์ด APM2.8 ผ่านทางโปรแกรม Mission planner ซึ่งเป็นโปรแกรมควบคุม flight controller แบบ open source โดยการตั้งค่าให้สัมพันธ์กับวิทยุบังคับ โดยกำหนดรูปแบบการบินดังนี้

- Stabilize เป็นการบินแบบบังคับด้วยตัวเอง
- Altitude Hold เป็นการบินแบบบังคับด้วยตัวเองและ

ลือคความสูงของการบิน

- Loiter เป็นการบินแบบบังคับด้วยตัวเองและลือคตำแหน่งละจุดลงจอดและความสูงของการบิน
- Auto เป็นการบินแบบอัตโนมัติตามแผนการบินที่กำหนด

5.1.2.2 การเตรียมแผนการบิน (Flight Plan) เพื่อใช้สั่ง Quad Rotor ทำการบินในโหมด Auto เป็นการกำหนดพิกัดการบิน (waypoint) ทั้งละจุด ลงจอดและกำหนดความสูง



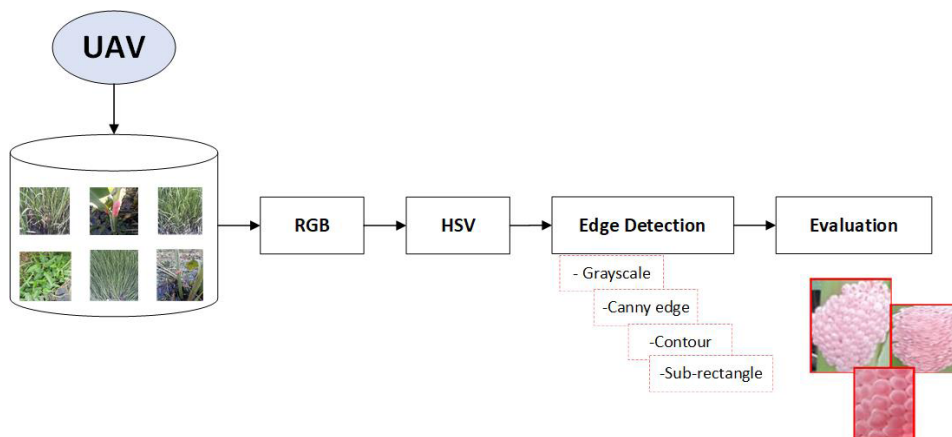
รูปที่ 5 แสดงการกำหนดแผนการบิน

5.1.2.3 การปฏิบัติการขึ้นบิน ผู้บังคับอากาศยานทำการเชื่อมต่อระบบต่างๆ คือ เชื่อมต่อวิทยุบังคับ เชื่อมต่อระบบมอเตอร์การบินผ่านทางอุปกรณ์ Telemetry และเชื่อมต่อระบบตรวจจับไข่หอยเชอรี่ จากนั้นเริ่มต้นบังคับอากาศยานขึ้นบินในโหมด Stabilize และหากต้องการเปลี่ยนโหมดการ

บินทำได้จากการเปลี่ยนโหมดที่วิทยุบังคับ

5.2 กระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้วยหลักการประมวลผลภาพ

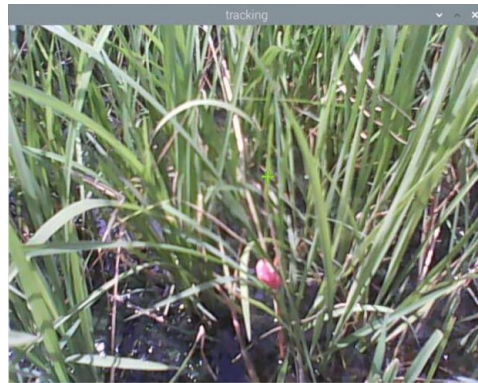
การทำงานของกระบวนการประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 6 กรอบแนวคิดการทำงานของระบบ

การทำงานของกระบวนการประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้
 5.2.1 รับภาพจากกล้องเว็บแคม แล้วนำแต่ละเฟรมของวิดีโอ มาเข้ากระบวนการทำงาน โดยกล้องเว็บแคมที่ใช้มีความละเอียดแบบ 640*480 p มีความละเอียดประมาณ 1 ล้านพิกเซล และอัตรา

เฟรมเรท (Frame rate) อยู่ที่ 30 เฟรมต่อวินาที และจะทำการปรับขนาดของภาพต้นฉบับเป็น 619*496 พิกเซล และความเร็วในการบิน Vertical Speed อยู่ที่ 0.01-0.07 และ Ground Speed อยู่ที่ 0.03-0.33 ตามดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ขั้นตอนการปรับขนาดภาพต้นฉบับ

