

การพัฒนาเครื่องมือบน Quantum GIS สำหรับการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินของ UAV



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A DEVELOPMENT OF QUANTUM GIS TOOL FOR LINKING VIDEO DATA WITH
TRAJECTORY OF UAV

Miss Suchawadee Sillaparat



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Survey Engineering

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาเครื่องมือบน Quantum GIS สำหรับการ
เชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินของ UAV

โดย

นางสาวสุชาวดี ศิลปรัตน์

สาขาวิชา

วิศวกรรมสำรวจ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ์ ชื่อนิติไพศาล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ วิชัย เยี่ยงวีรชน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ์ ชื่อนิติไพศาล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พันเอก ดร.กนก วีรวงศ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.วาสนีย์ วรรณศิริ)

สุชาวดี ศิลปรัตน์ : การพัฒนาเครื่องมือบน Quantum GIS สำหรับการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินของ UAV (A DEVELOPMENT OF QUANTUM GIS TOOL FOR LINKING VIDEO DATA WITH TRAJECTORY OF UAV) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.สรรเพชญ์ ชื่อนิติไพศาล, 109 หน้า.

ระบบบันทึกภาพวิดีโอเวิร่ร่วมกับยานพาหนะมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เช่น กล้องติดอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก กล้องติดรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งกล้องวิดีโอส่วนใหญ่มีการติดตั้ง GPS ร่วมอยู่ด้วย ทำให้ข้อมูลวิดีโอถูกเชื่อมโยงเข้ากับข้อมูล GPS หากสามารถกำหนดตำแหน่งให้กับวิดีโอจะสามารถนำมาซึ่งข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ นับว่าเป็นประโยชน์มากในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และการปรับปรุงข้อมูล GIS ให้เป็นปัจจุบัน งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องมือสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สำหรับเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data ซึ่งปรับแต่งและพัฒนาจากปลั๊กอินที่มีอยู่เดิมคือ Video UAV Tracker ที่เป็นปลั๊กอินซึ่งใช้การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของวิดีโอกับค่าเวลาจาก Logging data ในกระบวนการเชื่อมโยงเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพ แต่หาก Logging data ไม่ได้บันทึกข้อมูลค่าเวลาก็จะไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินได้โดยตรง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสร้างสมมติฐานให้ทุก Logging data สามารถเชื่อมโยงเข้ากับวิดีโอได้ โดยใช้ค่าออฟเซตเวลาสำหรับการเชื่อมโยงเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งเส้นทางการบันทึกภาพซึ่งสามารถคำนวณได้จากค่าเวลา (Timestamp) การประมาณค่าจากค่าระยะทาง (Distance Interpolation) และการประมาณค่าจากค่าเวลา (Time interpolation) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการเชื่อมโยงข้อมูลตำแหน่งกับเฟรมภาพวิดีโอด้วยการประมาณค่าระยะทางมีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากมีข้อจำกัดของยานพาหนะที่ไม่ได้เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง ในส่วนของการประมาณค่าจากค่าเวลาซึ่งคำนวณได้จากเวลาทั้งหมดของการบันทึกข้อมูลและจำนวนข้อมูลของ Logging data โดยมีสมมติฐานว่า Logging data จะบันทึกข้อมูลในช่วงเวลาที่เท่ากันเสมอ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าจากเวลาเพื่อจากคำนวณค่าออฟเซตเวลามีความถูกต้อง โดยเฟรมภาพวิดีโอและตำแหน่งเส้นทางการบันทึกภาพมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกันเช่นเดียวกับการใช้ค่าเวลา นอกจากโปรแกรมจะสามารถแสดงผลการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินแล้วนั้นยังสามารถสร้างหรือปรับปรุงชั้นข้อมูลโดยการกำหนดตำแหน่งที่สนใจพร้อมกับดึงเฟรมภาพวิดีโอในตำแหน่งนั้นๆ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการกำหนดตำแหน่งสามารถนำมาจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูล GIS เพื่อสามารถนำข้อมูลมาใช้อ้างอิงหรือตรวจสอบพื้นที่ในรูปแบบของ GIS ได้ในภายหลัง

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ

ลายมือชื่อนิติ
.....

สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก
.....

ปีการศึกษา 2558

5670431221 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEYWORDS: VIDEO / UAV / GIS / TRACKING

SUCHAWADEE SILLAPARAT: A DEVELOPMENT OF QUANTUM GIS TOOL FOR LINKING VIDEO DATA WITH TRAJECTORY OF UAV. ADVISOR: ASST. PROF. SANPHET CHUNITHIPAIAN, Ph.D., 109 pp.

In recent years, vehicle camcorder video system is widely used to capture events for various purpose e.g. drone camera and car camera. Most of them are integrated with GPS data and enabled the linkage between video and GPS. If video can be captured with its location and can be visualized with its tracking on GIS, this will be very useful for spatial analysis and updating GIS data. The objective of this research is to apply Quantum GIS to display the linkage of video and its position in GIS using logging data. This development adapted and extended the plugin “Video UAV Tracker”, which uses timestamp in linkage process. However, sometimes logging data does not record timestamp data. Therefore, it is not able to link video with tracking data straightforwardly. This research is based on the assumption that every logging data can be used to link with video. Time offset is used to link the video frame and location. It can be calculated from timestamp, distance interpolation or time interpolation. Distance interpolation have some limitation due to the vehicle does not move continuously. Time interpolation can be derived from total time of recording data and number of logging data on the assumption of logging data is captured in the same time interval. Time interpolation for calculating time offset give a good result as same as using timestamp. A tool to capture the location and image from video along the path is also developed and tested. The output of captured location and image is able to be exported into various GIS format including CSV, Shape file, SQLite and KML.

Department: Survey Engineering

Student's Signature

Field of Study: Survey Engineering

Advisor's Signature

Academic Year: 2015

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือและสนับสนุนจากบุคคลหลายท่าน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สรรเพชญ์ ชื่อนิติไพศาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้ แนวความคิด คำปรึกษา คำแนะนำ แนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ตลอดจนการให้กำลังใจเป็นอย่างดี จนข้าพเจ้าทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย รศ.วิชัย เยี่ยงวีรชน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.พ.อ. ดร.กนก วีรวงศ์ และ อ.ดร.วาสนีย์ วรรณศิริ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลาเพื่อให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นในแง่มุมต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมถึงคณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคณาจารย์ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ทุกท่านที่ได้มอบความรู้อันทรงคุณค่าและคำแนะนำแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่สาว และญาติมิตร ที่คอยให้ความรัก ความอบอุ่น กำลังใจ และสนับสนุนค่าใช้จ่ายเพื่อการศึกษาต่างๆ เสมอมา

ขอขอบพระคุณ เพื่อน พี่ น้อง ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจทุกคนที่คอยให้คำแนะนำในการเรียนและการวิจัย คอยช่วยเหลือเมื่อมีปัญหาและให้กำลังใจกันตลอดมาจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านจากใจจริง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา	3
1.3.2 เครื่องมือและภาษาที่นำมาใช้ในการพัฒนาเครื่องมือเสริมในรูปแบบปลั๊กอิน	4
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ข้อมูลทั่วไปของ UAV.....	6
2.1.1 ลักษณะของ UAV.....	6
2.1.2 การบันทึกข้อมูลของอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก	8
2.2 GPS Tracking System.....	16
2.2.1 Online Tracking GPS System.....	16
2.1.2 Offline Tracking GPS System.....	16
2.3 การหาค่าพิกัดระนาบในตำแหน่งใหม่.....	17
2.3.1 ระบบการอ้างอิงเชิงเส้น (Linear Referencing System: LRS)	17

2.3.2 การคำนวณค่าพิกัดระนาบ.....	18
2.4 ระบบพิกัด (Coordinate system).....	19
2.4.1 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System)	19
2.4.2 ระบบพิกัดฉาก UTM (Universal Transverse Mercator)	20
2.4.3 การแปลงระบบพิกัดภูมิศาสตร์เป็นพิกัดฉาก UTM.....	21
2.5 ภาษาไพธอน	22
2.5.1 QGIS Core Library	22
2.5.2 Phonon module	22
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านการพัฒนาโปรแกรมสำหรับเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับ เส้นทางการเคลื่อนที่	23
2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการเคลื่อนที่บน โปรแกรม Quantum GIS.....	26
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานการออกแบบและพัฒนาปลั๊กอิน	28
3.1 ศึกษา ปรับแต่ง และพัฒนาปลั๊กอินในการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินจาก UAV ที่มีอยู่เดิม	29
3.2 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือปลั๊กอิน	31
3.3 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data.....	32
3.3.1 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับค่าออฟเซตระยะทาง	34
3.3.2 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับค่าออฟเซตเวลา.....	35
3.3.3 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้น (Linear Interpolation)	38
3.4 การสร้างและปรับปรุงข้อมูลจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบิน จาก Logging data	42
3.4.1 เครื่องมือสร้างหรือปรับปรุงชั้นข้อมูล.....	42

3.4.2 การกำหนดตำแหน่งข้อมูลที่สนใจและบันทึกเฟรมภาพวิดีโอ	46
3.4.3 การแปลงระบบพิกัดสำหรับแสดงผลข้อมูลและบันทึกข้อมูล.....	48
3.4.4 การจัดเก็บข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของระบบฐานข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์.....	49
บทที่ 4 การทดสอบเครื่องมือปลั๊กอิน.....	50
4.1 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบการทำงานของปลั๊กอิน	50
4.1.1 ข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน	50
4.1.2 ข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยึด	52
4.1.3 การเตรียมข้อมูล Logging data.....	55
4.2 การทดสอบการทำงานในส่วนการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบันทึกภาพจากการ สร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูล Logging data.....	57
4.2.1 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูล Logging data จากข้อมูล อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน.....	57
4.2.2 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูล Logging data จากข้อมูล อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยึด.....	70
4.3 การประเมินความถูกต้องของตำแหน่งบันทึกภาพกับเฟรมภาพวิดีโอ	77
4.4 การทดสอบการทำงานในส่วนการเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลจากความสัมพันธ์ของภาพวิดีโอ และตำแหน่งการบันทึกภาพของเส้นทางการบิน	80
4.4.1 การทดสอบในส่วนการสร้างหรือปรับปรุงชั้นข้อมูล.....	80
4.4.2 การทดสอบในส่วนการกำหนดตำแหน่งที่สนใจ.....	81
4.5 การทดสอบการทำงานในส่วนการแปลงระบบพิกัดสำหรับการแสดงผลข้อมูลและบันทึก ข้อมูล	82
4.6 การทดสอบการทำงานในส่วนการจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการเพิ่มหรือปรับปรุงชั้นข้อมูลให้อยู่ ในรูปแบบของระบบฐานข้อมูล GIS	83
4.7 การทดสอบการทำงานในส่วนการจัดเก็บรูปภาพจากการกำหนดตำแหน่ง	84

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	86
5.1 สรุปผลการวิจัย	86
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย	88
5.3 ข้อเสนอแนะ	88
รายการอ้างอิง	89
ภาคผนวก.....	92
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	109



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3. 1 เปรียบเทียบการทำงานปลั๊กอินที่มีอยู่เดิมกับปลั๊กอินที่ปรับแต่งขึ้น.....	30
ตารางที่ 3. 2 โครงสร้างตารางบันทึกข้อมูล.....	43
ตารางที่ 4.1 โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูล.....	55
ตารางที่ 4. 1 โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูล.....	55
ตารางที่ 4. 2 การคำนวณค่าออฟเซตระยะทางของ Logging data จากอากาศยานไร้คนขับ ขนาดเล็กแบบปีกหมุน.....	58
ตารางที่ 4. 3 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นของตำแหน่งเส้นทางการบินในค่าออฟเซตเวลา วินาทีที่ 29.....	62
ตารางที่ 4. 4 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นของตำแหน่งเส้นทางการบินในค่าออฟเซตเวลา วินาทีที่ 63, 65 และ 86.....	64
ตารางที่ 4. 5 การคำนวณค่าออฟเซตเวลาของ Logging data จาก UAV แบบปีกหมุน.....	65
ตารางที่ 4. 6 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นของตำแหน่งเส้นทางการบินในค่าออฟเซตเวลา วินาทีที่ 29.....	67
ตารางที่ 4. 7 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นของตำแหน่งเส้นทางการบินในค่าออฟเซตเวลา วินาทีที่ 62, 65 และ 86.....	69
ตารางที่ 4. 8 การคำนวณค่าออฟเซตระยะทางของ Logging data จากอากาศยานไร้คนขับ ขนาดเล็กแบบปีกยัด.....	70
ตารางที่ 4. 9 การคำนวณค่าออฟเซตเวลาของ Logging data จากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก แบบปีกยัด.....	72
ตารางที่ 4. 10 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นของตำแหน่งเส้นทางการบินในค่าออฟเซต เวลาวินาทีที่ 189 และ 190.....	74
ตารางที่ 4. 11 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นของตำแหน่งเส้นทางการบินในค่าออฟเซต เวลาวินาทีที่ 44, 45 และ 60, 61.....	76

ตารางที่ 4. 12 ประเมินความถูกต้องของตำแหน่งการบันทึกภาพกับเฟรมภาพวิดีโอ.....	78
ตารางที่ 4. 13 เปรียบเทียบการแปลงค่าพิกัดจากระบบพิกัดภูมิศาสตร์เป็นระบบพิกัดฉาก UTM จากปลั๊กอินของงานวิจัยนี้เทียบกับโปรแกรมสำเร็จรูป	83



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2. 1 อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยี่ด	7
รูปที่ 2. 2 อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน	7
รูปที่ 2. 3 ตัวอย่างของ Gpx File ที่จัดเก็บข้อมูล Track.....	9
รูปที่ 2. 4 Gpx File ที่จัดเก็บข้อมูล Route	10
รูปที่ 2. 5 Gpx File ที่จัดเก็บข้อมูล Waypoint.....	10
รูปที่ 2. 6 KML File จากระบบควบคุมการบิน APM และ Pixhawk.....	11
รูปที่ 2. 7 KML File จากระบบกล้องติดรถยนต์.....	12
รูปที่ 2. 8 SRT File จากระบบควบคุมการบินของ DJI.....	12
รูปที่ 2. 9 Text File ที่ได้จากระบบควบคุมการบินจาก DJI.....	13
รูปที่ 2. 10 Log File จากระบบบันทึกภาพที่พัฒนาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	13
รูปที่ 2. 11 Log File จากระบบนำร่องของ Micropilot	14
รูปที่ 2. 12 Log File จากระบบนำร่องของ Garmin.....	14
รูปที่ 2. 13 Log File จากระบบบันทึกภาพของ University of Vigo	15
รูปที่ 2. 14 Log File จากระบบบันทึกภาพของ University of Minnesota.....	15
รูปที่ 2. 15 หลักการทำงานของ GPS Tracking แบบ Online.....	16
รูปที่ 2. 16 หลักการทำงานของ GPS Tracking แบบ Offline.....	17
รูปที่ 2. 17 วิธีการอ้างอิงเชิงเส้น	18
รูปที่ 2. 18 การคำนวณค่าพิกัดระนาบ.....	18
รูปที่ 2. 19 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์	20
รูปที่ 2. 20 ระบบพิกัดฉาก UTM.....	21
รูปที่ 2. 21 การทำงานของข้อมูลวิดีโอและข้อมูล GIS.....	24

รูปที่ 2. 22 หน้าจอแสดงผลการทำงานของ UAVSAT	24
รูปที่ 2. 23 หน้าจอแสดงผลการเรียกดูข้อมูลวิดีโอ	25
รูปที่ 2. 24 ลักษณะการทำงานของเครื่องมือเพื่อค้นคืนข้อมูลจากฐานข้อมูล PostgreSQL.....	26
รูปที่ 2. 25 หน้าจอแสดงผลการทำงานของ QgisMapping Plugin	26
รูปที่ 2. 26 หน้าจอแสดงผลการทำงานของ Video UAV Tracker Plugin	27
รูปที่ 3.1 ค่าเวลาจาก Logging data.....	28
รูปที่ 3. 2 ค่าช่วงเวลาจาก Logging data.....	29
รูปที่ 3. 3 ค่าออฟเซตเวลา	29
รูปที่ 3. 4 ค่าระยะทาง	29
รูปที่ 3. 5 ค่าออฟเซตระยะทาง.....	29
รูปที่ 3. 6 โครงสร้างการทำงานของเครื่องมือปลั๊กอิน.....	32
รูปที่ 3. 7 แนวคิดการหาความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินจาก UAV... 33	
รูปที่ 3. 8 ระยะห่างระหว่างจุดที่บันทึกจาก Logging data เทียบกับเวลาของวิดีโอ	34
รูปที่ 3. 9 ค่าออฟเซตระยะทางเทียบกับเวลาของวิดีโอ	35
รูปที่ 3. 10 ค่าออฟเซตเวลาที่คำนวณจากค่าเวลาเทียบกับเวลาของวิดีโอ	37
รูปที่ 3. 11 การบันทึกข้อมูลจุดของ Logging data เทียบกับเวลาของวิดีโอ	38
รูปที่ 3. 12 ค่าออฟเซตเวลาที่คำนวณจากค่าช่วงเวลาเทียบกับเวลาของวิดีโอ.....	38
รูปที่ 3. 13 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นให้ตำแหน่งใหม่มีระยะห่างของค่าออฟเซต ระยะทางเท่ากับอัตราเร็วเฉลี่ย	39
รูปที่ 3. 14 การคำนวณค่าพิกัดใหม่จากการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นโดยใช้ค่าออฟเซต ระยะทาง.....	40
รูปที่ 3. 15 การหาค่าพิกัดในตำแหน่งใหม่ (ก) การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นให้ตำแหน่ง ใหม่มีระยะห่างของช่วงเวลาเท่ากับ 1 วินาที (ข) การคำนวณค่าพิกัดใหม่จากการประมาณค่า ในช่วงแบบเชิงเส้นโดยใช้ค่าออฟเซตเวลา.....	41
รูปที่ 3. 16 แนวคิดการสร้างชั้นข้อมูลและกำหนดตารางบันทึก	44

รูปที่ 3. 17 สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยผู้ใช้งานกำหนดเอง เมื่อ (ก) แบบฟอร์มหน้าต่างของ Table Manager Plugin (ข) แนวคิดการสร้างชั้นข้อมูลด้วยการกำหนดตารางบันทึกข้อมูลผ่านหน้าต่าง...	45
รูปที่ 3. 18 แนวคิดการเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลจากชั้นข้อมูลที่มีอยู่เดิม.....	46
รูปที่ 3. 19 การทำงานของโปรแกรมในส่วนของการกำหนดตำแหน่งข้อมูลที่น่าสนใจ	47
รูปที่ 3. 20 การจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการเพิ่มหรือปรับปรุงชั้นข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของระบบฐานข้อมูล GIS.....	49
รูปที่ 4.1 แผนที่พื้นที่ข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน (ก) บริเวณพื้นที่ศึกษา ตำบลคลองสี่ อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี (ข) ตำแหน่งการบันทึกภาพจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กบริเวณสนามบินเล็กรังสิตคลองสี่ มาตรฐาน 1:3,500	51
รูปที่ 4. 2 อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน รุ่น dji plantom 3.....	52
รูปที่ 4. 3 ข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน (ก) โพลเดอร์ที่เก็บไฟล์ข้อมูลวิดีโอเกี่ยวกับเส้นทางการบิน (ข) ข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data	52
รูปที่ 4. 4 แผนที่พื้นที่ข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด (ก) บริเวณพื้นที่ศึกษา อำเภอบางใหญ่และอำเภอมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี (ข) ตำแหน่งการบันทึกภาพจาก UAV บริเวณสนามกีฬาจังหวัดนนทบุรี มาตรฐาน 1:3,500	53
รูปที่ 4. 5 อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด	54
รูปที่ 4. 6 กล้องดีวีดีรยนต์ รุ่น HD DVR R300	54
รูปที่ 4. 7 ข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด (ก) โพลเดอร์ที่เก็บไฟล์ข้อมูลวิดีโอเกี่ยวกับเส้นทางการบิน (ข) ข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data	54
รูปที่ 4. 8 การเตรียมข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน (ก) โพลเดอร์ที่เก็บไฟล์ข้อมูลวิดีโอเกี่ยวกับเส้นทางการบิน (ข) ข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data ตามโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลที่กำหนด	56
รูปที่ 4. 9 การเตรียมข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด (ก) โพลเดอร์ที่เก็บไฟล์ข้อมูลวิดีโอเกี่ยวกับเส้นทางการบิน (ข) ข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data ตามโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลที่กำหนด	56
รูปที่ 4. 10 การทดสอบการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอเกี่ยวกับตำแหน่งเส้นทางการบินจากข้อมูลอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุนและปีกยัด.....	57

รูปที่ 4. 11 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าออฟเซตระยะทางจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน (ก) วินาทีที่ 29 (ข) วินาทีที่ 30 (ค) วินาทีที่ 62 (ง) วินาทีที่ 86	60
รูปที่ 4. 12 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าเวลาจาก Logging data มีระยะห่างในการบันทึกข้อมูล 2 วินาทีต่อ 1 จุด (ก) วินาทีที่ 28 (ข) วินาทีที่ 29 (ค) วินาทีที่ 30	62
รูปที่ 4. 13 การประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นตำแหน่งของค่าออฟเซตเวลาที่ 29	62
รูปที่ 4. 14 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าเวลา (ก) วินาทีที่ 62 (ข) วินาทีที่ 65 (ค) วินาทีที่ 86.....	64
รูปที่ 4. 15 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าช่วงเวลาจาก UAV แบบปีกหมุน (ก) วินาทีที่ 28 (ข) วินาทีที่ 29 (ค) วินาทีที่ 30.....	67
รูปที่ 4. 16 การประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นตำแหน่งของค่าออฟเซตเวลาที่วินาที 29	67
รูปที่ 4. 17 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าช่วงเวลาจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน (ก) วินาทีที่ 62 (ข) วินาทีที่ 65 (ค) วินาทีที่ 86.....	69
รูปที่ 4. 18 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าออฟเซตระยะทางจาก UAV แบบปีกยัด (ก) วินาทีที่ 44 (ข) วินาทีที่ 189	71
รูปที่ 4. 19 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าช่วงเวลาจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด (ก) วินาทีที่ 189 (ข) วินาทีที่ 190.....	74
รูปที่ 4. 20 การประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นตำแหน่งของค่าออฟเซตเวลาที่วินาที 189 และ 190	74
รูปที่ 4. 21 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าช่วงเวลาจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด (ก) วินาทีที่ 44 (ข) วินาทีที่ 45 (ค) วินาทีที่ 60 (ง) วินาทีที่ 61	76
รูปที่ 4. 22 ตารางการบันทึกข้อมูลของชั้นข้อมูลที่สร้างขึ้นโดยปริยาย	80
รูปที่ 4. 23 ตารางการบันทึกข้อมูลของชั้นข้อมูลที่ผู้ใช้กำหนดเอง.....	80
รูปที่ 4. 24 ตารางการบันทึกข้อมูลของการปรับปรุงชั้นข้อมูลที่มีอยู่เดิม	81
รูปที่ 4. 25 ผลการทดสอบกำหนดตำแหน่งข้อมูลที่สนใจ (ก) กำหนดตำแหน่งจากหน้าจอบนหน้าจอแสดงผลแผนที่ (ข) กำหนดจากปุ่มเพิ่มจุดบนหน้าต่างแสดงผลวิดีโอ.....	82
รูปที่ 4. 26 การแปลงระบบพิกัดสำหรับการแสดงผลข้อมูลและบันทึกข้อมูล.....	83

รูปที่ 4. 27 ผลการนำข้อมูลมาจัดเก็บเป็น Shape file (ก) โพลเตอร์ในการจัดเก็บ Shape file	
ข) เปิด Shape file ที่จัดเก็บข้อมูลในโปรแกรม MapWindow GIS	84
รูปที่ 4. 28 ข้อมูลและรูปภาพของตำแหน่งที่ 1 และ 2.....	85



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) ขนาดเล็กเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย โดยมีลักษณะเป็นเทคโนโลยีที่ต่อยอดในเครื่องบินบังคับวิทยุเพื่อให้มีความสามารถในการบินแบบอัตโนมัติตามเส้นทางการบินที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ประชาชนทั่วไปมีความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีการจัดตั้งชมรมหรือกลุ่มเครื่องบินเล็กขึ้นเพื่อฝึกพัฒนาทักษะและความสามารถในการบิน จนทำให้เครื่องบินบังคับวิทยุเป็นหนึ่งในแหล่งข้อมูลสำคัญที่ใช้บันทึกลักษณะเชิงกายภาพและภาพเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันมีภาพมุมสูงและวิดีโอจากเครื่องบินเล็กเผยแพร่เป็นจำนวนมาก ทั้งในด้านภัยพิบัติ หรือแม้กระทั่งด้านการส่งเสริมการท่องเที่ยว เป็นต้น แม้ว่ากล้องวิดีโอส่วนใหญ่จะมีการติดตั้ง GPS ร่วมอยู่ด้วย (Han et al., 2010) ทำให้ภาพวิดีโอถูกเชื่อมต่อกับข้อมูล GPS ที่เรียกว่า Logging Data ซึ่งจะมีการเก็บบันทึกข้อมูลต่างๆ ของเส้นทางการบันทึกภาพ เช่น ละติจูด ลองจิจูด และ Timestamp เป็นต้น แต่การนำมาใช้งานกลับนำเสนอเพียงภาพวิดีโอเพียงอย่างเดียว นับว่าเป็นการใช้เทคโนโลยีที่มีแบบไม่เต็มประสิทธิภาพ

การนำเสนอวิดีโอเป็นการนำเสนอข้อมูลที่เป็นจริงและเป็นตัวช่วยในการเข้าถึงข้อมูลวัตถุเชิงพื้นที่ได้ง่าย (Hwang, Choi, Joo, & Lee, 2003; Joo, Hwang, & Choi, 2004) หากเราสามารถทำวิดีโอให้เป็นสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) กล่าวคือกระบวนการที่ทำให้ภาพวิดีโอมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ (Rahim, Zheng, Turay, & Pan, 1999) ด้วยการเชื่อมโยงภาพวิดีโอเข้ากับตำแหน่งการบันทึกภาพจาก Logging data ก็จะทำให้สามารถกำหนดตำแหน่งของวิดีโอได้ นับว่าเป็นประโยชน์มากในการวางแผน การเฝ้าระวังและการตรวจสอบพื้นที่ (Montoya, 2003) และหากสามารถนำวิดีโอพร้อมเส้นทางการบินมาแสดงในโปรแกรมที่สามารถทำงานกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ได้ ก็จะช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ทำได้ง่ายและสะดวกขึ้น และยังมีประโยชน์มากในการต่อยอดด้านข้อมูลแผนที่ โดยเฉพาะการสร้างหรือปรับปรุงข้อมูลเชิงพื้นที่ให้เป็นปัจจุบันและการรวบรวมข้อมูลภาคสนาม (Mills, Curtis, Kennedy, Kennedy, & Edwards, 2010)

Quantum GIS เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการสร้างข้อมูลและจัดเก็บข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลสารสนเทศตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยส่วนของการแสดงข้อมูลสามารถเปิดและแสดงชั้นข้อมูลซ้อนกันได้ทั้งรูปแบบเบราว์เซอร์และเวกเตอร์ที่มาจากต่างรูปแบบ และนอกจาก

ความสามารถหลักที่ติดมากับโปรแกรมแล้วผู้ใช้งานยังสามารถสร้างเครื่องมือเสริมในรูปแบบปลั๊กอิน ด้วยภาษาไพธอนเพิ่มเติมเข้ามาในโปรแกรมได้

Video uav tracker เป็นเครื่องมือเสริมในรูปแบบปลั๊กอินในการนำเข้าวิดีโอพร้อมเส้นทางการบินบนโปรแกรม Quantum GIS มีรูปแบบเพื่อรองรับการใช้งานด้านการโยธาเพื่อภัยพิบัติ แผ่นดินไหวที่พัฒนาภายใต้ปฏิบัติการของ Geometrics Laboratory (University of Bologna sect. of Geography) ปลั๊กอินนี้สามารถแสดงผลภาพวิดีโอพร้อมเส้นทางการบิน โดยใช้ไฟล์วิดีโอ ควบคู่กับ Gpx File ซึ่งจะแสดงภาพวิดีโอพร้อมรายละเอียดต่างๆ ของเส้นทางการบินบนหน้าต่าง แสดงผลวิดีโอ และแสดงชั้นข้อมูลเส้นทางการบินบนหน้าจอแผนที่ของโปรแกรม Quantum GIS (Agosta, 2014) ซึ่งกระบวนการกำหนดตำแหน่งของวิดีโอให้มีความถูกต้องและมีความสอดคล้องกัน กับตำแหน่งของเส้นทางการบันทึกภาพนั้น จะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของวิดีโอกับค่าเวลาขณะ บันทึกภาพ (Timestamp) จาก Logging data (Johansen, 2006)

จากการทดลองปลั๊กอิน Video uav tracker พบว่าปลั๊กอินเดิมจำเป็นต้องมีการนำเข้าข้อมูล เส้นทางการบินที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก โดยลักษณะของข้อมูลมีรูปแบบการเก็บข้อมูล เป็น GPX File อย่างสมบูรณ์แบบ กล่าวคือ มีการเก็บข้อมูลในรูปแบบที่มีข้อมูลครบถ้วน เช่น ค่า ละติจูด ค่าลองจิจูด ค่าความสูง และค่าเวลา เป็นต้น ซึ่งข้อมูลค่าเวลาเป็นข้อมูลที่สำคัญในการ กำหนดตำแหน่งให้กับวิดีโอของปลั๊กอินนี้ เนื่องจากจะใช้ค่าออฟเซตเวลาที่ได้จากการสะสมค่าเวลา ตั้งแต่จุดแรกจนถึงจุดท้ายของการบันทึกข้อมูลจาก Logging data มาสร้างความสัมพันธ์กับข้อมูล เวลาจากวิดีโอ ผลลัพธ์ที่ได้จะมีความสอดคล้องและถูกต้องตรงตามความจริงระหว่างเฟรมภาพวิดีโอ กับตำแหน่งการบันทึกภาพ แต่ในปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กที่กำลังเป็นที่นิยม อาจไม่ได้ บันทึกข้อมูลค่าเวลา ทำให้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกข้อมูลจาก UAV มีรูปแบบข้อมูลที่ไม่ครบถ้วน สมบูรณ์ จึงทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบันทึกภาพได้โดยตรง

ด้วยเหตุนี้งานวิจัยจึงต้องการปรับแต่งและพัฒนาปลั๊กอินให้สามารถใช้งานได้กับข้อมูล เส้นทางการบินที่มีเฉพาะค่าพิกัดสำหรับการใช้งานของบุคคลทั่วไปที่กำลังนิยมใช้งานอากาศยานไร้ คนขับขนาดเล็กในปัจจุบัน นอกจากนี้ปลั๊กอินจะสามารถแสดงผลการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทาง การบินได้ ยังสามารถช่วยสนับสนุนการใช้งานด้านการรวบรวมข้อมูลภาคสนามและการเพิ่มหรือ ปรับปรุงข้อมูลภาคสนามจากการตีความและการตัดสินใจผ่านการสังเกตหน้าจอแสดงผลวิดีโอและ แนวเส้นทางการบิน (Montoya, 2003)

1.2 วัตถุประสงค์

พัฒนาปลั๊กอินบน Quantum GIS สำหรับการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินของ UAV เพื่อเป็นเครื่องมือสนับสนุนการใช้งานเกี่ยวกับการสร้างหรือปรับปรุงชั้นข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา

1) สร้างเครื่องมือสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินโดยอยู่ในรูปแบบปลั๊กอินบนโปรแกรม Quantum GIS เพื่อช่วยในการแปลงข้อมูลสู่สารสนเทศ ซึ่งข้อมูลเส้นทางการบินที่นำมาใช้กับปลั๊กอินมีรูปแบบเป็น Text File ที่มีการบันทึกข้อความด้วยการค้นด้วยจุดภาค โดยข้อมูลเส้นทางการบินจำเป็นต้องมีการบันทึกคือ ค่าละติจูด และค่าลองจิจูด

2) แสดงผลการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินจาก UAV โดยมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกันระหว่างตำแหน่งการบันทึกภาพกับเฟรมภาพของวิดีโอ โดยใช้กระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลภาพวิดีโอกับเส้นทางการบิน 3 แบบ คือ

- ค่าออฟเซตระยะทาง
- ค่าออฟเซตเวลาจากข้อมูลค่าเวลา
- ค่าออฟเซตเวลาจากการคำนวณค่าช่วงเวลา

ซึ่งการเคลื่อนที่ของสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของเส้นทางการบินจะเคลื่อนที่ระยะห่าง 1 วินาทีซึ่งจะเท่ากับระยะเวลาในการเลือกเฟรมภาพของวิดีโอ

3) สร้างเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ให้เป็นสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยการสร้างหรือปรับปรุงชั้นข้อมูล GIS ให้เป็นปัจจุบันและบันทึกรูปภาพเพื่อนำไปอ้างอิงหรือตรวจสอบสภาพพื้นที่ได้ในภายหลัง ผู้ใช้สามารถเลือกการเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลได้ 3 แบบ โดยชั้นข้อมูลของการเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลจะเป็นชั้นข้อมูลจุด (Point) เท่านั้น คือ

- สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยปริยาย
- สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยผู้ใช้งานกำหนดเอง
- ปรับปรุงชั้นข้อมูลที่มีอยู่เดิม

ในการกำหนดตำแหน่งที่สนใจลงในชั้นข้อมูล GIS ที่ผู้ใช้เลือกเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูล สามารถกำหนดได้ 2 แบบ คือ กำหนดตำแหน่งจากหน้าจอแสดงผลแผนที่เส้นทางการบิน และกำหนดจากปุ่มเพิ่มจุด (Add Point) บนหน้าต่างแสดงผลวิดีโอ

4) แปลงค่าพิกัดจากระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System: GCS) เป็นระบบพิกัดฉาก (Universal Transverse Mercators: UTM) สำหรับการแสดงผลข้อมูลค่าพิกัดและบันทึกลงในตารางการเก็บข้อมูล

5) สร้างเครื่องมือนำข้อมูลออกมาจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยมีรูปแบบการจัดเก็บข้อมูล 4 รูปแบบ คือ CSV File, Shape File, SQLite DB และ KML File เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานด้าน GIS ต่อไป

1.3.2 เครื่องมือและภาษาที่นำมาใช้ในการพัฒนาเครื่องมือเสริมในรูปแบบปลั๊กอิน

- โปรแกรม Quantum GIS เวอร์ชัน 2.12.0
- โปรแกรม Python 2.7 ใช้สำหรับเขียนภาษาไพธอน
- PyQt4 เวอร์ชัน 4.11.4 (PyQt4 API) ใช้สำหรับเป็นไลบรารีที่ช่วยสำหรับการเขียน Graphic User Interface (GUI) ในภาษาไพธอน

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาและรวบรวมแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2 ศึกษาปลั๊กอินในการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินจาก UAV ที่มีอยู่เดิม
- 1.4.3 กำหนดขอบเขตและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย
- 1.4.4 ปรับแต่งและออกแบบชุดคำสั่ง
- 1.4.5 พัฒนาปลั๊กอินเพื่อเชื่อมต่อกับโปรแกรม Quantum GIS โดยใช้ภาษาไพธอน
- 1.4.6 ทดสอบและปรับปรุงการทำงานของเครื่องมือเสริมในรูปแบบปลั๊กอิน
- 1.4.7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
- 1.4.8 เรียบเรียงและจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ปลั๊กอินนี้สามารถเป็นเครื่องมือสนับสนุนการใช้งานเกี่ยวกับการสร้างหรือปรับปรุงชั้นข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) จากการใช้งานผ่านการแสดงผลวิดีโอพร้อมเส้นทางการบิน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลภาพถ่ายจากแหล่งอื่นที่มีการบันทึกค่าพิกัดเส้นทางจาก GPS



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของ UAV

2.1.1 ลักษณะของ UAV

อากาศยานไร้คนขับ หรือ Unmanned Aerial Vehicle (UAV) เป็นอากาศยานที่ไม่มีนักบินประจำการอยู่บนเครื่อง แต่สามารถควบคุมได้จากระยะไกลผ่านระบบควบคุมอัตโนมัติ (Auto Pilot) และมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ต่างๆ เพื่อบันทึกข้อมูล เช่น กล้องถ่ายภาพ กล้องวิดีโอ กล้องอินฟราเรด เป็นต้น (Bendea et al., 2008) ดังนั้น UAV จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์และมีรูปแบบการใช้งานได้หลากหลาย เช่น การถ่ายภาพมุมสูง การตรวจสอบการจราจร การขนส่ง การโจมตีทางอากาศ การลาดตระเวนของทหาร การสำรวจทางธรณีวิทยา การตรวจสอบไฟฟ้า การช่วยเหลือภัยพิบัติต่างๆ เป็นต้น (Beard et al., 2005) ซึ่งอากาศยานไร้คนขับ (UAV) สามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างได้ 2 ชนิด ดังนี้

1) แบบปีกยี่ด (Fixed Wing) มีลักษณะดังต่อไปนี้

- ลักษณะเป็นแบบเครื่องร่อน
- ด้านทานความเร็วลมได้มาก
- ใช้พื้นที่ในการบินขึ้นและบินลง
- สามารถบินขึ้นลงแบบอัตโนมัติได้
- ไม่สามารถบินอยู่กับที่ได้
- เหมาะสำหรับงานทำแผนที่



รูปที่ 2. 1 อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด
(ที่มา: http://www.top-enggroup.com/company_th.htm)

2) แบบปีกหมุน (Rotor) มีลักษณะดังต่อไปนี้

- ลักษณะเป็นแบบหลายใบพัด ตั้งแต่ 4 - 8 ใบพัด
- สามารถบินขึ้นในแนวตั้งได้
- สามารถบินอยู่กับที่ได้
- ด้านทานความเร็วลมได้ต่ำ
- เหมาะสำหรับงานสำรวจและงานตรวจสอบพื้นที่และสิ่งปลูกสร้างต่างๆ



รูปที่ 2. 2 อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน

จะเห็นว่าอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กทั้ง 2 โครงสร้างมีลักษณะและการทำงานที่แตกต่างกัน ดังนั้นข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ที่ถูกบันทึกจาก UAV ก็จะมีลักษณะที่แตกต่างกันเช่นกัน

2.1.2 การบันทึกข้อมูลของอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก

การบันทึกข้อมูลของอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กจะเป็นการบันทึกข้อความจากเครื่องบินจากระบบควบคุมการบิน ซึ่งการบันทึกนี้จะสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการบินได้ โดยข้อมูลจะมีรูปแบบของการบันทึกข้อมูลที่แตกต่างกันในแต่ละระบบเครื่องบิน เช่น ระบบควบคุมการบินจากบอร์ดของ APM และ Pixhawk และระบบควบคุมการบินจากบอร์ดของ DJI ซึ่งระบบควบคุมการบินทั้งสองระบบเป็นที่นิยมใช้งานในปัจจุบัน ซึ่งระบบควบคุมการบินของ APM และ Pixhawk จะใช้โปรแกรม Mission Planner เป็นโปรแกรมควบคุมเครื่องบิน โดยจะบันทึกข้อมูลเส้นทางการบิน 3 รูปแบบ คือ GPX File, KMZ File และ Log File ในส่วนของระบบควบคุมการบินของ DJI ซึ่งเป็นที่นิยมในปัจจุบันจะบันทึกข้อความจากเครื่องบินใน 2 รูปแบบคือ Text file และ SRT File

1) Gpx File

เป็นรูปแบบของไฟล์ GPS ที่สามารถแลกเปลี่ยนกันได้ กล่าวคือเป็นไฟล์สากล ซึ่งข้อมูลที่อยู่ในไฟล์อาจประกอบด้วย Waypoint Track และ Route รูปแบบของข้อมูลนี้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลต่าง Application กันได้ เป็นไฟล์มาตรฐานที่สามารถใช้งานได้หลายโปรแกรม ซึ่ง Gpx File ถูกใช้เป็นไฟล์มาตรฐานในปี.ศ.2004 มีพื้นฐานของรูปแบบของ XML ทำให้สามารถนำเข้าไปใน GPS Applications หรือเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ได้

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<gpx>
  <name>prova</name>
  <desc>Export from GpsPrune</desc>
  <trk><name>prova</name><number>1</number><trkseg>
<trkpt lat="44.0172452" lon="16.0253582"><ele>0.03</ele><time>2013-08-06T08.49.24+02:00</time><course>0</course><roll>0
</roll><pitch>-1.88</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172451" lon="16.0253583"><ele>0.02</ele><time>2013-08-06T08.49.24+02:00</time><course>11564</course><roll>4
</roll><pitch>0</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172449" lon="16.0253584"><ele>0.01</ele><time>2013-08-06T08.49.25+02:00</time><course>0</course><roll>0
</roll><pitch>-1.86</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172447" lon="16.0253586"><ele>0</ele><time>2013-08-06T08.49.25+02:00</time><course>0</course><roll>0
</roll><pitch>-1.86</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172445" lon="16.0253588"><ele>-0.01</ele><time>2013-08-06T08.49.25+02:00</time><course>11574</course><roll>1
</roll><pitch>0</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172443" lon="16.0253589"><ele>-0.02</ele><time>2013-08-06T08.49.26+02:00</time><course>0</course><roll>0
</roll><pitch>-1.84</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172442" lon="16.025359"><ele>-0.03</ele><time>2013-08-06T08.49.26+02:00</time><course>11577</course><roll>1
</roll><pitch>0</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172441" lon="16.0253591"><ele>-0.03</ele><time>2013-08-06T08.49.26+02:00</time><course>11578</course><roll>0
</roll><pitch>0</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172438" lon="16.0253593"><ele>-0.04</ele><time>2013-08-06T08.49.27+02:00</time><course>0</course><roll>0
</roll><pitch>-1.82</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172437" lon="16.0253594"><ele>-0.04</ele><time>2013-08-06T08.49.27+02:00</time><course>11580</course><roll>0
</roll><pitch>0</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172436" lon="16.0253595"><ele>-0.04</ele><time>2013-08-06T08.49.27+02:00</time><course>0</course><roll>0
</roll><pitch>-1.82</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172327" lon="16.0251733"><ele>19.37</ele><time>2013-08-06T08.53.05+02:00</time><course>235</course><roll>
-1972</roll><pitch>0</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172314" lon="16.025174"><ele>19.11</ele><time>2013-08-06T08.53.05+02:00</time><course>1.23</course><roll>0.37
</roll><pitch>-2.48</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172299" lon="16.0251747"><ele>18.87</ele><time>2013-08-06T08.53.06+02:00</time><course>1.81</course><roll>
0.45</roll><pitch>-1.36</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172285" lon="16.025175"><ele>18.65</ele><time>2013-08-06T08.53.06+02:00</time><course>267</course><roll>-1892
</roll><pitch>0</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.017227" lon="16.0251755"><ele>18.44</ele><time>2013-08-06T08.53.06+02:00</time><course>284</course><roll>-1870
</roll><pitch>0</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172254" lon="16.0251758"><ele>18.2</ele><time>2013-08-06T08.53.06+02:00</time><course>2.25</course><roll>1.12
</roll><pitch>0.21</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172243" lon="16.0251765"><ele>18</ele><time>2013-08-06T08.53.06+02:00</time><course>281</course><roll>-1843
</roll><pitch>0</pitch></trkpt>
<trkpt lat="44.0172232" lon="16.0251771"><ele>17.74</ele><time>2013-08-06T08.53.07+02:00</time><course>1.72</course><roll>
0.64</roll><pitch>0.23</pitch></trkpt>
  </trkseg></trk>
</gpx>

```

รูปที่ 2. 3 ตัวอย่างของ Gpx File ที่จัดเก็บข้อมูล Track



