รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศเพื่อติดตามพื้นที่นาข้าวเกษตรอินทรีย์ ภายใต้แนวคิดนิเวศบริการ โดยประยุกต์ข้อมูลดาวเทียมและหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก

The Development of Geoinformation for Monitoring of Organic Rice Poddy Fields based on Ecosystem Services Using Earth Satellite Observation and small Unmanned Aerial System

ดร.กฤษนัยน์ เจริญจิตร	คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร.กาญจนา หริ่มเพ็ง	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
นางสาวสัมปตี สงวนพวก	คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
นายปรีชา บุญขาว	คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561

คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เมษายน 2563

รหัสโครงการ
สัญญาเลขที่ 56/2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
การพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศเพื่อติดตามพื้นที่นาข้าวเกษตรอินทรีย์ ภายใต้แนวคิดนิเวศบริการ โดยประยุกต์ข้อมูลดาวเทียมและหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก

The Development of Geoinformation for Monitoring of Organic Rice Poddy Fields based on Ecosystem Services Using Earth Satellite Observation and small Unmanned Aerial System

ดร.กฤษนัยน์ เจริญจิตร หัวหน้าโครงการ สัดส่วน 50%
คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร.กาญจนา หริ่มเพ็ง ผู้ร่วมวิจัย สัดส่วน 30%
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
นางสาวสัมปตี สงวนพวก ผู้ร่วมวิจัย สัดส่วน 10%
คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
นายปรีชา บุญขาว ผู้ร่วมวิจัย สัดส่วน 10%

ระยะเวลาการดำเนินงาน 1 ปี
(ตั้งแต่วันที่ 1 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2560 ถึงวันที่ 30 เดือน กันยายน พ.ศ.2561)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากหลายส่วนงาน ได้แก่ ขอขอบคุณ กลุ่มส่งเสริมศูนย์พันธุ์ข้าวชุมชนในหมู่บ้านบ้านเนินหินแร่ ตำบลหนองแสง อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยฉบับนี้ให้สำเร็จด้วยดี

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 56/2561

ท้ายสุดขอขอบพระคุณผู้ร่วมวิจัยทุก ๆ ท่าน และบุคคลท่านอื่น ๆ ที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ ที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่งในการทำวิจัยฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และเนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากคณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณคณะกรรมการการส่งเสริมงานวิจัยทุกท่านมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้วิจัยฯ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบติดตามพื้นที่นาข้าวเกษตรอินทรีย์แบบรายละเอียดสูง (Precision Farming) เพื่อประเมินการวิเคราะห์นิเวศบริการ โดยประยุกต์หุ่นยนต์สำรวจทางอากาศขนาดเล็กโดยจัดสร้างแผนที่ออโธสีรายละเอียดสูงของพื้นที่นาข้าวในแต่ละช่วงฤดูกาล โดยประยุกต์ภาพถ่ายทางอากาศจากกล้องมัลติสเป็กตรอล (Multispectral Camera : Visisble, Red Edge, Near Infrared) จากหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (sUAV) โดยกำหนดการสร้างแผนที่รายละเอียดไม่ต่ำกว่า 10 เซนติเมตร ซึ่งประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Data Sciences Mapping) ประกอบไปด้วย จัดสร้างแผนที่ออโธสีรายละเอียดสูงของพื้นที่นาข้าวในแต่ละช่วงฤดูกาล (Growing stage) ได้แก่ ระยะต้นกล้า ระยะแตกกอระยะการเกิดช่อดอก ระยะตั้งท้องและระยะเมล็ดข้าวสุกแก่ ซึ่งเป็นการสำรวจทางอากาศที่สะดวก รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าแรงงานคน ซึ่งในแต่ละช่วงฤดูการจะประเมินพื้นที่ได้แก่ แผนที่ระบบทางน้ำ แผนที่วัชพืช แผนที่ความชื้น และ จัดทำแผนที่คาดการณ์ผลผลิตของนาข้าว โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ ข้อมูลสำรวจระยะไกลรายละเอียดสูงจาก sUAS และการสำรวจภาคสนาม โดยแบ่งพื้นที่ตัวอย่างเป็นจำนวน 6 แปลง แปลงที่ 1 มีพื้นที่นาข้าว 215 ไร่ แปลงที่ 2 มีพื้นที่นาข้าว 37 ไร่ แปลงที่ 3 มีพื้นที่นาข้าว 11 ไร่ แปลงที่ 4 มีพื้นที่นาข้าว 9 ไร่ แปลงที่ 5 มีพื้นที่นาข้าว 27 ไร่ และแปลงที่ 6 มีพื้นที่นาข้าว 32 ไร่ จากการเปรียบเทียบด้วยภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงพบว่าพื้นที่ปลูกข้าวเคมีและพื้นที่ปลูกข้าวอินทรีย์ไม่มีความแตกต่างกัน แต่สามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศเกษตรได้ ดังนั้นการนำหุ่นยนต์สำรวจทางอากาศขนาดเล็กเข้ามาติดตามพื้นที่นาข้าวทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการพื้นที่เกษตรในอนาคตได้

คำสำคัญ เกษตรอินทรีย์, นิเวศบริการ, ภูมิสารสนเทศ, ข้อมูลดาวเทียม, หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

Abstract

The objective of this study is to developed an organic rice field monitoring and evaluate ecological services using close range remote sensing technique. A small Unmanned Aerial System (sUAS) was applied to creating a very high resolution for orthomosaic map of rice fields linking to rice growth stage. The study was captured aerial data from a multi-spectral camera (Multispectral Camera: Visible, Red Edge, Near Infrared) and less than 10 centimeters of spatial resolution, which applied the geo-informatics technology. Growing stage of rice paddy field is included: seedling, sprouting and harvesting stages. The sample area is determined to 6 plots. The first plot has 0.34 km^2 (215 rai) of rice fields and 2^{nd}, 3^{rd} , 4^{th} , 5^{th} , 6^{th} are 0.06 km^2 (37 rai), 0.02 km^2 (11 rai), 0.01 km^2 (9 rai), 0.04 km^2 (27 rai), 0.05 km^2 (32 rai) of rice fields respectively. The study found, the comparison between of the chemical rice and the organic rice field is not different. In contract the ecosystem service is differed. sUAS has powerful for robustness observation and management for precision agriculture.

Keyword: Organic Agriculture, Ecosystem Services, Geoinformatics, small Unmanned Aerial System

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญภาพ..... ฌ

บทที่

1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

ความสำคัญและที่มาของปัญหา..... 1

ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 2

วัตถุประสงค์การวิจัย..... 12

ขอบเขตการวิจัย..... 12

แนวความคิดของโครงการวิจัย..... 13

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 13

2 เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย..... 14

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา 14

วิธีดำเนินการวิจัย..... 15

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	20
ผลจากการถ่ายภาพทางอากาศโดยระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก	20
4 สรุปและเสนอแนะผลการวิจัย	41
สรุปผลการวิจัย	41
ข้อเสนอแนะผลการวิจัย	41
ประโยชน์ในการประยุกต์ของผลการวิจัย	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	44
ประวัติย่อผู้วิจัย	98

บทที่ 1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา
(Background & Problem Statement)

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การทำเกษตรอินทรีย์จัดได้ว่าให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์และฟื้นฟูระบบนิเวศการเกษตรและความหลายหลายทางชีวภาพ ซึ่งเป็นนิเวศบริการในพื้นที่เกษตรกรรมด้านการควบคุมอย่างหนึ่ง รวมถึงการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยผู้ล่า ถึงแม้ว่ารัฐบาลมีนโยบายในการส่งเสริมและพัฒนาเกษตรอินทรีย์รวมถึงข้าว อย่างไรก็ตามพื้นที่การผลิตข้าวอินทรีย์ในปัจจุบันยังไม่ได้ตามเป้าหมาย ดังนั้น เพื่อให้การขับเคลื่อนการดำเนินงานตามนโยบายของรัฐบาลบรรลุเป้าหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรดำเนินการในลักษณะบูรณาการข้ามกระทรวงเพื่อสนับสนุนให้เกิดพื้นที่ที่ดำเนินงานเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้น เนื่องจากปัจจุบันโลกกำลังเผชิญกับความท้าทายในหลายๆ ด้านที่เกี่ยวข้องกับนิเวศบริการไม่ว่าจะเป็น ทั้งทางตรงและทางอ้อม ได้แก่ อาหาร น้ำ พลังงาน และสิ่งแวดล้อม จนนำไปสู่ความท้าทายการวิจัยในด้านความมั่นคงทางอาหาร (Food Security)

จังหวัดนครนายกจัดว่าเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกของประเทศไทยตามการจัดแบ่งภูมิภาคตามคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ อาชีพหลักของประชากรในจังหวัดนี้เป็นเกษตรกรและพื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่คือพื้นที่ปลูกข้าวนาปี (ข้อมูลของสำนักงานการเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครนายก, สิงหาคม 2559) นอกจากนี้สาเหตุที่เกษตรอินทรีย์ยังไม่ได้รับความนิยมอาจเนื่องมาจากเกษตรกรขาดองค์ความรู้ในด้านเกษตรแผนใหม่และไม่มีหลักฐานทางวิชาการของการศึกษาในพื้นที่ท้องถิ่นเพื่อยืนยันว่าการทำเกษตรอินทรีย์ดีกว่าการทำเกษตรโดยใช้สารเคมี รวมทั้งงานวิจัยด้านเกษตรอินทรีย์ในประเทศที่กำลังพัฒนารวมถึงประเทศไทยยังมีไม่มากนัก (Reganold & Wachter, 2016)

สำหรับประเทศไทยนั้น รัฐบาลได้เล็งเห็นถึงความจำเป็นในการปรับรูปแบบนโยบายในการขับเคลื่อนประเทศ เพื่อนำไปสู่ในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนโดยไม่ทำลายทั้งสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เพื่อขับเคลื่อนประเทศให้เข้าสู่ ประเทศไทย 4.0 โดยประยุกต์นวัตกรรมและเทคโนโลยีอาทิ หุ่นยนต์สำรวจ ในการตอบสนองกระบวนการบริหารจัดการ เนื่องจากในระบบกระบวนการผลิตนั้นยังขาดเทคโนโลยีเชิงพื้นที่ (Geospatial Technology) หรือ วิทยาศาสตร์ข้อมูล (Data Science Mapping) เพื่อการสำรวจและติตามผลผลิตของนาข้าวในแต่ละฤดูกาล ได้แก่ โรคระบาด วัชพืช

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ระบบน้ำ การจัดการดิน ระบบภูมิอากาศ อื่นๆ ซึ่งมีส่วนส่งเสริมในการบริหารจัดการพื้นที่ปลูกข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทางคณะผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงประโยชน์ในการประยุกต์เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลด้วยระบบหุ่นยนต์สำรวจทางอากาศขนาดเล็ก บูรณาการร่วมกับข้อมูลดาวเทียม เพื่อการพัฒนาระบบติดตามและประเมินมูลค่าของนิเวศบริการนาข้าวเกษตรอินทรีย์แบบรายละเอียดสูง โดยให้เกษตรกรในพื้นที่ศึกษาได้เข้าถึงข้อมูลแบบออนไลน์เพื่อที่จะบริหารจัดการพื้นที่เกษตรโดยอาศัยเทคโนโลยีและนวัตรกรรมซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการสำรวจภาคสนามและเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับพื้นที่แปลงเกษตรขนาดกลางและใหญ่ เป็นการเริ่มต้นแนวคิดเชิงพาณิชย์ในแบบเศรษฐศาสตร์เชิงสารสนเทศเพื่อการเกษตร (Digital Information Economy)

1.2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวนับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย มีงานวิจัยมากมายในการสนับสนุนการผลิตข้าว การบริหารจัดการน้ำและการตลาด แต่เนื่องจากในระบบกระบวนการผลิตนั้นยังขาดเทคโนโลยีเชิงพื้นที่ (Geospatial Technology) หรือ วิทยาศาสตร์ข้อมูล (Data Science Mapping) เพื่อการสำรวจและติตามผลผลิตของนาข้าวในแต่ละฤดูกาล ได้แก่ โรคระบาด วัชพืช ระบบน้ำ การจัดการดิน ระบบภูมิอากาศ อื่นๆ ซึ่งมีส่วนส่งเสริมในการบริหารจัดการพื้นที่ปลูกข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างปัญหาที่ผ่านมาในฤดูกาลที่แล้งหรือฝนตกไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้เกิดวัชพืชในนาข้าว โดยทั่วไปชีววิทยาของวัชพืชมักจะมีลักษณะที่แตกต่างไปจากพืชอื่น ได้แก่ การงอกของวัชพืช มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูง เติบโตเร็ว มีการแก่งแย่งแข่งขันสูง การขยายพันธุ์ของวัชพืช มีทั้งการใช้เมล็ด ราก เหง้า แพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว ระบบรากของวัชพืช เหนียวแน่นไม่สามารถถอนจากดินได้โดยง่าย ระบบลำต้นและใบของวัชพืช มีการแตกกิ่งก้านสาขาหรือแตกกอมาก ดอกและช่อดอกของวัชพืช มีการพัฒนาตา ให้เป็นตาที่ผลิดอกและแตกช่อคล้ายกับดอก พืชปลูกทั่วไป เมล็ดของวัชพืช มีปริมาณมาก ทนทานต่อสภาพแวดล้อม มีชีวิตยืนนาน น้ำหนักเบา (รัชดากร พลภักดี, 2556) (ดวงพร สุวรรณกุล, 2543) จากคุณสมบัติเด่นที่กล่าวมานี้ นับว่าเป็นผลเชิงลบกับพืชเกษตร โดยสร้างความเสียหายให้กับผลผลิตโดยตรง แสดงดังตารางที่ 1-1

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ตารางที่ 1-1 ผลผลิตของพืชปลูกชนิดตาง ๆ ในสภาพที่มีและไมมีวัชพืชขึ้นแข่งขัน

พืชปลูก	ผลผลิต (กก./ไร่)		ผลผลิตที่ลดลง
	ไม่มีวัชพืช	มีวัชพืชขึ้นแข่งขัน	
ข้าวนาดำ	624	464	26
ข้าวนาหว่าน	656	160	76
ข้าวไร่	448	96	79
ข้าวโพด	816	85	90
ถั่วเหลือง	184	77	58
ถั่วเขียว	120	92	23
มะเขือเทศ	1,427	880	40
หอม	1,728	70	96

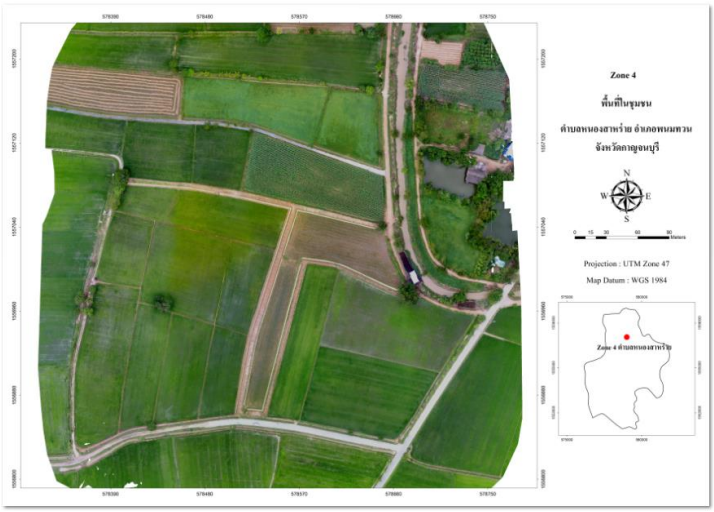
(พรชัย เหลืองอาภาพงศ์, 2540)

จากความเสียหายข้างบนนั้น ปัจจุบันนวัตกรรมเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) เช่น ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (Satellite Imagery) และเมื่อไม่นานมานี้ข้อมูลภาพถ่ายจากระบบหุ่นยนต์สำรวจทางอากาศขนาดเล็ก (small Unmanned Aerial System : sUAS) ได้เข้ามามีบทบาทในการสำรวจพื้นที่เกษตรและทรัพยากร-สิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว (Nebikera et al., 2008) ทำให้ได้รับข้อมูลรายละเอียดสูงและข้อมูลรายละเอียดปานกลางมาบูรณาการในการจัดการเชิงพื้นที่ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับเกษตรกร ซึ่งระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก ดังภาพที่ 1-1 และ 1-2 สามารถจัดสร้างแผนที่โอโธสีรายละเอียดสูงได้ถึงระดับ 7 เซนติเมตร ซึ่งเป็นการท้าทายสำหรับงานวิจัยในการบริหารจัดการพื้นที่นาข้าวโดยใช้เทคโนโลยีที่ภูมิสารสนเทศสมัยใหม่เข้ามาร่วมในการบริหารจัดการ

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ภาพที่ 1-1 องค์ประกอบของระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก

ที่มา Charoenjit, K., Pattanakiat, S.



ภาพที่ 1-2 พื้นที่นาข้าว ระยะต้นกล้า : ภาพถ่ายจากหุ่นยนต์อากาศยาน (รายละเอียด 7 ซม.)

ที่มา Charoenjit, K., Pattanakiat, S.

Nebikera et al., 2008 ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กเพื่อจัดสร้างแผนที่ทางอากาศรายละเอียดสูงและงานทางด้านการรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศ (Photogrammetry) ซึ่งภาพถ่ายทางอากาศจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก ให้รายละเอียดจุดภาพประมาณ 1 – 20 เซนติเมตร

Charoenjit et al., 2014 ได้ทดสอบระบบหุ่นยนต์อากาศยาน (UAS) โดยใช้กล้องถ่ายภาพช่วงคลื่นตามองเห็น (RGB camera) ในการสำรวจพื้นที่หญ้าทะเล บริเวณอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม ผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าระบบหุ่นยนต์อากาศยาน สามารถผลิตภาพถ่ายทางอากาศรายได้

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

รายละเอียด 5 ซม. และสามารถใช้ดัชนี GRVI (Green-Red Vegetation Index) ช่วยในการจำแนกพื้นที่หญ้าทะเลออกจากพื้นที่อื่นๆ และเสนอแนะการประยุกต์กล้อง Near Infrared (NIR) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจำแนกพื้นที่หญ้าทะเล

เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำและการประยุกต์ใช้ (Precision Agriculture technology and applications)

จากการศึกษาของ Pablo J. et al., (2014) ในด้านการคาดการณ์ระหว่างปี 2014 – 2020 พบแนวโน้มของเทคโนโลยีที่มีใช้ในปัจจุบันและเทคโนโลยีที่นำสมัยในด้านเกษตรแม่นยำ อาจกล่าวถึงพัฒนาการอย่างง่ายว่ามีการพัฒนาเครื่องจักรหนักในการเก็บเกี่ยวผลผลิต การเตรียมพื้นที่ปลูก ต่อมาก็จะเป็นการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการควบคุมแบบอัตโนมัติ และการใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ซึ่งจะใช้ข้อมูลจากหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กและดาวเทียมในการสร้างข้อมูลภูมิสารสนเทศเกษตรเพื่อการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรแบบแม่นยำ ซึ่งเป็นส่วนที่ตรงกับงานวิจัยที่กำลังดำเนินการอยู่ (ในตารางที่เน้นสีเทาและเครื่องหมาย *) และการพัฒนาระบบกำหนดตำแหน่งโดยใช้เทคโนโลยี GNSS ร่วมกับข้อมูล Remote Sensing ในการจัดการบริหารพื้นที่ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1-2 เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำและการประยุกต์ใช้ (Pablo J. et al.,2014)

Technology	Objective of development	State of Technology
Human-Machine Interface instruments	Terminal suitable for all PA applications	Standalone terminals for every single application
Ownership of data	Facilitate the exchange of information between farmers, and contractors or suppliers and between the government and farmers	Data should be the property of the machine owner, but machine manufacturers use themfor internal evaluation

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

Machine Guidance	Avoid overlapping following same tracks automatically for every field operation, driver relief, reduce chemicals and fuel	Driver assistance, steering support, automatic driving
Controlled Traffic Farming	Using the same tracks to minimize soil compaction.	Driver assistance, steering support, automatic driving
Recording of farm machinery movement	Machine surveillance, operators safety, optimization of processes	Data needed to measure and store machinery operations
Sampling location	Offline determination of soil quality, status of ground swell (pH- value, phosphor, potash, magnesium) , soil composition	Detailed information about the soil fertility and transmitted diseases for optimal management and to fulfil legislation
Biomass monitoring	Mapping the state of plant growth and amount of nitrogen needed	Location-specific continuous or discrete crop phenology observations, optical sensors forcanopy status and nitrogen content

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

Sensor and sensor fusion development	Automated data fusion of different sensor information for real- time decisions based on multi-layer datasets	Sensors for measurement of several parameters that are later integrated into products.
Machine Vision Systems	Guaranteeing the safety and security of food. Combining this data with producers' operation records (for example, when, where, and what kind of chemicals were sprayed, what kind of fertilizers were conducted)	Monitoring and classifying/grading fruit or vegetables
*Remote sensing (RS) techniques	Relating these images to yield potential, nutrient deficiencies and stresses	Recent aerial or satellite imagery
*Variable rate application /technology	Application of seeding, fertilizing and spraying according to accurate mapping of soil and plant information	Enables specific treatment of areas within a crop parcel with variable levels ofproduction.
Harvest monitoring	Localized harvesting information about crops and machine status to improve yield	Harvesting information (instant wet and dry readings, crop density, cutting andharvesting and

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

		information about yield)
Individual livestock tracking in a small scale	Information about animal health status and grazing behavior, virtual fencing, understanding grazing pressure	Monitoring systems for the animals through GNSS receivers, storing position data at regular intervals
Tracking livestock transporting	Complying with legal regulations of animal welfare	Record the movement of vehicles
Electronic submission of area aid applications	Compliance of legal regulations	GNSS receivers allow the measurement of an area, the perimeter of a parcel or changed portions of a boundary
*Farm Management and Decision Support	Software solution for farmers for automatic documentation, telemetry, decision support, machine control	Data management and decision support solutions existing from machine manufacturers and from providers of precision farming services

PRECISION AGRICULTURE: AN OPPORTUNITY FOR EU FARMERS - POTENTIAL SUPPORT WITH THE CAP 2014-2020

ระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (small Unmanned Aerial System)

เทคโนโลยีรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) เข้ามาช่วยในการปฏิบัติงานที่สามารถประเมินและวิเคราะห์ข้อมูลได้ต่อเนื่องดีกว่า ซึ่งได้แก่ ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร (Earth Satellite Observation) ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial image) แต่ก็ยังประสพปัญหาด้านข้อจำกัดของการได้มาของข้อมูล อาทิเช่น เมฆและไอน้ำที่บดบังการถ่ายภาพจากดาวเทียม (Noise) ช่วงเวลาความถี่ของการถ่ายภาพตามแนวทางการโคจรของดาวเทียม (Temporal Resolution) ตลอดจนรายละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพ (Spatial Resolution) หรือ ถ้าหากนำเครื่องบินแบบมีคนขับมาจัดบินบันทึกภาพถ่ายทางอากาศจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ไม่คุ้มค่ากับงบประมาณที่เสียไปเนื่องจากแปลงเกษตรของประเทศไทยมีขนาดเล็ก ต้องการความถี่ในการถ่ายภาพสูง ประกอบกับความซับซ้อนในการบินถ่าย ซึ่งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญและเวลาในการประมวลผลข้อมูลภาพด้วย ด้วยข้อจำกัดที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ทำให้ไม่สามารถบริหารจัดการพื้นที่เกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งตรงข้ามกับข้อมูลภาพถ่ายจากระบบหุ่นยนต์สำรวจทางอากาศขนาดเล็ก (small Unmanned Aerial System : sUAS) ที่สามารถบันทึกข้อมูลภาพและทำแผนที่ได้อย่างรวดเร็ว (Rapid Mapping) และมีรายละเอียดภาพสูง (Very High Resolution Image) ขนาดรายละเอียดเชิงพื้นที่ถึง 2-10 เซนติเมตร/พิกเซล (ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติกล้องและเพดานการบิน) และสามารถเลือกกล้องแบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral camera) กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal infrared camera) ซึ่งสามารถเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะระหว่างข้อมูลที่ได้จาก sUAS และ Earth Observation (EO) Satellite ดังตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-3 เปรียบเทียบคุณลักษณะเฉพาะระหว่างข้อมูลที่ได้จาก sUAS และ EO Satellite

Item	sUAS	EO Satellite
Spatial resolution	Not Cloudy (2 – 10 cm)	Cloudy (sub-meter : 50 cm)
Temporal resolution	On demand	Capturing 10.00 – 11.00 h Pleiades (Daily) Geoeye 2 (Daily) Worldwild (Daily)

Item	sUAS	EO Satellite
Spectral Resolution	Now Available : Multispectral, Hyperspectral, Thermal.	Full sensors
Coverage	Low : Hot spot area (1-10 Km2)	(> 50 Km2)

เทคโนโลยี sUAS ในปัจจุบันนั้นสามารถแบ่งลักษณะลำตัวอากาศยานได้เป็น 3 แบบ ได้แก่ แบบหลายใบพัด (Multirotor) แบบปีกตรึง (Fixed wing) และแบบผสมระหว่างหลายใบพัดและปีกตรึง (Hybrid) ซึ่งมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันไปตามแต่ละวัตถุประสงค์ในการใช้งาน สามารถสรุปประเด็นอย่างย่อ ได้ดังนี้ ภาพที่ 1-3

หุ่นยนต์อากาศยานแบบ Multirotor เหมาะสำหรับการทำแผนที่ขนาดเล็กและการลาดตระเวน เพราะเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ สามารถหยุดนิ่งกลางอากาศ และขึ้นลงในพื้นที่จำกัดได้ สามารถแบกน้ำหนักกล้องได้หลายชนิดพร้อมๆ กันแต่มีข้อเสียคือสิ้นเปลืองพลังงานแบตเตอรี่เป็นอย่างมาก เฉลี่ยเวลาทำการบินอยู่ที่ประมาณ 15 – 25 นาที/เที่ยวบิน (Industrial grade)

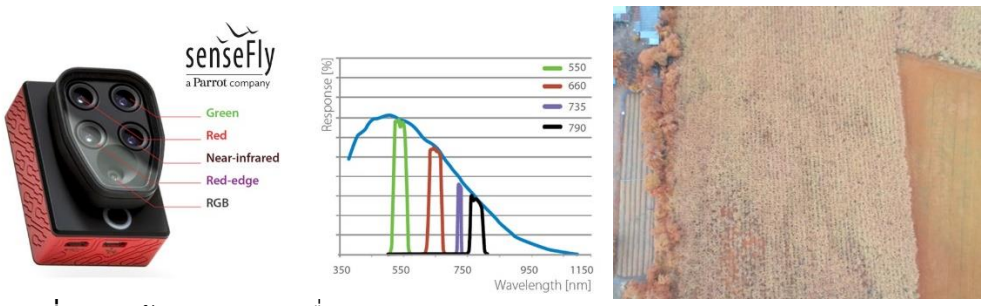
หุ่นยนต์อากาศยานแบบ Fixedwing เหมาะสำหรับการทำแผนที่ขนาดใหญ่เท่านั้น ไม่เหมาะกับการลาดตระเวน เนื่องจากเคลื่อนที่ได้จำกัดไม่สามารถหยุดนิ่งกลางอากาศและใช้พื้นที่ขึ้นลงขึ้นลงที่มากกว่าแบบ Multirotor ประมาณ 50 เท่า ไม่สามารถแบกน้ำหนักกล้องได้หลายชนิดพร้อมๆกันแต่มีข้อดีคือสิ้นเปลืองพลังงานแบตเตอรี่น้อยมาก เฉลี่ยเวลาทำการบินอยู่ที่ประมาณ 45 นาทีขึ้นไป/เที่ยวบิน (Industrial grade)

หุ่นยนต์อากาศยานแบบผสม Hybrid ข้ามขีดจำกัดระหว่าง Fixed wing & Multirotor เป็นเทคโนโลยีที่ใหม่ และยังอยู่ในวงจำกัดเฉพาะในงานวิจัยเป็นส่วนใหญ่ และรอการรับรองมาตรฐานจาก (Federal Aviation Administration – FAA) สำหรับการจำหน่ายอย่างเป็นทางการ

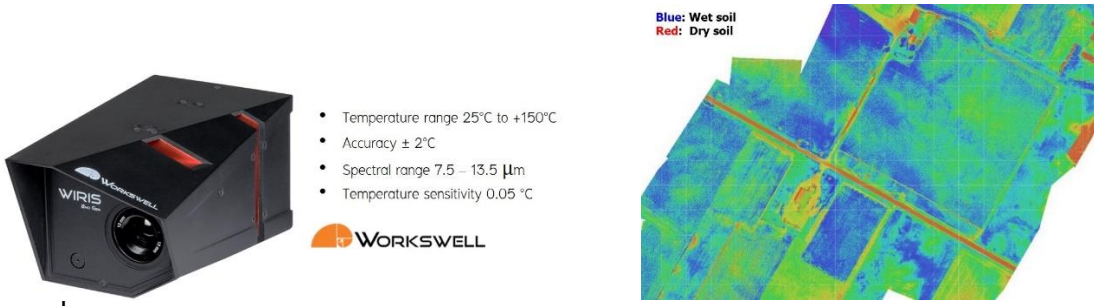
ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ภาพที่ 1-3 ลักษณะลำตัวหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก ซ้าย : Multirotor, กลาง : Fixed wing, ขวา : Hybrid

และนอกจากนั้นกล้องที่สามารถติดได้กับ sUAS ได้แก่ กล้องหลายช่วงคลื่น (Multispectral) กล้องถ่ายภาพความร้อน ซึ่งมีความสำคัญในการสร้างดัชนีพืชพรรณเพื่อการวินิจฉัยคุณลักษณะของพืชในช่วงการเจริญเติบโตในแต่ละระยะ ปริมาณน้ำตลอดจนคาดการณ์ผลผลิตฯ ตัวอย่างกล้องที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์และผ่านการทดลองเกี่ยวกับการเกษตรแม่นยำแล้ว ได้แก่ Parrot Sequoia และ Workwell Thermal Infrared แสดงดังภาพที่ 1-4 และ 1-5



ภาพที่ 1-4 กล้องหลายช่วงคลื่น (Multispectral) สำหรับติด sUAS และตัวอย่างภาพความ Near infrared



ภาพที่ 1-5 กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal Infrared) สำหรับติด sUAS และตัวอย่างภาพความชื้นของดิน

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบติดตามพื้นที่นาข้าวเกษตรอินทรีย์แบบรายละเอียดสูง (Precision Farming) เพื่อประเมินการวิเคราะห์นิเวศบริการ โดยประยุกต์หุ่นยนต์สำรวจทางอากาศขนาดเล็ก โดยมีวัตถุประสงค์ต่อไปนี้

1.3.1 จัดสร้างแผนที่ออโธสีรายละเอียดสูงของพื้นที่นาข้าวในแต่ละช่วงฤดูกาล โดยประยุกต์ภาพถ่ายทางอากาศจากกล้องมัลติสเป็กตรอล (Multispectral Camera: Visible, Red Edge, Near Infrared) จากหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (sUAS)

1.3.2 จัดอบรมการประยุกต์หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (sUAS) เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ของนาข้าว

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

งานวิจัยจะดำเนินการในพื้นที่นาที่มีทั้งนาข้าวอินทรีย์และนาข้าวใช้สารเคมีของเกษตรกรที่รวมกลุ่มกันเป็นดวิสาหกิจชุมชน กลุ่มส่งเสริมศูนย์พันธุ์ข้าวชุมชน ในหมู่บ้านบ้านเนินหินแร่ ตำบลหนองแสง อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก

1.4.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ขอบเขตในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาระบบติดตามพื้นที่นาข้าวเกษตรอินทรีย์และนาข้าวใช้สารเคมี แบบรายละเอียดสูง โดยกำหนดการสร้างแผนที่รายละเอียดไม่ต่ำกว่า 10 เซนติเมตร ซึ่งประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Data Sciences Mapping) ประกอบไปด้วย จัดสร้างแผนที่ออโธสีรายละเอียดสูงของพื้นที่นาข้าวในแต่ละช่วงฤดูกาล (Growing stage) ได้แก่ ระยะต้นกล้า ระยะแตกกอระยะการเกิดช่อดอก ระยะตั้งท้อง และระยะเมล็ดข้าวสุกแก่ ซึ่งเป็นการสำรวจทางอากาศที่สะดวก รวดเร็ด และประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าแรงงานคน ซึ่งในแต่ละช่วงฤดูการจะประเมินพื้นที่ได้แก่ แผนที่ระบบทางน้ำ แผนที่วัชพืช แผนที่ความชื้น และ จัดทำแผนที่คาดการณ์ผลผลิตของนาข้าว โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ ข้อมูลสำรวจระยะไกลรายละเอียดสูงจาก sUAS และการสำรวจภาคสนาม

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

1.5 แนวความคิดของโครงการวิจัย

การประยุกต์นวัตกรรมโดยหุ่นยนต์สำรวจทางอากาศขนาดเล็ก ข้อมูลดาวเทียมและภูมิสารสนเทศ ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการนาข้าวเชิงพื้นที่ในทุก ๆ มิติได้มากกว่าการสำรวจโดยวิธีดั่งเดิมที่ต้องอาศัยคนเป็นหลักและเป็นการส่งเสริมการแข่งขันธุรกิจด้านดิจิตอล-ภูมิสารสนเทศ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้เครื่องมือสำรวจทางอากาศที่ทันสมัยและเหมาะสม (ระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก) ในการสำรวจนาข้าว

1.6.2 เป็นต้นแบบในการติดตามและบริหารจัดการพื้นที่เกษตรในระดับอุตสาหกรรม (พื้นที่ขนาดใหญ่) อย่างมีประสิทธิภาพโดยประยุกต์นวัตกรรมและเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