5.2.2 การกรองภาพด้วยหลักการ RGB เทคนิคนี้ใช้เพื่อกรองสีที่ไม่ได้อยู่ในย่านสีของไข่หอยเชอรี่ออก โดย [18] แต่ละภาพถูกแปลงจาก RGB เป็นค่าสเกลสีเทา (0-255) ในเบื้องต้น ค่าระดับสีเทาเป็นรูปแบบของภาพในแง่ของความสว่าง 256 ค่า

เพื่อแปลง RGB เป็นรูปแบบสีเทา โดยที่ R, G, B และ Y อยู่ใน ช่วงระหว่าง 0 ถึง 1, I อยู่ระหว่าง -0.5957 ถึง 0.5957 และ Q อยู่ระหว่าง -0.5226 และ 0.5226 ดังสมการ 1

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \tag{1}$$

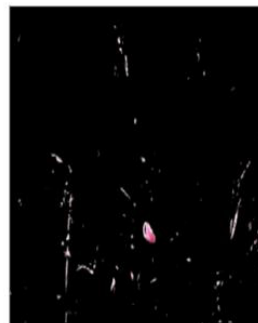
ซึ่งการกำหนดช่วงสีในการตั้งค่านั้น จะกำหนดให้สีแดงมากกว่า สีนํ้าเงิน โดยค่าสีแดงจะเริ่มต้นมากกว่า 160 ทำให้โทนสีไข่เป็น

ชมพู แต่ถ้าน้อยกว่า 160 จะทำให้สีไข่หอยเชอรี่ไม่ตรงกับกลุ่ม ตัวอย่างของไข่หอยในเขตพื้นที่ที่ใช้เป็นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

Original Image



RGB



รูปที่ 8 (ก) ภาพต้นฉบับนำเข้า (ข) ภาพการทำ RGB

จากภาพที่ได้จากการทำ RGB แสดงให้เห็นถึงลักษณะของการบรรจบกันของพิกเซลยิ่งพิกเซลบรรจบกันเป็น 0 มากพิกเซลก็จะกลายเป็นสีดำมากขึ้นเท่านั้น และยิ่งพิกเซลมากเท่าไรการบรรจบกันเป็น 255 พิกเซลกลายเป็นสีขาวมากขึ้น โดยแสดง

เพียงบริเวณที่เข้าใกล้ย่านสีของไข่มุกหอยเชอรี่เท่านั้น

5.2.3 การใช้หลักการ HSV เพื่อตรวจสอบความสว่างของสีของไข่มุกหอยเชอรี่ โดยผู้วิจัยเลือกใช้ค่าความสว่างในการกำหนดช่วงของสีไข่มุกหอยเชอรี่ดังนี้

H(Hue)	S(Saturation)	V(Brightness)
≥ 300	0.2	0.3

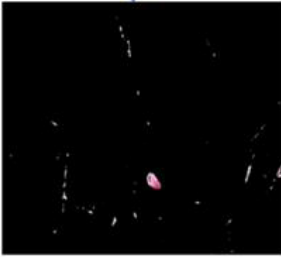
รูปที่ 9 การกำหนดค่าความสว่างของสีไข่มุกหอยเชอรี่

จากรูปที่ 9 เป็นการตั้งค่าเริ่มต้นในการเปรียบเทียบโดยจะทำการกำหนดต่ำกว่าเกณฑ์เพียงเล็กน้อย เพื่อที่จะ บวก (+) และ ลบ (-) ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้น เพราะมีบางพิกเซล (Pixel) ของสีที่เกือบเป็นสีดำ ถ้าทำการกำหนดค่าพอดีกับเกณฑ์ จะทำให้สีบางพิกเซล (Pixel) ในไข่มุกหอยจะหายไป โดยที่มาของการกำหนดค่าสี H (Hue) ≥ 300 คือ สีชมพูออกแดง และค่า S (Saturation) = 0.2 เนื่องจากการปรับค่าความเข้ม

เพื่อไม่ให้รูปเป็นสีเทา เพราะถ้าค่าเป็น 0 รูปที่ได้ก็จะเป็นสีดำ ทั้งนี้เพื่อให้เห็นขอบของไข่มุกหอยชัดเจน และ V (Brightness) = 0.3 เพื่อปรับค่าความสว่างของรูปไข่มุกหอยให้สว่างขึ้น

เมื่อได้การตั้งค่าเริ่มต้นในการเปรียบเทียบ จากนั้นทำการตั้งค่าสีของไข่มุกหอยเชอรี่มาทดสอบโดยการหาค่ามากที่สุดและน้อยสุด ดังรูปที่ 10

HSV	Max	Min
H(Hue)	355.7895	337.7419
S(Saturation)	1	0.3142691
V(Brightness)	0.8803922	0.4647053