```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<gpx xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/1" version="1.1" creator="RouteConverter">
  <metadata>
    <name>Test file by Patrick</name>
  </metadata>
  <rte>
    <name>Patrick's Route</name>
    <rtept lon="9.860624216140083" lat="54.9328621088893">
      <ele>0.0</ele>
      <name>Position 1</name>
    </rtept>
    <rtept lon="9.86092208681491" lat="54.93293237320851">
      <ele>0.0</ele>
      <name>Position 2</name>
    </rtept>
    <rtept lon="9.86187816543752" lat="54.93327743521187">
      <ele>0.0</ele>
      <name>Position 3</name>
    </rtept>
    <rtept lon="9.862439849679859" lat="54.93342326167919">
      <ele>0.0</ele>
      <name>Position 4</name>
    </rtept>
  </rte>
</gpx>

```

รูปที่ 2. 4 Gpx File ที่จัดเก็บข้อมูล Route

(ที่มา: <http://cycleseven.org/gps-waypoints-routes-and-tracks-the-difference>)

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<gpx xmlns="http://www.topografix.com/GPX/1/1" version="1.1" creator="RouteConverter">
  <metadata>
    <name>Test file by Patrick</name>
  </metadata>
  <wpt lon="9.860624216140083" lat="54.9328621088893">
    <ele>0.0</ele>
    <name>Position 1</name>
  </wpt>
  <wpt lon="9.86092208681491" lat="54.93293237320851">
    <ele>0.0</ele>
    <name>Position 2</name>
  </wpt>
  <wpt lon="9.86187816543752" lat="54.93327743521187">
    <ele>0.0</ele>
    <name>Position 3</name>
  </wpt>
  <wpt lon="9.862439849679859" lat="54.93342326167919">
    <ele>0.0</ele>
    <name>Position 4</name>
  </wpt>
</gpx>

```

รูปที่ 2. 5 Gpx File ที่จัดเก็บข้อมูล Waypoint

(ที่มา: <http://cycleseven.org/gps-waypoints-routes-and-tracks-the-difference>)

2) KMZ file หรือ KML File

KML File คือรูปแบบไฟล์ที่เป็น XML สำหรับจัดเก็บข้อมูลคุณลักษณะทางภูมิศาสตร์ เช่น จุด เส้น พื้นที่ หรือ ภาพ ในส่วนของ KMZ File คือไฟล์ KML ที่ถูกแบบอัด (Zip) ซึ่งทั้งสองไฟล์สามารถเปิดแสดงร่วมกับ Google Earth และ Google map ได้

```

1  <?xml version="1.0"?>
2  <kml xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:xsd=
   "http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
3  <Document>
4  <Style id="yellowLineGreenPoly">
5  <LineStyle>
6  <color>7F00FFFF</color>
7  <colorMode>normal</colorMode>
8  <width>4</width>
9  </LineStyle>
10 <PolyStyle>
11 <color>7F00FF00</color>
12 <colorMode>normal</colorMode>
13 </PolyStyle>
14 </Style>
15 <Folder>
16 <name>Log</name>
17 <Placemark>
18 <name>3 Flight Path Manual</name>
19 <styleUrl>#yellowLineGreenPoly</styleUrl>
20 <Style>
21 <LineStyle>
22 <color>FF008000</color>
23 <colorMode>normal</colorMode>
24 <width>4</width>
25 </LineStyle>
26 </Style>
27 <LineString>
28 <extrude>1</extrude>
29 <altitudeMode>absolute</altitudeMode>
30 <coordinates>100.69507,14.036488,-1.5 100.69507,14.03647,7.36
   100.69505,14.036473,8.89 100.69504,14.03647,10.4 100.69504,14.036468,22
   100.69505,14.036461,23.07 100.69505,14.036461,24.1 100.69506,14.036451,25.37
   100.69507,14.036447,26.25 100.69507,14.036447,26.3 100.69507,14.036443,26.88
   100.69507,14.036443,26.93 100.69507,14.036442,28.04 100.69507,14.036442,28.08
   100.69507,14.036438,28.77 100.69507,14.036435,29.04 100.69507,14.036435,29.16
   100.69507,14.036435,29.2 100.69507,14.036435,29.53 100.69506,14.03644,29.64
   100.69505,14.036442,29.67 100.69505,14.036442,29.63 100.69505,14.036443,29.32
   100.69505,14.036443,28.79 100.69505,14.036443,28.84 100.69505,14.036443,28.79
   100.69505,14.036445,28.5 100.69505,14.036447,27.51 100.69505,14.036447,27.47
   100.69506,14.036445,26.3 100.69506,14.036445,26.35 100.69505,14.036453,24.28
   100.69505,14.036453,24.24 100.69503,14.036461,22.39 100.69503,14.036466,21.67
   100.69503,14.036466,20.84 100.69503,14.036466,20.79 100.69503,14.036468,20.69
   100.69503,14.036468,20.65 100.69503,14.03647,20.71 100.69502,14.03647,21
   100.69502,14.03647,21.04 100.69502,14.03647,21.11 100.69503,14.03647,20.98
   100.69503,14.03647,20.6 100.69503,14.03647,20.49 100.69503,14.03647,20.45
   100.69503,14.03647,20.24 100.69503,14.03647,20.13 100.69503,14.03647,20.17
   100.69503,14.03647,20.04 100.69503,14.03647,20 100.69503,14.03647,19.92
   100.69503,14.03647,19.75 100.69503,14.03647,19.7 100.69503,14.03647,19.38
   100.69503,14.03647,19.33 100.69503,14.03647,19.28 100.69503,14.03647,19.31
   100.69502,14.036489,22.23 100.69502,14.036489,22.23 100.69502,14.036489,22.23
   100.69502,14.036489,22.23 100.69502,14.036489,22.18 100.69502,14.036489,22.18
   100.69502,14.036489,22.23 100.69502,14.036489,22.23 100.69502,14.036491,22.23
   100.69502,14.036491,22.23 100.69502,14.036491,22.27 100.69502,14.036491,22.32
   100.69502,14.036491,22.32 100.69502,14.036491,22.36 100.69502,14.036491,22.36
   100.69503,14.036494,22.34 100.69503,14.036494,22.39 100.69503,14.036498,22.39
   100.69503,14.036501,22.34</coordinates>
31 </LineString>
32 </Placemark>
33 </Placemark>

```

รูปที่ 2. 6 KML File จากระบบควบคุมการบิน APM และ Pixhawk

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <kml xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2">
3 <Placemark>
4 <visibility>1</visibility>
5 <name></name>
6 <description></description>
7 <Style>
8 <IconStyle>
9 <Icon>
10 <href>
11 http://www.zonefivesoftware.com/SportTracks/Images/Spor
12 TracksIcon48.png</href>
13 <w>48</w>
14 <h>48</h>
15 </Icon>
16 </IconStyle>
17 <geomScale>10</geomScale>
18 <geomColor>ff0045ff</geomColor>
19 </Style>
20 <LineString>
21 <coordinates>
22 100.020235,14.633383,30
23 100.020238,14.633388,30
24 100.020237,14.633385,30
25 100.020234,14.633396,30
26 100.020233,14.633398,30
27 100.020231,14.633401,30
28 100.020231,14.633410,30
29 100.020231,14.633412,30
30 100.020164,14.633403,30
31 100.020164,14.633403,30
32 100.020165,14.633404,30
33 100.020165,14.633403,30
34 100.020165,14.633404,30
35 100.020164,14.633404,30
36 100.020164,14.633404,30
37 100.020163,14.633405,30
38 100.020163,14.633405,30
39 100.020163,14.633405,30
40 </coordinates>
41 </LineString>
42 </Placemark>
43 </kml>

```

รูปที่ 2. 7 KML File จากระบบกล้องติดรถยนต์

3) SRT File

SRT File เป็นไฟล์ Sub Title ของวิดีโอ ซึ่งได้จากระบบควบคุมการบินของ DJI โดยจะมีการบันทึกข้อมูลการบินในรูปแบบข้อความเพื่อแสดงบนภาพวิดีโอ

```

1 1
2 00:00:01,000 --> 00:00:02,000
3 HOME(100.6916,14.1771,17) 2016.02.09 17:31:09
4 GFS(100.6916,14.1771,17) BAROMETER:22.6
5 ISO:100 Shutter:120 EV: 0 Fnum:F2.8
6
7 2
8 00:00:02,000 --> 00:00:03,000
9 HOME(100.6916,14.1771,17) 2016.02.09 17:31:10
10 GFS(100.6916,14.1771,17) BAROMETER:22.6
11 ISO:100 Shutter:120 EV: 0 Fnum:F2.8
12
13 3
14 00:00:03,000 --> 00:00:04,000
15 HOME(100.6916,14.1771,17) 2016.02.09 17:31:11
16 GFS(100.6916,14.1771,17) BAROMETER:22.6
17 ISO:100 Shutter:120 EV: 0 Fnum:F2.8
18
19 4
20 00:00:04,000 --> 00:00:05,000
21 HOME(100.6916,14.1771,17) 2016.02.09 17:31:12
22 GFS(100.6916,14.1771,17) BAROMETER:22.6
23 ISO:100 Shutter:120 EV: 0 Fnum:F2.8

```

รูปที่ 2. 8 SRT File จากระบบควบคุมการบินของ DJI

4) Log File

รูปแบบของ Log File โดยส่วนใหญ่ในปัจจุบันจะนำออกมาจัดเก็บเป็น Text File ซึ่งเป็นข้อความที่คั่นด้วยจุลภาค (Comma Delimited Format) หรือ คั่นด้วยช่องว่าง (Tab Delimited Format) โดยจะบันทึกข้อมูลตามการตั้งค่าการบินของแต่ละระบบ

```

1 lon,lat,alt
2 100.691567335052,14.1771476881564,4.93559503555298
3 100.691567335052,14.1771476881564,4.93559503555298
4 100.691567278314,14.17714768853187,4.93559503555298
5 100.691567225891,14.1771477007615,4.93559503555298
6 100.691567225515,14.1771476978856,4.93559503555298
7 100.691567125264,14.1771476949349,4.93559503555298
8 100.69156713631,14.1771476857494,4.93559503555298
9 100.69156703694,14.1771476834886,4.93559503555298
10 100.691567037982,14.177147681284,4.93559503555298
11 100.69156705109,14.1771476862241,4.93559503555298
12 100.691566950567,14.1771476834407,4.93559503555298
13 100.691566952386,14.1771476903087,4.93559503555298
14 100.691566852445,14.1771475864341,4.93559503555298
15 100.691566852172,14.1771475851214,4.93559503555298
16 100.691566736467,14.1771476846561,4.93559503555298
17 100.691566734421,14.1771476815918,4.93559503555298
18 100.691566734273,14.1771475757197,4.93559503555298
19 100.691566733791,14.1771475717445,4.93559503555298
20 100.691566732286,14.1771476013452,4.93559503555298
21 100.691566730567,14.17714760105,4.93559503555298
22 100.691566628753,14.1771476003979,4.93559503555298
23 100.691566646058,14.1771475967238,4.93559503555298
24 100.691566646294,14.1771475932941,4.93559503555298
25 100.691566646906,14.1771475877573,4.93559503555298

```

รูปที่ 2. 9 Text File ที่ได้จากระบบควบคุมการบินจาก DJI

```

Image No., Cam_Roll(deg), Cam_Pitch(deg), Cam_Yaw_Heading(deg), UAV_Roll(deg), UAV_Pitch(deg),
UAV_Heading_Az(deg), Ground_course(deg), GPS_Time, No._Sat, Latitude(deg), Longitude(deg), GPS_Alt(m),
Altitude(m), Ground_speed(m/s)
IMGF1511.JPG,-2.04,0.669,276.177,-3.44,5.56,154.38,340.87,33045800,9,18.851355,98.703133,556.63,0.44,0.01
IMGF1512.JPG,-1.987,0.677,275.594,-3.42,5.26,154.27,340.87,33049800,9,18.851357,98.703133,556.33,0.43,0.07
IMGF1513.JPG,-2.182,0.684,278.033,-3.75,5.25,154.3,340.87,33053800,8,18.851355,98.70314,556.48,0.44,0.1
IMGF1514.JPG,-2.103,0.625,276.81,-3.6,5.29,154.24,340.87,33057800,8,18.851357,98.70314,556.56,0.4,0.04
IMGF1515.JPG,-1.756,0.553,278.633,-3.22,5.33,154.29,340.87,33061800,9,18.851357,98.70314,556.2,0.4,0.02
IMGF1516.JPG,-1.52,0.569,276.594,-2.99,5.36,154.41,340.87,33065800,9,18.851358,98.703133,556.01,0.44,0.06
IMGF1517.JPG,-2.302,0.404,277.48,-3.42,5.21,154.45,340.87,33069800,9,18.851358,98.703133,555.68,0.43,0.05
IMGF1518.JPG,-1.384,0.496,278.355,-2.87,5.36,154.49,340.87,33073800,9,18.851357,98.703133,555.1,0.38,0.02
IMGF1519.JPG,-1.975,0.467,277.514,-3.56,5.18,154.33,340.87,33077800,9,18.851357,98.703133,554.92,0.34,0.03
IMGF1520.JPG,-1.562,0.586,277.513,-2.94,5.23,154.39,340.87,33082000,9,18.851355,98.703133,554.96,0.33,0.06
IMGF1521.JPG,-1.575,0.59,277.369,-2.91,5.18,154.25,340.87,33086000,9,18.851353,98.703133,554.38,0.32,0.04
IMGF1522.JPG,-1.58,0.588,277.94,-3.02,5.26,154.2,340.87,33090000,8,18.851353,98.703133,553.46,0.4,0.01
IMGF1523.JPG,-1.781,0.581,276.702,-3.3,5.15,154.12,340.87,33094000,9,18.851353,98.703133,553.05,0.42,0.01
IMGF1524.JPG,-1.71,0.582,277.557,-3.23,5.19,154.25,340.87,33098000,9,18.851351,98.703133,552.5,0.38,0.02
IMGF1525.JPG,-1.639,0.584,277.837,-3.23,5.19,154.2,340.87,33102000,9,18.851349,98.703133,552.36,0.33,0
IMGF1526.JPG,-1.679,0.576,277.059,-3.21,5.17,154.19,340.87,33106000,9,18.851347,98.703133,552.38,0.35,0
IMGF1527.JPG,-1.722,0.596,277.536,-3.34,5.18,154.22,340.87,33110000,9,18.851347,98.70314,552.76,0.38,0.02
IMGF1528.JPG,-1.781,0.581,277.842,-3.29,5.21,154.23,340.87,33114200,9,18.851347,98.70314,552.82,0.37,0.01
IMGF1529.JPG,-1.738,0.578,277.004,-3.25,5.09,154.33,340.87,33118200,9,18.851347,98.70314,552.89,0.38,0.02
IMGF1530.JPG,-1.84,0.59,279.273,-3.33,5.11,154.26,340.87,33122200,9,18.851347,98.70314,553.13,0.38,0.02

```

รูปที่ 2. 10 Log File จากระบบบันทึกภาพที่พัฒนาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(Kongkeo, Chunithipaisan and Kitpracha, 2015)

```

INDEX, TRACK NUMBER, UTC DATE, UTC TIME, LOCAL DATE, LOCAL
TIME, LATITUDE, N/S, LONGITUDE, E/W, ALTITUDE, SPEED
1, 1, 2014/12/23, 1:22:15, 2014/12/23, 8:22:15, 16.536144, N, 104.731041, E, 131.367172, 0.120514
2, 1, 2014/12/23, 1:22:16, 2014/12/23, 8:22:16, 16.536148, N, 104.731026, E, 134.312485, 1.077290
3, 1, 2014/12/23, 1:22:17, 2014/12/23, 8:22:17, 16.536156, N, 104.731018, E, 136.859360, 0.590407
4, 1, 2014/12/23, 1:22:18, 2014/12/23, 8:22:18, 16.536160, N, 104.731010, E, 137.453110, 0.476552
5, 1, 2014/12/23, 1:22:19, 2014/12/23, 8:22:19, 16.536161, N, 104.731010, E, 137.437485, 0.248671
6, 1, 2014/12/23, 1:22:20, 2014/12/23, 8:22:20, 16.536161, N, 104.731010, E, 137.414047, 0.319420
7, 1, 2014/12/23, 1:22:22, 2014/12/23, 8:22:22, 16.536163, N, 104.731010, E, 137.355453, 0.339179
8, 1, 2014/12/23, 1:22:23, 2014/12/23, 8:22:23, 16.536165, N, 104.731010, E, 137.324203, 0.517447
9, 1, 2014/12/23, 1:22:24, 2014/12/23, 8:22:24, 16.536165, N, 104.731010, E, 137.300766, 0.150236
10, 1, 2014/12/23, 1:22:25, 2014/12/23, 8:22:25, 16.536165, N, 104.731010, E, 137.285141, 0.299556
11, 1, 2014/12/23, 1:22:26, 2014/12/23, 8:22:26, 16.536167, N, 104.731010, E, 137.261703, 0.569669
12, 1, 2014/12/23, 1:22:27, 2014/12/23, 8:22:27, 16.536167, N, 104.731010, E, 137.242172, 0.354473
13, 1, 2014/12/23, 1:22:28, 2014/12/23, 8:22:28, 16.536169, N, 104.731010, E, 137.226547, 0.250786
14, 1, 2014/12/23, 1:22:29, 2014/12/23, 8:22:29, 16.536169, N, 104.731010, E, 137.210922, 0.336784
15, 1, 2014/12/23, 1:22:30, 2014/12/23, 8:22:30, 16.536169, N, 104.731010, E, 137.203110, 0.409772
16, 1, 2014/12/23, 1:22:31, 2014/12/23, 8:22:31, 16.536171, N, 104.731018, E, 137.199203, 0.223241
17, 1, 2014/12/23, 1:22:32, 2014/12/23, 8:22:32, 16.536171, N, 104.731018, E, 137.195297, 0.224770
18, 1, 2014/12/23, 1:22:33, 2014/12/23, 8:22:33, 16.536171, N, 104.731018, E, 137.195297, 0.109431
19, 1, 2014/12/23, 1:22:34, 2014/12/23, 8:22:34, 16.536171, N, 104.731018, E, 137.187485, 0.203648
20, 1, 2014/12/23, 1:22:35, 2014/12/23, 8:22:35, 16.536173, N, 104.731018, E, 137.179672, 0.237539
21, 1, 2014/12/23, 1:22:36, 2014/12/23, 8:22:36, 16.536173, N, 104.731018, E, 137.183578, 0.225172
22, 1, 2014/12/23, 1:22:37, 2014/12/23, 8:22:37, 16.536173, N, 104.731018, E, 137.179672, 0.207213

```

รูปที่ 2. 11 Log File จากระบบนำร่องของ Micropilot