1.6.3 เป็นต้นแบบในการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรโดยมีความแม่นยำในระดับสูงและเป็นการเริ่มระบบเศรษฐกิจแบบขับเคลื่อนโดยเทคโนโลยีสารสนเทศทางการเกษตร (Agricultural Information Economy)

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

บทที่ 2
เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย
(Material & Methodology)

2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

- หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (sUAS)
- กล้อง Multispectral
- กล้องอินฟราเรด
- เครื่องหาพิกัดสัญญาณดาวเทียม
- คอมพิวเตอร์
- ซอฟต์แวร์ขั้นสูง

ตารางที่ 2-1 อุปกรณ์ภาคสนาม

รูปประกอบ	คุณสมบัติและข้อมูลประกอบ
	DJI Phantom 4 - กล้อง RGB camera - ตัวเลนส์มีทั้งหมด 9 ชิ้นเลนส์ - เซนเซอร์ขนาด 1/2.3 นิ้ว
	GPS Garmin รุ่น GPSMAP® 62sc - 2,000 Waypoint - Tracklog 10,000 จุด - Camera
	กล้องอินฟราเรด Pixel Size = 17 μm (Tau 2 640, 336); 25 μm (Tau 2 324)

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

รูปประกอบ	คุณสมบัติและข้อมูลประกอบ
	กล้อง (Multispectral) SEPARATE BANDS - Green (550 BP 40) - Red (660 BP 40) - Red Edge (735 BP 10) - Near infrared (790 BP 40)

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ได้แก่ 1. จัดสร้างแผนที่ออโธสีรายละเอียดสูงของพื้นที่นาข้าวในแต่ละช่วงฤดูกาล 2. การจัดอบรมการประยุกต์หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (sUAS) เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ของนาข้าว ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 จัดสร้างแผนที่ออโธสีรายละเอียดสูงของพื้นที่นาข้าวในแต่ละช่วงฤดูกาล โดยประยุกต์ภาพถ่ายทางอากาศจากกล้องมัลติเสปกทรัล (Multispectral Camera : Visisble, Red Edge, Near Infrared) จากหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (sUAS) และจัดทำแผนที่คาดการณ์ผลผลิต (Yield estimation) ของข้าว โดยประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ข้อมูลการสำรวจระยะไกลจาก sUAS และการสำรวจภาคสนาม ซึ่งจะต้องคัดเลือกระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- คัดเลือกตัวอากาศยาน (Aircraft) แบบมัลติโรเตอร์ (multi-rotor) โดยจะต้องมีความสามารถในการบินแบบอัตโนมัติแบบกริดเพื่อการทำแผนที่ (Grid flight planning) มีความสามารถในการบินได้ไม่ต่ำกว่า 15 นาที/เที่ยว และมีระบบควบคุมความปลอดภัยแบบอัตโนมัติขั้นพื้นฐาน จากนั้นดำเนินการและติดตั้งอุปกรณ์บันทึกภาพให้กับหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก โดยต้องสามารถบันทึกภาพในช่วงคลื่นตามองเห็นและอินฟราเรดได้ (Visible and NIR camera) เพื่อประโยชน์ในการทำแผนที่ชีวมวลและคำนวณดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Indexes) และจัดทำแผนที่ความชื้น (Soil Moisture Mapping) โดยประยุกต์กล้อง Thermal Infrared
- ดำเนินการคัดเลือกพื้นที่ตัวอย่างนาข้าว โดยวางแผนการบันทึกภาพจากหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กให้สอดคล้องกับระยะการเจริญเติบโต โดยขอเสนอการบันทึกข้อมูลนาข้าวทุกๆ 2 สัปดาห์ หรือตามเหมาะสม เป็นต้น แผนการบินดังตารางที่ 2-2

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

- ในการสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กและภาคสนาม จะต้องดำเนินการวางแผนสำรวจวัชพืชในภาคสนาม (Field inventory) โดยการวางแปลงชั่วคราวขนาด 1 ตารางเมตร โดยให้มีความสัมพันธ์กับช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตช่วงต่างๆ ของพืช นอกจากนั้นจะต้องเก็บบันทึกค่าพิกัดแปลง (GPS, GNSS) และตัวปรับแก้ค่าสะท้อนพลังงาน (Image calibration using direct and indirect pointer targets)
- เมื่อกระบวนการบันทึกภาพ (Image Acquisition) ในภาคสนามเสร็จสิ้นแล้ว จะดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่าย (Image Processing) ได้แก่ การปรับแก้ภาพเชิงตำแหน่งและเชิงรังสี (Geometry and Radiometry Correction) การต่อภาพ (Orthomosaic) และการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation indexes) โดยคัดเลือกกล้องมัลติเสปกทรอล (Multispectral) กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal Infrared)
- จากนั้นดำเนินการตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy assessment) และจัดทำแผนที่รายละเอียดสูง ในแต่ละช่วงเวลา ได้แก่ แผนที่แสดงการปกคลุมของวัชพืช (Weed coverage Map) แผนที่แสดงนาข้าว (Paddy field Map) แผนที่คาดการณ์ผลผลิตข้าว (Yield Map) ให้อยู่ในรูปแบบดิจิตอลที่สามารถแสดงผลทางด้านงานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ (Spatial Database) เช่น .geotif, .ecw เป็นต้น
- จัดทำแผนที่คาดการณ์ผลผลิต โดยอาศัยการสำรวจพื้นที่ในภาคสนามและข้อมูลสำรวจระยะไกล จากนั้นสร้างความสัมพันธ์โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์เชิงเส้นตรงหรือไม่เป็นเส้นตรงเพื่อคาดการณ์ผลผลิตของข้าวก่อนเก็บเกี่ยว
- นอกจากนั้นจะดำเนินการบูรณาการข้อมูลดาวเทียมสำรวจทรัพยากรได้แก่ ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 8 OLI/TIRS และข้อมูลดาวเทียม THAICHOTE เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่นาข้าวแบบภาพรวมทั้งจังหวัด และดำเนินการนำเข้าข้อมูลให้มีความถี่ย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 1 ภาพ/เดือน

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ตารางที่ 2-2 แสดงแผนการบินแบบกริด (Grid flight planning) ของแต่ละแปลง

ชื่อแปลง	**แผนการบินแบบกริด (Grid flight planning)**
แปลงที่ 1 นางอังคณา	
แปลงที่ 2 นางราศรี	
แปลงที่ 3 นายบุญยืน	

แปลงที่ 4 นายสมบัติ		
แปลงที่ 5 นางศรีรัตน์		
แปลงที่ 6 นายเจริญ		

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

2.2.2 การจัดอบรมการประยุกต์หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (sUAS) เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ของนาข้าว

ได้พัฒนาแผนการสอนดังนี้

แผนการสอน (Course Syllabus)

หลักสูตรการประยุกต์หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กในการทำแผนที่เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่นาข้าว

หมวดที่ 1 ความรู้ทั่วไป

1. ชื่อหลักสูตร : หลักสูตรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการประยุกต์หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (sUAS) เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ของนาข้าว

2. ผู้รับผิดชอบหลักสูตรและผู้สอน

2.1 ผู้รับผิดชอบหลักสูตร

คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2.2 ผู้สอน

คณาจารย์คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และผู้เชี่ยวชาญจากที่ต่างๆ

หมวดที่ 2 ลักษณะและการดำเนินงาน

1. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับการทำแผนที่ลายละเอียดสูงเพื่อการจัดการเกษตรแม่นยำและเกษตรอัจฉริยะ อาทิเช่น การผลิตแผนที่ภาพออร์โธลายละเอียดสูงของข้าว ผลิตแผนที่ดัชนีพืชพรรณข้าว เพื่อเก็บข้อมูลบริเวณแปลงเกษตรกรรมเพื่อการบริหารจัดการข้าว รวมถึงเรียนรู้หลักการพื้นฐานของการใช้หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (small Unmanned Aerial System: sUAS) มาใช้ในการผลิตแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูง (High Resolution Orthophoto) แบบจำลองข้อมูลจุดความสูงเชิงพื้นผิว (Digital Surface Model: DSM) และแบบจำลองสามมิติเสมือนจริง (3D Virtualization Model) การประมวลผลด้วยโปรแกรม

2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อการอบรม

จำนวนชั่วโมงบรรยาย	6	ชั่วโมงต่อหลักสูตร
จำนวนชั่วโมงปฏิบัติ (ภาคสนาม)	12	ชั่วโมงต่อหลักสูตร
จำนวนชั่วโมงปฏิบัติ (ห้องปฏิบัติการ)	6	ชั่วโมงต่อหลักสูตร

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

หมวดที่ 3 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

1.1 เพื่อให้ความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการประยุกต์หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก การจัดทำแผนที่และข้อจำกัดด้านกฎหมายและเทคนิคได้

1.2 เพื่อให้สามารถวางแผน และประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก ได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ

1.3 เพื่อให้สามารถประยุกต์หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก ในการลาดตระเวนและการจัดทำแผนที่เพื่อบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมข้าว

2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงหลักสูตร

เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถจัดทำแผนที่จากหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก มีทักษะการควบคุมและบังคับโดรน มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับ รูปแบบ องค์ประกอบ การใช้งานขั้นพื้นฐานของโดรน รวมไปถึงกฎ ระเบียบและข้อกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เน้นการพัฒนาหลักสูตรให้ครอบคลุมเนื้อหาการใช้หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก

หมวดที่ 4 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของผู้รับการอบรม

1. คุณธรรม และจริยธรรม

1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา

มีคุณธรรม จริยธรรมในการปฏิบัติงาน เคารพในสิทธิทางปัญญาและข้อมูลส่วนบุคคล การใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาสังคมที่ถูกต้อง

1.2 วิธีการสอน

1.2.1 ส่งเสริมและสอดแทรกในระหว่างการอบรม

1.2.2 การเรียนรู้ฝึกปฏิบัติการใช้เครื่องมือจากสภาพพื้นที่จริง

1.3 วิธีการประเมินผล

การประเมินผลตามสภาพจริง โดยการสังเกตการณ์จากผู้สอน และแบบทดสอบในการฝึกปฏิบัติการ

2. ความรู้

2.1 ความรู้ที่ต้องพัฒนา

มีความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับโดรน และหลักการพื้นฐานในการจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูง สำหรับงานด้านการจัดการเกษตรแม่นยำและเกษตรอัจฉริยะ

2.2 วิธีการสอน

2.2.1 บรรยาย/ฝึกปฏิบัติ

2.2.2 ออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรูปแบบบรรยาย โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีกิจกรรมการเรียนรู้แบบรายบุคคล ระยะเวลาไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของหลักสูตรทั้งหมด และฝึกปฏิบัติการในสถานการณ์จำลองการใช้งานหุ่นยนต์อากาศยานเพื่อการทำเกษตรแม่นยำ อาทิ การทำแผนที่ความละเอียดสูง การประมวลผลดัชนีพืชพรรณเพื่อสำรวจความอุดมสมบูรณ์ของพืช เป็นต้น โดยการฝึกปฏิบัติการจะใช้หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กและอุปกรณ์เสริมให้เพียงพอต่อผู้เข้ารับการอบรม และมีระบบความปลอดภัยและจัดทำการฝึกบินในพื้นที่เหมาะสม

2.3 วิธีการประเมินผล

การประเมินผลตามสภาพจริง กำหนดคะแนนความรู้เกี่ยวกับหลักการพื้นฐานในการจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงจากโดรน โดยใช้เครื่องมือวัดระดับผลการเรียนรู้ของผู้เข้าอบรม ได้แก่ ข้อทดสอบก่อน - หลังการอบรม (Pre-test/Post-test) ด้านการใช้งานโดรนอย่างถูกต้องตามขั้นตอน วิธีการ และความปลอดภัย

3. ทักษะทางปัญญา

3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา

มีความสามารถในการอธิบายหลักการพื้นฐานและการควบคุมการใช้หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กในการผลิตแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูง (High Resolution Orthophoto) และการทำประมวลผลภาพดีชะนีพืชพรรณ (Green red vegetation index)

3.2 วิธีการสอน

3.2.1 บรรยาย/ฝึกปฏิบัติ

3.2.2 ออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรูปแบบปฏิบัติการ โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีกิจกรรมการเรียนรู้แบบรายบุคคล ระยะเวลาไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของหลักสูตรทั้งหมด

3.3 วิธีการประเมินผล

การประเมินผลตามสภาพจริง กำหนดคะแนนความรู้เกี่ยวกับทักษะการผลิตแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูง เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานในการบริหารจัดการพื้นที่นาข้าว

4. ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา

มีความคิดริเริ่มในการวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างเหมาะสมบนพื้นฐานของตนเอง สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี มีความรับผิดชอบในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองและวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง

4.2 วิธีสอน

4.2.1 สอดแทรกเนื้อหาระหว่างบรรยาย/ฝึกปฏิบัติ

4.3 วิธีการประเมินผล

การประเมินผลตามสภาพจริง และฝึกปฏิบัติโดยการสังเกตการณ์จากผู้สอน

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

5. ทักษะในการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

5.1 ทักษะในการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา

มีความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์หรือการวิเคราะห์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในการปฏิบัติงานในสาขาวิชาชีพได้ และมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสารสนเทศในการสื่อสาร การแสวงหาความรู้ การจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลและการนำเสนอข้อมูลภูมิสารสนเทศ เพื่อประโยชน์ในการศึกษาในสาขาวิชาการ/วิชาชีพได้

5.2 วิธีสอน

5.2.1 บรรยาย/ฝึกปฏิบัติ

5.3 วิธีการประเมินผล

การประเมินผลตามสภาพจริง กำหนดคะแนนความรู้เกี่ยวกับหลักการ ปรับให้ถูกต้อง และตรวจสอบทั้งหมด ใช้ชื่อให้ตรงกัน โดยใช้เครื่องมือวัดระดับผลการเรียนรู้ของผู้เข้าอบรม ได้แก่ ข้อทดสอบก่อน - หลังการอบรม (Pre-test/Post-test)

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

๑. แผนการสอน

ครั้งที่สอน	จำนวนชั่วโมงการสอน	เนื้อหา	กิจกรรมการเรียนการสอน
1	6 ชั่วโมง	ทฤษฎีการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photographic Mapping)	บรรยาย
2	6 ชั่วโมง	การประยุกต์หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (small Unmanned Aerial System: sUAS or Drone)	ปฏิบัติ (ภาคสนาม)
3	6 ชั่วโมง	วิธีปฏิบัติงานการใช้หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (small Unmanned Aerial System: sUAS or Drone) ในการจัดทำแผนที่รายละเอียดสูง	ปฏิบัติ (ภาคสนาม)
4	6 ชั่วโมง	การประมวลผลภาพการใช้หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (small Unmanned Aerial System : sUAS or Drone) ในการจัดทำแผนที่รายละเอียดสูง	ปฏิบัติ (ห้องปฏิบัติการ)

3. เกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้

3.1 ประเมินความรู้และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

3.1.1 การวัดความรู้โดยเปรียบเทียบคะแนนการทดสอบความรู้ก่อนและหลังการฝึกอบรม

3.1.2 การประเมินระดับความรู้ของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยใช้การแปลความหมายข้อมูล ที่อยู่ในรูปคะแนนเฉลี่ย โดยจำแนกเป็น 3 ระดับ เนื่องจากการกำหนดระดับคะแนนที่ผ่านการประเมินคือจุดกึ่งกลางของคะแนนเต็ม หมายความว่า ผู้ผ่านการประเมินจะต้องมีคะแนนอย่างน้อย 50% ของคะแนนเต็ม (คะแนนเต็ม 10 คะแนน ค่าคะแนนผ่านการประเมิน เท่ากับ 5 คะแนน) ดังนั้นการแบ่งช่วงปลายด้านค่าต่ำจึงเป็น 2 เท่า ของด้าน ค่าสูงทำให้การแบ่งช่วงความกว้างจึงเป็น 4 ส่วน โดยสามารถคำนวณได้จาก (ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด)/4 คือ

ความกว้างของ 1 ส่วน = (10 - 0)/4 = 2.5

ผลการวิเคราะห์ มีช่วงการประมาณค่า คะแนนเฉลี่ย จัดทำเป็นเกณฑ์การประเมินผลเป็น ๓ ระดับ ดังนี้

คะแนน 00.00 – 05.00 ระดับความรู้ ควรปรับปรุง
คะแนน 05.01 – 07.50 ระดับความรู้ ปานกลาง
คะแนน 07.51 – 10.00 ระดับความรู้ ดี

3.1.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ของเรียนรู้ (คือ การประเมินเป้าหมายการเรียนรู้ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมว่าสามารถได้รับหรือมีความรู้เพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด) คำนวณจากสูตร ดังนี้

$$\text{ผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้} = \frac{\text{คะแนนการเรียนรู้}\ \boldsymbol{x\ 100}}{\text{คะแนนความน่าจะเป็น}}$$

คะแนนการเรียนรู้ = คะแนนหลังการอบรม (Post Test) - คะแนนก่อนการอบรม (Pre Test)
คะแนนความน่าจะเป็น = คะแนนเต็ม - คะแนนก่อนอบรม (Pre Test)
มีสมมติฐานในการประเมิน ว่า ผู้เข้ารับการอบรมอย่างน้อยร้อยละ 80 มีความรู้เพิ่มขึ้น

3.2 ประเมินผลความพึงพอใจต่อการจัดฝึกอบรมของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

โดยใช้การแปลความหมายข้อมูล ที่มีอยู่ในรูปคะแนนเฉลี่ย โดยจำแนกเป็น 5 ระดับ สำหรับการหาความกว้างของแต่ละช่วงสามารถคำนวณได้จาก (ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด)/5 ดังนั้น

ความกว้างของ 1 ระดับชั้น = (5 - 1)/5 = 0.8

คะแนนเฉลี่ยความถึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม จะถูกแปลผล ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ น้อย
คะแนนเฉลี่ย 2.62 – 3.40 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ มาก
คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด

มีสมมุติฐานในการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมอย่างน้อยร้อยละ ๘๐ ของผู้เข้ารับการฝึกอบรม จะมีความพึงพอใจในการจัดการฝึกอบรมครั้งนี้

3.3 ประเมินความสนใจในขณะเข้าร่วมการอบรม

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

โดยการประเมินจากความคิดเห็นของวิทยากร การประเมินจากการสังเกตการณ์ของผู้ประเมิน และการประเมินจากความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรม เพื่อประเมินความสนใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรมอย่างน้อย 80% ของผู้เข้ารับการฝึกอบรมใความสนใจในระหว่างการเข้ารับการฝึกอบรมครั้งนี้

หมวดที่ 6 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของหลักสูตร

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยผู้อบรม

เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณของผู้เข้ารับการอบรมจากการอบรมตามรูปแบบวิธีการประเมินแบบผสมผสาน (Mixed-method Assessment) โดยการประเมินเชิงคุณภาพ ได้แก่ การสัมภาษณ์ การสนทนากลุ่ม (Focus Group) และการประเมินผลเชิงปริมาณ ได้แก่ การจัดทำแบบสำรวจต่าง ๆ ที่ใช้เป็นตัวเลข ค่าคะแนน หน่วยมาตรวัดผล หรืออัตราคะแนน

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

2.1 การประชุมร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ขอคำแนะนำข้อเสนอแนะจากผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์

2.2 การแลกเปลี่ยนโดยสนทนากับผู้เข้ารับการอบรม เพื่อสะท้อนผลการจัดอบรม

2.3 การสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เข้ารับการอบรมตามสภาพจริง

2.4 การประเมินจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เข้ารับการอบรม เปรียบเทียบพัฒนาการหรือความเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการอบรม

3. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

นำผลการประเมินประสิทธิภาพการสอนของผู้สอนโดยผู้เข้ารับการอบรม มาปรับปรุงและพัฒนาการจัดการอบรม พร้อมนำเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขจุดที่มีข้อบกพร่อง สำหรับครั้งต่อไป

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

บทที่ 3
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
(Results & Discussion)

3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

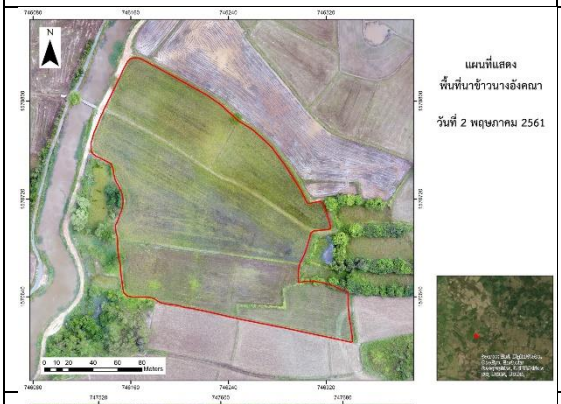
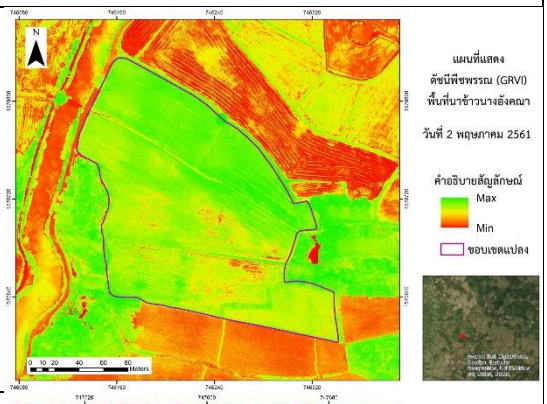
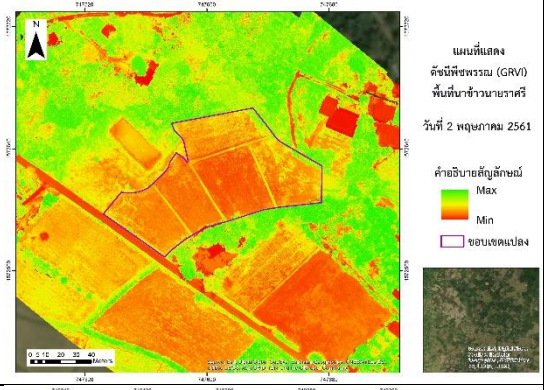
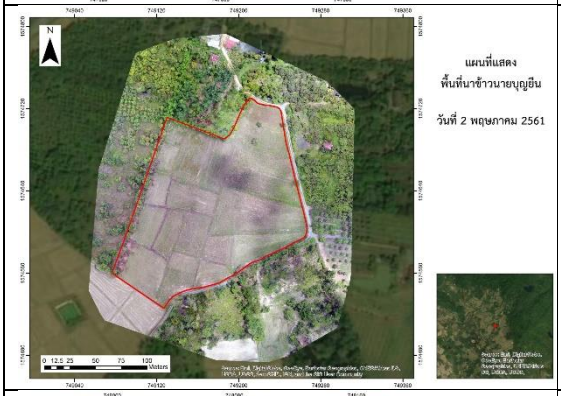
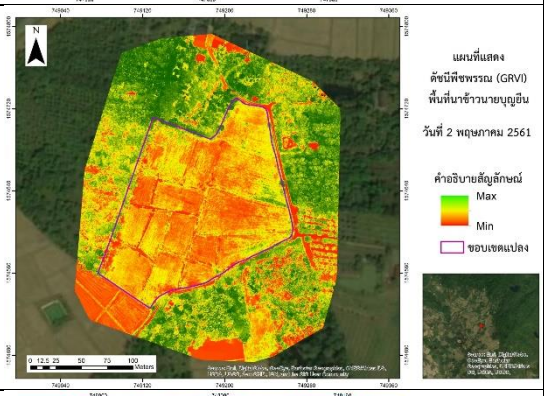
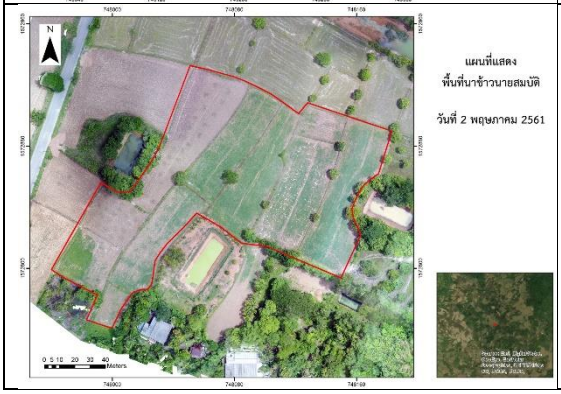
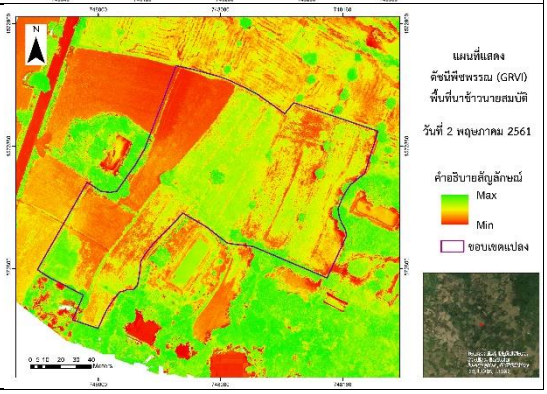
ในบทนี้จะอธิบายผลการถ่ายภาพทางอากาศด้วยระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กและทำการจัดสร้างแผนที่ออโธสีรายละเอียดสูงของพื้นที่นาข้าวในแต่ละช่วงฤดูกาล และการจัดอบรมการประยุกต์หุ่นยนต์ขนาดเล็กเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ของนาข้าว

3.1.1 ผลจากการถ่ายภาพทางอากาศโดยระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก

จากการถ่ายภาพทางอากาศโดยใช้ระบบอากาศยานขนาดเล็กและกล้องถ่ายภาพช่วงคลื่นตามองเห็น (RGB) จากการทดลองบินถ่ายภาพทางอากาศโดยใช้ระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กที่ระดับความสูง 100 เมตร และกำหนดค่าความคาดเคลื่อนของแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศไม่เกิน (RMSE) 3 เมตร ได้ผลลัพธ์รายละเอียดความคมชัดของข้อมูลเท่ากับ (GSD) 4.09 cm/px โดยเริ่มดำเนินการบินถ่ายภาพทั้งหมด 4 ช่วง ได้แก่ 2 พฤษภาคม พ.ศ.2561, 23 กรกฎาคม พ.ศ.2561, 2 กันยายน พ.ศ.2561 และ 17 พฤษจิกายน พ.ศ.2561 แสดงดังตาราง 3-1 ถึง 3-4 ซึ่งทำการเปรียบเทียบระหว่างภาพออโธสีกับภาพแสดงความอุดมสมบูรณ์ของพืช ซึ่งจะเห็นได้ว่าวันที่ 2 พฤษภาคม 2561 พื้นที่นาข้าวของนางอังคนา มีความอุดมสมบูรณ์กว่า พื้นที่นาข้าวของคนอื่นๆ เนื่องจากนาข้าวของนางอังคนากำลังอยู่ในช่วงของการเก็บเกี่ยว และของคนอื่นกำลังอยู่ในช่วงการเตรียมพื้นที่ที่จะปลูกใหม่ วันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2561 พบว่านาข้าวของนางอังคนาเก็บเกี่ยวเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ช่วงวันที่ 2 กันยายน พ.ศ.2561 และวันที่ 17 พฤษจิกายน พ.ศ.2561 นาข้าวของทุกคนอยู่ในช่วงต้นอ่อน และโดยรวมไม่พบข้อแตกต่างระหว่างนาข้าวแบบออแกนิคและนาข้าวแบบใช้เคมีอย่างมีนัยสำคัญ และผู้เข้าร่วมฝึกอบรมระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก มีควาเข้าใจถึงเทคโนโลยีร้อยละ 80 ซึ่งต้องพัฒนาวิธีการและเทคนิคการถ่ายทอดเทคโนโลยีในลำดับต่อไป

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

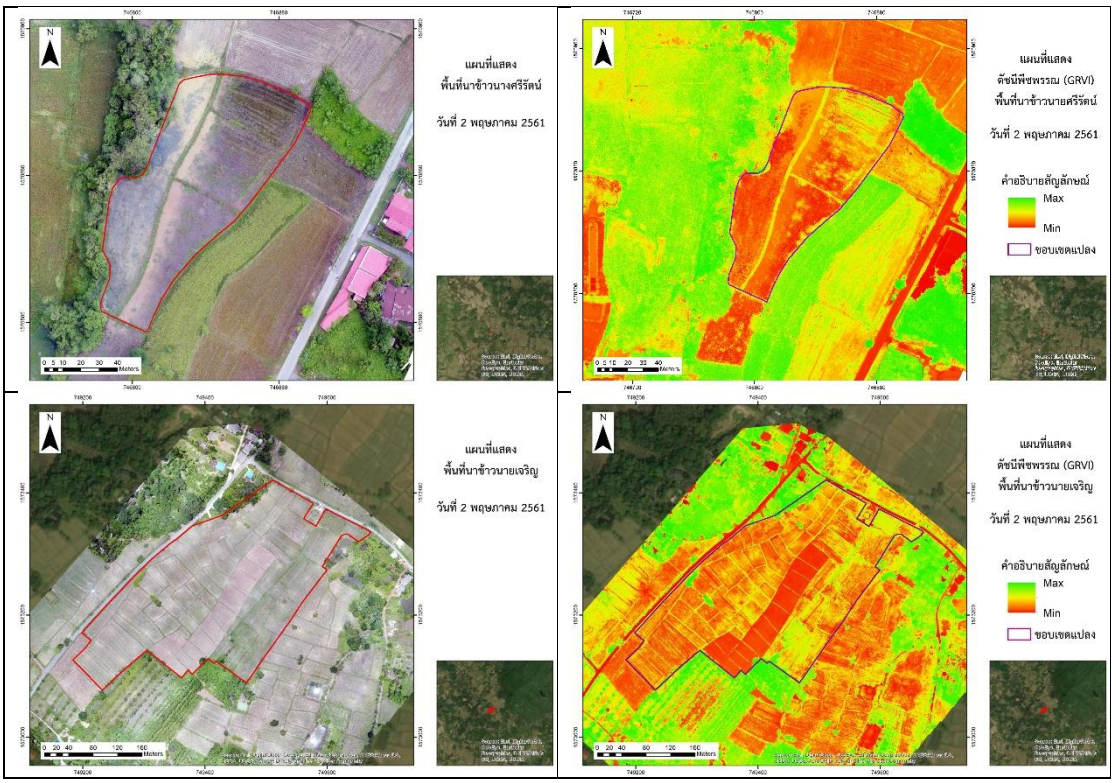
ตาราง 3-1 แสดงภาพออโธสีรายละเอียดสูงของพื้นที่นาข้าว (RGB) และภาพความอุดมสมบูรณ์ของพืช (GRVI) วันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ.2561

RGB	GRVI
	
	
	
	

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

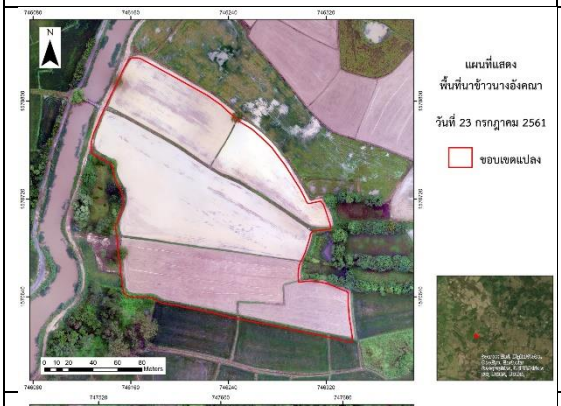
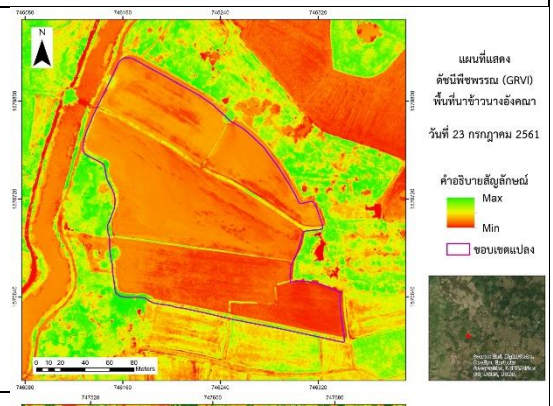
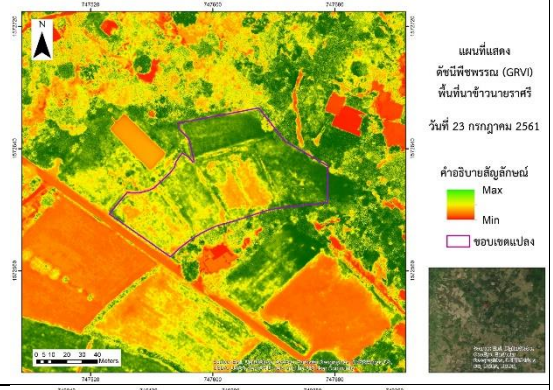
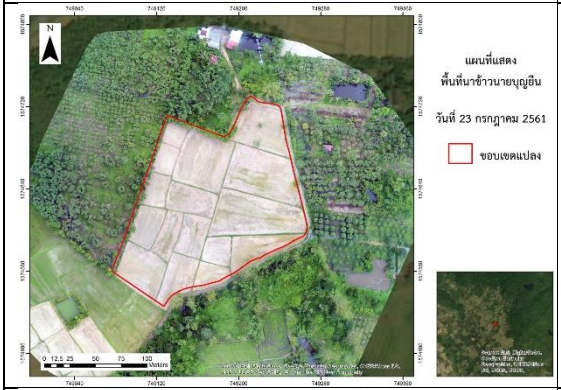
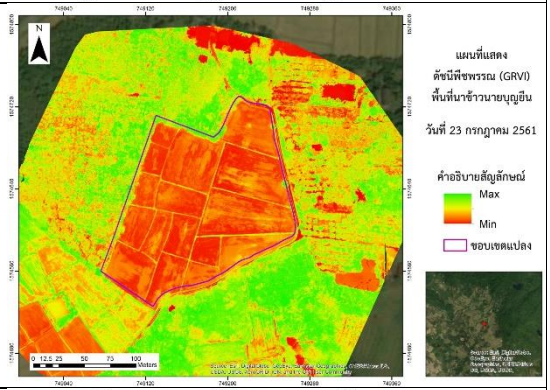
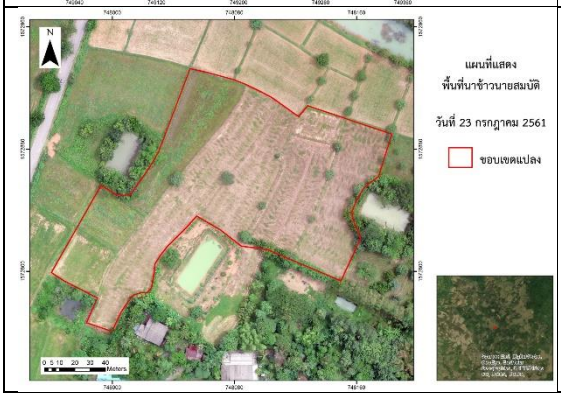
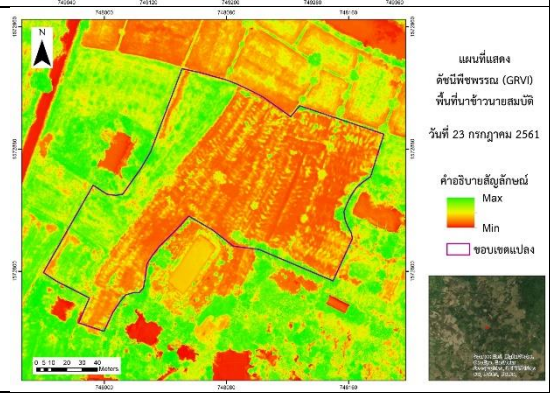
การพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศเพื่อติดตามพื้นที่นาข้าวเกษตรอินทรีย์ ภายใต้แนวคิดนิเวศบริการ โดยประยุกต์ข้อมูลดาวเทียมและหุ่นยนต์อาก าศยานขนาดเล็ก