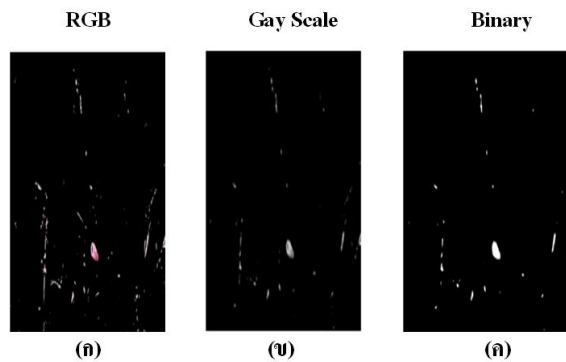
รูปที่ 10 การทดสอบค่าสีของไข่มุกหอยเชอรี่

จากรูปที่ 10 เป็นช่วงค่าสีที่อ่านได้จากรูปไข่มุกหอยที่นำมาเป็นต้นแบบในการประมวลผล โดยกำหนดค่าสี H (Hue) Max (สูงสุด) เท่ากับ 355.7895 และค่า Min (ต่ำสุด) ความเข้มของสี เท่ากับ 337.7419 ส่วนค่า S (Saturation) Max (สูงสุด) อยู่ที่ 1 และค่า Min (ต่ำสุด) เท่ากับ 0.3142691 ซึ่งเป็นการปรับค่าความเข้ม เนื่องจากถ้าค่าเข้าใกล้ 0 จะทำให้รูปที่ได้กลายเป็นสีดำ ดังนั้นค่าที่กำหนดห้ามเกิน 1 เพราะเข้าใกล้ 1 ค่าที่ได้จะทำให้ภาพเป็นสีขาว และ V (Brightness) Max (สูงสุด) เท่ากับ

0.8803922 และค่า Min (ต่ำสุด) เท่ากับ 0.4647053 เพื่อปรับค่าความสว่างของรูป ซึ่งการกำหนดค่าทั้งหมดของ HSV จะต้องมีความสอดคล้องกัน

5.2.4 การหาวัตถุขอบภาพ (Edge Detection) โดยขั้นตอนนี้เป็นการทำงานเพื่อหารูปร่างของไข่มุกหอยเชอรี่ประกอบด้วยกระบวนการดังนี้

5.2.4.1 การแปลงภาพสีให้เป็นภาพสีเทาและขาวดำ เพื่อลดสัญญาณรบกวนของภาพออก

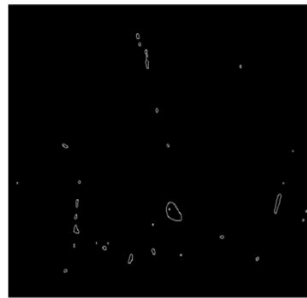


รูปที่ 11 (ก) การทำ RGB (ข) การทำ Gray Scale (ค) การทำ Binary

5.2.4.2 การหาขอบภาพด้วยวิธีแบบแคนนี่ (Canny Edge) [19, 20] เป็นการหาโครงสร้างและเส้นรอบของวัตถุที่อยู่ในภาพ เมื่อทราบเส้นรอบของวัตถุจะสามารถคำนวณหาพื้นที่ (ขนาด) หรือรู้จำชนิดของวัตถุนั้นได้ โดยหลักการของวิธีแคนนี่จะหาค่ามากที่สุดและน้อยสุดด้วยการไล่ระดับสีของฟังก์ชันความเข้มของขอบวัตถุ ซึ่งใน [21] ได้ใช้วิธีการหาขอบภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์ในการค้นหาขอบภาพของผลไม้ คือ แอบเปิล กับ

ส้ม เพื่อนำไปตัดแยกคุณลักษณะของผลไม้ทั้งสองชนิดโดยใช้หลักการรู้จำลักษณะของแอบเปิล คือ สีแดง และสีเขียว และส้ม รู้จำลักษณะและจำแนกความหวานและความเปรี้ยว ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการหาขอบของรูปภาพทำให้วิธีแคนนี่สามารถนำไปใช้กับการตรวจจับขอบสีของไข่หอยเชอรี่ได้ดีเนื่องจากรูปร่างของไข่หอยเชอรี่นั้นมีลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไป

Canny Edge

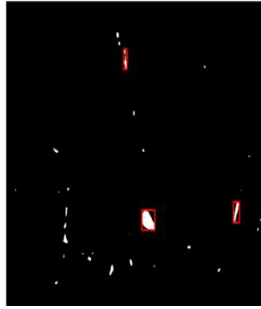


รูปที่ 12 การหาขอบภาพด้วยวิธีแบบแคนนี่

5.2.4.3 การตีกรอบวัตถุด้วยวิธี Contour [22, 23] เป็นการค้นหามุมจากโครงสร้างของวัตถุบนภาพ โดยกำหนดให้ค้นหารูปทรงของวัตถุจนสุดซึ่งวัตถุนั้นได้ผ่านขั้นตอนการหาขอบภาพด้วยวิธีแบบแคนนี่ (Canny Edge) มาก่อน โดยทำการวนลูปพื้นที่ตามขอบวัตถุทั้งหมด และทำการตัดขอบของวัตถุภาพที่ไม่ใช้งานออกคงเหลือไว้เฉพาะรูปทรงของวัตถุที่ต้องการ

