การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อประเมินค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจร
Application of Unmanned Aerial Vehicles to Evaluate the Reflectivity of Highway Markings

จินตสิทธิ์ ภู่พิชิต[1],* และ จิตติชัย รุจนกนกนาฏ[2]

[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ และศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านการจัดการโครงสร้างพื้นฐาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
**Corresponding author; E-mail address: Jintasit.poopichit@gmail.com*

บทคัดย่อ

เส้นและสัญลักษณ์บนผิวทาง มีความสำคัญต่อการสัญจรของผู้ใช้รถใช้ถนน เพื่อให้ข้อมูลที่ต่อเนื่องกับผู้ขับขี่ในการควบคุมยานพาหนะ เพื่อให้การขับขี่เป็นไปอย่างมีระเบียบและปลอดภัย การสะท้อนแสงของเส้นจราจรที่ดีนั้น จะทำให้เส้นและสัญลักษณ์นี้ทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในปัจจุบันการตรวจสอบค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจรนั้นจำเป็นต้องให้วิศวกรใช้เครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้น (Retroreflectometer) ในพื้นที่จริง ซึ่งอาจส่งผลในเรื่องความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน ใช้ระยะเวลานานในการเก็บข้อมูล และก่อให้เกิดความไม่สะดวกสบายต่อผู้ขับขี่อื่น บทความนี้จึงได้เสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) หรือโดรน (Drone) เพื่อบันทึกข้อมูลภาพถ่าย และเสนอวิธีวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพถ่าย จากนั้นจึงเปรียบเทียบค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจรที่ได้กับวิธีทางปฏิบัติปกติที่กรมทางหลวงใช้ ท้ายที่สุดนี้ บทความจะสรุปประเมินว่าเทคโนโลยีนี้จะสามารถใช้ทดแทนวิธีปฏิบัติเดิมได้หรือไม่ หรือมีความเที่ยงตรงและข้อจำกัดอย่างไร

คำสำคัญ: เส้นจราจร, อากาศยานไร้คนขับ, การประมวลผลภาพถ่าย, การสะท้อนแสง

Abstract

Highway markings on pavement are important for road users in providing continuous information to drivers for controlling their vehicles orderly and safely. Good reflectivity of highway markings will lead to their functional efficiency. Nowadays, highway marking reflectivity can be measured by a survey vehicle with installed equipment in the field. This might pose the risk to the vehicle, take a long time for data collection and cause inconvenience to other drivers. This manuscript proposes the application of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) or drone to collect reflectivity data through photographs and analyze them by an image processing technique. Subsequently, the analyzed data are compared with ones from the traditional measurement currently implemented by the Department of Highways. Lastly, this manuscript will evaluate the new technology if it can be replaced the traditional measurement with its accuracy and limitations.

Keywords: Road Marking, Unmanned Aerial Vehicle, Reflectivity, Image Processing

1. บทนำ

การคมนาคมขนส่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีพ เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดการเดินทางเชื่อมโยงกันระหว่างพื้นที่ ซึ่งเป็นแรงขับเคลื่อนที่สำคัญต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจภายในประเทศ นอกจากนี้ ยังเชื่อมโยงฐานการผลิตภายในภูมิภาคได้โดยสะดวก ซึ่งการคมนาคมขนส่งทางบก จัดเป็นรูปแบบที่มีปริมาณการขนส่งมากที่สุดในประเทศไทย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการคมนาคมขนส่งทางบก มีรูปแบบการพัฒนาให้ครอบคลุมทุกพื้นที่มากที่สุด จึงตอบสนองการเดินทางได้เป็นอย่างดี [1]

งานเครื่องหมายจราจร และสิ่งอำนวยความสะดวก ถือเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญยิ่งในการใช้ถนน เพื่อทำหน้าที่ในการบังคับควบคุม เตือน และแนะนำ รวมถึงการให้ข้อมูลแก่ผู้ใช้ทาง ให้ผู้ใช้ทางสามารถใช้เส้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลถึงความปลอดภัย [2] ในปัจจุบันการตรวจสอบค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจรนั้นจำเป็นต้องให้วิศวกรใช้เครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้น (Retroreflectometer) ในพื้นที่จริง ซึ่งการใช้เครื่องมือดังกล่าว ยังคงมีข้อจำกัดในการปฏิบัติงาน [3] อาจส่งผลต่อการปิดช่องจราจร และก่อให้เกิดความไม่สะดวกสบายต่อผู้ขับขี่ได้

เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) หรือโดรน (Drone) มีการเติบโตในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทั่วโลกอย่างเห็นได้ชัด ด้วยคุณสมบัติของอากาศยานไร้คนขับมีความคล่องตัว สามารถเข้ามาทดแทนแรงงานมนุษย์ในการทำงานบางประเภทได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานที่มีความเสี่ยงสูง หรืออยู่ในเขตพื้นที่อันตราย และยากต่อการเข้าถึง [4] ปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับ ถูกพัฒนาให้มีหลากหลายขนาด และมาพร้อมกับอุปกรณ์ทันสมัยที่ถูกติดตั้งมาพร้อมกับตัวเครื่อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ [5] การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) ร่วมกับกล้องมัลติสเปกตรัม (Multispectral) นั้น จะทำให้ได้ภาพถ่ายในช่วงคลื่น (แบนด์) ที่แตกต่างกัน จากนั้นนำภาพถ่ายมาประมวลผลด้วยโปรแกรม Pix4DMapper เพื่อเปรียบเทียบค่าสี ณ ตำแหน่งของเส้นสีจราจร ซึ่งในแต่ละตำแหน่งของภาพถ่ายจะให้ค่าสีที่แตกต่างกัน รวมถึงที่ตำแหน่งเดียวกันแต่เป็นภาพถ่ายที่มีช่วงคลื่น (แบนด์) ที่แตกต่างกันก็จะทำให้ค่าสีที่ได้ มีความแตกต่างกันด้วย

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อประเมินค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจร เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจรที่ตรวจวัดด้วยเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับค่าสีที่ได้จากการประมวลผลภาพถ่ายจากการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นข้อเสนอแนะ และแนวทางในการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในงานเชิงวิศวกรรม ของประเทศไทยต่อไปได้

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การคมนาคมขนส่ง

การคมนาคม หมายถึง การเคลื่อนที่ติดต่อถึงกัน เช่น ถนน ทางน้ำ ทางรถไฟ เป็นต้น และการคมนาคมยังเป็นเส้นทางการเคลื่อนที่ไปมาหาสู่ระหว่างคนในพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ของเมือง

การขนส่ง หมายถึง การเคลื่อนที่ของยานพาหนะเพื่อนำคน สินค้า หรือวัสดุสิ่งของ สู่จุดหมายปลายทาง การขนส่งอาจทำได้ทั้งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ การขนส่งจึงเป็นการเคลื่อนที่ของคนและสิ่งของจากสถานที่แห่งหนึ่งในพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ของเมือง [6]

ซึ่งสามารถจำแนกประเภทการขนส่ง ได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ [7] ดังนี้

1) การขนส่งทางบก (Road or Motor Transportation)
2) การขนส่งทางน้ำ (Water Transportation)
3) การขนส่งทางอากาศ (Air Transportation)

2.2 เครื่องหมายจราจร

เครื่องหมายจราจร เป็นรูปภาพ ข้อความ ตัวหนังสือ ตัวเลข หมุด หลักเสน แถบสี หรือสัญลักษณ์ใด ๆ ที่แสดง ติดตั้ง หรือทำให้ปรากฏไว้ในเขตทางหรือทางหลวง ในลักษณะและตำแหน่งที่เห็นได้โดยง่ายและชัดเจน เพื่อให้ผู้ใช้ทางไม่ว่าจะเป็นผู้ขับขี่ คนเดินเท้า หรือผู้ควบคุมสัตว ปฏิบัติตามความหมายของเครื่องหมายนั้น หรือเป็นการแจ้งข้อมูล หรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้ทางหรือทางหลวงนั้น เพื่อให้การจราจรเป็นไปโดยสะดวก รวดเร็วและปลอดภัย [8]

โดยสามารถแบ่งเครื่องหมายจราจร ออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1) ป้ายจราจร ได้แก เครื่องหมายจราจรที่ทำให้ปรากฏอยู่บนแผ่นป้าย กลองผนัง หรือที่อื่นใด ทำด้วยแผ่นโลหะ ไม้ หรือวัสดุอื่น

2) เครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง ได้แก เครื่องหมายจราจรที่ทำให้ปรากฏอยู่บนพื้นทาง ทางจราจร ไหลทาง ทางเท้า ขอบทาง ขอบวงเวียน หรือขอบคันหิน โดยการใช้กระเบื้อง หมุด โลหะ วัสดุสะท้อนแสง สี หรือวัสดุอื่นใด ปูตอก ฝง พน ทา รีดทับ หรือทำโดยวิธีอื่นใด เพื่อให้ปรากฏซึ่งเครื่องหมายจราจร

