



สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง
กรมทางหลวง



โครงการข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับเพื่อตรวจติดตาม
ข้อมูลปริมาณจราจรและการจัดทำแผนที่เชิงวิศวกรรม

รายงานสรุปผลการศึกษาสำหรับผู้บริหาร



CUTI
สถาบันการขนส่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY
TRANSPORTATION INSTITUTE

กันยายน 2566

รายงานสรุปผลการศึกษาลำหรับผู้บริหาร

1. ที่มาและความสำคัญ

ด้วยสำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง มีหน้าที่ในการค้นคว้า วิจัย และพัฒนาเกี่ยวกับงานทาง เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ ยกระดับงานทาง รวมทั้งการเก็บข้อมูลให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งกรมทางหลวงมีระยะทาง ในโครงข่ายพื้นที่รับผิดชอบเป็นจำนวนมาก อีกทั้งหน่วยงานส่วนภูมิภาคมีอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) ที่ใช้ในการจัดเก็บและการบริหารข้อมูลสายทาง ดังนั้นเพื่อให้การใช้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นปัจจุบันมีความรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ จึงเห็นควรพัฒนาการใช้ประโยชน์จากอากาศยานไร้คนขับ ให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดด้วยความต้องการการจัดทำข้อมูลที่ต้องสามารถทำการวิเคราะห์ สามารถนำผลลัพธ์ ไปใช้งานทั้งภายใน และภายนอกหน่วยงานกรมทางหลวง ลักษณะข้อมูลที่สามารถแสดงผลในรูปแบบแผนที่ และชั้นข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปใช้งานและสื่อสารแก่ผู้ปฏิบัติให้เข้าใจลักษณะของข้อมูลได้โดยง่าย เช่น ข้อมูลภาพถ่ายมุมสูง หรือวิดีโอภาพเคลื่อนไหวจากอากาศยานไร้คนขับ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ และจำแนกข้อมูลต่าง ๆ ได้ เช่น ถนน ปริมาณจราจร อาคาร และความสูงต่ำของพื้นที่ในเขตทาง เป็นต้น

จากเทคโนโลยีในปัจจุบันพบว่าอุปกรณ์สำรวจช่วยในการบันทึกภาพนิ่ง หรือภาพวิดีโอเคลื่อนไหว จากอากาศยาน ทำให้ได้ภาพมุมสูงเพื่อนำไปใช้งาน ที่เรียกว่าอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) โดยอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาต้นทุนของที่ไม่สูงมาก และสามารถจัดหาได้ทั่วไปโดยจุดเด่น ของอากาศยานไร้คนขับ คือ รูปแบบที่ผู้บังคับควบคุมอุปกรณ์สามารถควบคุมได้จากตำแหน่งภาคพื้น แล้วบังคับให้ ตัวอากาศยานที่มีการติดตั้งกล้องถ่ายภาพ ให้ทำการบินปฏิบัติงานในพื้นที่ต่าง ๆ โดยผู้ใช้งานสามารถควบคุมได้ ทั้งแบบด้วยตนเอง และแบบอัตโนมัติ ตามแต่รายละเอียดภารกิจการทำงาน และข้อมูลที่ต้องการ ทำให้เกิด ความสะดวก รวดเร็ว และเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อช่วยในการจัดทำข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้อมูลที่มีความต้องการใช้งานในภารกิจของกรมทางหลวงในด้านต่าง ๆ เช่น การติดตาม จัดทำข้อมูลด้านการจราจร บนสายทาง การตรวจสอบตำแหน่งทรัพย์สินงานทาง และการใช้งานด้านการประเมินความปลอดภัยงานทาง เป็นต้น อย่างไรก็ตามจากข้อมูลการศึกษาพบว่าข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับจะสามารถผลิต และนำไปใช้ประโยชน์ด้านงานทาง ได้อย่างหลากหลาย แต่สิ่งสำคัญที่ประการหนึ่งที่ควรคำนึงถึงคือการเตรียมความพร้อมของบุคลากร เครื่องมือ และรูปแบบของข้อมูล หรือผลลัพธ์ที่จะนำไปใช้งานให้มีความพร้อม สามารถรองรับการทำงานด้วยเทคโนโลยี สมัยใหม่ และนำผลลัพธ์ไปใช้ได้ตรงตามภารกิจงานของกรมทางหลวงอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นเพื่อให้มีความพร้อม ในด้านต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมา โครงการนี้จึงมุ่งหมายเพื่อศึกษา วิจัย และพัฒนา การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ ในภารกิจในด้านต่าง ๆ ของกรมทางหลวงโดยเป็นการปรับเปลี่ยนจากการใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ ที่ใช้เพียงภาพถ่าย หรือภาพเคลื่อนไหว มาเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ ตลอดจนมีการศึกษารูปแบบ การใช้งานที่เหมาะสมกับบุคลากร และทรัพยากรด้านต่าง ๆ ของกรมทางหลวงให้สามารถจัดทำข้อมูลเชิงวิศวกรรม ในด้านต่าง ๆ ให้เกิดประโยชน์แก่หน่วยงาน มีมาตรฐาน รวมทั้งให้มีการถ่ายทอดองค์ความรู้ และผลการศึกษา ในด้านต่าง ๆ ที่จำเป็น ให้แก่เจ้าหน้าที่ของกรมทางหลวง เพื่อนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ยกระดับการทำงาน ด้วยอากาศยานไร้คนขับได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านวิศวกรรม และอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ในภารกิจ ของกรมทางหลวงทั้งในปัจจุบัน และในอนาคตได้





2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 2.1 ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้อากาศยานไร้คนขับ เพื่อประยุกต์ใช้ในงานของกรมทางหลวง
- 2.2 ศึกษา และพัฒนาวิธีการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในงานวิศวกรรมจราจร
- 2.3 ศึกษา และพัฒนาแนวทางการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในการจัดทำแผนที่เชิงวิศวกรรม
- 2.4 ศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในงานด้านอื่น ๆ ของกรมทางหลวง

3. สรุปผลการดำเนินงาน

3.1 งานศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการศึกษา หลักการทำงาน ข้อกำหนด ข้อมูล แนวทางการใช้งาน และคุณสมบัติของอากาศยานไร้คนขับที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันและที่มีอยู่ของกรมทางหลวง เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ และแนะนำแนวทางการเลือกใช้อากาศยานไร้คนขับต่อไปในอนาคต

อีกทั้งที่ปรึกษาได้ดำเนินการศึกษาทฤษฎี งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการใช้อากาศยานไร้คนขับในงานด้านต่าง ๆ ทั้งนี้ต้องอยู่ในขอบข่ายที่เกี่ยวข้องกับงานของกรมทางหลวง เช่น งานด้านวิศวกรรมจราจร งานด้านสำรวจออกแบบ งานด้านการจัดทำแผนที่เชิงวิศวกรรม หรืองานอื่น ๆ ที่น่าสนใจ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการนำอากาศยานไร้คนขับมาประยุกต์ใช้ในงานของกรมทางหลวง

3.2 พื้นที่การศึกษา

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อใช้ในการลงสำรวจข้อมูลโดยแบ่งเป็นการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาเพื่อใช้ในการสำรวจข้อมูลด้านการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในงานด้านวิศวกรรมจราจรจำนวน 31 แห่งแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 และดำเนินการคัดเลือกพื้นที่เพื่อใช้ในการสำรวจข้อมูลด้านการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในงานด้านแผนที่เชิงวิศวกรรมจำนวน 13 แห่งแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลาย ทั้งด้านกายภาพและบริเวณโดยรอบ



ตารางที่ 1 รายชื่อพื้นที่ลงสำรวจด้านการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในงานวิศวกรรมจราจร

ลำดับ	หมายเลข ทางหลวง	ตอน ควบคุม	ชื่อสายทาง	บริเวณ กม.	แขวงทางหลวง	จังหวัด	เกณฑ์การคัดเลือก พื้นที่ศึกษา	ลักษณะพื้นที่ ด้านข้างสายทาง	วันที่ สำรวจ
1	1	403	ปากข้าวสาร - แยกสวนพฤกษศาสตร์พุแค	108+550	สระบุรี	สระบุรี	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	5 เม.ย. 66
2	3	104	บางตำหรุ - คลองด่าน	54+500	สมุทรปราการ	สมุทรปราการ	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	3 เม.ย. 66
3	35	100	ดาวคะนอง - แสมดำ	0+500	ธนบุรี	กรุงเทพมหานคร	ช่วงถนน (Mid-Block)	นอกเมือง	16 มี.ค. 66
4	35	202	สะพานข้ามแม่น้ำท่าจีนฝั่งตะวันตก - นาโคก	31+500	สมุทรสาคร	สมุทรสาคร	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	30 มี.ค. 66
5	35	202	สะพานข้ามแม่น้ำท่าจีนฝั่งตะวันตก - นาโคก	36+500	สมุทรสาคร	สมุทรสาคร	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	29 มี.ค. 66
6	35	301	นาโคก - แพรกหนามแดง	54+000	สมุทรสงคราม	สมุทรสงคราม	ช่วงถนน (Mid-Block)	นอกเมือง	28 มี.ค. 66
7	304	202	คันนายาว - แยกเข้ามินบุรี	23+800	กรุงเทพ	กรุงเทพมหานคร	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	20 ก.พ. 66
8	304	203	แยกเข้ามินบุรี - คลองหลวงแพ่ง	27+800	กรุงเทพ	กรุงเทพมหานคร	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	21 ก.พ. 66
9	304	301	คลองหลวงแพ่ง - ฉะเชิงเทรา	50+800	ฉะเชิงเทรา	ฉะเชิงเทรา	ช่วงถนน (Mid-Block)	นอกเมือง	22 ก.พ. 66
10	306	101	พระราม 7 - แคราย	1+000	นนทบุรี	นนทบุรี	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	18 มี.ค. 66
11	338	101	อรุณอมรินทร์ - พุทธมณฑลสาย 4	11+000	ธนบุรี	กรุงเทพมหานคร	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	15 มี.ค. 66
12	346	101	ต่างระดับรังสิต - สะพานคลองเปรม	0+800	ปทุมธานี	ปทุมธานี	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	2 มี.ค. 66
13	346	201	ต่างระดับลาดหลุมแก้ว - แยกนพวงศ์	21+000	นนทบุรี	นนทบุรี	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	28 ก.พ. 66
14	346	201	ต่างระดับลาดหลุมแก้ว - แยกนพวงศ์	31+800	นนทบุรี	นนทบุรี	ช่วงถนน (Mid-Block)	นอกเมือง	27 ก.พ. 66
15	347	101	เทคโนโลยีปทุมธานี - ต่างระดับเชียงรากน้อย	1+000	ปทุมธานี	ปทุมธานี	ช่วงถนน (Mid-Block)	นอกเมือง	1 มี.ค. 66
16	3215	101	คลองวัดแดง - บางบัวทอง	1+000	นนทบุรี	นนทบุรี	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	22 มี.ค. 66
17	3215	101	คลองวัดแดง - บางบัวทอง	11+000	นนทบุรี	นนทบุรี	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	20 มี.ค. 66