```

record_counter, uav_lat, uav_lon, altitude, roll, pitch, heading, u_speed
0, 0, 0, 0.04, -0.06, -0.11, 0, 0.3
1, 14.07194589, 100.5987082, -0.08, -0.06, -0.06, 0, 0.3
2, 14.07194589, 100.5987082, 0.04, -0.11, -0.06, 0, 0.3
3, 14.07194589, 100.5987082, -0.04, 0.06, -0.06, 0, 0.3
4, 14.07194761, 100.5987082, -0.04, 0, 0, 0, 0.3
5, 14.07194761, 100.5987082, 0.04, 0, 0.06, 0, 0.3
6, 14.07194761, 100.5987082, -0.04, 0.06, 0.11, 0, 0.3
7, 14.07194761, 100.5987082, 0.08, -0.22, 0.11, 0, 0.3
8, 14.07194899, 100.5987082, 0, -0.22, 0.11, 0, 0.3
9, 14.07194899, 100.5987082, -0.04, -0.34, 0.17, 0, 0.6
10, 14.07194899, 100.5987082, 0, -0.28, 0.17, 0, 0.6
11, 14.07194899, 100.5987082, -0.08, -0.39, 0.17, 0, 0.6
12, 14.07194933, 100.59871, 0.11, -0.34, 0.17, 0, 0.6
13, 14.07194933, 100.59871, 0.04, -0.28, 0.17, 0, 0.6
14, 14.07194933, 100.59871, -0.04, -0.28, 0.17, 0, 0.6
15, 14.07195059, 100.5987133, 0.04, -0.5, 0.11, 0, 0.6
16, 14.07195059, 100.5987133, 0.04, -0.5, 0.11, 0, 0.6
17, 14.07195059, 100.5987133, 0, -0.5, 0.11, 0, 0.6
18, 14.07195059, 100.5987133, 0, -0.5, 0.17, 0, 0.6
19, 14.07195162, 100.5987133, -0.11, -0.39, 0.11, 0, 0.6
20, 14.07195162, 100.5987133, -0.08, -0.28, 0.11, 0, 0.6
21, 14.07195162, 100.5987133, 0.04, -0.34, 0.22, 0, 0.6
22, 14.07195162, 100.5987133, 0.04, -0.39, 0.34, 0, 0.6
23, 14.07195277, 100.5987133, 0.08, -0.39, 0.22, 0, 0.6

```

รูปที่ 2. 12 Log File จากระบบนำร่องของ Garmin

Photo Roll	GPS Time	Timecode	Latitude	Longitude	GPS-A	Height	Roll	Pitch	Yaw	Pitch servo
001	16:52:06	2.677	+42.14257750	-8.71247846	-0.0	+1.7	-0.7	-136.3	+38.7	+45.0
002	16:54:08	124.449	+42.14316279	-8.71460441	585.8	84.1	-0.5	+5.6	+111.6	+3.2
003	16:54:24	140.688	+42.14310094	-8.71441762	586.7	85.1	-1.3	-0.9	+112.6	+0.0
004	16:54:40	156.939	+42.14304232	-8.71418963	588.1	86.3	-2.7	-2.9	+109.4	+0.0
005	16:54:57	173.462	+42.14298365	-8.71398353	587.1	86.5	-4.6	-3.1	+109.8	+0.0
006	16:55:14	190.188	+42.14292328	-8.71376273	588.4	88.1	-8.1	-3.3	+110.9	+0.0
007	16:55:30	206.197	+42.14286818	-8.71355441	588.9	89.2	-6.7	+1.5	+109.3	+0.9
008	16:55:46	222.677	+42.14281411	-8.71335698	591.0	91.1	-9.1	-2.8	+109.1	+0.0
009	16:56:03	239.430	+42.14275746	-8.71313834	593.5	92.2	-5.7	-3.2	+110.0	+0.0
010	16:56:19	255.677	+42.14270297	-8.71292983	595.8	94.5	-6.6	-3.0	+109.3	+0.0
011	16:56:37	273.437	+42.14264349	-8.71270446	596.4	95.4	-4.7	-3.1	+110.4	+0.0
012	16:56:54	290.194	+42.14258763	-8.71249947	598.3	96.9	-5.8	+2.8	+111.0	+1.8
013	16:57:11	307.174	+42.14253229	-8.71228770	601.3	99.5	-2.2	-1.7	+110.4	+0.0
014	16:57:28	324.204	+42.14247540	-8.71207207	603.4	102.1	-5.5	+5.1	+108.8	+2.7
015	16:57:46	342.686	+42.14241463	-8.71185792	605.9	105.7	-4.6	-2.5	+108.5	+0.0
016	16:58:14	370.699	+42.14282249	-8.71165299	606.2	105.1	-6.0	+1.7	+110.0	+0.9
017	16:58:33	389.182	+42.14288943	-8.71185508	602.9	101.7	-2.6	+1.1	+110.1	+0.5
018	16:58:50	406.944	+42.14294302	-8.71206799	600.5	99.4	-3.8	+0.0	+109.8	+0.5
019	16:59:08	424.200	+42.14300332	-8.71228278	599.5	97.4	-1.8	+0.0	+110.9	+0.0

รูปที่ 2. 13 Log File จากระบบบันทึกภาพของ University of Vigo

(ที่มา: <http://tic-tac.teleco.uvigo.es/forum/topics/vuelo-uav-desclasificado>)

OMAP Timestamp (microseconds since epoch),SVs,Lat (1e-7 deg),Lon (1e-7 deg),Alt (m),North Velocity (m/s),East Velocity (m/s),Down Velocity (m/s),Aircraft Roll (1e-4 rad),Aircraft Pitch (1e-4 rad),Aircraft Yaw (1e-4 rad),X Gyro (1e-4 rad/s),Y Gyro (1e-4 rad/s),Z Gyro (1e-4 rad/s),X Accel (1e-4 m/s/s),Y Accel (1e-2 m/s/s),Z Accel (1e-2 m/s/s),X Mag (mG),Y Mag (mG),Z Mag (mG),Indicated Air Speed (cm/s offset by -2000),Wind Direction (1e-4 rad),Wind Magnitude (cm/s),Autopilot Mode

946684900875640,8,442760089,-940902746,295.055,0.00802701,0.0023105,0.0466009
 ,-1062,-227,17357,167,5,17,-22,103,-980,2,-208,498,2226,0,0,0
 946684900908905,8,442760089,-940902746,295.054,0.00523426,0.0016403,0.0470197
 ,-1053,-227,17356,102,-10,40,-22,121,-971,5,-209,499,2225,0,0,0
 946684900942321,8,442760089,-940902746,295.066,0.00309631,0.00303711,0.042570
 3,-1059,-227,17356,-360,-16,92,-22,98,-983,5,-209,499,2225,0,0,0
 946684900975616,8,442760089,-940902746,295.065,0.00913553,0.00389044,0.040567
 9,-1062,-228,17356,285,14,27,-22,112,-977,5,-210,499,2221,0,0,0
 946684901008911,8,442760089,-940902746,295.064,0.00536658,0.00307408,0.040883
 4,-1053,-227,17354,35,-11,48,-22,118,-974,5,-208,498,2212,0,0,0

รูปที่ 2. 14 Log File จากระบบบันทึกภาพของ University of Minnesota

(ที่มา: <http://conservancy.umn.edu/handle/11299/170139?show=full>)

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกัน มีการบันทึกข้อมูลของตำแหน่งเส้นทางแตกต่างกันตามการตั้งค่าการเก็บข้อมูลของแต่ละระบบควบคุมการบิน โดยในทุกไฟล์จะมีการเก็บข้อมูลจุดพิกัดละติจูดและลองจิจูด แต่รายละเอียดการบินอื่นๆ จะมีการเก็บข้อมูลที่ต่างกัน เช่น บางไฟล์ไม่ได้จัดเก็บข้อมูลของเวลาจุดพิกัดถ่ายภาพ เป็นต้น อีกทั้งรูปแบบของไฟล์ที่บันทึกเส้นทางการบินของแต่ละระบบมีความแตกต่างกัน ซึ่งทำให้บุคคลทั่วไปยากต่อการนำมาใช้งาน หากสามารถทำให้ข้อมูลง่ายต่อการนำมาใช้ก็จะทำให้การนำมาประมวลผลหรือวิเคราะห์ข้อมูลสามารถเข้าถึงได้ง่ายยิ่งขึ้น

2.2 GPS Tracking System

ระบบ GPS Tracking เป็นการรับข้อมูลเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของพาหนะ หรือเป็นกระบวนการติดตามและรายงานตำแหน่งของยานพาหนะจากการบันทึกเส้นทางของ GPS (Spangenberg, 2014) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.2.1 Online Tracking GPS System

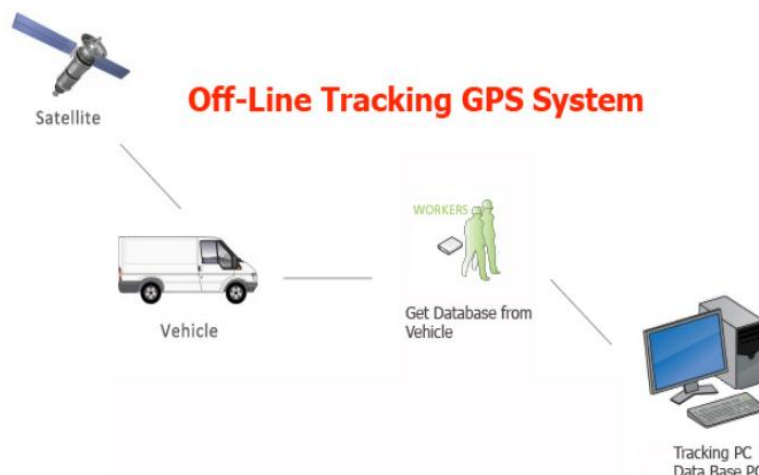
ระบบ GPS Tracking แบบออนไลน์ เป็นการนำเอาระบบ GPS มาใช้งานร่วมกับระบบโครงข่ายการสื่อสาร เช่น วิทยุ อินเทอร์เน็ต เป็นต้น โดยระบบนี้จะรับตำแหน่งของยานพาหนะจากเครื่องรับสัญญาณ GPS จากนั้นข้อมูลจะส่งออกไปยัง Server ทำให้ระบบแบบ online สามารถแสดงตำแหน่งการเคลื่อนที่ของพาหนะได้แบบ Real-time โดยผู้ใช้สามารถติดตามตำแหน่งปัจจุบันของยานพาหนะผ่านระบบอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่อกับ Sever ได้ ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2. 15 หลักการทำงานของ GPS Tracking แบบ Online
(ที่มา: <http://rsu-itm640.blogspot.com/2010/08/gps.html>)

2.1.2 Offline Tracking GPS System

ระบบ GPS Tracking แบบออฟไลน์ จะรวบรวมข้อมูลโดยการจัดเก็บข้อมูลในหน่วยความจำภายในอุปกรณ์ (Memory) ซึ่งเป็นการประมวลผลข้อมูลประวัติการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ (Atella, Muala, & Tarabeh, 2015) โดยที่รับข้อมูลตำแหน่งของยานพาหนะจากระบบ GPS แล้วข้อมูลทั้งหมดจะบันทึกลงในหน่วยความจำภายในตัวเครื่อง จากนั้นผู้ใช้สามารถดูประวัติการเคลื่อนที่ของยานพาหนะได้โดยการนำข้อมูลออกมาสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2. 16 หลักการทำงานของ GPS Tracking แบบ Offline
(ที่มา: <http://rsu-itm640.blogspot.com/2010/08/gps.html>)

2.3 การหาค่าพิกัดระนาบในตำแหน่งใหม่

การหาค่าพิกัดระนาบในตำแหน่งใหม่ เป็นการหาตำแหน่งที่อยู่ระหว่างจุด 2 จุดที่ทราบค่าพิกัด โดยใช้ทฤษฎีวิธีการอ้างอิงเชิงเส้นและใช้การคำนวณหาค่าพิกัดระนาบ ซึ่งมีแนวคิดดังต่อไปนี้

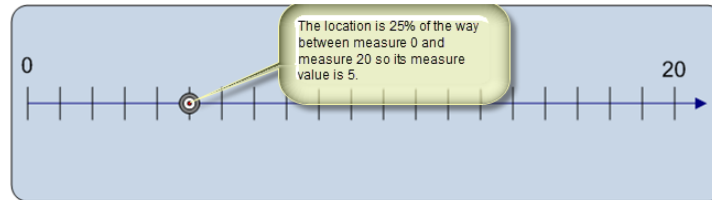
2.3.1 ระบบการอ้างอิงเชิงเส้น (Linear Referencing System: LRS)

ระบบการอ้างอิงเชิงเส้นเป็นกระบวนการกำหนดตำแหน่งที่วัดระยะทางและตำแหน่งในส่วน (Segment) ของพีเจอร์เชิงเส้นจากจุดที่กำหนด โดยค่าพิกัดของตำแหน่งนั้นได้จากการประมาณค่า (Interpolation) จากค่าพิกัดและระยะทางของตำแหน่งที่เลือกไปยังจุดอ้างอิงเริ่มต้นของเส้นทาง (Kresse & Danko, 2012) ซึ่งระบบอ้างอิงเชิงเส้นนี้โดยส่วนใหญ่นิยมนำไปใช้กับการคมนาคมขนส่งต่างๆ เช่น ทางหลวง ทางรถไฟ ทางเรือ สายโทรศัพท์ ท่อไฟฟ้า และท่อส่งก๊าซหรือน้ำมัน เป็นต้น

วิธีการอ้างอิงเชิงเส้น (Linear Referencing Method: LRM) เป็นวิธีการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงจากเส้นโดยเกิดจากการคำนวณหาระยะทางจากจุดอ้างอิงที่ทราบค่าพิกัด โดยตำแหน่งนั้นมีความสัมพันธ์กับความยาวของเส้นทางและตำแหน่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของเส้นทาง ซึ่งวิธีการอ้างอิงเชิงเส้นจะใช้การประมาณค่าจากการอ้างอิงเชิงเส้น (Interpolative LRM) เป็นการกำหนดตำแหน่งโดยการประมาณค่าระหว่างตำแหน่งที่ทราบค่า 2 จุด ซึ่งการระบุตำแหน่งนั้นเป็นการคำนวณหาค่าสัดส่วนจากการวัด (ArcGIS, 2012) ดังสมการที่ 1

$$m = m_1 + (m_2 - m_1) * p \quad [1]$$

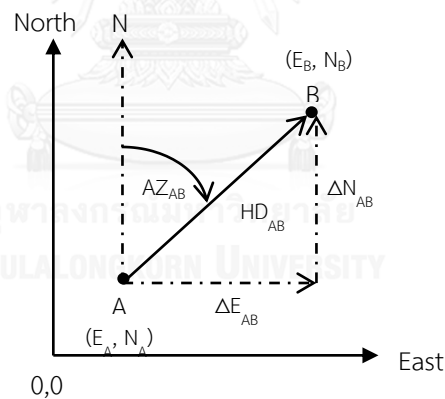
เมื่อ p เป็นสัดส่วนของ m ระหว่างตำแหน่ง m_1 และ m_2



รูปที่ 2. 17 วิธีการอ้างอิงเชิงเส้น (ที่มา: <http://help.arcgis.com/En/Arcgisdesktop/10.0/Help/index.html#//022300000007000000>)

2.3.2 การคำนวณค่าพิกัดระนาบ

ค่าพิกัดทางราบ (x, y) เป็นระบบพิกัดระนาบ 2 มิติ โดยมีทิศเหนือเป็นแกน Y และตะวันออกเป็นแกน X จากรูปที่ 2.16 จุด A เป็นจุดที่ทราบค่าพิกัด (E_A, N_A) เมื่อต้องการระบุตำแหน่งของจุด $B (E_B, N_B)$ จะใช้การอ้างอิงตำแหน่งเชิงสัมพัทธ์ (Relative positioning) ซึ่งเป็นการหาระยะทางราบ (HD_{AB}) และทิศแอสซิมาท (AZ_{AB}) (วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2555)



รูปที่ 2. 18 การคำนวณค่าพิกัดระนาบ ที่มา: ดัดแปลงจาก (วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2555)

1) ค่าระยะทาง (Distance)

การคำนวณหาค่าระยะทางเป็นสมการที่ได้มาจากทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยเป็นการหาค่าระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ ที่อยู่บนพื้นผิวระนาบ ดังสมการที่ 2

$$HD_{AB} = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2} \quad [2]$$

2) ค่าแอมิท (Azimuth)

ค่ามุมแอมิทจะวัดเทียบกับทิศเหนือของเส้นเมริเดียน โดยวัดค่ามุมตามเข็มนาฬิกา (Clockwise) ซึ่งการคำนวณค่าแอมิทจะทำให้ทราบค่ามุมที่อ้างอิงกับเส้นเมริเดียน ดังสมการที่ 3

$$AZ_{AB} = \tan^{-1}(E_B - E_A / N_B - N_A) \quad [3]$$

3) คำนวณค่าพิกัดจุด B

เมื่อทราบค่าระยะทางราบ และทิศทางของเส้น AB ซึ่งก็คือค่าแอมิทแล้วนั้น สามารถคำนวณค่าพิกัดของจุด B

$$\Delta E_{AB} = HD_{AB} \sin Az_{AB} \quad [4]$$

$$\Delta N_{AB} = HD_{AB} \cos Az_{AB} \quad [5]$$

$$E_B = E_A + \Delta E_{AB} \quad [6]$$

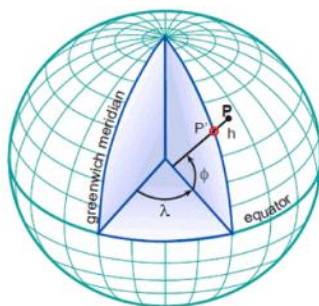
$$N_B = N_A + \Delta N_{AB} \quad [7]$$

2.4 ระบบพิกัด (Coordinate system)

ค่าพิกัดเป็นตัวเลขที่บอกตำแหน่งของจุดใดๆ ตามแนวเส้นตรงหรือเส้นโค้ง ประกอบด้วยตัวเลข 2 ชุดหรือมากกว่า ซึ่งสามารถนำมากำหนดตำแหน่งของจุดใดๆ บนพื้นผิว 2 หรือ 3 มิติ เช่น ลองจิจูด และละติจูด ซึ่งเป็นพิกัดที่บอกตำแหน่งของจุดใดๆ ตามแนวเส้นศูนย์สูตร และตามแนวเส้นเมริเดียน ตามลำดับ ดังนั้นวิธีการที่เป็นระบบที่ใช้กำหนดค่าพิกัดให้กับจุดใดๆ เรียกว่า ระบบพิกัด (สรรรค์ใจ กลิ่นดาว, 2553)

2.4.1 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System)

พิกัดภูมิศาสตร์เป็นระบบอ้างอิงในการกำหนดตำแหน่งโดยอาศัยแกนหมุนของโลก และระนาบของเส้นศูนย์สูตร ซึ่งการกำหนดตำแหน่งแสดงด้วยค่ามุมละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) โดยอาศัยการตัดกันของเส้นเมริเดียนและเส้นขนานละติจูดที่จุดนั้น ซึ่งค่าละติจูด (ϕ) เป็นการวัดด้วยระยะทางเชิงมุมจากเหนือหรือใต้ของระนาบเส้นศูนย์สูตร โดยมีช่วงค่าจาก 0 องศาที่เส้นศูนย์สูตร ถึง 90 องศาที่ขั้วโลกเหนือหรือขั้วโลกใต้ ส่วนค่าลองจิจูดหรือเส้นเมริเดียน (λ) เป็นการวัดระยะทางเชิงมุมไปทางตะวันออกหรือตะวันตกของระนาบเส้นเมริเดียนหลัก (Prime meridian) หรือเมริเดียนกรีนิช โดยมีช่วงค่าจาก 0 ถึง 180 องศาตะวันตก และตะวันออก (สรรรค์ใจ กลิ่นดาว, 2553)



รูปที่ 2. 19 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์

(ที่มา: <http://kartoweb.itc.nl/geometrics/coordinate%20systems/coordsys.html>)

2.4.2 ระบบพิกัดฉาก UTM (Universal Transverse Mercator)

(วิชัย เขียงวีรชน, 2555) กล่าวว่าระบบพิกัดฉาก UTM เป็นระบบที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งที่สร้างขึ้นบนระนาบของการฉายแผนที่ซึ่งเป็นการฉายแผนที่ชนิดทรงกระบอกที่วางตัวแนวนอน มีการบอกความยาวเป็นหน่วยเมตร โดยแบ่งโลกออกเป็น 60 ส่วนเท่าๆ กัน แต่ละส่วนกว้าง 6 องศา ซึ่งเรียกว่า โซน (Zone) ในแต่ละโซนจะมีเส้นแบ่งครึ่งโซนที่ตั้งฉากและตัดกับเส้นศูนย์สูตร ซึ่งเรียกว่า เส้นเมริเดียนย่านกลาง (Central meridian) ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นจุดศูนย์กำเนิดหรือจุดเริ่มต้น (Arbitrary origin) การให้หมายเลขโซน จะเริ่มต้นด้วยโซนที่ 1 ที่มีเส้นเมริเดียนย่านกลาง อยู่ 177° W และโซนที่ 2 อยู่ถัดออกไปทางตะวันออกของโซนที่ 1 มี เส้นเมริเดียนย่านกลาง อยู่ที่ 171° W โดยถัดไปจนครบทั้งโลก ในส่วนของประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในโซนที่ 47 (Central Meridian 99° E) และทางตะวันออกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือรวมทั้งจังหวัดตราดและบางส่วนของจันทบุรีอยู่ในโซนที่ 48 (Central Meridian 105° E) ในปัจจุบันประเทศไทยได้ใช้พื้นฐานทรงรี ชื่อ WGS84 (World Geodetic System 1984) ที่เป็นพื้นฐานพิภพ (Global datum) โดยมีค่าพารามิเตอร์ ดังนี้

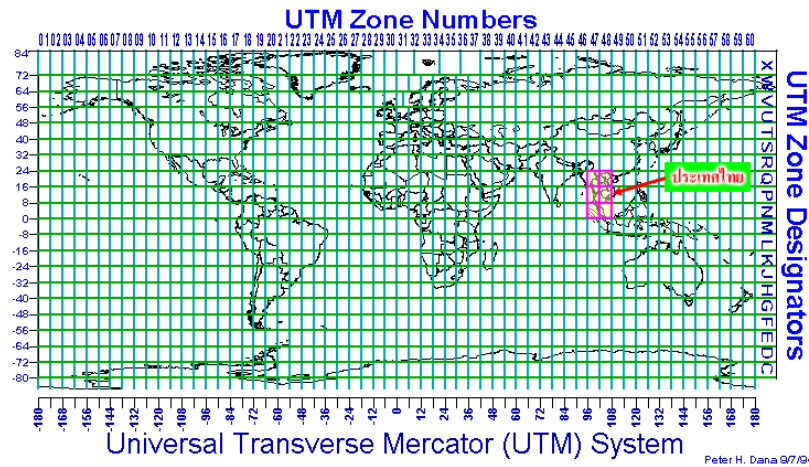
$$\text{ระยะกึ่งแกนยาวของทรงรี} = a = 6,378,137 \text{ เมตร}$$

$$\text{ส่วนกลับของความแบนทรงรี} = 1/f = 29.257223563$$

การกำหนดค่าพิกัดเทียมเพื่อให้พิกัดในแต่ละโซนมีค่าเป็นบวกทั้งหมด มีการคำนวณค่าพิกัดสำหรับพื้นที่เหนือเส้นศูนย์สูตร ให้บวก 500,000 เมตร เข้าไปกับค่า X และพื้นที่ซีกโลกใต้ให้บวก 500,000 เมตร เข้าไปกับค่า X และบวก 10,000,000 เมตร เข้าไปกับค่า Y ซึ่งค่าพิกัดใหม่ที่ได้เรียกว่า Easting และ Northing

$$\text{การคำนวณ UTM ในซีกโลกเหนือ คือ } E = X + 500,000 \text{ และ } N = Y$$

$$\text{การคำนวณ UTM ในซีกโลกใต้ คือ } E = X + 500,000 \text{ และ } N = Y + 10,000,000$$



รูปที่ 2. 20 ระบบพิกัดฉาก UTM (ที่มา: <http://gis-jopk06.blogspot.com/>)

2.4.3 การแปลงระบบพิกัดภูมิศาสตร์เป็นพิกัดฉาก UTM

(วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2555) กล่าวว่า การแปลงพิกัดภูมิศาสตร์ (φ, λ) เป็นพิกัดฉาก UTM (E, N) มีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

1) องค์ประกอบต่างๆ เพื่อการคำนวณ

a = ความยาวกึ่งแกนยาว (Semi major axis)

b = ความยาวกึ่งแกนสั้น (Semi minor axis) $b = a(1 - f)$

k_0 = สเกลแฟคเตอร์ของเส้นเมริเดียนกลางเท่ากับ 0.9996

ค่าพิกัดเทียม E_0 และ N_0 ที่ใช้ สำหรับประเทศอยู่ทางซีกโลกฝั่งเหนือเส้นศูนย์สูตร จะใช้

$E_0 = 500,000$ และ $N_0 = 0$

e = First eccentricity คำนวณได้จาก $e = \sqrt{a^2 + b^2} / a^2$

e' = Second eccentricity คำนวณได้จาก $e' = \sqrt{a^2 + b^2} / b^2$

2) คำนวณปริมาณเทอมสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในสมการ ได้แก่

$T = \tan^2 \varphi$

$C = e'^2 \cos^2 \varphi$

$A = (\lambda - \lambda_0) \cos \varphi$ (λ, λ_0 มีหน่วยเป็น เรเดียน)

ค่า Length of normal at latitude φ , $N = a / \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}$

ค่า Meridian distance at latitude φ , $M = a [(1 - (e^2/4) - (3e^4/64) - (5e^6/256)) * \varphi + ((3e^2/8) + (3e^4/32) + (45e^6/1,024)) * \sin 2\varphi + ((15e^4/256) + (45e^6/1,024)) * \sin 4\varphi - (35e^6/3,072) * \sin 6\varphi]$

3) คำนวณค่าพิกัดจากจากสมการต่อไปนี้

$$X = k_0 N [((A + (1-T+C)) * (A^3/6)) + ((5-18T+72c-58e^2) * (A^5/120))] + E_0 \quad [8]$$

$$Y = k_0 \{M+N \tan \varphi [((A^2/2) + ((5-T+9c+4c^2) * (A^4/24))] + ((61-58T+T^2+ 600c - 330e^2) * (A^6/720))] + N_0\} \quad [9]$$

2.5 ภาษาไพธอน

ภาษาไพธอนเป็นภาษาระดับสูงภาษาหนึ่ง โดย Guido van Rossum สร้างขึ้นในปี 1989 ซึ่งมีลักษณะเป็น Open Source และเป็นภาษาที่ไม่ยึดติดกับระบบปฏิบัติการ กล่าวคือ สามารถประมวลผลได้ทั้งระบบปฏิบัติการ UNIX, Linux, Windows และระบบ FreeBSD ในปัจจุบันภาษาไพธอนได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพราะเป็นภาษาที่ง่ายต่อการเรียนรู้ เนื่องจากมีโครงสร้างภาษาที่ไม่ซับซ้อนเพราะได้รวบรวมเอาส่วนดีของภาษาต่างๆ เข้ามาไว้ด้วยกัน สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลายทั้งการพัฒนาโปรแกรม Web Application และการพัฒนา Web Service ภาษาไพธอนจึงเป็นอีกภาษาที่หนึ่งสำคัญในด้านการประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) เพราะภาษาไพธอนมีโมดูล (Module) ที่ครอบคลุมด้าน GIS และเป็นภาษาที่สามารถนำมาพัฒนาเครื่องมือปลั๊กอินบนโปรแกรม Quantum GIS ได้

การพัฒนาเครื่องมือปลั๊กอินบนโปรแกรม Quantum GIS เป็นการเชื่อมโยงการทำงานระหว่างไพธอน กับโปรแกรม Quantum GIS โดยใช้คลาสพื้นฐานต่างๆ ที่ QGIS เตรียมไว้ให้ เรียกว่า QGIS API และใช้ PyQt4 ซึ่งเป็นไลบรารีหลักที่ใช้สำหรับเขียน Graphic User Interface (GUI)

2.5.1 QGIS Core Library

QGIS Core Library เป็นไลบรารีหลักในการทำงานพื้นฐานเกี่ยวกับการประมวลผลทาง GIS โดยมีฟังก์ชันการทำงานและการประมวลผลทั้งในรูปแบบเวกเตอร์ (Vector) ราสเตอร์ (Raster) และฐานข้อมูล (Database)

2.5.2 Phonon module

Phonon module เป็นโมดูลที่อยู่ใน PyQt4 ซึ่งโมดูลนี้เป็นมัลติมีเดียที่ผสมผสานรูปแบบของข้อมูลสื่อหลายรูปแบบ เช่น เสียง ข้อความ ภาพเคลื่อนไหวและวิดีโอ การทำงานภายใน

เป็นการทำงานด้วยข้อมูลชุดเดียว และถูกนำมาใช้เป็นข้อกำหนดพื้นฐานของการโต้ตอบในการใช้งาน Phonon ประกอบด้วยแนวคิดพื้นฐาน คือ Media Object, Sinks และ Paths

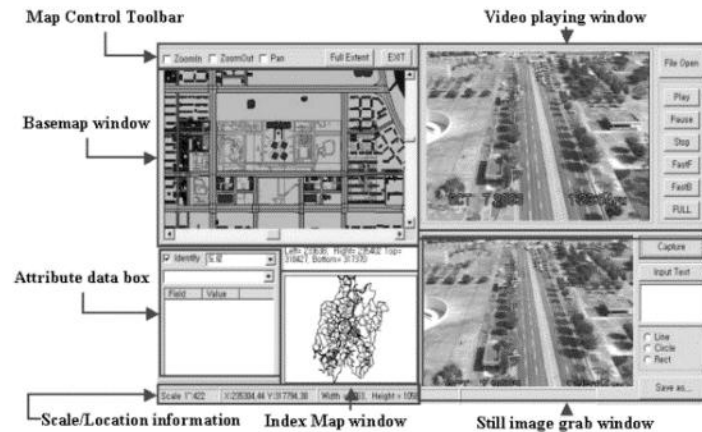
Media Object เป็นจัดการกับแหล่งที่มาของสื่อ เช่น ไฟล์เพลง ไฟล์วิดีโอ เป็นต้น ซึ่งเป็นตัวกำหนดและควบคุมการเริ่มเล่นและหยุดเล่น ส่วน Sink เป็นอุปกรณ์ส่งออกที่จะทำให้สื่อสามารถเล่นย้อนกลับได้ และ Path เป็นตัวที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ Phonon Object หรือเรียกว่าเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่าง Media Object กับ Sink

ในการเล่นวิดีโอจะมี VideoWidget class ที่เป็นเครื่องมือในการแสดงผลภาพวิดีโอ โดยจะเป็นการดึงภาพวิดีโอเข้ามาแสดงในหน้าจอแสดงผลโดยอัตโนมัติ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีระหว่าง Qt application และ Graphics card โดยจะมีฟังก์ชันในการตั้งค่าองค์ประกอบต่างๆ เช่น สี ความสว่าง ความคมชัด เป็นต้น และมี Media object class ที่เป็นตัวจัดการกับ media จากการเรียกใช้งานไฟล์นั้นๆ ซึ่ง Media object จะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่อเรียกใช้งานฟังก์ชัน Play() โดยสถานะของการเล่น media เช่น Play Pause stop seek จะถูกควบคุมโดย Media Object class

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

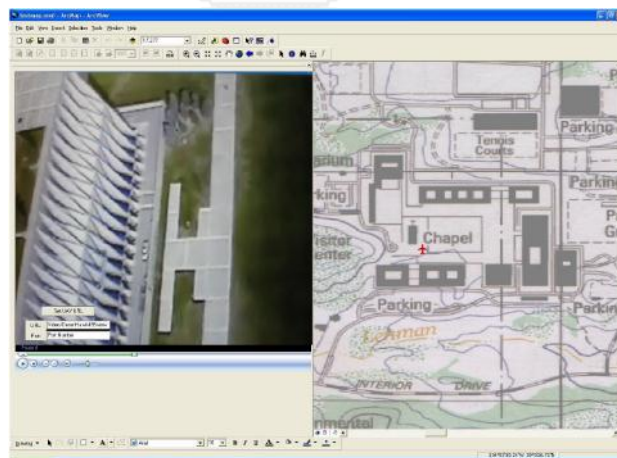
2.6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางการพัฒนาโปรแกรมสำหรับเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการเคลื่อนที่

(Yoo & Kim, 2004) ได้มีการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ (Application) ในการสร้างระบบอำนวยความสะดวกสำหรับจัดการรวมข้อมูลวิดีโอเข้ากับข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (VideoGIS) ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเชิงพื้นที่ การทำงานของโปรแกรมจะแสดงผลข้อมูลแผนที่และข้อมูลตำแหน่งจากชั้นข้อมูล GIS โดยมีการออกแบบให้ GUI มีหน้าต่างแสดงผลวิดีโอ หน้าต่างแสดงผลแผนที่ หน้าต่าง Capture วิดีโอ และหน้าต่างข้อมูลตาราง ซึ่งโปรแกรมจะแสดงวิดีโอพร้อมกับตำแหน่งของวิดีโอบนหน้าต่างแผนที่ฐาน ด้วยการสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่อ้างอิงกับเวลา โดยที่หน้าต่างข้อมูลตารางก็จะแสดงรายละเอียดของตำแหน่งนั้นจากการที่ได้บันทึกข้อมูลไว้ ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2. 21 การทำงานของข้อมูลวิดีโอและข้อมูล GIS

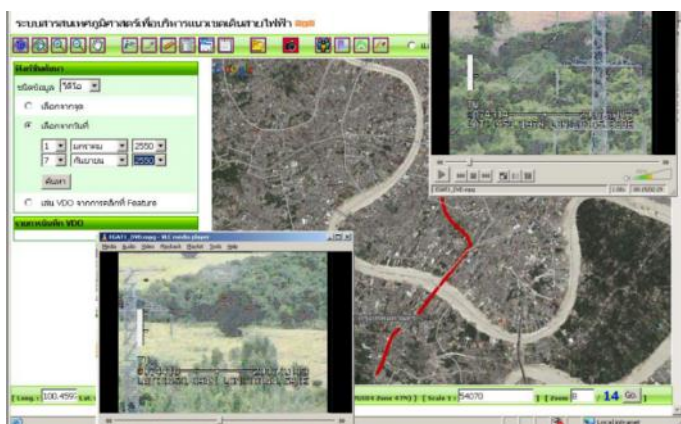