The Development of Geoinformation for Monitoring of Organic Rice Poddy Fields based on Ecosystem Services Using Earth Satellite Observation and small Unmanned Aerial System



ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

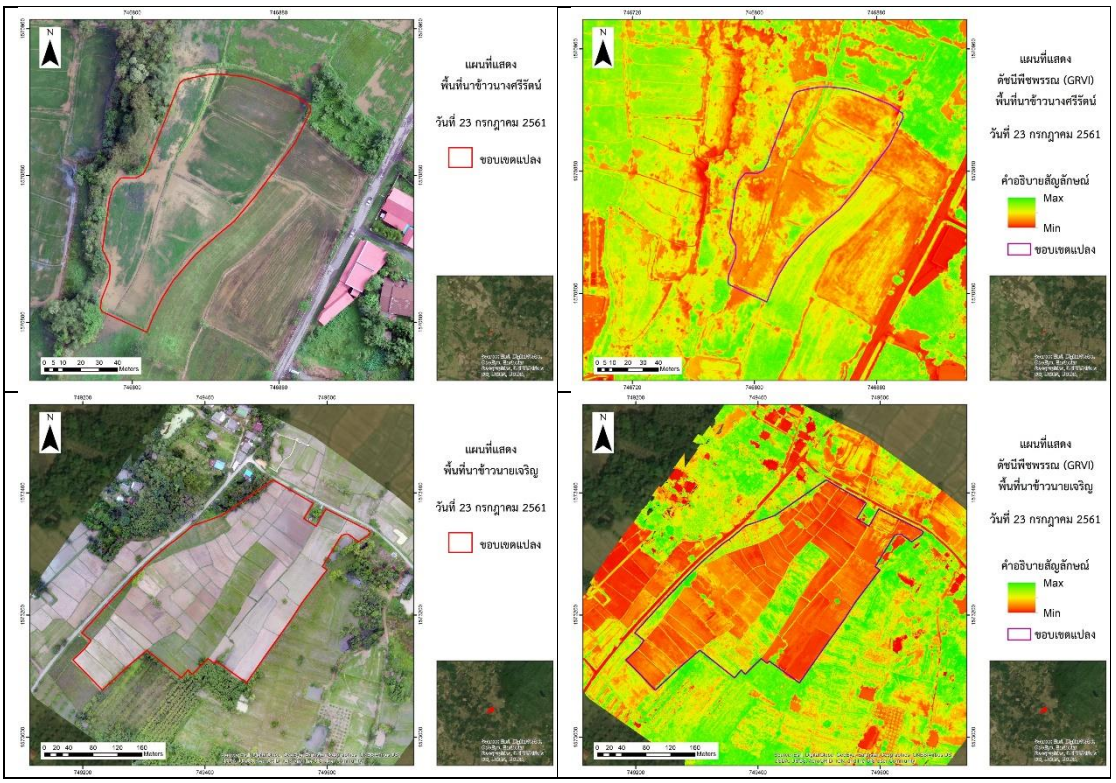
ตาราง 3-2 แสดงภาพออโธสีรายละเอียดสูงของพื้นที่นาข้าว (RGB) และภาพความอุดมสมบูรณ์ของพืช (GRVI) วันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ.2561

RGB	GRVI
	
	
	
	

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

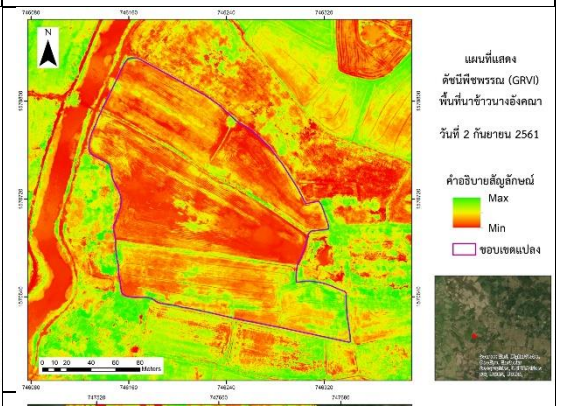
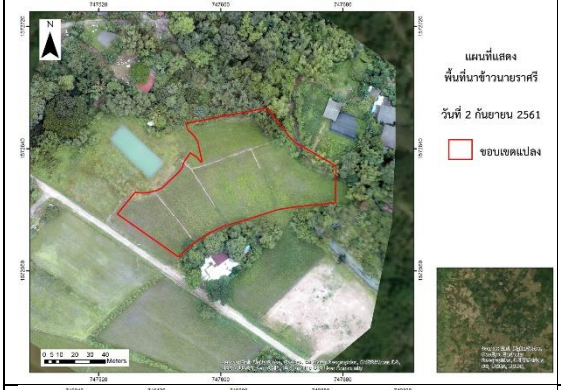
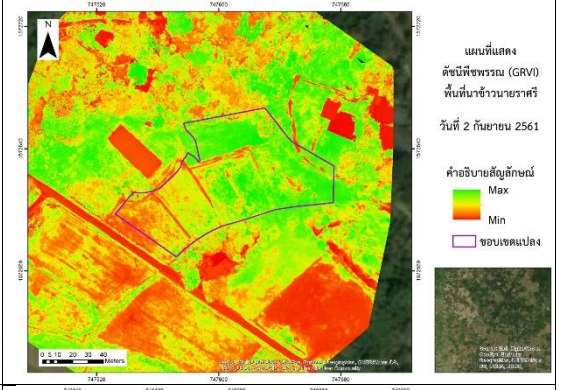
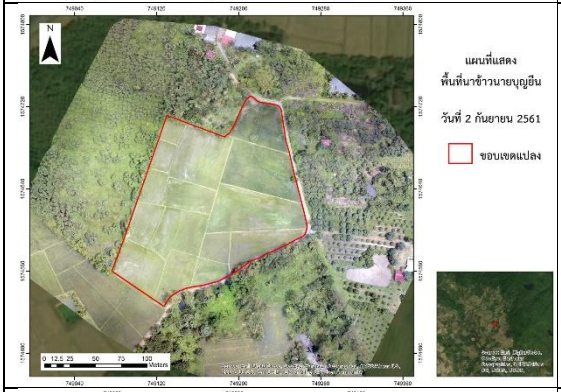
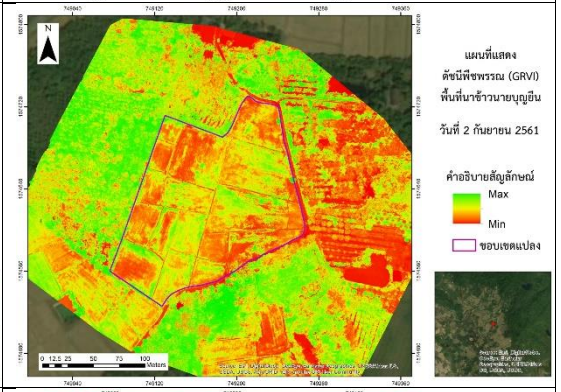
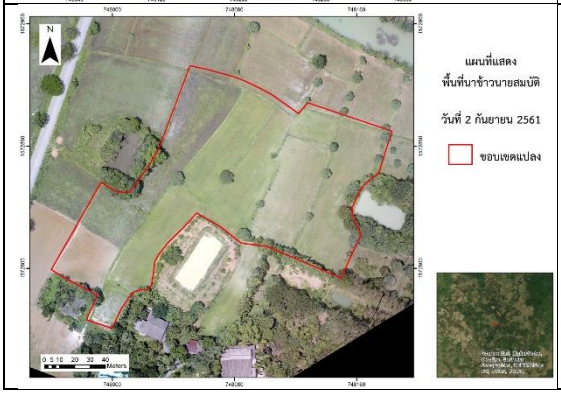
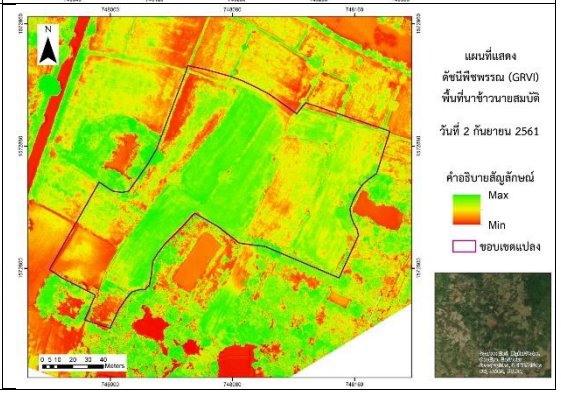
การพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศเพื่อติดตามพื้นที่นาข้าวเกษตรอินทรีย์ ภายใต้แนวคิดนิเวศบริการ โดยประยุกต์ข้อมูลดาวเทียมและหุ่นยนต์อาก าศยานขนาดเล็ก

The Development of Geoinformation for Monitoring of Organic Rice Poddy Fields based on Ecosystem Services Using Earth Satellite Observation and small Unmanned Aerial System



ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

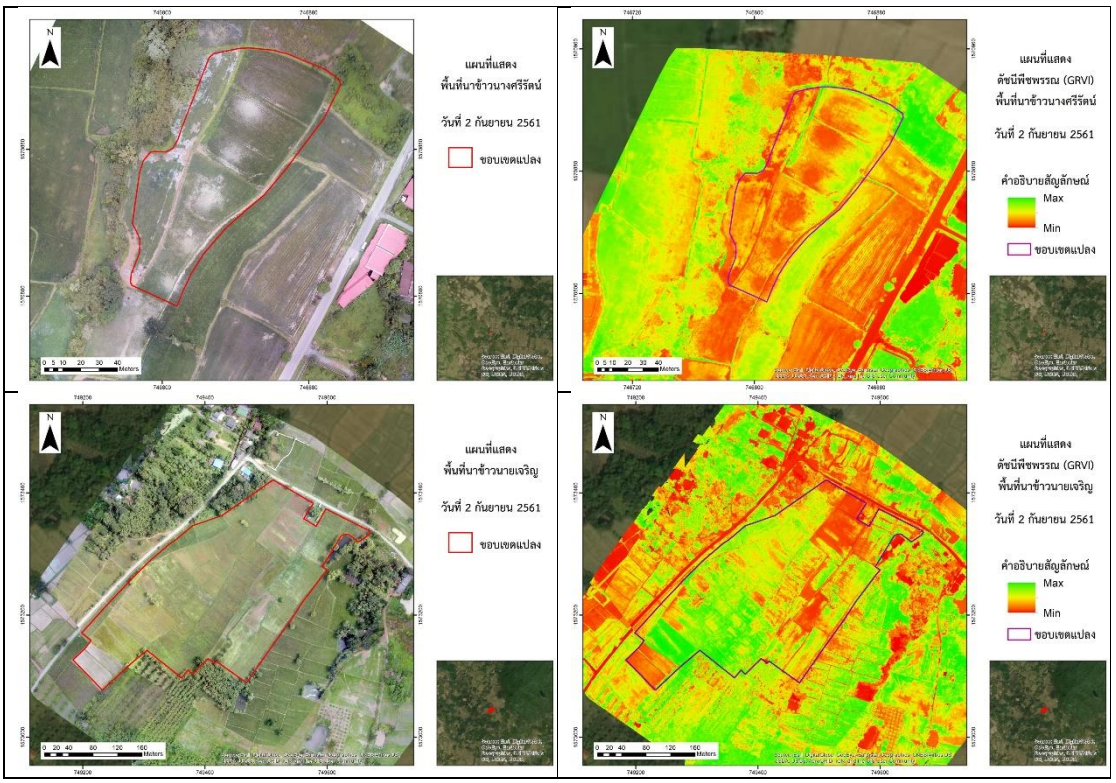
ตาราง 3-3 แสดงภาพออโธสีรายละเอียดสูงของพื้นที่นาข้าว (RGB) และภาพความอุดมสมบูรณ์ของพืช (GRVI) วันที่ 2 กันยายน พ.ศ.2561

RGB	GRVI
	
	
	
	

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

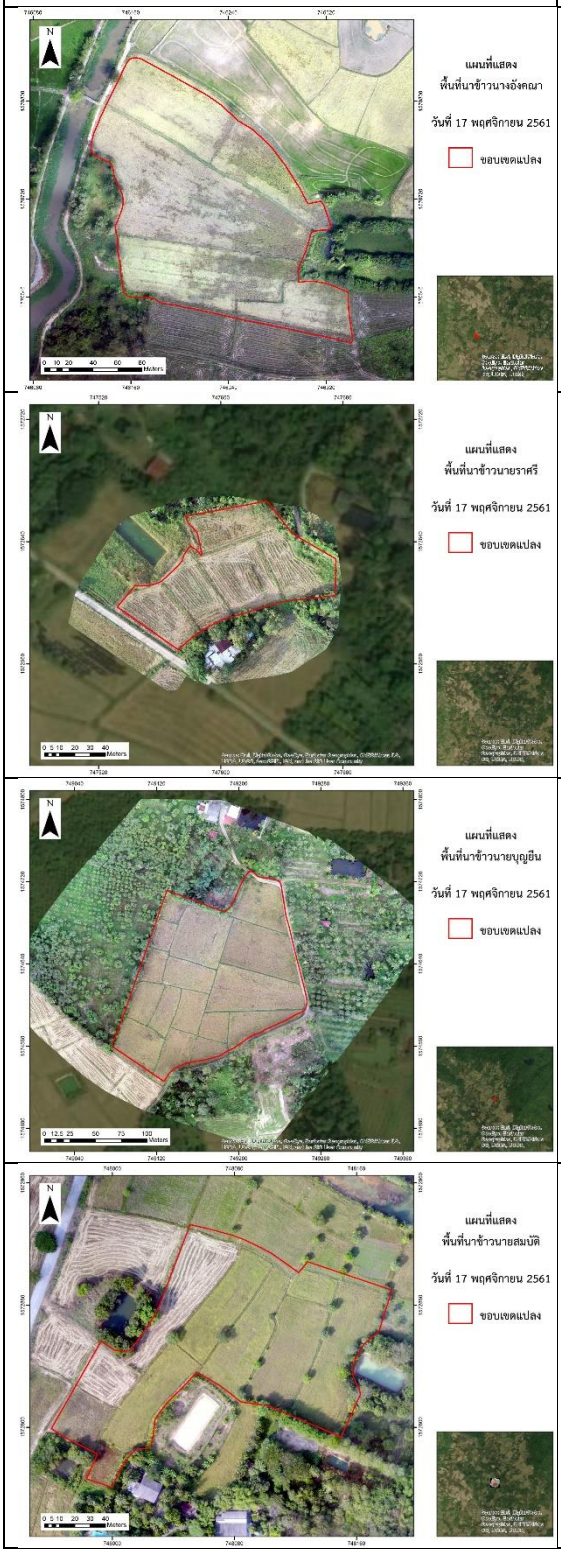
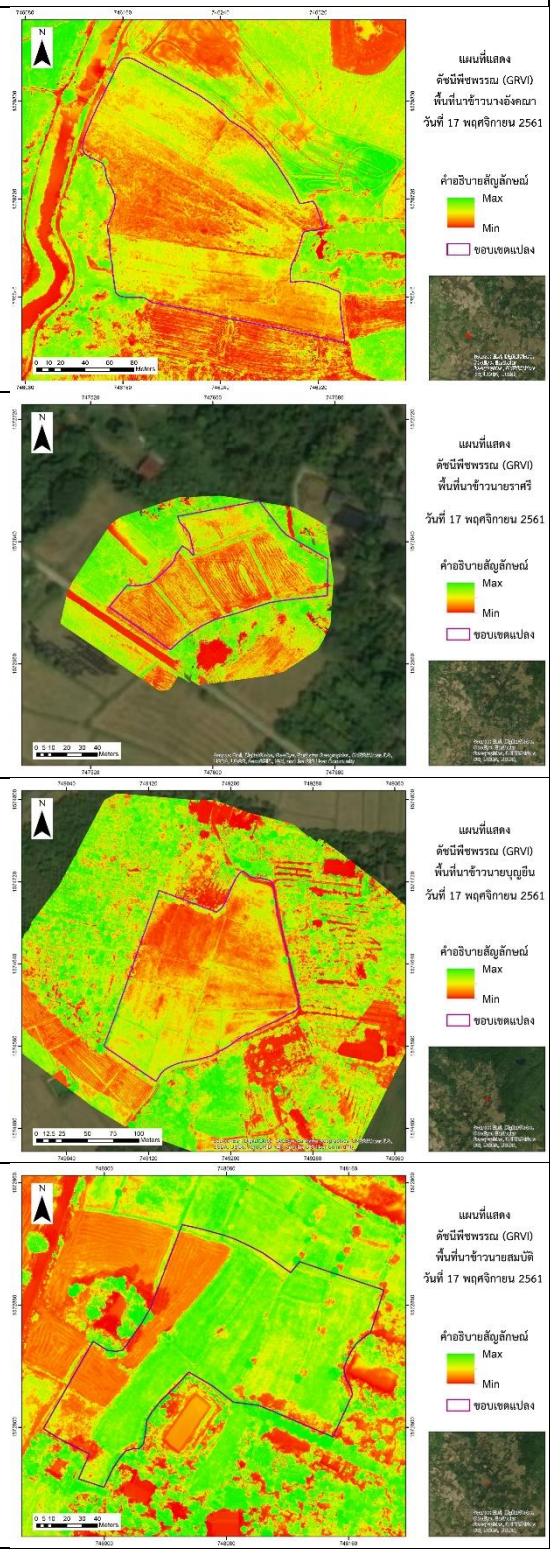
การพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศเพื่อติดตามพื้นที่นาข้าวเกษตรอินทรีย์ ภายใต้แนวคิดนิเวศบริการ โดยประยุกต์ข้อมูลดาวเทียมและหุ่นยนต์อาก าศยานขนาดเล็ก

The Development of Geoinformation for Monitoring of Organic Rice Poddy Fields based on Ecosystem Services Using Earth Satellite Observation and small Unmanned Aerial System



ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

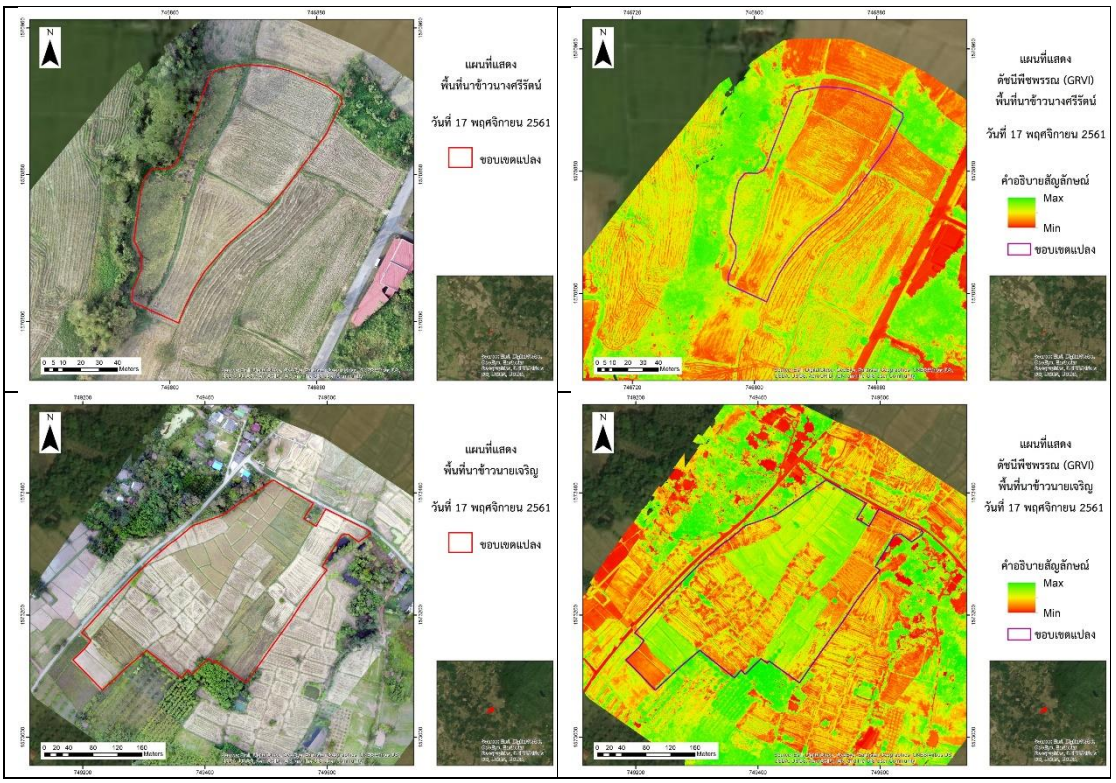
ตาราง 3-4 แสดงภาพออโธสีรายละเอียดสูงของพื้นที่นาข้าว (RGB) และภาพความอุดมสมบูรณ์ของพืช (GRVI) วันที่ 17 พฤษจิกายน พ.ศ.2561

RGB	GRVI
	

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

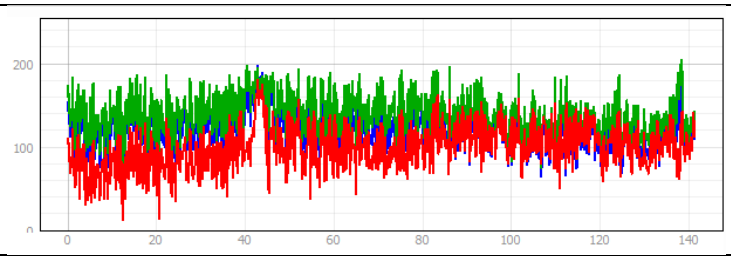
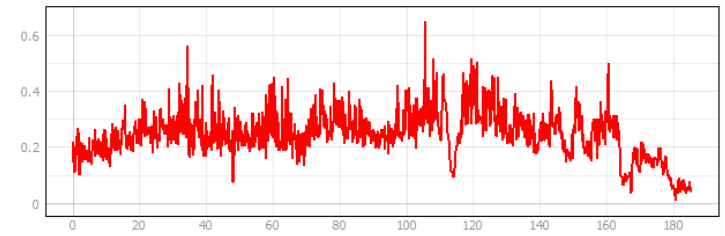
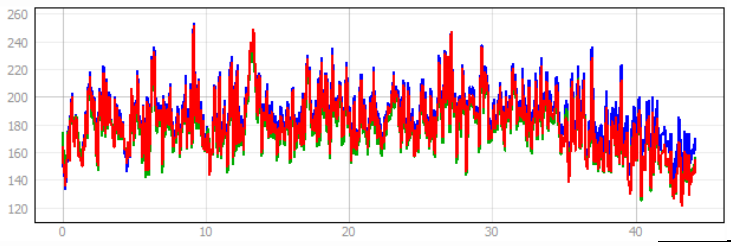
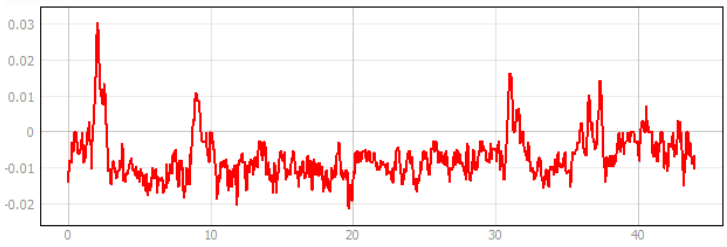
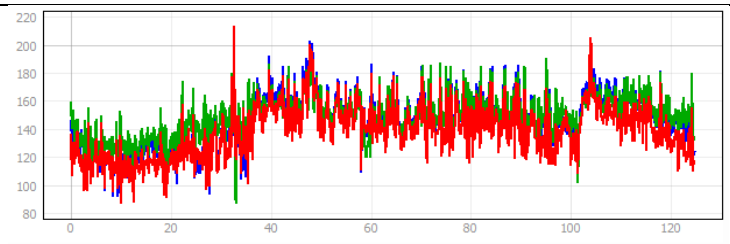
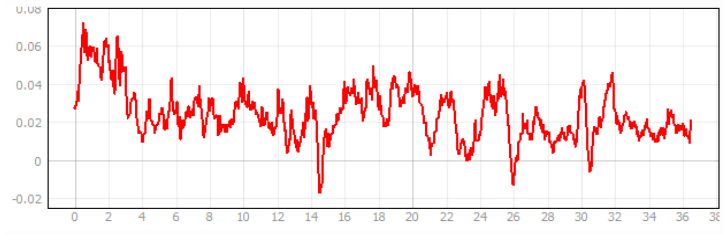
การพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศเพื่อติดตามพื้นที่นาข้าวเกษตรอินทรีย์ ภายใต้แนวคิดนิเวศบริการ โดยประยุกต์ข้อมูลดาวเทียมและหุ่นยนต์อาก าศยานขนาดเล็ก

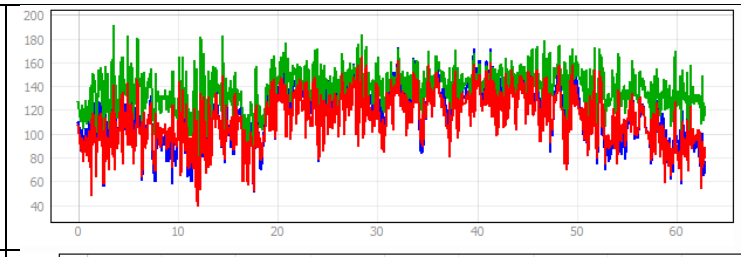
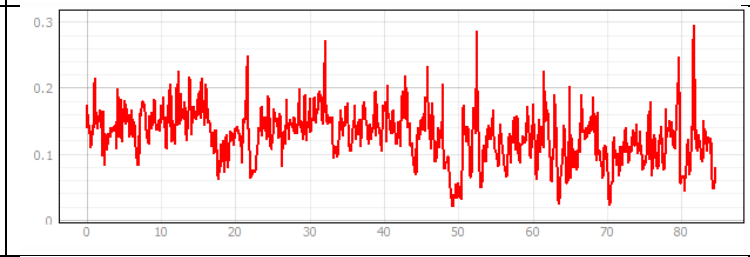
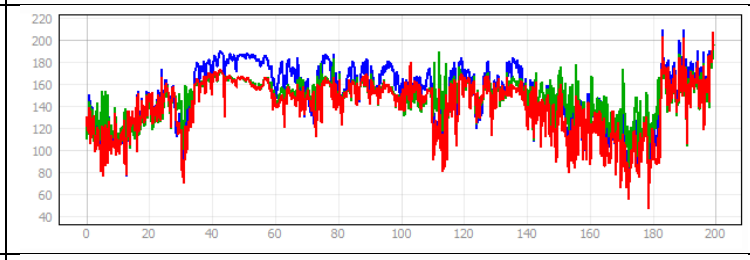
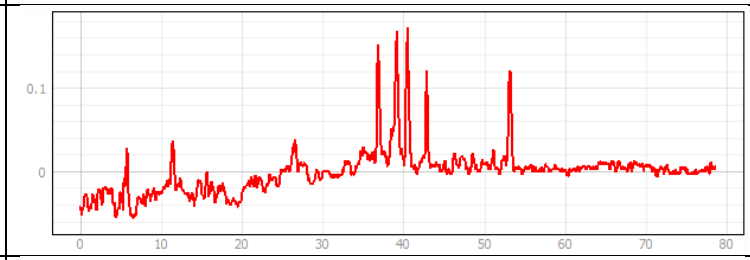
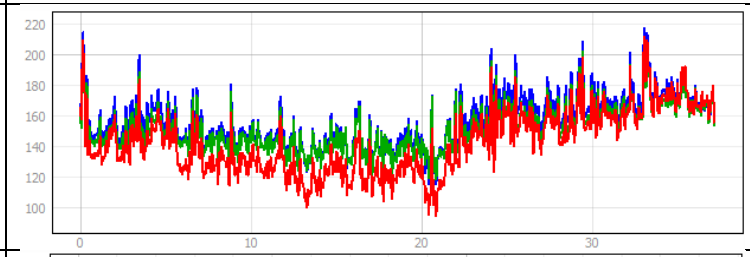
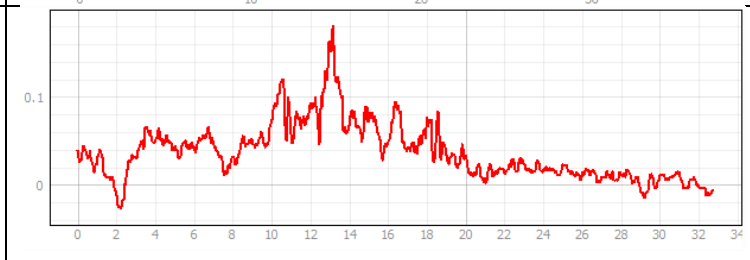
The Development of Geoinformation for Monitoring of Organic Rice Poddy Fields based on Ecosystem Services Using Earth Satellite Observation and small Unmanned Aerial System



ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

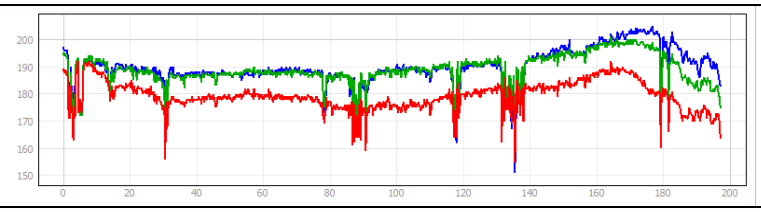
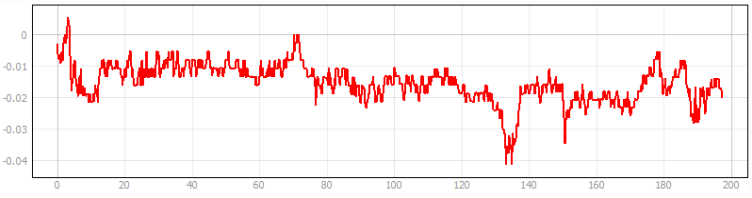
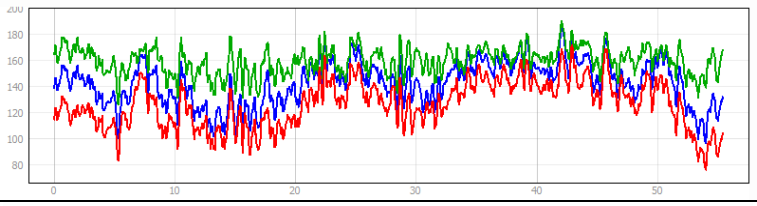
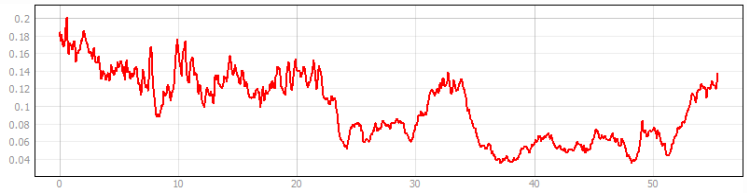
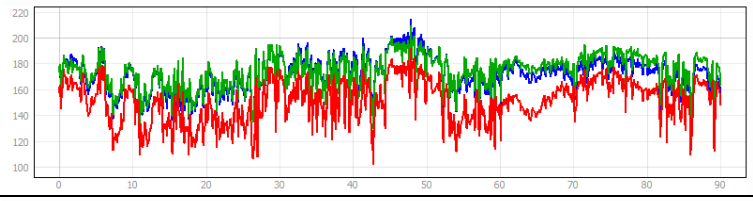
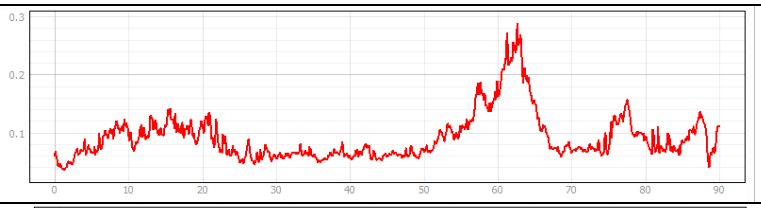
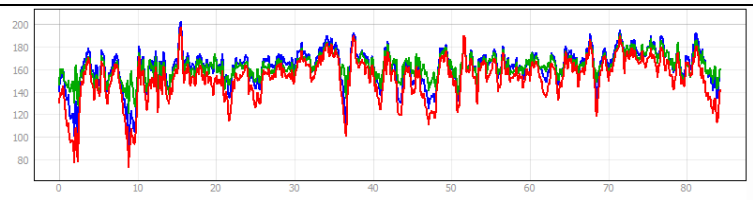
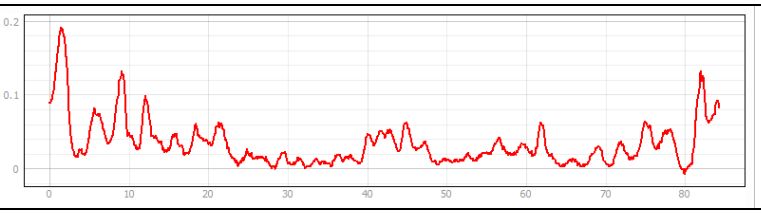
ตาราง 3-5 กราฟแสดงค่าการสะท้อนของบริเวณนาข้าว RGB และ GRVI วันที่ 2 พฤษภาคม พ.ศ. 2561