แม้แต่ [24] ได้นำหลักการตีกรอบวัตถุด้วยวิธี Contour ไปใช้ในการค้นหารูปทรงต่างๆ และตรวจจับวัตถุบนท้องถนน เช่น ยานพาหนะ อาคาร ท้องฟ้า หล้า เส้นขอบถนน เป็นต้น เพื่อให้สามารถแยกแยะวัตถุแต่ละชนิดได้สำหรับนำไปในการแบ่งส่วนภาพต่อไป

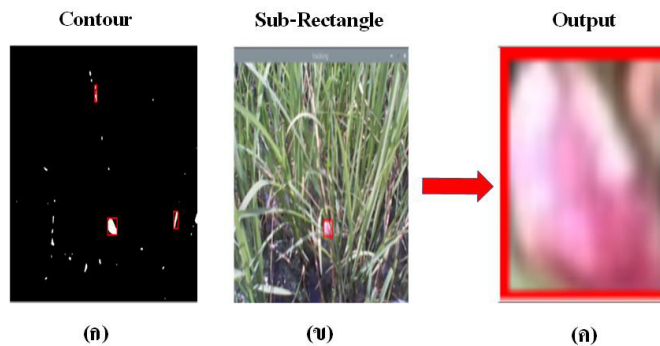
Contour



รูปที่ 13 การตีกรอบวัตถุด้วยวิธี Contour

5.2.4.4 การดึงจุดที่น่าสนใจบนภาพด้วยวิธี Sub-Rectangle[25, 26] เป็นการดึงคุณลักษณะหรือรูปทรงของวัตถุ ซึ่งทั้งที่เป็นทรงเรขาคณิตหรือไม่เป็นทรงเรขาคณิตซึ่งลักษณะ

ของวัตถุก็จะแตกต่างกันไปตามแต่ละวัตถุนั้นๆ โดยการกำหนดขอบเขตของภาพทุกภาพให้อยู่ในลักษณะรูปสี่เหลี่ยม



รูปที่ 14 (ก) การทำ Contour (ข) การทำ Sub-Rectangle (ค) ผลลัพธ์

6. การประเมินความแม่นยำ

การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบของการบินและตรวจจับไข่อ้อยเซอร์รี่ ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 2 ปีวิจัย ดังนี้

6.1 หลักการเลือกภาพตัวอย่างมาทำการทดสอบกับระบบ โดยภาพจากกลุ่มตัวอย่าง 1,000 ภาพ โดยเป็นภาพถ่ายจริงจากกล้องที่ติดบนตัวอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งนำมาทดสอบกับระบบที่พัฒนาขึ้น โดยผู้วิจัยได้ศึกษาลักษณะของการเลือกภาพที่ใช้ในการทดสอบนั้น ซึ่งจะใช้หลักการเทียบช่วงสีของไข่อ้อยเซอร์รี่และนำมากำหนดช่วงสี ซึ่งการกำหนดช่วงสีนั้นจะใช้ค่าปริภูมิสี (HSV) ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการมาใช้โดยนำภาพตัวอย่างของไข่อ้อยเซอร์รี่ทั้งจากอินเทอร์เน็ต และตามละแวกในท้องถิ่น คือ ตำบลทับใต้ อำเภอบัวใหญ่ และตำบลหนองตาแต้ม อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มาเช็คหาค่าสีของแต่ละภาพ เมื่อได้ค่าสีแล้วจะ

ทำการกำหนดช่วงสีของสีที่ต่ำสุดและสูงสุด เพื่อให้การตรวจจับสีของไข่อ้อยเซอร์รี่นั้นมีความครอบคลุมที่สุด

6.2 ระดับความสูงที่ใช้ทดสอบการบิน และระยะการพ่นยาที่ได้ประสิทธิภาพดี โดยข้อจำกัดของกล้องเว็บแคมที่ผู้วิจัยใช้นั้นสามารถตรวจจับไข่อ้อยเซอร์รี่ได้ที่ระยะสูงสุด 3 เมตร เนื่องจากไข่อ้อยเซอร์รี่นั้นมีขนาดเล็กมากและโดยส่วนมากจะแทรกตัวอยู่ตามต้นและใบของพืช และระยะต่ำสุดที่ 1 เมตร นั้น ผู้วิจัยจะคำนึงถึงระยะบินที่ไม่ต่ำเกินไป อีกทั้งระยะการพ่นยาก็เช่นเดียวกัน ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อต้นพืชและทำให้เกิดความเสียหายต่อเกษตรกรได้