(Sward, Cooper, & Sparkman, 2005) ได้พัฒนาโปรแกรมการรับรู้สำหรับอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก (UAV Situational Awareness Tool: UAVSAT) เป็นการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลโทรมาตร (Telemetry Data) แบบ Real-time ซึ่งสามารถแสดงวิดีโอบนโปรแกรม Microsoft's Windows Media Player และใช้หน้าต่างแสดงแผนที่ในโปรแกรม ArcGIS โดยไอคอนของตำแหน่ง UAV จะเคลื่อนที่ตามตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดของเส้นทางการบินที่ได้รับจากข้อมูล telemetry แบบ Real-time ผ่านการเชื่อมโยงกับอินเทอร์เน็ต ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2. 22 หน้าจอแสดงผลการทำงานของ UAVSAT

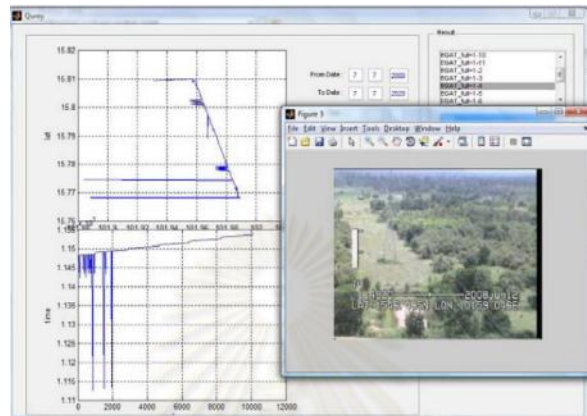
(อิทธิ ตรีสิริสัตยวงศ์ และคณะ, 2551) ได้พัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลภาพและวิดีโอที่ได้จากการบินสำรวจแนวสายส่งไฟฟ้าด้วยเฮลิคอปเตอร์ เรียกว่าระบบ Aerial Patrol System (APS) ซึ่งการเชื่อมโยงข้อมูลภาพวิดีโอของระบบ APS เข้าสู่ระบบฐานข้อมูล โดยใช้ค่าพิกัดตำแหน่งจากอุปกรณ์ GPS นำมาเชื่อมโยงระหว่างตำแหน่งพิกัดกับค่าเวลาขณะบันทึกภาพ จึงทำให้สามารถระบุพิกัดของภาพวิดีโอแต่ละเฟรมได้ ผู้ใช้สามารถสืบค้นและเรียกดูผ่านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่

พัฒนาขึ้นตามเงื่อนไขเชิงตำแหน่ง ซึ่งจะจัดเก็บวิดีโอที่ได้จากการบินสำรวจเป็นฐานข้อมูลให้สะดวกต่อการเรียกใช้งาน การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการค้นคืนและเรียกดูวิดีโอผ่านระบบ GIS นั้นประกอบด้วย ในส่วนแรกจะเป็นการพัฒนาโปรแกรมส่วน Video server ที่สามารถจัดส่งเฉพาะวิดีโอส่วนที่ต้องการมาให้ client ในส่วนที่สองเป็นโปรแกรมบน Web ที่ให้ผู้ใช้ระบุเงื่อนไขในการค้นคืน ระบบจะทำการสืบค้นรายการข้อมูลภาพและวิดีโอที่อยู่ในฐานข้อมูล จะถูกเรียกตามชื่อไฟล์ที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูลนั้น พร้อมแสดงภาพหรือวิดีโอและตำแหน่งของภาพหรือวิดีโอบนแผนที่ ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนานี้ใช้งานในองค์กรเท่านั้น ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2. 23 หน้าจอแสดงผลการเรียกดูข้อมูลวิดีโอ

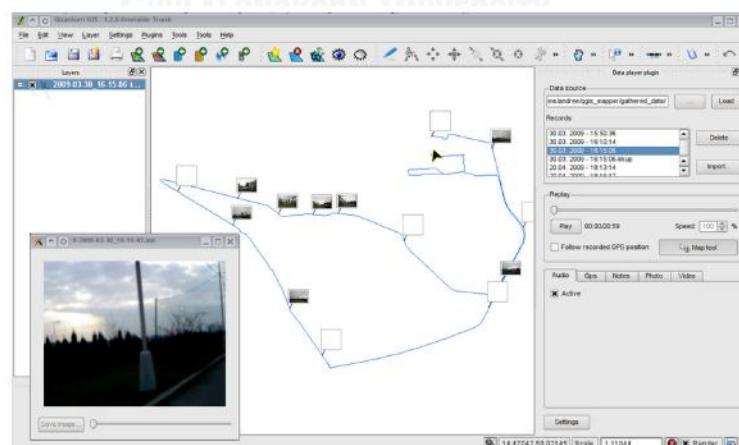
(พงศักรณ ธีรวงศ์สวัสดิ์, 2553) ได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเพื่อสกัดข้อมูลที่ประทับจากภาพวิดีโอ โดยใช้ข้อมูลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตที่ได้ดำเนินการจัดหาระบบตรวจแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงด้วยเฮลิคอปเตอร์ เรียกว่าระบบ Aerial Patrol System (APS) ซึ่งการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพใช้ค่าเวลาขณะบันทึกภาพจากข้อมูลที่ได้จาก GPS ในการสกัดข้อมูลจะเริ่มจากแปลงภาพวิดีโอ (ภาพเคลื่อนไหว) เป็นภาพนิ่ง เพื่อสกัดข้อมูลตัวเลขและตัวอักษรที่มีข้อมูลตำแหน่งและเวลา วัน เดือน ปี ที่ประทับอยู่บนไฟล์ภาพวิดีโอ จากนั้นทำการจัดเตรียมแผ่นแม่แบบ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ตรวจสอบกับข้อมูลภาพวิดีโอ โดยข้อมูลที่สกัดได้สามารถนำเข้าฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ และแสดงผลในซอฟต์แวร์สารสนเทศภูมิศาสตร์ รวมถึงสามารถค้นคืนข้อมูลตามเงื่อนไขเวลา และตำแหน่งของข้อมูลวิดีโอ และแสดงผลข้อมูลวิดีโอที่ได้จากการค้นคืน ผ่านเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2. 24 ลักษณะการทำงานของเครื่องมือเพื่อค้นคืนข้อมูลจากฐานข้อมูล PostgreSQL

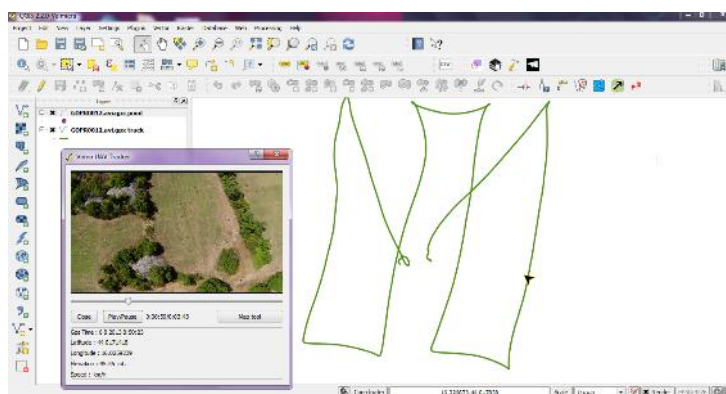
2.6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้าน การเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอ กับเส้นทางการเคลื่อนที่บนโปรแกรม Quantum GIS

(QgisMapper, 2009) ได้มีการพัฒนาปลั๊กอินบนโปรแกรม Quantum GIS ที่ชื่อว่า QgisMapper Plugin สำหรับรวบรวมข้อมูลภาคสนาม จากการเก็บข้อมูลวิดีโอและ GPS โดยโปรแกรมจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูลทำได้ง่ายยิ่งขึ้นและมีเครื่องมือสำหรับดิจิทัลไอซ์ข้อมูลและแก้ไขข้อมูล โดยสามารถดูวิดีโอพร้อมกับตำแหน่งของ GPS ได้ และสามารถบันทึกรูปภาพในตำแหน่งนั้นๆได้ เป็นผลให้ผู้ใช้สามารถนำมาใช้งานกับข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ง่ายยิ่งขึ้น ซึ่งกระบวนการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับข้อมูล GPS ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของวิดีโอกับเวลาขณะบันทึกภาพจาก GPS แต่ปลั๊กอินนี้ในปัจจุบันไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากไม่มีการพัฒนาตามเวอร์ชันของ Quantum GIS ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2. 25 หน้าจอแสดงผลการทำงานของ QgisMapping Plugin

(Agosta, 2014) มีการพัฒนาปลั๊กอินบน Quantum GIS ชื่อว่า Video UAV Tracker ที่พัฒนาต่อยอดจากปลั๊กอิน QgisMapper Player Plugin ซึ่งปลั๊กอินนี้สามารถแสดงภาพวิดีโอจาก UAV พร้อมเส้นทางการบิน โดยใช้ไฟล์วิดีโอควบคู่กับไฟล์เส้นทางการบินที่เป็น Gpx File มีรูปแบบการใช้งานโดยมีหน้าต่างวิดีโอแสดงผลพร้อมกับหน้าจอแสดงผลแผนที่ และสามารถสร้างชั้นข้อมูลใหม่เพื่อบันทึกจุดพิกัดที่เกิดความเสียหายจากภัยพิบัติแผ่นดินไหวด้วยการคลิกบนหน้าจอแผนที่ เส้นทางการบิน จะมีหน้าต่างตอบโต้ให้บันทึกข้อความลงในตารางที่ออกแบบมาเพื่อรองรับการใช้งาน ด้านความเสียหายจากแผ่นดินไหว หรืออาจเลือกบันทึกลงในตารางที่เรากำหนดเองได้ ปลั๊กอินนี้ใช้การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของวิดีโอและเวลาที่บันทึกจากเส้นทางการบินในการเชื่อมโยงระหว่างวิดีโอกับเส้นทางการบิน ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2. 26 หน้าจอแสดงผลการทำงานของ Video UAV Tracker Plugin

บทที่ 3

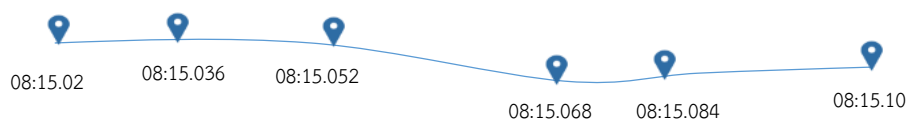
ขั้นตอนการดำเนินงานการออกแบบและพัฒนาปลั๊กอิน

ขั้นตอนการดำเนินงานการออกแบบและพัฒนาปลั๊กอินสำหรับเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอเกี่ยวกับเส้นทางการบินของ UAV มีแนวคิดจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงปลั๊กอิน Video uav tracker ที่มีอยู่เดิม เพื่อให้สามารถใช้งานกับข้อมูลเส้นทางการบินที่มีรูปแบบไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของปลั๊กอินให้ครอบคลุม โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

- ศึกษา ปรับแต่ง และพัฒนาปลั๊กอินในการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอเกี่ยวกับเส้นทางการบินจาก UAV ที่มีอยู่เดิม
- การออกแบบขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือปลั๊กอิน
- การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data
- การสร้างและปรับปรุงข้อมูลจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาพวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data

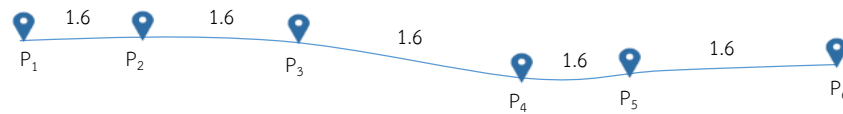
งานวิจัยนี้มีคำศัพท์ที่ใช้งานเป็นจำนวนมาก จึงขออธิบายคำศัพท์ก่อนเข้าสู่รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานต่างๆ เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจดังต่อไปนี้

- *Logging data* เป็นไฟล์ข้อความที่บันทึกรายละเอียดต่างๆ ของเส้นทางการบิน เช่น ละติจูด ลองจิจูด ค่าเวลา ค่าความสูง เป็นต้น
- *ค่าเวลา (Timestamp)* เป็นข้อมูลเวลาของตำแหน่งการบันทึกภาพที่ได้จาก Logging data



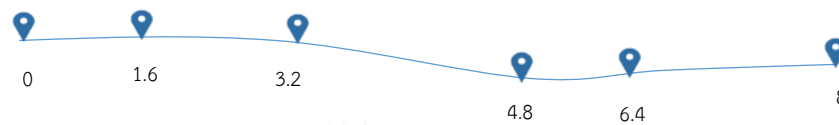
รูปที่ 3. 1 ค่าเวลาจาก Logging data

- *ค่าช่วงเวลา (Time interval)* เป็นระยะห่างของการบันทึกข้อมูลจาก Logging data ในหน่วยวินาที



รูปที่ 3. 2 ค่าช่วงเวลาจาก Logging data

- ค่าออฟเซตเวลา (*Time offset*) เป็นการสะสมค่าช่วงเวลาตั้งแต่จุดแรกจนถึงจุดสุดท้ายของ Logging data



รูปที่ 3. 3 ค่าออฟเซตเวลา

- ค่าระยะทาง (*Distance*) เป็นค่าระยะห่างระหว่างจุดของ Logging data ในหน่วยเมตร



รูปที่ 3. 4 ค่าระยะทาง

- ค่าออฟเซตระยะทาง (*Distance offset*) เป็นการสะสมค่าระยะห่างระหว่างตำแหน่งตั้งแต่จุดแรกจนถึงจุดสุดท้ายของ Logging data



รูปที่ 3. 5 ค่าออฟเซตระยะทาง

3.1 ศึกษา ปรับแต่ง และพัฒนาปลั๊กอินในการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินจาก UAV ที่มีอยู่เดิม

Video UAV Tracker เป็นปลั๊กอินบน Quantum GIS มีรูปแบบเพื่อรองรับการใช้งานด้านการโยธาเพื่อภัยพิบัติ โดยจะสามารถแสดงภาพวิดีโอจาก UAV พร้อมเส้นทางการบินควบคู่กัน และสามารถสร้างชั้นข้อมูลจุดเพื่อบันทึกจุดพิกัดที่สนใจจากเส้นทางการบินได้ โดยบันทึกค่าพิกัดละติจูด ลองจิจูด และรูปถ่ายได้ ซึ่งการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินใช้แนวคิดเรื่องค่าเวลาของเส้นทางการบิน ในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่ง จากการทดลองปลั๊กอิน

พบว่าหากข้อมูลเส้นทางการบินมีรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์จะไม่สามารถใช้งานปลั๊กอินนี้ได้ ด้วยเหตุนี้งานวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาปลั๊กอินให้สามารถใช้งานกับข้อมูลเส้นทางการบินที่มีรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลที่มีเพียงค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูดได้และปรับแต่งให้มีฟังก์ชันการใช้งานครอบคลุมยิ่งขึ้น โดยการทำงานของปลั๊กอินนั้นจะปรับแต่งและเพิ่มฟังก์ชัน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3. 1 เปรียบเทียบการทำงานของปลั๊กอินที่มีอยู่เดิมกับปลั๊กอินที่ปรับแต่งขึ้น

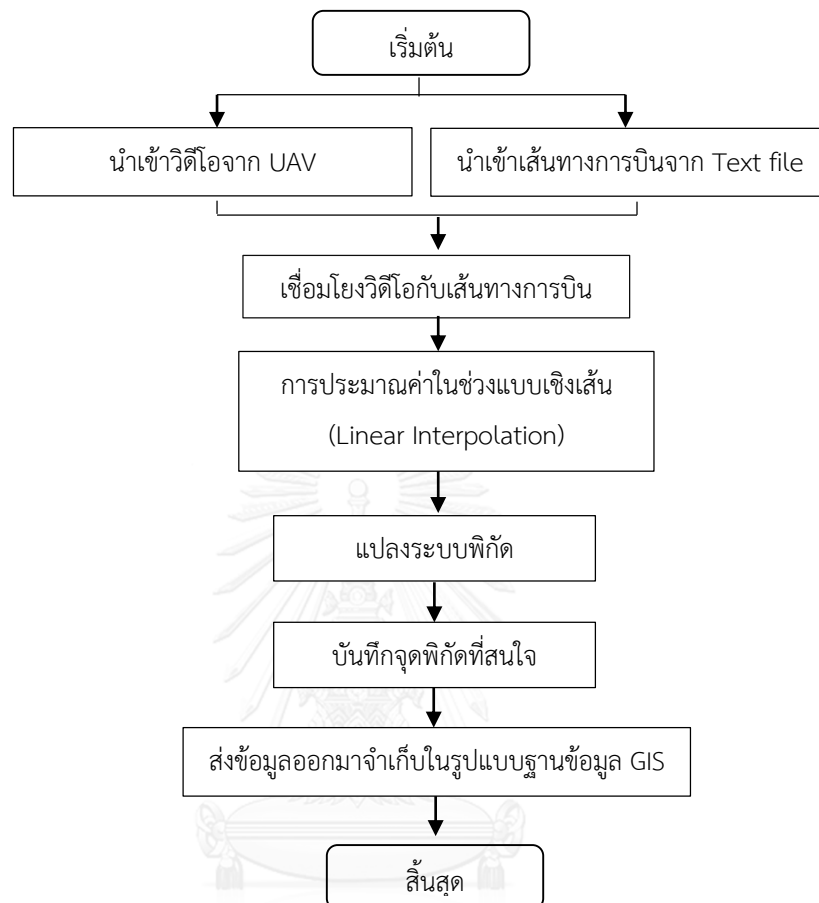
ลำดับ	การทำงานของเครื่องมือเสริม ในรูปแบบปลั๊กอินที่มีอยู่เดิม	การทำงานของเครื่องมือเสริม ในรูปแบบปลั๊กอินที่ปรับแต่งขึ้น
1.	การนำเข้าข้อมูลเส้นทางการบินใช้ GPX File	การนำเข้าข้อมูลเส้นทางการบินใช้ Text File
2.	การเชื่อมโยงระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งของเส้นทางการบิน ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของวิดีโอและเวลาขณะบันทึกภาพ	การเชื่อมโยงระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งของเส้นทางการบิน ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของวิดีโอกับ 1) ค่าออฟเซตระยะทาง 2) ค่าออฟเซตเวลาจากข้อมูลค่าเวลา 3) ค่าออฟเซตเวลาจากการคำนวณค่าช่วงเวลา
3.	การเคลื่อนที่ของสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของเส้นทางการบิน จะเคลื่อนที่ตามค่าเวลาที่ถูกบันทึกไว้	การเคลื่อนที่ของสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของเส้นทางการบินจะเคลื่อนที่ระยะห่าง 1 วินาที ซึ่งจะเท่ากับระยะเวลาในการเลือกเฟรมภาพของวิดีโอ
4.	การสร้างชั้นข้อมูลใหม่เพื่อบันทึกตำแหน่งภัยพิบัติที่สนใจ โดยผู้ใช้สามารถเลือกการเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลได้ 3 แบบ คือ 1) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยมีตารางบันทึกรายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับภัยพิบัติ 2) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยกำหนดเอง	การสร้างชั้นข้อมูลใหม่เพื่อบันทึกตำแหน่งพิภคที่สนใจ โดยผู้ใช้สามารถเลือกการเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลได้ 3 แบบ คือ 1) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยปริยาย โดยมีตารางบันทึกรายละเอียดให้สามารถใช้ได้ทั่วไปทุกลักษณะงาน 2) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยกำหนดเอง 3) ปรับปรุงชั้นข้อมูลที่มีอยู่เดิม

ลำดับ	การทำงานของเครื่องมือเสริม ในรูปแบบปลั๊กอินที่มีอยู่เดิม	การทำงานของเครื่องมือเสริม ในรูปแบบปลั๊กอินที่ปรับแต่งขึ้น
	3) ปรับปรุงชั้นข้อมูลที่มีอยู่เดิม	
5.	การเพิ่มข้อมูลสามารถเพิ่มข้อมูลด้วยการกำหนดบนหน้าจอแสดงผลแนวเส้นทางการบิน และบันทึกภาพถ่ายในตำแหน่งนั้นๆ	การเพิ่มข้อมูลสามารถเพิ่มข้อมูลได้ 2 แบบ 1) กำหนดตำแหน่งที่สนใจจากแนวเส้นทางการบิน 2) กำหนดจากปุ่มบนหน้าจอแสดงผลวิดีโอ และสามารถบันทึกภาพถ่ายในตำแหน่งนั้นๆได้
6.	-	สามารถแปลงระบบพิกัดจากระบบพิกัดภูมิศาสตร์เป็นระบบพิกัด UTM
7.	-	สามารถนำข้อมูลตำแหน่งพิกัดที่สนใจออกมาจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ 4 รูปแบบ คือ 1) CSV File 2) Shape File 3) SQLite DB 4) KML File

3.2 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือปลั๊กอิน

การทำงานของเครื่องมือปลั๊กอินสำหรับเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินจาก UAV บนโปรแกรม Quantum GIS เริ่มการทำงานด้วยการนำเข้าไฟล์วิดีโอที่จัดเก็บไว้ในโฟลเดอร์เดียวกันกับไฟล์เส้นทางการบินซึ่งจัดเก็บอยู่ในรูปแบบไฟล์ข้อความด้วยจุดภาค ขั้นตอนต่อไปเครื่องมือจะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของเส้นทางการบินกับเฟรมภาพของวิดีโอให้สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของเส้นทางการบินเคลื่อนที่ในระยะห่าง 1 วินาทีเท่ากับระยะห่างของวิดีโอจากการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้น จากนั้นปลั๊กอินสามารถจัดเก็บชั้นข้อมูลจากจุดที่สนใจด้วยการเพิ่มข้อมูลและบันทึกจุดพิกัดพร้อมรูปภาพจากการกำหนดบนหน้าจอแผนที่หรือผ่านปุ่มเพิ่มจุดจากการมองภาพ

วิดีโอ และสามารถนำข้อมูลออกเป็นฐานข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS Database) เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานด้าน GIS ต่อไป ดังรูปที่ 3.6

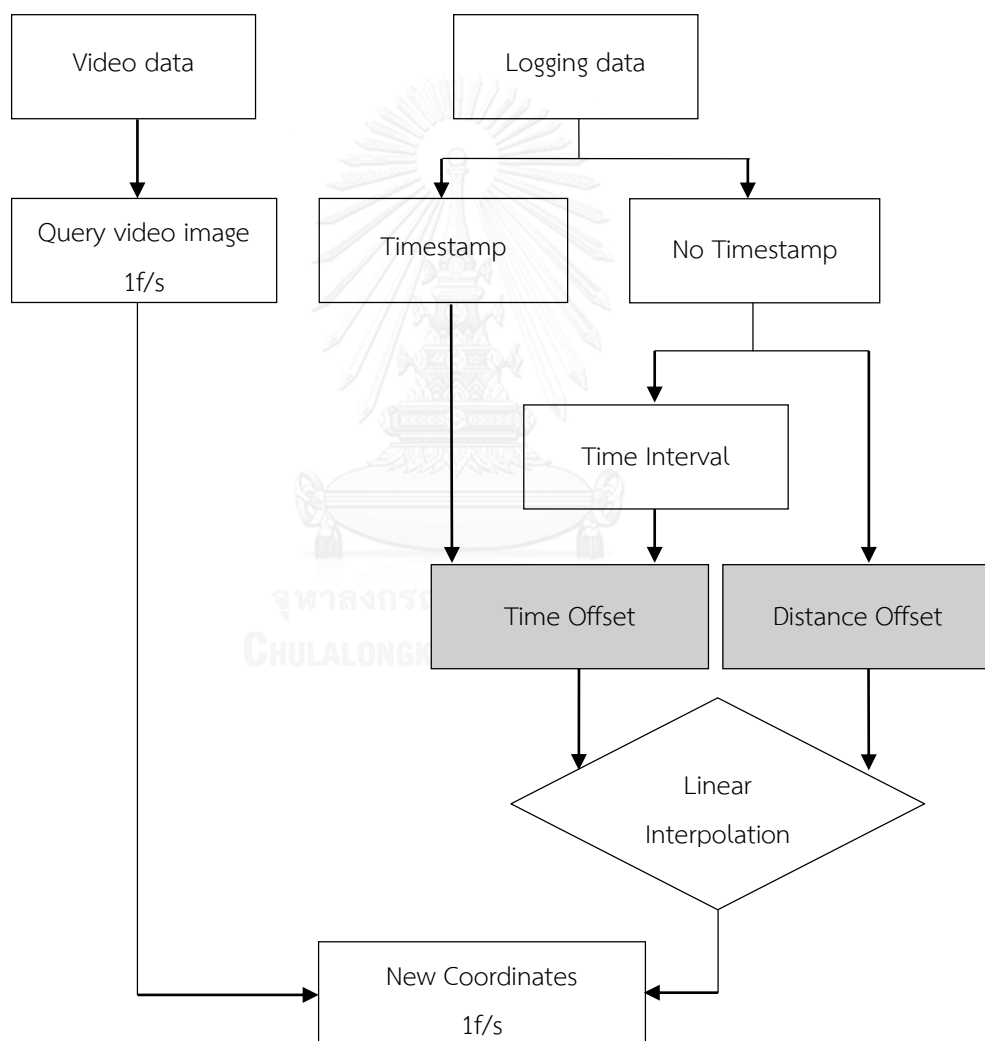


รูปที่ 3. 6 โครงสร้างการทำงานของเครื่องมือปลั๊กอิน

3.3 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data

การเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินเป็นกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data โดยข้อมูลค่าเวลาที่บันทึกจาก GPS เป็นข้อมูลที่สำคัญในกระบวนการหาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งและเฟรมภาพวิดีโอ แต่ในบางครั้ง Logging data ไม่ได้บันทึกข้อมูลค่าเวลาจึงทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับตำแหน่งเส้นทางการบินได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้การเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินโดยมีแนวคิดที่ว่า ทุก Logging data ที่บันทึกข้อมูลเส้นทางการบินจะสามารถเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบิน โดยมีความสอดคล้องกันระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพ ถึงแม้ว่าจะไม่มีการบันทึกข้อมูลค่าเวลาก็ตาม

กระบวนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพ ใน Logging data ที่มีการบันทึกข้อมูลค่าเวลา จะใช้ข้อมูลค่าเวลาของตำแหน่งการบันทึกภาพมาคำนวณเป็นค่าออฟเซตเวลาเพื่อเชื่อมโยงกับข้อมูลเวลาของวิดีโอ ส่วน Logging data ที่ไม่มีการบันทึกข้อมูลค่าเวลาจะสามารถคำนวณหาค่าช่วงเวลาตามคำนวณเป็นค่าออฟเซตเวลา หรือใช้การคำนวณหาค่าออฟเซตระยะทางของตำแหน่งการบันทึกภาพเพื่อเชื่อมโยงกับข้อมูลเวลาของวิดีโอ เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งของเส้นทางการบินแล้วนั้น จะทำการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าพิกัดในตำแหน่งใหม่ที่มีระยะห่างเท่ากับ 1 วินาทีในการเลือกเฟรมภาพวิดีโอ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3. 7 แนวคิดการหาความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินจาก UAV

3.3.1 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับค่าออฟเซตระยะทาง

การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับค่าออฟเซตระยะทางเป็นแนวคิดที่ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลค่าเวลา ซึ่งเป็นการคำนวณหาระยะทางของเส้นทางการบินจากค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูด แล้วนำมาสะสมค่าระยะทางตั้งแต่จุดแรกจนถึงจุดสุดท้ายเป็นค่าออฟเซตระยะทาง จากนั้นนำมาเทียบกับเวลาทั้งหมดของวิดีโอ เพื่อหาค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งเส้นทางการบินต่อวินาที ซึ่งจะเท่ากับ 1 วินาทีในการเลือกเฟรมภาพวิดีโอ โดยมีขั้นตอนการหาความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอและตำแหน่งเส้นทางการบินดังต่อไปนี้

1) ค่าระยะทาง

การคำนวณค่าระยะทางเป็นสมการที่ได้มาจากทฤษฎีบทพีทาโกรัสในการหา ระยะห่างระหว่างจุดสองจุด (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) ซึ่งในงานวิจัยนี้ต้องการหาค่าระยะทางในหน่วย เมตร ดังนั้นจึงต้องแปลงค่าพิกัดจากระบบพิกัดภูมิศาสตร์ให้เป็นระบบพิกัดฉาก UTM (E_1, N_1) และ (E_2, N_2) ก่อน แล้วจึงมาคำนวณค่าระยะทาง ดังสมการที่ 10

$$\text{Distance}_i = \sqrt{(E_i - E_{i+1})^2 + (N_i - N_{i+1})^2} \quad [10]$$

E = ค่าพิกัด UTM ตะวันออก

N = ค่าพิกัด UTM เหนือ

i = ลำดับรายการ (จุด) ที่บันทึกใน Logging data



รูปที่ 3. 8 ระยะห่างระหว่างจุดที่บันทึกจาก Logging data เทียบกับเวลาของวิดีโอ

จากนั้นหาผลรวมของระยะห่างระหว่างจุดสองจุด ตั้งแต่จุดแรกจนถึงจุดสุดท้าย เพื่อคำนวณหา ระยะทางทั้งหมดของเส้นทางการบิน ดังสมการที่ 11

$$\text{Total Distance} = \sum_{i=0}^n \text{Distance}_i \quad [11]$$

Distance = ค่าระยะทางหรือระยะห่างระหว่างจุดสองจุด (เมตร)

i = ลำดับรายการ (จุด) ที่บันทึกใน Logging data

n = จำนวนรายการ (จุด) ที่บันทึกใน Logging data

2) ค่าออฟเซตระยะทาง

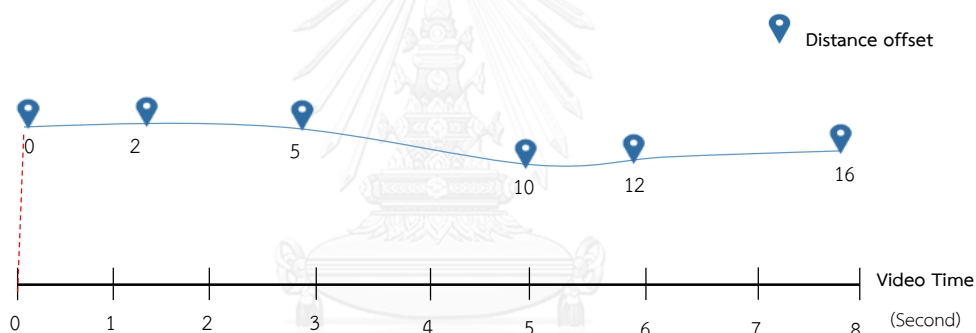
การหาค่าออฟเซตระยะทางเป็นการสะสมค่าระยะห่างระหว่างจุดสองจุด ตั้งแต่จุดแรกจนถึงจุดสุดท้ายจากการบันทึกของ Logging data โดยข้อมูลจุดแรกของค่าออฟเซตระยะทาง จะเริ่มอ้างอิงกับเวลาเริ่มต้นของวิดีโอ (เวลาที่ 0) ดังสมการที่ 12

$$\text{Distance Offset}_i = \sum_{i=-1}^n \text{Distance}_i \quad [12]$$

Distance = ค่าระยะทางหรือระยะห่างระหว่างจุดสองจุด (เมตร)

i = ลำดับรายการ (จุด) ที่บันทึกใน Logging data

n = จำนวนรายการ (จุด) ที่บันทึกใน Logging data



รูปที่ 3. 9 ค่าออฟเซตระยะทางเทียบกับเวลาของวิดีโอ

3.3.2 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับค่าออฟเซตเวลา

ค่าออฟเซตเวลาเป็นข้อมูลที่สำคัญในการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับตำแหน่งเส้นทางการบิน โดยเป็นค่าที่ได้จากแบบจำลองการสะสมค่าระยะห่างของเวลาจากการบันทึกข้อมูลของ Logging data ซึ่งการคำนวณหาค่าออฟเซตเวลาแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ 1) Logging data ที่บันทึกข้อมูลค่าเวลา 2) Logging data ที่ไม่ได้บันทึกข้อมูลค่าเวลา

1) การคำนวณหาค่าออฟเซตเวลาจาก Logging data ที่มีการบันทึกข้อมูลค่าเวลา

กระบวนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับค่าออฟเซตเวลาใน Logging data ที่มีการบันทึกข้อมูลค่าเวลา เป็นการดึงข้อมูลค่าเวลาจาก Logging data มาคำนวณ

เป็นค่าออฟเซตเวลาโดยทำให้ค่าเวลามีหน่วยเป็นวินาที เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเวลาของวิดีโอกับข้อมูลเวลาของ Logging data โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

a) ค่าเวลา

การหาค่าเวลาเป็นการคำนวณค่าเวลาของ Logging data ที่ได้จาก GPS ซึ่งจะบันทึกข้อมูลเวลาอยู่ในรูปแบบของเวลา ณ ขณะนั้น เช่น 08:30:01 เป็นต้น มาคำนวณให้มีค่าเป็นหน่วยวินาที

$$H_i = h_i \times 60 \times 60 \quad [13]$$

$$M_i = m_i \times 60 \quad [14]$$

$$S_i = s_i \times 1 \quad [15]$$

$$\text{Timestamp}_i = H_i + M_i + S_i \quad [16]$$

i = ลำดับรายการ (จุด) ที่บันทึกใน Logging data

h = เวลาในหน่วยชั่วโมงที่บันทึกใน Logging data

m = เวลาในหน่วยนาทีที่บันทึกใน Logging data

s = เวลาในหน่วยวินาทีที่บันทึกใน Logging data

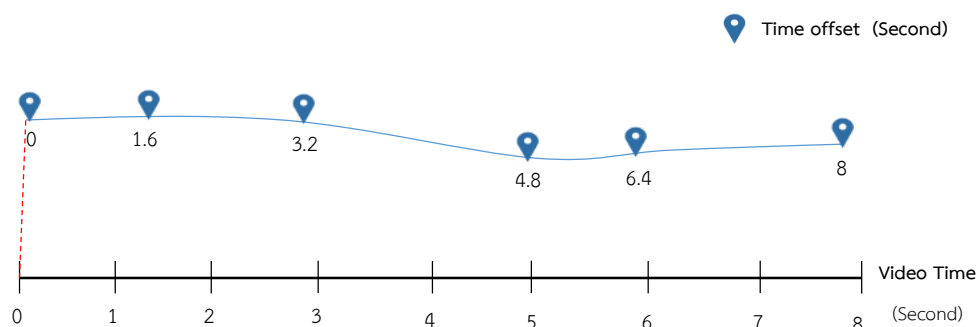
b) ค่าออฟเซตเวลา

ในการคำนวณค่าออฟเซตเวลาใน Logging data มีการบันทึกข้อมูลค่าเวลาเป็นการสะสมระยะห่างของค่าเวลาดังแต่จุดแรกจนถึงจุดสุดท้ายของการบันทึกข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data ดังรูปที่ 3.10 โดยข้อมูลจุดแรกจากการบันทึกข้อมูลของ Logging data จะเทียบกับเวลาเริ่มต้นของวิดีโอ (เวลาที่ 0) เสมอ ซึ่งการสะสมระยะห่างของค่าเวลาเป็นข้อมูลที่สำคัญในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของวิดีโอกับเวลาของเส้นทางการบิน ดังสมการที่ 17

$$\text{Timestamp offset}_i = \text{Timestamp}_i - \text{Timestamp}_0 \quad [17]$$

i = ลำดับรายการ (จุด) ที่บันทึกใน Logging data

0 = ลำดับแรกของรายการ (จุด) ที่บันทึกใน Logging data



รูปที่ 3. 10 ค่าออฟเซตเวลาที่คำนวณจากค่าเวลาเทียบกับเวลาของวิดีโอ

2) การคำนวณหาค่าออฟเซตเวลาจาก Logging data ที่ไม่ได้บันทึกข้อมูลค่าเวลา

เนื่องจาก Logging data ไม่ได้บันทึกข้อมูลค่าเวลา ทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลเวลาของวิดีโอกับข้อมูลเวลาของตำแหน่งเส้นทางการบินได้ งานวิจัยนี้จึงคำนวณค่าช่วงเวลาเพื่อใช้แทนข้อมูลค่าเวลาจาก Logging data และนำมาคำนวณเป็นค่าออฟเซตเวลาเพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเวลาของวิดีโอกับตำแหน่งเส้นทางการบินโดยใช้ข้อมูลออฟเซตเวลาที่คำนวณขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

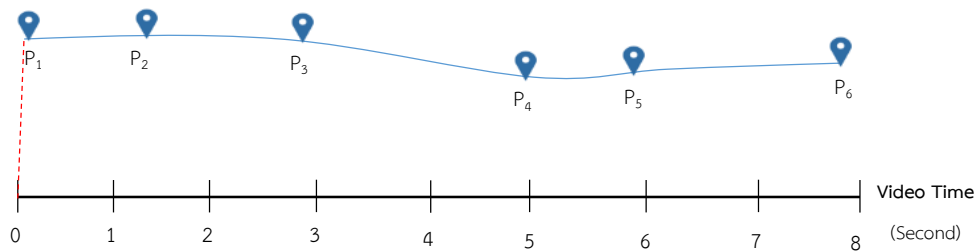
a) ค่าช่วงเวลา