ตารางที่ 1 รายชื่อพื้นที่ลงสำรวจด้านการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในงานวิศวกรรมจราจร (ต่อ)

ลำดับ	หมายเลข ทางหลวง	ตอน ควบคุม	ชื่อสายทาง	บริเวณ กม.	แนวทางหลวง	จังหวัด	เกณฑ์การคัดเลือก พื้นที่ศึกษา	ลักษณะพื้นที่ ด้านข้างสายทาง	วันที่ สำรวจ
18	3233	100	นครชัยศรี - ดอนตูม	10+900	นครปฐม	นครปฐม	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	13 มี.ค. 66
19	3263	100	อยุธยา - ฝักองดิน	4+000	อยุธยา	อยุธยา	ช่วงถนน (Mid-Block)	นอกเมือง	8 มี.ค. 66
20	3469	100	อยุธยา - บางปะอิน	0+300	อยุธยา	อยุธยา	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	9 มี.ค. 66
21	3643	100	เทศบาลเมืองสมุทรสงคราม - ท่าน้ำสมุทรสงคราม	1+250	สมุทรสงคราม	สมุทรสงคราม	ช่วงถนน (Mid-Block)	ในเมือง	27 มี.ค. 66
22	1	403	ปากข้าวสาร - แยกสวนพฤกษศาสตร์พุแค	111+450	สระบุรี	สระบุรี	ทางแยกต่างระดับ (Interchange)	ในเมือง	4 เม.ย. 66
23	4	100	อ้อมใหญ่ - นครชัยศรี	40+000	สมุทรสาคร	สมุทรสาคร	ทางแยกต่างระดับ (Interchange)	นอกเมือง	14 มี.ค. 66
24	35	301	นาโคก - แพรกหนามแดง	63+000	สมุทรสงคราม	สมุทรสงคราม	ทางแยกต่างระดับ (Interchange)	ในเมือง	25 มี.ค. 66
25	304	301	คลองหลวงแพ่ง - ฉะเชิงเทรา	63+750	ฉะเชิงเทรา	ฉะเชิงเทรา	ทางแยกต่างระดับ (Interchange)	ในเมือง	23 ก.พ. 66
26	3	104	บางตำหรุ - คลองด่าน	0+000	สมุทรปราการ	สมุทรปราการ	ทางแยก (Intersection)	นอกเมือง	2 เม.ย. 66
27	306	101	พระราม 7 - แคราย	3+200	นนทบุรี	นนทบุรี	ทางแยก (Intersection)	ในเมือง	19 มี.ค. 66
28	3215	101	คลองวัดแดง - บางบัวทอง	0+450	นนทบุรี	นนทบุรี	ทางแยก (Intersection)	นอกเมือง	23 มี.ค. 66
29	3469	100	อยุธยา - บางปะอิน	3+450	อยุธยา	อยุธยา	ทางแยก (Intersection)	นอกเมือง	10 มี.ค. 66
30	3643	100	เทศบาลเมืองสมุทรสงคราม - ท่าน้ำสมุทรสงคราม	0+000	สมุทรสงคราม	สมุทรสงคราม	ทางแยก (Intersection)	ในเมือง	26 มี.ค. 66
31	3215	101	คลองวัดแดง - บางบัวทอง	4+600	นนทบุรี	นนทบุรี	วงเวียน (Roundabout)	นอกเมือง	21 มี.ค. 66





ตารางที่ 2 รายชื่อพื้นที่ลงสำรวจด้านการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในงานแผนที่เชิงวิศวกรรม

ลำดับ	หมายเลขทางหลวง	ตอนควบคุม	ชื่อตอน	บริเวณ กม.	แขวงทางหลวง	จังหวัด	เกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่ศึกษา	ลักษณะพื้นที่	วันที่สำรวจ
1	202	703	บ.หนองฝือ - อ.เขมราฐ	กม.380+405 ถึง กม.381+405	อำนาจเจริญ	อุบลราชธานี	ถนนตัดใหม่	นอกเมือง	8 มี.ค.66
2	2050	202	บ.ห้วยยาง - อ.เขมราฐ	กม.99+098 ถึง กม.101+065	อำนาจเจริญ	อุบลราชธานี	ขยายช่องจราจร	ในเมือง	9 มี.ค.66
3	3648	100	ทางเลี่ยงเมืองแก่ง	กม.0+000 ถึง กม.1+000	ระยอง	ระยอง	ขยายช่องจราจร	นอกเมือง	10 เม.ษ.66
4	344	103	แยกหนองเสือช้าง - บ.เขาชก	กม. 49+675 ถึง กม.50+675	ชลบุรีที่ 1	ชลบุรี	ถนนตัดใหม่	นอกเมือง	11 เม.ษ. 66
5	3200	100	ฉะเชิงเทรา - อ.บางน้ำเปรี้ยว	กม.0+000 ถึง กม.1+000	ฉะเชิงเทรา	ฉะเชิงเทรา	สายทางที่มีการขยายทางเดิม	ในเมือง	19 เม.ษ.66
6	331	202	บ.เกาะโพธิ์ - บ.เนินหิน	กม.96+000 ถึง กม.97+000	ชลบุรีที่ 1	ชลบุรี	ขยายช่องจราจร	นอกเมือง	20 เม.ษ.66
7	304	401	ต.เขาหินซ้อน - บ.คลองรัง	กม.132+000 ถึง กม.133+000	ปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	ขยายช่องจราจร	นอกเมือง	21 เม.ษ.66
8	3079	102	อ.ศรีมหาโพธิ์ - พญาจารย์	กม. 33+034 ถึง กม.34+034	ปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	ขยายช่องจราจร	ในเมือง	22 เม.ษ.66
9	3079	102	อ.ศรีมหาโพธิ์ - พญาจารย์	กม.35+000 ถึง กม.36+000	ปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	ขยายช่องจราจร/ สายทางที่มีการขยายทางเดิม	นอกเมือง	23 เม.ษ.66
10	317	200	อ.เขาฉกรรจ์ - สระแก้ว	กม. 137+550 ถึง กม.138+550	สระแก้ว	สระแก้ว	ขยายช่องจราจร	นอกเมือง	24 เม.ษ.66
11	362	100	ถนนวงแหวนรอบเมืองสระบุรี	กม. 11+700 ถึง กม.12+700	สระบุรี	สระบุรี	ลักษณะความสูงต่ำของพื้นที่	ในเมือง	26 เม.ษ.66
12	2039	100	อ.น้ำพอง - อ.กระนวน	กม.13+109 ถึง กม.14+109	ขอนแก่นที่ 1	ขอนแก่น	ลักษณะความสูงต่ำ ของพื้นที่	นอกเมือง	2 พ.ค.66
13	3510	-	สามแยกวังมะนาว – บรรจบทางหลวง หมายเลข 3510	-	เพชรบุรี	ราชบุรี และเพชรบุรี	เส้นทางเลือกใหม่	นอกเมือง	5 พ.ค.66



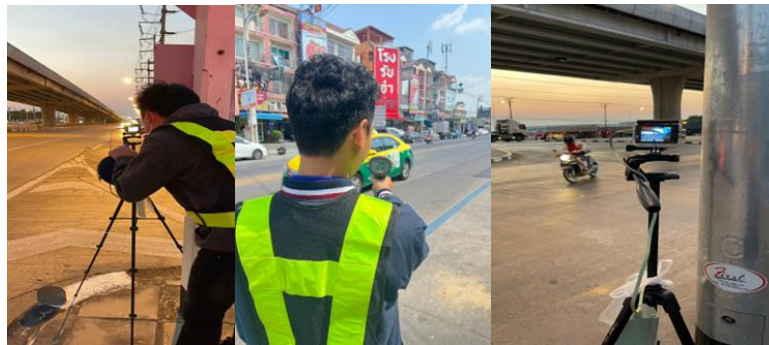


3.3 งานประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในงานด้านวิศวกรรมจราจร

3.3.1 การสำรวจและจัดเก็บข้อมูล

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลด้วยกล้องวิดีโอภาคพื้น และเก็บข้อมูลด้วยอากาศยานไร้คนขับโดยเก็บข้อมูลพื้นที่ละ 360 นาที แบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา ช่วงละ 120 นาที ประกอบด้วยช่วงเช้า (8:00 – 10:00 น.) ช่วงกลางวัน (11:00 – 13:00 น.) และช่วงเย็น (16:00 – 18:00 น.) ซึ่งทั้ง 2 อุปกรณ์จะต้องเก็บในวันและเวลาเดียวกัน เพื่อให้สามารถนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลและเปรียบเทียบผลได้อย่างแม่นยำขึ้น

- เก็บข้อมูลด้านวิศวกรรมจราจรด้วยชุดภาพหรือกล้องวิดีโอภาคพื้น
ข้อมูลที่เก็บประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณจราจรแยกประเภทยานพาหนะ 13 ประเภท ข้อมูลความเร็ว เป็นต้น



รูปที่ 1 การเก็บข้อมูลด้านวิศวกรรมจราจรด้วยชุดภาพหรือกล้องวิดีโอภาคพื้น

- เก็บข้อมูลด้วยอากาศยานไร้คนขับ
อากาศยานไร้คนขับควรมีคุณภาพกล้อง เพื่อใช้บันทึกภาพเคลื่อนไหว โดยมีคุณสมบัติพื้นฐานอย่างน้อยดังนี้ ความละเอียดของเซนเซอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว ความละเอียดของกล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหวไม่น้อยกว่า 20 ล้านเมกะพิกเซล เพื่อความคมชัดของภาพวิดีโอ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมุมมองที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างเหมาะสมที่สุด แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รูปแบบระยะห่างจากกล้องอากาศยานไร้คนขับถึงยานพาหนะ

ลำดับ	ลักษณะสายทาง	กล้องวิดีโอจากอากาศยานไร้คนขับ	
		ระดับความสูง (เมตร)	มุมมองของกล้อง (องศา)
1	ช่วงถนน (Mid-block)	50	45
2	ทางแยกต่างระดับ (Interchange)	70	45
3	ทางแยก (Intersection)	70	45
4	วงเวียน (Roundabout)	70	45



3.3.2 งานพัฒนาอัลกอริทึม หรือโมดูลการวิเคราะห์

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการพัฒนาอัลกอริทึม หรือโมดูลการวิเคราะห์ข้อมูลการจราจรแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับการดึงข้อมูล (Data Extraction) จากภาพเคลื่อนไหวของกระแสจราจร โดยได้ผลลัพธ์เป็น System Diagram หรืออัลกอริทึม หรือโมดูลการวิเคราะห์ที่จะนำมาใช้งาน เพื่อให้สามารถแปลงข้อมูลเป็นค่าวิศวกรรมจราจร เช่น ปริมาณจราจร ประเภทยานพาหนะ ความเร็ว เป็นต้น

โดยในเบื้องต้นที่ปรึกษาได้ดำเนินการนำอัลกอริทึมที่ได้พัฒนาไว้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจราจร โดยในโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ แบบจำลองส่วนการตรวจหาวัตถุ (Object Detection) และแบบจำลองส่วนการติดตามวัตถุ (Object Tracking) โดยการทำงานของโปรแกรมประยุกต์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลจราจรจากภาพวิดีโอ CCTV สามารถอธิบายได้ ดังนี้