โดยในการตรวจสอบความหาค่าความถูกต้อง (Accuracy) โดยใช้สมการดังนี้

$$\%Accuracy = 100 - \%Relative Error \tag{2}$$

โดยที่ ร้อยละ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์ (Relative Error) ดังนี้

$$\%Relative Error = [(|X_{mea} - X_t|) / X_t] \times 100 \tag{3}$$

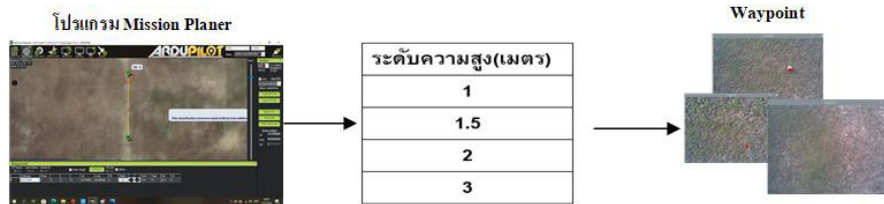
เมื่อ X_{mea} คือ จำนวนครั้งที่ตรวจสอบภาพและส่งพิกัดแจ้งเตือนถูกต้อง

X_t คือ จำนวนครั้งที่ใช้ทดสอบทั้งหมด

Mission Planer กำหนดความค่าสูงของอากาศยานไร้คนขับ เพื่อให้ได้การวัดระยะความสูงที่มีประสิทธิภาพในการทดลองจริงในแปลงการเกษตร โดยเมื่อเริ่มบินจะใช้โหมดออโต้ เพื่อให้อากาศยานบินไปยังจุดและความสูงที่กำหนด โดยหลังจากกำหนดจุด waypoint แล้ว ก่อนเริ่มบิน จะต้องไปเปลี่ยนค่า Alt ที่ waypoint ตามความสูงที่ต้องการ โดยการทดลองตั้งค่าระดับความสูงดังรูปที่ 15

7. ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบความสูงของการบินของอากาศยานไร้คนขับสำหรับตรวจจับวัชตู่หรือไข่อ้อยเชอร์รี่นั้น ผู้วิจัยใช้โปรแกรม



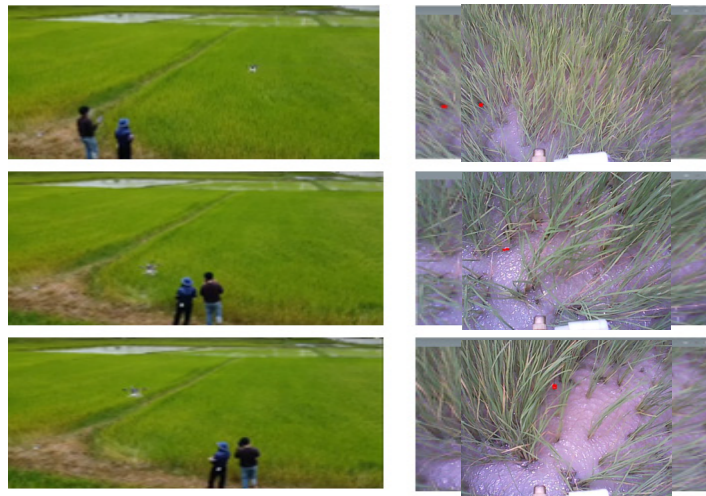
รูปที่ 15 การกำหนดความสูงการบิน

เมื่อทำการตั้งค่าในการกำหนดความสูงเรียบร้อยแล้ว ก็นำอากาศยานไร้คนขับทำการทดลองบินในแปลงการเกษตร โดย

ทำการทดลองในพื้นที่ 2 แบบ คือ สภาพดินแห้ง และดินเปียกชื้น ดังรูปที่ 16 และ รูปที่ 17



รูปที่ 16 ตัวอย่างการทดลองบินในการตรวจจับวัชตู่และไข่อ้อยเชอร์รี่ในแปลงการเกษตรสภาพดินแห้ง



รูปที่ 17 ตัวอย่างการทดลองบินในการตรวจจับวัตถุและไข่อ้อยเชอร์รี่ในแปลงการเกษตรสภาพดินเปียกชื้น

โดยในการทดสอบการทำงานของการบินและตรวจจับไข่อ้อยเชอร์รี่ มีการกำหนดระยะห่าง (เมตร) อยู่ 4 ระดับ คือ 1 เมตร 1.5 เมตร 2 เมตร และ 3 เมตร โดยทำการบินสำรวจภาพโดยการระบุความละเอียดของภาพ Ground sample distance (GDS) รวมถึงอัตราความเร็วในการบิน (Vertical Speed และ Ground Speed) ดังตารางที่ 2 และตรวจจับภาพ 30 ครั้ง

โดยทำการตรวจจับในพื้นที่ที่ต่างกัน 30 จุด ซึ่งแต่ละจุดมีการทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง ต่อระดับระยะห่างทั้ง 4 ระดับ แสดงภาพตัวอย่างดังตารางที่ 3 อีกทั้งทำการทดสอบกับสภาพแวดล้อม 2 แบบ คือ แบบดินแห้ง และแบบดินเปียกชื้นโดยแสดงผลตัวอย่างการทดลองดังตารางที่ 4