ชื่อแปลง	ประเภท	กราฟค่าการสะท้อนของภาพบริเวณนาข้าว
พื้นที่นาข้าวนางอังคนา	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนางราศรี	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนายบุญยืน	RGB	
	GRVI	

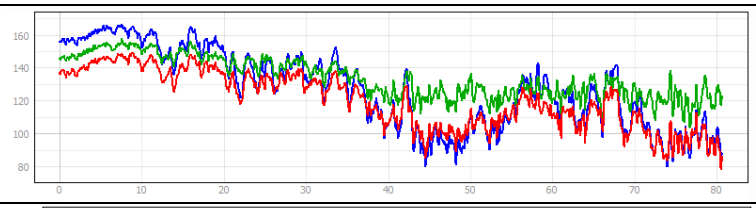
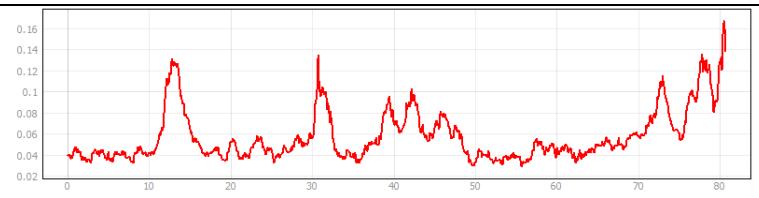
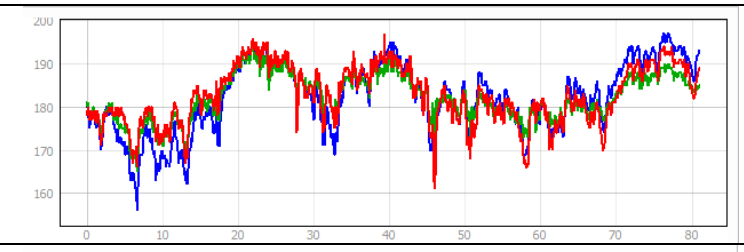
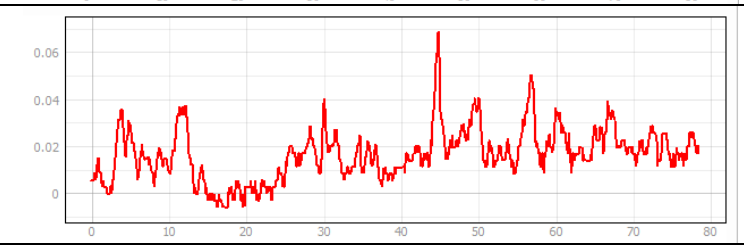
พื้นที่นาข้าวนายสมบัติ	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนางศรีรัตน์	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนายเจริญ	RGB	
	GRVI	

ตาราง 3-6 กราฟแสดงค่าการสะท้อนของบริเวณนาข้าว RGB และ GRVI วันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2561

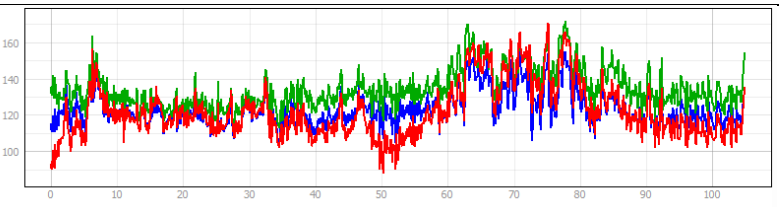
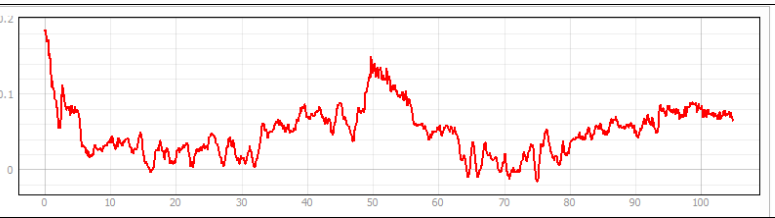
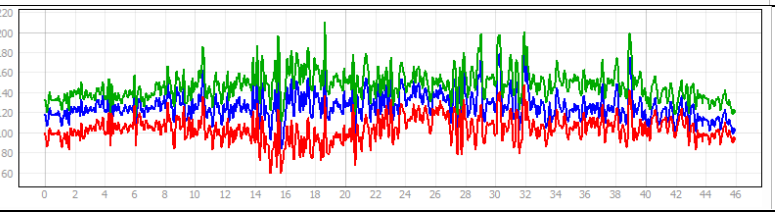
ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ชื่อแปลง	ประเภท	กราฟค่าการสะท้อนของภาพบริเวณนาข้าว
พื้นที่นาข้าวนางอังคนา	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนางราศรี	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนายบุญยืน	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนายสมบัติ	RGB	
	GRVI	

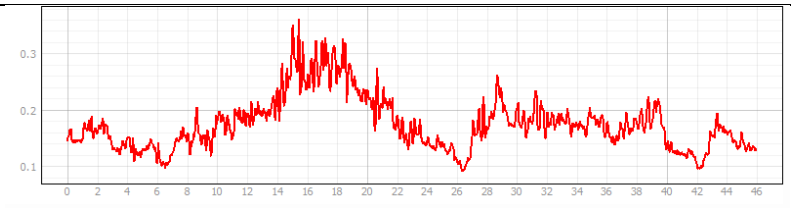
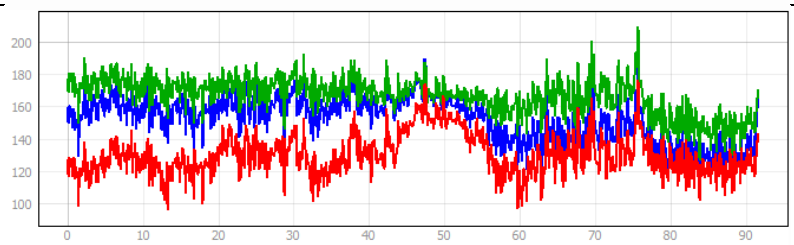
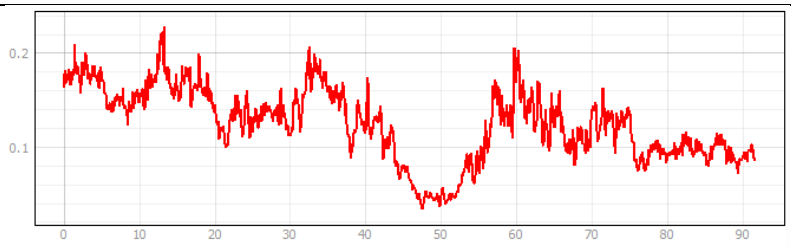
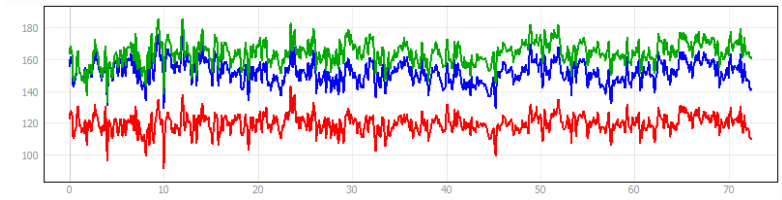
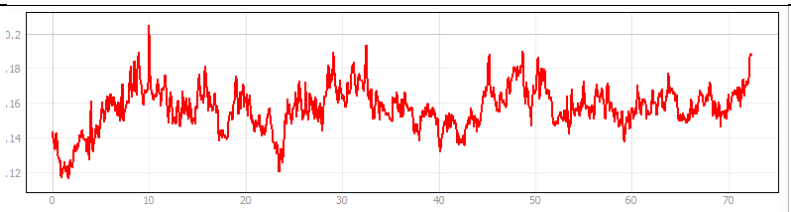
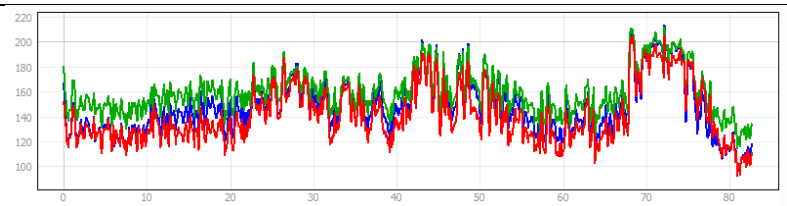
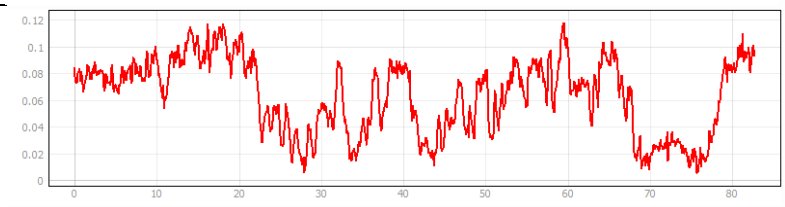
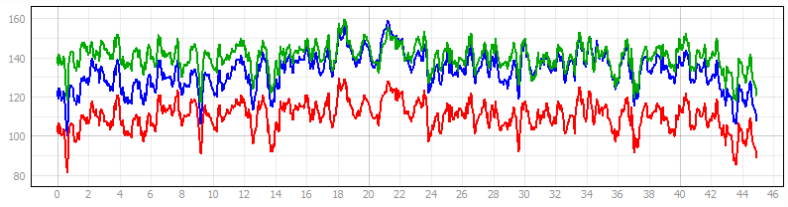
ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

พื้นที่นาข้าวนางศรีรัตน์	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนายเจริญ	RGB	
	GRVI	

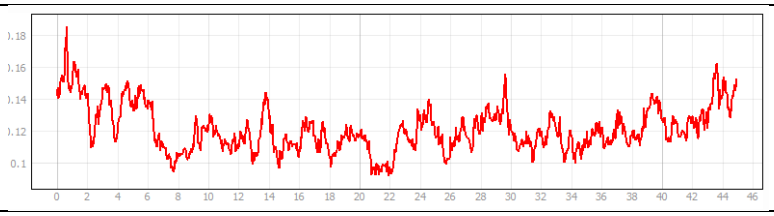
ตาราง 3-7 กราฟแสดงค่าการสะท้อนของบริเวณนาข้าว RGB และ GRVI วันที่ 2 กันยายน พ.ศ. 2561

ชื่อแปลง	ประเภท	กราฟค่าการสะท้อนของภาพบริเวณนาข้าว
พื้นที่นาข้าวนางอังคนา	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนางราศรี	RGB	

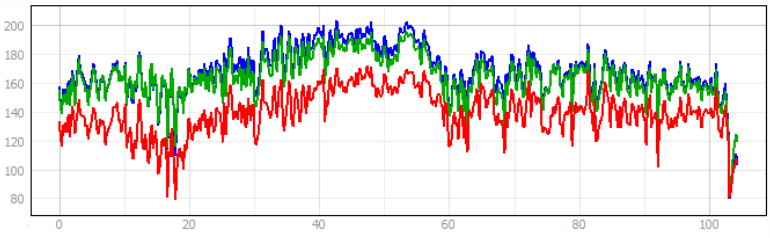
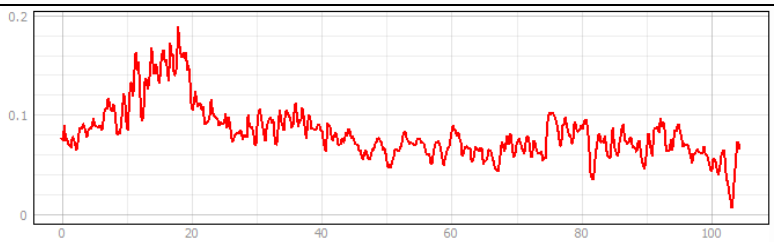
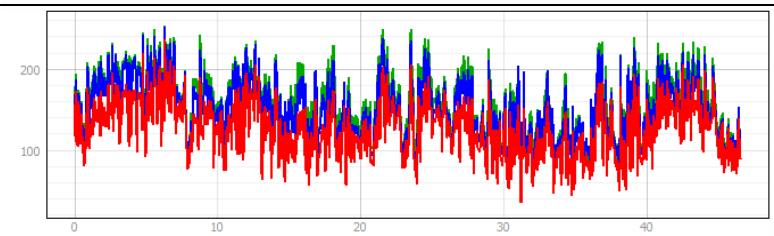
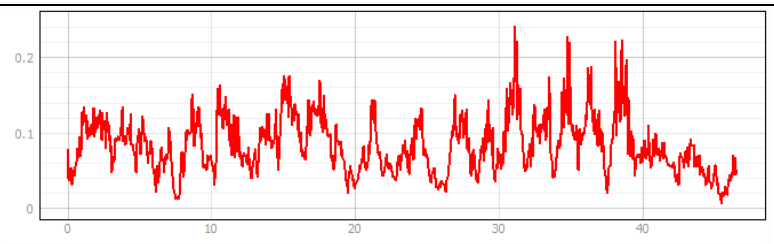
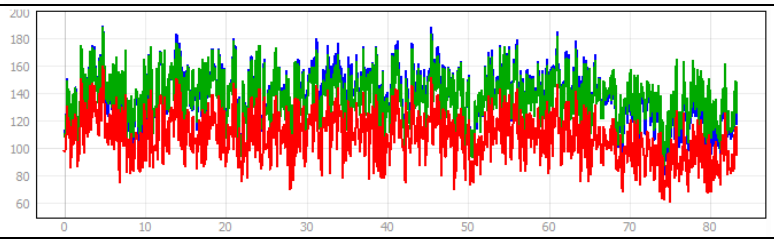
ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

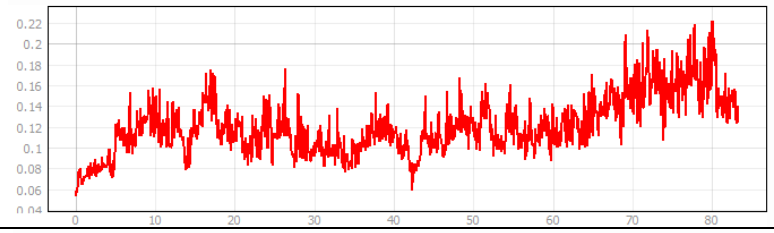
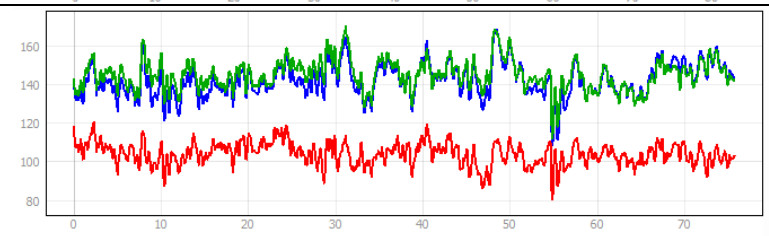
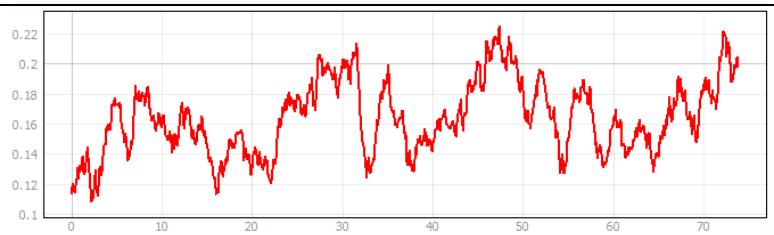
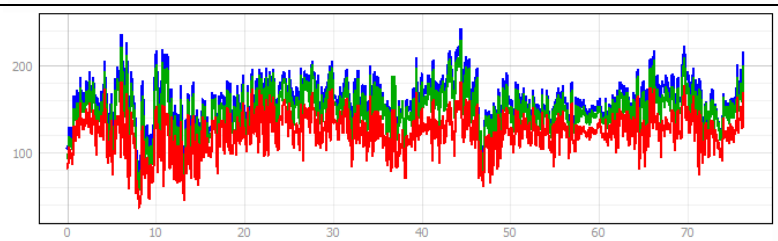
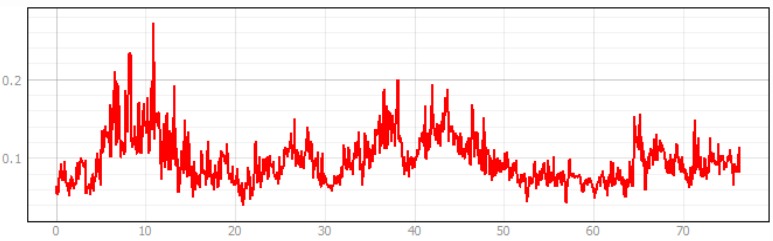
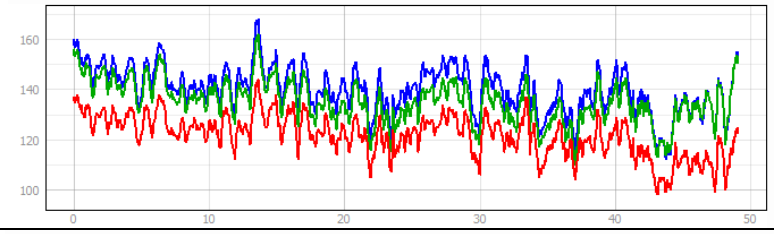
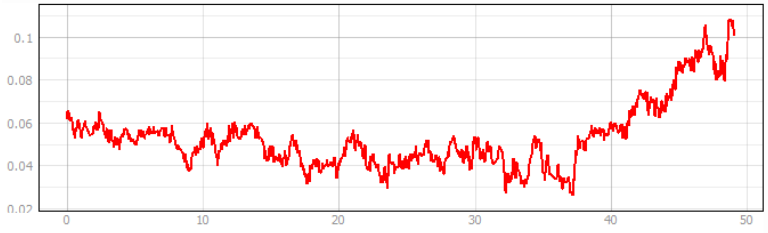
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนายบุญยืน	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนายสมบัติ	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนางศรีรัตน์	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนายเจริญ	RGB	

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

	GRVI	

ตาราง 3-8 กราฟแสดงค่าการสะท้อนของบริเวณนาข้าว RGB และ GRVI 17 พฤษจิกายน พ.ศ. 2561

ชื่อแปลง	ประเภท	กราฟค่าการสะท้อนของภาพบริเวณนาข้าว
พื้นที่นาข้าวนางอังคนา	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนางราศรี	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนายบุญยืน	RGB	

	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนายสมบัติ	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนางศรีรัตน์	RGB	
	GRVI	
พื้นที่นาข้าวนายเจริญ	RGB	
	GRVI	

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

บทที่ 4
สรุปและเสนอแนะผลการวิจัย
(Conclusion & Recommendation)

4.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการพัฒนาระบบติดตามพื้นที่นาข้าวเกษตรอินทรีย์แบบรายละเอียดสูง (Precision Farming) เพื่อประเมินการวิเคราะห์นิเวศบริการ โดยจัดสร้างแผนที่ออโธสีรายละเอียดสูงของพื้นที่นาข้าวในแต่ละช่วงฤดูกาล โดยประยุกต์ภาพถ่ายทางอากาศจากกล้องมัลติสเป็กตรอล (Multispectral Camera: Visible, Red Edge, Near Infrared) จากหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (sUAS) ในพื้นที่นาข้าวหมู่บ้านบ้านเนินหินแร่ ตำบลหนองแสง อำเภอปากพลี จังหวัดนครนายก โดยแบ่งพื้นที่ประเมินทั้งหมด จำนวน 6 แปลง เป็นนาข้าวเคมี 3 แปลง ได้แก่ พื้นที่นาข้าวของนางอังคนา นางราศรี และนายบุญยืน นาข้าวอินทรีย์ 3 แปลง ได้แก่ พื้นที่นาข้าวของนายสมบัติ นางศรรัตน์ และนายเจริญ พบว่าการดำเนินการวิจัยนี้ในเบื้องต้นได้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ได้เสนอไป และการพัฒนาระบบติดตามพื้นที่นาข้าวเกษตรอินทรีย์โดยการประยุกต์ระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กนั้นมีศักยภาพในการติดตามข้อมูลพื้นที่นาข้าวเกษตรอินทรีย์และเป็นการพัฒนาข้อมูลภูมิสารสนเทศเกษตร (Farm Management Information System : FMIS) แบบแม่นยำ ในการจัดสร้างแผนที่ออโธสีรายละเอียดสูงของพื้นที่นาข้าวอินทรีย์และเคมีทั้ง 6 พื้นที่ เปรียบเทียบกันพบว่านาข้าวอินทรีย์และเคมีไม่แตกต่างกัน

การจัดอบรมการประยุกต์หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (sUAS) เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ของนาข้าว พบว่าเกษตรกรมีความสนใจในการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กในการติดตามการปลูกข้าว ทำให้ลดต้นทุนในการสำรวจ เวลา และแรงงานคน ซึ่งผู้เข้าอบรมร้อยละ 80 เห็นความสำคัญของการนำเทคโนโลยีหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กเข้ามาช่วยในการเกษตร

4.2 ข้อเสนอแนะผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นผลเบื้องต้น และอยู่ภายใต้ข้อจำกัดทางเงื่อนเวลาและงบประมาณ คณะผู้วิจัยจึงขอเสนอแนวทางในการดำเนินการต่อยอดงานวิจัย ดังนี้ ควรต่อยอดการทำต้นแบบข้อมูลภูมิสารสนเทศของนาข้าวอินทรีย์เพื่อการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรแบบแม่นยำ (PA) ด้วยเทคโนโลยีจากหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กเพื่อจัดทำภูมิสารสนเทศเกษตร (Farm Management Information System : FMIS) ด้วยการขยายเวลาและงบประมาณการดำเนินการวิจัย อาทิ เช่น การจัดทำข้อมูลภูมิสารสนเทศนาข้าวอินทรีย์ออนไลน์

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

4.3 ประโยชน์ในการประยุกต์ของผลการวิจัย

4.3.1 สามารถใช้เป็นต้นแบบในการติดตามและบริหารจัดการพื้นที่เกษตรในระดับอุตสาหกรรม (พื้นที่ขนาดใหญ่) อย่างมีประสิทธิภาพโดยประยุกต์นวัตกรรมและเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

4.3.2 นำผลการวิจัยไปใช้เป็นต้นแบบในการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรโดยมีความแม่นยำในระดับสูง และเป็นการเริ่มระบบเศรษฐกิจแบบขับเคลื่อนโดยเทคโนโลยีสารสนเทศทางการเกษตร (Agricultural Information Economy)

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

บรรณานุกรม

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2540. วัชพืชศาสตร์. ISBN 9748983307

รัชดากร พลภักดี. 2556. เทคโนโลยีการป้องกันกำจัดศัตรูพืช.

ดวงพร สุวรรณกุล. 2543. ชีววิทยาวัชพืชพื้นฐานการจัดการวัชพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. ปี 2543. ISBN 974-553-825-6

Iverson, A.L. Linda E. Marin, L.E., Ennis, K.K., Gonthier, D.J., Connor-Barrie, B. T.,Remfert, J.L., Cardinale, B.J, and Perfecto, I. 2014. Do polycultures promote win-wins or trade-offs in agricultural ecosystem services? A meta-analysis. Journal of Applied Ecology 51: 1593–1602.

Nebikera. S, Annena. A, Scherrerb. M, Oeschc. D, 2008. Light weight Multispectral Sensor for Micro UAV- Opportunities for Very High Resolution Airborn Remote Sensing -The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing 2008.

กรมวิชาการเกษตร. 2554. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน เข้าถึงได้จาก http://www.doa.go.th/fcri/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=23

เชาวนาถ พฤทธิเทพ, ชูชาติบุญศักดิ์, สันติ พรหมคำ และ อัจฉรา จอมสง□าวงศ□. 2012. การตอบสนองของผลผลิตและปริมาณแป□งของมันสำปะหลังพันธุ□ต□าง ๆ ต□อการให□น้ำในอายุพืชที่ต□างกัน, แก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ : 410-416

ศานิต สวัสดิกาญจน์. 2557. พืชอุสาหกรรม. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์(หน้า 1-530)

โอภาษ บุญเส็ง. 2552. ต้นแบบของการผลิตมันสำปะหลังในดินชุดหลัก. หนังสือพิมพ์กสิกร 82(1): 15-28

El-Sharkawy MA. 2006a International research on cassava photosynthesis, productivity, ecophysiology, and responses to environmental stresses in the tropics. Photosynthetica 44:481-512.

Paul. 2005. Cassava: Constraints to production and the transfer of biotechnology to African laboratories

Nebikera. S, Annena. A, Scherrerb. M, Oeschc. D, 2008. Light weight Multispectral Sensor for Micro UAVOpportunities for Very High Resolution Airborn Remote

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

Sensing -The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing 2008.

Ntawuruhunga P., Okao-Okuja G., Bembe A., Obambi M., Armand Mvila J.C., Legg J.P., 2007. Incidence and severity of cassava mosaic disease in the Republic of Congo. African Crop Science Journal 15: 1-9.

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ภาคผนวก

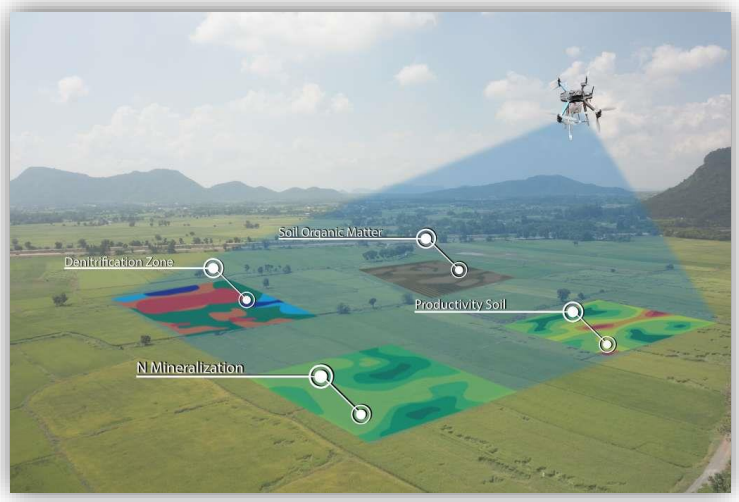
ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

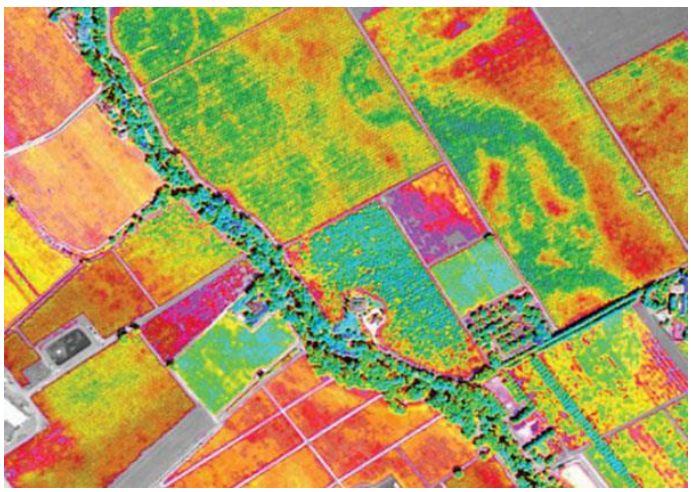
คู่มือการฝึกอบรม

การใช้ประโยชน์จากระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กในด้านต่างๆ

ด้านการเกษตรกรรม

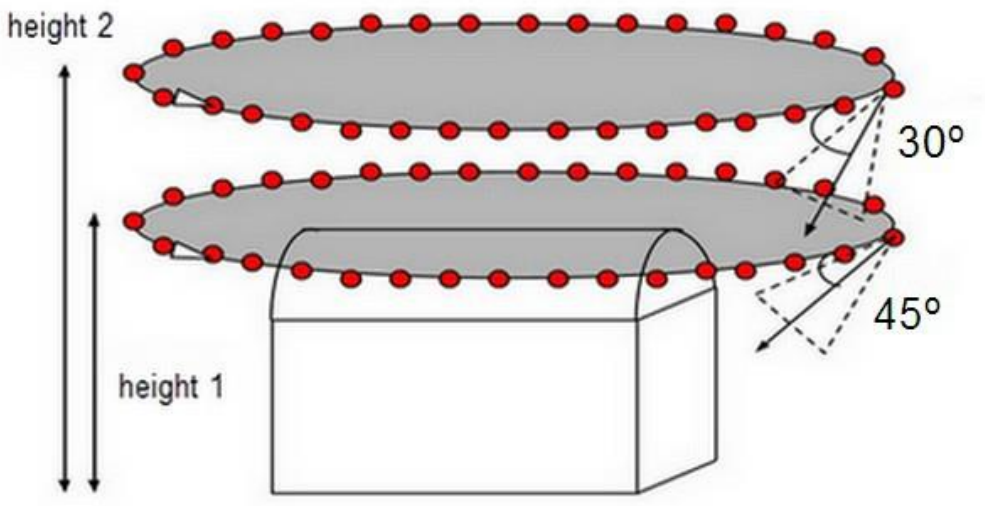
โดรนถูกนำมาใช้ในภาคการเกษตรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนการผลิต ประหยัดเวลาและแรงงานคน โดยสามารถพ่นยา/ปุ๋ย เป็นต้น นอกจากนี้ ยังสามารถควบคุมคุณภาพการผลิตได้อย่างแม่นยำอีกด้วย จึงนับได้ว่าโดรนเพื่อการเกษตรเป็นทางเลือกที่น่าสนใจของการทำเกษตรสมัยใหม่ที่เกษตรกร/ผู้ประกอบการ ควรนำมาปรับใช้เพื่อพัฒนาไปสู่การเป็นเกษตรกรมืออาชีพ





ด้านการจัดการทรัพยากร

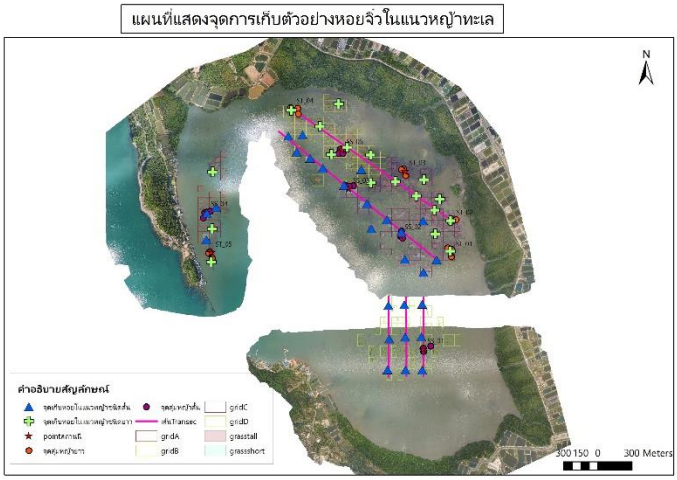
โดรนสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการจัดการทรัพยากร ใช้สำรวจและศึกษาข้อมูลภูมิประเทศเพื่อการวางแผน การแก้ไขปัญหา และพัฒนาเมือง ไม่ว่าจะเป็นเมืองในปัจจุบัน หรือเมืองที่กำลังวางแผนเพื่อสร้างขึ้นใหม่ เป็นการนำนวัตกรรมเทคโนโลยีการถ่ายภาพทางอากาศสมัยใหม่มาใช้เพื่อให้เข้าถึงพื้นที่ได้มากขึ้นและได้ข้อมูลที่ครบถ้วน ถูกต้อง รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ โดยรายละเอียดของข้อมูลที่ได้จะมีทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ สามารถนำไปต่อยอดทางธุรกิจได้หลากหลาย อีกทั้ง ยังคุ้มค่าทั้งด้านเวลาและงบประมาณในการลงทุน



- **ด้านสิ่งแวดล้อม**

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

โดรนสามารถใช้ในการติดตามการเคลื่อนที่ของสัตว์ที่ใกล้จะสูญพันธุ์ สำรวจแหล่งอาหาร จำนวนประชากรและยังมีการวางแผนใช้โดรนในการติดตามการบุกรุกล่าสัตว์ ตลอดจนสามารถใช้โดรนสำรวจป่าไม้เพื่อค้นหาพื้นที่ถูกบุกรุกตัดไม้ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการสำรวจคราบน้ำมันกลางมหาสมุทรเนื่องเป็นงานที่มีความเสี่ยงสูงทั้งกระแสน้ำและสภาพอากาศที่แปรปรวน ทำให้การเข้าสำรวจในพื้นที่ต่างๆ เป็นเรื่องยาก แต่โดรนสามารถบินเพื่อไปเก็บภาพในพื้นที่อันตรายได้โดยที่ไม่เสี่ยงต่อชีวิต