การหาค่าช่วงเวลาเป็นการจำลองความถี่ในการบันทึกข้อมูล Logging data จาก GPS โดยใช้วิธีการคำนวณระยะห่างของช่วงเวลา ซึ่งมีสมมติฐานว่าอุปกรณ์การบันทึกข้อมูลจาก GPS จะบันทึกข้อมูลในระยะห่างของช่วงเวลาเท่ากันในแต่ละจุดบันทึกภาพ เช่น 1 วินาทีต่อ 1 จุด, 2 วินาทีต่อ 1 จุด เป็นต้น ซึ่งคำนวณได้จากการหาเวลาทั้งหมดของวิดีโอ จำนวนจุดทั้งหมด และจำนวนช่วงของจุด ดังสมการที่ 18

$$\text{Time Interval} = T / (N - 1) \quad [18]$$

T = เวลาของวิดีโอ (วินาที)

N = จำนวนรายการ (จุด) ที่บันทึกใน Logging data



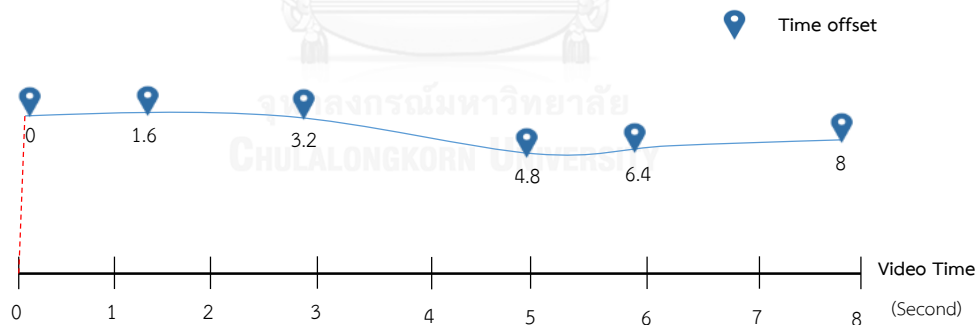
รูปที่ 3. 11 การบันทึกข้อมูลจุดของ Logging data เทียบกับเวลาของวิดีโอ

b) ค่าออฟเซตเวลา

การหาค่าออฟเซตเวลาเป็นการหาค่าระยะห่างของช่วงเวลาจากการบันทึกข้อมูลของ Logging data ตั้งแต่จุดแรกจนถึงจุดสุดท้าย โดยอ้างอิงกับเวลาเริ่มต้นของวิดีโอ (เวลาที่ 0) ซึ่งการจำลองการหาค่าของช่วงเวลาเป็นข้อมูลที่สำคัญในการเชื่อมโยงข้อมูลเส้นทางการบินกับเวลาของวิดีโอ โดยข้อมูลจุดแรกที่บันทึกจาก Logging data จะเทียบกับเวลาเริ่มต้นของวิดีโอ และค่าสะสมของเวลาทั้งหมดจะต้องเท่ากับเวลาทั้งหมดของวิดีโอเสมอ ซึ่งกระบวนการนี้เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเส้นทางการบินกับภาพวิดีโอให้มีความสอดคล้องกัน ดังสมการที่ 19

$$\text{Time offset}_i = (i - 1) \times \text{Time Interval} \quad [19]$$

i = ลำดับรายการ (จุด) ที่บันทึกใน Logging data



รูปที่ 3. 12 ค่าออฟเซตเวลาที่คำนวณจากค่าช่วงเวลาเทียบกับเวลาของวิดีโอ

3.3.3 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้น (Linear Interpolation)

การประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นเป็นกระบวนการประมาณค่าจากวิธีการอ้างอิงเชิงเส้น (Interpolative Linear Referencing Method) กล่าวคือเป็นการระบุตำแหน่งโดยใช้จุดที่ทราบค่าพิกัดในการประมาณค่าให้กับจุดอื่นๆ ซึ่งการระบุตำแหน่งนั้นเป็นการคำนวณหาค่าสัดส่วนจากการวัดระยะห่างระหว่างตำแหน่งจากจุดอ้างอิงกับตำแหน่งที่ต้องการทราบค่า เทียบกับค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูดของจุดอ้างอิง เพื่อให้ค่าพิกัดในตำแหน่งใหม่มีระยะห่าง 1 วินาทีเท่ากับการเลือกเฟรมภาพ

วิดีโอ ซึ่งในงานวิจัยนี้ค่าระยะห่างระหว่างตำแหน่งแทนค่าด้วยค่าออฟเซตเวลาหรือค่าออฟเซตระยะทาง ดังนั้นการคำนวณจึงแบ่งออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

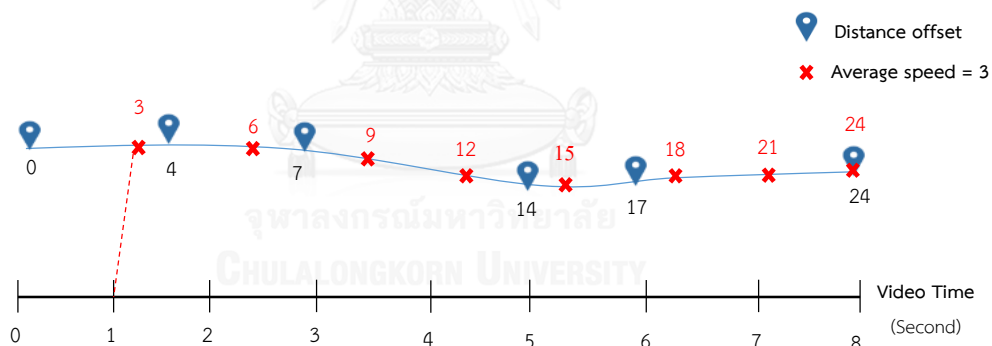
1) การหาค่าพิกัดในตำแหน่งใหม่จากการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นโดยใช้ค่าออฟเซตระยะทาง

การคำนวณตำแหน่งใหม่ที่ต้องการทราบค่าพิกัด จะใช้การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นจากค่าออฟเซตระยะทางให้มีระยะห่างของระยะทางเท่ากับอัตราเร็วเฉลี่ย (Average speed) ของเส้นทางการบิน ซึ่งการหาอัตราเร็วเฉลี่ยเป็นการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่ง เวลาใดเวลาหนึ่ง โดยเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของวิดีโอกับอัตราเร็วเฉลี่ยของเส้นทางการบิน ในการคำนวณนี้จะได้ค่าระยะทาง (เมตร) ต่อ วินาที ซึ่งมีความสำคัญในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของวิดีโอกับระยะทางต่อวินาทีของเส้นทางการบิน ดังสมการที่ 20

$$\text{Average Speed} = \text{Total Distance} / \text{Video Time} \quad [20]$$

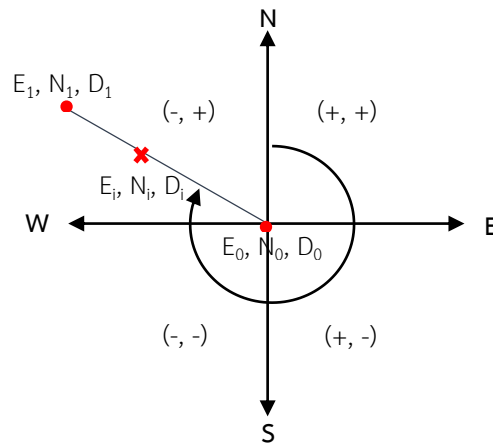
Total Distance = ระยะทางทั้งหมดของเส้นทางการบิน (เมตร)

Video Time = เวลาทั้งหมดของวิดีโอ (วินาที)



รูปที่ 3. 13 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นให้ตำแหน่งใหม่มีระยะห่างของค่าออฟเซตระยะทางเท่ากับอัตราเร็วเฉลี่ย

เมื่อประมาณค่าค่าออฟเซตระยะทางให้มีระยะห่างเท่ากับค่าอัตราเร็วเฉลี่ยของเส้นทางการบินแล้วนั้น การหาค่าพิกัดในตำแหน่งใหม่ (E_i, N_i) จะใช้การเทียบสัดส่วนระหว่างค่าออฟเซตระยะทางที่อ้างอิงกับ (D_0) ค่าออฟเซตระยะทางในตำแหน่งที่กำหนด (D_i) และทิศแอสิมัท โดยประมาณค่าจากการอ้างอิงเชิงเส้นระหว่างจุดที่ทราบค่าพิกัด 2 จุด (E_0, N_0, D_0) และ (E_1, N_1, D_1) ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3. 14 การคำนวณค่าพิกัดใหม่จากการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นโดยใช้ค่าออฟเซต

ระยะทาง

- หาค่าแอสิมัท

$$Az = \tan^{-1}(E_1 - E_0 / N_1 - N_0) \quad [21]$$

โดยมีเงื่อนไขว่า $E_1 - E_0 > 0, N_1 - N_0 > 0 = Az$

$$E_1 - E_0 > 0, N_1 - N_0 < 0 = Az + \pi$$

$$E_1 - E_0 < 0, N_1 - N_0 < 0 = Az + \pi$$

$$E_1 - E_0 < 0, N_1 - N_0 > 0 = Az + 2\pi$$

- การคำนวณหาค่าสัดส่วนของระยะห่างระหว่างค่าออฟเซตระยะทาง

$$\Delta d = D_0 - D_i \quad [22]$$

- การคำนวณหาค่าพิกัดใหม่ของตำแหน่งที่ i

$$E_i = E_0 + (\Delta d * \sin(Az)) \quad [23]$$

$$N_i = N_0 + (\Delta d * \cos(Az)) \quad [24]$$

$Az =$ ค่าแอสิมัท

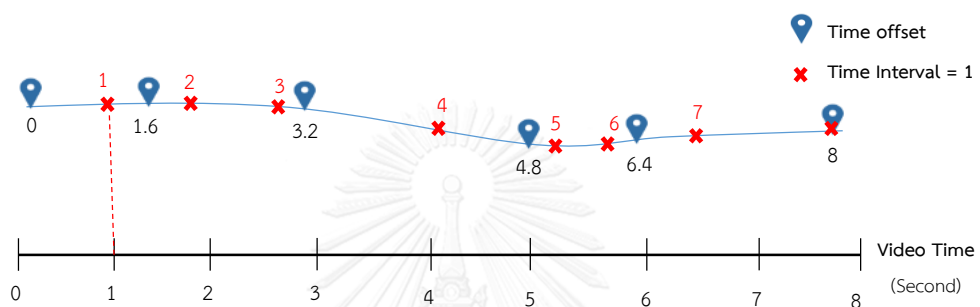
$E =$ ค่าพิกัด UTM ตะวันออก

$N =$ ค่าพิกัด UTM เหนือ

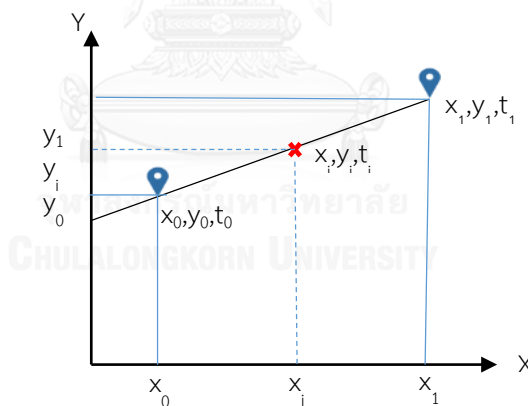
$D =$ ค่าออฟเซตระยะทาง

2) การหาค่าพิกัดในตำแหน่งใหม่จากการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นโดยใช้ค่าออฟเซตเวลา

การหาค่าพิกัดในตำแหน่งใหม่จากการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นโดยใช้ค่าออฟเซตเวลา เป็นการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นเพื่อหาค่าพิกัดในตำแหน่งใหม่ (x_i, y_i) จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดและค่าออฟเซตเวลาระหว่างจุดสองจุดที่ทราบค่าพิกัด (x_0, y_0, t_0) และ (x_1, y_1, t_1) โดยอ้างอิงกับค่าออฟเซตเวลาในตำแหน่งนั้นๆ (t_i) ให้มีระยะห่างของช่วงเวลาเท่ากับ 1 วินาที ซึ่งเท่ากับระยะห่างของเวลาในการเลือกเฟรมภาพวิดีโอ ดังรูปที่ 3.13



(ก)



(ข)

รูปที่ 3. 15 การหาค่าพิกัดในตำแหน่งใหม่

(ก) การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นให้ตำแหน่งใหม่มีระยะห่างของช่วงเวลาเท่ากับ 1 วินาที

(ข) การคำนวณค่าพิกัดใหม่จากการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นโดยใช้ค่าออฟเซตเวลา

จากรูปข้างต้นจะเห็นว่าค่าพิกัดในตำแหน่งใหม่จะอยู่ระหว่างจุดที่บันทึกข้อมูลสองจุด (x_0, y_0, t_0) และ (x_1, y_1, t_1) โดยกำหนดให้จุดที่ต้องการหาค่าพิกัดเป็น (x_i, y_i) และกำหนดค่า

ออฟเซตเวลาในตำแหน่งใหม่ซึ่งทราบค่าเป็น t_1 จึงสามารถประมาณค่าระหว่างตำแหน่งที่ทราบค่า 2 จุด โดยอ้างอิงกับค่าสัดส่วนของระยะห่างระหว่างค่าออฟเซตเวลา

- การคำนวณหาค่าต่างของจุดพิกัดตำแหน่งที่ 0 และ 1

$$\Delta t = t_1 - t_0 \quad [25]$$

$$\Delta x = x_1 - x_0 \quad [26]$$

$$\Delta y = y - y_0 \quad [27]$$

- การคำนวณหาค่าสัดส่วนของระยะห่างระหว่างค่าออฟเซตเวลา

$$\Delta t_i = t_i - t_0 \quad [28]$$

$$\Delta x_i = \Delta x * (\Delta t_i / \Delta t) \quad [29]$$

$$\Delta y_i = \Delta y * (\Delta t_i / \Delta t) \quad [30]$$

- การคำนวณหาค่าพิกัดใหม่ของตำแหน่งที่ i

$$x_i = x_0 - \Delta x_i \quad [31]$$

$$y_i = y_0 - \Delta y_i \quad [32]$$

x = ค่าละติจูด

y = ค่าลองจิจูด

t = ค่าเวลาหรือค่าช่วงเวลา

3.4 การสร้างและปรับปรุงข้อมูลจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบิน จาก Logging data

3.4.1 เครื่องมือสร้างหรือปรับปรุงชั้นข้อมูล

การบินที่ตำแหน่งที่สนใจด้วยการสร้างหรือปรับปรุงข้อมูลจากความสัมพันธ์ของภาพวิดีโอและตำแหน่งการบินที่ภาพ ผู้ใช้สามารถเลือกการสร้างหรือปรับปรุงข้อมูลได้ 3 แบบ คือ 1) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยปริยาย 2) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยผู้ใช้กำหนดเอง และ 3) ปรับปรุงชั้นข้อมูลที่มีอยู่เดิม โดยชั้นข้อมูลของการเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลจะเป็นชั้นข้อมูลจุด (Point) เท่านั้น

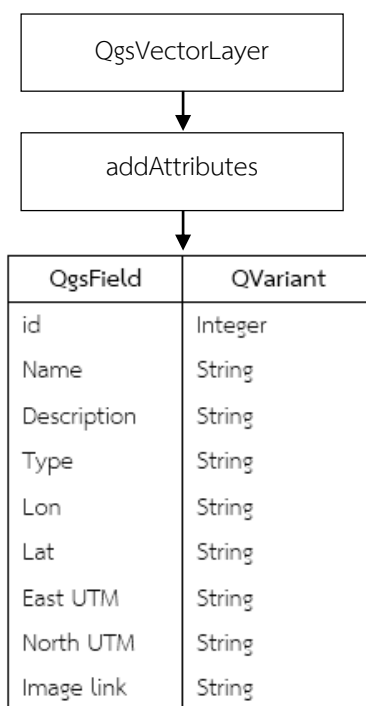
1) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยปริยาย (Default)

การสร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยปริยายเป็นการสร้างชั้นข้อมูลโดยกำหนดตารางบันทึกข้อมูลที่มีรูปแบบให้ใช้งานได้ทั่วไป โดยบันทึกข้อมูลพื้นฐานให้เหมาะสมกับทุกลักษณะงาน โดยมีโครงสร้างตารางที่บันทึกข้อมูล ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3. 2 โครงสร้างตารางบันทึกข้อมูล

ชื่อฟิลด์ข้อมูล	ประเภท	คำอธิบาย
id	Integer	ลำดับข้อมูล
Name	String	ชื่อ
Description	String	คำอธิบาย
Type	String	ประเภท
Lon	String	ค่าพิกัดลองจิจูด
Lat	String	ค่าพิกัดละติจูด
East UTM	String	ค่าพิกัด UTM ตะวันออก
North UTM	String	ค่าพิกัด UTM เหนือ
Image link	String	ที่อยู่ของไฟล์รูปภาพ

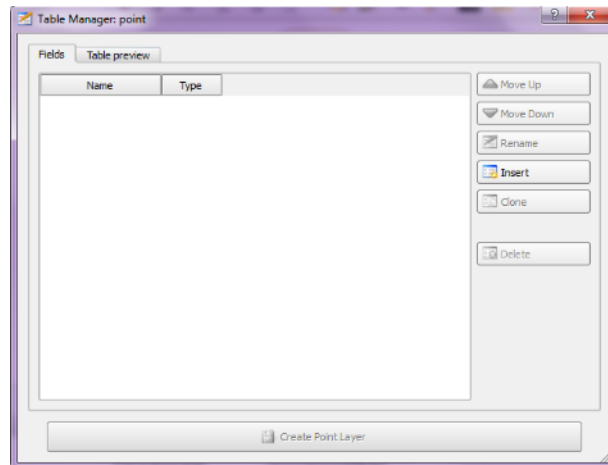
การพัฒนาโปรแกรมสำหรับสร้างชั้นข้อมูลและกำหนดตารางบันทึกข้อมูล เริ่มจากสร้างชั้นข้อมูลใหม่ขึ้นโดยใช้คำสั่ง QgsVectorLayer class จากนั้นใช้คำสั่ง addAttributes ในการกำหนดฟิลด์ข้อมูลตามโครงสร้างข้อมูลที่กำหนดไว้ โดยการกำหนดชื่อฟิลด์ข้อมูลและประเภทของข้อมูล ดังรูปที่ 3.16



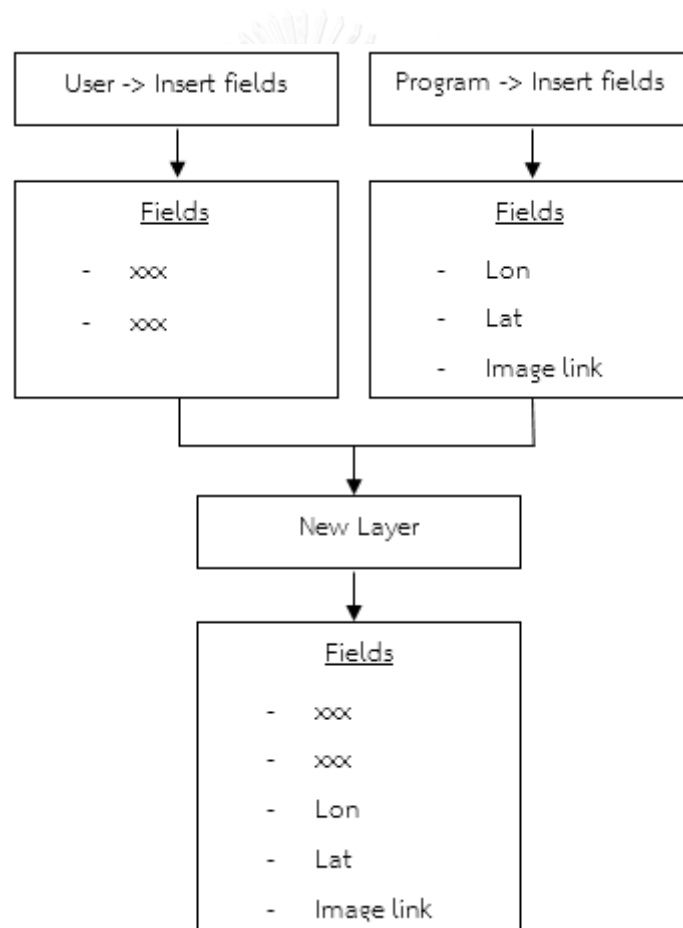
รูปที่ 3. 16 แนวคิดการสร้างชั้นข้อมูลและกำหนดตารางบันทึก

2) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยผู้กำหนดเอง

ผู้ใช้สามารถสร้างชั้นข้อมูลใหม่ด้วยการกำหนดตารางบันทึกข้อมูลด้วยตัวเองผ่าน GUI ที่สร้างขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้ นำแบบฟอร์มหน้าต่างและการทำงานของ Table Manager Plugin ที่เป็นปลั๊กอินของ QGIS สำหรับจัดการตารางข้อมูลมาใช้งานร่วมกับปลั๊กอินที่พัฒนาขึ้น ซึ่งการสร้างชั้นข้อมูลและจัดการตารางบันทึกข้อมูลใช้คำสั่ง QgsVectorLayer class ใน QGIS Core Library เมื่อเพิ่มตำแหน่งที่สนใจแล้วนั้น ข้อมูลจะถูกบันทึกลงในตารางตามที่ผู้ใช้ได้กำหนดขึ้น อีกทั้งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้นจะสามารถเพิ่มฟิลด์และบันทึกข้อมูลค่าพิกัดละติจูด ลองจิจูด และที่อยู่ของรูปภาพโดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.17



(ก)

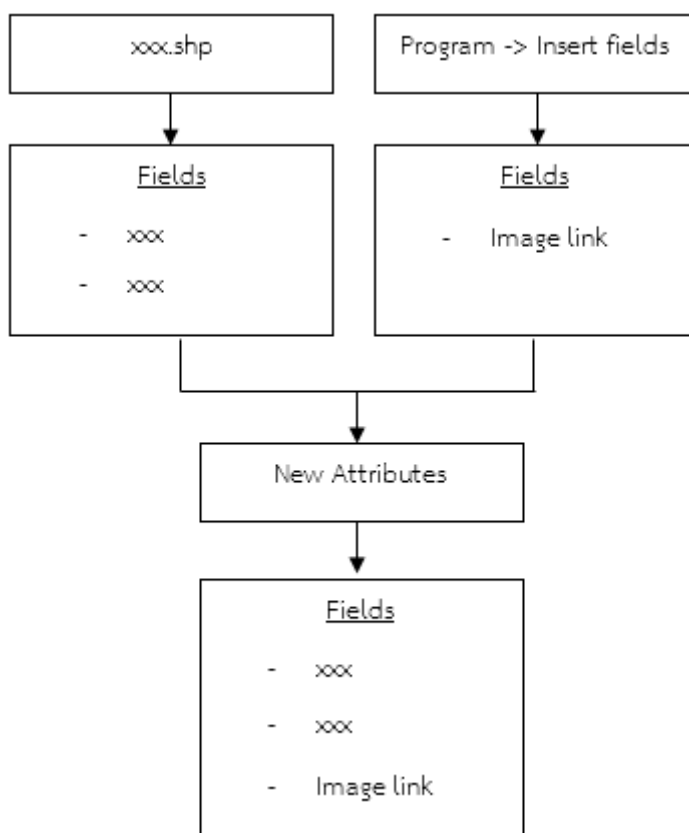


(ข)

รูปที่ 3. 17 สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยผู้กำหนดเอง เมื่อ (ก) แบบฟอร์มหน้าต่างของ Table Manager Plugin (ข) แนวคิดการสร้างชั้นข้อมูลด้วยการกำหนดตารางบันทึกข้อมูลผ่านหน้าต่าง

3) เพิ่มหรือปรับปรุงชั้นข้อมูลที่มีอยู่เดิม

การเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลจากชั้นข้อมูลที่มีอยู่เดิมเป็นการทำงานกับชั้นข้อมูลที่มีอยู่เพื่อนำมาแก้ไขหรือเพิ่มจุดข้อมูลใหม่ โดยการทำงานของโปรแกรมเริ่มต้นจากการเลือกไฟล์ชั้นข้อมูลที่มีตารางบันทึกข้อมูลอยู่แล้ว จากนั้นเมื่อเพิ่มจุดข้อมูลใหม่ ตารางบันทึกข้อมูลจะเปลี่ยนแปลง โดยยังคงตารางบันทึกข้อมูลของเดิมไว้พร้อมกับเพิ่มฟิลด์บันทึกที่อยู่ของรูปภาพโดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.18

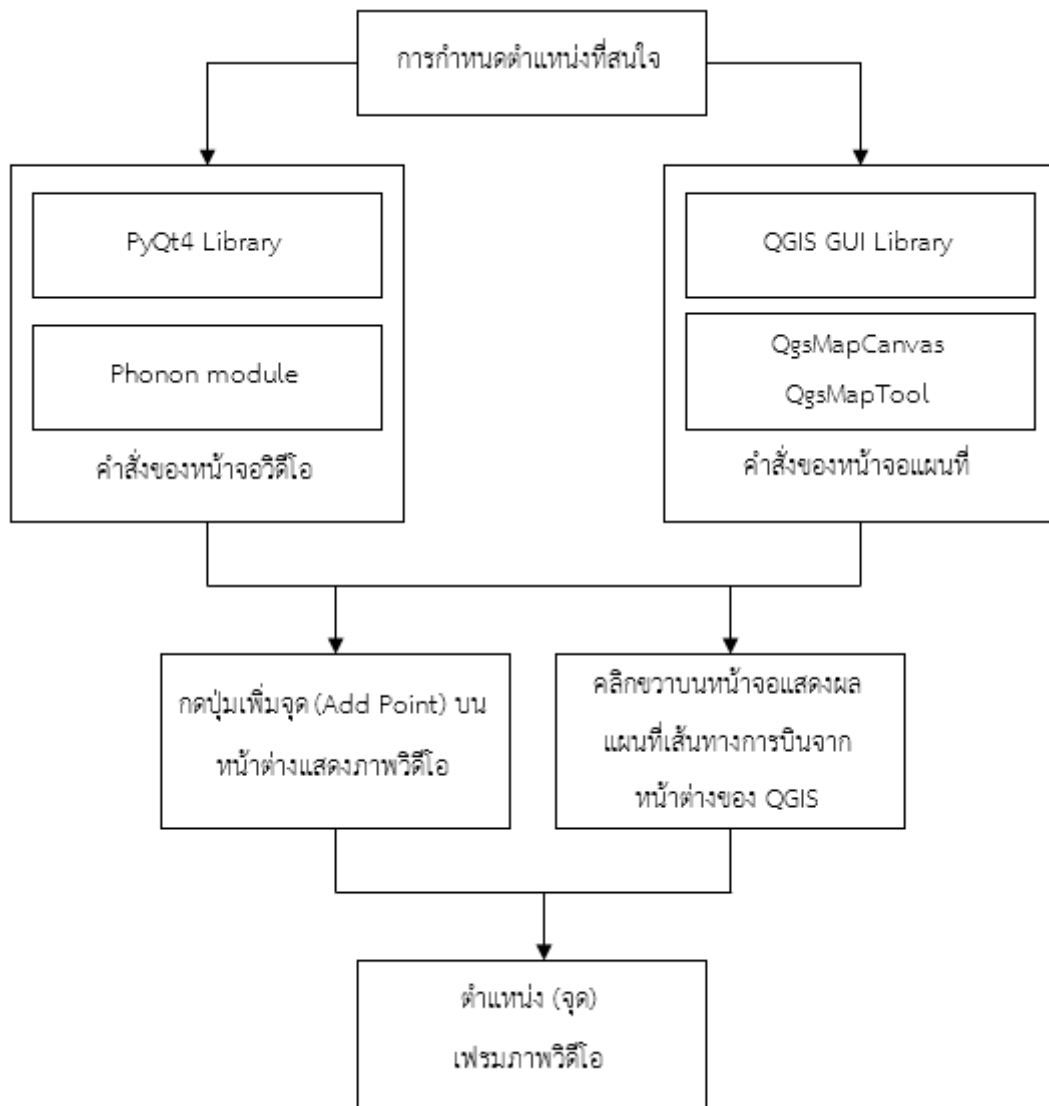


รูปที่ 3. 18 แนวคิดการเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลจากชั้นข้อมูลที่มีอยู่เดิม

3.4.2 การกำหนดตำแหน่งข้อมูลที่สนใจและบันทึกเฟรมภาพวิดีโอ

การกำหนดตำแหน่งข้อมูลที่สนใจและบันทึกเฟรมภาพวิดีโอ เป็นการใช้คำสั่งร่วมกันระหว่าง Phonon module ใน PyQt4 Library กับ QgsMapCanvas และ QgsMapTool class ใน QGIS GUI Library ซึ่งเป็นการโต้ตอบกันระหว่างจอแสดงผลภาพวิดีโอกับจอแสดงแผนที่เส้นทางการบินบนหน้าต่างของ Quantum GIS สามารถกำหนดตำแหน่งได้ 2 แบบ คือ 1) กำหนดตำแหน่งจากหน้าจอแสดงผลแผนที่เส้นทางการบิน เป็นการคลิกเมาส์ในตำแหน่งที่สนใจบนแผนที่ ซึ่งเป็นการ

กำหนดจากตำแหน่งของเมาส์บนแผนที่เส้นทางการบินที่มีความสัมพันธ์กับเฟรมภาพวิดีโอ 2) กำหนดจากปุ่มเพิ่มจุด (Add Point) บนหน้าต่างแสดงผลวิดีโอ เป็นการมองผ่านภาพวิดีโอเพื่อเพิ่มตำแหน่งที่สนใจ ซึ่งการกำหนดตำแหน่งนั้นจะกำหนดจากเฟรมภาพวิดีโอที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของเส้นทางการบิน ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3. 19 การทำงานของโปรแกรมในส่วนของการกำหนดตำแหน่งข้อมูลที่น่าสนใจ

เมื่อกำหนดตำแหน่งจากเฟรมภาพวิดีโอ ปลั๊กอินจะคำนวณเวลาของวิดีโอ เชื่อมโยงไปยังค่าออฟเซตเวลาเวลา (t_i) หรือค่าออฟเซตระยะทาง (D_i) ของ Logging data จากนั้นจะทำการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นโดยอ้างอิงกับค่าพิกัดและค่าออฟเซตเวลาหรือค่าออฟเซตระยะทางระหว่างจุดที่ทราบค่าพิกัด 2 จุด ก็จะทำให้ทราบค่าพิกัดในตำแหน่งที่กำหนด ซึ่งค่าออฟเซตเวลาหรือออฟเซตระยะทางจะมีความสัมพันธ์กันกับข้อมูลค่าเวลาของวิดีโอที่เป็นตัวกำหนดในการเลือกเฟรม

ภาพวิดีโอ ดังนั้นเมื่อกำหนดตำแหน่งจากเฟรมภาพวิดีโอก็จะสามารถเชื่อมโยงไปยังค่าพิกัดที่ถูกคำนวณขึ้นจากค่าออฟเซตเวลาหรือค่าออฟเซตระยะทางของเส้นทางการบิน

ในส่วนของการกำหนดตำแหน่งจากหน้าจอแสดงผลแผนที่เส้นทางการบิน หากคลิกซ้ายที่เมาส์จะเป็นการเลื่อนตำแหน่งของสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของการบิน โดยจะมีความสัมพันธ์กับเฟรมภาพวิดีโอ กล่าวคือ หากเลื่อนสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งไปยังจุดใดจุดหนึ่งในแนวเส้นทางการบิน เฟรมภาพวิดีโอก็จะเลื่อนไปยังเฟรมภาพของตำแหน่งนั้นๆ เนื่องจากเป็นกำหนดระยะห่างของค่าออฟเซตเวลาหรือค่าออฟเซตระยะทาง ซึ่งถูกเชื่อมโยงกับค่าเวลาของวิดีโอ ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นการเลื่อนตำแหน่งจากเฟรมภาพวิดีโอหรือการเลื่อนตำแหน่งจากแนวเส้นทางการบิน เฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งก็จะมีความสัมพันธ์กัน เมื่อต้องการกำหนดตำแหน่งบนหน้าจอแสดงผลแผนที่ที่จะต้องคลิกขวาซึ่งจะเป็นการกำหนดค่าละติจูดและลองจิจูดตามการคลิกเมาส์บนหน้าจอแผนที่ตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยเฟรมภาพวิดีโอจะถูกดึงภาพไว้เช่นกัน วิธีการกำหนดตำแหน่งจากหน้าจอแสดงผลแผนที่นี้ ปลั๊กอินจัดทำไว้เพื่อให้ผู้ใช้งานกำหนดจุดที่ต้องการด้วยตนเอง เนื่องจากในบางครั้งจุดที่สนใจอาจไม่ได้อยู่ในตำแหน่งบนเส้นทางการบิน ผู้ใช้ก็สามารถเลือกกำหนดจุดได้ตามความต้องการ

3.4.3 การแปลงระบบพิกัดสำหรับแสดงผลข้อมูลและบันทึกข้อมูล

ระบบพิกัดฉาก UTM เป็นระบบที่ช่วยในการกำหนดตำแหน่งและใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่ง เพราะตารางกริดมีขนาดและรูปร่างเหมือนกันทุกตาราง มีวิธีการกำหนดบอกค่าพิกัดที่ง่ายและให้ค่าเป็นระยะทางที่มีหน่วยเป็นเมตร ซึ่งใช้งานได้สะดวกกว่าระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ผู้วิจัยจึงคิดให้ปลั๊กอินนี้มีการแสดงผลและบันทึกข้อมูลในตำแหน่งที่สนใจ โดยแปลงค่าพิกัดจากระบบพิกัดภูมิศาสตร์ให้เป็นระบบพิกัด UTM เพื่อนำมาใช้งานต่อไปได้ง่ายขึ้น การแปลงระบบพิกัดในโปรแกรมนี้ใช้ osr module ใน OSGeo Library สำหรับแปลงค่าพิกัดโดยจะต้องกำหนดเขต UTM และแบ่งซีกโลกเหนือหรือใต้เส้นศูนย์สูตร โดยมีหลักการคำนวณดังนี้

1) คำนวณหาเขต UTM

เขต UTM จะแบ่งโลกออกเป็น 60 ส่วนเท่าๆ กัน โดยแต่ละส่วนกว้าง 6 องศา โดยเขตที่ 1 เริ่มจากเส้นลองจิจูดที่ 180°W จนถึง 174°W และนับไปทางตะวันออกจนถึงเขตที่ 60 ดังนั้นสามารถคำนวณหาเขต UTM ของตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง ได้จากสมการที่ 33

$$\text{UTM Zone} = 1 + (\text{longitude} + 180) / 60 \quad [33]$$

2) คำนวณหาซีกโลกเหนือหรือใต้

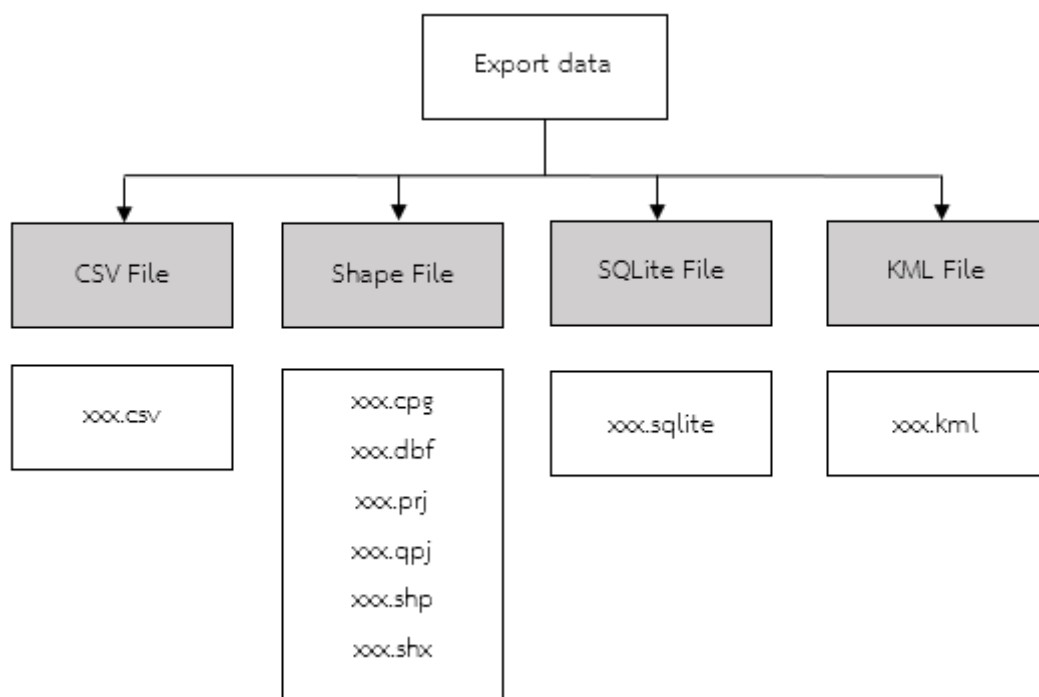
เส้นศูนย์สูตรเป็นเส้นที่แบ่งซีกโลกเหนือกับซีกโลกใต้ ดังนั้นการคำนวณหาซีกโลกเหนือหรือใต้สามารถหาได้จากค่าละติจูด โดยกำหนดให้หากค่าละติจูดมีค่าเป็นบวกคือตำแหน่งนั้นอยู่ในซีกโลกเหนือ แต่หากค่าละติจูดมีค่าเป็นลบแสดงว่าตำแหน่งนั้นอยู่ในซีกโลกใต้ ดังเงื่อนไข

$$\text{latitude} < 0.0 = 0$$

$$\text{latitude} \geq 0.0 = 1$$

3.4.4 การจัดเก็บข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของระบบฐานข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

การพัฒนาเครื่องมือเพื่อนำผลลัพธ์ของการเพิ่มและปรับปรุงข้อมูลที่สนใจมาจัดเก็บตามโครงสร้างของข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบระบบฐานข้อมูล GIS ซึ่งสามารถจัดเก็บข้อมูล 4 รูปแบบ คือ ไฟล์ข้อความ (CSV File), ชั้นข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (ESRI Shape File), ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (SQLite DB) และ KML File เพื่อให้ข้อมูลที่บันทึกไว้สามารถนำเข้าสู่โปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับ GIS และสามารถนำมาวิเคราะห์หรือประมวลผลทาง GIS ต่อไปได้ ซึ่งอาศัยชุดคำสั่ง QgsVectorFileWriter class ใน QGIS Core Library ในการจัดเก็บข้อมูลจากชั้นข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ข้อความ



รูปที่ 3. 20 การจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการเพิ่มหรือปรับปรุงชั้นข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของระบบฐานข้อมูล GIS

บทที่ 4

การทดสอบเครื่องมือปลั๊กอิน

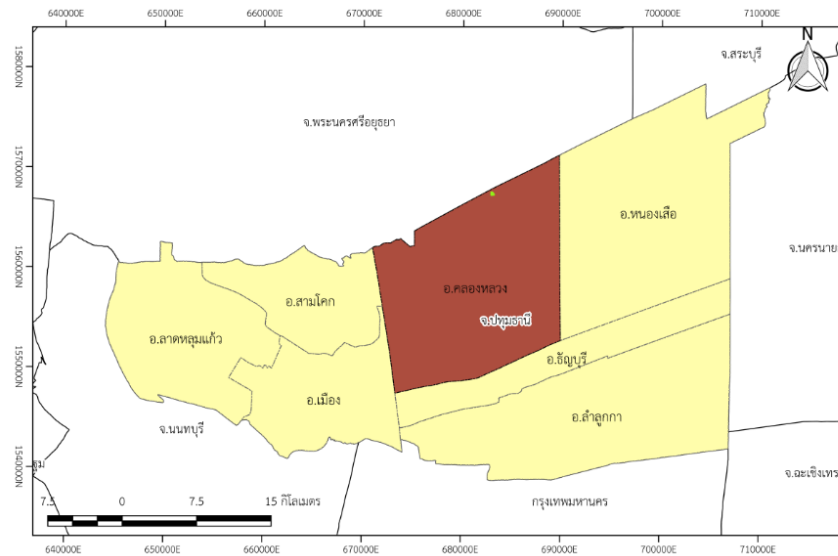
ในบทนี้กล่าวถึงการทดสอบเครื่องมือปลั๊กอินที่พัฒนาขึ้นสำหรับเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินของ UAV ซึ่งจะทำการทดสอบเครื่องมือในส่วนต่างๆ ประกอบด้วย

- ข้อมูลที่ใช้ทดสอบการทำงานของปลั๊กอิน
- การทดสอบการทำงานในส่วนการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูล Logging data
- การประเมินความถูกต้องของตำแหน่งบันทึกภาพกับเฟรมภาพวิดีโอ
- การทดสอบการทำงานในส่วนการสร้างหรือปรับปรุงข้อมูลจากความสัมพันธ์ของภาพวิดีโอและตำแหน่งการบันทึกภาพของเส้นทางการบิน
- การทดสอบการทำงานในส่วนการแปลงระบบพิกัดสำหรับการแสดงผลข้อมูลและบันทึกข้อมูล
- การทดสอบการทำงานในส่วนการจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการสร้างหรือปรับปรุงชั้นข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของระบบฐานข้อมูล GIS
- การทดสอบการทำงานในส่วนการจัดเก็บรูปภาพจากการกำหนดตำแหน่ง

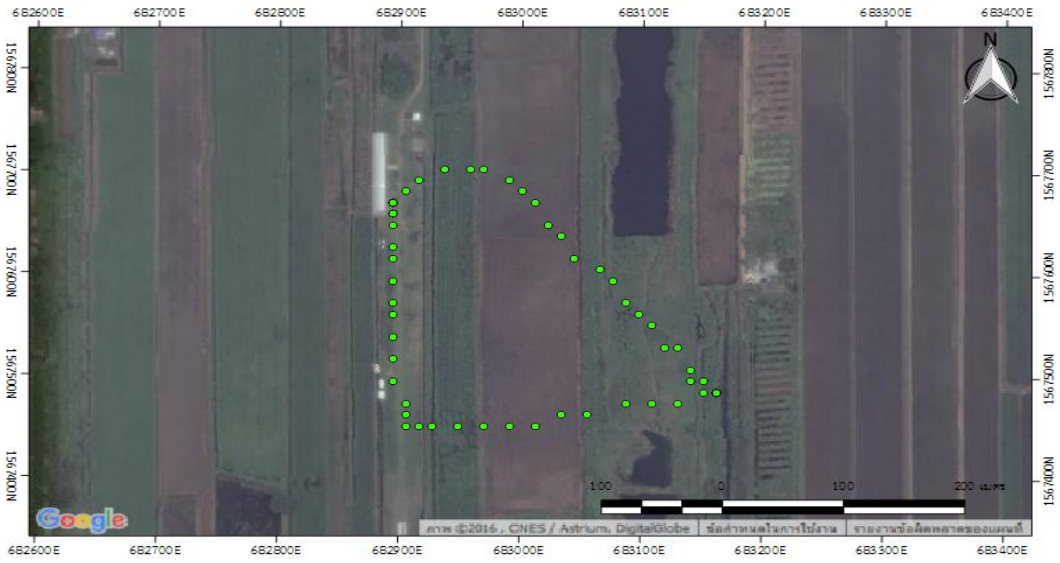
4.1 ข้อมูลที่ใช้ทดสอบการทำงานของปลั๊กอิน

4.1.1 ข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน

ข้อมูลที่ใช้ทดสอบการทำงานของปลั๊กอินเป็นการบันทึกภาพวิดีโอและตำแหน่งเส้นทางการบินจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก บริเวณสนามบินเล็กรังสิตคลองสี่ ตำบลคลองสี่ อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี



(ก)



(ข)

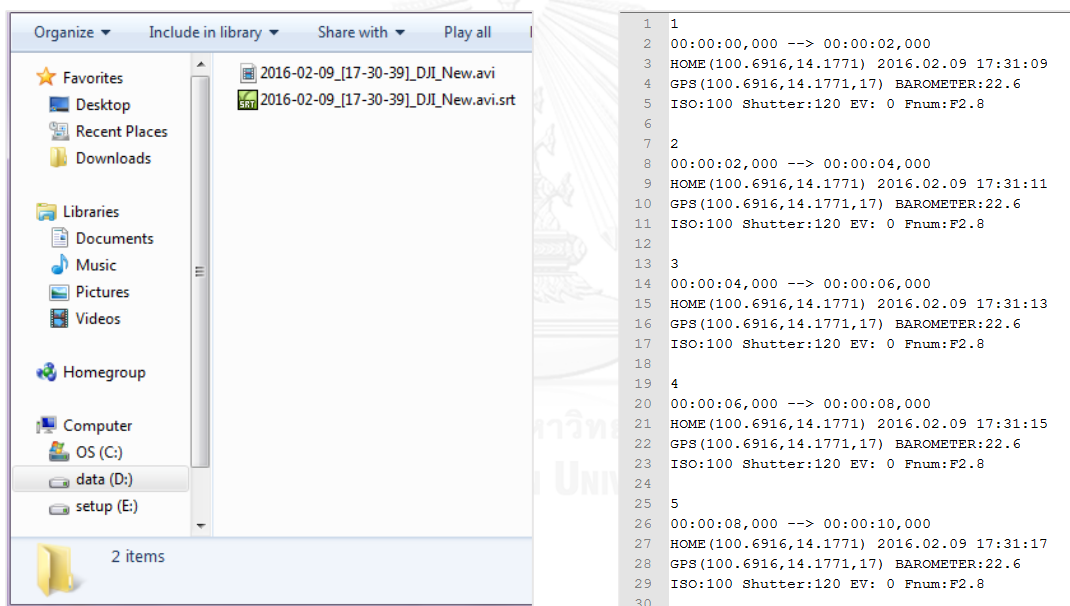
รูปที่ 4. 1 แผนที่พื้นที่ข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน (ก) บริเวณพื้นที่ศึกษา ตำบลคลองสี่ อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี (ข) ตำแหน่งการบินที่ภาพจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กบริเวณสนามบินเล็กรังสิตคลองสี่ มาตรฐาน 1:3,500

ในการเก็บข้อมูลวิดีโอและข้อมูลเส้นทางการบินนี้ใช้ UVA รุ่น dji plantom 3 ที่เป็นอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน 4 ใบพัด (Multi-rotor) ดังรูปที่ 4.2 โดยไฟล်วิดีโอมี

ระยะเวลาในการบันทึกภาพ 2.16 นาที และข้อมูลจาก Logging data ที่มีรูปแบบเป็นไฟล์ข้อความที่เป็น SRT File ซึ่งบันทึกตำแหน่งเส้นทางการบินจำนวน 69 จุด ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4. 2 อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน รุ่น dji plantom 3



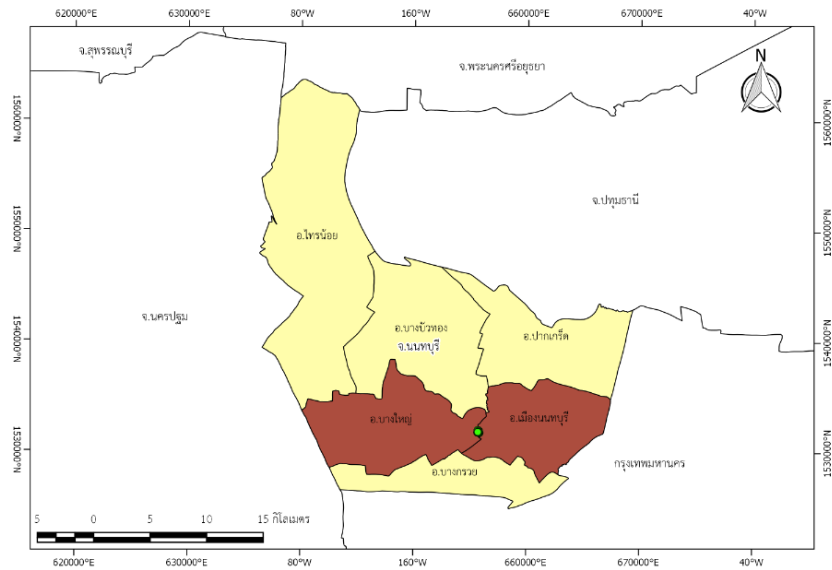
(ก)

(ข)

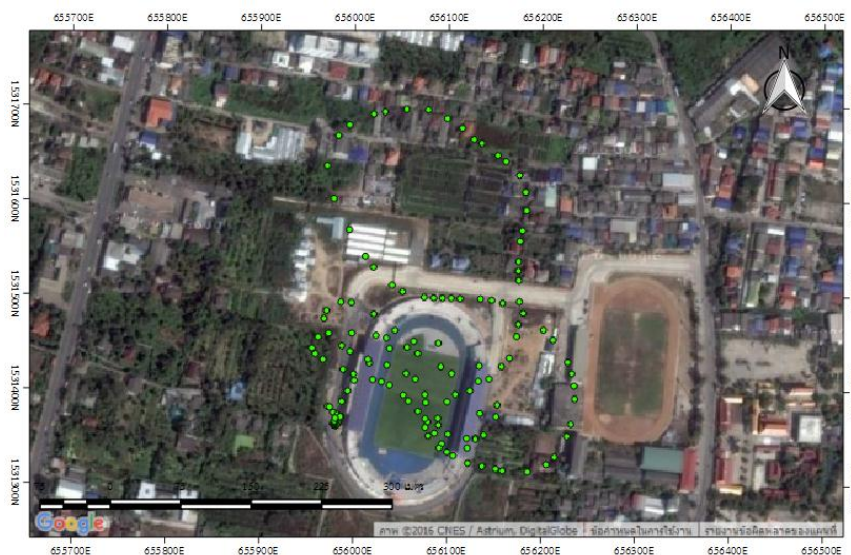
รูปที่ 4. 3 ข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน (ก) โฟลเดอร์ที่เก็บไฟล์ข้อมูลวิดีโอ กับเส้นทางการ (ข) ข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data

4.1.2 ข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด

ข้อมูลที่ใช้ทดสอบการทำงานของปลั๊กอินเป็นการบันทึกภาพวิดีโอและตำแหน่งเส้นทางการบินจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด บริเวณสนามกีฬาจังหวัดนนทบุรี



(ก)



(ข)

รูปที่ 4. 4 แผนที่พื้นที่ข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด

(ก) บริเวณพื้นที่ศึกษาอำเภอบางใหญ่และอำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี

(ข) ตำแหน่งการบันทึกภาพจาก UAV บริเวณสนามกีฬาจังหวัดนนทบุรี มาตรฐาน 1:3,500

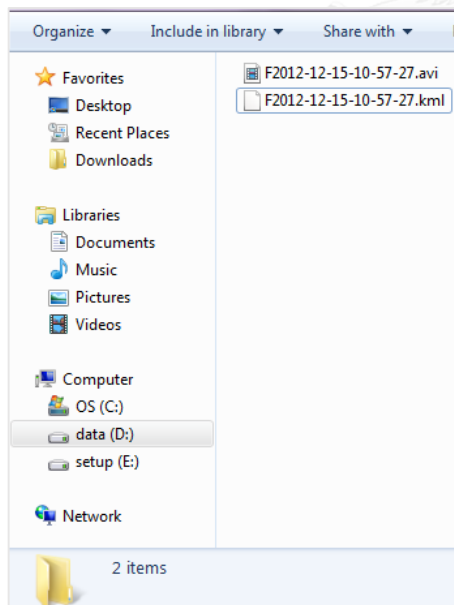
ในการเก็บข้อมูลวิดีโอและข้อมูลเส้นทางการบินนี้ใช้อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด ดังรูปที่ 4.5 ที่ใช้กล้องติดรถยนต์ในการบันทึกวิดีโอและเส้นทางการบิน รุ่น HD DVR R300 ดังรูปที่ 4.6 โดยไฟล์วิดีโอมีระยะเวลาในการบันทึกภาพ 4.47 นาที และข้อมูลจาก Logging data ที่มีรูปแบบเป็นไฟล์ข้อความที่เป็น KML File ซึ่งบันทึกตำแหน่งเส้นทางการบินจำนวน 179 จุด ดังรูปที่ 4.7



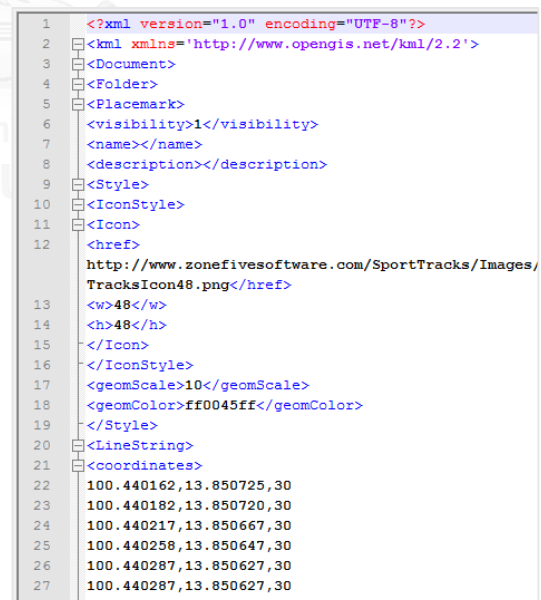
รูปที่ 4. 5 อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยึด



รูปที่ 4. 6 กล้องติดรถยนต์ รุ่น HD DVR R300



(ก)



(ข)

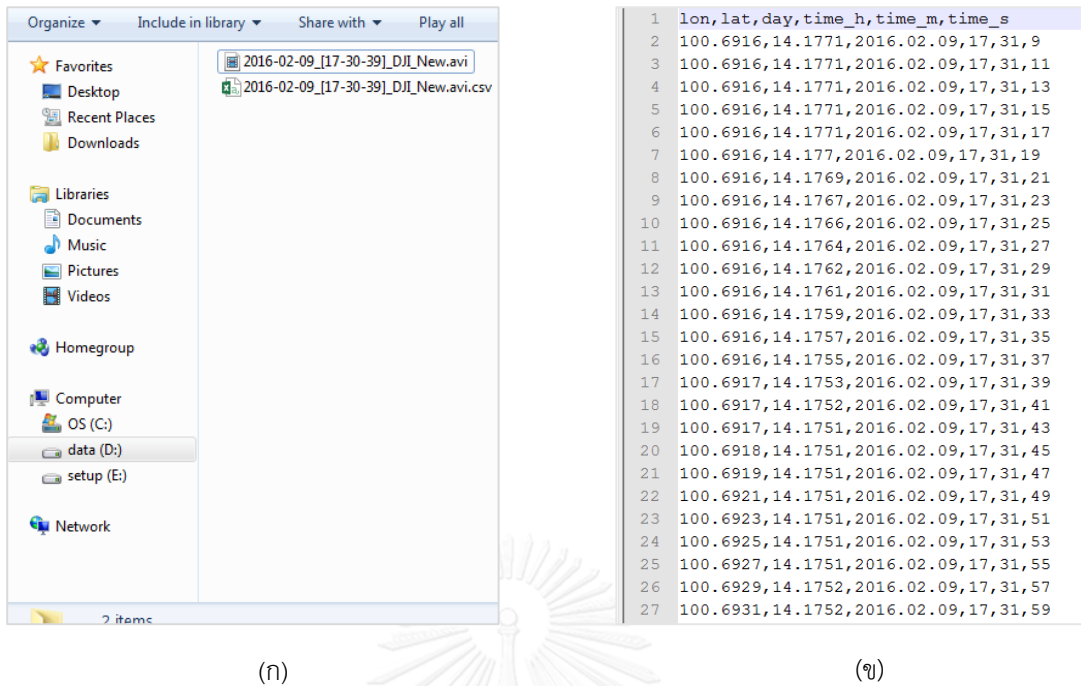
รูปที่ 4. 7 ข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยึด (ก) โฟลเดอร์ที่เก็บไฟล์ข้อมูลวิดีโอเกี่ยวกับเส้นทางการบิน (ข) ข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data