- การวิเคราะห์จะเริ่มตั้งแต่รับภาพวิดีโอ CCTV จากแหล่งข้อมูลภายนอก เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้า (Input Data) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจราจร โดยภาพวิดีโอ จะถูกนำมาแบ่งออกเป็นภาพนิ่ง (Still Picture) เพื่อเข้าสู่แบบจำลอง Object Detection โดยผลลัพธ์ (Output) จากแบบจำลอง Object Detection จะเป็นยานพาหนะ 3 ประเภท ได้แก่ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ และรถโดยสารขนาดใหญ่/รถบรรทุก ที่ถูกตีกรอบด้วย Bounding Box ในแต่ละ Frame โดยผลลัพธ์จากแบบจำลอง Object Detection นี้สามารถนำมาประมาณการความหนาแน่นจราจรของถนนได้โดยตรง
- การประมาณการความหนาแน่นจราจรจากผลลัพธ์ของแบบจำลอง Object Detection สามารถทำได้โดยนับจำนวนยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ที่ถูกระบุอยู่ใน Bounding Box ในแต่ละ Frame และทำการแปลงจำนวนยานพาหนะให้เป็นจำนวน Passenger Car Equivalent Unit (PCU) และทำการหาค่าเฉลี่ยของจำนวน PCU ในทุก Frame ตลอดช่วงเวลา เช่น 15 นาที หรือ 60 นาที เพื่อคำนวณเป็นความหนาแน่นจราจรเฉลี่ยในช่วงเวลานั้น
- อัลกอริทึมส่วนต่อมาเป็นส่วนของ Object Tracking โดยเป็นการคำนวณหาตำแหน่งของยานพาหนะคันเดียวกันในแต่ละ Frame เพื่อที่จะติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะในวิดีโอไปตามตำแหน่งต่าง ๆ



3.3.3 การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลจราจรด้วยอากาศยานไร้คนขับและแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์

ที่ปรึกษาดำเนินการเก็บข้อมูลจราจรครบทั้ง 31 พื้นที่ที่มีความหลากหลาย และวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจรด้วยอากาศยานไร้คนขับและแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ โดยสามารถแบ่งเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

- การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจรบริเวณช่วงถนน (Mid-Block) จำนวน 21 ตำแหน่ง
- การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจรบริเวณทางแยกต่างระดับ (Interchange) จำนวน 4 ตำแหน่ง
- การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจรบริเวณทางแยก (Intersection) จำนวน 5 ตำแหน่ง
- การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจรบริเวณวงเวียน (Roundabout) จำนวน 1 ตำแหน่ง

3.3.4 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรด้วยอากาศยานไร้คนขับและแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์

จากรายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรด้วยอากาศยานไร้คนขับและแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ทั้ง 31 พื้นที่ ที่ปรึกษาได้ดำเนินการสรุปผลความถูกต้อง (Accuracy Test) โดยแยกรูปแบบของสายทางออกเป็น 4 รูปแบบแสดงรายละเอียดดังนี้

- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจรบริเวณช่วงถนน (Mid-Block) จำนวน 21 ตำแหน่ง ความถูกต้อง (Accuracy Test) เฉลี่ยร้อยละ 93.5
- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจรบริเวณทางแยกต่างระดับ (Interchange) จำนวน 4 ตำแหน่ง ความถูกต้อง (Accuracy Test) เฉลี่ยร้อยละ 81.8
- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจรบริเวณทางแยก (Intersection) จำนวน 5 ตำแหน่ง ความถูกต้อง (Accuracy Test) เฉลี่ยร้อยละ 63.4
- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการจราจรบริเวณวงเวียน (Roundabout) จำนวน 1 ตำแหน่ง ความถูกต้อง (Accuracy Test) เฉลี่ยร้อยละ 59.2



ตารางที่ 4 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรด้วยอากาศยานไร้คนขับและแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์

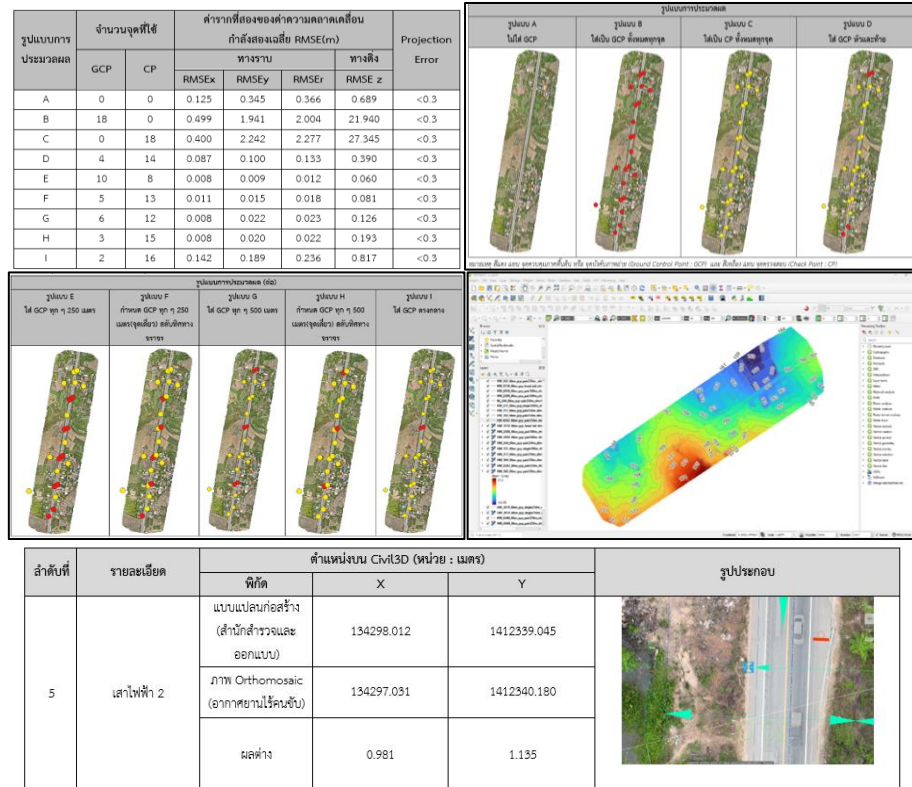
รูปแบบถนน	ความถูกต้องเฉลี่ย	ปริมาณจราจรเฉลี่ย (คัน)			ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	ความหนาแน่นปริมาณจราจรเฉลี่ย (คัน/กม./ช่องจราจร)	ระดับการให้บริการของถนนเฉลี่ย	รูปภาพ
		รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถขนาดใหญ่				
ช่วงถนน (Mid-Block)	93.5%	836	3,024	250	55	33	F	
ทางแยกต่างระดับ (Interchange)	81.8%	128	440	57	55	30	-	
ทางแยก (Intersection)	63.4%	111	1,290	217	-	-	-	
วงเวียน (Roundabout)	59.2%	106	460	39	-	-	-	

หมายเหตุ : บริเวณทางแยก และวงเวียน ไม่สามารถระบุความเร็วยานพาหนะได้จึงส่งผลให้ไม่สามารถคำนวณความหนาแน่นปริมาณจราจรและระดับการให้บริการของถนนได้

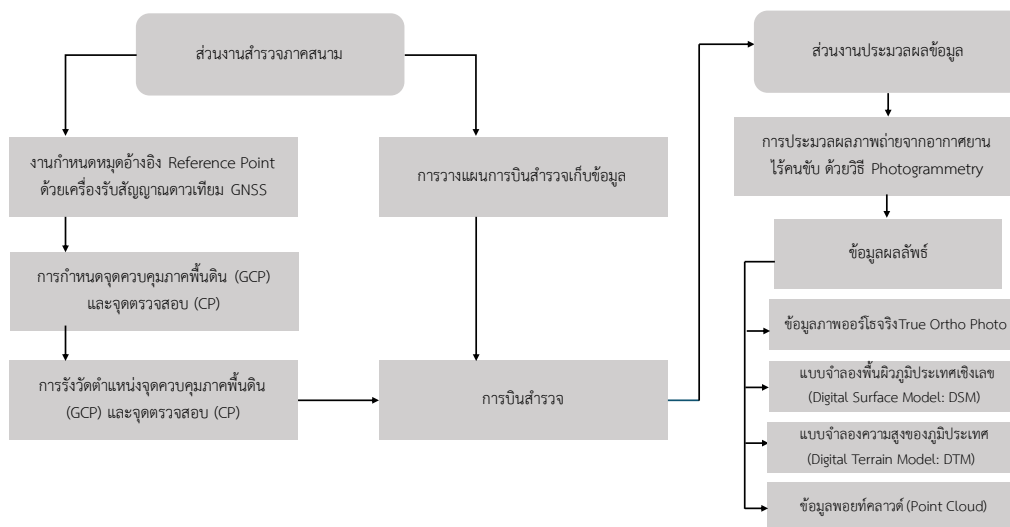


3.4 งานประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อพัฒนาแนวทางการจัดทำแผนที่เชิงวิศวกรรม

ผลลัพธ์ของงานศึกษาการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อพัฒนาแนวทางการจัดทำแผนที่เชิงวิศวกรรม ได้แก่ ผลลัพธ์ความถูกต้องเชิงตำแหน่งในการจัดทำแผนที่ทางวิศวกรรม ทั้งทางราบและทางตั้ง, ข้อมูลทางภูมิประเทศ (Topographical Data) และข้อมูลแบบจำลองความสูงของภูมิประเทศ (Digital Terrain Mode: DTM) และเส้นชั้นความสูง (Contour Line) ตามลำดับ



รูปที่ 2 ผลลัพธ์จากงานประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อพัฒนาแนวทางการจัดทำแผนที่เชิงวิศวกรรม



รูปที่ 3 แผนผังแสดงกระบวนการทำงานของการจัดทำแผนที่เชิงวิศวกรรมโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ



การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่อจัดทำแผนที่เชิงวิศวกรรม ประกอบด้วยกิจกรรม 2 ส่วนคือ งานสำรวจภาคสนามและงานประมวลผลข้อมูล โดยในส่วนงานสำรวจภาคสนามมีการดำเนินงาน 2 ส่วนงานย่อย ได้แก่ งานรังวัดตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) และสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ โดยสามารถสรุปออกมาเป็นเกณฑ์การพิจารณา ดังตารางที่ 5 ถึงตารางที่ 6

ตารางที่ 5 รายละเอียดการสำรวจจุดควบคุมภาคพื้นดินด้วยอุปกรณ์ GNSS

รายการบันทึกการสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดิน				
ลำดับ	เกณฑ์การพิจารณา	ระบุ	หน่วย	หมายเหตุ
1	จำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดิน	20	จุด	
2	รูปร่างของจุดควบคุมภาคพื้นดิน	สี่เหลี่ยม		
3	ขนาดของจุดควบคุมภาคพื้นดิน	50*50	ซม.	
4	เครื่องมือรังวัดที่ติดตั้งจุดควบคุมภาคพื้นดิน	GNSS		
5	วิธีการรังวัดจุดควบคุมภาคพื้นดิน	RTK		
6	ความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบของจุดควบคุมภาคพื้นดิน	2	ซม.	
7	ความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางตั้งของจุดควบคุมภาคพื้นดิน	5	ซม.	