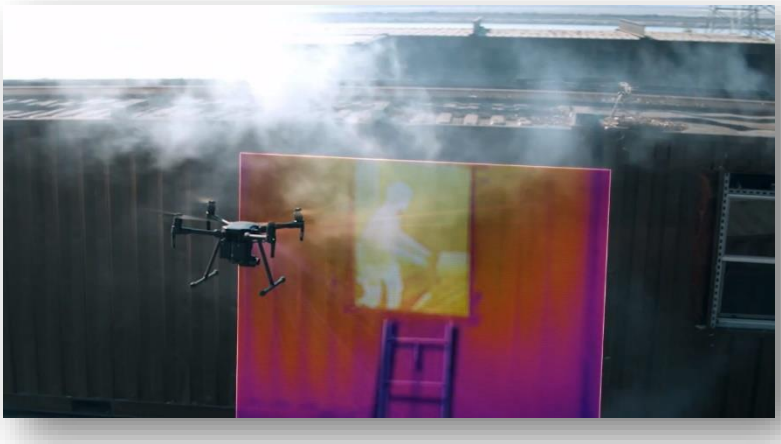


●ด้านภัยพิบัติต่างๆ

โดรนสามารถใช้ช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติในพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยาก สามารถใช้ในการขนส่งสินค้าต่าง ๆ เช่น อาหาร เครื่องดื่ม และสามารถสำรวจความเสียหายที่เกิดขึ้น ใช้ช่วยเหลือผู้ประสบภัยที่อาจจะติดอยู่ในพื้นที่ ที่ไม่สามารถออกมาได้ หากใช้คนในการสำรวจก็อาจจะลำบาก

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

และใช้เวลา ทำให้การช่วยเหลือล่าช้าลงไปอีก หรืออาจจะช่วยเหลือไม่ทันการณ์ นอกจากนี้โดรนสามารถถ่ายภาพทางอากาศเพื่อทำแผนที่รายละเอียดสูงเพื่อดูผลกระทบจาก ภัยพิบัติต่างๆได้



ด้านโลจิสติกส์

การใช้โดรนในการขนส่งสินค้า สามารถส่งสินค้าได้รวดเร็วขึ้น ถูกต้อง และประหยัดต้นทุนที่ต้องแลก เทคโนโลยีระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กหรือโดรนจึงจำเป็นมากแล้วก็ต้องผสมกับระบบ AI ตรวจสอบ/จับคู่/ตามหาสินค้าที่ดีด้วยโดรนในการขนส่งสินค้าสู่ผู้บริโภค ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน สำหรับยุคปัจจุบันซึ่งประเด็นเรื่องความรวดเร็วถือเป็นข้อได้เปรียบเชิงธุรกิจ

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

กฎหมายโดรนในประเทศไทย

ประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่อง หลักเกณฑ์การอนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก พ.ศ. 2558 ซึ่งลงประกาศตั้งแต่วันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ. 2558

อากาศยานในประกาศนี้แบ่งเป็นสองประเภทตามวัตถุประสงค์คือ

ประเภท 1 ใช้เพื่อการเล่นเป็นงานอดิเรก เพื่อความบันเทิง หรือเพื่อการกีฬา

ประเภท 2 ใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นนอกจากตามประเภท 1 คือรายงานข่าว รายการโทรทัศน์หรือภาพยนตร์ วิจัยและพัฒนาอากาศยาน หรือเพื่อการอื่น ๆ ประเภทที่ 2 นั้นกำหนดขนาดไม่เกิน 25 กิโลกรัม ขณะที่ประเภทที่ 1 มีแบ่งย่อยตามขนาด ดังนี้

ประเภท 1.ก มีน้ำหนักไม่เกิน 2 กิโลกรัม กำหนดให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องมีอายุมากกว่า 18 ปี หรือมีผู้แทนโดยชอบธรรมควบคุมดูแล ซึ่งอากาศยานในข้อนี้ กระทรวงคมนาคมอนุญาตให้ทำการบินได้ โดยต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

เงื่อนไข

(1) ก่อนทำการบิน

(ก) ตรวจสอบว่าอากาศยานอยู่ในสภาพที่สามารถทำการบินได้อย่างปลอดภัย ซึ่งรวมถึงตัวอากาศยานและระบบควบคุมอากาศยาน

(ข) ได้รับอนุญาตจากเจ้าของพื้นที่ที่จะทำการบิน

(ค) ทำการศึกษาพื้นที่และชั้นของห้วงอากาศที่จะทำการบิน

(ง) มีแผนฉุกเฉิน รวมถึงแผนสำหรับกรณีเกิดอุบัติเหตุ การรักษาพยาบาล และการแก้ปัญหากรณีไม่สามารถบังคับอากาศยานได้

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

(2) ระหว่างทำการบิน

(ก) ห้ามทำการบินในลักษณะที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิต ร่างกาย ทรัพย์สิน และรบกวนความสงบสุขของบุคคลอื่น

(ข) ห้ามทำการบินเข้าไปในบริเวณเขตห้าม เขตจำกัด และเขตอันตรายตามที่ประกาศในเอกสารแถลงข่าวการบินของประเทศไทย (Aeronautical Information Publication – Thailand หรือ AIP – Thailand) รวมทั้ง สถานที่ราชการ หน่วยงานของรัฐ โรงพยาบาล เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากหน่วยงานเจ้าของพื้นที่

(ค) แนวการบินขึ้นลงของอากาศยานจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง

(ง) ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องสามารถมองเห็นอากาศยานได้ตลอดเวลาที่ทำการบิน และห้ามทำการบังคับอากาศยานโดยอาศัยชุดกล้องบนอากาศยานหรืออุปกรณ์อื่นที่มีลักษณะใกล้เคียง

(จ) ต้องทำการบินในระหว่างเวลาพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตก ซึ่งสามารถมองเห็นอากาศยานได้อย่างชัดเจน

(ฉ) ห้ามทำการบินเข้าใกล้หรือเข้าไปในเมฆ

(ช) ห้ามทำการบินภายในระยะเก้ากิโลเมตร (ห้าไมล์ทะเล) จากสนามบินหรือที่ขึ้นลงชั่วคราวของอากาศยาน เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของหรือผู้ดำเนินการสนามบินอนุญาตหรือที่ขึ้นลงชั่วคราวอนุญาต

(ซ) ห้ามทำการบินโดยใช้ความสูงเกิน 90 เมตร (300 ฟุต) เหนือพื้นดิน

(ฌ) ห้ามทำการบินเหนือเมือง หมู่บ้าน ชุมชน หรือพื้นที่ที่มีคนมาชุมนุมอยู่

(ญ) ห้ามบังคับอากาศยานเข้าใกล้อากาศยานซึ่งมีนักบิน

(ฎ) ห้ามทำการบินละเมิดสิทธิส่วนบุคคลของผู้อื่น

(ฏ) ห้ามทำการบินโดยก่อให้เกิดความเดือดร้อน ความรำคาญ แก่ผู้อื่น

(ฐ) ห้ามส่งหรือพาวัตถุอันตรายตามที่กำหนดในกฎกระทรวงหรืออุปกรณ์ปล่อยแสงเลเซอร์ติดไปกับอากาศยาน

(ฑ) ห้ามทำการบินโดยมีระยะห่างในแนวราบกับบุคคล ยานพาหนะ สิ่งก่อสร้าง หรืออาคารน้อยกว่า 30 เมตร (100 ฟุต)

ประเภท 1.ข มีน้ำหนักเกิน 2 กิโลกรัมแต่ไม่เกิน 25 กิโลกรัม กำหนดให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องมีอายุไม่ต่ำกว่า 20 ปี ไม่เป็นผู้มีพฤติการณ์เป็นภัยต่อความมั่นคงของประเทศ ไม่เคย

โดนโทษจำคุกในความผิดตามกฎหมายยาเสพติดหรือศุลกากร และต้องขึ้นทะเบียนต่ออธิบดีกรมการขนส่งทางอากาศ โดยต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้เหมือนประเภท 1.ก และเพิ่มเติมอย่างการบำรุงรักษาอากาศยาน ความชำนาญในการบังคับอากาศยาน ความเข้าใจในกฎจราจรทางอากาศ ต้องมีอุปกรณ์ดับเพลิงที่ใช้งานได้ติดตัว มีประกันภัยต่อบุคคลที่สาม วงเงินไม่ต่ำกว่า 1 ล้านบาทต่อครั้ง เพิ่มระยะห่างในข้อ (ฑ) เป็นไม่น้อยกว่าห้าสิบเมตร (หนึ่งร้อยห้าสิบฟุต) เมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นต้องแจ้งต่อพนักงานเจ้าหน้าที่โดยไม่ชักช้า

สำหรับอากาศยานประเภท 2 ก็ต้องขึ้นทะเบียนและปฏิบัติเงื่อนไขเช่นเดียวกับประเภท 1.ข กรณีที่ใช้เพื่อรายงานเหตุการณ์หรือรายงานจราจร (สื่อมวลชน) หรือวิจัยและพัฒนาอากาศยาน การขึ้นทะเบียนต้องเป็นนิติบุคคลที่มีวัตถุประสงค์ตามนั้น ส่วนเพื่อใช้ถ่ายภาพหรือการอื่นจะขึ้นทะเบียนเป็นบุคคลธรรมดาหรือนิติบุคคลได้ โดยการขึ้นทะเบียนเป็นนิติบุคคลต้องระบุรายชื่อผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานหรือบุคคลที่จำเป็นในการปฏิบัติการบินของอากาศยานด้วย

หากผู้ใดทำกระทำความผิดต่อกฎอย่างใดอย่างหนึ่งต้องระวางโทษจำคุกไม่เกิน 1 ปี หรือปรับไม่เกิน 40,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

ทั้งนี้ หนังสือการขึ้นทะเบียนมีอายุ 2 ปีตั้งแต่วันที่ออกหนังสือ
สำหรับการขึ้นทะเบียนอากาศยานไร้คนขับ (UAV) หรือ โดรนนั้น
โดรนติดกล้องต้องลงทะเบียนทุกกรณี
โดรนที่หนักเกิน 2 กิโลกรัม ต้องลงทะเบียนทุกกรณี
โดรนที่น้ำหนักมากกว่า 25 กิโลกรัม ต้องได้รับอนุญาตจากรัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม

การทำแผนที่โดยใช้ Dji Phantom 4

Dji Phantom 4 เป็นโดรนที่พัฒนามาจาก Dji Phantom 3 ติดกล้องความละเอียด 12.4 ล้านพิกเซล พร้อมกับอุปกรณ์ที่ทำให้กล้องมีความเสถียร หรือที่เรียกว่า stabilized ซึ่งเหมาะสำหรับการบินในพื้นที่ต่าง ๆ และทำแผนที่เบื้องต้นการทำแผนที่จากระบบหุ่นยนต์อากาศยานไร้คนขับให้ได้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพดี และมีความถูกต้องสูง ผู้ถ่ายภาพจำเป็นต้องมีการฝึกฝนในการบังคับขั้นพื้นฐาน และมีการวางแผนในกาบันทึกภาพอย่างถูกต้อง โดยมีข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้

ข้อที่สำคัญเพื่อให้ได้รูปภาพที่ดีเพื่อทำแผนที่มีดังนี้

- จุดประสงค์ของการทำโปรเจค
- ชนิดของพื้นผิว/วัตถุ

- การคำนวนความละเอียดของภาพ
- การวางแผนการบินให้เหมาะกับพื้นที่สำรวจ

<u>จุดประสงค์ของการทำโปรเจค</u>

เนื่องจากความแพร่หลายของเทคโนโลยีโดรนในปัจจุบัน โดรนจึงได้ถูกนำไปใช้ในหลายกิจกรรมได้แก่

- **Forest and dense vegetation** : สำหรับโปรเจคที่มีป่าไม้และพื้นที่ป่า
- **Flat terrain with agriculture fields** : สำหรับพื้นที่ราบ เช่น พื้นที่การเกษตร
- **Building reconstruction** : สำหรับการทำแบบจำลอง 3 มิติ ของอาคารต่างๆ
- **Special cases** : สำหรับพื้นที่ หิมะ, ดินทราย และ พื้นผิวน้ำ (ทะเล, ทะเลสาบ, แม่น้ำ)
- **Corridor mapping** : สำหรับพื้นที่ที่เป็นเส้นตรง(linear area of interest) เช่น ถนน แม่น้ำ เป็นต้น
- **Multiple flights** : สำหรับโปรเจคที่รูปภาพมีการใช้ Multiple flights
- **City reconstruction (visible facades)** : สำหรับการทำแบบจำลอง 3 มิติ ของ พื้นที่ชุมชน
- **3D interior reconstruction** : สำหรับวัตถุใดๆ ที่เป็นพื้นที่ชุมชน, อาคาร, การก่อสร้าง, โครงสร้าง เป็นต้น
- **Mixed reconstruction** : สำหรับการปรับสภาพภายใน หรือ ภายนอก และการปรับสภาพทางอากาศ
- **Large Verticle Objects reconstruction** : สำหรับการทำแบบจำลอง 3 มิติ ของวัตถุเช่น Power Towers, กังหันลมเป็นต้น
- **Tunnel reconstruction** : สำหรับการทำแบบจำลอง 3 มิติ ของอุโมงค์

<u>ชนิดของพื้นผิว หรือวัตถุ</u>

ในการถ่ายภาพเพื่อทำแผนที่ ที่มีคุณภาพจำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะของพื้นที่เราจะถ่าย ยกตัวอย่าง เช่น การถ่ายภาพบริเวณพื้นที่เป็นน้ำ จะสามารถทำการต่อภาพไม่ได้เนื่องจาก น้ำนั้นพื้นผิวมีความคล้ายกันทั้งหมด ทำให้คอมพิวเตอร์ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ ดั้งนั้นการถ่ายภาพบริเวณพื้นที่ที่เป็น บ่อน้ำหรือ แหล่งน้ำอาจจะปรับแก้ด้วยการปรับเพดานบินให้สูงขึ้น

ความละเอียดของภาพ

ขนาดวัตถุนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการถ่ายภาพทางอากาศ เพราะความละเอียดของกล้อง ความเร็วในการถ่ายภาพแบบต่อเนื่อง นั้นมีความสัมพันธ์ต่อความเร็วในการบินโดรน และความละเอียดของจุดภาพ ซึ่งสามารถคำนวนผ่านสมการ Ground Sample Distance (GSD) นี้ได้

$$\frac{GSD}{pixelsize} = \frac{Altitude}{focal}$$

การวางแผนการให้เหมาะกับพื้นที่สำรวจ

Overlap ที่แนะนำสำหรับทุกๆ กรณี คือ อย่างน้อย 75% frontal overlap (ความน่าเชื่อถือของ flight direction) และอย่างน้อย 60% side overlap(ระหว่าง Flying tracks) และแนะนำว่าควรเอารูปภาพที่ใช้ regular grid pattern (**รูปที่ 1**) กล้องถ่ายภาพควรมีการบำรุงรักษาให้มากที่สุด เพื่อรักษาค่า constant height เหนือ ภูมิประเทศ/วัตถุ เพื่อให้ได้ค่า GSD ตามที่ต้องการ

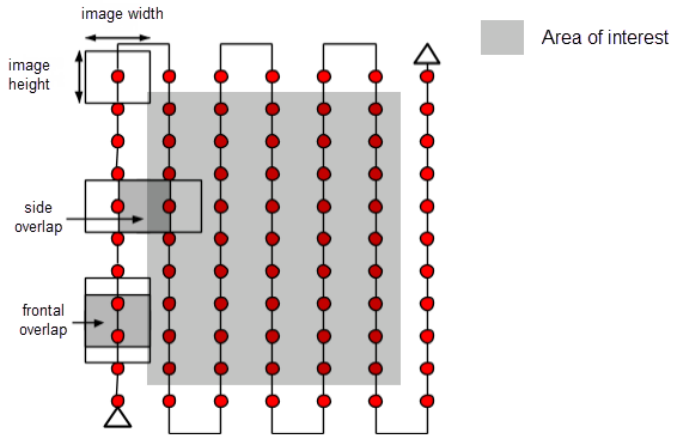
โดยที่ *GSD* คือ ตัวเลขระยะบอกขนาดความละเอียดของจุดภาพ cm/pixel

focal คือ ความยาวโฟกัสของเลนส์ (mm)

Altitude คือความสูงในการบิน (m)

pixelsize คือขนาดของจุดภาพ (μm)

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561



ภาพที่ 1 Ideal Image acquisition plan – General case

Forest and dense Vegetation

ต้นไม้และป่าไม้ มักจะมีความแตกต่างกันมาก ระหว่างภาพที่ overlapกัน อ้างอิงจากความซับซ้อนทางธรณีวิทยา (กิ่งไม้และใบไม้นับพันๆ) อย่างไรก็ตามก็ยังเป็นเรื่องยากที่จะแยก common characteristic point ระหว่างรูปภาพ ในการที่จะได้ผลลัพธ์ที่ดีมานั้น ควรจะใช้ grid images acquisition plan เหมือนกับที่อธิบายใน General case โดยมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

- เพิ่มการ Overlap ระหว่างรูปภาพเป็นอย่างน้อย 85% frontal overlap และอย่างน้อย 70% side overlap

- เพิ่มความสูงบิน : ที่ระดับความสูงที่สูงกว่า ภาพจะมีมุมมองที่บิดเบือนน้อยกว่า(แต่ก็จะมีปัญหาเรื่องการปรากฏของภาพ) และพื้นที่ป่าไม้จะมีคุณสมบัติของมุมมองที่ดีขึ้น อีกนัยหนึ่ง ที่ความสูงบินที่สูงกว่าจะทำให้การตรวจจับหาจุดที่เหมือนกันของภาพ 2 ภาพ ที่ Overlap กันในพื้นที่ๆหนึ่งมีความง่ายมากขึ้นความสูงบินที่มี image pixel resolution และ focal length อยู่รวมกันจะใช้หาค่า Ground Sampling Distance (Spatial resolution :ความละเอียดเชิงพื้นที่) ของรูปภาพ การที่จะได้ผลลัพธ์ภาพที่ดีที่สุดจะต้องมีค่า GSD สูงกว่า 10 pixel/cm สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปรับปรุงผลลัพธ์รูปภาพที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ โดยเลือกใช้การประมวลผลที่ถูกต้อง

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ภาพที่ 2 แผนที่ป่าจาก บริเวณคลองบางกะจะ จังหวัดจันทบุรี

Flat terrain with agriculture fields

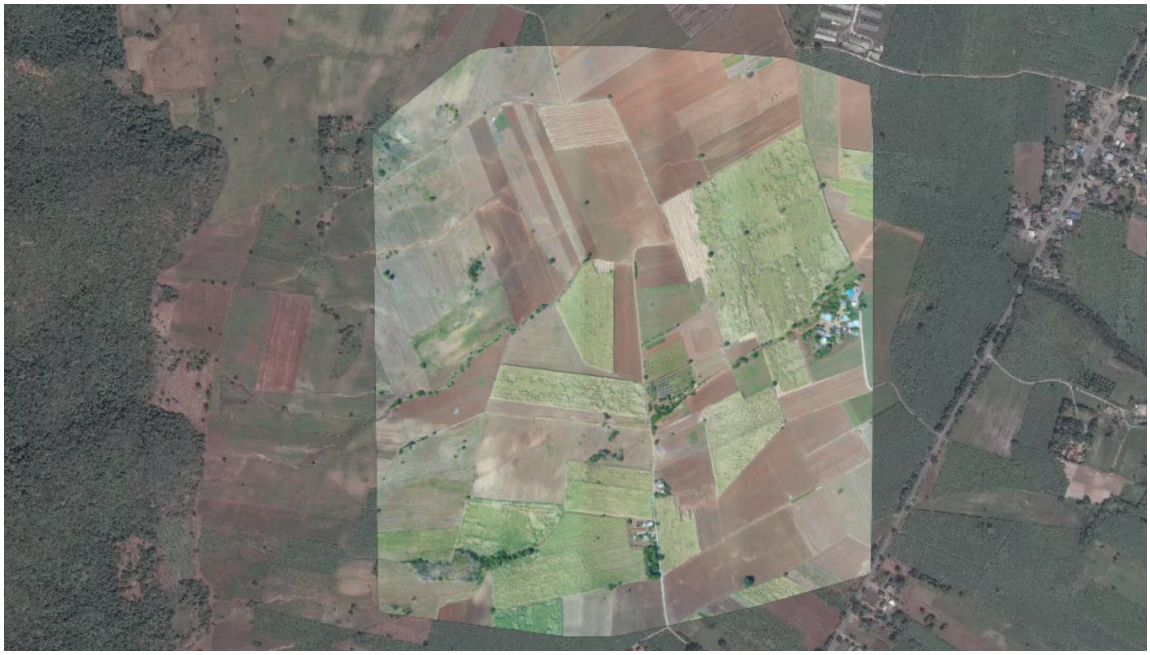
ในกรณีที่ภูมิประเทศมีลักษณะเป็นพื้นที่เรียบราบ เช่น พื้นที่เกษตรกรรมต่างๆ จะทำการแบ่งแยกจุดที่มีลักษณะเฉพาะได้ยากมาก เพราะภูมิประเทศมีลักษณะเหมือนกันหมดทั่วทั้งพื้นที่ ในการที่จะได้ผลลัพธ์ที่ดีมานั้น ควรใช้ grid image acquisition plan ซึ่งได้กล่าวไปแล้วใน General case โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

- เพิ่มการ Overlap ระหว่างรูปภาพเป็นอย่างน้อย 85% frontal overlap และอย่างน้อย 70% side overlap

- บินให้ต่ำลงเพื่อให้คุณภาพการมองเห็นของผลลัพธ์เพิ่มขึ้น

-image geolocation มีความแม่นยำและ ตั้งค่าให้ชนิดของโปรเจคเป็น Alternative processing mode สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับ Alternative processing mode

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561



ภาพที่ 3 แผนที่ไร่อ้อย จังหวัดนครสวรรค์

Building reconstruction

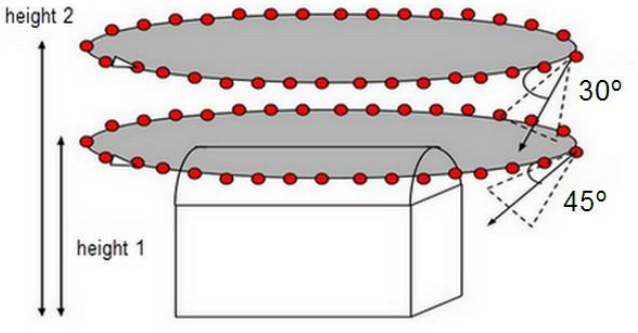
การปรับสภาพอาคาร 3 มิติ ต้องใช้ image acquisition plan แบบเฉพาะ (ตามรูปที่ 4)

- บินรอบๆอาคารครั้งแรกด้วยกล้อง a45 camera angle
- บินครั้งที่ 2 และ3 รอบๆอาคาร โดยเพิ่มความสูงบิน และลดมุมกล้องในแต่ละรอบ

หมายเหตุ : สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับ Oblique imagery ควรถ่ายรูปทุกๆ 5-10 องศา เพื่อให้ได้ overlap ที่เพียงพอ ขนาดของวัตถุและระยะทางจะถูกนำมาคิด ถ้าระยะสั้นและขนาดวัตถุใหญ่ จะต้องใช้รูปที่มีองศาน้อยลง

หมายเหตุ : สูงบินไม่ควรเพิ่มขึ้นเกิน 2 เท่าของระยะระหว่างสายการบิน ซึ่งความสูงที่ต่างกันจะทำให้ความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) ต่างกันด้วย สำหรับข้อมูลเพิ่มเติม

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561



ภาพที่ 4 Ideal Image Acquisition Plan – Building

ภาพที่ 5 แผนที่ภาพถ่าย 3D

Special cases

ในส่วนนี้จะนำเสนอวิธีการง่ายๆ สำหรับภูมิประเทศที่ยากต่อการทำแผนที่เช่น ภูมิประเทศแบบ หิมะ, ดินทราย, ทะเลสาบเป็นต้น

Snow และ Sand

หิมะและดินทรายจะมีข้อมูล Visual น้อย เพราะมีพื้นที่กว้างใหญ่ ด้วยเหตุนี้จะต้อง :

- ใช้ค่า overlap ที่สูงๆ : อย่างน้อย 85% frontal overlap และอย่างน้อย 70% side overlap
- ตั้งค่า exposure setting accordingly เพื่อให้ได้ค่า Contrast มากที่สุดที่เป็นไปได้

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ภาพที่ 6 พื้นที่ที่เป็นดินทราย

Water

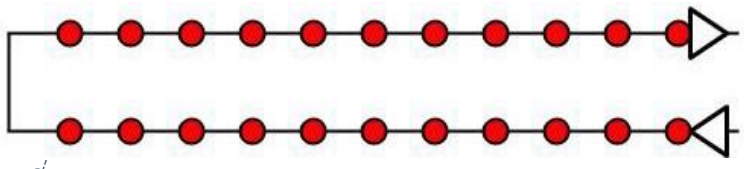
พื้นผิวที่เป็นน้ำ จะแทบไม่มีข้อมูล Visual เลย แสงสะท้อนจากดวงอาทิตย์บนผิวน้ำและคลื่นน้ำจะไม่สามารถใช้ใน Visual Matching ได้ ทะเล จะไม่สามารถ reconstruct ได้เพื่อที่จะ reconstruct พื้นผิวที่เป็นน้ำอื่นๆ เช่น แม่น้ำ หรือ ทะเลสาบ แต่ละภาพจะต้องมีรูปพื้นดิน ซึ่งการบินสูงๆจะช่วยให้ถ่ายติดภาพพื้นดินได้

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ภาพที่ 7 พื้นผิวที่เป็นน้ำ

Corridor mapping

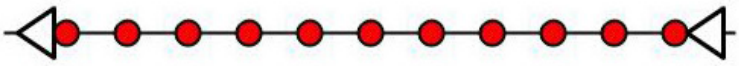
- การทำแผนที่เส้นทางเดินทาง เช่น ทางรถไฟ, ถนน, แม่น้ำ จำเป็นต้องมีอย่างน้อย 2 เส้นทางการบิน (2 flight lines) **(รูปภาพที่ 8**) ค่า GCPs ไม่จำเป็นต้องใช้ แต่ควรปรับปรุงค่า Georeference และความสมบูรณ์ของการทำ reconstruct
- สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับ number และ distribution ของค่า GCPs ใน Corridor Mapping สำหรับ Dual track (เส้นทางคู่) ควรใช้ overlap อย่างน้อย 85% frontal overlap และอย่างน้อย 60% side overlap สามารถใช้ภาพทางอากาศมุมต่ำๆ หรือ ภาพมุมเอียง (มุมระหว่าง 0-45 องศา ผ่านเส้นทางทั้ง 2 ไปถึงจุดกึ่งกลางของเส้นทางเดินทาง) สำหรับภูมิประเทศราบเรียบควรใช้ภาพทางอากาศมุมต่ำๆ (nadir images)



ภาพที่ 8 Dual track images acquisition plan for corridor mapping

ถ้า dual track images acquisition plan ทำให้เกิดขึ้นไม่ได้ จะสามารถใช้ single track images acquisition plan แทนได้ถ้า (**รูปที่ 9**):

- ค่า Overlap : อย่างน้อย 85% frontal overlap
- GCPs ถูกกำหนดตามแนวบิน ซิกแซก



ภาพที่ 9 single track flight NOT RECOMMENDED

ภาพที่ 10 แผนที่ถนนข้าวหลาม อ.เมืองชลบุรี จ.ชลบุรี

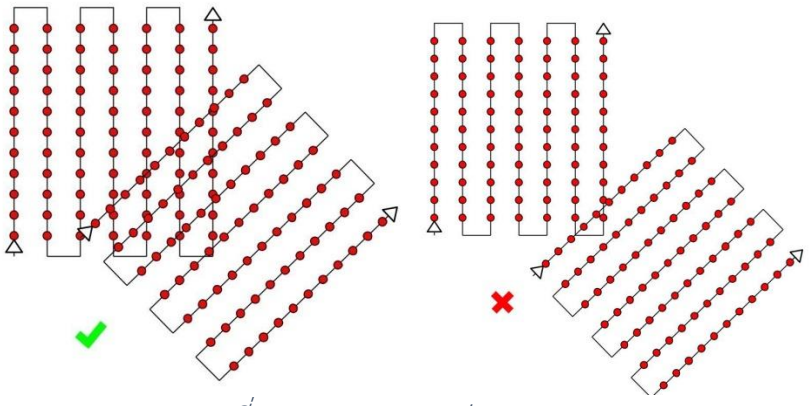
Multiple flights

- Pix4Dmapper สามารถประมวลผลรูปภาพต่างๆที่มาจาก Multiple flights ได้ เมื่อจะทำการออกแบบ different images acquisition plans ต้องทำตามข้อต่อไปนี้ :

- แต่ละระนาบมี overlap ที่เพียงพอ
- มี overlap เพียงพอระหว่าง two images acquisition plans(**รูปที่ 12 และ 13**)
- มีการใช้ระนาบที่ต่างกันให้มากที่สุดที่เป็นไปได้ที่อยู่ในเงื่อนไขเดียวกัน (ทิศทางดวงอาทิตย์, สภาพอากาศ, ไม่มีอาคารใหม่ๆ เป็นต้น)

สำคัญ : ความสูงบิน ไม่ควรต่างกับระยะระหว่างเส้นทางการบินมากเกินไป ความสูงที่ต่างกันจะทำให้ความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) ต่างกันด้วย สำหรับข้อมูลเพิ่มเติม

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561



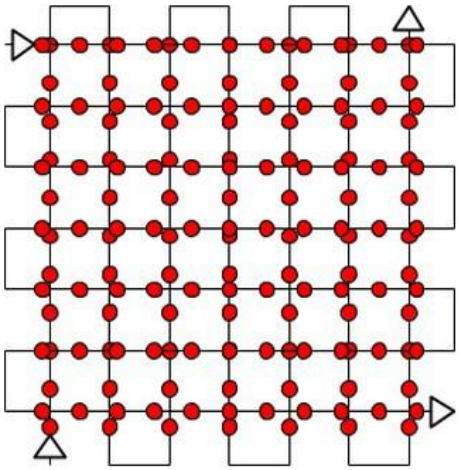
ภาพที่ 11 Overlap ระหว่าง two flights

Overlap ที่เพียงพอระหว่าง two flights Overlap ที่ไม่เพียงพอระหว่าง two flights

ภาพที่ 12 images acquisition plan ที่แนะนำสำหรับ two flights.

City reconstruction (visible facades)

การปรับสภาพ 3 มิติ ของพื้นที่ชุมชนต้องการ double grid images acquisition plan ซึ่งจะทำให้หน้าอาคารของอาคารทั้งหลายปรากฏอยู่ในภาพ ค่า Overlap ควรเหมือนกับ General Case



ภาพที่ 13 Double grid images acquisition plan

สำหรับการทำให้หน้าอาคารปรากฏนั้น UAV/เครื่องบิน ต้องบินถ่ายด้วยมุม (ภาพเอียงด้วยมุม 10-35 องศา, สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับคำนิยามของมุม) และไม่ชี้ไปที่จุดที่อยู่ต่ำมากๆ ถ้าต้องการข้อมูลจำนวนมาก ควรรวมภาพถ่ายทางอากาศและทางภูมิศาสตร์

หมายเหตุ : การรวมภาพทางอากาศมุมต่ำๆ หรือ ภาพมุมเอียง (มุมระหว่าง 10-35องศา , สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับคำนิยามของมุม) และ ภาพภูมิประเทศ สามารถทำได้ จากภาพ 2 หรือ 3 ใน 3 ชนิดที่กล่าวมา

3D Interior reconstruction

เมื่อรูป interior reconstruction terrestrial ถูกใช้ จะต้องมี Overlap 90% และควรจะมีความต่อเนื่องของการ overlap ระหว่างรูปภาพโดยที่ไม่มีช่องว่างเลย และควรมีวิธีใช้ fish eye camera เป็นที่แนะนำอย่างมากที่จะต้องใช้ Manual Tie Point เพื่อปรับโมเดลให้ถูกต้อง

Mixed reconstruction

การรวมภาพทางอากาศมุมต่ำๆ หรือ ภาพมุมเอียง (มุมระหว่าง 10-35 องศา , สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับคำนิยามของมุม) และ ภาพภูมิประเทศ สามารถทำได้ จากภาพ 2 หรือ 3 ใน 3 ชนิดที่กล่าวมา

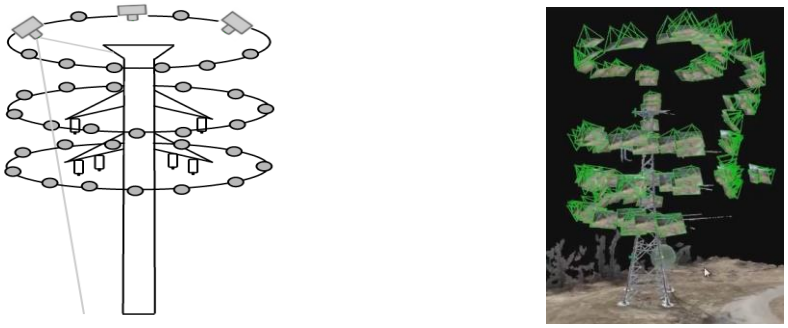
ชุดของภาพแต่ละชุดควรมี overlap ของตัวเอง และระหว่างชุดภาพที่เพียงพอ สำหรับกรณีข้างบนควรอย่างยิ่งที่จะใช้ GCPs หรือ Manual TiePoint เพื่อปรับแก้เซตภาพที่มีต่างๆ

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

Large Vertical Objects reconstruction

3D reconstruction ของวัตถุเช่น power towers, wind turbinesและ อื่นๆ ต้องการ specific images acquisition plan (รูปที่15):

- บินใกล้กับสิ่งก่อสร้างนั้นๆ
- กลับลำหลายๆครั้งรอบๆวัตถุที่หลายๆความสูง
- รูปภาพต้องมี overlap สูง คือ 90% ของ overlap ระหว่างรูปที่มีความสูงเดียวกัน และ 60% ของ overlap ระหว่างรุปที่มีความสูงต่างกัน
- มุมที่ดีที่สุดของกล้องคือ 45 องศา โดยชี้ไปที่พื้นดิน ข้อมูลของรูปจะ match กันง่ายกว่า และได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า
- ต้องมีการโฟกัสในรูปภาพให้มากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ (ควรโฟกัสทั้งวัตถุที่สนใจและพื้นหลัง
-ควรทำ image geolocation สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับ image geolocation



ภาพที่ 14 Images Acquisition Plan - Power tower.