2.3 มาตรฐานเครื่องหมายจราจรบทผิวทางของกรมทางหลวง

กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม ผู้จัดทำคู่มือรายละเอียดและข้อกำหนดการจัดทำเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง (การตีเส้น ลูกศร ขีดเขียนข้อความ) [9] ซึ่งสรุปได้ดังนี้

2.3.1 วัสดุสำหรับตีเส้นจราจร

วัสดุที่ใช้ในการจัดทำเครื่องหมายจราจรบนผิวทางมี 4 ประเภท ได้แก่

1) สีจราจร ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในประเทศไทย ซึ่งแสดงเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 415-2551 ไว้ที่ผลิตภัณฑ์ และต้องผลิตจากโรงงานที่ได้รับการรับรองคุณภาพตามมาตรฐานข้อกำหนด มอก. 9002 หรือ มอก. 9001:2000

2) วัสดุเทอร์โมพลาสติก ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในประเทศไทย ซึ่งแสดงเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 542-2549 กำกับอยู่ และต้องผลิตจากโรงงานที่ได้รับการรับรองคุณภาพตามมาตรฐานข้อกำหนด มอก. 9002 หรือ มอก. 9001:2000

3) ลูกแก้ว ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในประเทศไทย ซึ่งแสดงเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 543-2550 ลูกแก้วที่ใช้กับวัสดุทำเครื่องหมายบนผิวทางประเภท 2 หรือประเภท 3 ไว้ที่ผลิตภัณฑ์ และต้องผลิตจากโรงงานที่ได้รับการรับรองคุณภาพ ตามมาตรฐานข้อกำหนด มอก. 9002 หรือ มอก. 9001:2000

4) วัสดุรองพื้น ใช้ลงก่อนวัสดุเทอร์โมพลาสติก ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะตามข้อกำหนดของผู้ผลิตวัสดุเทอร์โมพลาสติก

2.3.2 เครื่องจักรกลและเครื่องมือในการทำเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง

เครื่องจักรกลและเครื่องมือ ถือเป็นสิ่งที่จะต้องมีพร้อมในการจัดทำเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง ทั้งวัสดุเทอร์โมพลาสติก และสีจราจร ใช้เครื่องตีเส้นจราจร เครื่องโรยลูกแก้ว เครื่องเป่าฝุ่น เครื่องวัดค่าแฟคเตอร์การสะท้อนแสงของเครื่องหมายการจราจร (Reflectance) เครื่องวัดค่าการสะท้อนแสงของเครื่องหมายการจราจร (Retro reflectivity) เครื่องวัดความหนาเนื้อสี และเครื่องจักรสำหรับลบเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง และอุปกรณ์อื่น ๆ เหมือนกัน แตกต่างกันที่วัสดุเทอร์โมพลาสติก ใช้วิธี พ่น รีด หรือปาดลาก และสีจราจรใช้วิธีพ่น

2.4 เครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้น (Retroreflectometer)

เครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้น (Retroreflectometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับตรวจวัดคุณภาพการสะท้อนแสงของสีตีเส้นจราจร มีคุณสมบัติในการระบุค่า R_L (Retroreflective for road marking) สำหรับการมองเห็นในเวลากลางคืน และค่า Q_d (Day visibility) สำหรับการมองเห็นในเวลากลางวัน ใช้ในงานภาคสนามและห้องปฏิบัติการ [10] ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 เครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงเส้นจราจร

2.5 อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV)

อากาศยานไร้คนขับ หรือ Unmanned Aerial Vehicle (UAV) คือ อากาศยานที่ไม่มีนักบินประจำการอยู่บนเครื่อง และควบคุมจากภาคพื้นดินที่อยู่ระยะไกล ปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับ ถูกพัฒนาให้มีหลากหลายขนาด และมาพร้อมกับอุปกรณ์ทันสมัยที่ถูกติดตั้งมาพร้อมกับตัวเครื่อง อาทิ กล้องตรวจจับความร้อน กล้องความละเอียดสูง กล้องอินฟาเรด เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ [11]