ตารางที่ 6 รายละเอียดการวางแผนการบินอากาศยานไร้คนขับ

รายการบันทึกการวางแผนการบิน				
ลำดับ	เกณฑ์การพิจารณา	ระบุ	หน่วย	หมายเหตุ
1	ระยะทางสำรวจ	1	กม.	
2	กำหนดความละเอียดจุดภาพ (Ground Sample Distance : GSD)	ประมาณ 2.5	ซม.	
3	กำหนดความสูงในการบิน	90	ม.	ระดับความสูง บินเหนือจุดปล่อย
4	ปริมาณส่วนซ้อนของภาพ (Overlap)	85*	%	**มาตรฐานการสำรวจด้วย อากาศ ยานไร้คนขับเพื่องานวิศวกรรม Overlap>=80% Side Lap >=70%
5	ปริมาณส่วนเกย (Side Lap)	65*	%	

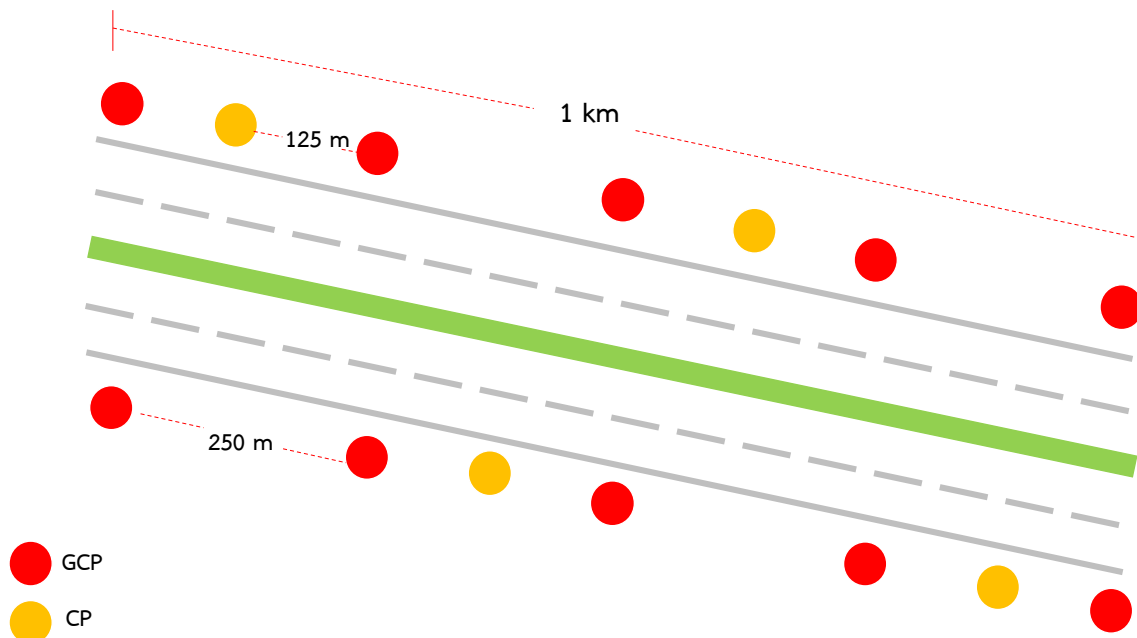
หมายเหตุ 1.เครื่องหมาย * เป็นแนวทางที่เลือกใช้งานในงานวิจัย โดยผู้ใช้งานสามารถประยุกต์ ปรับเปลี่ยนได้ตามลักษณะของพื้นที่และอากาศยานที่เลือกใช้ได้



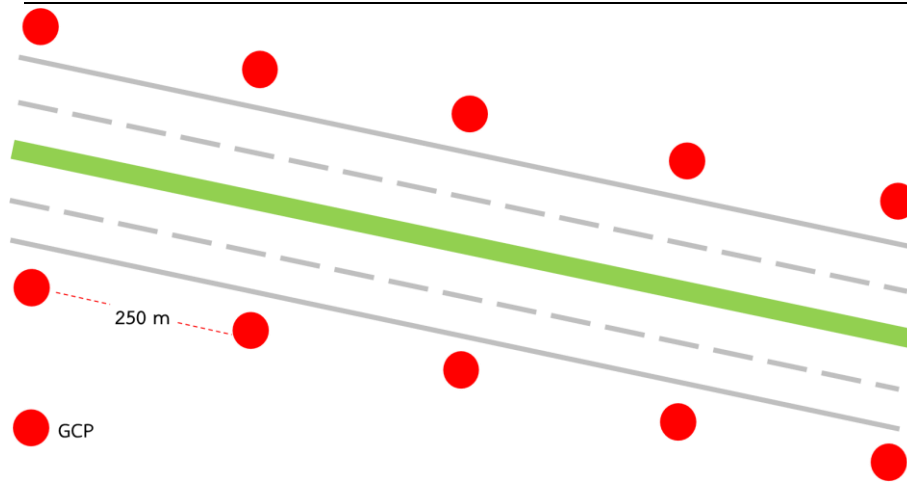
จุดควบคุมภาพถ่ายมีความสำคัญต่อคุณภาพการผลิตข้อมูลเชิงตำแหน่งให้ถูกต้อง ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องเข้าใจหลักการและทฤษฎีในการสร้างจุดควบคุมภาพถ่าย ได้แก่ การสร้างจุดควบคุมภาพถ่ายให้เห็นได้เด่นชัดบนภาพ การรังวัดค่าพิกัดที่สามารถนำมาโยงยึดภาพถ่ายได้ถูกต้องตามแผนที่วางไว้ และการกำหนดตำแหน่งเพื่อให้จุดควบคุมภาพถ่ายมีจำนวนและการกระจายตัวที่เหมาะสมครอบคลุมทั้งโครงการ

ในส่วนของการกำหนดการกระจายตัวของจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) และจุดตรวจสอบ (CP) ให้กำหนดเป็นไปตามแนวทางเดียวกัน รูปแบบที่แนะนำในโครงการ ได้แก่ รูปแบบที่มีการวางจุดควบคุมภาพ (GCP) ในลักษณะการวางเป็นคู่ โดยวางตำแหน่งคันทางละ 1 จุด บริเวณไหล่ทางหรือเขตทางที่สามารถถ่ายภาพได้อย่างชัดเจน จำนวน 5 คู่ ต่อระยะทางตามแนวเส้นทาง 1 กิโลเมตร โดยกำหนดให้มีการกระจายตัวของจุดควบคุมภาพ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

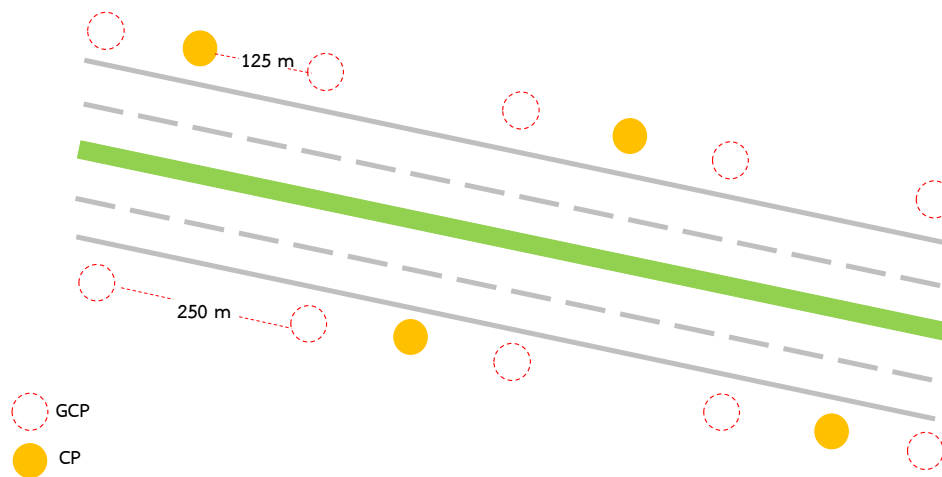
- กำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) จำนวน 10 จุดต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร กำหนดเป็นจุดคู่ กระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยมีระยะห่างโดยประมาณ 250 เมตร
- กำหนดระยะห่างระหว่างจุดของจุดคู่ GCP ไม่น้อยกว่า 30 เมตร และหลีกเลี่ยงการกำหนดตำแหน่งของจุดเรียงเป็นแนวเส้นตรง
- กำหนดจุดตรวจสอบ (CP) จำนวน 4 จุด (ในเขตทาง) โดยให้ตำแหน่งแทรกอยู่ระหว่างจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP)



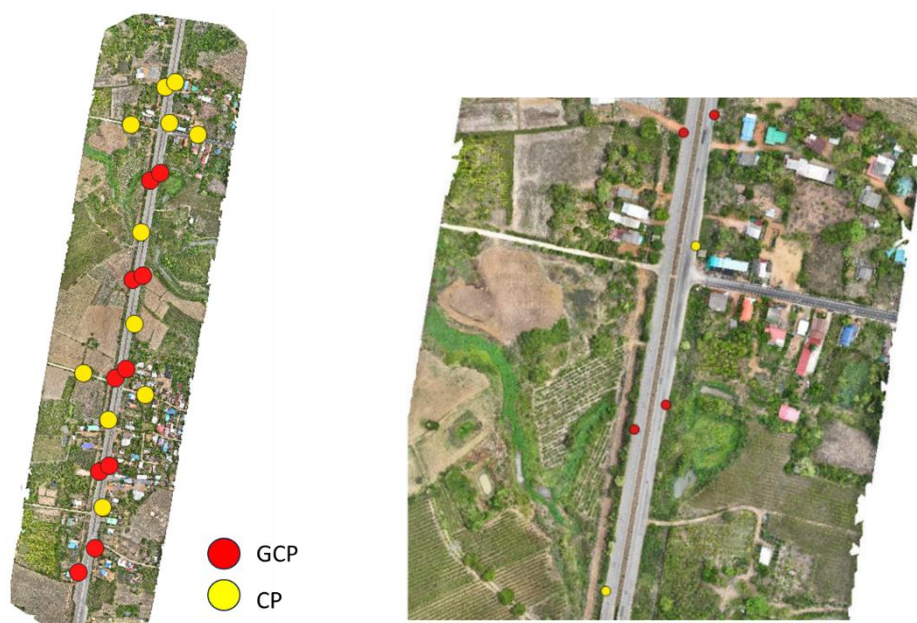
รูปที่ 4 รูปแบบแสดงการกระจายตัวของจุดควบคุมภาคพื้นดิน(GCP)และจุดตรวจสอบ(CP) (แผนภาพ)



รูปที่ 5 รูปแบบแสดงการกระจายตัวของจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) (แผนภาพ)