GroundControlPoints

GroundControlPoints(GCPs) คือ จุดที่ได้มาจากพื้นที่ที่สนใจและทราบค่าพิกัด ซึ่งค่าพิกัดได้มาจากการสำรวจแบบเก่า หรือ จากแหล่งข้อมูลอื่นๆ (LiDAR, แผนที่ของพื้นที่เดิม, เว็บไซต์ที่บริการเกี่ยวกับแผนที่) ซึ่ง GCPs นี้ไม่จำเป็นต้องใช้ในการประมวลผลโปรเจคใน Pix4Dmapper แต่จะเป็นตัวที่เพิ่มความถูกต้องสมบูรณ์ของโปรเจค.GCPs สามารถใช้เป็น Checkpoints เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์

สามารถใช้กับ :

ในโปรเจคที่มีgeolocatedimages:GCPs เพิ่มความถูกต้องสมบูรณ์ของโครงการ , ทำให้แบบจำลองอยู่ในตำแหน่งเดียวกับพื้นที่จริงบนโลก และ ยังสามารถลดความคลาดเคลื่อนอัน

เนื่องมาจาก GPSจากระดับเมตรไปเป็นเซนติเมตรสำหรับข้อมูลเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนอัน เนื่องจาก GPS
ในโปรเจคที่ไม่มี geolocated images:จะต้องใช้ GCPsเมื่อต้องการ outputของ georeferencedใน กรณีนี้ GCPs จะให้ค่า scale , orientation และตำแหน่งออกมาในผลลัพธ์สุดท้าย นอกจากนี้ GCPs ยังมีประโยชน์มากสำหรับการเพิ่มความถูกต้องสำหรับการ out put เช่น รูปแบบ 3 มิติที่สร้างขึ้นใหม่ ขณะที่ใช้ GCPs ต้องพิจารณาจุดต่อไปนี้:

Numberanddistribution
ofGCPs
GCPacquisition

NumberanddistributionofGCPs

GCPs ควรจอยู่เป็นเนื้อเดียวกันในพื้นที่ที่สนใจจินตนาการว่าภาพของพื้นที่เป็นโต๊ะที่มีขนาดใหญ่ และ GCPs เป็นขาโต๊ะที่เป็นส่วนรองรับถ้าทุกขาอยู่ในตำแหน่งเดียวกันของโต๊ะจะทำให้เกิดการ เอียงได้ ถ้าขาโต๊ะกระจายเป็นพื้นที่เท่าๆกันอย่างสม่ำเสมอทั่วๆโต๊ะจะทำให้โต๊ะมีความคงที่ นอกจากนี้การใส่ GCP ที่ตรงกลางของพื้นที่ 1 จุดจะเพิ่มคุณภาพของการreconstruction ให้สูงขึ้น (figure 1).

ส่วนสำคัญ:
ค่าที่น้อยที่สุด 3 GCPs เป็นค่าที่จำเป็นในการนำไปสู่accountที่สร้างใหม่ และควรจะคลิกอย่างน้อย 2 ภาพ
ค่าที่น้อยที่สุด 5 GCPs เป็นค่าแนะนำ 5 ถึง 10 GCPs ซึ่งจะใช้กันบ่อยๆ รวมไปถึงโครงการขนาดใหญ่ จำนวน GCPs อื่นๆไม่มีส่วนสำคัญใน การเพิ่มค่าความถูกต้อง
แนะนำ ให้ใช้อย่างน้อย 5 GCPs ซึ่งมีการระบุไว้ 5 ภาพ ในขณะที่ลดความไม่ถูกต้อง และ จะช่วยในการตรวจสอบข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นเมื่อใส่ GCPs
โดยทั่วไป 5 - 10 GCPs มักจะเพียงพอสำหรับโครงการขนาดใหญ่ จำนวน GCPs อื่นๆไม่ได้มีส่วนในการเพิ่มขึ้นของความถูกต้อง
ในกรณีที่สภาพภูมิประเทศของพื้นที่มีความสูงชันและมีการเปลี่ยนแปลงมาก แล้ว GCPs จะทำให้มีความถูกต้องมากขึ้นในการ reconstruction
GCPs ควรอยู่สม่ำเสมอในแนวนอน เพื่อลดความผิดพลาดในScale และ Orientation
อย่าวาง GCPs ตรงที่ขอบของพื้นที่ เพราะจะทำให้มองเห็นภาพได้ไม่กี่ภาพ
ค่า error ของ GCPs คือค่าระหว่าง 1 ถึง 3 เท่าความละเอียด GSD ถ้า Project มีGSD 5cm/pixel ค่า error จะอยู่ระหว่าง 5cm ถึง 15cm สำหรับการทำแผนที่ทางเดิน

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

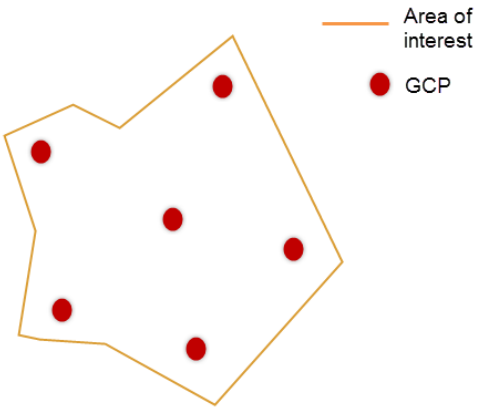


Figure1.DistributionoftheGCPs.

การวัดGCPsในสนามต้องเสียเวลาในพื้นที่และกำหนดที่ตั้งที่จะมีการวัดค่า GCPs การประมวลผลนี้ต้องการค่าภูมิประเทศเพื่อให้สามารถเข้าใช้งาน ก่อนการวัดค่าพิกัดของ GCPs รายการต่อไปนี้ต้องถูกกำหนด :

GCPs coordinate system

GCPs accuracy

Topographic equipment

GCPs coordinate system

ระบบพิกัด(Coordinate System)คือ เซตของจำนวนและพารามิเตอร์ที่ใช้เพื่อกำหนดตำแหน่งของวัตถุใดๆในแบบ 2 มิติหรือ 3 มิติ การเลือกระบบพิกัดของ GCPs ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้(end-user)

โดยปกติระบบพิกัดสามารถเป็นได้ดังนี้ :

Globalcoordinatesystems:สามารถกำหนดการใช้งาน 3D ellipsoid coordinates (latitude,longitude,altitude).

Nationalcoordinatesystems:สามารถกำหนดการใช้งาน projection defined สำหรับประเทศที่เฉพาะเจาะจง (X,Y,altitude).

Localcoordinatesystems:สามารถกำหนดการใช้งาน projectionโดยผู้ใช้งานจะตั้งค่าจุดกำเนิดและorientationที่มีความสะดวก (X,Y,altitude).

Note:altitudeสามารถเป็นได้ทั้ง geometric (ใช้เป็นระดับอ้างอิงของทรงรี) หรือ orthometric

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

(ใช้การอ้างอิงจาก
ระดับน้ำทะเลปานกลาง).

GCPsaccuracy

ในการกำหนด accuracy ในขณะเดียวกับที่ GCPs ต้องมีการวัดค่าเก็บไว้ปัจจัยต่อไปนี้จะต้องถูกนำเข้า account :

Accuracy a set of numbers needed for the final results: accuracyของ GCPs ควรสอดคล้องกับความถูกต้องสมบูรณ์สุดท้ายของความถูกต้องที่ผู้ใช้ต้องการ ตัวอย่างเช่น โปรเจคที่มีความถูกต้องที่รับได้อยู่ในหน่วยเมตร (เช่นงานที่ประเมินผลได้อย่างรวดเร็ว) ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องให้มีความถูกต้องอยู่ในระดับหน่วยเซนติเมตร

สำหรับที่ๆความถูกต้องเป็นสิ่งที่สำคัญมาก (เช่นสถานที่ก่อสร้าง) GCPs ควรจะวัดค่าที่มีความแม่นยำในหน่วยเซนติเมตร

เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของโปรเจค . โดยทั่วไปความถูกต้องของ GCPsควรจะดีกว่าความถูกต้องที่ยอมได้ของผลลัพธ์สุดท้าย

Ground Sampling Distance of the images: GCPs ควรจะ:

สามารถมองเห็นได้ในรูปภาพ, GCP photogrammetric (รูปที่ 2) ควรมีประมาณ 5-10 เท่า ของขนาดของ GSD ถ้า GCP เป็นแบบธรรมดา(ลักษณะจุดในพื้นที่ที่จะต้องไม่แสดงโดย photogrammetric target) GCP จะระบุและใส่เครื่องหมายได้ยากกว่า

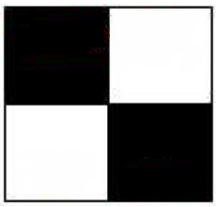


Figure 2.GCP photogrammetrictarget.

จะไม่ถูกต้องมากกว่า 1/10 ของ GSD ยกตัวอย่างเช่น GSD 10 cm GCP accuracy ไม่ควรจะต่ำว่า 1 cm ขณะที่ไม่สามารถทำเครื่องหมายในภาพดังกล่าวให้มีความถูกต้อง

Important: จะต้องรู้ค่า accuracy ของ GPCs เพื่อที่จะเซตค่า GCP accuracy ได้อย่างถูกต้อง (Horizontal และ Vertical). สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับความถูกต้อง GCP

Topographicequipment

Total station accuracy: มีความถูกต้องได้ถึงหน่วย millimeters (ขึ้นอยู่กับระยะทางของจุดที่

วัดได้จากสถานี).
GPS system accuracy: มีความถูกต้องได้ถึงหน่วย centimeters (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์พื้นที่และประเทศ).

GCPs defined fromother sources

ถ้าไม่มีการวัดค่า GCPs ในสนาม จะสามารถนำค่ามาจากแหล่งอื่นๆได้ข้อได้เปรียบของ GCPsดังกล่าวคือสามารถนำมาใช้งานได้ตลอดเวลาเมื่ออยู่ในออฟฟิศ ข้อเสียคือไม่มีการควบคุม accuracyและระบบพิกัดเป็นระบบพิกัด GPC source
GCPsสามารถนำมาได้จาก 2 แหล่งข้อมูล :
GCPs taken from high accuracy sources : GCPs สามารถหาได้จากแหล่งต่าง ๆ เช่น แผนที่ที่มีอยู่ และ laser scanning output ของพื้นที่เดียวกันหากแหล่งข้อมูลเหล่านี้มีการ update แล้วGCPsที่ได้จะมีความถูกต้องมาก coordinate system และ accuracy ของจุดเหล่านี้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของข้อมูล
GCPs taken from Web Map Services: เว็บบริการแผนที่ให้แผนที่อ้างอิงทางภูมิศาสตร์ออนไลน์โดยใช้โปรโตคอลมาตรฐานที่เรียกว่า**Web Map Service** (WMS)บางเซิร์ฟเวอร์มีฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่เปิดเผยต่อบุคคลทั่วไปได้และไม่คิดค่าใช้จ่าย ในขณะที่ฐานข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์อื่นๆต้องเสียค่าใช้จ่าย ฟรีเซิร์ฟเวอร์ของWMSที่เป็นที่รู้กันดีคือ Google Maps และ Bing Maps ซึ่งทั้ง 2 เป็นแผนที่ๆครอบคลุมทั้งโลก แต่ค่าความถูกต้องของแผนที่อ้างอิงภูมิศาสตร์อาจจะไม่สูงมากพอกล่าวคือข้อมูลของทั้งคู่มีความถูกต้องต่างกันสำหรับพื้นที่ๆแตกต่างกันบนโลก แนะนำให้ใช้GCPs มาจากแหล่งดังกล่าวเมื่อ:
-ภาพที่ไม่มีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ดังนั้นโปรเจคจึงไม่มี georeference
-ถ้าหากoutput เป็นไฟล์ .kml ที่ดีมากทำให้สามารถจัดเรียงได้อย่างสมบูรณ์แบบในGoogle Maps

สรุปขั้นตอนการสร้างโครงการ

Step1.BeforeStartingaProject

index

การสร้างโปรเจคต้องทำการขั้นตอนต่อไปนี้ :

1. สร้าง New Project.
2. นำเข้า Images
3. การกำหนดค่าคุณสมบัติของภาพ:

หากภาพมีข้อมูลตำแหน่งทางภูมิศาสตร์:

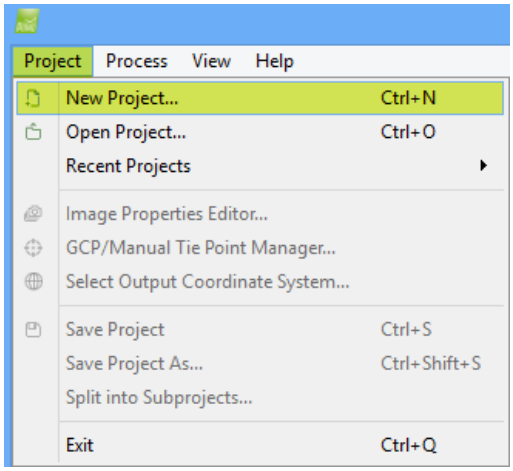
-เลือก / นำเข้าระบบพิกัดและข้อมูลตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของภาพ

-หากซอฟต์แวร์ไม่รู้จักรุ่นของกล้องหรือมีความจำเป็นต้องใช้พารามิเตอร์การสอบเทียบที่แตกต่างกันโดยการแก้ไข model ของกล้อง.

Step2.CreatingaProject

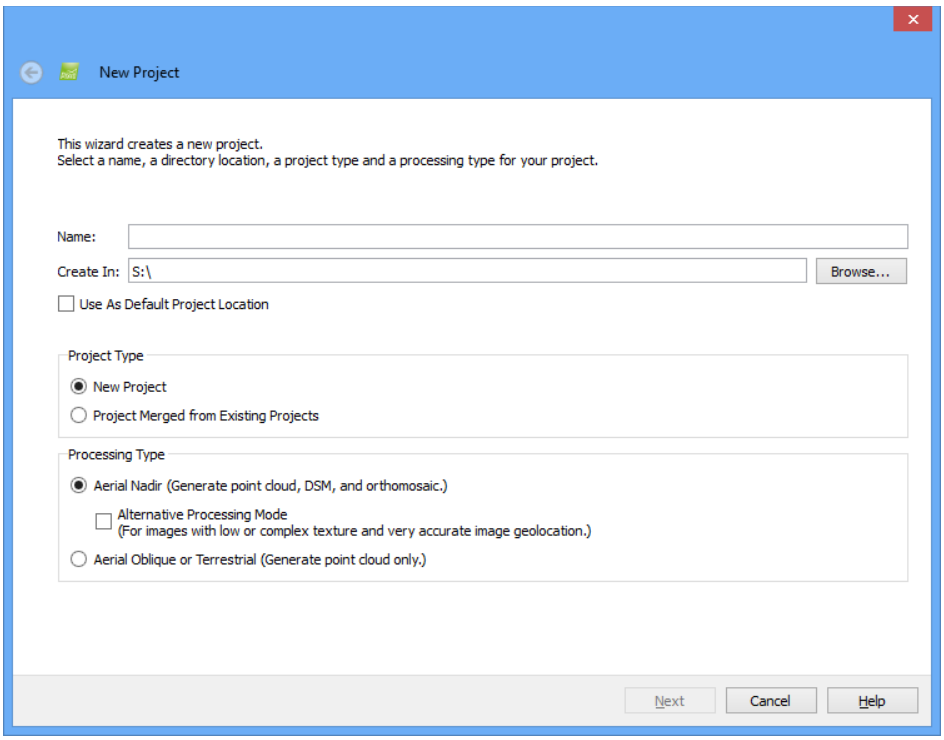
การสร้าง new project:

1. เริ่มจาก Pix4Dmapper
2. ที่ Menu bar, คลิก Project > New Project... .



ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

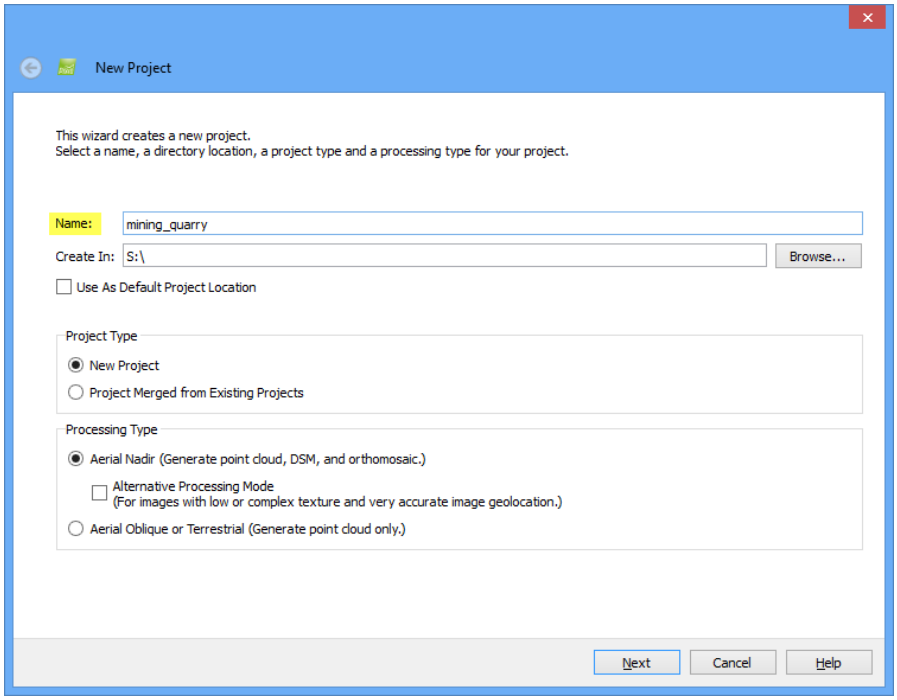
3. The New Project wizard opens.



4. ช่อง Name:พิมพ์ชื่อโครงการที่ต้องการ.

Warning : ตรวจสอบให้แน่ใจว่าชื่อโครงการไม่ได้ใช้อักขระพิเศษ
The path where the project ที่จะถูกสร้างขึ้นไม่ได้ใช้อักขระพิเศษ
Project name และ path รวมตัวอักษรกันแล้วมีน้อยกว่า 128 ตัวอักษร.

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561



5. (Optional) ที่ช่อง Create in: คลิก Browse และเลือกป๊อปอัพ Select project location ไปยังโฟลเดอร์ที่จะเก็บโปรเจคและผลลัพธ์ไว้และ คลิก Select Folder.

Note:เมื่อWizard เสร็จสมบูรณ์โฟลเดอร์ที่มีชื่อโครงการที่พิมพ์ลงในฟิลด์ชื่อจะถูกสร้างขึ้นในโฟลเดอร์ที่เลือกและจะเก็บผลลัพธ์ทั้งหมด.

6. (Optional) คลิกถูกหน้า*Use As Default Project Location* เพื่อที่จะบันทึกโปรเจคใหม่ทั้งหมดในโฟลเดอร์ที่เลือก

7. ใน Project typeต้องมันใจว่า Standard Projectได้ถูกเลือกแล้ว

Note:ตัวเลือก*Project Merged from Existing Projects* จะใช้เมื่อโครงการถูกสร้างขึ้นโดย*merging existing projects.*

8. ใน*Images*, เลือก the type of images:

Aerial Nadir (default):แนะนำสำหรับภาพที่ถ่ายจากอากาศและมีกล้องชี้ไปยังทิศทางที่จุดต่ำสุดจะช่วยให้สร้างPoint Cloud, DSM และ Orthomosaicได้

Images with Low or Complex Texture and Very Accurate Geolocation (Alternative Processing Mode):แนะนำสำหรับโปรเจคที่พื้นดินปรากฏแบบแบนและมีโครงสร้างซ้ำ(ทุ่งพืชผล, ป่า).

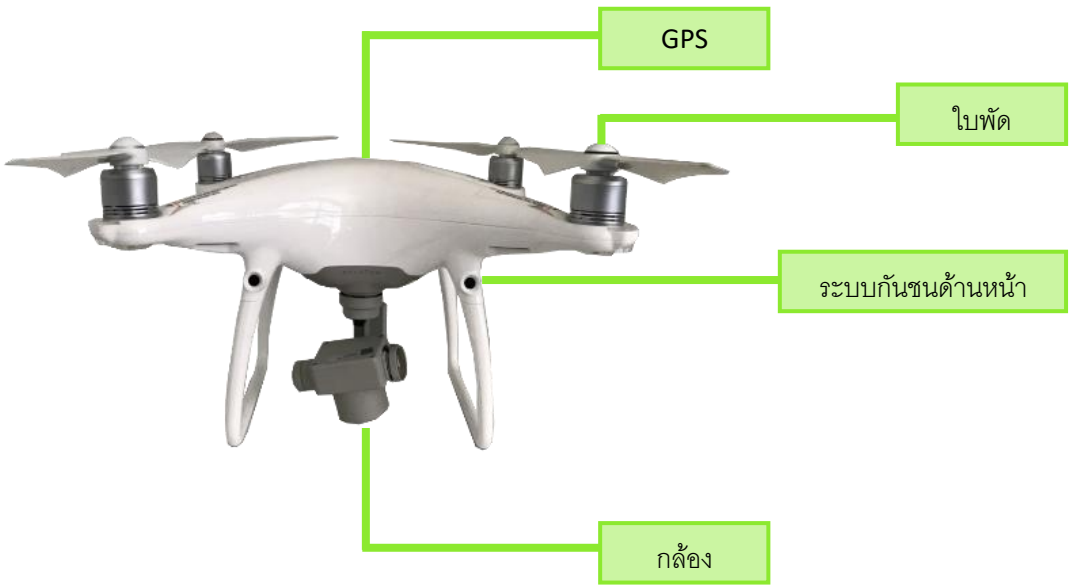
ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของภาพที่ดีกล้องจำเป็นต้องชี้ไปยังทิศทางที่จุดต่ำสุด

Aerial Oblique or Terrestrial: แนะนำสำหรับภาพทางอากาศที่เอียงเช่นเดียวกับภาพ (เอียงหรือจุดต่ำสุด) ที่นำมาจากพื้นดินจะช่วยให้สร้างPoint Cloud ได้เท่านั้น

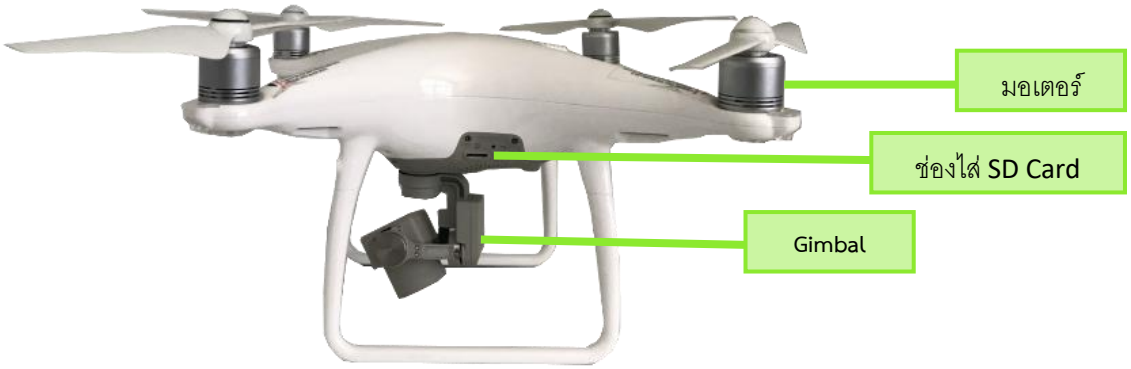
> Important: เมื่อเลือกชนิด Aerial ObliqueหรือTerrestrial จะมีเพียงpoint cloud ที่จะถูกสร้างขึ้น (กล่าวคือทั้ง DSM หรือ orthomosaic ไม่ถูกสร้างขึ้น)

9. คลิกNext.

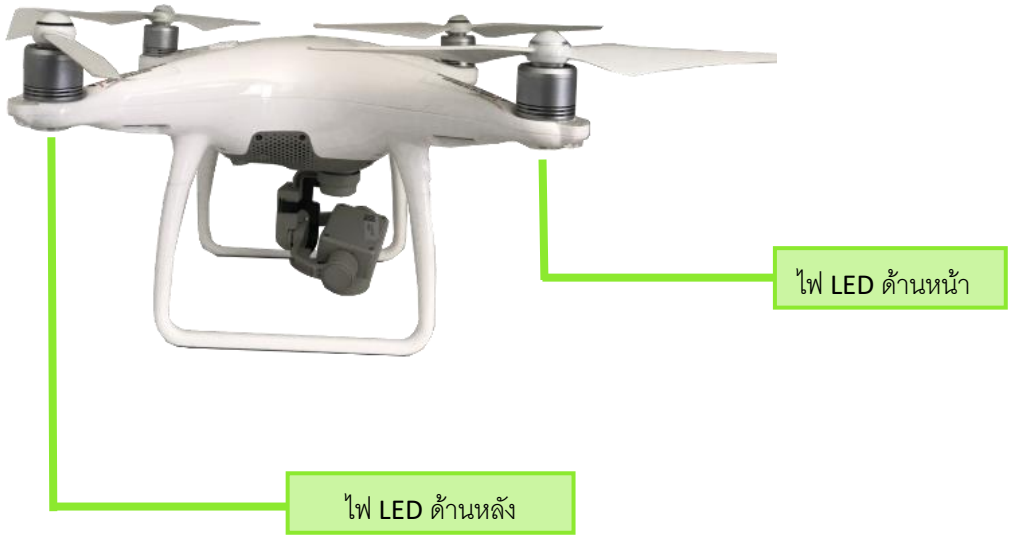
ส่วนประกอบตัวเครื่อง



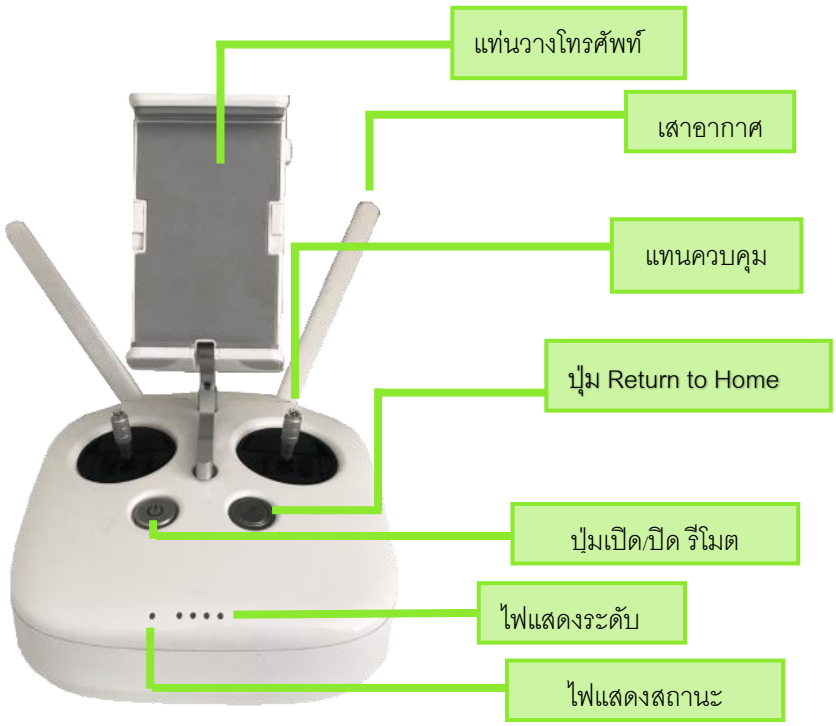
ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561



ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561



ส่วนประกอบรีโมทคอนโทรล



ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

โหมดการบิน

- P โหมด (Position) P โหมดจะทำงานได้ดีเมื่อตัวเครื่องรับสัญญาณ GPS ได้ดี ตัวเครื่อวจะใช้สัญญาณ GPS และเซนเซอร์ต่างๆบนตัวเครื่องเพื่อรักษาตำแหน่งและสเถียรภาพของตัวเครื่อง และโหมดนี้เป็นโหมดที่แนะนำในการบังคับหุ่ยยนตร์อากาศยานในภารกิจต่างๆ
- S โหมด (Sport) ข้มูลและสัญญาณต่างๆที่ได้รับขากตัวเครื่องจะถูกปรับเพื่อเพิ่มความคล่องตัวของตัวเครื่อง ความเร็วในการบินสูงสุดจะถูกปรับเป็น 72 กิโลเม๖ณต่อชั่วโมง แต่ระบบกันชนและเซนเซอร์ต่างๆของตัวเครื่องจะไม่ทำงาน
- A โหมด (Attitude) ในโหมดนี้จะไม่ใช้สัญญาณ GPS ในการช่วยบิน แต่จะใช้เฉพาะค่าเพื่อกำหนดตำแหน่งความสูงเท่านั้น
-

ข้อควรระวัง

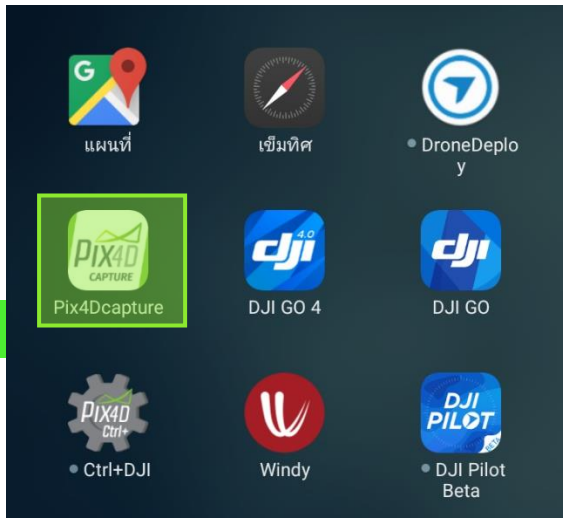
- ในโหมด S ระบบกันชนด้านหน้าและด้านหนลังจะไม่ทำงาน หมายความว่าตัวเครื่องจะไม่หลีกเลี่ยงอุปสรรคและสิ่งกีดขวาง ควรระวังและหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางในบริเวณใกล้เคียง
- เมื่อตัวเครื่องมีความเร็วเพิ่มขึ้นในโหมด S ระยะในการเบรกจะเพิ่มขึ้นด้วย ระยะเบรกต่ำสุดในการใช้ความเร็วสูงสุดในสภาพพื้นที่ ที่ไม่มีลมพัดจะมีระยะ 50 เมตร

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

การใช้ Application ในการช่วยบิน

- **Setting Application for Drone**

ดาวน์โหลด Application Pix4D Capture สามารถดาวน์โหลดได้ ทั้งระบบ ios และ android เปิด Application Pix4D Capture ขึ้นมาเพื่อตั้งค่า Drone

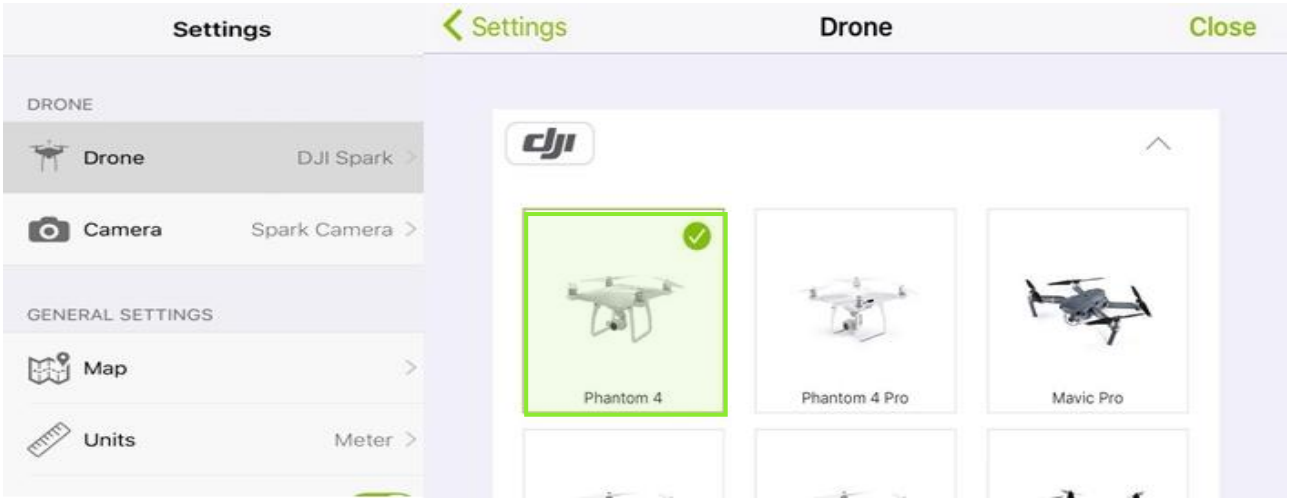


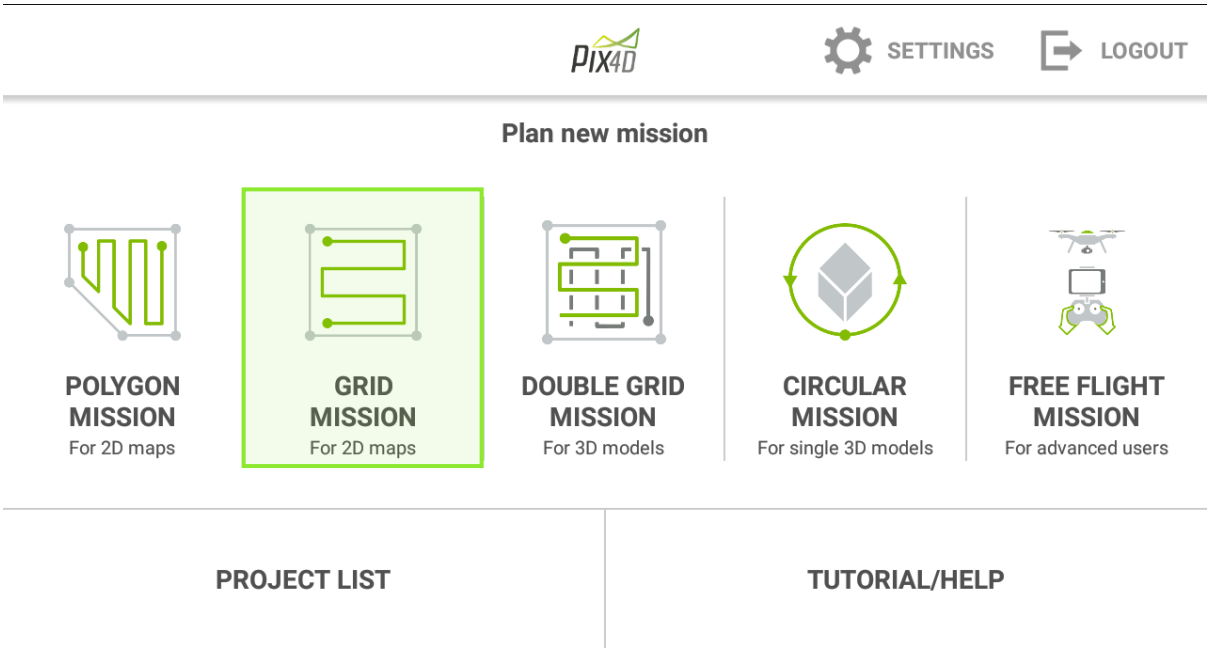
Application Pix4Dcapture

เลือกประเภท Drone (ในกรณีเลือก DJI Phantom 4)