โดยสากลทั่วไปจะจำแนกอากาศยานไร้คนขับ หรือ Unmanned Aerial Vehicle (UAV) จากจำนวนใบพัดและมอเตอร์ ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท [12] ได้ดังนี้

1) อากาศยานชนิดปีกตรึง (Fixed Wing)
2) อากาศยานชนิดปีกหมุน (Multirotor)
3) อากาศยานชนิดปีกตรึงขึ้นลงแนวดิ่ง (Fixed-Wing Hybrid)

2.6 กล้องมัลติเสปกตรัม

กล้องมัลติเสปกตรัม คือ เซ็นเซอร์ที่สามารถตรวจจับและบันทึกค่ารังสีที่มีความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มองเห็นและมองไม่เห็นเมื่อเทียบกับเซ็นเซอร์กล้องมาตรฐานที่จับความยาวคลื่นแสง สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มองไม่เห็นซึ่งสามารถจับภาพได้ผ่านเซ็นเซอร์

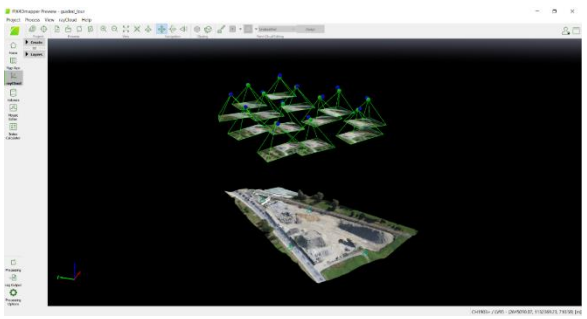
มัลติสเปกตรัม ได้แก่ ย่านอินฟาเรดใกล้ (NIR) และย่านอินฟราเรดคลื่นสั้น (SWIR) และอื่น ๆ

ปัจจุบันมีการนำภาพถ่ายมัลติสเปกตรัมมาประยุกต์ใช้ในการเกษตรกรรม โดยนำข้อมูลมัลติสเปกตรัมมาเพื่อประยุกต์ใช้เพื่อหาค่าดัชนีพืชพรรณ เช่น NDVI, NDRE, SAVI [13] ซึ่งนอกจากด้านการเกษตรแล้ว ยังมีการนำภาพถ่ายจากกล้องมัลติสเปกตรัมไปใช้งานด้านการสำรวจตรวจสอบความเสียหายของผิวทางวิ่งของอากาศยาน หรือด้านการแพทย์ในการเป็นเครื่องวัดเพื่อในการวินิจฉัยทางการแพทย์ เป็นต้น [14]

รูปที่ 2 กล้องมัลติสเปกตรัม ยี่ห้อ MicaSense RedEdge-MX™

2.7 Pix4D Mapper

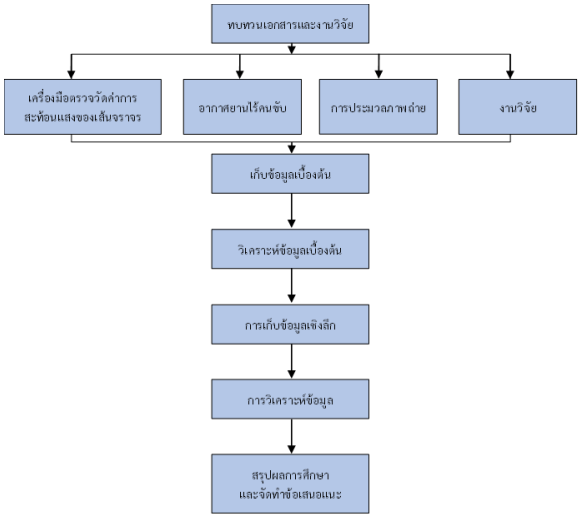
Pix4D Mapper เป็นซอฟต์แวร์เฉพาะสำหรับการทำแผนที่ ที่มีการอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ ที่แม่นยำด้วยเทคโนโลยีการสร้างใหม่แบบดิจิทัลขั้นสูง ซึ่งนำมาใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น การเกษตร ความปลอดภัยสาธารณะ การสำรวจ และอื่น ๆ สามารถเลือกมุมมองแผนที่ได้ทั้ง 2D, 3D point clouds, digital surface models, Orthomosaics, 3D textured models และภาพความร้อน (thermal imagery) [14]



รูปที่ 3 การประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับด้วย Pix4DMapper