รูปที่ 6 รูปแบบแสดงการกระจายตัวของจุดตรวจสอบ (CP) (แผนภาพ)



รูปที่ 7 รูปแบบแสดงการกระจายตัวของจุดควบคุมภาคพื้นดิน(GCP)และจุดตรวจสอบ(CP) (พื้นที่จริง)



3.4.1 การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจจากอากาศไร้คนขับด้านแผนที่เชิงวิศวกรรม

- **การประยุกต์ใช้ภาพถ่าย (Image)** มุมสูงเพื่อตรวจสอบสภาพของผิวทาง หรือ การปรากฏของทรัพย์สินและสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ โดยข้อมูลที่ได้จากการบินถ่ายภาพ โดยผ่านกล้องที่ติดอยู่กับตัวลำของอากาศยานไร้คนขับ ความละเอียดภาพขึ้นอยู่กับชนิดของเลนส์ โดยจะบันทึกภาพ ณ เวลาที่อากาศยานได้บินพื้นที่ที่ดังกล่าว ซึ่งแต่ละภาพจะมีพิกัดระบุตำแหน่งให้สามารถติดตามได้ ตัวอย่างการใช้งานภาพถ่ายดังกล่าวเช่น การถ่ายภาพเพื่อตรวจวัดปริมาณจราจรบนสายทาง การถ่ายภาพเพื่อแสดงเหตุ ที่ต้องการรายละเอียดตำแหน่ง และลักษณะของเหตุในทันที เช่น การเกิดอุบัติเหตุบนสายทาง เป็นต้น
- **ภาพออร์โธโมเสค (Orth Mosaic Image)** คือ ภาพที่ได้จากการประมวลผล โดยการนำภาพถ่ายที่มีส่วนซ้อนหลาย ๆ ภาพมาต่อกัน โดยอาศัยจุดร่วม (Tie Point) ในแต่ละภาพ ข้อมูลเป็นข้อมูลดิจิทัล 2 มิติ ที่บรรจุข้อมูลพิกัดตำแหน่งทางราบ โดยอ้างอิงตามระบบพิกัดที่ใช้ประมวลผล นอกจากนั้นยังระบุค่าสีของจุดภาพที่ปรากฏ ใช้สำหรับผลิตแผนที่ภูมิประเทศ ติดตามการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่หรือนำเข้าข้อมูลเชิงตำแหน่งต่าง ๆ เป็นต้น ตัวอย่างภาพออร์โธโมเสค

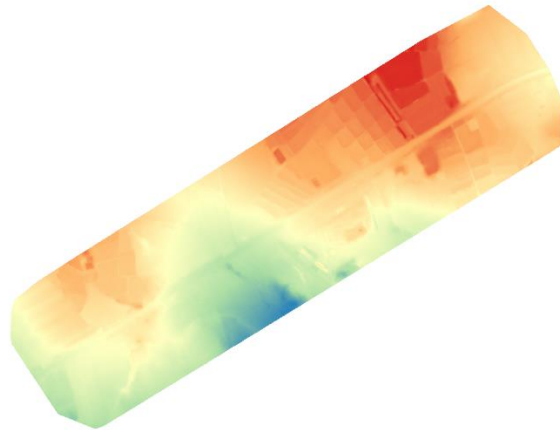


รูปที่ 8 ภาพออร์โธโมเสค

- **กลุ่มข้อมูลจุด 3 มิติ (Point Cloud)** หรือ พอยต์คลาวด์ คือ กลุ่มข้อมูลจุดที่ผลิตจากการซ้อนทับของภาพถ่ายโดยอาศัยจุดร่วม (Tie Point) สร้างขึ้นเป็นรูปร่างของวัตถุ โดยกลุ่มข้อมูลจุดจะบรรจุพิกัดทางราบและทางตั้งโดยอ้างอิงตามระบบพิกัดที่ใช้ประมวลผล สามารถใช้ข้อมูลจุด 3 มิติในการวัดระยะ หรือนำไปประยุกต์ใช้กับงานเขียนแบบ เป็นต้น



- **แบบจำลองความสูงของภูมิประเทศ (Digital Terrain Mode: DTM) หรือ** ในทางภูมิสารสนเทศเรียกว่า Digital Elevation Model : DEM คือข้อมูลดิจิทัล 2 มิติ ที่ทำการปรับแก้จากแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Surface Model: DSM) โดยการตัดวัตถุที่อยู่เหนือพื้นดินออกไป ทำให้แสดงเฉพาะระดับพื้นผิวพื้นโลก ในแต่ละจุดภาพ จะบันทึกค่าพิกัดทางราบและทางตั้ง ตัวอย่างแบบจำลองระดับเชิงเลข



รูปที่ 9 แบบจำลองความสูงของภูมิประเทศ

3.4.2 การตรวจสอบความถูกต้องและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจและแผนที่

ที่ปรึกษาได้ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องตามเกณฑ์การดำเนินงานของ ASPRS (American Society For Photogrammetry And Remote Sensing Accuracy Standards 1990) (ASPRS 1990) มาตรฐานนี้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อระบุค่าความแม่นยำทางตำแหน่ง โดยเปรียบเทียบกับมาตราส่วนภาคพื้นดิน เพื่อมุ่งเน้นให้เห็นถึงความสำคัญในเรื่องของการนำข้อมูลผลลัพธ์เชิงตำแหน่งและข้อมูลแผนที่ มาประยุกต์ใช้โดยต้องมีการเลือกใช้มาตราส่วนแผนที่ให้เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้ในงานทางด้านวิศวกรรม และค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่ง ดังนั้นมาตรฐานนี้จะทำการรวบรวมเนื้อหาในส่วนในเรื่องความถูกต้องเชิงพื้นที่ว่าแผนที่ภูมิประเทศในมาตราส่วนขนาดใหญ่ที่จัดทำขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมได้บ้าง

สำหรับความถูกต้องของจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) ซึ่งเป็นการบ่งบอกว่า รูปแบบการกระจายตัวของจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) มีคุณภาพและให้ค่าพิกัดที่มีความถูกต้องเหมาะสมของแผนที่ภาพถ่าย ทางอากาศ ในขณะที่ความถูกต้องของจุดตรวจสอบ (CP) เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของพิกัดสำหรับการนำไปใช้จัดทำแผนที่ ซึ่งผลที่ได้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ASPRS สามารถระบุคุณภาพความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบและทางตั้งของการนำมาผลิตแผนที่ได้



ตารางที่ 7 ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบของวัตถุบนแผนที่เทียบกับตำแหน่งบนภาคพื้นดินที่มาตราส่วนแผนที่ระดับต่าง ๆ

มาตราส่วนแผนที่	ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยที่สุด (RMSE) ไม่เกิน (เมตร)		
	ชั้นหนึ่ง (Class 1)	ชั้นสอง (Class 2)	ชั้นสาม (Class 3)
1:50	0.0125	0.025	0.0375
1:100	0.025	0.05	0.075
1:200	0.050	0.10	0.15
1:500	0.125	0.25	0.375
1:1000	0.25	0.50	0.75
1:2000	0.50	1.00	1.50
1:2500	0.63	1.25	1.90
1:4000	1.00	2.00	3.00
1:5000	1.25	2.50	3.75
1:8000	2.00	4.00	6.00
1:10000	2.50	5.00	7.50
1:16000	4.00	8.00	12.00
1:20000	5.00	10.00	15.00
1:25000	6.25	12.50	18.75
1:50000	12.50	25.00	37.50
1:100000	25.00	50.00	75.00
1:250000	62.50	125.00	187.50

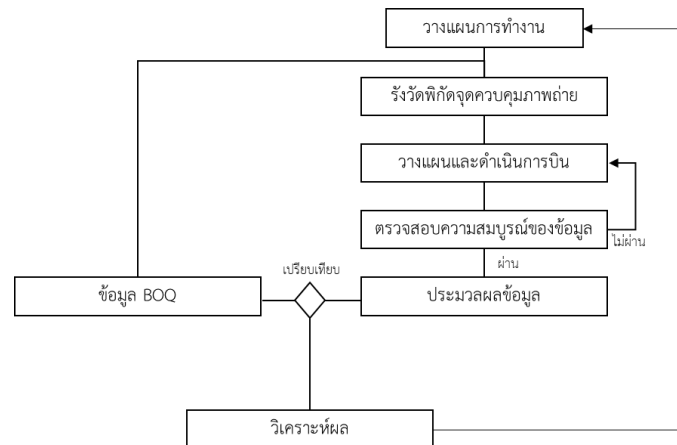
(ที่มา : การสำรวจและตัดทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับ กรมโยธาธิการและผังเมือง ปี พ.ศ.2563)



3.5 งานประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อพัฒนาแนวทางการใช้งานด้านอื่น ๆ

3.5.1 งานวางแผนและติดตามงานก่อสร้างเพื่อรายงานความคืบหน้าของโครงการ

ที่ปรึกษาประยุกต์ขั้นตอนการทำงานจากเนื้อหาที่ได้ศึกษาทบทวนที่เกี่ยวข้องแสดงรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานโดยการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อวางแผนและติดตามงานก่อสร้างดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ขั้นตอนการดำเนินงานโดยการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อวางแผนและติดตามงานก่อสร้าง

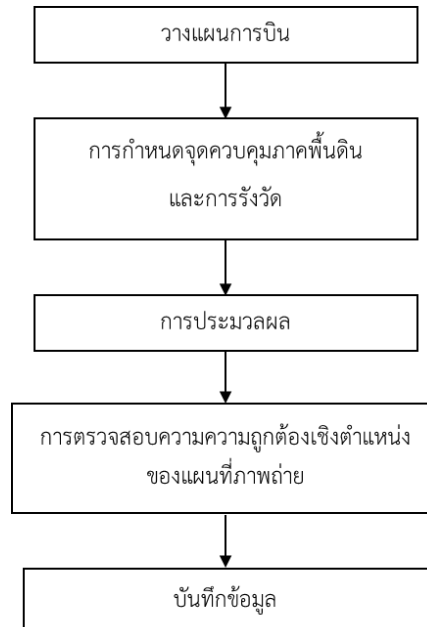
สำหรับมาตรฐานการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่องานวิศวกรรมเล่มนี้ประกอบด้วย 10 หัวข้อหลัก ได้แก่ 1. ที่มาและความสำคัญ 2. นิยามศัพท์เทคนิค 3. อากาศยานไร้คนขับสำหรับงานสำรวจด้วยภาพถ่าย 4. กล้องบันทึกภาพดิจิทัลสำหรับงานสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ 5. มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง 6. การวางแผนการบินและการถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ 7. จุดควบคุมภาพถ่าย 8. การประมวลผลภาพถ่าย 9. การตรวจสอบคุณภาพผลลัพธ์ 10. เอกสารและข้อมูลที่ส่งมอบ ทั้งนี้มาตรฐานจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้นำไปใช้ในการสำรวจเพื่อผลิตข้อมูลเชิงตำแหน่ง ได้อย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงผู้ที่นำข้อมูลเชิงตำแหน่งไปใช้ในการงานด้านวิศวกรรมได้มีความเข้าใจ ต่อกระบวนการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ

ทั้งนี้ที่ปรึกษาได้รวบรวมข้อเสนอแนะจากการศึกษาทบทวนกรมทางหลวงสามารถนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในการวางแผนและติดตามการก่อสร้างเพื่อตรวจสอบความคืบหน้าของโครงการ เช่น การคำนวณปริมาณดินถม ปริมาณหินและทราย อีกทั้งยังสามารถใช้อากาศยานไร้คนขับบินสำรวจโดยรอบบริเวณพื้นที่ ทุก ๆ การเบิกงวดงานของผู้รับจ้างเพื่อประเมินความคืบหน้าของการก่อสร้างจากภาพถ่าย 3 มิติ หากกรมทางหลวงจะนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในการวางแผนและติดตามงานก่อสร้างควรดำเนินการสอบเทียบก่อนนำไปใช้จริง และหากเปรียบเทียบผลการสอบเทียบพบว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทางวิศวกรรมในอนาคตผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้อากาศยานไร้คนขับมาประยุกต์ใช้ในการวางแผน และติดตามงานก่อสร้าง



3.5.2 งานจัดทำข้อมูลตำแหน่งทรัพย์สินในเขตทาง เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการใช้ประโยชน์

ที่ปรึกษาประยุกต์ขั้นตอนการทำงานจากเนื้อหาที่ได้ศึกษาทบทวนที่เกี่ยวข้อง แสดงรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานโดยการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ เพื่อจัดทำข้อมูลตำแหน่งทรัพย์สินในเขตทาง เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการใช้ประโยชน์ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ขั้นตอนการดำเนินงานโดยการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ ในการจัดทำข้อมูลตำแหน่งทรัพย์สินในเขตทาง เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการใช้ประโยชน์

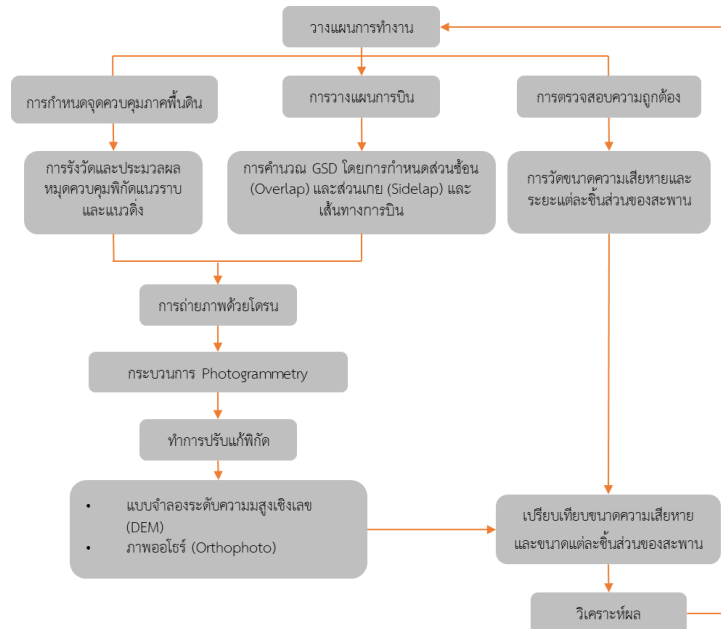
หลักเกณฑ์และวิธีการเพื่อให้การทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศมีความถูกต้องและเป็นมาตรฐาน ซึ่งสามารถกำหนดแนวทางการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับได้เป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย (1) การวางแผนการบินถ่ายภาพ (2) การสร้างจุดบังคับภาพทั้งจุดควบคุมภาคพื้นดิน จุดตรวจสอบ และการรังวัด (3) การกำหนดการประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (4) เกณฑ์ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของแผนที่ภาพถ่ายและบันทึก

สำหรับข้อเสนอแนะจากการศึกษาในส่วนนี้ การดำเนินงานเพื่อควบคุมคุณภาพ และตรวจสอบวิธีการปฏิบัติงานภาคสนาม ควรจัดทำรายการบันทึกส่วนการบินถ่ายภาพ ข้อมูลจำเพาะของกล้องถ่ายภาพสำหรับการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ การสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ พร้อมจัดทำแบบหมายเหตุตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดิน จุดตรวจสอบ จัดทำรายงานการประมวลผลจากอากาศยานไร้คนขับ และจัดทำระบบสารสนเทศสำหรับเก็บข้อมูลทรัพย์สินเขตทาง



3.5.3 งานสำรวจความเสียหายโครงสร้างสะพาน

ที่ปรึกษาประยุกต์ขั้นตอนการทำงานจากเนื้อหาที่ได้ศึกษาทบทวนที่เกี่ยวข้องแสดงรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานโดยการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อสำรวจความเสียหายโครงสร้างสะพานดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการสำรวจความเสียหายโครงสร้างสะพาน

สำหรับมาตรฐานที่เกี่ยวข้องที่ปรึกษาได้อ้างอิงแนวทางจากคู่มือการสำรวจและตรวจสอบสะพานได้ถูกเรียบเรียงขึ้นโดยพิจารณาจากความเสียหายที่สามารถมองเห็นได้ด้วยสายตา เพื่อประเมินลักษณะสภาพการใช้งานของระบบโครงสร้างสะพานเบื้องต้น โดยมีเนื้อหาประกอบด้วยแนวทางการสำรวจและตรวจสอบองค์ประกอบของโครงสร้างสะพาน การจำแนกประเภทความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสะพาน เกณฑ์การตรวจสอบสภาพความเสียหายของสะพาน รูปแบบความเสียหายเบื้องต้น ที่สำรวจพบเป็นส่วนใหญ่การจัดลำดับสภาพความเสียหายรวมทั้งการประเมินผลของโครงสร้างสะพานโดยรวม พร้อมด้วยภาพถ่ายอย่างเพื่อเป็นแนวทางในการประเมิน

ที่ปรึกษาได้ทำข้อเสนอแนะจากการศึกษาการใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อตรวจสอบความเสียหายโครงสร้างสะพาน ในส่วนของการตรวจสอบสะพานด้วยอากาศยานไร้คนขับ กล้องของอากาศยานไร้คนขับควรมีคุณภาพความคมชัดที่เหมาะสมกับการถ่ายภาพทุกสภาพพื้นที่ และไฟฉายสำหรับติดอากาศยานไร้คนขับเพื่อเพิ่มคุณภาพให้กับภาพถ่าย รวมไปถึงการประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ในการตรวจสอบความเสียหายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบความเสียหายของสะพานมากยิ่งขึ้น



4. สรุปผลโครงการข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับเพื่อตรวจติดตามข้อมูลปริมาณจราจรและการจัดทำแผนที่เชิงวิศวกรรม

4.1 งานประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในงานด้านวิศวกรรมจราจร

4.1.1 สรุปงานประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในงานด้านวิศวกรรมจราจร

จากการทดสอบการวิเคราะห์ภาพวิดีโอจากกล้องอากาศยานไร้คนขับ สำหรับงานด้านวิศวกรรมจราจร สามารถสรุปได้ ดังนี้

- การวิเคราะห์ข้อมูลจราจรบนช่วงถนน (Mid-Block) โดยใช้ภาพวิดีโอจากกล้องอากาศยานไร้คนขับและแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์มีความถูกต้องที่ค่อนข้างสูง โดยจากการทดสอบด้วยภาพวิดีโอจำนวน 51 วิดีโอ วิดีโอละ 60 นาที พบว่าความถูกต้องโดยเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 95 ขึ้นไป โดยข้อมูลจราจรบนช่วงถนนที่สามารถวิเคราะห์ได้ ได้แก่ ปริมาณจราจรเฉลี่ยแยกประเภทยานพาหนะ 3 ประเภท (รถจักรยานยนต์ รถยนต์ และรถขนาดใหญ่) ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ และความหนาแน่นเฉลี่ย จากการทดสอบการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรบนช่วงถนน พบว่าความสูงและมุมกล้องอากาศยานไร้คนขับที่เหมาะสม ได้แก่ ความสูงไม่เกิน 50 เมตรจากระดับถนน และมุมเอียงประมาณ 45 องศา
- การวิเคราะห์ข้อมูลจราจรบนทางแยกต่างระดับ (Interchange) โดยใช้ภาพวิดีโอจากกล้องอากาศยานไร้คนขับและแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ ข้อมูลจราจรบนช่วงถนนที่สามารถวิเคราะห์ได้ ได้แก่ ปริมาณจราจรเฉลี่ยแยกประเภทยานพาหนะ 3 ประเภท (รถจักรยานยนต์ รถยนต์ และรถขนาดใหญ่) ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ และความหนาแน่นเฉลี่ย พบว่าความถูกต้องของการวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับระยะห่างจากกล้องอากาศยานไร้คนขับและยานพาหนะในพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ในภาพวิดีโอ โดยจากการทดลองใช้ความสูงของอากาศยานไร้คนขับประมาณ 60-70 เมตร เพื่อให้ภาพวิดีโอสามารถครอบคลุมพื้นที่ของทางแยกต่างระดับได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามที่ความสูงดังกล่าวทำให้ความละเอียดของภาพยานพาหนะลดลงและมีผลต่อความถูกต้องของการตรวจจับยานพาหนะพบว่าที่ความสูงประมาณ 70 เมตร ในระยะจากตำแหน่งที่ใกล้กล้องวิดีโอออกไปไม่เกินร้อยละ 50 ของภาพวิดีโอทั้งหมด สามารถวิเคราะห์ข้อมูลจราจรได้ถูกต้องโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 85 อย่างไรก็ตามที่ปรึกษามีความเห็นเพื่อให้ได้ความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรที่เพิ่มขึ้นควรลดระยะความสูงของอากาศยานไร้คนขับลงมาไม่เกิน 50 เมตร เหมือนในกรณีของการวิเคราะห์



ข้อมูลจราจรบนช่วงถนน โดยการใช้กล้องอากาศยานไร้คนขับหลายตัวเพื่อให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ของทางแยกต่างระดับได้ทั้งหมด



รูปที่ 13 พื้นที่ของภาพวิดีโอจากกล้องอากาศยานไร้คนขับ
ที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลจราจรได้ความถูกต้องสูง