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

หลังจากตั้งค่าโดรนเสร็จแล้วให้กดตรง GRID For 2D maps เพื่อตั้งค่าการบินถ่ายภาพ



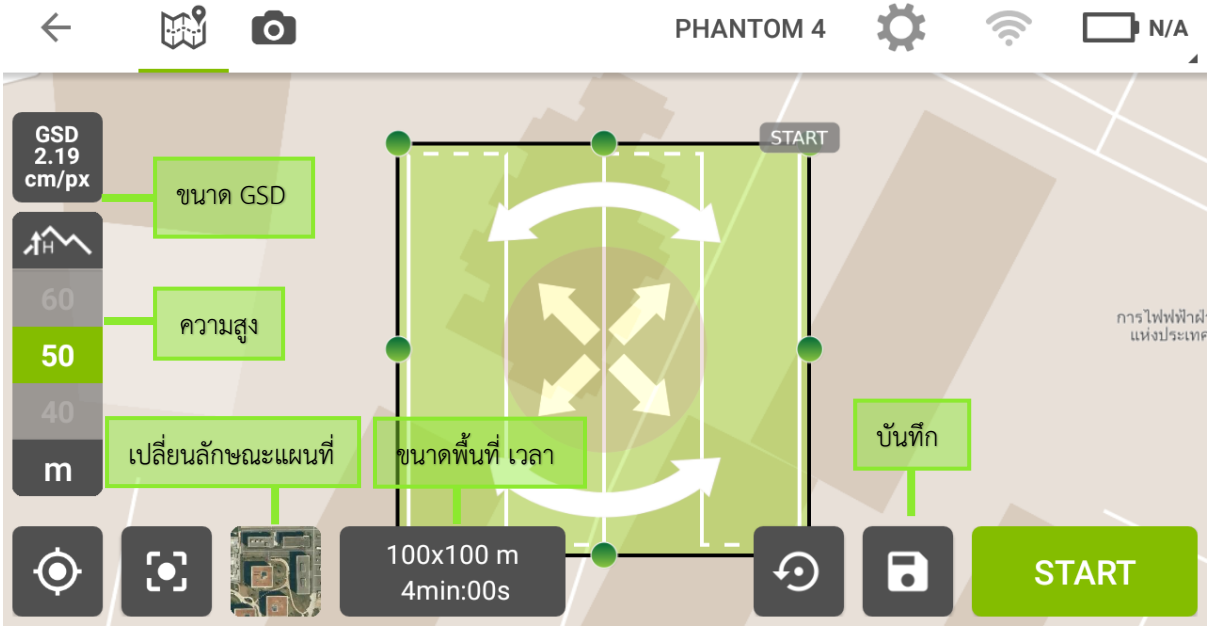


ตั้งค่าการบินถ่ายภาพสำหรับการจัดทำแผนที่

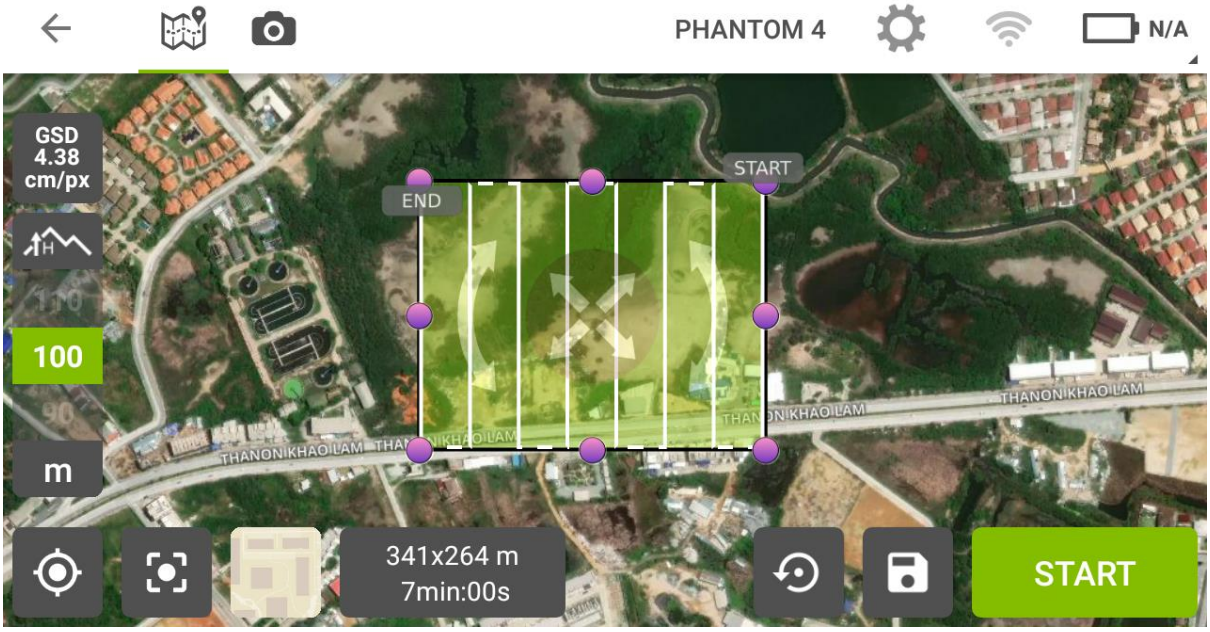
การบินถ่ายภาพในรูปแบบ Grid Flight ต้องมีการตั้งค่ากล้องให้ถ่ายภาพอัตโนมัติ จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดความสูงในการบิน , พื้นที่การบินสำรวจ และ ส่วนซ่อนทับของภาพ

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

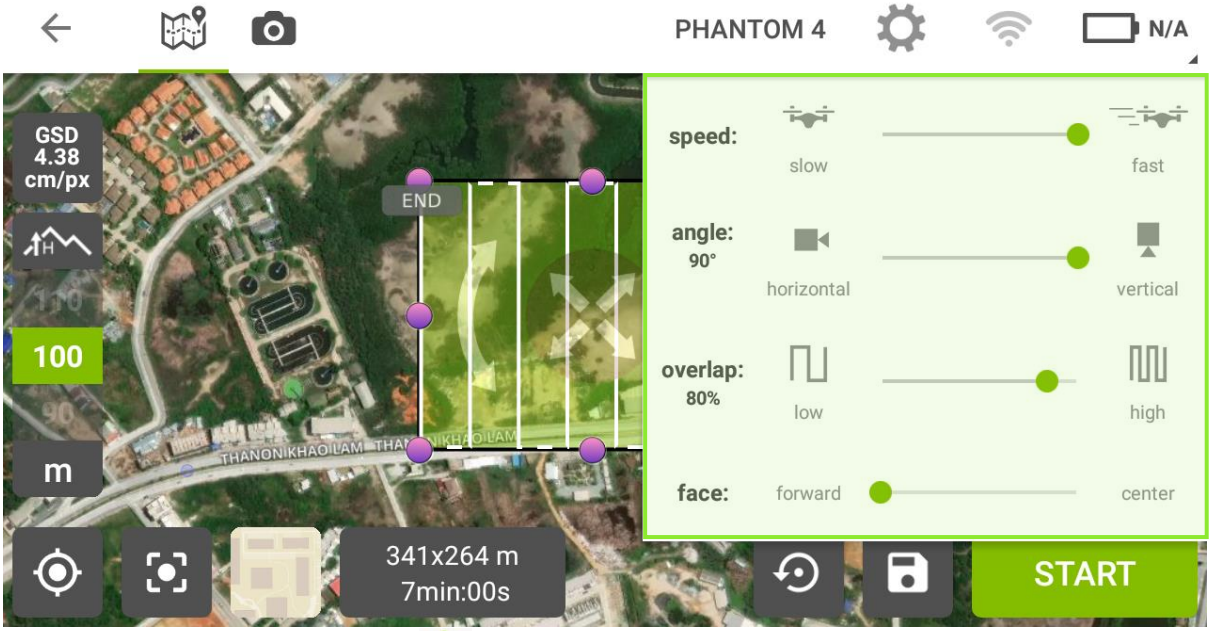
ความสูงในการบินควรกำหนดไว้ที่ 100 เมตร ทั้งนี้การกำหนดความสูงควรคำนึงถึงสิ่งกรีดขวาง และ ประเภทของการใช้ภาพถ่ายทางอากาศ



การกำหนดพื้นที่การสำรวจ ควรกำหนดให้ polygon (พื้นที่สีเขียว) ครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการจะสำรวจ



ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561



หลังจากการกำหนดความ สูงให้กด เพื่อตั้งค่า Front overlap และ Side overlap (ส่วนซ่อนทับของภาพ)

เมื่อตั้งค่าทุกอย่างเสร็จแล้วให้กดปุ่ม START โดรนจะทำการบิน อัตโนมัติตาม polygon ที่เรากำหนดไว้ในขั้นตอนแรก

การต่อภาพด้วยโปรแกรม Pix4D

On the Select Images window:

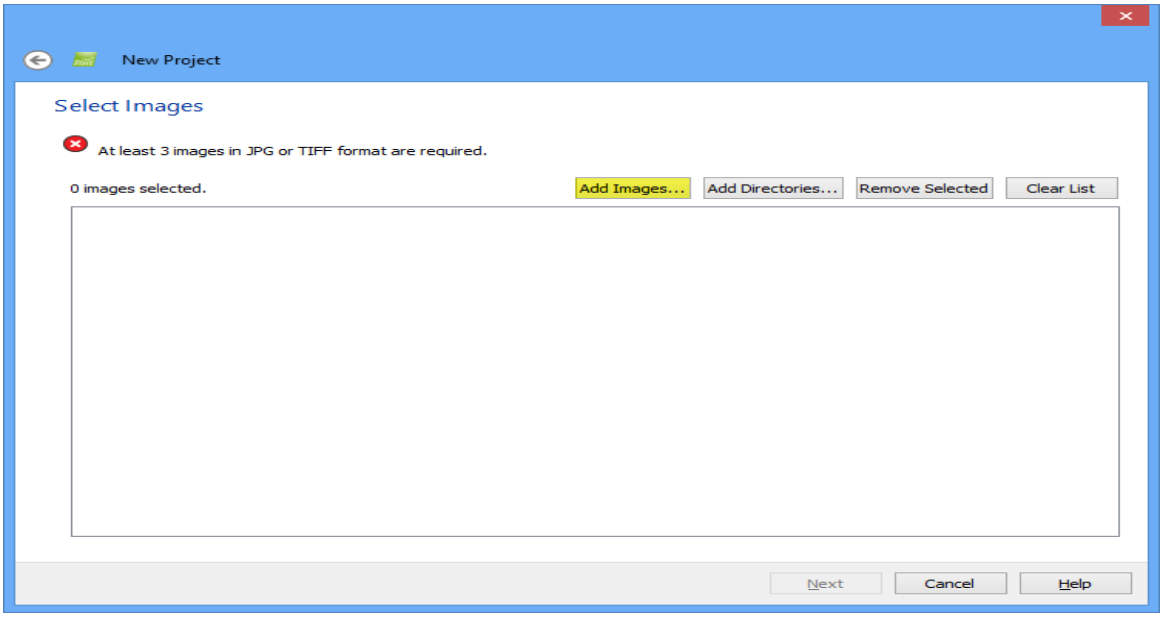
1. คลิกAddImages...เพื่อเพิ่มรูปภาพ

⚠Warning:

-ภาพไม่ควรมีสัญลักษณ์ใดๆเช่นเวลาและตราประทับวันที่รูปภาพที่มีสัญลักษณ์ดังกล่าวไม่สามารถนำไปประมวลผลได้

-ภาพไม่ควรจะแก้ไขได้ด้วยตนเองเช่น ทำแล้วภาพไม่มีขนาด, การหมุน, ฯลฯ

ห้ามใช้ภาพที่ถ่ายในช่วงเวลาที่เครื่องกำลังบินขึ้นหรือลงจอด



2. หน้าต่าง *Select Images*, หาและเลือกโฟลเดอร์ที่ภาพถูกเก็บไว้เลือกภาพที่จะ import (เลือกภาพหลายภาพได้) และ คลิก Open

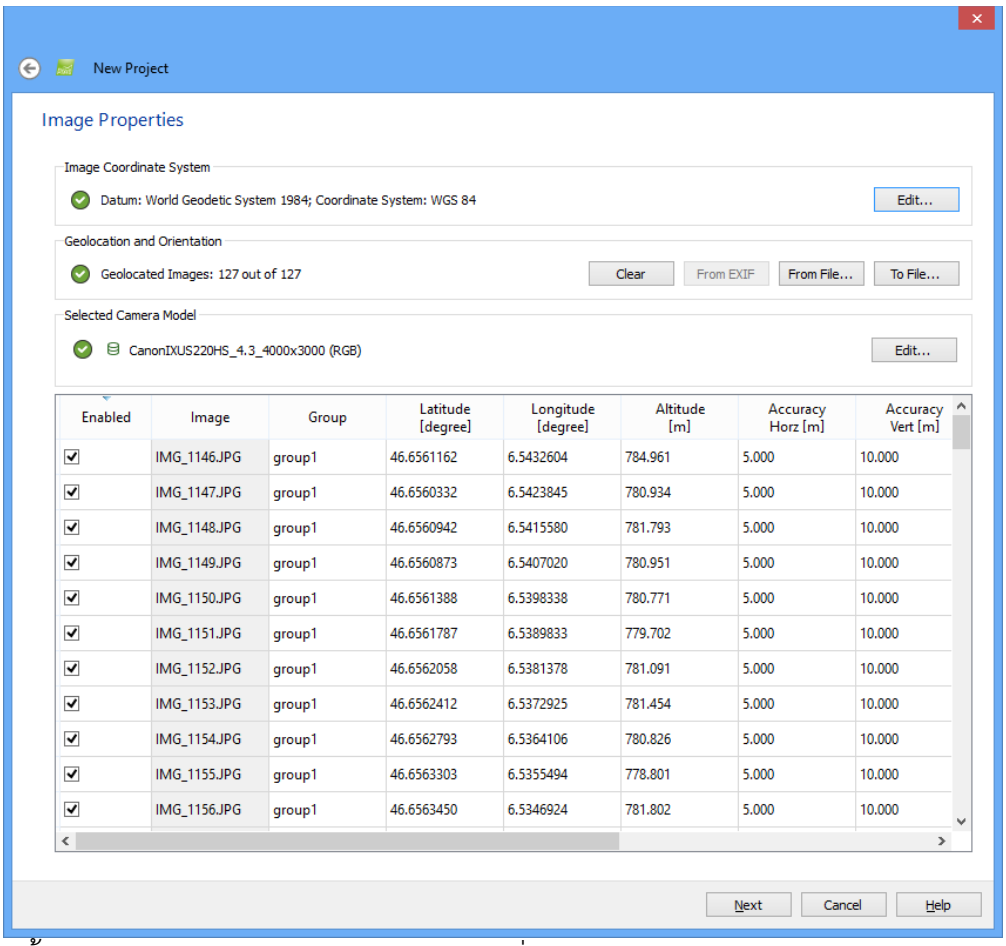
Note : รูปภาพสามารถนำเข้าข้อมูลเป็น *.jpg, *.jpeg, *.tif, or *.tiff. โดยค่าเริ่มต้นทุกนามสกุลภาพที่รองรับสามารถเลือกได้เพื่อกรองภาพตามรูปแบบที่เปลี่ยนรูปแบบการป้อนข้อมูลสำหรับภาพ JPEG (*.jpg,*.jpeg) or to TIFF images (*.tif, *.tiff).
เป็นไปได้ที่จะเลือกภาพที่เก็บไว้ในโฟลเดอร์ที่แตกต่างกันเมื่อภาพที่นำเข้าจากโฟลเดอร์หนึ่งคลิกAdd Image อีกครั้งเพื่อเพิ่มภาพเพิ่มเติมจากโฟลเดอร์อื่น
ซอฟแวร์จะพิจารณา Date Taken field of the Exifในการตั้งค่าลำดับภาพ

4. (Optional)เป็นไปได้ที่จะลบภาพโดยการเลือกภาพทีอยู่ในรายชื่อภาพ (ใช้ Ctrl + คลิกหรือ Shift + คลิก for multiple selection) และคลิกing Remove Selected.
5. (Optional) เป็นไปได้ที่จะล้างรายชื่อของภาพที่ addedมาโดย คลิกing Clear List.
6.คลิก Next.
New Project wizard จะแสดงหน้าต่าง*ImageProperties*โดยประกอบด้วย 4ส่วน:

Image Coordinate System: เลือกระบบพิกัดที่เป็น Based ของรูปภาพภูมิประเทศ
Geolocationand Orientation: นำเข้า/ส่งออกพิกัด และ(optionally)การจัดเรียงของรูปภาพและ/หรือ ความถูกต้องของพิกัด
Selected Camera Model: เลือก camera model ของรูปภาพ
Images table: แสดงรูปที่เลือกไว้ รวมถึงกลุ่มของภาพแต่ละภาพ,ตำแหน่ง, position accuracy,

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

orientation, และแสดงว่ารูปภาพถูกเปิดใช้งานหรือไม่ .(ภาพที่เปิดใช้งานจะถูกนำเข้าบัญชีสำหรับการประมวลผล)



มีขั้นตอนในการปฏิบัติตาม 3 optional ก่อนที่จะคลิก Next คือ:

a.(optional) Selecting Image Coordinate System

ที่*Image Coordinate System*, คลิก Edit... ถ้าตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ภาพอยู่ในระบบพิกัดอื่นนอกจาก WGS84 (default).

สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมและคำแนะนำแบบ step by step เกี่ยวกับวิธีการเลือก / เปลี่ยนระบบพิกัดภาพ

b.(optional,recommended)ImportingImagesGeolocationandOrientation

นำเข้า theGeolocation และการวางแนวของภาพตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (ตำแหน่ง) ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในข้อมูลภาพ ' EXIF และจะถูกโหลดโดยอัตโนมัติ

ขั้นตอน For more informationand ตามคำแนะนำขั้นเกี่ยวกับวิธีการ select/change ImageGeolocation และOrientation

Note:
ซอฟต์แวร์พิจารณา theDate Takenfield of Exif ในการตั้งค่าลำดับที่ภาพ
ขั้นตอนที่ 1 จะเร็วขึ้นสำหรับProjectsที่มีภาพที่ได้รับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์และในกรณีของการทับซ้อนที่เพียงพอไม่ได้ช่วยให้การปรับเทียบภาพ

c.(optional)Editing Selected CameraModel
Camera Model จะต้องมีการกำหนดไว้สำหรับแต่ละภาพเพื่อที่จะรันโปรเจคใน Pix4Dmapper พารามิเตอร์ของโมเดลนี้ขึ้นอยู่กับกล้องที่ใช้ถ่ายภาพ กล้องส่วนใหญ่บันทึกชื่อกล้องไว้ใน Metadata ของภาพนามสกุล .EXIF Camera Model ถูกระบุด้วยชื่อจากภาพข้อมูล EXIF ถ้ามีข้อมูล EXIF จะเรียนว่า EXIF ID และจะใช้เชื่อมโยง camera model กับทุกๆภาพที่มี EXIF ID

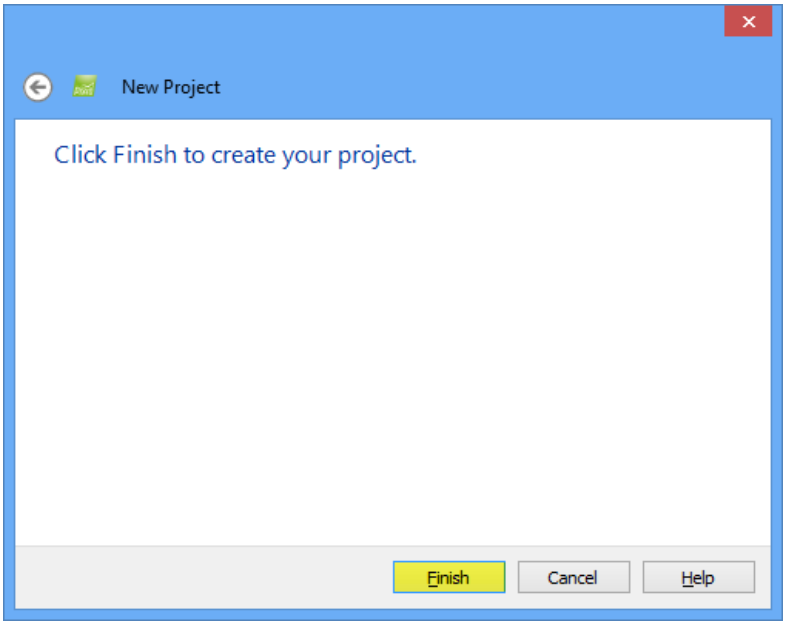
The *Camera Model* section ใน*Image properties window*จะแสดง camera model ที่เลือกไว้ซึ่งสามารถเป็นแบบ :
Valid:เครื่องหมายถูกสีเขียวปรากฏถ้า Camera model ถูกต้อง camera modelจะถูกต้องถ้าที่มีข้อมูล camera model อยู่ใน Pix4Dmapper Camera model database แล้วถ้า camera model ได้จาก EXIF data ควรตรวจสอบพารามิเตอร์ของ camera model เพื่อให้แก้ไขได้
Invalid:เครื่องหมายกากบาทจะปรากฏขึ้นหากCamera model ไม่ถูกต้องcamera modelจะไม่ถูกต้องถ้าที่ไม่มีข้อมูล camera model อยู่ใน Pix4Dmapper Camera model databaseและถ้ามีข้อมูล EXIF ไม่เพียงพอ จะต้องทำการแก้ไขกำหนดค่า Camera model
สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมและขั้นตอนตามคำแนะนำขั้นตอนเกี่ยวกับวิธีการแก้ไขรุ่นของกล้อง

Note:การจัดกลุ่มภาพ:เมื่อProjectsมีภาพที่มีsignatures สเปกตรัมที่แตกต่างกัน(RGB, NIRGB, etc) ภาพมักจะมีการจัดกลุ่มโดยอัตโนมัติในกรณีที่ไม่ได้จัดกลุ่มตามค่าเริ่มต้น

ในกรณีนี้ orthomosaics ที่แตกต่างกันจะมีการสร้างหนึ่ง orthomosaic ต่อกลุ่มที่สามารถใช้สำหรับการคำนวณดัชนี.

เมื่อรายการดังกล่าวข้างต้นมีการกำหนดค่า:

1. คลิกNext.
2. คลิก Finish เพื่อเสร็จสิ้นการติดตั้งและเริ่มโปรเจค

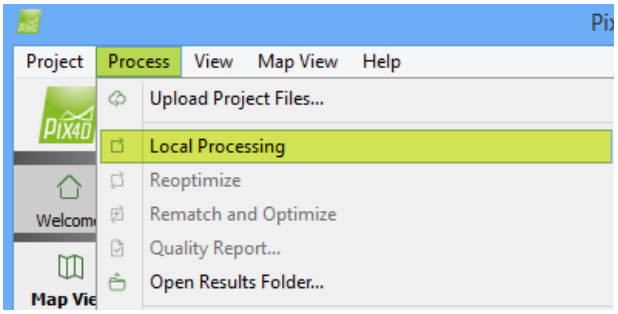


Creating a Project Index

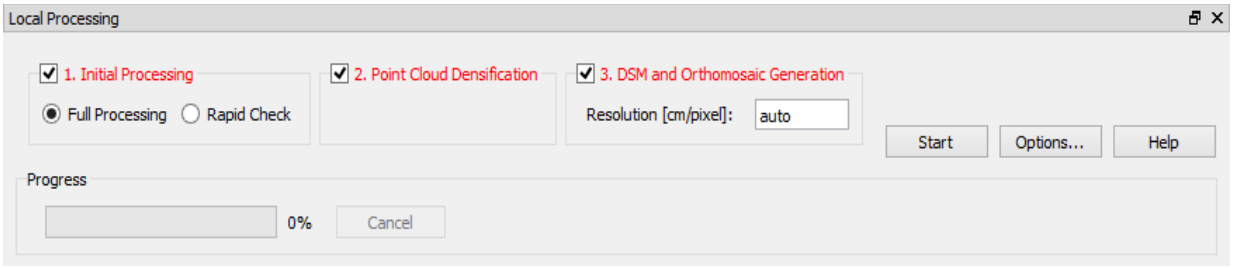
เมื่อสร้างโปรเจคแล้วเริ่มจาก *Rapid Check*local processing on site *Rapid Check*จะเป็นประโยชน์สำหรับการดูตัวอย่างของ project reconstruction และการประเมินคุณภาพของชุดข้อมูลหลังจากที่ได้มา อย่างคร่าวๆ

ในการทำการRapidCheck:

1. Onthe Menu bar,คลิกProcess>LocalProcessing.



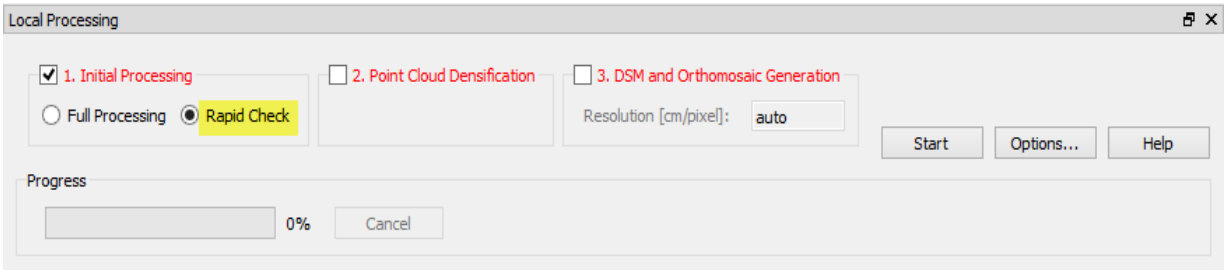
2. หน้าต่าง Local Processingจะปรากฏด้านล่างของหน้าจอ



3. เลือก 1.InitialProcessing,เลือกRapidCheck,และยกเลิกการเลือก

2.Point Cloud Densificationและ

3.DSM andOrthomosaic Generation.



4. คลิกStart.

The Rapid Check จะลดความคมชัดของรูปภาพดั้งเดิม1MP.ดังนั้นภาพจะปรากฏเร็วขึ้นแต่จะไปลดความถูกต้องรวม และอาจทำให้ผลลัพธ์ไม่สมบูรณ์ ตามความเป็นจริง เมื่อภาพมีขนาดเล็กลง จำนวนของ keypoint ที่แยกออกไปในแต่ละรูปจะมีน้อยลงด้วย ซึ่งส่งผลให้จำนวนของรูปที่แมทช์กันมีจำนวนลดลงตามไปด้วย และเมื่อจำนวนพาทที่แมทช์กันลดลง คุณภาพของการ reconstruction ก็อาจจะลดลงด้วยเมื่อ *Initial Processing*เสร็จแล้ว รายงานคุณภาพการสร้างโดยอัตโนมัติจะปรากฏขึ้นมา
ตรวจสอบรายงานคุณภาพหลังจากการ*InitialProcessing*.ถ้าreconstructionไม่ดีพอหรือล้มเหลว ก็อาจจะเกิดการ Full Processing เหมือนกัน

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

Note:
The Rapid Check succeeds มีความปลอดภัยที่จะสรุปว่าผลของการFull Processing เป็นของที่มีคุณภาพสูง
If the Rapid Check fails มันเป็นสิ่งที่บ่งชี้ว่าชุดนี้เป็นเรื่องยากและต้องมีการทับซ้อนกันมากขึ้น(สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการออกแบบแผนการบิน
ถ้าเป็นเช่นนั้นก็ควรที่จะเก็บภาพมากขึ้นอย่างใดอย่างหนึ่งโดยการบินอีกครั้งและรวมโครงการร่วมกันหรือโดยการเปลี่ยนแปลงแผนการบินเพื่อให้ทับซ้อนกันมากขึ้น
มันเป็นไปได้ผลกับFull Processing แม้ว่า Rapid Check ล้มเหลวผลในกรณีที่อาจจะมีคุณภาพต่ำconsist of less calibrated images or contain artifacts.

ความเป็นไปได้ที่ Rapid Check จะสำเร็จและการประมวลผลเต็มรูปแบบล้มเหลวกรณีที่หายากและมักจะเกิดขึ้นกับblurry หรือภาพพื้นผิวต่ำที่ไม่กี่ keypointsสามารถคำนวณได้ในความละเอียดของพิกเซลเต็มรูปแบบมีการให้คำแนะนำในการเก็บรวบรวมใหม่ที่คมชัด(not blurry) images

Information:ขั้นตอนการคำนวณประมวลผลเบื้องต้น the location and orientation ตลอดจนพารามิเตอร์กล้องของภาพเดิม โดยใช้ซอฟแวร์ที่ทันสมัยAutomatic Aerial Triangulation (AAT) และBundle Block Adjustment (BBA). An initial cloud of 3D points เป็นการคำนวณค่าความละเอียดต่ำ DSM และ orthomosaic ถูกสร้างขึ้น.

Important:
สำหรับคำอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์รายงานคุณภาพ
สำหรับคำอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับพารามิเตอร์ใดๆที่อธิบายไว้ในรายงานคุณภาพ:
ตัวอย่างของการรายงานคุณภาพสามารถดูได้ที่ลิงค์ต่อไปนี้:

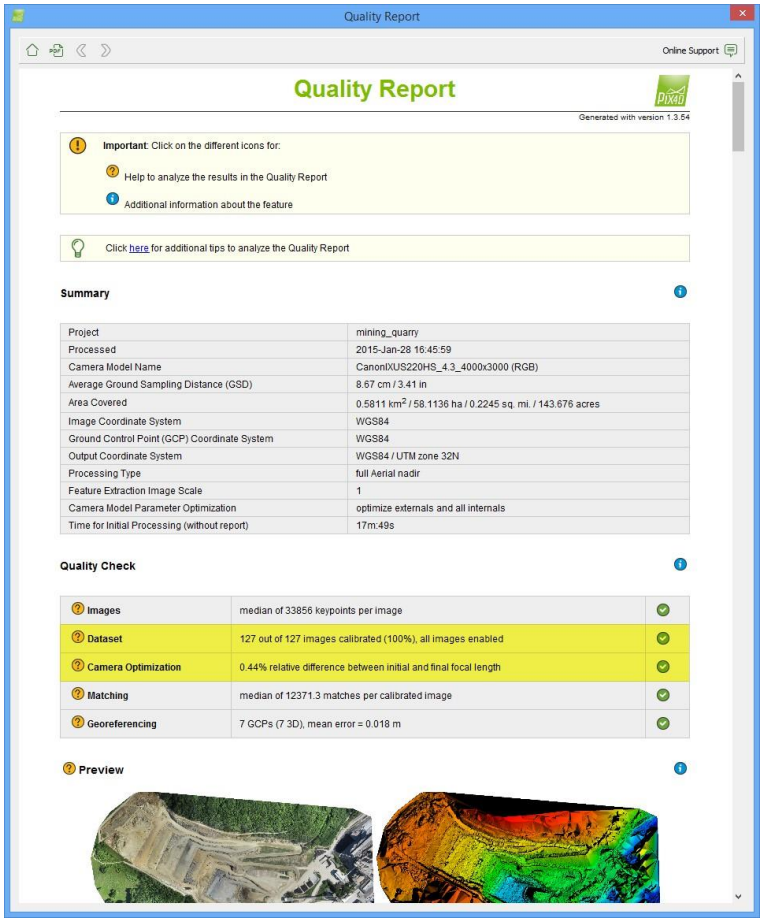
ตรวจสอบ*Quality Report*หลังจาก*Initial Processing*:หากการแก้ไขไม่ดีพอหรือไม่แล้วอาจเกิดขึ้นกับการประมวลผลแบบเต็ม.