3. วิธีการดำเนินการ

การเก็บข้อมูลภาพถ่ายเส้นจราจรด้วยอากาศยานไร้คนขับ เพื่อประเมินผลค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจร จะต้องมีการเก็บข้อมูลเบื้องต้น เพื่อหาค่าตัวแทนมาใช้ในการปรับแก้ (calibrate) และวิเคราะห์เพื่อหาค่าค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจรที่ตรวจวัดจากเครื่องมือตรวจวัดที่ได้จากเครื่อง Retroreflectometer กับค่าสีที่ได้จากการประมวลผลภาพ จากนั้นจึงดำเนินการเก็บข้อมูลจริง โดยข้อมูลที่ต้องการเก็บ มี 2 ประเภท ได้แก่ 1) ข้อมูลค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจร ด้วยเครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้น (Retroreflectometer) 2) ข้อมูลภาพถ่ายเส้นจราจรด้วยอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งข้อมูลทั้ง 2 ประเภท จะต้องเป็นข้อมูลที่เก็บ ณ ตำแหน่งเดียวกัน ที่ใช้ในการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ เมื่อได้ข้อมูลจากนั้นนำมาวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2



รูปที่ 4 แผนผังการดำเนินงาน

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับการเก็บข้อมูลค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจร งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ เครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้น (Retroreflectometer) ยี่ห้อ Zehntner รุ่น Zrm 6013+ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่กรมทางหลวง ใช้ในการตรวจวัดในปัจจุบัน

รูปที่ 5 เครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้น (Retroreflectometer)

สำหรับการเก็บข้อมูลภาพถ่ายเส้นจราจรด้วยอากาศยานไร้คนขับ ผู้วิจัยเลือกใช้ DJI Matrice 300 RTK พร้อมติดตั้งกล้องมัลติสเปกตรัม ยี่ห้อ MicaSense RedEdge-MX™

รูปที่ 6 DJI Matrice 300 RTK พร้อมติดตั้งกล้องมัลติสเปกตรัม ยี่ห้อ MicaSense RedEdge-MX™

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางเทคนิคของเลนส์และภาพ

	Multispectral
Pixel size	3.75 μm
Resolution	1280 x 960 (1.2 MP x 5 imagers)
Aspect ratio	4 : 3
Sensor size	4.8 mm x 3.6 mm
Focal length	5.4 mm
Field of view	47.2 degrees horizontal, 35.4 degrees vertical
Output bit depth	12-bit
GSD @ 120 m (~400 ft)	8 cm/pixel per band
GSD @ 60 m (~200 ft)	4 cm/pixel per band

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทางผู้วิจัยจะดำเนินการคัดเลือกสายทางที่อยู่ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง ที่ได้ดำเนินการงานบำรุงและงานอำนวยความปลอดภัยในช่วงปีงบประมาณ 2564 – 2565 หรืออยู่ในช่วงระยะเวลาค้ำประกันผลงาน (2 ปี) โดยโครงการจะต้องดำเนินการแล้วเสร็จ ทั้งนี้โครงการที่คัดเลือกต้องครอบคลุมงานบำรุงทางและงานอำนวยความปลอดภัยที่สามารถนำวิธีการตรวจประเมินการสะท้อนแสงของเส้นสีจราจรซึ่งสามารถตรวจวัดได้โดยใช้อุปกรณ์สำรวจที่กรมทางหลวงมีอยู่ในปัจจุบัน

3.3 การเก็บข้อมูล

ในการเก็บข้อมูล แบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) ข้อมูลค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจร ด้วยเครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้น (Retroreflectometer) 2) ข้อมูลภาพถ่ายเส้นจราจรด้วยอากาศยานไร้คนขับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 การเก็บข้อมูลค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจร ด้วเครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้น (Retroreflectometer)