- การวิเคราะห์ข้อมูลจราจรบริเวณทางแยก (Intersection) และวงเวียน (Roundabout) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลจราจร ได้แก่ ปริมาณจราจรในทิศทางต่าง ๆ (Turning Movement) และความล่าช้าเฉลี่ยในแต่ละทางเข้าทางแยก (Average Delay) โดยจากการทดลองใช้ความสูงของอากาศยานไร้คนขับประมาณ 60-70 เมตร เพื่อให้ภาพวิดีโอสามารถครอบคลุมพื้นที่ของทางแยกและวงเวียนได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามที่ความสูงดังกล่าวทำให้ความละเอียดของภาพยานพาหนะลดลงและมีผลต่อความถูกต้องของการตรวจจับยานพาหนะ พบว่าที่ความสูงประมาณ 70 เมตร มีความถูกต้องเฉลี่ยในการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรประมาณร้อยละ 20-30 เนื่องจากในการวิเคราะห์ข้อมูลจราจรในทิศทางต่าง ๆ บริเวณทางแยกจำเป็นต้องติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะแต่ละคันตลอดการเคลื่อนที่ในทิศทางนั้น ซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่ายกว่าการวิเคราะห์ปริมาณจราจรบนช่วงถนนและทางแยกต่างระดับ อย่างไรก็ตามที่ปรึกษาได้ทดลองเก็บภาพวิดีโอจากกล้องอากาศยานไร้คนขับ โดยใช้ความสูงที่ระยะ 50 เมตร พบว่ามีความถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็นประมาณร้อยละ 85 ขึ้นไปในทิศทางต่าง ๆ อย่างไรก็ตามในกรณีของความสูงที่ระยะ 50 เมตร จะทำให้เห็นสภาพจราจรบริเวณทางแยกเพียง 2 ทิศทาง จึงจำเป็นต้อง โดยการใช้กล้องอากาศยานไร้คนขับหลายตัวเพื่อให้สามารถครอบคลุมพื้นที่ของทางแยกต่างระดับได้ทั้งหมด



4.1.2 ข้อเสนอแนะงานประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในงานด้านวิศวกรรมจราจร

จำนวนตัวอย่างที่ควรใช้ในการ Train ทั้งแบบจำลอง Detection และ Tracking Models ควรมีจำนวนอย่างน้อย 10,000 ถึง 15,000 ตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบจำลองในส่วนของการ Detection Model โดยเฉพาะภาพวิดีโอบริเวณทางแยก ซึ่งจะมีมุมมองของยานพาหนะหลายทิศทาง มากกว่าภาพวิดีโอบนช่วงถนน
2. แบบจำลองในส่วนของการ Tracking Model เพื่อให้สามารถติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณจราจรบริเวณทางแยก และการวิเคราะห์ความล่าช้าบริเวณทางแยกได้ถูกต้องมากขึ้น อีกทั้งควรมีการเพิ่มจำนวนข้อมูล Training Data สำหรับยานพาหนะที่มีสัดส่วนน้อยในการจราจรเมื่อเทียบกับยานพาหนะประเภทอื่นๆ เช่น รถโดยสารประจำทาง

4.2 งานแผนที่เชิงวิศวกรรมโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ

4.2.1 สรุปผลงานแผนที่เชิงวิศวกรรมโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพของแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศซึ่งได้จากอากาศยานไร้คนขับ โดยดูจากความถูกต้องของจุดควบคุมภาคพื้น และรูปแบบความถูกต้องของจุดตรวจสอบ ซึ่งได้มาจากการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนแนวราบและแนวตั้ง โดยพิจารณาจากพื้นที่สำรวจทั้งหมด 13 พื้นที่ตามขอบเขตงานศึกษา ซึ่งแต่ละแห่ง แบ่งแนวการบินออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ 2 แนวการบิน 4 แนวการบิน และ 6 แนวการบิน รวมทั้งสิ้น 39 รูปแบบ โดยความคลาดเคลื่อนทางราบ (RMSEr) รูปแบบที่ผ่านเกณฑ์ (RMSEr) จะต้องไม่เกิน 5 เซนติเมตร หรือ 0.050 เมตร เมื่อกำหนดค่าความละเอียดจุดภาพ (GSD) เท่ากับ 2 เซนติเมตรหรือ 0.020 เมตร จะได้ความถูกต้องทางราบของข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ต้องการจากตารางที่ 7 ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบของวัตถุบนแผนที่เทียบกับตำแหน่งบนภาคพื้นดินที่มาตราส่วนแผนที่ระดับต่าง ๆ สำหรับอากาศยานไร้คนขับ ประเภท Mechanical Shutter รุ่น DJI Mavic 3 Enterprise สามารถผลิตแผนที่ ที่มีความละเอียดที่สุดในมาตราส่วนแผนที่ 1:200 ตามเกณฑ์ขั้นงานที่ 1 กำหนดให้ ค่า RMSEr ไม่เกิน 0.050 เมตร ได้แก่

- รูปแบบ E จำนวน 39 จาก 39 รูปแบบ (100%)

และความคลาดเคลื่อนทางตั้ง (RMSEz) รูปแบบที่ผ่านเกณฑ์ (RMSEz) จะต้องไม่เกิน 10 เซนติเมตร หรือ 0.1 เมตร เมื่อกำหนดค่าความละเอียดจุดภาพ (GSD) เท่ากับ 4 เซนติเมตรจะได้ความถูกต้องทางตั้งของข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ต้องการได้แก่

- รูปแบบ E จำนวน 19 จาก 39 รูปแบบ (48.71%)

โดยความถูกต้องทางพิกัดของจุดตรวจสอบภาพ หรือ Check Point (CP) ที่ส่งผลโดยตรงอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่ารูปแบบของการวางจุดควบคุมภาคพื้นดิน หรือ Ground Control Point (GCP) เป็นสิ่งสำคัญที่เราต้องคำนึงถึง จะสังเกตเห็น



ได้ว่า รูปแบบ E วาง GCP ทุก ๆ 250 เมตร มีความถูกต้องของจุดตรวจสอบภาพ หรือ Check Point (CP) สูงสุดในแนวราบ โดยรูปแบบ E วาง GCP ทุก ๆ 250 เมตร มีลักษณะการวางของจุดควบคุมภาคพื้นดิน หรือ Ground Control Point (GCP) ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษามากที่สุดสามารถทราบถึงขอบเขตพื้นที่ศึกษาได้อย่างชัดเจน สำหรับความถูกต้องในทางดิ่งก็เช่นเดียวกัน

ในส่วนของการบินทั้ง 3 รูปแบบ ที่ระดับความสูง 90 เมตร ในงานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ดังนี้

- การบินแบบ 2 แนวการบิน ได้ความกว้างแนวเขตทาง 90 เมตร (ด้านซ้ายและด้านขวา)
- การบินแบบ 4 แนวการบิน ได้ความกว้างแนวเขตทาง 130 เมตร (ด้านซ้ายและด้านขวา)
- การบินแบบ 6 แนวการบิน ได้ความกว้างแนวเขตทาง 170 เมตร (ด้านซ้ายและด้านขวา)



รูปที่ 14 รูปแบบการบินทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ 2 แนวการบิน 4 แนวการบิน และ 6 แนวการบิน ตามลำดับ



การจัดทำแผนที่เชิงวิศวกรรมโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) เป็นกระบวนการใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อถ่ายภาพและรวบรวมข้อมูลทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่เป้าหมาย ข้อมูลที่ได้นี้สามารถใช้เพื่อสร้างแผนที่ 2 มิติ และ 3 มิติ ของพื้นที่ สามารถตรวจสอบโครงสร้างพื้นฐานและติดตามการเปลี่ยนแปลงของภูมิประเทศ การจัดทำแผนที่เชิงวิศวกรรมโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) มีข้อดีหลายประการ ดังนี้

- อากาศยานไร้คนขับ (UAV) สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่ยากลำบากหรืออันตรายสำหรับมนุษย์ เช่น พื้นที่ที่รกร้างว่างเปล่า พื้นที่ลาดชัน หรือพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวาง
- อากาศยานไร้คนขับ (UAV) สามารถถ่ายภาพพื้นที่ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งช่วยลดต้นทุนและเวลาในการจัดทำแผนที่
- อากาศยานไร้คนขับ (UAV) สามารถถ่ายภาพพื้นที่จากมุมมองต่าง ๆ ซึ่งช่วยให้วิศวกรสามารถมองเห็นรายละเอียดที่มองไม่เห็นจากพื้นดิน
- อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ช่วยเพิ่มมิติการทำข้อมูลจากภาพถ่ายมุมสูง ทำให้สามารถจัดทำข้อมูลได้พื้นที่มากยิ่งขึ้น และได้ผลลัพธ์จากการประมวลผลที่มีตำแหน่งจุดข้อมูลที่ละเอียด และปริมาณที่มากกว่างานสำรวจโดยวัดบนพื้นดิน หรือ Ground Survey

4.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินความถูกต้องของการจัดทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับ ประกอบด้วย

- ความแม่นยำของตำแหน่งของจุดเปิดถ่ายภาพ โดยข้อมูล ณ ตำแหน่งถ่ายภาพจะทำให้ซอฟต์แวร์สามารถประมวลผลหาจุดเชื่อมโยงบนภาพได้อย่างแม่นยำ หากพิกัดที่ได้รับมีความคลาดเคลื่อนสูง จำเป็นที่ต้องมีการวางจุดบังคับภาพช่วยในการปรับปรุงคุณภาพเชิงตำแหน่งนี้
- ความละเอียดของกล้องถ่ายภาพ : กล้องที่ใช้บนอากาศยานไร้คนขับจะมีความละเอียดต่างกัน ความละเอียดที่สูงของกล้องจะช่วยให้ได้รับข้อมูลภาพที่คมชัดและชัดเจน ซึ่งสามารถนำมาสร้างแผนที่ที่มีความถูกต้องและแม่นยำได้
- ความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed) : Mechanical shutter จะได้ภาพที่มีสัดส่วนมิติที่มีความถูกต้องและสม่ำเสมอ ในขณะที่ Rolling shutter จะมีผลในเรื่องของความเร็วในการบินสำรวจและคุณลักษณะของชัตเตอร์สำหรับกล้องแต่ละรุ่นที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งต้องมีขั้นตอนการปรับแก้ในการประมวลผลเพิ่มขึ้น
- การประมวลผลภาพ : การประมวลผลภาพหลังจากการบินเสร็จสิ้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการสร้างแผนที่ การประมวลผลภาพควรทำด้วยซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถและถูกออกแบบมาเพื่องานทางภูมิศาสตร์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ สามารถทำงานกับข้อมูลในระบบพิกัดต่างๆได้อย่างถูกต้อง



- การวางแผนเส้นทาง และการกำหนดพิกัดความสูง : ในการสร้างแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับ ความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับที่เกี่ยวข้องกับวิธีการวางแผนและการกำหนดพิกัดความสูงของอากาศยานไร้คนขับ เช่น การวางแผนเส้นทางการบินให้เกิดการซ้อนทับของภาพน้อยที่สุดและการกำหนดความสูงให้สอดคล้องกับความละเอียดของกล้อง
- การตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล : หลังจากที่ได้รับแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับ จำเป็นต้องตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตระหนักถึงความถูกต้อง และความเชื่อถือของข้อมูล การตรวจสอบข้อมูลและการทำความเข้าใจถึงลักษณะและสถานะของพื้นที่ที่สำรวจเป็นปัจจัยสำคัญในการปรับปรุงและประเมินความถูกต้องของแผนที่
- การทดสอบและยืนยันความถูกต้อง : เพื่อให้มั่นใจในความถูกต้องของแผนที่ที่สร้างด้วยอากาศยานไร้คนขับ จำเป็นต้องทำการทดสอบและยืนยันความถูกต้องด้วยวิธีการอื่น ๆ เช่น การเปรียบเทียบกับแผนที่ที่มีความถูกต้องที่เกิดจากวิธีการอื่น ๆ เช่น การสำรวจโดยใช้อุปกรณ์ทางด้านสำรวจเฉพาะ หรือการทำการสำรวจดินและภูมิภาคด้วยวิธีการด้านกฎหมาย