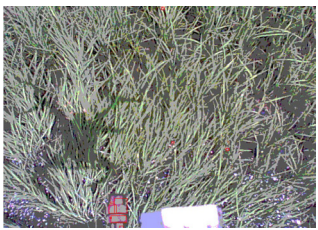
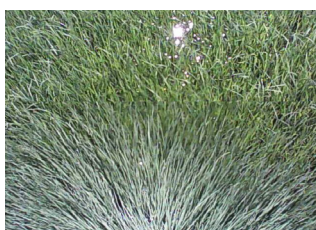

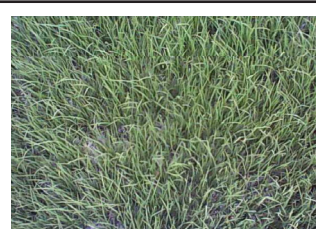
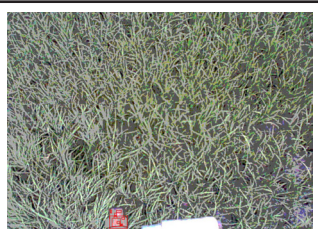
ตารางที่ 2 ความละเอียดของภาพ Ground sample distance (GDS)

ระดับความสูง(เมตร)	Ground Sample Distance (GDS) (cm/pixel)	Field of View (m)	Vertical Speed (m/s)	Ground Speed (m/s)
1	0.14	1*1	0.02	0.33
1.5	0.21	1*1	0.01	0.10
2	0.28	2*1	0.02	0.03
3	0.42	3*2	0.07	0.16

จากตารางที่ 2 นั้นในกรณีของการกำหนดความสูงในการบินขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งานว่ามีความต้องการความแยกชัดเชิงพื้นที่ (Ground sample distance : GSD) มากน้อยเพียงใดและให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศทั้งนี้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับเพดานของความสูงการบินจะส่งผลให้ค่าความแยกชัดเชิงพื้นที่เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย[27] ดังนั้นการถ่ายภาพให้ได้ค่า GSD ซึ่งผู้วิจัยเลือกระดับความสูงที่ใช้ในการทดลอง 4 ระดับ โดยมีคุณสมบัติลักษณะเซนเซอร์แบบ

CMOS ขนาดเซ็นเซอร์ 3.58x2.02 mm. และ Focal length มีค่า 4.00 mm. โดยความสูง 1 เมตร ค่า GSD เท่ากับ 0.14 ความสูง 1.51 เมตร ค่า GSD เท่ากับ 0.21 ความสูง 2 เมตร ค่า GSD เท่ากับ 0.28 และความสูง 3 เมตร ค่า GSD เท่ากับ 0.42 เพื่อให้สามารถที่จะตรวจจับไข่อ้อยเชอร์รี่เจอและเห็นถึงความแตกต่างของผลการทดลอง อีกทั้งสามารถนำไปใช้งานได้จริงในกลุ่มงานเกษตรกรรมได้

ตารางที่ 3 ผลการทดลองระบบของการบินในพื้นที่ที่ต่างกัน

ระดับความสูง(เมตร)	ผลการทำงานของระบบ	
	ตัวอย่างที่ไม่มีไขหอย	ตัวอย่างที่มีไขหอย
1		
1.5		
2		
3		

ตารางที่ 4 ผลการทดลองระบบของการบินและตรวจจับไขหอยเชอรี่

ระดับความสูง (เมตร)	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) (%)	
		สภาพดินแห้ง	สภาพดินเปียกชื้น
1	30	90	90
1.5	30	80	80
2	30	80	80
3	30	70	70
ค่าเฉลี่ยรวม		80	

จากตารางที่ 4 ผลของการทดสอบการบินด้วยสภาพแวดล้อม 2 แบบ คือ แบบดินแห้ง และแบบดินเปียกชื้น มีผลความถูกต้องที่ตรงกัน นั่นคือ สภาพแวดล้อมของดินไม่มีผลต่อการทำงานของการบินและตรวจจับไข้อ้อยเซอร์