Main points to check:
Processing Failed:หากการประมวลผลล้มเหลวเรียกใช้Projectsในโหมดการประมวลผลเต็มรูปแบบและวิเคราะห์รายงานในฐานะที่เป็นตรวจสอบอย่างรวดเร็วจะช่วยลดขนาดของภาพและทำให้ลดจำนวน keypoints, จำนวน unsufficient ของ keypoints อาจเป็นสาเหตุของ failure.

Processing Finished:
ทุกภาพที่มีการปรับเทียบเมื่อใช้ตรวจสอบอย่างรวดเร็วจะได้รับการสอบเทียบเมื่อใช้Full Processing.. จึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อตรวจสอบว่าทั้งหมดหรือเกือบทุกภาพมีการ calibrated. ถ้าไม่ได้นี้อาจบ่งบอกถึงปัญหากับ the images acquisition plan (ไม่ทับซ้อนกันมากพอ),หรือว่าคุณภาพของภาพอาจจะไม่ดีพอ(e.g. blurry images).

Quality Check, Camera Optimization: ความแตกต่างที่ความสัมพันธ์ระหว่างการเริ่มต้นและปรับพารามิเตอร์กล้องควรจะต้องต่ำกว่า 5%. ถ้าไม่ได้ตรวจสอบว่ารุ่นของกล้องที่เหมาะสมจะใช้งาน.ถ้ารุ่นของกล้องที่เหมาะสมจะใช้เปลี่ยนค่าเริ่มต้นของกล้องเป็นค่าที่ดีที่สุดต่อไปนี้และประมวลผล

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561



เมื่อมีการยืนยันว่าชุดข้อมูลที่ดีพอที่จะก่อให้เกิดผลที่มีคุณภาพดี (ใช้รายงานคุณภาพที่ได้รับกับthe Rapid Check),มีบางขั้นตอนที่ไม่จำเป็นอื่นๆที่สามารถจะปฏิบัติตามก่อนที่จะประมวลผล:

1. Selecting the Orthomosaicand/orPointCloud Densification Area(optional)
โดยค่าเริ่มต้นในพื้นที่ที่เลือกที่จะดำเนินการจุด densification เมฆและการสร้าง orthomosaic สอดคล้องกับพื้นที่ทั้งหมดปกคลุมด้วยภาพทั้งหมดที่ได้รับการสอบเทียบ. เป็นไปได้ที่จะปรับเปลี่ยนพื้นที่นี้ถ้าหากไม่ได้รับคำสั่ง. ตัวเลือกนี้จะมีประโยชน์ในการสร้าง orthomosaic เฉพาะสำหรับพื้นที่ที่น่าสนใจสำหรับการดำเนินการหรือpoint cloud densification เฉพาะในบริเวณ
เพื่อที่จะเปลี่ยน the Orthomosaic Area, follow

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

เพื่อที่จะเปลี่ยน the Point Cloud Densification Area, follow

2. Changing the Process Options (optional)

เปลี่ยนไฟล์ผลการส่งออก (ชนิดและรูปแบบ) เปลี่ยนการตั้งค่าการประมวลผลบางอย่างเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลเมื่อมีความจำเป็นหรือเปลี่ยนการตั้งค่าการประมวลผลสำหรับการใช้งานขั้นสูงสำหรับข้อมูลเพิ่มเติม

Note:โดยค่าเริ่มต้นผลต่อไปนี้จะมีการสร้าง:

ขั้นตอนที่ 1 *Initial Processing*:

Camera Internals และ Externals, ATT, BBA

Automatic Tie points

Quality Report

ขั้นตอนที่ 2 Point Cloud Densification: Point Cloud

3D พื้นผิวตาข่ายรายงานคุณภาพ

ขั้นตอนที่ 3 DSMand Orthomosaic รุ่น: Raster DSM

3. Adding GCPs(optional)

เพิ่มพื้นจุดควบคุม (ภาคพื้น) เพื่อปรับปรุงความถูกต้องทั่วโลกของProjects (georeference) ภาคพื้นสามารถวัดได้ในเขตภูมิประเทศโดยใช้วิธีการที่นำมาจากข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีอยู่หรือจากเว็บบริการแผนที่ (WMS)

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

Warning:ใช้ภาคพื้นHIGHLY RECOMMENDED เมื่อไม่มีการประมวลผลภาพที่มีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ถ้าไม่มีจุดควบคุมภาคพื้นดินมีการใช้ค่าสุดท้ายที่ไม่มีThe final results have no scale, orientation, and absolute position information ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาใช้สำหรับการตรวจวัดซ้อนทับและเมื่อเปรียบเทียบกับผลการก่อนหน้านี้หรืออาจสร้างแบบจำลอง 3 มิติคว่ำใน rayCloudรูปแบบ 3มิติสุดท้ายอาจมีการเปลี่ยนแปลงบางอย่าง(ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้Manual Tie Points

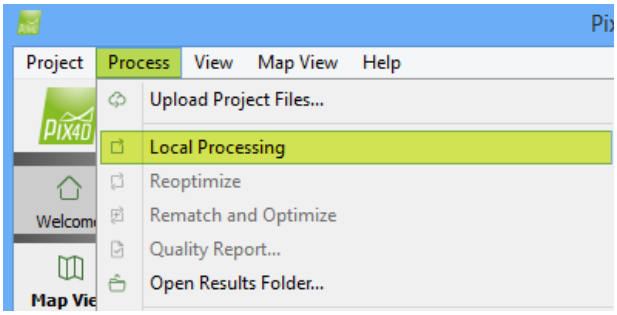
สำหรับขั้นตอนตามคำแนะนำขั้นตอนเกี่ยวกับวิธีการที่จะรวมGCPs Projects

การ จัดทำและรายงานคุณภาพที่ได้รับการใช้งานในการประเมินคุณภาพของชุดข้อมูลthe project พร้อมที่จะถูกประมวลผลก่อนที่จะเริ่มการประมวลProjectsพารามิเตอร์การประมวลผลสามารถเปลี่ยนแปลงได้ (optional) และ GCPs สามารถเพิ่ม (ถ้ามี) เมื่อการประมวลผลProjectsก็จะแนะนำให้ไปผ่านขั้นตอนต่อไปนี้:InitialProcessing

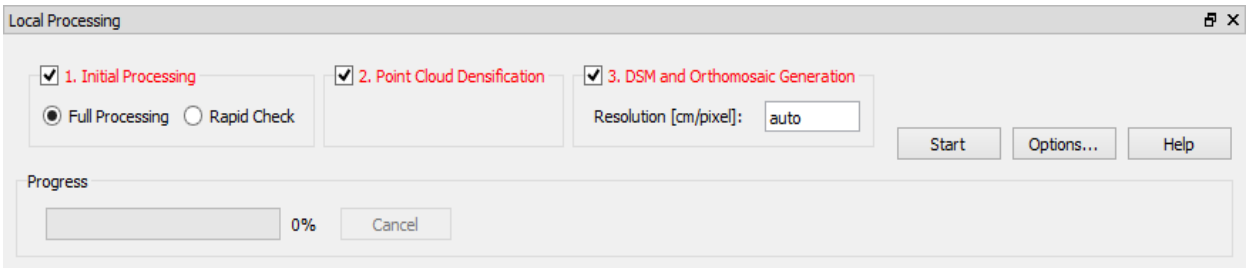
1. AnalyzingtheFullProcessingQualityReport
2. PointCloudDensification
3. DSMandOrthomosaicGeneration

การเริ่มต้นการทำงาน:

1. ข้างบนซ้ายสุดของ menu คลิกProcess>LocalProcessing.



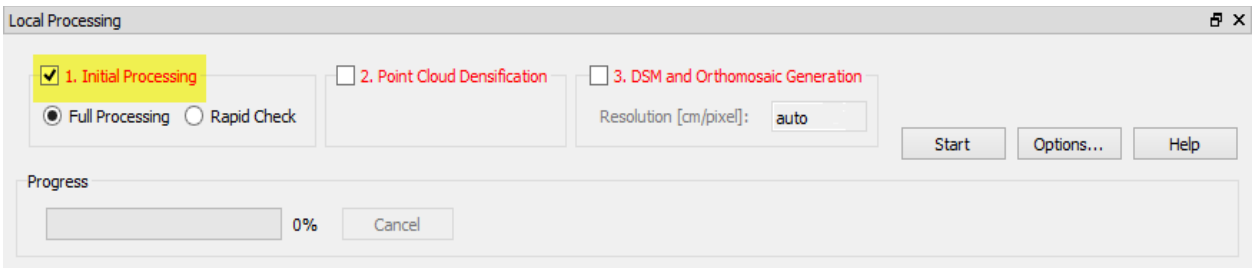
2. The Local Processing menu open son the bottom of the screen.



3. เลือก 1.InitialProcessingisenabled,FullProcessing

2.Point cloud densification

3.DSM andOrthomosaic Generation



4. คลิกStart.

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

เมื่อขั้นตอนที่ 1 การประมวลผลครั้งแรกเป็นที่เรียบร้อยแล้วรายงานคุณภาพจะปรากฏขึ้นโดยอัตโนมัติก็จะแนะนำให้ตรวจสอบข้อมูลต่อไปนี้:

1. สรุปตรวจสอบว่า:

(ถ้ามี) ถ้าใช้ภาคพื้นที่ภาคพื้นระบบประสานงานที่ถูกต้อง

(ถ้ามี) หากมีการใช้ภาพที่มีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ระบบภาพประสานงานที่ถูกต้อง

Summary

Project	mining_quarry
Processed	2015-Jan-28 16:45:59
Camera Model Name	CanonIXUS220HS_4.3_4000x3000 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	8.67 cm / 3.41 in
Area Covered	0.5811 km^2 / 58.1136 ha / 0.2245 sq. mi. / 143.676 acres
Image Coordinate System	WGS84
Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS84
Output Coordinate System	WGS84 / UTM zone 32N
Processing Type	full Aerial nadir
Feature Extraction Image Scale	1
Camera Model Parameter Optimization	optimize externals and all internals
Time for Initial Processing (without report)	17m:49s

2.Quality ตรวจสอบว่า:

การตรวจสอบทั้งหมดเป็นสีเขียว

หรือเกือบทุกภาพที่มีการปรับเทียบใน

บล็อก

ความแตกต่างที่ความสัมพันธ์ระหว่างการเริ่มต้นและปรับพารามิเตอร์กล้องต่ำกว่า 5%

(ถ้ามี) ถ้าใช้ภาคพื้นว่าข้อผิดพลาด GCP ต่ำกว่า 3 × GSD.

Quality Check

Images	median of 33856 keypoints per image	✓
Dataset	127 out of 127 images calibrated (100%), all images enabled	✓
Camera Optimization	0.44% relative difference between initial and final focal length	✓
Matching	median of 12371.3 matches per calibrated image	✓
Georeferencing	7 GCPs (7 3D), mean error = 0.018 m	✓

3. ตัวอย่าง

สำหรับโครงการที่มีภาพที่มีจุดต่ำสุดตรวจสอบว่าตัวอย่าง orthomosaic: ไม่ได้มีหลุมไม่มีการบิดเบือน(ถ้ามี)

ถ้าภาคพื้นตำแหน่งทางภูมิศาสตร์หรือมีการใช้ทิศทางที่ถูกต้อง

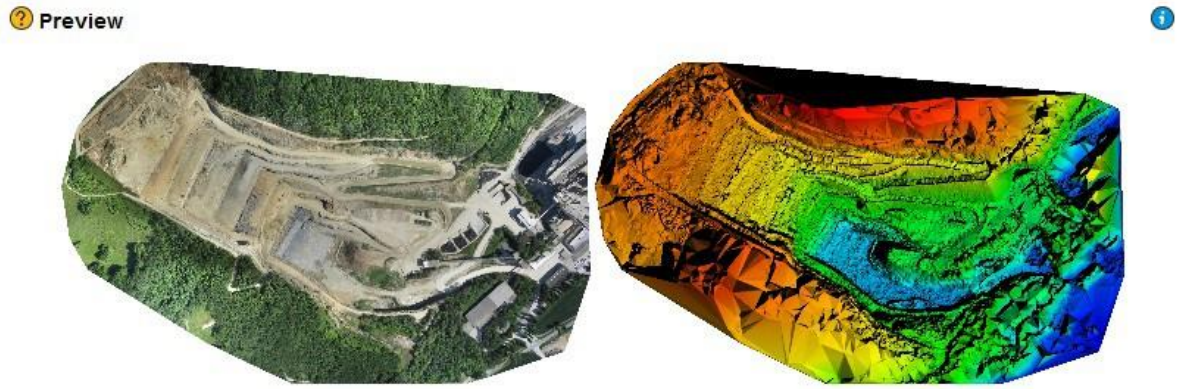
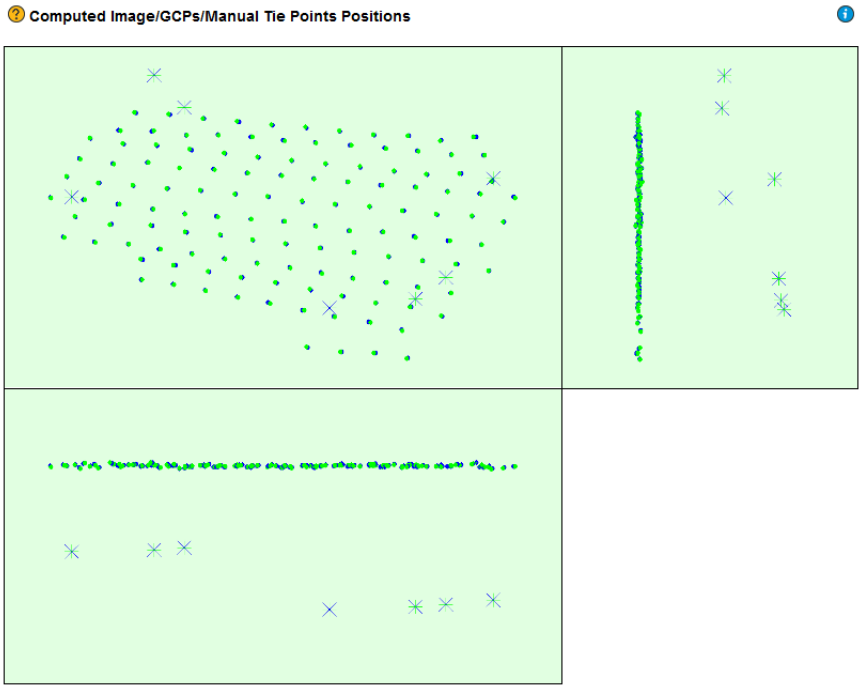


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

4. Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions Verify that :
(ถ้ามี) หากมีการใช้ภาพที่มีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของภาพเป็นสิ่งที่ดี (ถ้ามี) ถ้าใช้ภาคพื้นถ้าข้อผิดพลาดแสดงว่าภาคพื้นอยู่ในระดับต่ำ



5.3D Points from 2D Keypoints Matches Verify that:Matches ได้รับการคำนวณระหว่างภาพกราฟประกอบด้วยหนึ่งบล็อก
6. รายละเอียดที่ตั้งทางภูมิศาสตร์

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

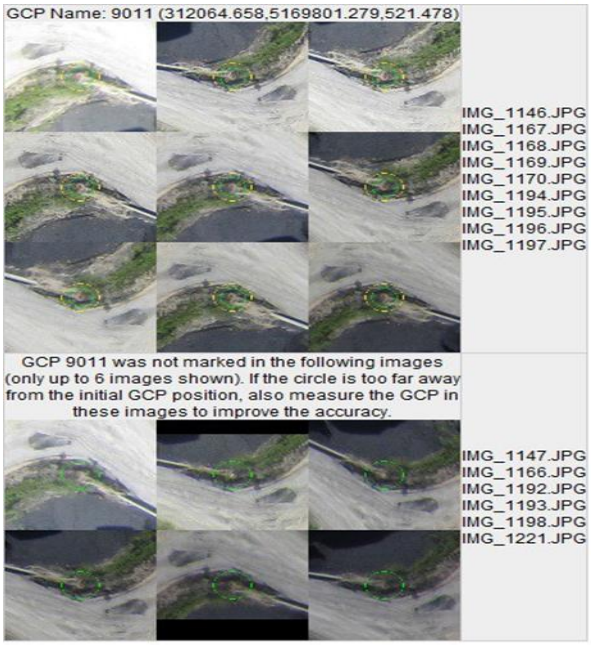
ตัวเลือก (option) ถ้าใช้ GCPs ตรวจสอบ :GCPs ทั้งหมดจะถูกนำเข้าบัญชี (ไม่แสดงด้วยสีแดงบนที่ตั้งทางภูมิสาสตร์และตารางจุดควบคุมภาคพื้นดิน) การวัด GCPs ได้รับการตรวจสอบแล้ว วงกลมสีเขียวจะเป็นตัวแทนของการ reproject จุด GCP 3D ซึ่งตั้งอยู่ในวงกลมสี่เหลือง ซึ่งเป็นเครื่องหมายของGCP

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
9011 (3D)	0.020/ 0.020	0.022	-0.005	-0.057	0.894	9 / 9
9001 (3D)	0.020/ 0.020	0.001	-0.014	0.014	0.644	7 / 7
9002 (3D)	0.020/ 0.020	0.010	0.001	-0.012	0.455	4 / 4
9004 (3D)	0.020/ 0.020	-0.008	0.001	0.005	1.064	9 / 9
9017 (3D)	0.020/ 0.020	0.004	0.005	0.014	0.885	10 / 10
9012 (3D)	0.020/ 0.020	0.002	0.007	0.004	1.013	14 / 14
9016 (3D)	0.020/ 0.020	-0.018	0.018	0.068	0.912	10 / 10
Mean		0.001829	0.001607	0.005146		
Sigma		0.011769	0.009310	0.034216		
RMS Error		0.011910	0.009448	0.034601		

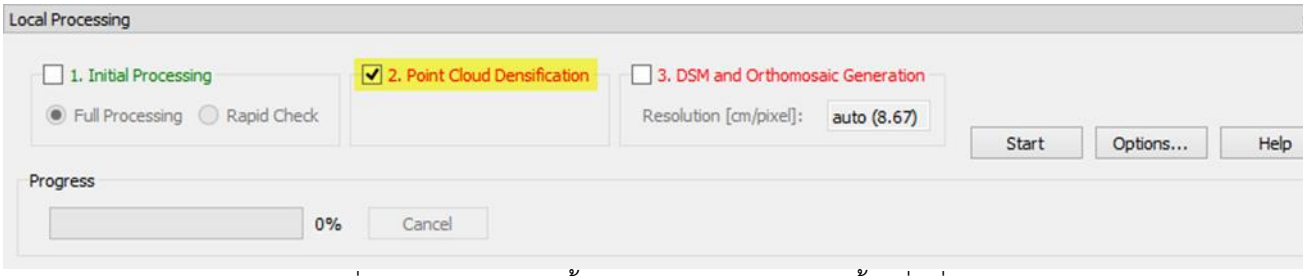
Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.



ขั้นตอนการ ประมวลผลความหนาแน่นpoint cloud

1.คลิก แถบ *Local processing* >LocalProcessing

2.ตรวจสอบให้แน่ใจว่า *PointCloud Densification*ถูกเลือก และ ไม่เลือก *1.Initial Processing*และ *3.DSM andOrthomosaicGeneration*



Note: โดยปกติ point cloud ที่หนาแน่น ถูกสร้างขึ้นในรูปแบบของ las เท่านั้นเพื่อที่จะสร้างผลมากขึ้น(ชั้นของ point cloud มี 3 ชั้น :1. Terrain 2. Objects 3. พื้นผิวโครงข่าย 3D) หรือ ความหนาแน่นของPoint Cloud ในรูปแบบอื่นๆ(.laz,.ply,.xyz)ในการเปลี่ยนตัวเลือกการประมวลผลสำหรับ PointCloud

3.คลิก start

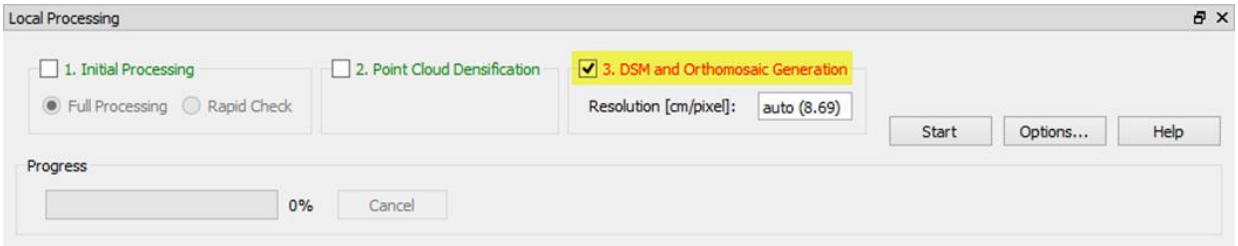
สำหรับข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลที่เกิดจากการจุด *.PointCloudDensification 2*จุด

ขั้นตอนการประมวลผล*DSM*และ *OrthomosaicGeneration*

1.เปิดแถบ *Localprocessing*คลิกProcess>LocalProcessing

2.ตรวจสอบให้แน่ใจว่า *3.DSM andOrthomosaicGeneration* ถูกเลือก และ ไม่เลือก *1.InitialProcessing*,และ *2.PointCloudDensification*

3.ทางเลือก: ในส่วนของ *3.DSM andOrthomosaicGeneration* ภายใต้ ตัวเลือกความละเอียดเปลี่ยน DSM และความละเอียด orthomosaicถ้าจำเป็น โดย อัตโนมัติ หมายถึง GSD ของภาพที่เริ่มต้น (คำนวณในระหว่างการประมวลผลครั้งแรก) จะถูกใช้



Note: theRasterDSM (25D nocolor)ถูกสร้างขึ้นในรูปแบบ ของ Tif เท่านั้น และ atransparentOrthomosaic ในtif ถูกสร้างขึ้น เพื่อที่จะสร้างผลมากขึ้น (GridDSM(2.5D),GoogleMapsTilesและ KML,Mapbox Tiles,Reflectance Map) หรือ ไม่ใช่ transparentOrthomosaic ในรูปแบบ tif เปลี่ยนตัวเลือกการประมวลผลสำหรับ

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

DSM andOrthomosaic

โดยค่าเริ่มต้นเส้นชั้นความสูงที่ไม่ได้สร้างขึ้นเพื่อที่จะสร้างเส้นชั้นความสูง เลือกรูปแบบไฟล์ที่ต้องการโดยตัวเลือกในการประมวลผลเพิ่มเติม

4.คลิก start

เมื่อ Projectได้รับการประมวลผลก็เป็นไปได้ที่จะใช้ผล

ใช้ rayCloud

ใช้ตัวแก้ไข Mosaic

การใช้เครื่องคิดเลขดัชนี

อัพโหลด ไฟล์ Project

ใช้ไฟล์ที่ส่งออกกับซอฟต์แวร์อื่น ๆ

ใช้ rayCloud

ใช้ rayCloud เป็นตัวเลือกและสามารถนำมาใช้เพื่อ :

เห็นภาพองค์ประกอบที่แตกต่างของการฟื้นฟู (ตำแหน่งกล้อง, Reprojections(rays),GCPs,)

คู่มือ /tie pointอัตโนมัติ

พื้นที่การประมวลผลกล่องตัดความหนาแน่น point cloud ภูมิประเทศ / วัตถุ / ชั้นอื่น ๆ ของ

จุดโครงข่าย3D,วัตถุ, วิดีโอแสดงเส้นโคจร และคุณสมบัติต่างๆ เห็น point cloud /2.5

สามเหลี่ยมตาข่ายใช้ point cloud สร้างในโครงการอื่น ๆ หรือกับซอฟต์แวร์อื่น ๆ

ตรวจสอบ / ปรับปรุงความถูกต้องของการฟื้นฟู

กำหนดจุด ของ point cloud ในชั้นที่ต่างกัน

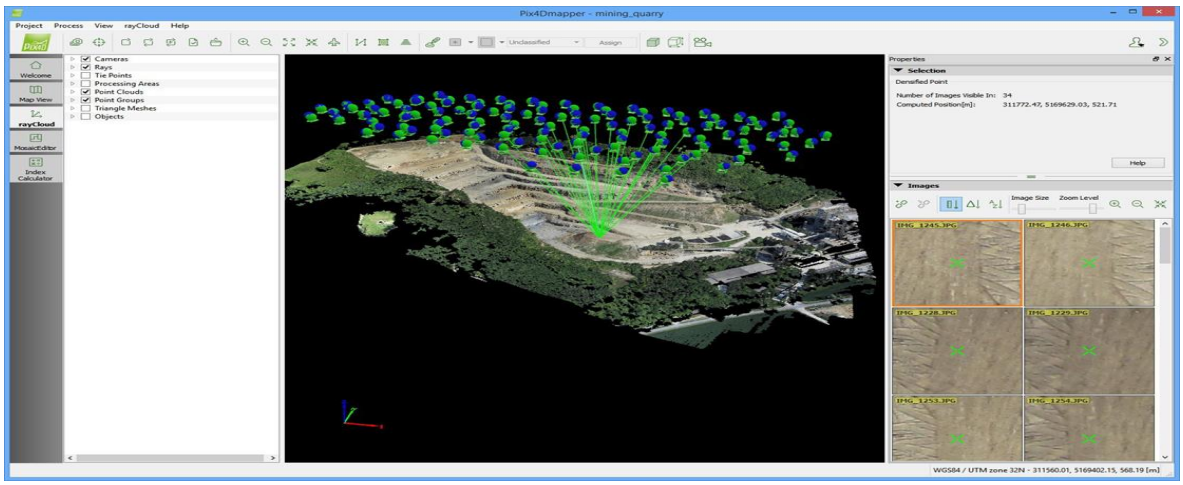
การปรับปรุงด้านการมองเห็น

สร้างวัตถุและระยะทางวัด(polylines), ผิวหน้า,ปริมาตร(Stockpiles)

สร้างภาพเคลื่อนไหว 3 มิติ(วิดีโอแสดงวงโคจร)

ส่งออกองค์ประกอบที่แตกต่าง(คู่มือ GCP, Tie Points อันโนมัติ, สร้างไฟล์ point cloud เพื่อใช้ความความสัมพันธ์ของจุดหนึ่งหรือหลายๆชั้น)

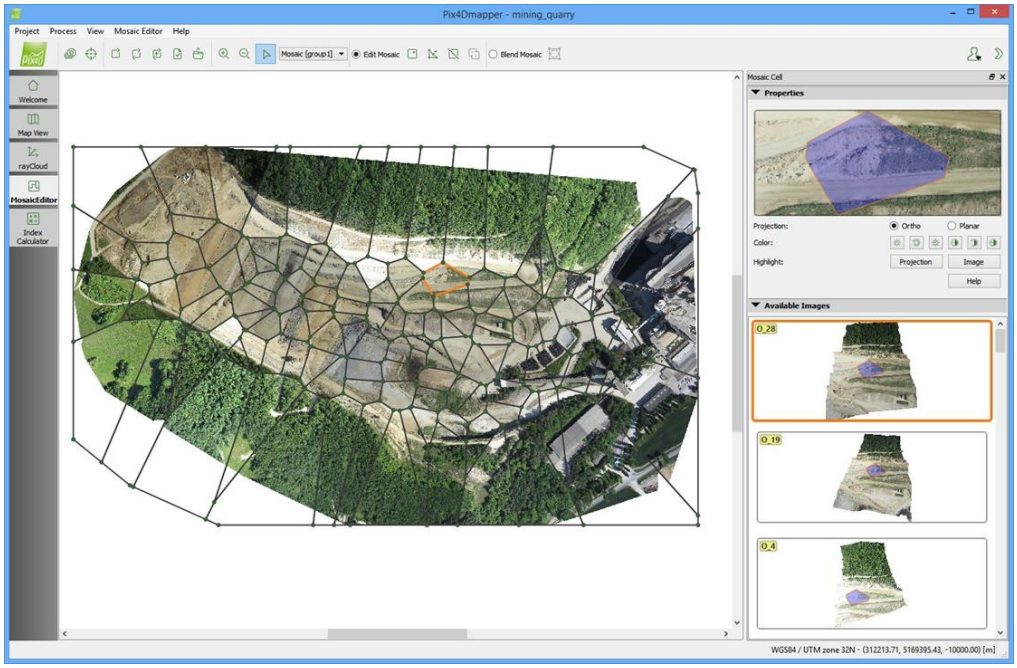
ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561



ใช้ตัวแก้MOSAIC

การใช้งานตัวแก้ไขMMSAIC เป็นตัวเลือกและสามารถนำมาใช้เพื่อ :

ใช้ในการเห็นภาพ DSM (raster GeoTIFF Digital Surface Model)ปรับปรุงด้านภาพของ MOSAIC



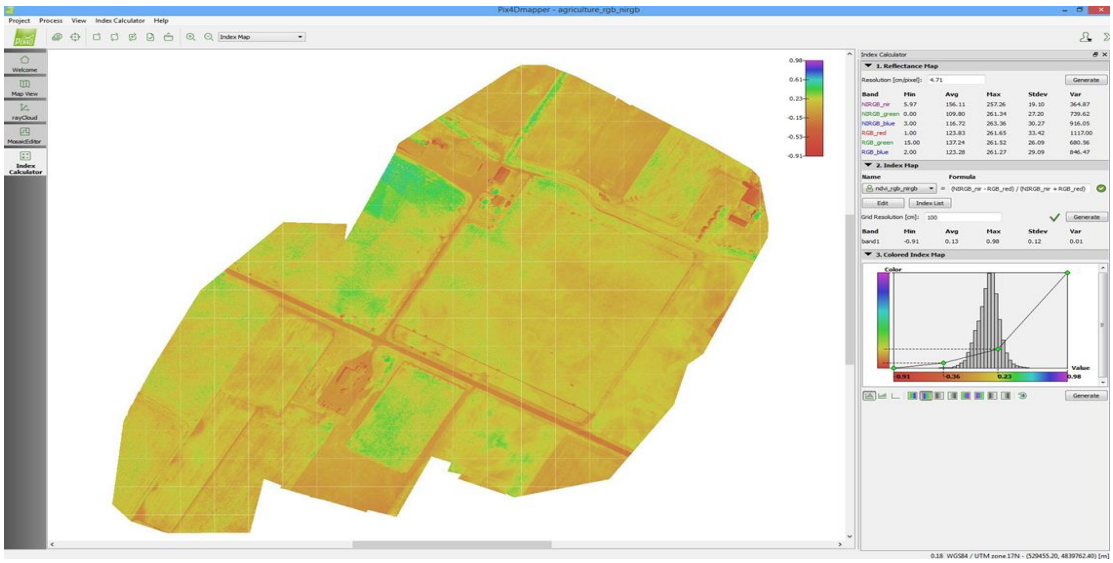
การใช้เครื่องคิดเลขดัชนี

การใช้เครื่องคิดเลขดัชนีเป็นตัวเลือกและสามารถนำมาใช้เพื่อ :

สร้างดัชนีแผนที่ / ดัชนีกริดที่สีของแต่ละพิกเซลจะคำนวณโดยใช้สูตรที่รวมBand ที่แตกต่างกัน

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ของแผนที่สะท้อน เห็นภาพดัชนีแผนที่เป็นแผนที่ดัชนีสีโดยใช้การทำแผนที่สี ให้ข้อมูลเกี่ยวกับ Band ของแผนที่สะท้อนและดัชนีแผนที่

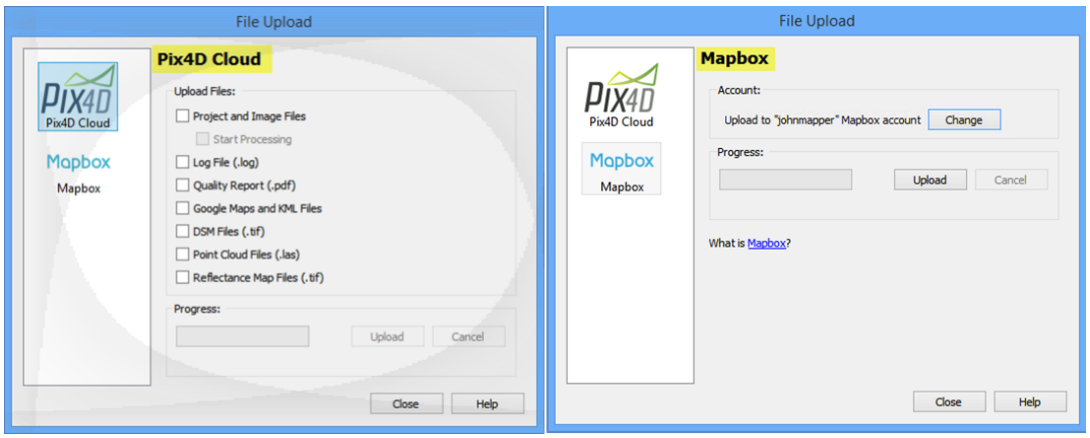


อัพโหลดไฟล์Project

อัพโหลดไฟล์โครงการเป็นตัวเลือกและสามารถนำมาใช้เพื่อ :

อัพโหลดไฟล์ Pix4D cloud เพื่อ เก็บไฟล์ Pix4D ในบัญชีออนไลน์

ประมวลผลโครงการรูปแบบออนไลน์ ให้ข้อมูล Project และสนับสนุนทีม อัพโหลดไฟล์ไป Mapbox



อัพโหลดไฟล์ Pix4DCloud อัพโหลดไฟล์ Pix4DCloud

ใช้ไฟล์ที่ส่งออกเป็นซอฟต์แวร์อื่น ๆ

ผล Pix4D mapper เข้ากันได้กับซอฟต์แวร์จำนวนมาก (GIS, CAD, ฯลฯ) และสามารถนำมาใช้สำหรับการใช้งานที่แตกต่างกัน

ได้รับทุนสนับสนุนทำวิจัยจากงบประมาณรายได้ (เงินอุดหนุนจากรัฐบาล) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561