4.2.3 ข้อจำกัดในการสำรวจทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับ ประกอบด้วย

- ความสูงและสภาพอากาศ : อากาศยานไร้คนขับมีความสามารถในการบินที่ความสูงที่จำกัด และสภาพอากาศที่ไม่สามารถสำรวจเมื่อมีฝนตกได้ด้วยเรื่องของคุณภาพของภาพถ่ายกับความปลอดภัยในการทำการควบคุมการบินหรือไม่สามารถบินได้เลย ความสูงที่อากาศยานไร้คนขับสามารถบินอยู่ อาจจำกัดการเก็บข้อมูลภาพในบางพื้นที่ที่มีระยะสูง เช่น ภูมิภาคที่มีลักษณะเขาสูงชันอาจไม่เหมาะกับการใช้อากาศยานไร้คนขับในการสร้างแผนที่
- อายุแบตเตอรี่ : ความยาวของการบินขึ้นอยู่กับอายุของแบตเตอรี่ของอากาศยานไร้คนขับ หากแบตเตอรี่มีอายุน้อย อาจจำกัดความกว้างของพื้นที่ที่สามารถสำรวจได้และอาจทำให้ไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ที่กว้างขึ้นได้ ตลอดจนมีผลต่อการวางแผนงานระหว่างขอบเขตพื้นที่ในการขึ้นบินแต่ละครั้ง
- รายละเอียดของจุดภาพ : ความละเอียดของกล้องบนอากาศยานไร้คนขับจะมีผลต่อความละเอียดและความถูกต้องของแผนที่ที่สร้างขึ้น การใช้กล้องที่มีความละเอียดต่ำอาจทำให้ข้อมูลไม่เพียงพอหรือไม่ครบถ้วน โดยแนะนำที่ความละเอียดตั้งแต่ 20 ล้านจุดภาพขึ้นไป



- ความเร็วในการบิน : อากาศยานไร้คนขับมีความเร็วในการบินที่จำกัด ซึ่งอาจทำให้ใช้เวลาในการสำรวจพื้นที่นานขึ้น หรือการที่ทำการบินเร็วเกินความสามารถในการบันทึกข้อมูล ของส่วนบันทึกข้อมูล ทำให้ได้ข้อมูลไม่ครบถ้วนได้
- ข้อจำกัดของรุ่นอากาศยานไร้คนขับ : เป็นการศึกษาจากอากาศยานไร้คนขับที่ออกแบบมาเพื่อภารกิจการทำแผนที่โดยเฉพาะ ในขณะที่อากาศยานไร้คนขับอีกส่วนหนึ่งที่มีใช้โดยกรมทางหลวง เป็นรุ่นที่มีใช้งานทั่วไป ทำให้อาจจะพบข้อจำกัดทั้งในด้านของซอฟต์แวร์ การทำการบิน และคุณภาพของภาพถ่ายได้
- ข้อจำกัดในด้านลักษณะทางกายภาพ ที่เป็นพื้นที่ลาดชันในโครงการยังมีเป็นส่วนน้อย และยังมีความลาดชันไม่มาก ซึ่งต้องมีการเพิ่มจำนวนพื้นที่ในการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

4.2.4 การนำไปใช้

- การจัดทำแผนที่เพื่อใช้สนับสนุนหรือควบคู่กับงานสำรวจโดยวัดบนพื้นดิน (Ground Survey) ในภารกิจงานด้านต่างๆ เช่น การออกแบบ และ การทำแผนที่ภูมิประเทศ เป็นต้น
- การสำรวจการใช้ประโยชน์พื้นที่หรือแยกประเภทการใช้งาน เช่น พื้นที่การเกษตร การแยกชนิดพืชพรรณ เป็นต้น
- การสำรวจเพื่อติดตาม และตรวจจับการเปลี่ยนแปลง เช่น การติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง
- การสำรวจเพื่อตรวจวัดปริมาณในรูปแบบข้อมูล 3 มิติ เช่น การวัดปริมาตรกองวัสดุ การคำนวณความสูงต่ำพื้นที่เพื่อหาพื้นที่รับน้ำ เป็นต้น

4.2.5 ข้อเสนอแนะงานแผนที่เชิงวิศวกรรมโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ

- ควรเพิ่มการศึกษาการใช้กล้องถ่ายภาพรูปแบบอื่นๆ สำหรับงานสำรวจเพิ่มเติม เช่น กล้องที่มีความละเอียดภาพและเซนเซอร์ขนาดใหญ่ ชนิด Full Frame ที่มีความละเอียดตั้งแต่ 42 ล้าน MP ขึ้นไป หรือ กล้องที่มีลักษณะถ่ายแบบหลายชุดกล้องในตัวเดียว (Multi Camera) เพื่อผลิตภาพได้หลายมุม ในการสำรวจ 1 เทียบบิน
 - ความละเอียดขนาด 12 ล้าน MP ไม่เหมาะในการทำงาน เพราะเซนเซอร์ขนาดเล็ก
 - ความละเอียดขนาด 20 ล้าน MP ควรเป็นความละเอียดเริ่มต้น
 - ความละเอียดขนาด 42 ล้าน MP ขึ้นไป เหมาะสำหรับการทำแผนที่ขนาดกลางขนาดใหญ่ และงานสำรวจที่ต้องการความละเอียดที่สูง



- จากการศึกษา ในพื้นที่สายทางที่มีต้นไม้หนาแน่น การใช้กล้องถ่ายภาพอาจทำให้ได้ข้อมูลไม่ครบถ้วน จึงควรเพิ่มเติมการศึกษาการใช้งานเซนเซอร์ชนิดลำแสงวัดระยะทาง LIDAR ซึ่งปัจจุบันมีราคาของอุปกรณ์ไม่สูง และสามารถจัดหาและใช้งานได้สะดวก เพื่อช่วยในการจัดทำข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศได้อย่างแม่นยำ
- ควรเพิ่มเติมแนวทางการประยุกต์ใช้เครื่องมือรังวัดดาวเทียมในการปฏิบัติงานสำรวจของกรมทางเพิ่มเติม เช่น การประยุกต์ใช้ข้อมูลค่าปรับแก้จากสถานีฐานต่อเนื่อง CORS Station ในงานสำรวจแนวทาง หรือพื้นที่เขตทางหลวง เพื่อให้เข้าใจในเรื่องของระบบค่าพิกัดและเกณฑ์ความแม่นยำในการนำไปใช้งาน
- ควรพิจารณาการจัดหาอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้อากาศยานไร้คนขับ ควรถูกออกแบบและเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานและสภาพการใช้งานที่แตกต่างกัน เพื่อให้อากาศยานไร้คนขับสามารถทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

4.3 งานประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อพัฒนาแนวทางการใช้งานด้านอื่น ๆ

4.3.1 สรุปงานประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อพัฒนาแนวทางการใช้งานด้านอื่น ๆ

งานประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อพัฒนาแนวทางการใช้งานในด้านอื่น ๆ เป็นกระบวนการใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อถ่ายภาพ หรือบันทึกวิดีโอ และนำข้อมูลที่ได้เข้าสู่กระบวนการประมวลผลโดยผลลัพธ์มีรายละเอียดดังนี้ที่

- งานสำรวจสำหรับวางแผนติดตามงานก่อสร้าง สามารถติดตามความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ก่อสร้างด้วยสายตาจากภาพที่ได้จากการประมวลผลในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ สามารถคำนวณหาปริมาณงานหิน ดิน ทราย โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลข (DSM) ที่ได้จากการประมวลผล ซึ่งในการคำนวณปริมาณหิน ดิน ทราย ดังกล่าว จะเลือกใช้ค่าระดับพื้นที่ก่อนการดำเนินงานเป็นค่าระดับความสูง
- งานสำรวจเพื่อจัดทำข้อมูลตำแหน่งทรัพย์สินในเขตทาง สามารถหาพิกัดตำแหน่งทรัพย์สินที่แม่นยำ โดยการนำภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ และข้อมูลทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ ประมวลผลสร้างแผนที่ 2 มิติ และ 3 มิติ
- งานสำรวจความเสียหายโครงสร้างสะพาน คือ สามารถหาขนาดความเสียหาย การหลุดหล่อนของคอนกรีต การสึกกร่อนของคอนกรีต การสูญเสียน้ำตัดผิวทางแอสฟัลต์ ระยะรอยต่อเคลื่อนขยาย โดยนำภาพ หรือวิดีโอที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ ประมวลผลสร้างแบบจำลองสามมิติใน รูปแบบของ 3D Point Cloud อีกทั้ง อากาศยานไร้คนขับสามารถถ่ายภาพพื้นที่ได้อย่างรวดเร็ว



และมีประสิทธิภาพ ซึ่งช่วยลดต้นทุนและเวลา สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่ยากลำบากหรืออันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงาน เช่น สำรวจความเสียหายส่วนบนของสะพานที่มีรถสัญจรไปมา ส่วนล่างของสะพาน ที่เข้าถึงยาก สำรวจความคืบหน้าของการก่อสร้างถนน อาคารที่กำลังดำเนินงานอยู่

4.3.2 ข้อเสนอแนะงานประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อพัฒนาแนวทางการใช้งานด้านอื่น ๆ

การนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในการวางแผนและติดตามงานก่อสร้างควรดำเนินการสอบเทียบก่อนนำไปใช้จริง และหากเปรียบเทียบผลการสอบเทียบพบว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทางวิศวกรรม ในอนาคตผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้อากาศยานไร้คนขับมาประยุกต์ใช้ในการวางแผน และติดตามงานก่อสร้างได้ ในส่วนของงานสำรวจเพื่อจัดทำทรัพย์สินเขตทางเพื่อเป็นฐานข้อมูลและใช้ประโยชน์ในอนาคต เพื่อควบคุมคุณภาพและตรวจสอบวิธีการปฏิบัติงานภาคสนาม ให้จัดทำรายการบันทึกส่วนการบินถ่ายภาพ ข้อมูลจำเพาะของกล้องถ่ายภาพ การสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ พร้อมจัดทำแบบหมายแสดงตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดิน จุดตรวจสอบ จัดทำรายงานการประมวลผลจากอากาศยานไร้คนขับ และจัดทำระบบสารสนเทศสำหรับเก็บข้อมูลทรัพย์สินเขตทาง และในส่วนของการใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อตรวจสอบความเสียหายโครงสร้างสะพาน การตรวจสอบสะพานด้วยอากาศยานไร้คนขับกล้องของอากาศยานไร้คนขับควรมีคุณภาพความคมชัดที่เหมาะสมกับการถ่ายภาพทุกสภาพพื้นที่และไฟฉายสำหรับติดอากาศยานไร้คนขับเพื่อเพิ่มคุณภาพให้กับภาพถ่าย รวมไปถึงการประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ในการตรวจสอบความเสียหายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบความเสียหายของสะพานมากยิ่งขึ้น