8. สรุปผลการทดลอง

การศึกษานี้เป็นการออกแบบและพัฒนาอากาศยานไร้คนขับสำหรับเพื่อเฝ้าระวังและลดการระบาดของไข้อ้อยในแปลงการเกษตรโดยแบบราคาถูกที่เกษตรกรสามารถลงทุนซื้ออุปกรณ์ให้ทางอาจารย์สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ช่วยประกอบและติดตั้งโปรแกรมควบคุมในการทำงานให้กับเกษตรกรได้ โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้ภาพจากแปลงเกษตรพุทธรักษาและขิงบัวด้านหน้าของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตวังไกลกังวล สำหรับเก็บข้อมูลภาพตัวอย่างจำนวน 1,000 ภาพ ในการทดสอบด้านซอฟต์แวร์ของระบบและทดสอบการบินของอากาศยานและการตรวจจับไข้อ้อยเซอร์ของระบบในแปลงนาของเกษตรกรตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน และตำบลไร่เก่า อำเภอสามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ซึ่งทดลองบินด้วยระยะห่าง (เมตร) อยู่ 4 ระดับ คือ 1 เมตร 1.5 เมตร 2 เมตร และ 3 เมตร โดยทำการตรวจจับภาพ 30 ครั้งในพื้นที่ที่ต่างกัน 30 จุด ซึ่งแต่ละจุดมีการทำซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้งต่อระดับระยะห่างทั้ง 4 ระดับ ซึ่งการทำงานของระบบเมื่อตรวจจับเจอไข้อ้อยตัวระบบเครื่องก็จะส่งสารกำจัดไข้อ้อยโดยอัตโนมัติซึ่งผลการบินระดับความห่าง 1 เมตร มีค่าความถูกต้องมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 90 เนื่องจากระยะความห่างในการตรวจจับไข้อ้อยอยู่ในระดับที่พอดี ทำให้สามารถเห็นลักษณะของไข้อ้อยได้ชัดเจน และผลการบินระดับ 3 เมตร ให้ค่าความถูกต้องน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 70 เนื่องจากระยะห่างสูงเกินไป ทั้งนี้ปัญหาและอุปสรรคของการบินยังมีปัจจัยด้านความเร็วในการบินตลอดจนการทรงตัวของอากาศยานไร้คนขับเมื่อเจอไข้อ้อยและแสงแดดที่ทำให้การตรวจจับสีของไข้อ้อยเซอร์มีความคลาดเคลื่อนไปด้วย อีกทั้งช่วงอายุของต้นข้าวก็มีผล กระทั่งต่อการบังมมกล้องเช่นกัน จากการพัฒนาอากาศยานไร้คนขับในราคาถูกสามารถนำไปใช้กับกลุ่มเกษตรกร ปลูกผักบุ้ง ผักกระเฉด ผักตบชวา และกระเจี๊ยบ ตลอดจนเกษตรกรที่ปลูกบัวสำหรับขายดอกได้ต่อไป

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ที่สนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2559 สัญญาเลขที่ A81/2559 ในครั้งนี้

10. เอกสารอ้างอิง

1. Hunt Jr, E.R. and Daughtry, C.S., 2018, "What Good are Unmanned Aircraft Systems for Agricultural Remote Sensing and Precision Agriculture?," *International Journal of Remote Sensing*, 39 (15-16), pp. 5345-5376.
2. Mongkolchart, N. and Ketcham, M., 2020, "The Surveillance System for Rice Diseases Detection Using Color Model," *International Journal of the Computer, the Internet and Management*, 28 (2) , pp. 26-35.
3. Yimyam, W. and Ketcham, M., 2019, "The Development of an Alerting System for Spread of Brown Planthoppers in Paddy Fields Using Unmanned Aerial Vehicle and Image Processing Technique," *Proceedings of the 14th International Joint Symposium on Artificial Intelligence and Natural Language Processing (iSAI-NLP)*, Chiang Mai, Thailand, pp. 1-6.
4. Zhang, S., Wang, S., Yuan, L., Liu, X. and Gong, B., 2020, "The Impact of Epidemics on Agricultural Production and Forecast of COVID-19," *Journal of China Agricultural Economic Review*, 12 (3), pp. 409-425.
5. Liu, C., Zhang, Y., Ren, Y., Wang, H., Li, S., Jiang, F. and Fan, W., 2018, "The Genome of the Golden Apple Snail *Pomacea canaliculata* Provides Insight into Stress Tolerance and Invasive Adaptation," *Journal of Gigascience*, 7 (9), pp. 1-13.
6. Thanomsit, C., Boonpok, L., Preabsenadee, T., Wattanakornsiri, A., Ocharoen, Y., Nanuam, J., Prasatkaew, W. and Nanthanawat, P., 2019, "Hatching Rate, Morphological Characteristic and Alteration of Golden Apple Snail's Egg (*Pomacea canaliculata*) after being