4.1.3 การเตรียมข้อมูล Logging data

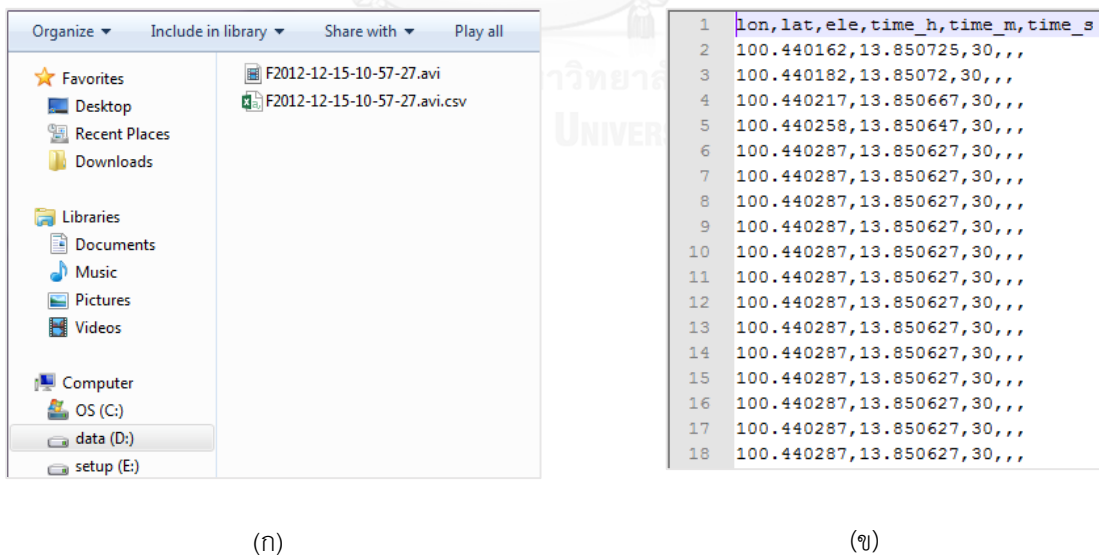
โดยทั่วไป Logging data จะเป็นไฟล์บันทึกข้อความจาก GPS โดยมีรูปแบบการบันทึกข้อความ เป็น Text File ที่บันทึกข้อมูลตามการตั้งค่าการบิน เช่น ละติจูด ลองจิจูด ค่าความสูง ค่าเวลา เป็นต้น ซึ่งในแต่ละการบินจะมีการตั้งค่ารูปแบบการบันทึกแตกต่างกันตามการใช้งาน หรือแตกต่างกันในแต่ละยี่ห้อหรือรุ่น และในบางครั้งจะมีการบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ทำให้แต่ละ Logging data มีการจัดเก็บข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังนั้นก่อนที่จะนำ Logging data มาใช้งาน จึงต้องเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน โดยทำให้เป็นไฟล์ข้อความที่คั่นด้วยจุลภาค (CSV File) กำหนดให้มีโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลพิกัดเส้นทางการบินให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน เพื่อให้มีโครงสร้างสอดคล้องกับการนำมาใช้งาน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4. 1 โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูล

ตารางข้อมูล	รายละเอียด
lat	ค่าพิกัด ละติจูด
lon	ค่าพิกัด ลองจิจูด
time_h	เวลาที่บันทึกภาพในหน่วยชั่วโมง
time_m	เวลาที่บันทึกภาพในหน่วยนาที
time_s	เวลาที่บันทึกภาพในหน่วยวินาที



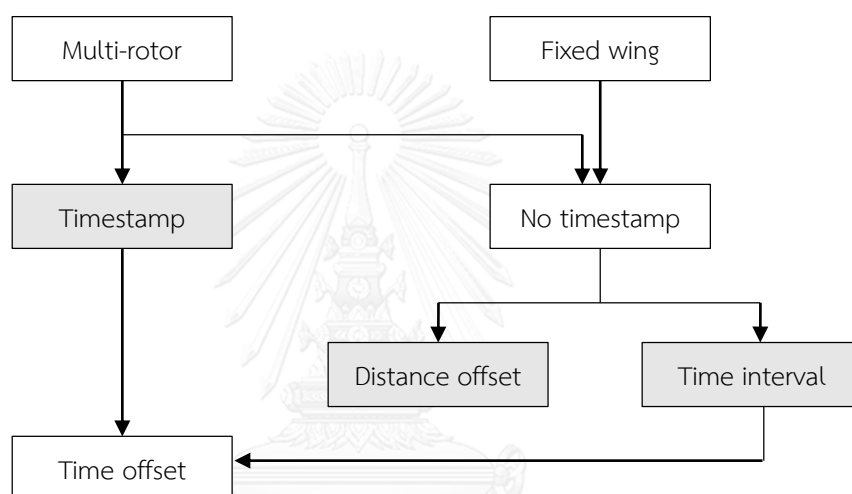
รูปที่ 4. 8 การเตรียมข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน (ก) โพลเดอร์ที่เก็บไฟล์ข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบิน (ข) ข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data ตามโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลที่กำหนด



รูปที่ 4. 9 การเตรียมข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด (ก) โพลเดอร์ที่เก็บไฟล์ข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบิน (ข) ข้อมูลเส้นทางการบินจาก Logging data ตามโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลที่กำหนด

4.2 การทดสอบการทำงานในส่วนการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบันทึกภาพจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูล Logging data

การทดสอบการทำงานในส่วนการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบันทึกภาพจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูล Logging data เป็นการทดสอบความสัมพันธ์และความสอดคล้องกันระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งของเส้นทางการบิน ซึ่งสามารถแบ่งการทดสอบออกตามข้อมูลของอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กที่ใช้ทดสอบ 2 แหล่งข้อมูลคือ ข้อมูลเส้นทางการบินจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน และอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด โดยมีผลการทดสอบการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูล Logging data ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4. 10 การทดสอบการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งเส้นทางการบินจากข้อมูลอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุนและปีกยัด

4.2.1 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูล Logging data จากข้อมูลอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน

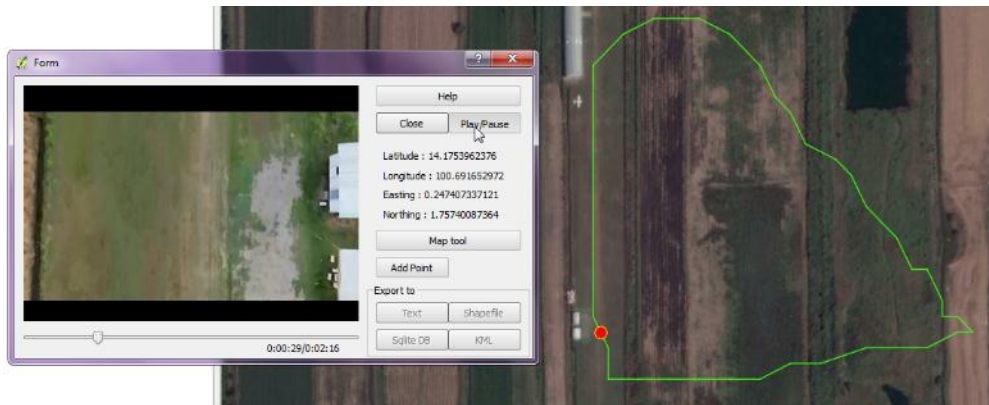
ข้อมูลเส้นทางการบินจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุนมีการบันทึกข้อมูลละติจูด ลองจิจูด และค่าเวลาในตำแหน่งการบันทึกภาพ จึงทำให้สามารถทดสอบการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินด้วยวิธีการคำนวณครบทั้ง 3 แบบ คือ 1) การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับค่าออฟเซตระยะทาง 2) การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับค่าออฟเซตเวลาจากค่าเวลา และ 3) การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับค่าออฟเซตเวลาจากค่าช่วงเวลา ผลการทดสอบมีดังต่อไปนี้

- 1) ผลการทดสอบการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับค่าออฟเซตระยะทางของข้อมูลอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน

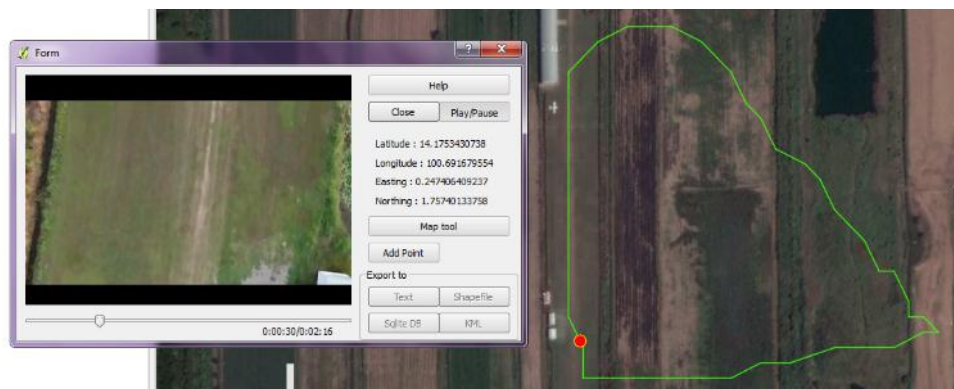
การบันทึกข้อมูลเส้นทางการบินจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน มีระยะทางทั้งหมด 901.1576 เมตร มีอัตราเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 6.6262 เมตรต่อวินาที จากนั้นปลั๊กอินจะนำค่าระยะห่างระหว่างจุดตั้งแต่จุดแรกจนถึงจุดสุดท้ายมาคำนวณค่าออฟเซตระยะทาง ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญในการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบิน ดังตารางที่ 4.2 โดยปลั๊กอินจะคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของวิดีโอกับค่าออฟเซตระยะทางที่คำนวณจากค่าละติจูดและลองจิจูดของ Logging data และทำการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นของตำแหน่งเส้นทางการบิน เพื่อหาตำแหน่งใหม่ของสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งให้เคลื่อนที่เท่ากับอัตราเร็วเฉลี่ยต่อ 1 วินาที ซึ่งจะเท่ากับระยะห่าง 1 วินาทีในการเลือกเฟรมภาพของวิดีโอ

ตารางที่ 4. 2 การคำนวณค่าออฟเซตระยะทางของ Logging data จากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน

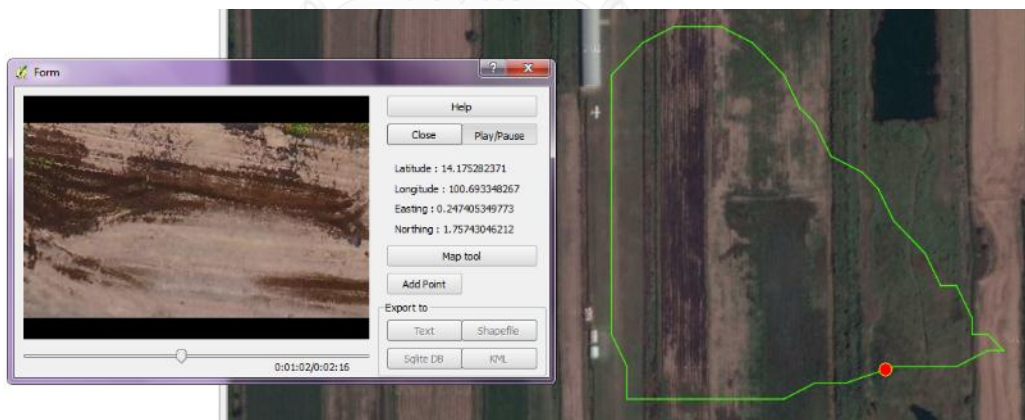
Point	Latitude	Longitude	Distance	Distance Offset
0	14.1771	100.6916	0	0
1	14.1771	100.6916	0	0
2	14.1771	100.6916	0	0
3	14.1771	100.6916	0	0
4	14.1771	100.6916	0	0
...
...
64	14.1773	100.6918	24.2603	859.1772
65	14.1772	100.6917	15.4581	874.6353
66	14.1771	100.6916	15.4581	890.0934
67	14.1770	100.6916	11.0642	901.1576
68	14.1770	100.6916	0	901.1576



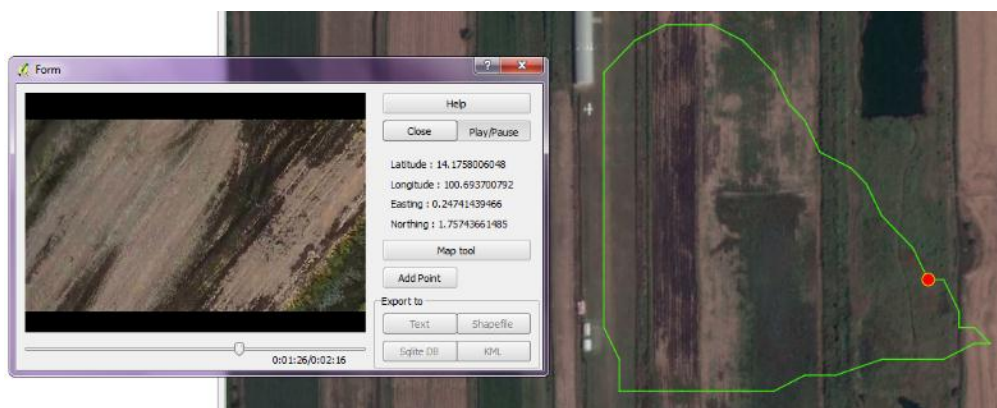
(၈)



(၉)



(၁၀)



(ง)

รูปที่ 4. 11 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าออฟเซตระยะทางจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน (ก) วินาทีที่ 29 (ข) วินาทีที่ 30 (ค) วินาทีที่ 62 (ง) วินาทีที่ 86

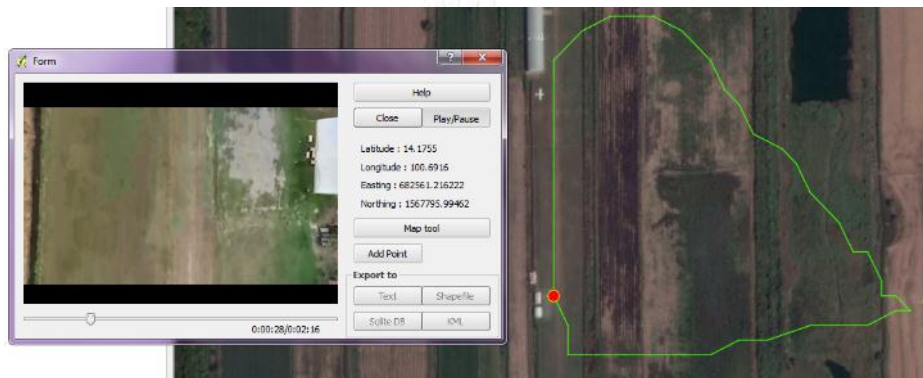
จากรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่า เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผลลัพธ์ของการเชื่อมโยงระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบินที่ภาพของวินาทีที่ 29 ที่มีการเคลื่อนที่ไปยังระยะทางที่ 192.1586 เมตร และวินาทีที่ 30 ที่มีการเคลื่อนที่ไปยังระยะทางที่ 198.7847647 เมตรซึ่งค่อนข้างสัมพันธ์สอดคล้องกันกับเฟรมภาพวิดีโอ เนื่องจากการบินถ่ายวิดีโอในช่วงแรกมีความเร็วค่อนข้างคงที่ ทำให้เวลาในวินาทีที่ 29 และ 30 ยังคงมีความสัมพันธ์กันระหว่างตำแหน่งและเฟรมภาพวิดีโอ แต่หากวิดีโอมีการลดระดับความเร็วลง, เร่งความเร็วขึ้น หรือไม่มีการเคลื่อนที่ การเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับตำแหน่งการถ่ายภาพด้วยวิธีนี้จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่สอดคล้องกัน ดังเช่นเวลาที่ 01.02 จนถึงเวลา 01.26 นาที จะเห็นได้ว่าในภาพวิดีโอไม่มีการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ แต่สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของการบันทึกภาพกลับเคลื่อนที่ไปเรื่อยๆ โดยเคลื่อนไปยังระยะทาง 410.8218 - 569.8497 เมตร ซึ่งไม่ตรงกับความเป็นจริงและไม่สัมพันธ์กันระหว่างตำแหน่งและเฟรมภาพวิดีโอ

2) ผลการทดสอบการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับค่าออฟเซตเวลาจากค่าเวลาของข้อมูลอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน

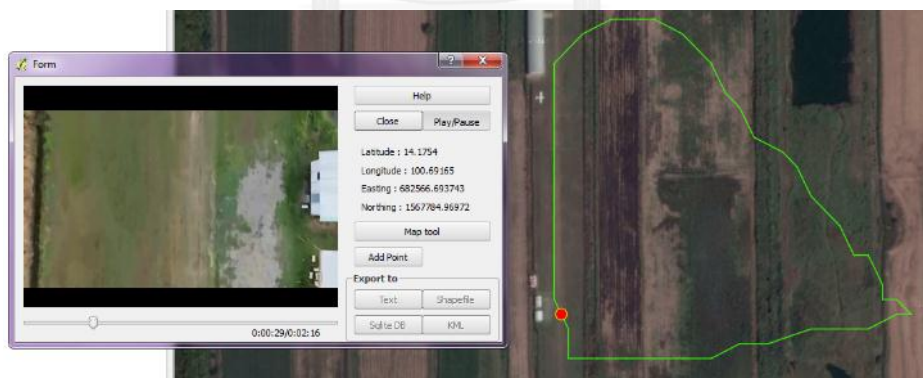
เนื่องจากข้อมูลเส้นทางการบินจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน มีการบันทึกค่าเวลาในตำแหน่งการบินที่ภาพ จึงสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับค่าออฟเซตเวลาจากค่าเวลาได้ โดยหลักการจะคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของวิดีโอกับค่าออฟเซตเวลาที่คำนวณจากค่าเวลาของ Logging data และประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นของตำแหน่งเส้นทางการบิน เพื่อหาตำแหน่งใหม่ของสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งให้เคลื่อนที่มีระยะห่าง 1 วินาที ซึ่งจะเท่ากับระยะห่าง 1 วินาทีในการเลือกเฟรมภาพของวิดีโอ โดยการประมาณค่านั้นจะอ้างอิงกับค่าออฟเซตเวลาและค่าพิกัด ซึ่งการทดสอบการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการ

บิน พบว่าผลลัพธ์ในส่วนการเชื่อมโยงเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพด้วยค่าเวลา มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกันระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพ ซึ่งสามารถตรวจสอบการแสดงผลความถูกต้องของตำแหน่งได้ใน 2 กรณี คือ ยานพาหนะเคลื่อนที่ และ ยานพาหนะไม่เคลื่อนที่

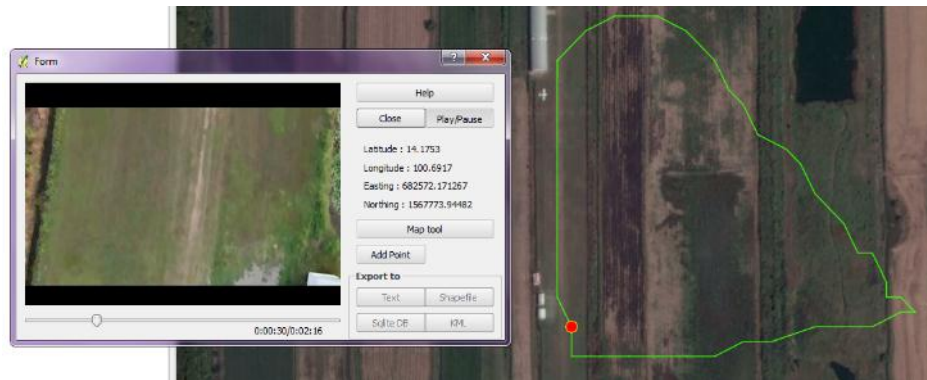
ในกรณีที่มีการเคลื่อนที่ของเครื่องบิน สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งจะต้องเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งที่มีความสัมพันธ์กับเฟรมภาพวิดีโอ ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการมองผ่านภาพวิดีโอ และแผนที่เส้นทางการบิน หากตำแหน่งมีความสัมพันธ์กันกับเฟรมภาพวิดีโอแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอและตำแหน่งของเส้นทางการบินมีความสัมพันธ์และถูกต้องตรงกับความ เป็นจริง ดังรูปที่ 4.12



(ก)



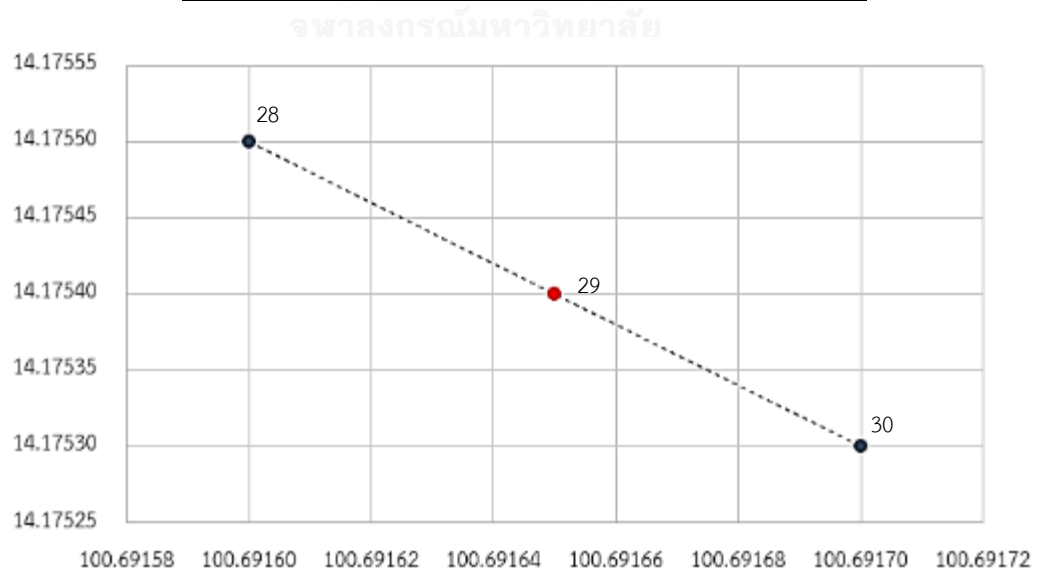
(ข)



(ค)

รูปที่ 4. 12 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอเข้ากับเส้นทางการบินด้วยค่าเวลาจาก Logging data มีระยะห่างในการบันทึกข้อมูล 2 วินาทีต่อ 1 จุด (ก) วินาทีที่ 28 (ข) วินาทีที่ 29 (ค) วินาทีที่ 30 ตารางที่ 4. 3 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นของตำแหน่งเส้นทางการบินในค่าออฟเซตเวลา วินาทีที่ 29

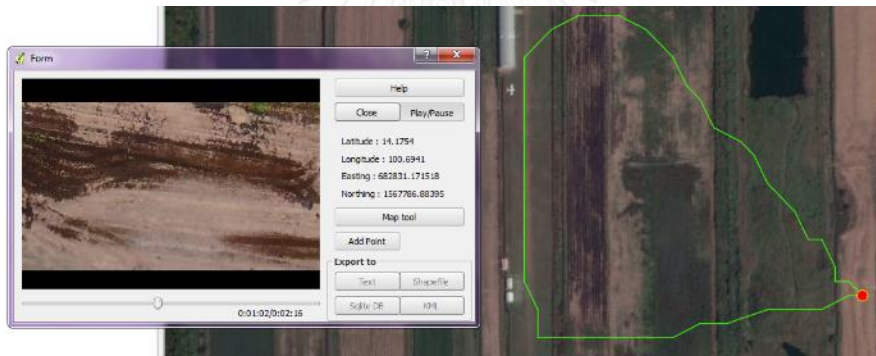
Point	Latitude	Longitude	Timestamp Offset
14	14.1755	100.6916	28
	14.1754	100.69165	29
15	14.1753	100.6917	30



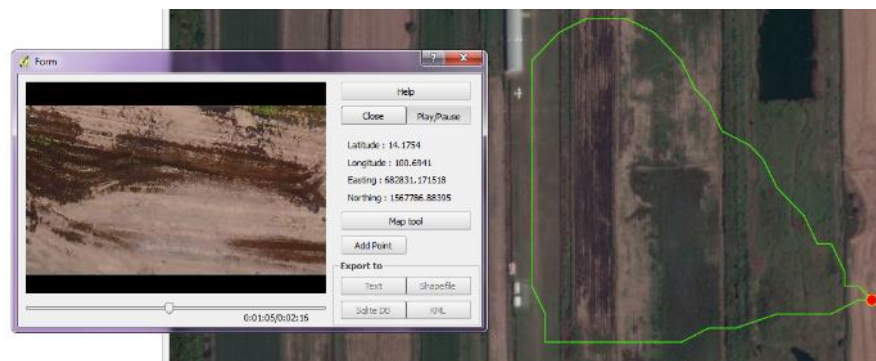
รูปที่ 4. 13 การประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นตำแหน่งของค่าออฟเซตเวลาที่ 29

จากรูปที่ 4.12 จะเห็นว่าสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของการบันทึกภาพมีการเคลื่อนที่ในระยะห่าง 1 วินาที เท่ากับระยะห่าง 1 วินาทีของการเลือกเฟรมภาพของวิดีโอ ซึ่งเกิดจากการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นของค่าออฟเซตเวลาที่อ้างอิงกับจุดที่ทราบค่าพิกัด 2 จุด จากตารางที่ 4.5 ค่าพิกัดในตำแหน่งของค่าออฟเซตวินาทีที่ 29 เป็นการประมาณค่าจากค่าออฟเซตเวลาโดยอ้างอิงกับค่าพิกัดที่อยู่ระหว่างตำแหน่งใหม่คือค่าพิกัดในวินาทีที่ 28 และ 30 ตามลำดับ ซึ่งความสอดคล้องกันระหว่างตำแหน่งการบันทึกภาพกับเฟรมภาพวิดีโอ สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้จากการเปรียบเทียบข้อมูลพิกัดที่ประมาณค่าตำแหน่งใหม่กับข้อมูลที่อยู่ระหว่างการประมาณค่าดังรูปที่ 4.13 จึงเห็นได้ว่าผลการเชื่อมโยงเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกันระหว่างตำแหน่งและเฟรมภาพวิดีโอ

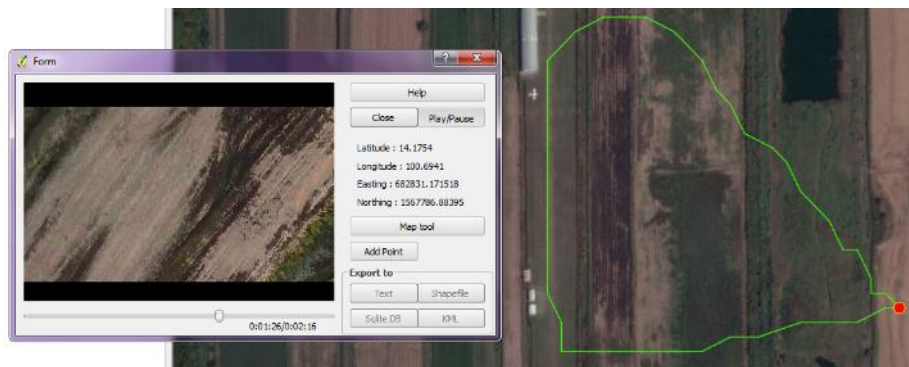
ในกรณีที่เครื่องบินไม่มีการเคลื่อนที่ สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งจะต้องหยุดอยู่กับที่ในตำแหน่งของเครื่องบินนั้นๆ แต่หากสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งกลับเคลื่อนที่ต่างๆที่เฟรมภาพวิดีโอปรากฏรูปเครื่องบินหยุดอยู่กับที่แสดงว่าเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งเส้นทางการบินไม่สัมพันธ์และไม่สอดคล้องกัน ดังรูปที่ 4.14



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4. 14 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าเวลา

(ก) วินาทีที่ 62 (ข) วินาทีที่ 65 (ค) วินาทีที่ 86

ตารางที่ 4. 4 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นของตำแหน่งเส้นทางการบินในค่าออฟเซตเวลา วินาทีที่ 63, 65 และ 86

Point	Latitude	Longitude	Timestamp Offset
31	14.1754	100.6941	62
	14.1754	100.6941	63
32	14.1754	100.6941	64
	14.1754	100.6941	65
33	14.1754	100.6941	66
...
43	14.1754	100.6941	86

จากรูปที่ 4.14 จะเห็นได้ว่าภาพวิดีโอในวินาทีที่ 62 , 65 และ 86 สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งเส้นทางการบินไม่เคลื่อนที่หรือซ้ำอยู่ที่เดิม เนื่องจากเครื่องบินหยุดอยู่กับที่แต่ยังคงบันทึกภาพวิดีโอ ทำให้ค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูดซ้ำอยู่ที่เดิม ดังตารางที่ 4.6 จะเห็นว่าวินาทีที่ 63 และ 65 เกิดจากการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นโดยอ้างอิงกับค่าออฟเซตเวลาและค่าพิกัดระหว่างวินาทีที่ 62 และ 64 และ วินาทีที่ 64 และ 66 ตามลำดับ ซึ่งค่าพิกัดละติจูดและลองจิจูดของเวลาทั้งสองอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน จึงทำให้ตำแหน่งใหม่ที่ประมาณค่าแล้วนั้นซ้ำอยู่ที่เดิม จึงเห็นได้ว่าผลการ

เชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกันระหว่างตำแหน่งและเฟรมภาพวิดีโอ

3) ผลการทดสอบการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับค่าออฟเซตเวลาจากค่าช่วงเวลาของข้อมูลอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน

การทำงานของปลั๊กอินจะเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินจากการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของวิดีโอกับค่าออฟเซตเวลาที่ได้จากการคำนวณค่าช่วงเวลาของ Logging data และประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นให้ค่าออฟเซตเวลาที่มีระยะห่างของช่วงเวลาเท่ากับ 1 วินาที เท่ากับระยะห่างในการเลือกเฟรมภาพวิดีโอ จากการอ้างอิงกับค่าออฟเซตเวลาและจุดพิกัดที่ทราบค่า 2 จุด ซึ่งการทดสอบนี้ขั้นตอนแรกปลั๊กอินจะคำนวณค่าช่วงเวลาขึ้นเพื่อใช้แทนค่าเวลา โดยการคำนวณจากเวลาของวิดีโอทั้งหมดและจำนวนรายการ (จุด) ทั้งหมดของ Logging data เพื่อนำมาคำนวณค่าออฟเซตเวลาในการหาความสัมพันธ์กับเฟรมภาพวิดีโอ ดังตารางที่ 4.5

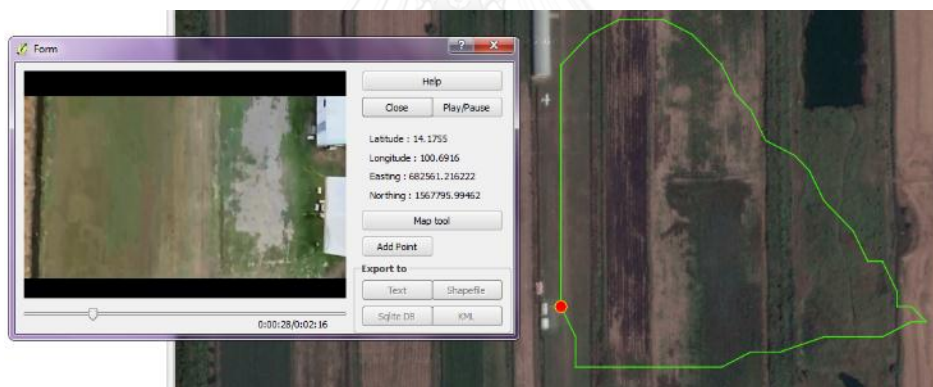
ตารางที่ 4. 5 การคำนวณค่าออฟเซตเวลาของ Logging data จาก UAV แบบปีกหมุน

Point	Latitude	Longitude	Time interval	Time offset
0	14.1771	100.6916	2	0
1	14.1771	100.6916	2	2
2	14.1771	100.6916	2	4
3	14.1771	100.6916	2	6
4	14.1771	100.6916	2	8
5	14.177	100.6916	2	10
...
...
64	14.1773	100.6918	2	128
65	14.1772	100.6917	2	130
66	14.1771	100.6916	2	132
67	14.1770	100.6916	2	134

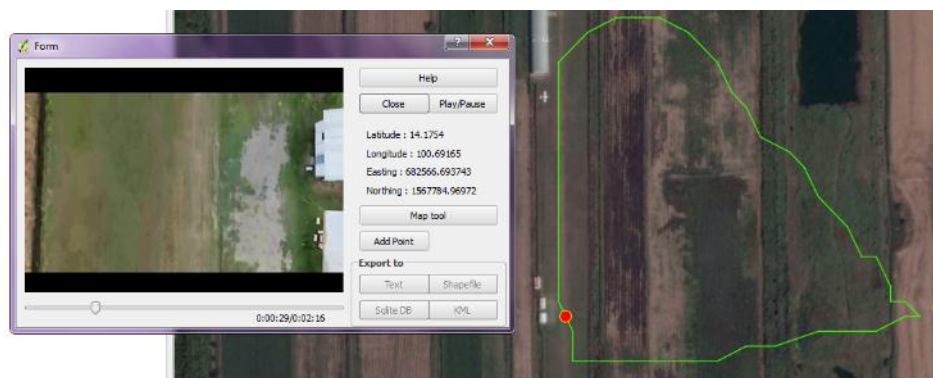
Point	Latitude	Longitude	Time interval	Time offset
68	14.1770	100.6916	2	136

จากตารางที่ 4.5 การบันทึกข้อมูลเส้นทางการบินของ Logging data นี้มีระยะห่างของค่าช่วงเวลา เท่ากับ 2 วินาที ซึ่งปลั๊กอินจะเชื่อมโยงข้อมูลเวลาของวิดีโอกับค่าออฟเซตเวลาของ Logging data ที่คำนวณขึ้นจากค่าช่วงเวลา โดยทำการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าออฟเซตเวลากับค่าพิกัด ให้มีระยะห่างของเวลาเท่ากับ 1 วินาที ซึ่งการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งและเฟรมภาพวิดีโอสามารถตรวจสอบการแสดงผลความถูกต้องของตำแหน่งได้ใน 2 กรณี คือ ยานพาหนะเคลื่อนที่ และยานพาหนะไม่เคลื่อนที่

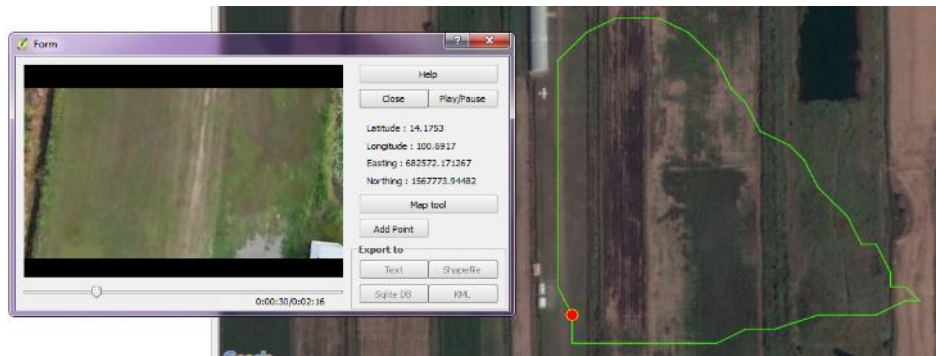
ในกรณีที่มีการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งจะต้องเคลื่อนที่โดยมีความสัมพันธ์กับเฟรมภาพวิดีโอ สามารถสังเกตได้จากความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งบนแผนที่ที่เทียบกับแผนที่อ้างอิง เช่น แผนที่ระวาง Google Map เป็นต้น



(ก)



(ข)

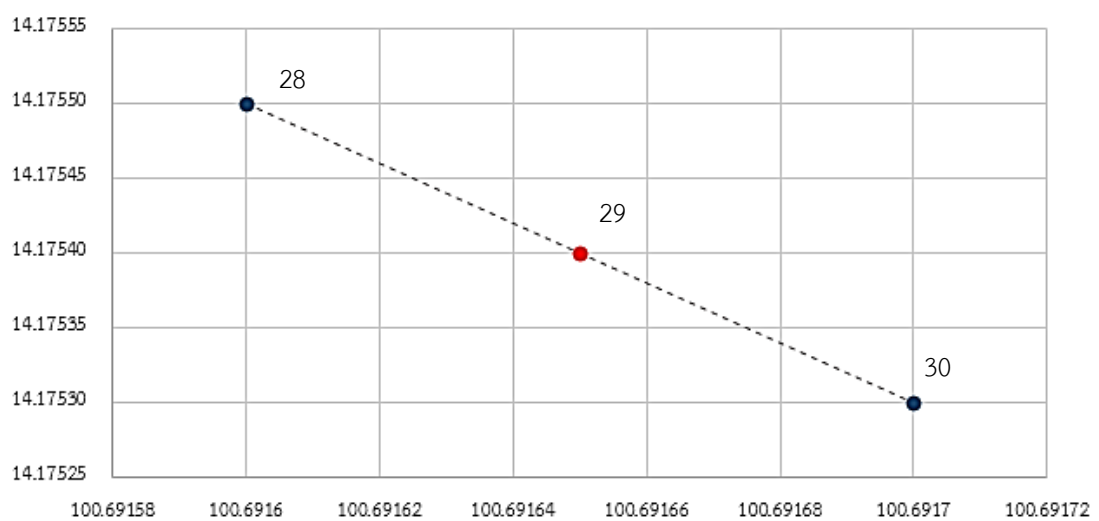


(ค)

รูปที่ 4. 15 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าช่วงเวลาจาก UAV แบบปีกหมุน
(ก) วินาทีที่ 28 (ข) วินาทีที่ 29 (ค) วินาทีที่ 30

ตารางที่ 4. 6 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นของตำแหน่งเส้นทางการบินในค่าออฟเซตเวลา
วินาทีที่ 29

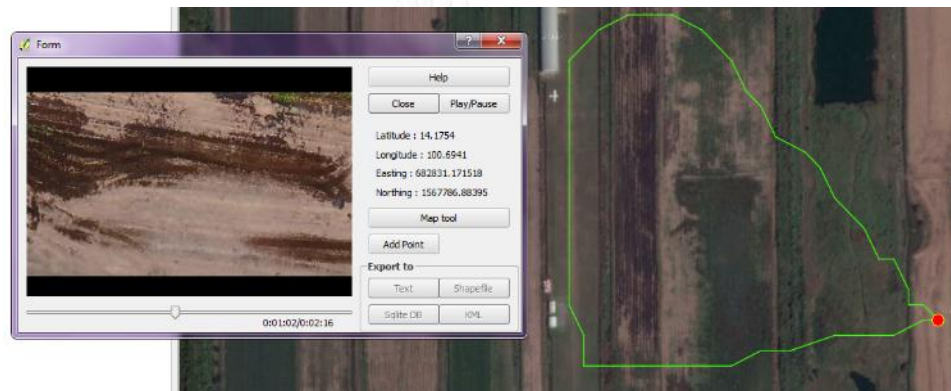
Point	Latitude	Longitude	Time Offset
14	14.1755	100.69160	28
	14.1754	100.69165	29
15	14.1753	100.69170	30



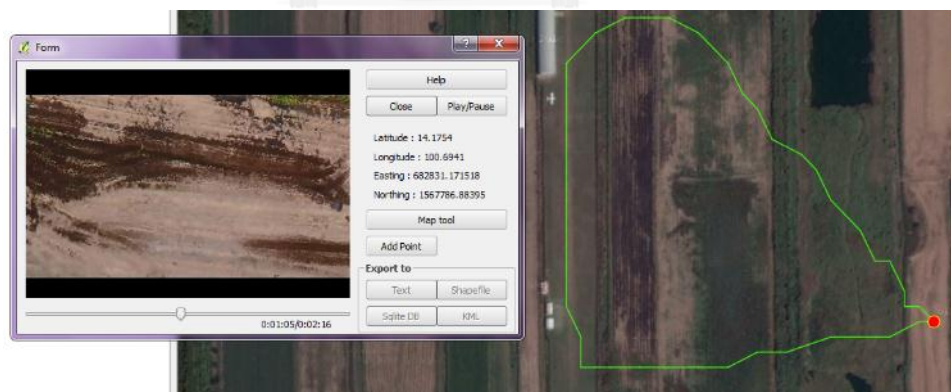
รูปที่ 4. 16 การประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นตำแหน่งของค่าออฟเซตเวลาที่วินาที 29

จากรูปที่ 4.15 จะเห็นได้ว่า เวลาวินาทีที่ 28, 29 และ 30 ของวิดีโอ สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของการบันทึกภาพเกิดการเคลื่อนที่โดยมีลักษณะที่สัมพันธ์กับเฟรมภาพวิดีโอ โดยเคลื่อนที่ระยะห่าง 1 วินาที ซึ่งตำแหน่งของวินาทีที่ 29 เกิดจากการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นโดยอ้างอิงระหว่างค่าพิกัดในตำแหน่งที่ 14 และ 15 กับค่าออฟเซตเวลาที่ 28 และ 30 ดังรูปที่ 4.16 และผลลัพธ์การเชื่อมโยงเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพด้วยค่าช่วงเวลามีความสัมพันธ์และถูกต้องตามความเป็นจริงของตำแหน่ง ดังตารางที่ 4.6

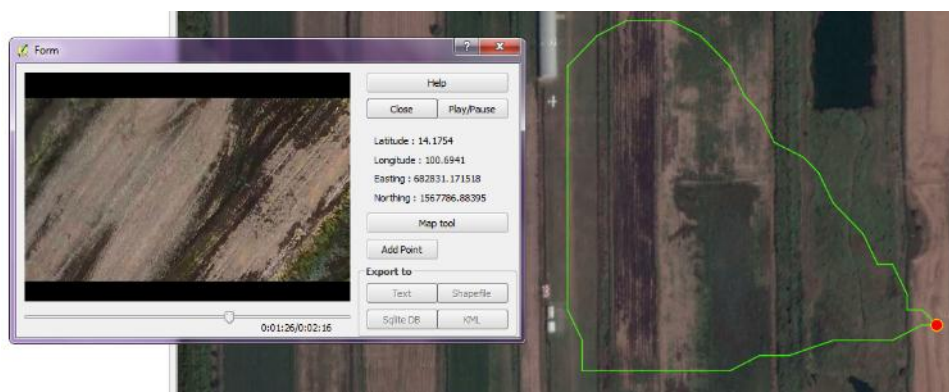
ในกรณีที่ยานพาหนะไม่เคลื่อนที่ สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งก็จะอยู่ในตำแหน่งเดิม แสดงว่าตำแหน่งการบันทึกภาพและเฟรมภาพวิดีโอมีความสัมพันธ์และถูกต้องตรงกับความเป็นจริง ดังรูปที่ 4.17



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4. 17 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าช่วงเวลาจากอากาศยานไร้คนขับ
ขนาดเล็กแบบปีกหมุน (ก) วินาทีที่ 62 (ข) วินาทีที่ 65 (ค) วินาทีที่ 86

ตารางที่ 4. 7 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นของตำแหน่งเส้นทางการบินในค่าออฟเซตเวลา
วินาทีที่ 62, 65 และ 86

Point	Latitude	Longitude	Timestamp Offset
31	14.1754	100.6941	62
	14.1754	100.6941	63
32	14.1754	100.6941	64
	14.1754	100.6941	65
33	14.1754	100.6941	66
...
43	14.1754	100.6941	86

จากรูปที่ 4.17 จะเห็นได้ว่า สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งในวินาทีที่ 62, 65 และ 86 ไม่เคลื่อนที่หรือซ้ำอยู่ที่เดิม เนื่องจากยานพาหนะไม่เคลื่อนที่ ซึ่งค่าพิกัดของวินาทีที่ 65 เกิดจากการประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นโดยอ้างอิงระหว่างค่าออฟเซตเวลาและค่าพิกัดในวินาทีที่ 64 และ 66 ดังตารางที่ 4.7 ซึ่งค่าพิกัดในตำแหน่งนั้นๆ มีค่าเท่ากันเนื่องจากไม่มีการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ จึงทำให้ตำแหน่งใหม่ที่ประมาณค่าไม่เกิดการเคลื่อนที่ จึงเห็นได้ว่าผลการเชื่อมโยงเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบินที่ภาพมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกันระหว่างตำแหน่งและเฟรมภาพวิดีโอ

4.2.2 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอเกี่ยวกับข้อมูล Logging data จากข้อมูล อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยี่ด

ข้อมูลเส้นทางการบินจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยี่ด มีการบันทึกข้อมูลที่ไม่ครบถ้วนคือ มีเพียงการบันทึกข้อมูลค่าละติจูดและค่าลองจิจูด จึงทำให้ทดสอบการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอเกี่ยวกับข้อมูลเส้นทางการบินด้วยวิธีการคำนวณเพียง 2 แบบ คือ 1) การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอเกี่ยวกับค่าออฟเซตระยะทาง และ 2) การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอเกี่ยวกับค่าออฟเซตเวลาจากค่าช่วงเวลา ผลการทดสอบมีดังต่อไปนี้

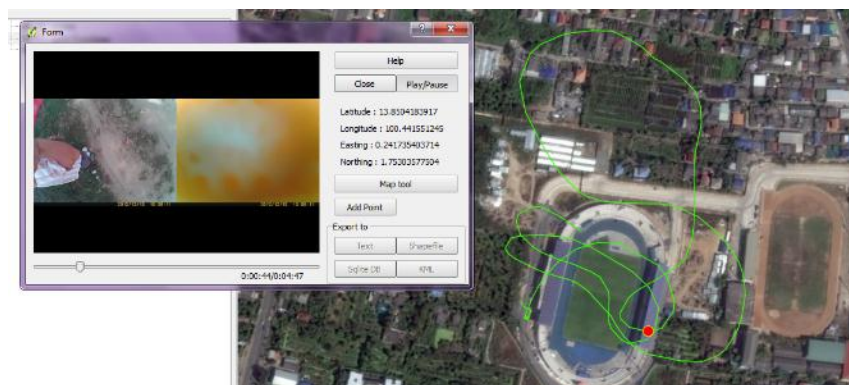
1) ผลการทดสอบการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอเกี่ยวกับค่าออฟเซตระยะทางของข้อมูลอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยี่ด

การบันทึกข้อมูลของเส้นทางการบินจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยี่ดมีระยะทางแนวนอนทั้งหมด 2,309.947 เมตร และมีระยะเวลาในการบันทึกภาพวิดีโอ 04.47 นาที โดยปลั๊กอินจะคำนวณค่าอัตราเร็วเฉลี่ยเพื่อนำมาใช้ในการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นเพื่อหาค่าพิกัดใหม่ให้สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งเคลื่อนที่ระยะห่าง 1 นาที โดยเคลื่อนออกไปในระยะเวลาเท่ากับอัตราเร็วเฉลี่ยซึ่งเท่ากับ 8.0486 เมตร และปลั๊กอินจะคำนวณหาค่าออฟเซตเวลา เพื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอ ดังตารางที่ 4.8

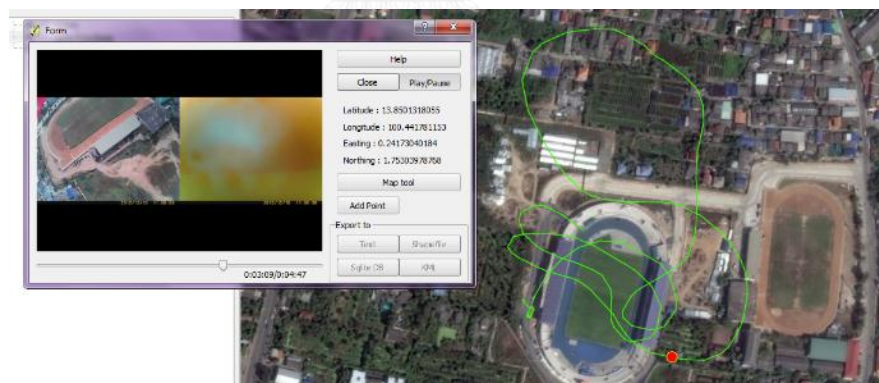
ตารางที่ 4. 8 การคำนวณค่าออฟเซตระยะทางของ Logging data จากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยี่ด

Point	Latitude	Longitude	Distance	Distance Offset
0	13.85073	100.44016	0	0
1	13.85072	100.44018	2.2315	2.2315
2	13.85067	100.44022	6.9778	9.2093
3	13.85065	100.44026	4.9534	14.1627
4	13.85063	100.44029	3.8369	17.9996
...
...