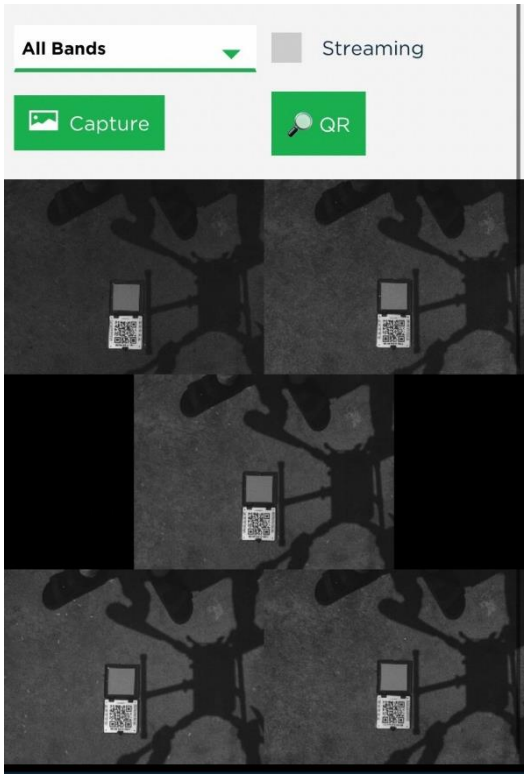
- กำหนดตำแหน่งการวัดค่าการสะท้อนแสง ทั้งเส้นจราจรสีขาวและสีเหลือง
- ทำการสอบเทียบเครื่องมือให้เป็นไปตามมาตรฐานการตรวจวัด
- ดำเนินการเก็บค่า โดยการวางเครื่องมือทับบริเวณเส้นจราจร ซึ่ง 1 จุด ทำการวัดค่า 3 ครั้ง

รูป 7 เก็บข้อมูลค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจร ด้วยเครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้น (Retroreflectometer)

3.3.2 เก็บข้อมูลภาพถ่ายสายทางด้วยอากาศยานไร้คนขับ

- ทำการสอบเทียบกล้องมัลติสเปกตรัมให้เป็นไปตามมาตฐานการเก็บข้อมูลภาพถ่าย
- วางแผนการบินอัตโนมัติ
- กำหนดรายละเอียดการเก็บข้อมูล เช่น ความสูงของระยะการบิน ความเร็วในการบิน และร้อยละการซ้อนทับของภาพถ่าย
- ดำเนินการเก็บข้อมูลภาพถ่าย

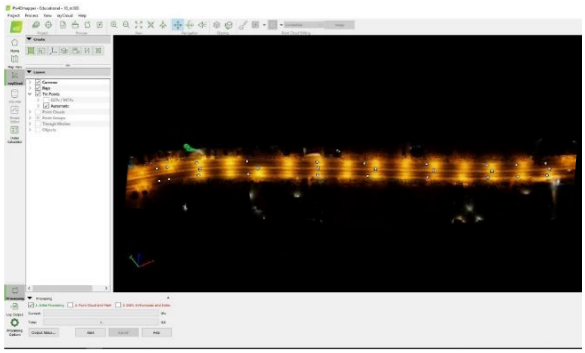
รูปที่ 8 การวางแผนการบินอัตโนมัติ



รูป 9 การสอบเทียบกล้องมัลติสเปกตรัมให้เป็นไปตามมาตฐานการเก็บข้อมูลภาพถ่าย

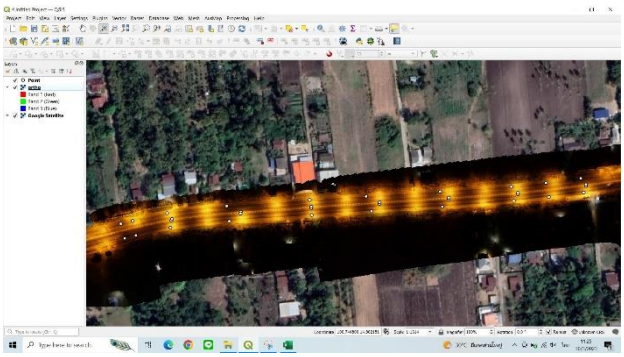
3.4 เทคนิคการประมวลผลภาพ

ข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ จะถูกนำไปประมวลผลด้วยโปรแกรม Pix4DMapper



รูปที่ 10 ตัวอย่างการประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับด้วย Pix4DMapper

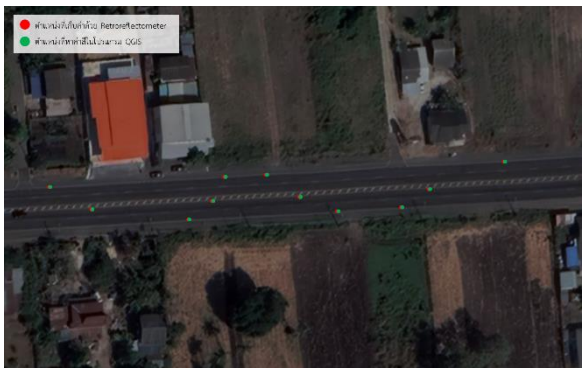
จากนั้นนำข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากการประมวลผล นำเข้าโปรแกรม QGIS เพื่อนำข้อมูลภาพถ่ายมาทับซ้อน เพื่อยึดโยงพิกัดเพื่อให้มีความแม่นยำในการตรวจสอบตำแหน่งข้อมูลที่เก็บ ทั้ง 2 ประเภท