- Exposed to Agricultural Chemicals,” *Journal of Fisheries Technology Research*, 13 (1), pp. 24-40. (In Thai)
7. Xiong, J.J. and Zhang, G.B., 2017, “Global Fast Dynamic Terminal Sliding Mode Control for a Quadrotor UAV,” *Journal of ISA Transactions*, 66, pp. 233-240.
 8. Hassler, S.C. and Baysal-Gurel, F., 2019, “Unmanned Aircraft System (UAS) Technology and Applications in Agriculture,” *Journal of Agronomy*, 9 (10), pp. 1-21.
 9. Fischer, J.W., Greiner, K., Lutman, M.W., Webber, B.L. and Vercauteren, K.C., 2019, “Use of Unmanned Aircraft Systems (UAS) and Multispectral Imagery for Quantifying Agricultural Areas Damaged by Wild Pigs,” *Journal of Crop Protection*, 125, pp. 1-6.
 10. Lu, Z., Nagata, F. and Watanabe, K., 2017, “Development of iOS Application Handlers for Quadrotor UAV Remote Control and Monitoring,” *Proceedings of the IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)*, Takamatsu, Japan, pp. 513-518.
 11. Saha, A., Kumar, A. and Sahu, A.K., 2017, “FPV Drone with GPS used for Surveillance in Remote Areas,” *Proceedings of the 3rd International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN)*, Kolkata, India, pp. 62-67.
 12. Ajay, A., Amal Prakash, J., Gokul, S., Aji, S. and Prabhu, P.R., 2019, “Origami Based Cargo Drone,” *Journal of Electronic Design Engineering*, 5 (3), pp. 1-8.
 13. Ebeid, E., Skriver, M., Terkildsen, K. H., Jensen, K. and Schultz, U.P., 2018, “A Survey of Open-source UAV Flight Controllers and Flight Simulators,” *Journal of Microprocessors and Microsystems*, 61, pp. 11-20.
 14. Atoev, S., Kwon, K. R., Lee, S. H. and Moon, K. S., 2017, “Data Analysis of the MAVLink Communication Protocol,” *Proceedings of the International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)*, Tashkent, Uzbekistan, pp. 1-3.
 15. Song, J., Liu, L., Huang, W., Li, Y., Chen, X. and Zhang, Z., 2018, “Target Detection via HSV Color Model and Edge Gradient Information in Infrared and Visible Image Sequences under Complicated Background,” *Journal of Optical and Quantum Electronics*, 50 (4), pp.1-13.
 16. Kolkur, S., Kalbande, D., Shimpi, P., Bapat, C. and Jatakia, J., 2017, “Human Skin Detection using RGB, HSV and YCbCr Color Models,” pp. 324-332, in B. Iyer, S. Nalbalwar and R. Pawade (Eds.) *Advances in Intelligent Systems Research*, Vol. 137, Atlantis Press.
 17. Ivasenko, I. and Chervatyuk, V., 2019, “Detection of Rust Defects of Protective Coatings based on HSV Color Model,” *Proceedings of the IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, Lviv, Ukraine, pp. 1143-1146.
 18. Soimart, L. and Ketcham, M., 2016, “An Efficient Algorithm for Earth Surface Interpretation from Satellite Imagery,” *Engineering Journal*, 20 (5), pp. 215-228.
 19. Gaurav, K. and Ghanekar, U., 2018, “Image Steganography based on Canny Edge Detection, Dilation Operator and Hybrid Coding,” *Journal of Information Security and Applications*, 41, pp. 41-51.
 20. Xuan, L. and Hong, Z., 2017, “An Improved Canny Edge Detection Algorithm,” *Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*, Beijing, China pp. 275-278.
 21. Rabby, M.K.M., Chowdhury, B. and Kim, J.H., 2018, “A Modified Canny Edge Detection Algorithm for Fruit Detection and Classification,” *Proceedings of the 10th International Conference on Electrical and Computer Engineering (ICECE)*, Dhaka, Bangladesh, pp. 237-240.

22. Navarro-Alarcon, D. and Liu, Y.H., 2017, "Fourier-based Shape Servoing: A New Feedback Method to Actively Deform Soft Objects into Desired 2-D Image Contours," *Journal of IEEE Transactions on Robotics*, 34 (1), pp. 272-279.
23. Rebouças Filho, P.P., Cortez, P.C., da Silva Barros, A.C., Albuquerque, V.H.C. and Tavares, J.M.R., 2017, "Novel and Powerful 3D Adaptive Crisp Active Contour Method Applied in the Segmentation of CT Lung Images," *Journal of Medical Image Analysis*, 35, pp. 503-516.
24. Wang, Q., Gao, J. and Yuan, Y., 2017, "Embedding Structured Contour and Location Prior in Siamesed Fully Convolutional Networks for Road Detection," *Journal of IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19 (1), pp. 230-241.
25. Ji, P., He, K., Jin, Y., Lan, H. and Li, C., 2017, "An Iterative Merging Algorithm for Soft Rectangle Packing and its Extension for Application of Fixed-outline Floorplanning of Soft Modules," *Journal of Computers and Operations Research*, 86, pp. 110-123.
26. Wang, Y., Zhu, X. and Xu, L., 2020, "Flight Path Optimization for UAVs to Provide Location Service to Ground Targets," *Proceedings of the IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, Seoul, Korea (South), pp. 1-6.
27. Peng, A.S., Turkmen, A., Eickhoff, B., Finta, M. and Gerads, P., 2019, "Design of a Ground Sampling Distance Graphical User Interface for an Unmanned Aerial Vehicle System," *Proceedings of the 53rd Annual Conference on Information Sciences and Systems (CISS)*, Baltimore, MD, USA, pp. 1-6.