174	13.85164	100.44015	8.9699	2225.921

Point	Latitude	Longitude	Distance	Distance Offset
175	13.85172	100.44030	17.7178	2243.639
176	13.85172	100.44040	11.1472	2254.786
177	13.85161	100.44062	26.713	2281.499
178	13.85145	100.44083	28.448	2309.947



(ก)



(ข)

รูปที่ 4. 18 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าออฟเซตระยะทางจาก UAV แบบปิด
ยัด (ก) วินาทีที่ 44 (ข) วินาทีที่ 189

จากรูปที่ 4.18 จะเห็นได้ว่าการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินในวินาทีที่ 44 มีความคลาดเคลื่อนไม่สัมพันธ์กันระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพ ซึ่งสังเกตได้จากภาพวิดีโอมีการบันทึกภาพว่าพาหนะไม่มีการเคลื่อนที่ (หยุดอยู่กับที่) แต่ตำแหน่งการบันทึกภาพเคลื่อนที่ไปยังระยะทางที่ 354.1384 เมตร และในเวลาที 03.09 นาทีของ

วิดีโอ จะเห็นว่าภาพวิดีโอแสดงตำแหน่งของสนามกีฬาเล็กที่มีพื้นถนนเป็นสีส้ม แต่ตำแหน่งการบันทึกภาพกลับแสดงตำแหน่งบริเวณของสนามกีฬาใหม่ที่มีพื้นถนนสีน้ำเงิน จึงแสดงให้เห็นว่าการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับตำแหน่งเส้นทางการบินด้วยค่าออฟเซตระยะทางทำให้เฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งไม่มีความสัมพันธ์กัน

2) ผลการทดสอบการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับค่าออฟเซตเวลาจากค่าช่วงเวลาของข้อมูลอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด

การทดสอบการเชื่อมโยงเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพด้วยค่าออฟเซตเวลาจากค่าช่วงเวลา ปลั๊กอินจะคำนวณค่าช่วงเวลาจากข้อมูลที่บันทึกใน Logging data ของอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลตำแหน่ง 179 จุด และวิดีโอมีการบันทึกภาพระยะเวลา 04.47 นาที ดังตารางที่ 4.9

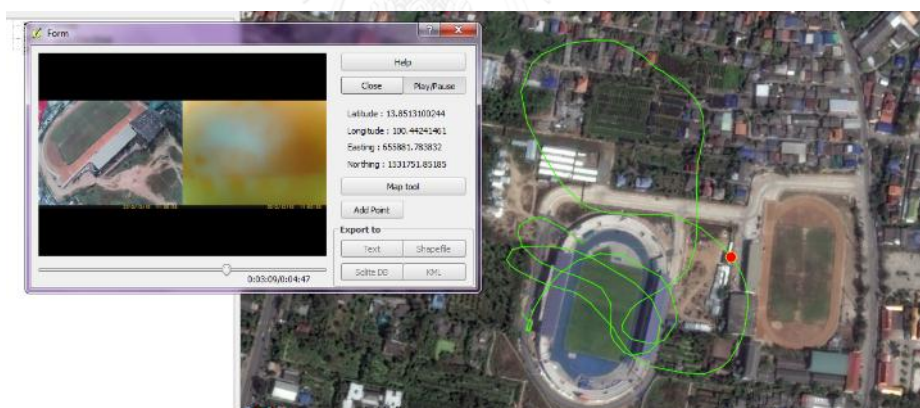
ตารางที่ 4. 9 การคำนวณค่าออฟเซตเวลาของ Logging data จากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกยัด

Point	Latitude	Longitude	Time interval	Time offset
0	100.44016	13.85073	1.61236	0.00000
1	100.44018	13.85072	1.61236	1.61236
2	100.44022	13.85067	1.61236	3.22472
3	100.44026	13.85065	1.61236	4.83708
4	100.44029	13.85063	1.61236	6.44944
5	100.44029	13.85063	1.61236	8.06180
...
...
174	100.44015	13.85164	1.61236	280.55056
175	100.44030	13.85172	1.61236	282.16292
176	100.44040	13.85172	1.61236	283.77528
177	100.44062	13.85161	1.61236	285.38764

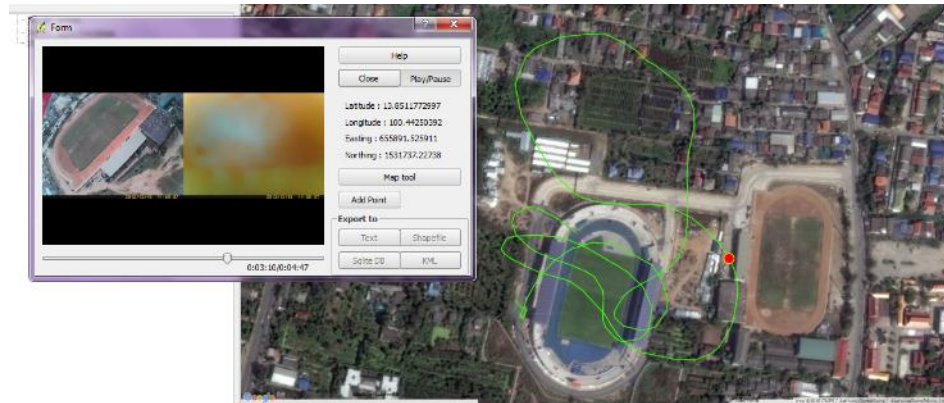
Point	Latitude	Longitude	Time interval	Time offset
178	100.44083	13.85145	1.61236	287.00000

จากตารางข้างต้นจะเห็นว่า การบันทึกข้อมูลเส้นทางการบินนี้มีค่าช่วงเวลาเท่ากับ 1.61236 วินาที ซึ่งปลั๊กอินจะสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของวิดีโอกับค่าออฟเซตเวลาของ Logging data ที่คำนวณขึ้นจากค่าช่วงเวลา และทำการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นโดยอ้างอิงค่าออฟเซตเวลากับค่าพิกัด ให้มีระยะห่างของช่วงเวลาเท่ากับ 1 วินาที ซึ่งการตรวจสอบความถูกต้องของการเชื่อมโยงเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบินสามารถตรวจสอบการแสดงผลผ่านการสังเกตจากภาพวิดีโอได้ 2 กรณี คือ ยานพาหนะเคลื่อนที่ และยานพาหนะไม่เคลื่อนที่

ในกรณีที่มีการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ที่สามารถสังเกตได้จากเฟรมภาพวิดีโอโดยจะต้องมีความสัมพันธ์กับสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งโดยจะต้องเคลื่อนที่ตรงกับตำแหน่งตามความเป็นจริงซึ่งสามารถเทียบกับแผนที่อ้างอิง เช่น แผนที่ระวาง Google Map เป็นต้น ดังรูปที่ 4.19



(ก)

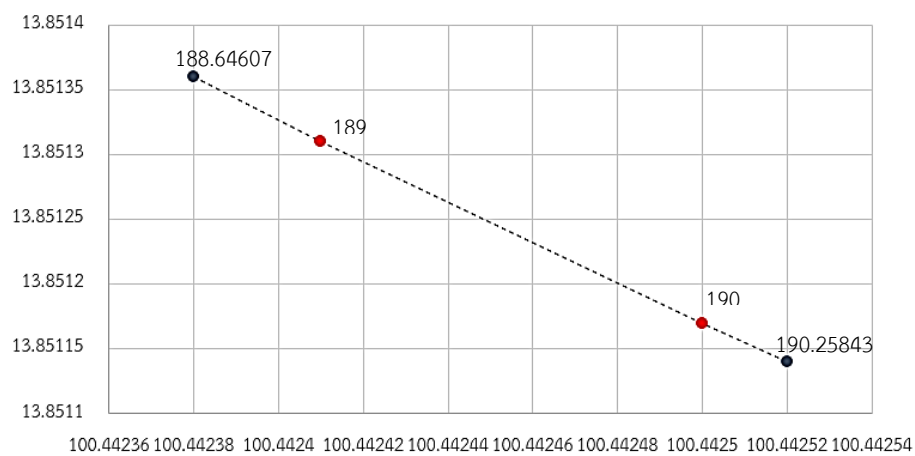


(ข)

รูปที่ 4. 19 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าช่วงเวลาจากอากาศยานไร้คนขับ
ขนาดเล็กแบบปีกยัด (ก) วินาทีที่ 189 (ข) วินาทีที่ 190

ตารางที่ 4. 10 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นของตำแหน่งเส้นทางการบินในค่าออฟเซตเวลา
วินาทีที่ 189 และ 190

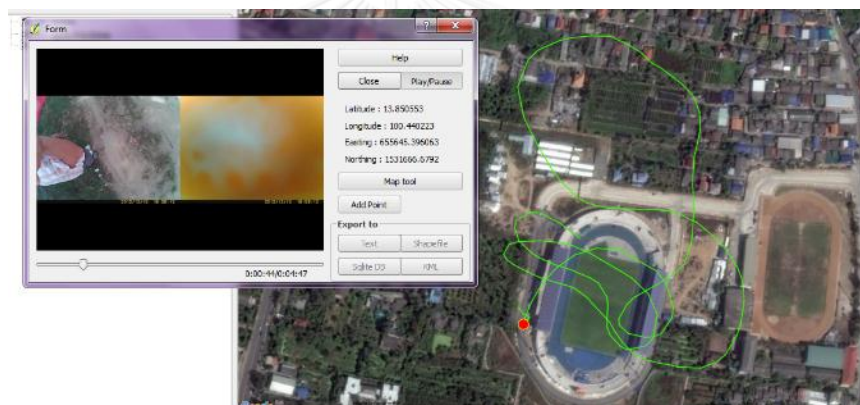
Point	Latitude	Longitude	Time Offset
117	13.85136	100.44238	188.64607
	13.85131	100.44241	189
	13.85117	100.44250	190
118	13.85114	100.44253	190.25843



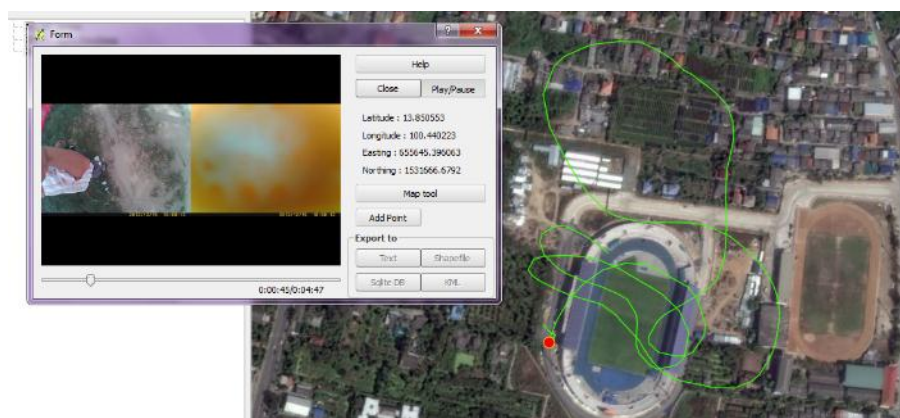
รูปที่ 4. 20 การประมาณค่าในช่วงเชิงเส้นตำแหน่งของค่าออฟเซตเวลาที่วินาที 189 และ 190

จากรูปที่ 4.19 จะเห็นว่า เวลาของวิดีโอที่ 03.09 (วินาทีที่ 189) และ 03.10 นาที (วินาทีที่ 190) สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของเส้นทางการบินเกิดการเคลื่อนที่ในระยะห่าง 1 วินาที ที่เกิดจากการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นโดยอ้างอิงระหว่างค่าออฟเซตเวลาที่ 188.64607 และ 190.25843 วินาที กับค่าพิกัดของจุดที่ 117 และ 118 ซึ่งสามารถตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งใหม่ที่เกิดจากการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นได้จากรูปที่ 4.20 โดยผลลัพธ์ของการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอและตำแหน่งของเส้นทางการบินมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกันระหว่างตำแหน่งกับเฟรมภาพวิดีโอ

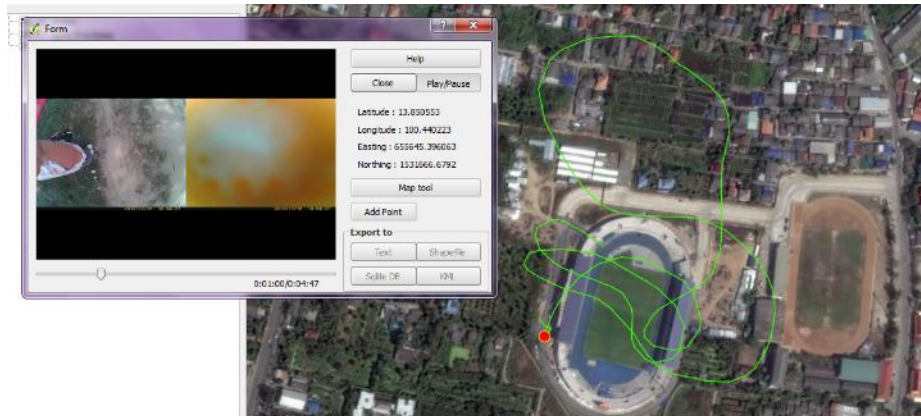
ในกรณีที่เครื่องบินไม่เคลื่อนที่ เมื่อสังเกตผ่านเฟรมภาพวิดีโอกับสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งจะต้องมีความสัมพันธ์กันโดยสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งนั้นจะต้องอยู่ในตำแหน่งเดิม (ซ้ำอยู่กับที่) แสดงว่าตำแหน่งการบินที่ภาพและเฟรมภาพวิดีโอมีความสัมพันธ์และถูกต้องตรงกับความ เป็นจริง ดังรูปที่ 4.21



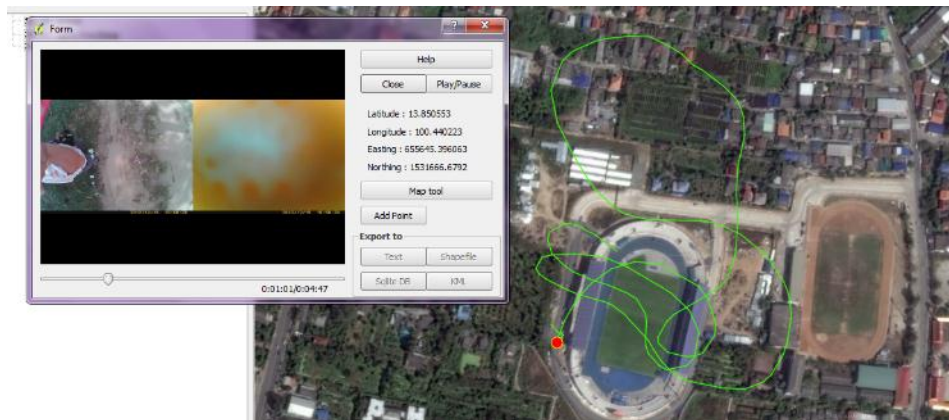
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4. 21 ผลการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าช่วงเวลาจากอากาศยานไร้คนขับ
ขนาดเล็กแบบปีกยัด (ก) วินาทีที่ 44 (ข) วินาทีที่ 45 (ค) วินาทีที่ 60 (ง) วินาทีที่ 61

ตารางที่ 4. 11 การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นของตำแหน่งเส้นทางการบินในค่าออฟเซตเวลา
วินาทีที่ 44, 45 และ 60, 61

Point	Latitude	Longitude	Time Offset
27	13.85055	100.44022	43.53371
	13.85055	100.44022	44
	13.85055	100.44022	45
28	13.85055	100.44022	45.14607
...

Point	Latitude	Longitude	Time Offset
37	13.85055	100.44022	59.65730
	13.85055	100.44022	60
	13.85055	100.44022	61
38	13.85055	100.44022	61.26966

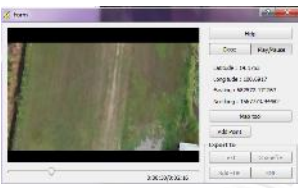


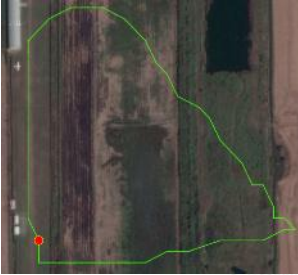








จากรูปที่ 4.21 จะเห็นได้ว่าสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของวินาทีที่ 44, 45 และ 60, 61 ไม่เคลื่อนที่ เนื่องจากยานพาหนะไม่เคลื่อนที่ ซึ่งค่าพิกัดของตำแหน่งใหม่นั้นเกิดจากการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นระหว่างค่าออฟเซตเวลาและค่าพิกัดในตำแหน่งที่ 27,28 และ 37, 38 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าพิกัดที่ซ้ำอยู่ในตำแหน่งเดิม ดังตารางที่ 4.11 ทำให้ตำแหน่งใหม่ที่ประมาณค่าไม่เกิดการเคลื่อนที่ ผลการทดสอบพบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างเฟรมภาพวิดีโอและตำแหน่งเส้นทางการบิน ดังนั้นการทดสอบการเชื่อมโยงเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบินที่ภาพด้วยค่าออฟเซตเวลาที่ได้จากการคำนวณค่าช่วงเวลา ทำให้เห็นว่าค่าออฟเซตเวลาที่คำนวณจากค่าช่วงเวลา เมื่อนำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกับเฟรมภาพวิดีโอทำให้การเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับตำแหน่งการบินที่ภาพมีผลลัพธ์ที่มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกัน

4.3 การประเมินความถูกต้องของตำแหน่งบันทึกภาพกับเฟรมภาพวิดีโอ

การประเมินความถูกต้องของตำแหน่งบันทึกภาพกับเฟรมภาพวิดีโอ เป็นกระบวนการตรวจสอบการพัฒนาปลั๊กอินซึ่งจะต้องตรงตามวัตถุประสงค์ซึ่งก็คือการเชื่อมโยงข้อมูลภาพวิดีโอและเส้นทางการบินโดยต้องมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกันระหว่างตำแหน่งการบินที่ภาพและเฟรมภาพวิดีโอ ซึ่งการตรวจสอบความถูกต้องนี้เป็นการใช้การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอและตำแหน่งการบินที่ภาพ อ้างอิงความถูกต้องของตำแหน่งและเฟรมภาพวิดีโอจากการเปรียบเทียบกับแผนที่อ้างอิง เช่น แผนที่ระวาง แผนที่ภูมิประเทศ Google map เป็นต้น โดยสามารถสังเกตผ่านสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของเส้นทางการบินจะต้องอยู่ในตำแหน่งบนแผนที่ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกันกับภาพวิดีโอ และสามารถเปรียบเทียบกับการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอและตำแหน่งการบินที่ภาพด้วยค่าออฟเซตเวลาจากค่าเวลา เนื่องจากค่าเวลาจากการบันทึกข้อมูลของ Logging data เป็นข้อมูลที่ใช้ในการเชื่อมโยงภาพวิดีโอและตำแหน่งการบินที่ภาพโดยตรง ซึ่งงานวิจัยนี้มีข้อมูลเส้นทางการบินที่บันทึกค่าเวลาจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน เพียงข้อมูลเดียว ดังนั้นแล้วงานวิจัยนี้จึงประเมินความถูกต้องของการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอและข้อมูลเส้นทางการบินด้วยการเปรียบเทียบผลการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับ

ตำแหน่งการบันทึกภาพด้วยค่าออฟเซตระยะทางและค่าออฟเซตเวลาจากค่าช่วงเวลา อ้างอิงกับผลการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพด้วยค่าออฟเซตเวลาจากค่าเวลาจากข้อมูลวิดีโอ และเส้นทางการบินของอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กแบบปีกหมุน

ตารางที่ 4. 12 ประเมินความถูกต้องของตำแหน่งการบันทึกภาพกับเฟรมภาพวิดีโอ

เวลาของวิดีโอ	ค่าออฟเซตเวลาจากค่าเวลา	ค่าออฟเซตระยะทาง	ค่าออฟเซตเวลาจากค่าช่วงเวลา
พาหนะเคลื่อนที่ 00.30 นาที			
			
	ค่าละติจูด: 14.1753 ค่าลองจิจูด: 100.6917	ค่าละติจูด: 14.175343 ค่าลองจิจูด: 100.691679	ค่าละติจูด: 14.1753 ค่าลองจิจูด: 100.6917
พาหนะไม่เคลื่อนที่ 01.26 นาที			
			
	ค่าละติจูด: 14.1754 ค่าลองจิจูด: 100.6914	ค่าละติจูด: 14.175801 ค่าลองจิจูด: 100.693701	ค่าละติจูด: 14.1754 ค่าลองจิจูด: 100.6914

จากตารางที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพของเส้นทางการบินด้วยค่าออฟเซตระยะทางและค่าออฟเซตเวลาจากค่าช่วงเวลา ในกรณีที่ยานพาหนะเคลื่อนที่เวลาที่ 00.29 นาฬิกาของวิดีโอ ตำแหน่งการบันทึกภาพของเส้นทางการบินของวิธีการทั้ง 2 วิธี มีความถูกต้องเมื่อทำการอ้างอิงกับวิธีที่ใช้ค่าออฟเซตเวลาจากค่าเวลา โดยมีค่าละติจูดเท่ากับ 14.1753 และค่าลองจิจูดเท่ากับ 100.6917 และในกรณีที่ยานพาหนะไม่มีการเคลื่อนที่ในเวลา 01.26 นาฬิกาของวิดีโอ การเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าออฟเซตระยะทาง ผลคือตำแหน่งการบันทึกภาพของเส้นทางการบินไม่สัมพันธ์กันกับเฟรมภาพวิดีโอ เนื่องด้วยภาพวิดีโอบันทึกขณะที่ยานพาหนะไม่เคลื่อนที่ แต่ผลลัพธ์ของตำแหน่งการบันทึกภาพของเส้นทางการบินกลับเคลื่อนที่ออกไปเรื่อยๆ เมื่ออ้างอิงกับผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีที่ใช้ค่าออฟเซตเวลาจากค่าเวลาพบว่า การแสดงตำแหน่งการบันทึกภาพคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ในส่วนของการเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินด้วยค่าออฟเซตเวลาจากค่าช่วงเวลา ผลลัพธ์ที่ได้เมื่ออ้างอิงกับวิธีที่ใช้ค่าออฟเซตเวลาจากค่าเวลาพบว่ามีค่าความถูกต้องตรงกับความเป็นจริงของตำแหน่งการบันทึกภาพ โดยมีค่าละติจูดเท่ากับ 14.1754 และค่าลองจิจูดเท่ากับ 100.6914

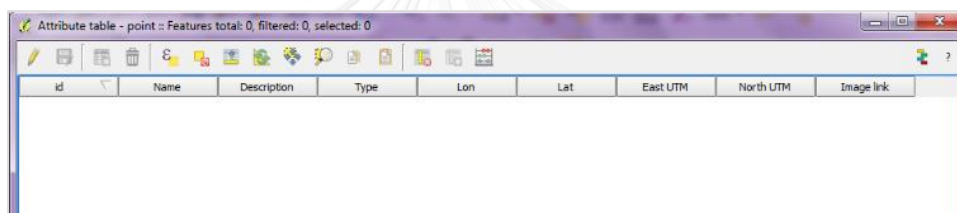
เมื่อเปรียบเทียบเพื่อประเมินความถูกต้องของตำแหน่งเส้นทางการบันทึกภาพกับเฟรมภาพวิดีโอจากการเปรียบเทียบวิธีการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินทั้ง 3 วิธี แสดงให้เห็นว่า การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพของเส้นทางการบินด้วยค่าออฟเซตระยะทาง ไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันได้ เนื่องจากใช้การคำนวณค่าอัตราเร็วเฉลี่ยในการเชื่อมโยงกับเฟรมภาพวิดีโอ หากยานพาหนะมีการเคลื่อนที่อย่างคงที่ จะทำให้เฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกัน แต่เมื่อยานพาหนะมีการเคลื่อนที่ไม่คงที่ตลอดเส้นทางการบิน เช่น เร่งความเร็ว ลดความเร็ว เลี้ยวโค้ง และหยุดอยู่กับที่ ก็จะทำให้ผลลัพธ์ของตำแหน่งการบันทึกภาพไม่สอดคล้องกับเฟรมภาพวิดีโอ ในส่วนของการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพของเส้นทางการบินด้วยค่าออฟเซตเวลาจากค่าช่วงเวลาจะเห็นได้ว่ามีความถูกต้องของตำแหน่งการบันทึกภาพและมีความสัมพันธ์สอดคล้องกันกับเฟรมภาพวิดีโอเช่นเดียวกับการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพของเส้นทางการบินด้วยค่าออฟเซตเวลาจากค่าเวลา

4.4 การทดสอบการทำงานในส่วนการเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลจากความสัมพันธ์ของภาพวิดีโอ และตำแหน่งการบันทึกภาพของเส้นทางการบิน

4.4.1 การทดสอบในส่วนการสร้างหรือปรับปรุงชั้นข้อมูล

การทดสอบเครื่องมือสำหรับเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลจากความสัมพันธ์ของภาพวิดีโอ และตำแหน่งการบันทึกภาพของเส้นทางการบิน ทำการทดสอบเครื่องมือ 3 แบบ 1) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยปริยาย 2) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยผู้กำหนดเอง และ 3) ปรับปรุงชั้นข้อมูลที่มีอยู่

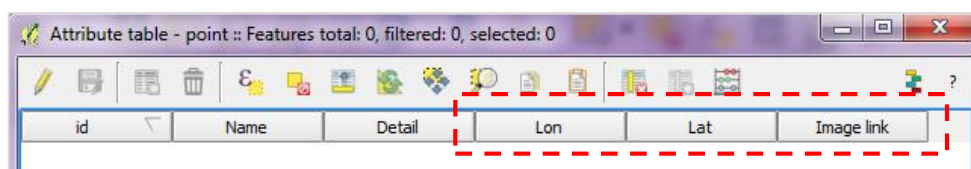
ผลการทดสอบสร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยปริยาย ที่เป็นการบันทึกตำแหน่งที่สนใจจากชั้นข้อมูลจุดที่ปลั๊กอินกำหนดตารางข้อมูลให้อัตโนมัติ พบว่าเมื่อเลือกสร้างชั้นข้อมูลใหม่นี้จะมีตารางข้อมูลโดยมีฟิลด์ที่ต้องบันทึกข้อมูลเองคือ Name, Description และ Type ส่วนฟิลด์ข้อมูล Lon, Lat, East UTM, North UTM และ Image link ปลั๊กอินจะบันทึกข้อมูลให้โดยอัตโนมัติเมื่อเพิ่มข้อมูลจุดในตำแหน่งที่ต้องการ ดังรูปที่ 4.22



id	Name	Description	Type	Lon	Lat	East UTM	North UTM	Image link
----	------	-------------	------	-----	-----	----------	-----------	------------

รูปที่ 4. 22 ตารางการบันทึกข้อมูลของชั้นข้อมูลที่สร้างขึ้นโดยปริยาย

ผลการทดสอบสร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยผู้กำหนดเอง สามารถกำหนดฟิลด์ตารางข้อมูลและกำหนดประเภทการเก็บข้อมูลได้จากหน้าต่างการจัดการตาราง (Table manager) จะเห็นได้ว่าสามารถกำหนดตารางบันทึกข้อมูลได้ และเมื่อกำหนดตารางข้อมูลเสร็จนั้นจะมีฟิลด์ใหม่เพิ่มขึ้นคือ Lon, Lat และ Image link เนื่องจากปลั๊กอินได้สร้างคำสั่งให้เพิ่มฟิลด์ข้างต้นโดยอัตโนมัติเพื่อให้เป็นประโยชน์ในการตรวจสอบข้อมูลที่บันทึกไว้ได้ในภายหลัง ดังรูปที่ 4.23



id	Name	Detail	Lon	Lat	Image link
----	------	--------	-----	-----	------------

รูปที่ 4. 23 ตารางการบันทึกข้อมูลของชั้นข้อมูลที่ผู้กำหนดเอง

ผลการทดสอบปรับปรุงชั้นข้อมูลที่มีอยู่เดิม เป็นการนำชั้นข้อมูลจุดที่มีอยู่มาเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบัน ซึ่งการเพิ่มข้อมูลลงในตารางจะยังคงฟิลด์ข้อมูลที่มีอยู่เดิม และมีการ

เพิ่มฟิลด์ข้อมูล Image link โดยอัตโนมัติ เพื่อเป็นประโยชน์ในการตรวจสอบข้อมูลรูปภาพที่บันทึกไว้
ดังรูปที่ 4.24

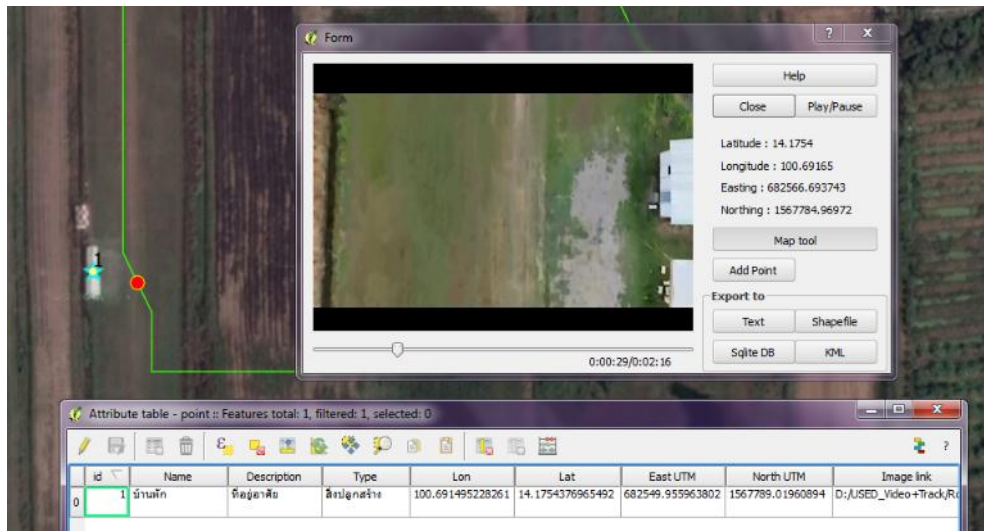
TAG	NAMT	NAME	BRANCHT	BRANCHE	LOCATION_T	LOCATION_E	V2_2004	Image link	
0	25020PF24...	โรงเรียนบุญถาวร...	PHAI BUN PRACH...	NULL	NULL	ทางหลวงแผ่นดิน...	HIGHWAY 3378	NULL	NULL
1	25220PF24...	วัดมหาเชษฐ (หลวง...	WAT MAHA CHE...	NULL	NULL	ทางหลวงแผ่นดิน...	HIGHWAY 3378	NULL	NULL
2	25220PF24...	วัดเชียงใต้	WAT CHIANG TAI	NULL	NULL	ทางหลวงแผ่นดิน...	HIGHWAY 3378	NULL	NULL
3	25220PF24...	วัดเตาเหล็ก	WAT TAO LEK	NULL	NULL	ทางหลวงแผ่นดิน...	HIGHWAY 3378	NULL	NULL
4	25220PF24...	วัดราชฮ้าง	WAT RAT HUANG	NULL	NULL	ทางหลวงแผ่นดิน...	HIGHWAY 3378	NULL	NULL
5	25220PF24...	วัดเมืองกาบ	WAT MUEANG KAI	NULL	NULL	ทางหลวงแผ่นดิน...	HIGHWAY 3378	NULL	NULL
6	25220PF24...	วัดนิคมอุทัย...	SAINT ANTON C...	NULL	NULL	ทางหลวงแผ่นดิน...	HIGHWAY 3378	NULL	NULL
7	25420PF24...	โรงเรียนจุฑาทิพย์	CHUTHATHIP SC...	NULL	NULL	ทางหลวงแผ่นดิน...	HIGHWAY 3378	NULL	NULL
8	25420PF24...	วัดท่าเกวียน	WAT THA KWIAN	NULL	NULL	ทางหลวงแผ่นดิน...	HIGHWAY 3378	NULL	NULL
9	25420PF24...	โรงเรียนวัดท่าเกวียน	WAT THA KWIAN...	NULL	NULL	ทางหลวงแผ่นดิน...	HIGHWAY 3378	NULL	NULL
10	25420PF24...	ที่ว่าการอำเภอ...	AMPHOE PHANO...	NULL	NULL	ทางหลวงแผ่นดิน...	HIGHWAY 304	NULL	NULL
11	25420PF24...	สำนักงานการศึกษา...	AMPHOE PHANO...	NULL	NULL	ทางหลวงแผ่นดิน...	HIGHWAY 304	NULL	NULL
12	25420PF24...	สำนักงานการประ...	AMPHOE PHANO...	NULL	NULL	ทางหลวงแผ่นดิน...	HIGHWAY 304	NULL	NULL
13	25420PF24...	สถานีตำรวจอ...	AMPHOE PHANO...	NULL	NULL	ทางหลวงแผ่นดิน...	HIGHWAY 304	NULL	NULL

รูปที่ 4. 24 ตารางการบันทึกข้อมูลของการปรับปรุงชั้นข้อมูลที่มีอยู่เดิม

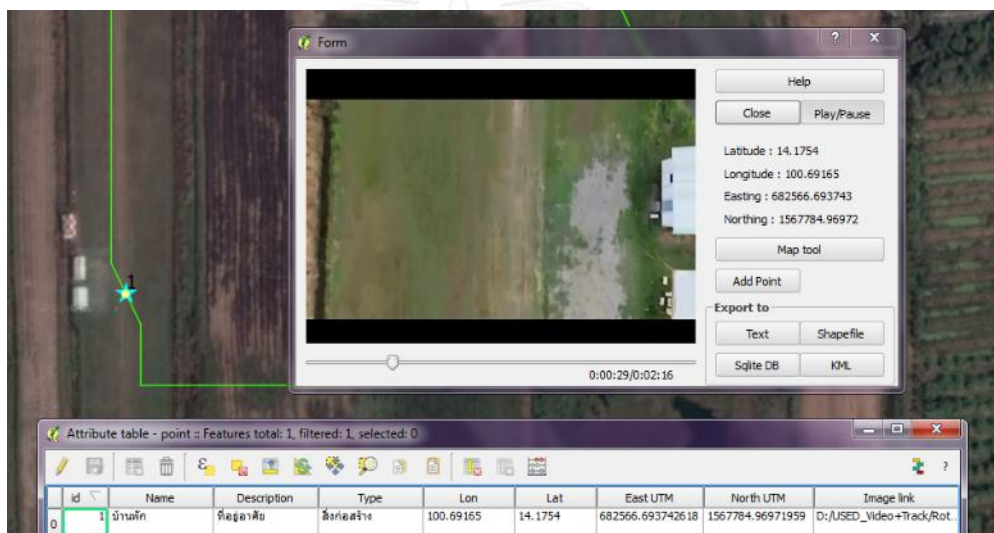
4.4.2 การทดสอบในส่วนการกำหนดตำแหน่งที่สนใจ

การทดสอบกำหนดตำแหน่งที่สนใจ เป็นการเพิ่มข้อมูลจุดในตำแหน่งที่ต้องการจากความสัมพันธ์ของเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งเส้นทางการบิน ซึ่งสามารถกำหนดตำแหน่งได้ 2 แบบ คือ 1) กำหนดตำแหน่งจากหน้าจอแสดงผลแผนที่เส้นทางการบิน 2) กำหนดตำแหน่งจากปุ่มเพิ่มจุดบนหน้าต่างแสดงผลวิดีโอ

ผลการทดสอบกำหนดตำแหน่งจากหน้าจอแสดงผลแผนที่ เป็นการเพิ่มข้อมูลจุดลงในตำแหน่งที่สนใจลงบนแผนที่ โดยสามารถเลื่อนตำแหน่งสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งที่เคลื่อนที่อยู่ได้ หากตำแหน่งของสัญลักษณ์ตรงกับตำแหน่งที่ต้องการแล้วให้คลิกขวาลงบนตำแหน่งนั้นเพื่อเพิ่มข้อมูลจุดซึ่งเฟรมภาพวิดีโอในตำแหน่งนั้นจะถูกบันทึกไว้ในฟิลด์ข้อมูล Image Link และค่าละติจูดและค่าลองจิจูดที่ได้เป็นค่าพิกัดในตำแหน่งที่คลิกเมาส์ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ในส่วนของผลการทดสอบกำหนดตำแหน่งจากปุ่มเพิ่มจุดบนหน้าต่างแสดงผลวิดีโอ เป็นการเพิ่มข้อมูลจุดลงในตำแหน่งที่สนใจผ่านการมองภาพวิดีโอ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่สังเกตได้ง่ายและสะดวก เมื่อกดปุ่มเพิ่มจุดปลั๊กอินจะทำการดึงเฟรมภาพวิดีโอในเวลานั้นๆ และเพิ่มข้อมูลจุดในตำแหน่งพิกัดที่สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งหยุดอยู่ จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าออฟเซตเวลาที่เชื่อมโยงกับค่าเวลาของวิดีโอ ดังรูปที่ 4.25



(ก)

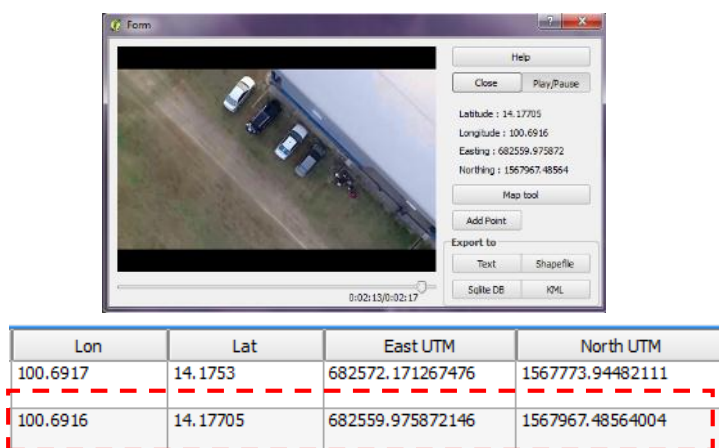


(ข)

รูปที่ 4.25 ผลการทดสอบกำหนดตำแหน่งข้อมูลที่น่าสนใจ (ก) กำหนดตำแหน่งจากหน้าจอแสดงผลแผนที่ (ข) กำหนดจากปุ่มเพิ่มจุดบนหน้าต่างแสดงผลวิดีโอ

4.5 การทดสอบการทำงานในส่วนการแปลงระบบพิกัดสำหรับการแสดงผลข้อมูลและบันทึกข้อมูล

ผลการทดสอบการแสดงผลข้อมูลและบันทึกข้อมูลค่าพิกัดจากการแปลงระบบพิกัดภูมิศาสตร์ เป็นระบบพิกัดฉาก UTM เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลงระบบพิกัดจากการแสดงผลข้อมูลบนหน้าต่างวิดีโอและการบันทึกข้อมูลจุดในตารางบันทึกข้อมูล ดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4. 26 การแปลงระบบพิกัดสำหรับการแสดงผลข้อมูลและบันทึกข้อมูล

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าปลั๊กอินทำงานในส่วนการแปลงระบบพิกัดได้จากระบบพิกัดภูมิศาสตร์คือ ค่าละติจูดเท่ากับ 14.17705 และค่าลองจิจูดเท่ากับ 100.6916 เมื่อทดสอบแปลงระบบพิกัดเป็นระบบพิกัดฉาก UTM เทียบกับโปรแกรมสำเร็จรูปในการแปลงระบบพิกัด พบว่ามีค่าพิกัดที่ถูกต้อง ดังตารางที่ 4.13

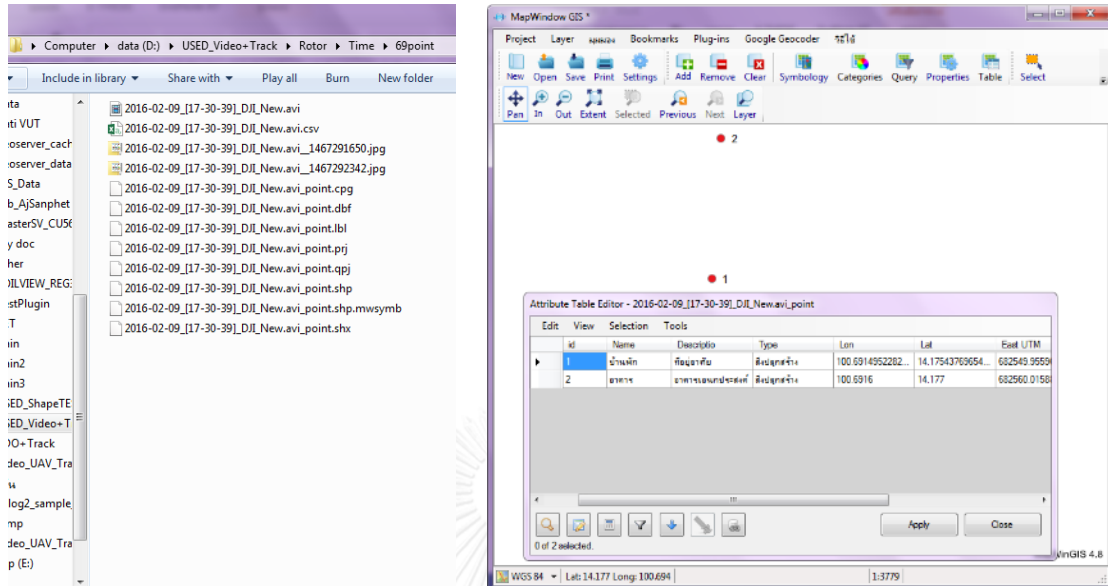
ตารางที่ 4. 13 เปรียบเทียบการแปลงค่าพิกัดจากระบบพิกัดภูมิศาสตร์เป็นระบบพิกัดฉาก UTM จากปลั๊กอินของงานวิจัยนี้เทียบกับโปรแกรมสำเร็จรูป

เครื่องมือ	Easting	Northing
ปลั๊กอิน	682559.97587	1567967.48564
โปรแกรมสำเร็จรูป	682559.976	1567967.486

4.6 การทดสอบการทำงานในส่วนการจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการเพิ่มหรือปรับปรุงชั้นข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของระบบฐานข้อมูล GIS

การทดสอบการนำข้อมูลที่ได้จากการเพิ่มหรือปรับปรุงชั้นข้อมูลมาจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูล GIS เป็นการนำข้อมูลมาสร้างเป็นไฟล์ 4 รูปแบบ คือ ไฟล์ข้อความ (CSV File), ชั้นข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (ESRI Shape File), ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (SQLite DB) และ KML File โดยการกดปุ่ม Export จากหน้าต่างแสดงวิดีโอ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าสามารถจัดเก็บข้อมูลได้ทั้ง 4 รูปแบบและสามารถนำมาใช้งานกับโปรแกรมทางด้าน GIS อื่นๆ ได้ เช่น MapWindow GIS, Arc GIS เป็นต้น ดังรูปที่ 4.27 ซึ่งเป็นตัวอย่างในการนำข้อมูลที่ได้จากการเพิ่มชั้นข้อมูลสิ่งปลูกสร้างซึ่งประกอบด้วย 2 พีเจอร์คือ บ้านพัก และ อาคาร จากความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่ง