รูป 11 ตัวอย่างการซ้อนทับภาพ จากการประมวลผลด้วยโปรแกรม QGIS

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ผู้วิจัยจะนำค่าที่ได้จากจากการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้น Retroreflectometer (จุดสีแดง) และตำแหน่งที่หาค่าเฉดสีในโปรแกรม QGIS (จุดสีเขียว) มาหาความสัมพันธ์เพื่อทราบถึงแนวโน้มของข้อมูลว่าเป็นเหตุผลของกันและกันหรือไม่



รูป 12 การเก็บค่าจุดตำแหน่ง

ตาราง 2 ตัวอย่างข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบ

ตำแหน่งจุดตรวจวัดข้อมูล	ค่าการสะท้อนแสงจากเครื่องมือวัดค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้น	ค่าเฉดสีที่ได้จากประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ
1	ค่าจุดแดง (1)	ค่าจุดเขียว (1)
2	ค่าจุดแดง (2)	ค่าจุดเขียว (2)
3	ค่าจุดแดง (3)	ค่าจุดเขียว (3)
4	ค่าจุดแดง (4)	ค่าจุดเขียว (4)
5	ค่าจุดแดง (5)	ค่าจุดเขียว (5)
6	ค่าจุดแดง (6)	ค่าจุดเขียว (6)
7	ค่าจุดแดง (7)	ค่าจุดเขียว (7)
8	ค่าจุดแดง (8)	ค่าจุดเขียว (8)
9	ค่าจุดแดง (9)	ค่าจุดเขียว (9)
10	ค่าจุดแดง (10)	ค่าจุดเขียว (10)

หมายเหตุ : ข้อมูลทั้ง 2 ชุด ต้องเป็นข้อมูล ณ ตำแหน่งเดียวกัน

4. ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

จากที่กล่าวมาข้างต้น ทางผู้วิจัยได้มีการลงพื้นที่ เก็บข้อมูลในสายทางของกรมทางหลวง แขวงทางหลวงลพบุรีที่ 1 ที่ได้มีงานก่อสร้างเพิ่มประสิทธิภาพทางหลวง (ปีงบประมาณ 2565) ทางหลวงหมายเลข 3017 ตอนแยกนิคมสร้างตนเอง - แยกพัฒนานิคำเนินการเก็คม ระหว่าง กม. 6+805 - กม.7+265 โดยในโครงการมีการดำเนินงานการตีสีเส้นจราจรสีเทอร์โมพลาสติก (สีเหลือง) ปริมาณงาน 368 ตร.ม. และสีเทอร์โมพลาสติก (สีขาว) ปริมาณงาน 247 ตร.ม. การเก็บข้อมูลจะอยู่ในช่วงเวลา 10.00 - 14.00 น. ณ วันที่ 30 มีนาคม 2566

รูป 13 การลงพื้นที่ปฏิบัติงาน

จากการลงเก็บข้อมูล ข้อสรุปในเชิงการปฏิบัติงาน พบว่าการเก็บข้อมูลด้วยอากาศยานไร้คนขับนั้น มีความปลอดภัยต่อเจ้าหน้าที่ รวดเร็ว ช่วยลดขั้นตอนในการดำเนินงานเป็นอย่างมาก และข้อสรุปเชิงทฤษฎีนั้นจำเป็นต้องศึกษาผลการวิเคราะห์ผลให้ละเอียดและน่าเชื่อถือมากยิ่ง

หากสมมติฐานที่ทางผู้วิจัยได้ตั้งไว้เป็นจริง การใช้อากาศยานไร้คนขับในการประเมินค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจร

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ เป็นการตั้งสมมติฐาน ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจรที่ตรวจวัดด้วยเครื่องมือตรวจวัดค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้น Retroreflectometer กับค่าสีที่ได้จากการประมวลผลภาพถ่ายจากการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ ค่าที่มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก แสดงให้เห็นว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือสามารถใช้อากาศยานไร้คนขับในการประเมินค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจร ได้ผลเหมือนกับการตรวจวัดด้วยเครื่องมือตรวจวัดค่าการสะท้อนแสงของสีตีเส้น Retroreflectometer หากไม่เป็นไปตามสมมติฐาน ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ นำมาใช้ในการตรวจประเมินเบื้องต้น (Pre-Screening) ถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่จะช่วยลดขั้นตอนการทำงานของเจ้าหน้าที่ ให้มีประสิทธิภาพและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น รวมถึงความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงานอีกด้วย ท้ายที่สุดงานวิจัยฉบับนี้จะสรุปประเมินว่าเทคโนโลยีนี้จะสามารถใช้ทดแทนวิธีปฏิบัติเดิมได้หรือไม่ หรือมีความเที่ยงตรง ข้อจำกัดอย่างไร สำหรับการใช้งานในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ ในการประเมินค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจร ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้วิจัยมีความเห็นว่าควรมีการเก็บข้อมูลโครงการในสภาพอากาศ และช่วงเวลาการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกัน เนื่องจากสภาพอากาศ และช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล อาจส่งผลต่อสีของภาพถ่าย ที่จะนำไปใช้ในการประมวลผลค่าการสะท้อนแสงของเส้นจราจรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักมาตรฐานและประะเมินผล กรมทางหลวง และ บริษัท อินฟรา พลัส จำกัด ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องในการลงพื้นที่ทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงบประมาณของรัฐสภา. (2562). แนวทางการพัฒนาระบบคมนาคมขนส่งของประเทศ.

[2] กรมทางหลวงชนบท. (ม.ป.ป.). *บทที่ 7 งานเครื่องหมายจราจรและสิ่งอำนวยความสะดวก*. สืบค้นจาก http://www.pkk.go.th/news/doc_download/20210401150820_7.pdf.

[3] กรมทางหลวง. (2551). รายละเอียดข้อกำหนดการจัดทำเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง (การตีเส้น ลูกศร ขีดเขียนข้อความ).

[4] สำนักเลขาวุฒิสภา. (ม.ป.ป.). รายงานพิจารณาศึกษา เรื่อง “แนวทางส่งเสริมการใช้ประโยชน์เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับเชิงพาณิชย์”.

[5] สำนักพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์กรมหาชน). (ม.ป.ป.). *อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle :UAV)*. สืบค้นจาก https://www.gistda.or.th/news_view.php?n_id=2414&lang=TH.

[6] กรมโยธาธิการและผังเมือง. (ม.ป.ป.). *บทที่ 5 แผนผังแสดงโครงการคมนาคมและขนส่ง*. สืบค้นจาก http://subsites.dpt.go.th/edocument/images/pdf/sd_urban/chapter5.pdf.

[7] นพรัตน์ ไกรนิตย์. (2563). ภาษีเพื่อสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานด้านคมนาคมขนส่งของรัฐ. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[8] กระทรวงคมนาคม. (2546). ประกาศคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก เรื่อง มาตรฐานเครื่องหมายจราจร พ.ศ. 2546.

[9] กรมทางหลวง. (2551). รายละเอียดข้อกำหนดการจัดทำเครื่องหมายจราจรบนผิวทาง (การตีเส้น ลูกศร ขีดเขียนข้อความ).

[10] Rays Traffic. Road *Marking Retroreflectometer RL/Qd*. [Online]. Available from: https://raystraffic.com/product/road-marking-retroreflectometer-rl-qd/.

[11] สำนักพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์กรมหาชน). (ม.ป.ป.). *อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle :UAV)*. สืบค้นจาก https://www.gistda.or.th/news_view.php?n_id=2414&lang=TH.

[12] กรมที่ดิน. (ม.ป.ป.). คู่มือการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเพื่อการรังวัดด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV). ศูนย์ข้อมูลแผนที่แปลงที่ดิน. กรมที่ดิน.

[13] Poladrone. (ม.ป.ป.). การใช้งานและการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายมัลติสเปกตรัม. สืบค้นจาก https://www.poladrone.co.th/blog/multispectral-imaging-uses-application.html.

[14] ปราโมทย์ สุขศิริศักดิ์. (2562). การประมวลผลภาพทางอากาศในเวลาจริงจากกล้องมัลติสเปกตรัมสำหรับการเกษตร. *วารสารวิชาการโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า*. ปีที่ 17, หน้า 77.

[15] MappointAsia. (ม.ป.ป.). *ระบบทำแผนที่อัตโนมัติโดยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (Pix4d Mapper)*. สืบค้นจาก https://www.mappointasia.com/hexagon