มาจัดเก็บในรูปแบบของข้อมูล Shape file แล้วนำออกมาใช้งานกับโปรแกรม MapWindow GIS ซึ่ง จะเห็นได้ว่าข้อมูล Shape file ที่ได้สามารถนำไปใช้งานกับโปรแกรม GIS อื่นๆ ได้



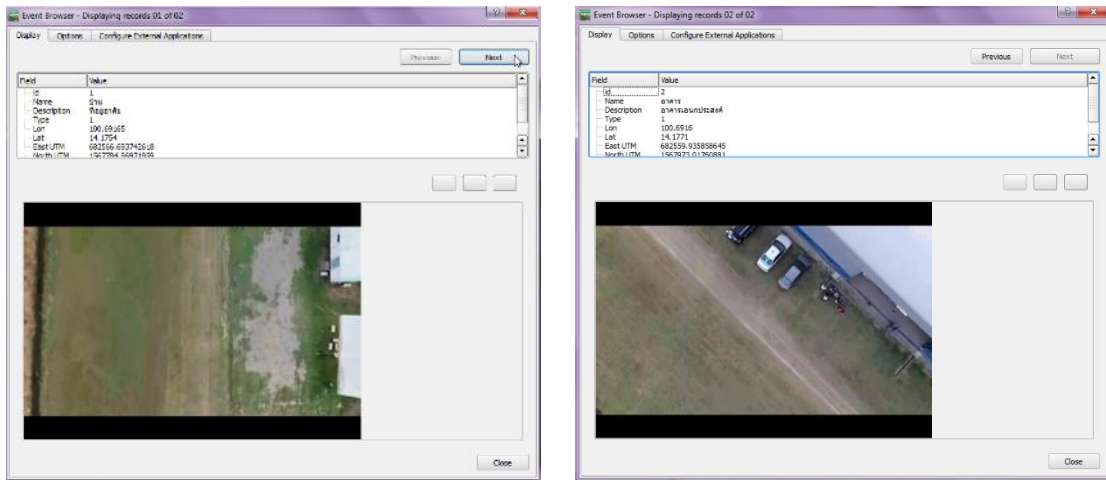
(ก)

(ข)

รูปที่ 4. 27 ผลการนำข้อมูลมาจัดเก็บเป็น Shape file (ก) โพลเดอร์ในการจัดเก็บ Shape file (ข) เปิด Shape file ที่จัดเก็บข้อมูลในโปรแกรม MapWindow GIS

4.7 การทดสอบการทำงานในส่วนการจัดเก็บรูปภาพจากการกำหนดตำแหน่ง

เมื่อทำการจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากการเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของระบบฐานข้อมูล GIS แล้วนั้น เราสามารถตรวจสอบการจัดเก็บรูปภาพจากการกำหนดตำแหน่งได้จากการดูไฟล์ภาพในโพลเดอร์ที่อยู่เกี่ยวกับวิดีโอและเส้นทางการบิน ซึ่งไฟล์รูปภาพที่จัดเก็บมีรูปแบบเป็น JPG และสามารถตรวจสอบได้จากการนำข้อมูลที่จัดเก็บมาใช้งานใหม่ โดยนำข้อมูลที่จัดเก็บเป็นฐานข้อมูล GIS เข้าสู่โปรแกรม Quantum GIS จากนั้นตรวจสอบตำแหน่งและรูปภาพจากเมนู eVis จากแถบคำสั่ง Database ดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4. 28 ข้อมูลและรูปภาพของตำแหน่งที่ 1 และ 2



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาปลั๊กอินสำหรับเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบิน จาก UAV โดยการเชื่อมโยงระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งเส้นทางการบินจะต้องมีความสัมพันธ์ และสอดคล้องกันตรงกับความเป็นจริง ซึ่งการประเมินความถูกต้องของตำแหน่งสามารถประเมินด้วยการสังเกตสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งของเส้นทางการบินด้วยสายตา ผ่านการมองภาพวิดีโอเทียบกับแผนที่อ้างอิง เช่น ภาพถ่ายทางอากาศ Google Map เป็นต้น ซึ่งจะตีความพื้นที่ได้ง่ายเพราะกล้องจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กจะอยู่ในแนวตั้ง เมื่อภาพวิดีโอเป็นพื้นที่ใด ตำแหน่งบนภาพแผนที่อ้างอิงก็ควรเป็นพื้นที่นั้น หากสัญลักษณ์แสดงตำแหน่งเคลื่อนที่ไปบนแผนที่ที่มีความสัมพันธ์กันกับภาพวิดีโอ เท่ากับว่าการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินมีความสัมพันธ์กันและถูกต้องตามความเป็นจริง นับว่าเป็นการสังเกตผ่านภาพวิดีโอในมุมมองกว้าง สำหรับการใช้งานด้านการตรวจสอบสภาพพื้นที่หรือเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม เพื่อการปรับปรุงข้อมูลเชิงพื้นที่ให้เป็นปัจจุบัน จึงไม่จำเป็นต้องมีความถูกต้องของตำแหน่งในระดับสูงที่นำมาใช้งานเพื่อปรับปรุงแผนที่ภาพถ่าย (Update Map)

งานวิจัยนี้มีสมมติฐานว่า ทุก Logging data จะสามารถเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินได้ แม้ว่า Logging data นั้นจะมีการบันทึกข้อมูลที่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบินด้วยการคำนวณค่าออฟเซตระยะทาง เป็นแนวคิดที่ไม่จำเป็นต้องใช้ค่าเวลาในการสร้างความสัมพันธ์ ซึ่งค่าออฟเซตระยะทางเป็นการสะสมค่าระยะห่างระหว่างจุดพิกัดตั้งแต่จุดแรกจนถึงจุดสุดท้ายของการบันทึกข้อมูลจาก Logging data โดยการคำนวณนี้ใช้เพียงค่าละติจูดและลองจิจูดที่มีอยู่ในทุกการบันทึกข้อมูลของเส้นทางการบิน จากนั้นใช้การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นโดยการอ้างอิงระหว่างค่าออฟเซตระยะทางกับค่าพิกัด ให้ตำแหน่งใหม่มีระยะห่างของค่าออฟเซตระยะทางเท่ากับอัตราเร็วเฉลี่ยของเส้นทางการบินที่เทียบกับเวลาทั้งหมดของวิดีโอ เมื่อทำการทดสอบพบว่าเมื่อวิดีโอเล่นทุกวินาที ตำแหน่งการบันทึกภาพจะเคลื่อนที่ทุกๆ 1 วินาที ในระยะทางที่เท่ากับอัตราเร็วเฉลี่ยนั้นๆ ซึ่งผลลัพธ์ของการเชื่อมโยงระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งเส้นทางการบินมีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง เนื่องจากอัตราเร็วเฉลี่ยเป็นการคำนวณการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งที่เทียบกับเวลาทั้งหมดของวิดีโอ หากตลอดเส้นทางการบินยานพาหนะมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่คงที่ก็จะทำให้เฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพไม่สัมพันธ์กัน

เมื่อแนวคิดการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งด้วยค่าออฟเซต ระยะทางไม่บรรลุตฤประสงค์ของงานวิจัย จึงสร้างแนวคิดใหม่ขึ้นโดยมีหลักการคิดที่ว่า Logging data ที่บันทึกข้อมูลจาก GPS มีระยะห่างของการบันทึกข้อมูลในช่วงเวลาที่เท่ากันในแต่ละจุดบันทึกตำแหน่ง ซึ่งเท่ากับว่าสมมติฐานนี้ทำให้หาค่าออฟเซตเวลาของ Logging data ได้ ดังนั้นหากข้อมูลไม่มีการบันทึกค่าเวลาก็ยังสามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลเวลาของวิดีโอได้ด้วยค่าออฟเซตเวลาที่ได้จากการสะสมค่าช่วงเวลาตั้งแต่จุดแรกจนถึงจุดสุดท้ายของการบันทึกข้อมูลจาก Logging data เมื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าเวลาของวิดีโอกับค่าออฟเซตเวลาของเส้นทางการบินแล้วนั้น จะใช้การประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นในการคำนวณค่าพิกัดตำแหน่งใหม่ให้มีระยะห่างของค่าช่วงเวลาเป็น 1 วินาทีเท่ากับการเลือกเฟรมภาพวิดีโอ ด้วยการอ้างอิงเชิงเส้นของค่าออฟเซตเวลาเทียบกับค่าพิกัด เมื่อทำการทดสอบพบว่าผลลัพธ์ของการเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกันระหว่างตำแหน่งและเฟรมภาพวิดีโอ

จึงสามารถสรุปได้ว่า กระบวนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินจากค่าออฟเซตระยะทางมีความคลาดเคลื่อนไม่สัมพันธ์กันระหว่างตำแหน่งและเฟรมภาพวิดีโอ แต่การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลวิดีโอกับข้อมูลเส้นทางการบินจากค่าออฟเซตเวลาที่เกิดจากการคำนวณค่าช่วงเวลาที่มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกันระหว่างตำแหน่งและเฟรมภาพวิดีโอเช่นเดียวกับการใช้ค่าออฟเซตเวลาจากค่าเวลาในการสร้างความสัมพันธ์กับข้อมูลวิดีโอ เพราะฉะนั้นแล้วไม่ว่า Logging data จะมีการบันทึกข้อมูลค่าเวลาหรือไม่มีการบันทึกค่าเวลา ปลั๊กอินนี้ก็สามารถสร้างความสัมพันธ์เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างวิดีโอกับเส้นทางการบินได้

นอกจากปลั๊กอินจะสามารถเชื่อมโยงภาพวิดีโอกับเส้นทางการบินจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กได้ ยังสามารถเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลจากความสัมพันธ์ระหว่างเฟรมภาพวิดีโอกับตำแหน่งการบันทึกภาพได้ โดยผู้ใช้สามารถเลือกเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลได้ 3 แบบ คือ 1) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยปริยาย ซึ่งโปรแกรมกำหนดตารางบันทึกข้อมูลให้สามารถใช้ได้ทั่วไปในทุกลักษณะงาน 2) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยผู้กำหนดเอง ผู้ใช้สามารถกำหนดตารางบันทึกข้อมูลได้ด้วยตนเองผ่านหน้าต่างการจัดการตาราง และ 3) ปรับปรุงชั้นข้อมูลที่มีอยู่เดิม โดยผู้ใช้เป็นผู้เลือกชั้นข้อมูลที่ต้องการนำมาปรับปรุงให้เป็นปัจจุบัน จากนั้นสามารถเพิ่มข้อมูลจุดที่สนใจจากการกำหนดตำแหน่งในจุดที่ต้องการด้วยการคลิกบนหน้าจอแผนที่เส้นทางการบิน หรือกดปุ่มเพิ่มจุดจากการมองผ่านวิดีโอได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นอกจากปลั๊กอินจะบันทึกข้อมูลตำแหน่งพิกัดที่กำหนด ยังแปลงค่าพิกัดที่บันทึกให้เป็นระบบพิกัดฉาก UTM และดึงเฟรมภาพวิดีโอในตำแหน่งนั้นๆ เข้ามาบันทึกลงในตารางข้อมูลด้วย เมื่อเพิ่มหรือปรับปรุงข้อมูลแล้ว ปลั๊กอินสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการเพิ่มหรือปรับปรุงชั้นข้อมูลมาจัดเก็บในรูปแบบฐานข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ด้วยการกดปุ่มนำข้อมูลออกบนหน้าต่างแสดงผลวิดีโอ ซึ่ง

สามารถจัดเก็บข้อมูล 4 รูปแบบ คือ CSV File, Shape File, SQLite DB และ KML File เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำมาประมวลผลข้อมูลทาง GIS ในครั้งต่อไปได้

จากผลการทดสอบการทำงานของปลั๊กอินแสดงให้เห็นว่าบรรลุลักษณะของงานวิจัยที่ตั้งไว้ ในการพัฒนาเครื่องมือสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สำหรับเชื่อมโยงข้อมูลวิดีโอกับเส้นทางการบินจาก UAV โดยเป็นปลั๊กอินสำหรับการใช้งานกับข้อมูลเส้นทางการบินของอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กที่นิยมใช้งานในปัจจุบัน ซึ่งนับว่าเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำงานด้าน GIS คือเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในการเข้าถึงพื้นที่และช่วยในการทำงานภาคสนาม โดยเพิ่มประสิทธิภาพในการรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อสร้างหรือปรับปรุงฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ให้เป็นปัจจุบัน จากการตีความผ่านการสังเกตจากความสัมพันธ์ระหว่างภาพวิดีโอกับตำแหน่งการงับบันทึกภาพ ซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ให้เต็มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยสามารถดาวน์โหลดปลั๊กอินเพื่อทดลองใช้งานได้ที่ https://github.com/cu-gis/CU_Video_Tracker

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย

ผู้วิจัยไม่มีพื้นฐานการเขียนโปรแกรมมาก่อน จึงทำให้ใช้เวลานานสำหรับการเขียนปลั๊กอินนี้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยเห็นว่าใน Logging data ของแต่ละระบบมีความแตกต่างกัน บางระบบมีการเก็บข้อมูลค่าความสูง และค่ามุมเอียงของอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก ดังตัวอย่าง ระบบบันทึกภาพที่พัฒนาขึ้นของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นต้น ซึ่งการเก็บค่ามุมสูงและค่ามุมเอียงของอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก สามารถนำมาพัฒนาในการเพิ่มฟังก์ชันปลั๊กอินสำหรับการคำนวณตำแหน่งให้กับเฟรมภาพวิดีโอที่บันทึกไว้ได้

รายการอ้างอิง

- Agosta, S. (2014). Video UAV Tracker. Retrieved from <https://github.com/sagost/VideoUavTracker>
- ArcGIS. (2012). Linear Referencing Method. Retrieved from <http://help.arcgis.com/En/Arcgisdesktop/10.0/Help/index.html#//022300000007000000>
- Atella, S., Muala, N., & Tarabeh, S. (2015). Offline Public Transportation Management System Based on GPS/WiFi and Open Street Maps. *International Journal of Advance Computer Science and Application (IJACSA)*, 6, 182-185.
- Beard, R. W., Kingston, D., Quigley, M., Snyder, D., Christiansen, R., Johnson, W., . . . Goodrich, M. (2005). Autonomous Vehicle Technologies for Small Fixed-Wing UAVs. *Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication*, 2, 92-108.
- Bendea, H., Boccardo, P., Dequal, S., Tonolo, F. G., Marenchino, D., & Piras, M. (2008). Low Cost UAV for Post-Disaster Assessment. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, 1373-1380.
- Han, D.-i., Kim, J.-h., Min, C.-o., Jo, S.-j., Kim, J.-h., & Lee, D.-w. (2010). Development of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system with waypoint tracking and vision-based reconnaissance. *International Journal of Control, Automation and Systems*, 8(5), 1091-1099. doi:10.1007/s12555-010-0518-8
- Hwang, T. H., Choi, K. H., Joo, I. H., & Lee, J. H. (2003). MPEG-7 Metadata for Video-Based GIS Applications. *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS '03. Proceedings. 2003 IEEE International*, 6, 3641 - 3643.
- Johansen, D. L. (2006). *Video stabilization and target locationlization using feature tracking with video from small UAVs*. (Master of Science), Brigham Young University.
- Joo, I. H., Hwang, T. H., & Choi, K. J. (2004). Generation of video metadata supporting video – GIS integration. *International conference on Image Processing (ICIP)*, 3, 1695-1698.

- Kresse, W., & Danko, D. M. (2012). *Springer Handbook of Geographic Information* (W. Kresse & D. M. Danko Eds.): Springer Berlin Heidelberg.
- Mills, J. W., Curtis, A., Kennedy, B., Kennedy, S. W., & Edwards, J. D. (2010). Geospatial video for field data collection. *Applied Geography*, 30(4), 533-547. doi:10.1016/j.apgeog.2010.03.008
- Montoya, L. (2003). Geo-data acquisition through mobile GIS and digital video: an urban disaster management perspective. *Environmental Modelling & Software*, 18(10), 869-876. doi:10.1016/s1364-8152(03)00105-1
- QgisMapper. (2009). Qgis Mapper Plugin. Retrieved from <https://code.google.com/archive/p/qgismapper/>
- Rahim, S. T., Zheng, K., Turay, S., & Pan, Y. (1999). Capabilities of multimedia gis. *Chinese Geographical Science*, 9(2), 159-165. doi:10.1007/bf02791367
- Spangenberg, T. (2014). Development of a mobile toolkit to support research on human mobility behavior using GPS trajectories. *Information Technology & Tourism*, 14(4), 317-346. doi:10.1007/s40558-014-0005-9
- Sward, R. E., Cooper, S. D., & Sparkman, C. H. (2005). A Situational Awareness Tool For Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). *Institute for Information Technology Applications United States Air Force Academy Colorado*, 1-6.
- Yoo, H.-H., & Kim, S.-S. (2004). Construction of facilities management system combining video and geographical information. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 8(4), 435-442. doi:10.1007/bf02829167
- พงศ์ปกรณ์ อีรวงศ์สวัสดิ์. (2553). การพัฒนาเครื่องมือสกัดข้อมูลจากภาพวิดีโอสู่ฐานข้อมูล GIS กรณีศึกษา: ข้อมูลวิดีโอตรวจสอบแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูงของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิชัย เยี่ยงวีรชน. (2555). การสำรวจรังวัด: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สรรคี่ใจ กลิ่นดาว. (2553). แนวคิดและวิธีการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สาธิตด้วยโปรแกรม ArcGIS.
- อิทธิ ตรีสิริสัตยวงศ์, สรรเพชญ์ ชื่อนิติไพศาล, สุวิทย์ นาคพิรุฑ์, และ สุภาวดี อร่ามวิทย์. (2551). โครงการพัฒนาด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อบริหารแนวเขตเดินสายส่งไฟฟ้า โดย

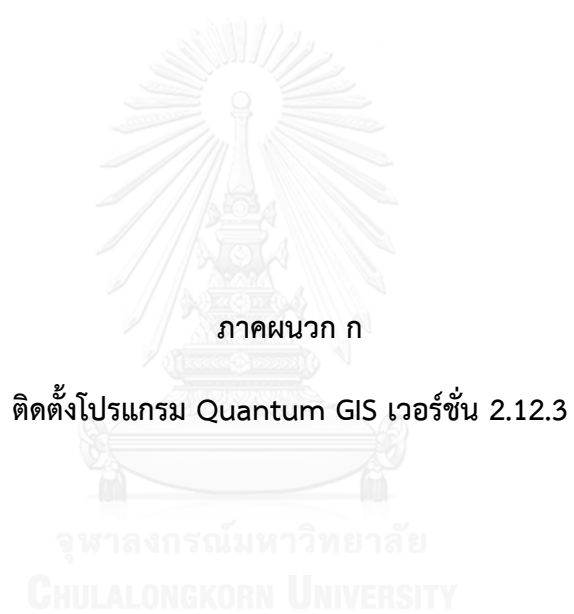
ประยุกต์ใช้ระบบตรวจแนวสายส่งไฟฟ้าด้วยเฮลิคอปเตอร์ร่วมกับเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล.





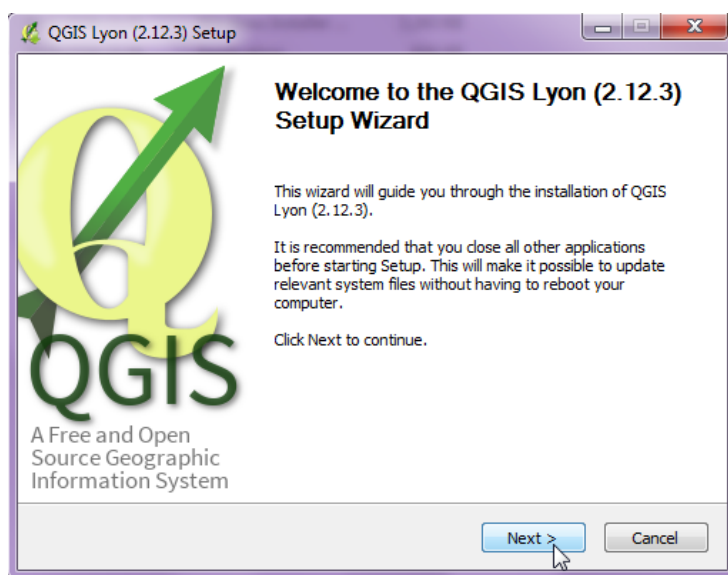
ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

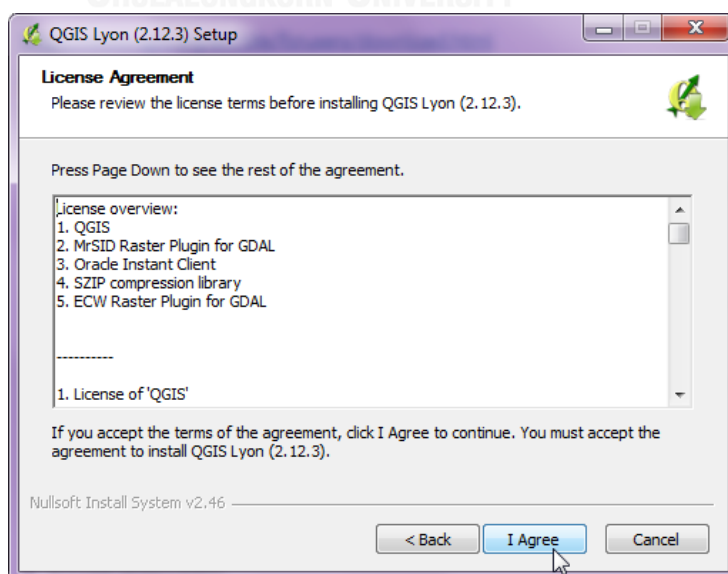


วิธีการติดตั้งโปรแกรม Quantum GIS เวอร์ชัน 2.12.3

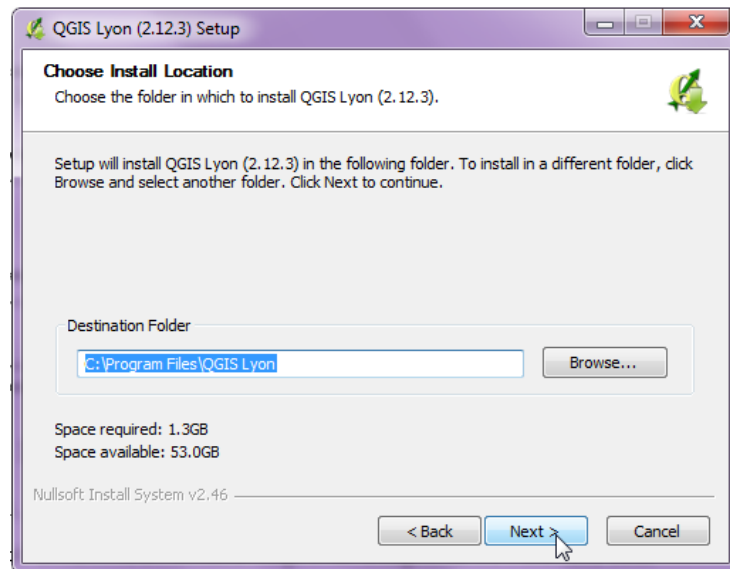
1. ดาวน์โหลดโปรแกรม Quantum GIS Version 2.12.3 ตามลิงค์
<https://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html>
2. เมื่อดับเบิลคลิกไฟล์ QGIS-OSGeo4W-2.12.3-1-Setup-x86_64.exe ที่ดาวน์โหลด จะปรากฏหน้าต่างต้อนรับให้คลิกปุ่ม Next



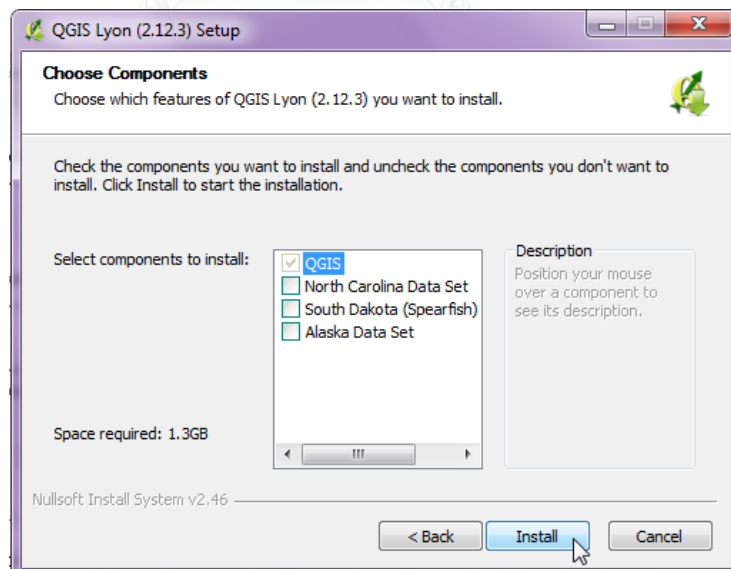
3. คลิกปุ่ม I Agree เพื่อยอมรับเงื่อนไขของโปรแกรม Quantum GIS



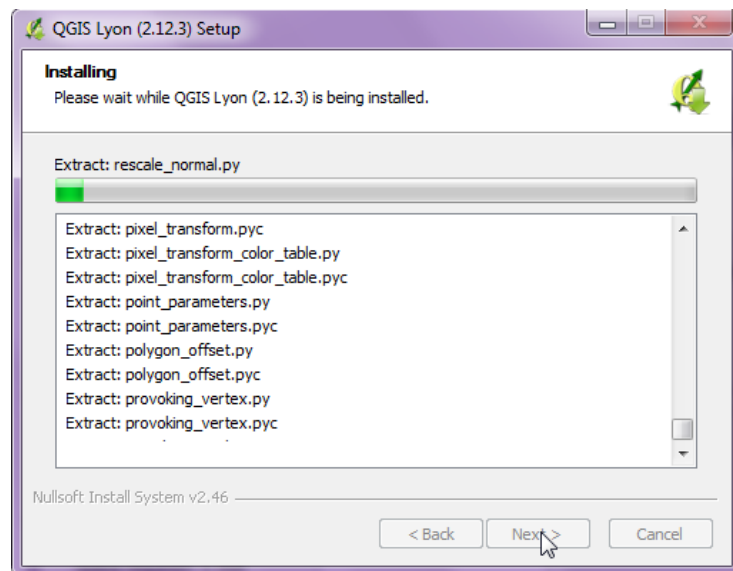
4. เลือก path หรือ directory ที่ต้องการจะติดตั้งโปรแกรม Quantum GIS



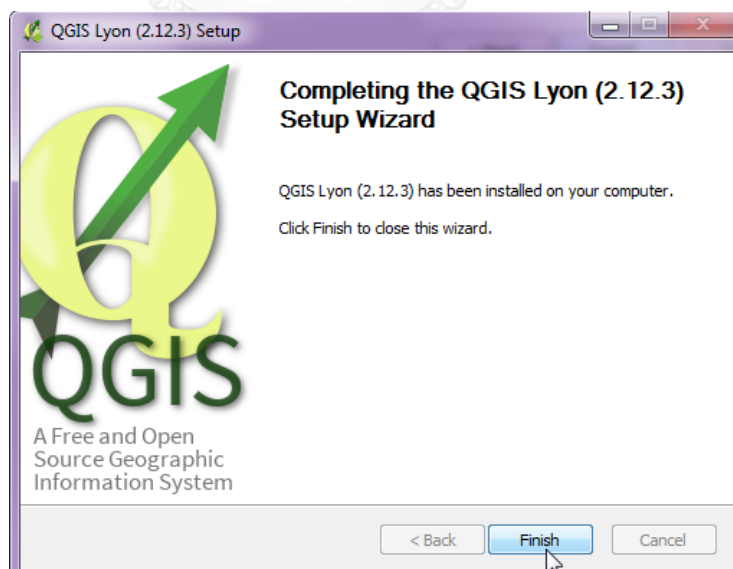
5. หน้าต่างเลือกการติดตั้งส่วนประกอบ คลิกปุ่ม Install



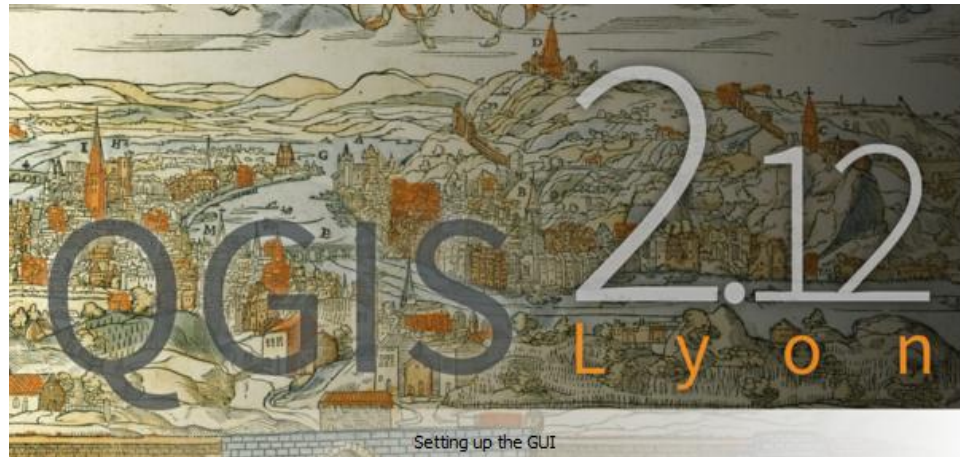
6. เมื่อคลิกที่ปุ่ม Install จะปรากฏหน้าต่างโปรแกรมกำลังติดตั้งให้รอสักครู่



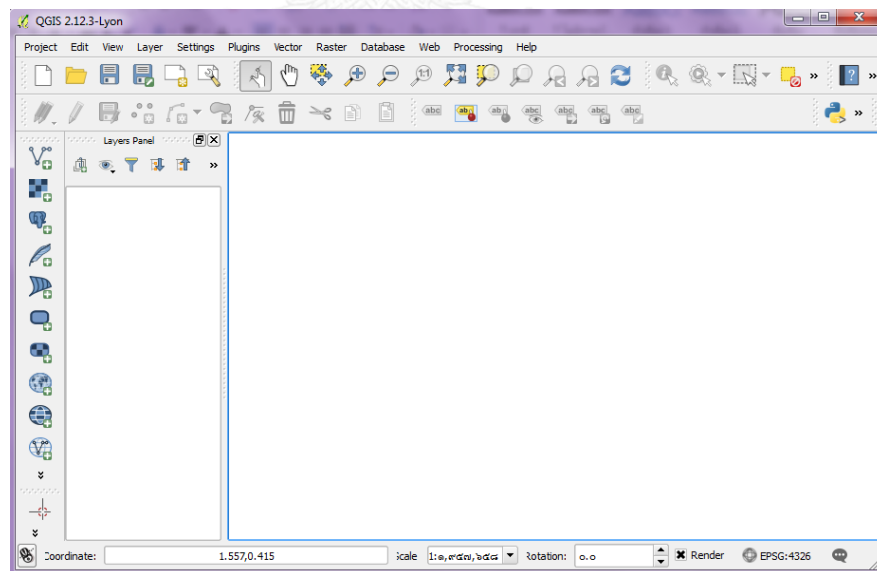
7. เมื่อปรากฏหน้าต่างเสร็จสิ้นการติดตั้ง Quantum GIS ให้คลิกที่ปุ่ม Finish



8. จากนั้นลองเปิดโปรแกรม QGIS Desktop จะปรากฏหน้าต่าง QGIS Lyon 2.12



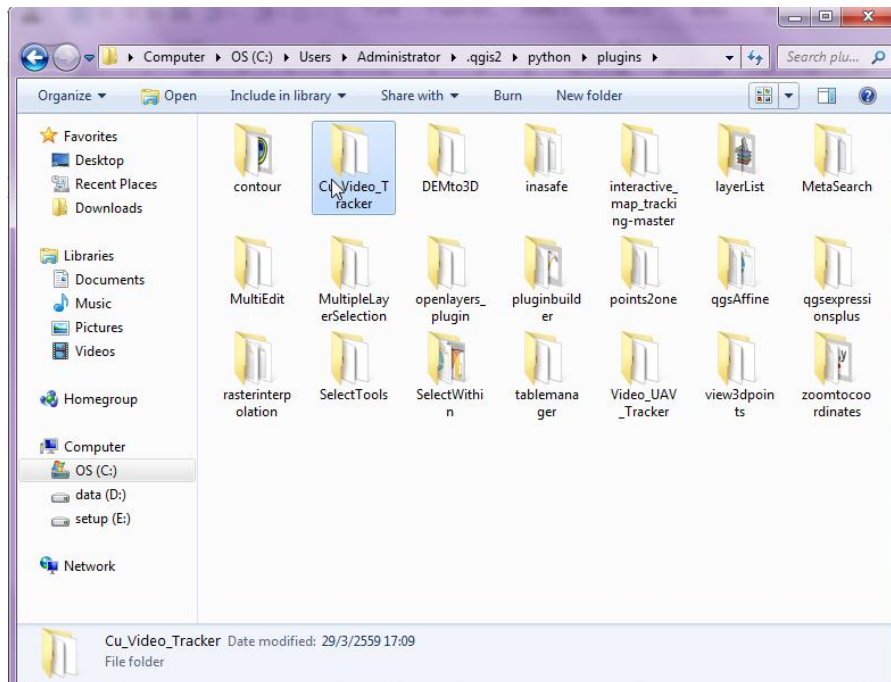
9. ปรากฏหน้าต่างการทำงานของโปรแกรม Quantum GIS



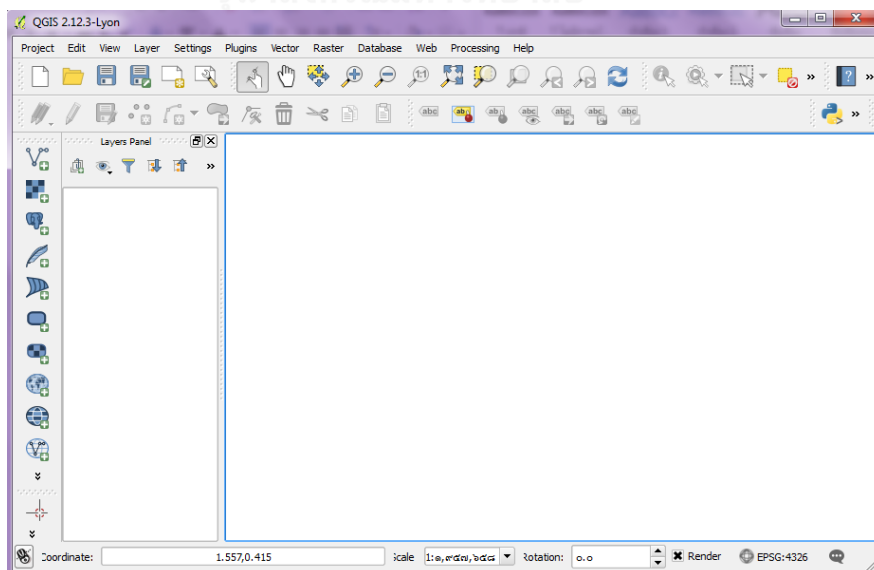


วิธีการติดตั้งเครื่องมือปลั๊กอิน CU-Video Tracker

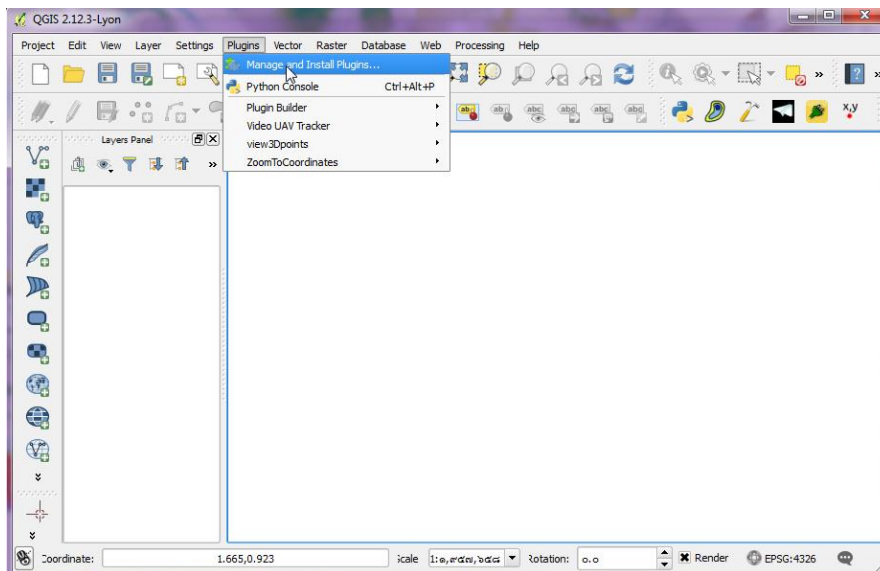
1. นำไฟล์เดสก์ทอปปลั๊กอิน CU-Video Tracker คัดลอกมาวางไว้ที่เก็บเครื่องปลั๊กอิน
C:\Users\Administrator\.qgis2\python\plugins



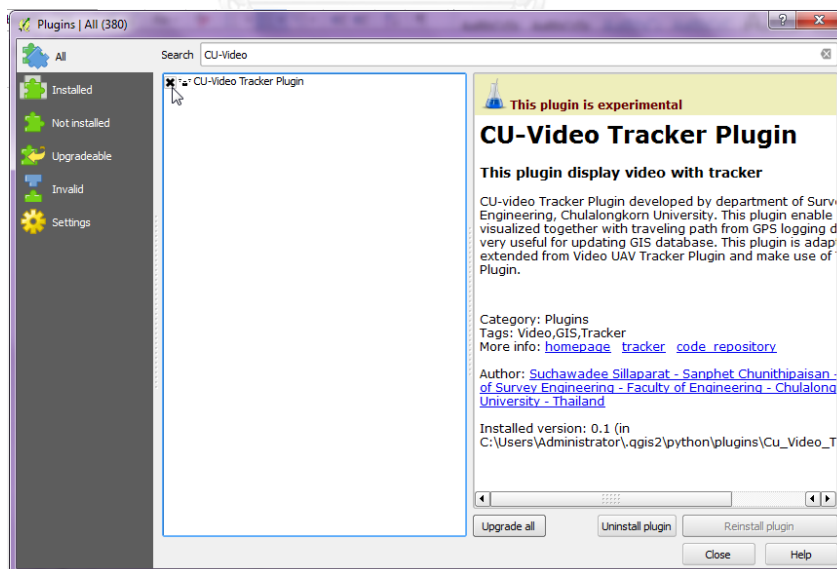
2. จากนั้นเปิดโปรแกรม Quantum GIS



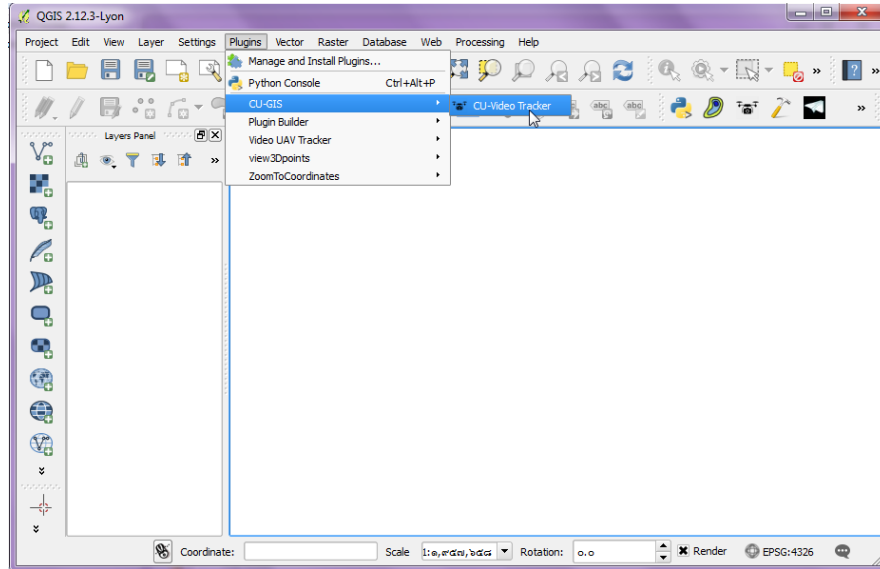
3. คลิกที่เมนู Plugin -> Manage and Install plugin



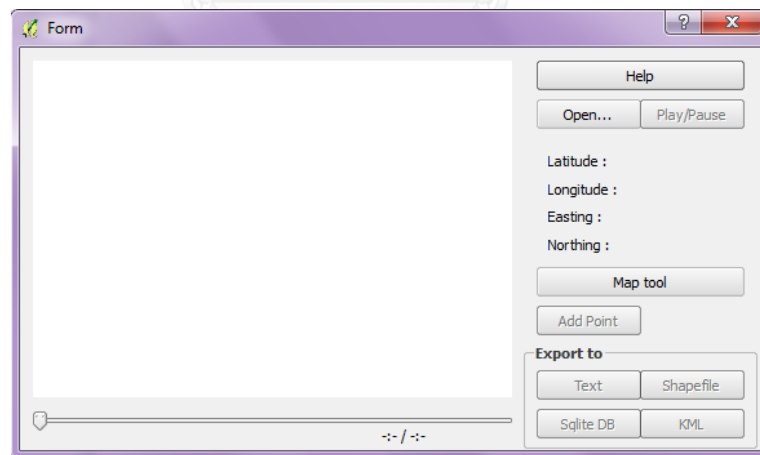
4. โปรแกรมจะแสดงรายชื่อของปลั๊กอินที่มีทั้งหมด จากนั้นให้พิมพ์ CU-Video Tracker ที่ช่อง Search ด้านบน เพื่อหาปลั๊กอิน แล้วเลือกจากภาพที่หน้าปลั๊กอิน จากนั้นคลิกปุ่ม Close



5. ปลั๊กอินจะถูกติดตั้งอยู่บนเมนู Plugin -> CU-GIS -> CU-Video Tracker



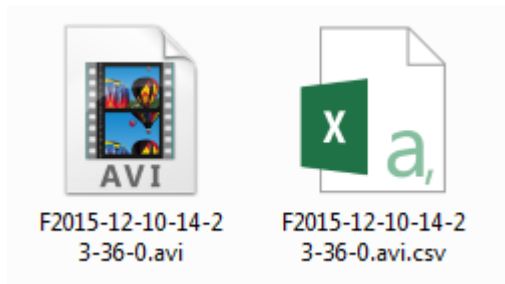
6. เมื่อคลิกที่ไอคอนปลั๊กอิน จะปรากฏหน้าต่างการทำงานของปลั๊กอิน





วิธีการใช้งาน CU-Video Tracker Plugin

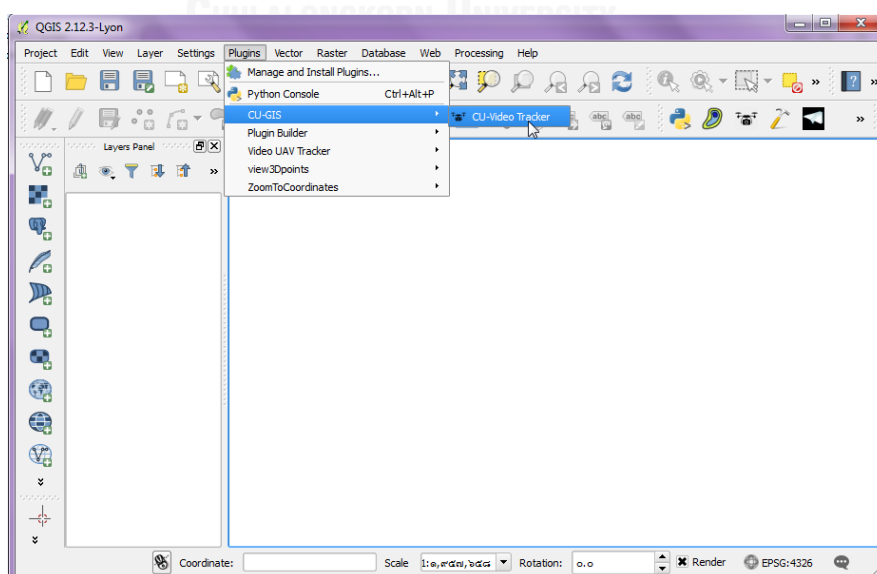
1. เตรียมข้อมูลโดยให้ชื่อไฟล์ของวิดีโอ (.avi) มีชื่อเดียวกันกับชื่อไฟล์ของเส้นทางการบันทึกภาพ (.csv)



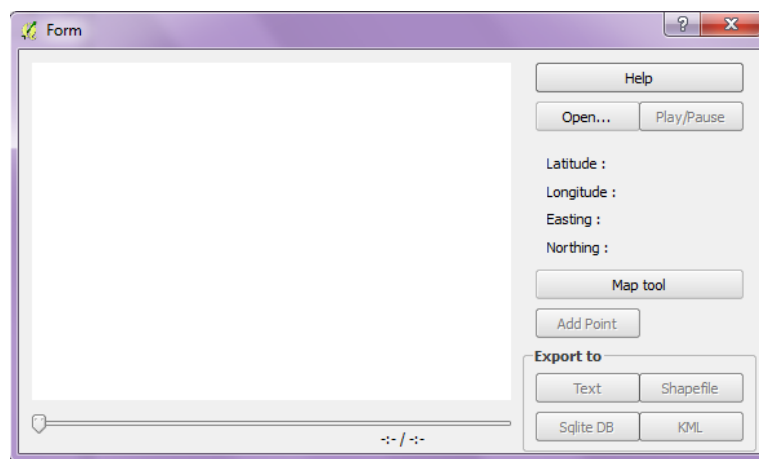
2. กำหนดฟิลด์ข้อมูลของข้อมูลเส้นทางการบันทึกภาพดังนี้

Attribute	Description
lat	Latitude
lon	Longitude
time_h	Timestamp (hour)
Time_m	Timestamp (Minute)
Time_s	Timestamp (second)

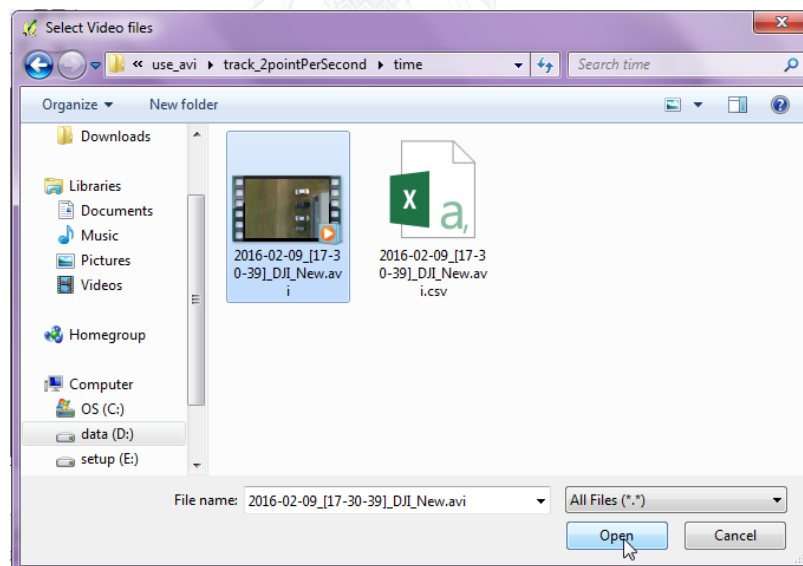
3. เปิดเครื่องมือปลั๊กอิน จากเมนู Plugin -> CU-Plugin ->CU-Video Tracker



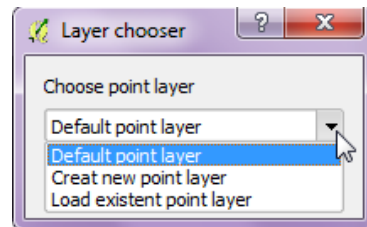
4. เมื่อคลิกที่ไอคอนปลั๊กอิน จะปรากฏหน้าต่างการทำงานของปลั๊กอิน



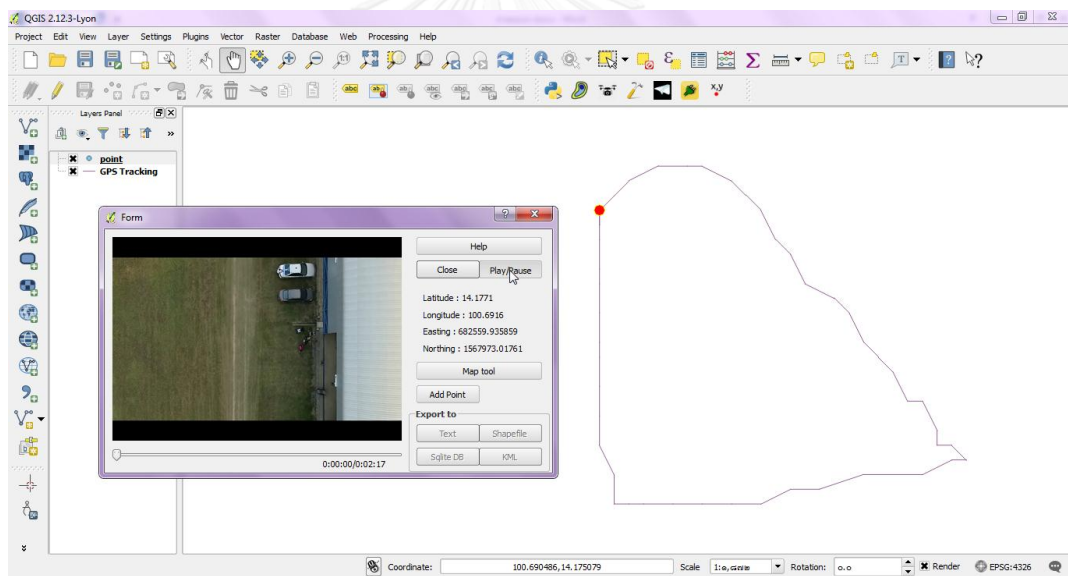
5. จากนั้นคลิก Open เพื่อเลือกไฟล์วิดีโอที่อยู่ในโฟลเดอร์เดียวกันกับไฟล์เส้นทางการบันทึกภาพ



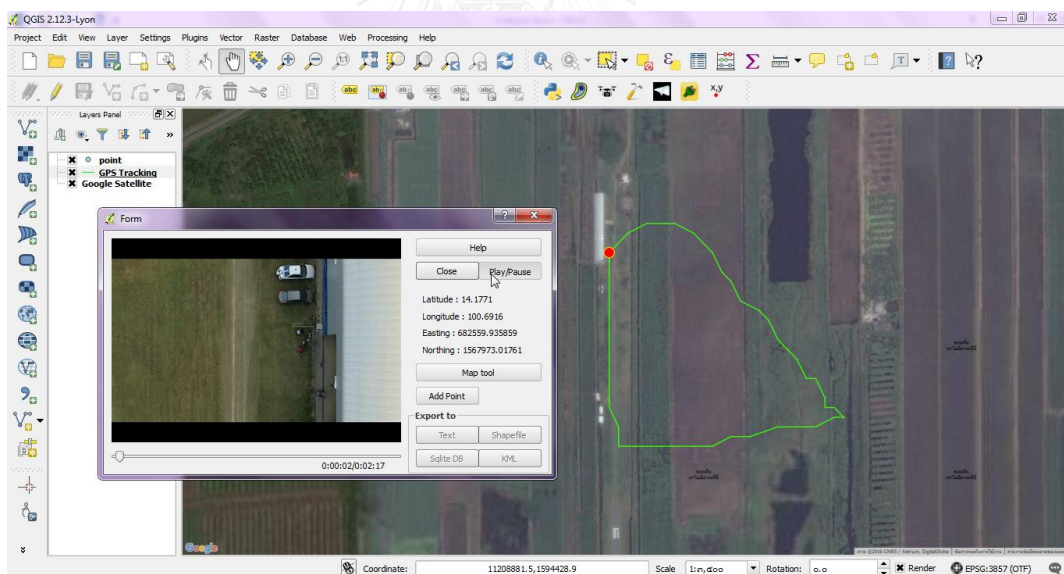
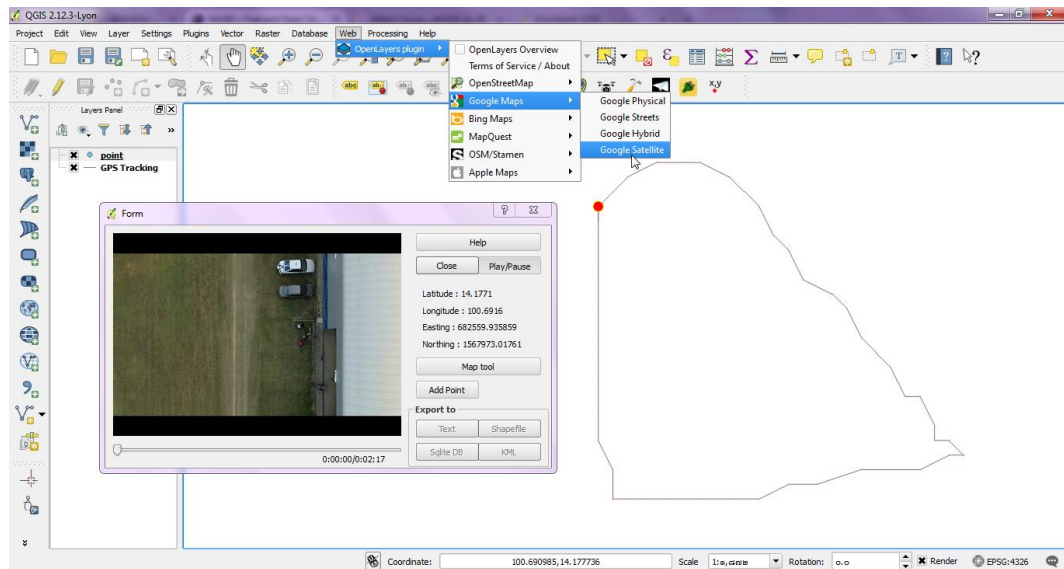
6. เลือกการเพิ่มหรือปรับปรุงชั้นข้อมูลซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานได้ 3 แบบ 1) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยปริยาย (Default) 2) สร้างชั้นข้อมูลใหม่โดยผู้ใช้กำหนดเอง และ 3) ปรับปรุงชั้นข้อมูลที่มีอยู่



7. เมื่อวิดีโอเล่นร่วมกับการแสดงแผนที่เส้นทางการบิน สามารถหยุดวิดีโอได้ โดยกดปุ่ม Play/Pause

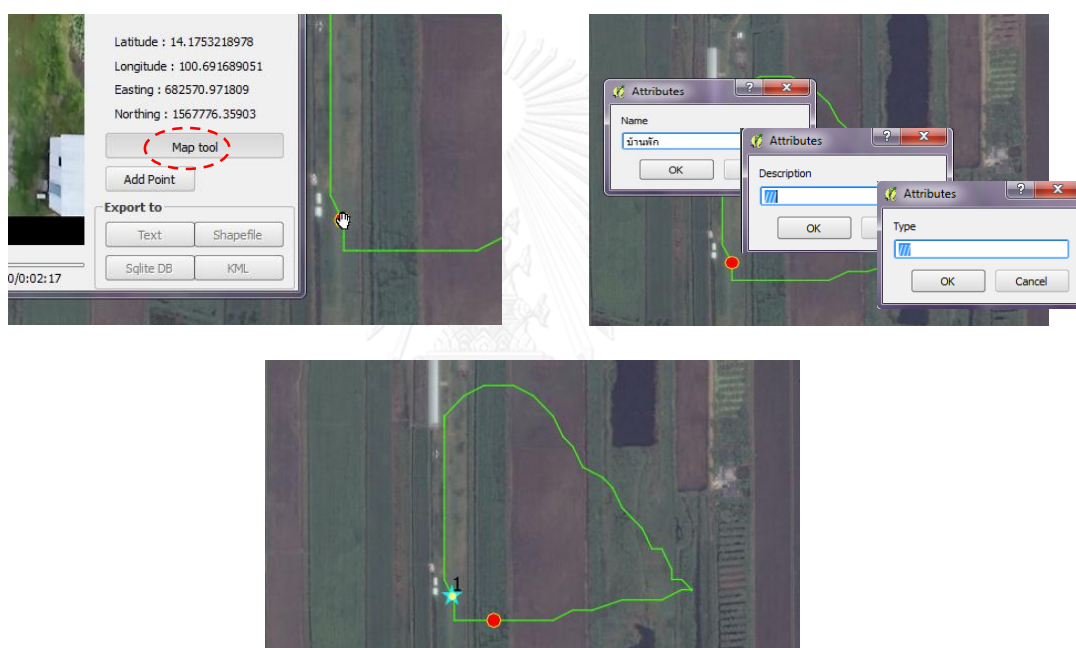


8. สามารถนำแผนที่ Google Satellite มาแสดงเป็นแผนที่พื้นหลังได้

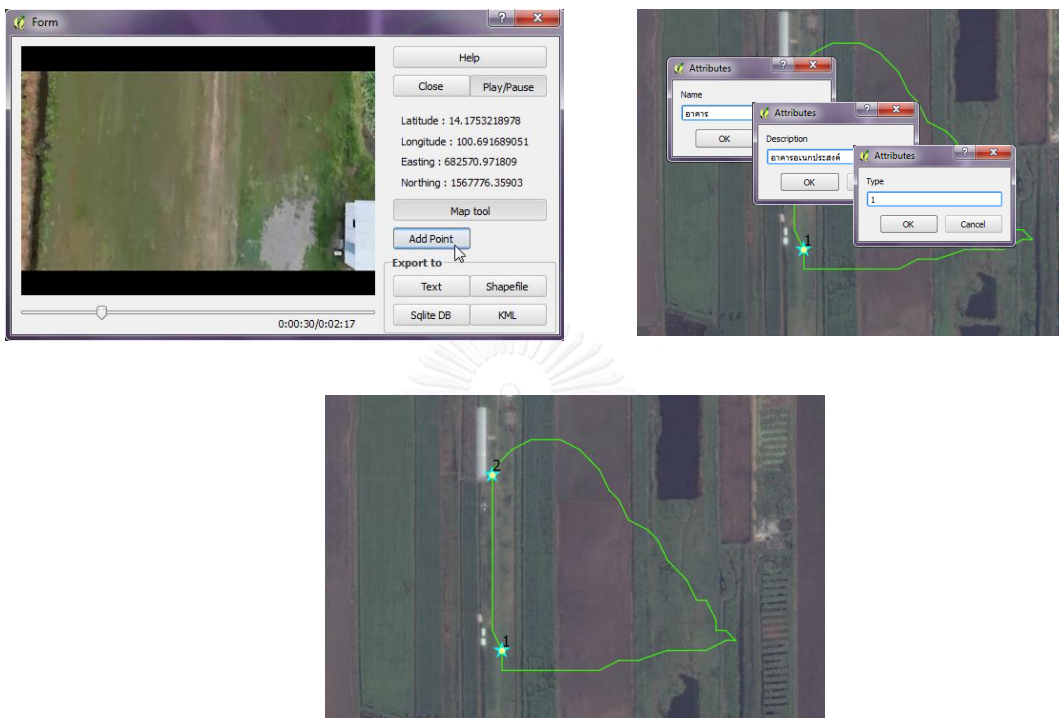


9. เมื่อต้องการเพิ่มจุดที่สนใจ สามารถกำหนดตำแหน่งได้ 2 วิธี คือ

- 1) คลิกปุ่ม Map Tool บนหน้าต่างแสดงผลวิดีโอ จากนั้นคลิกซ้ายเพื่อเลื่อนตำแหน่งสัญลักษณ์ แสดงตำแหน่งที่เคลื่อนที่อยู่ได้ หากตำแหน่งของสัญลักษณ์ตรงกับตำแหน่งที่ต้องการแล้วให้คลิกขวาบนตำแหน่งนั้นเพื่อเพิ่มข้อมูลจุด จะมีหน้าต่างเพื่อกรอกข้อมูลลงในฟิลด์ที่กำหนดไว้ อีกทั้งโปรแกรมจะดึงเฟรมภาพวิดีโอในตำแหน่งนั้นๆ เก็บไว้ตามที่อยู่ที่ปรากฏในฟิลด์ ข้อมูล Image link



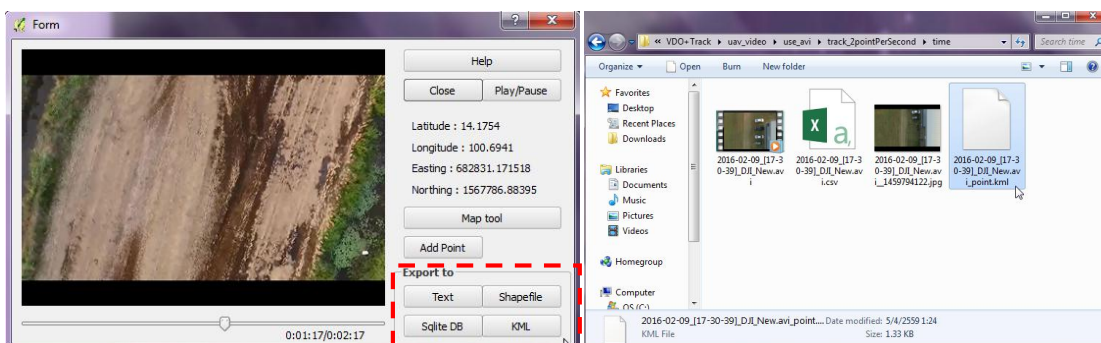
- 2) คลิกปุ่ม Add Point บนหน้าต่างแสดงผลวิดีโอ จากนั้นโปรแกรมจะแสดงหน้าต่างเพื่อกรอกข้อมูลลงในฟิลด์ที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งดึงเฟรมภาพวิดีโอในตำแหน่งที่กำหนดโดยจะเก็บไว้ในโพลเดอร์ที่อยู่ตามที่ปรากฏในฟิลด์ข้อมูล Image link



Attribute table - point :: Features total: 2, filtered: 2, selected: 0

id	Name	Description	Type	Lon	Lat	East UTM	North UTM	Image link
0	1 บ้าน	ที่อยู่อาศัย	1	100.6917	14.1753	682572.1712674...	1567773.944821...	D:/VDO+Track/u...
1	2 อาคาร	อาคารอเนกประสงค์	1	100.6916	14.17705	682559.9758721...	1567967.48564004	D:/VDO+Track/u...

10. เมื่อเพิ่มข้อมูลจุดที่ต้องการเสร็จแล้ว สามารถนำข้อมูลออกมาจัดเก็บในรูปแบบฐานข้อมูล GIS ได้จาก กลุ่มเครื่องมือ Export ซึ่งสามารถจัดเก็บได้ 4 รูปแบบ คือ CSV File, Shape File, SQLite DB และ KML File



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นางสาวสุชาวดี ศิลปรัตน์

เกิดเมื่อ วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2533

คุณวุฒิทางการศึกษา:

พ.ศ.2554 ศิลปศาสตรบัณฑิต ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ประสบการณ์ทำงาน:

พ.ศ. 2555-2556 เจ้าหน้าที่โครงการด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ องค์การบริหารจัดการ
ก๊าซเรือนกระจก องค์การมหาชน

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการ:

ระดับนานาชาติ: CU-VIDEO TRACKER: QGIS PLUGIN FOR VIDEO TRACKER, 36th
Asian Conference on Remote Sensing 2015 (ACRS 2015)

ระดับชาติ: การพัฒนา Plugin ใน Quantum GIS สำหรับแสดงผลข้อมูลวิดีโอ
ร่วมกับแผนที่, งานประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2559