แนวคิดและกระบวนการ

การใช้อากาศยานไร้คนขับ สำหรับงานแผนที่สามมิติ

เพื่อเฝ้าระวังและป้องกันไฟป่า

ในพื้นที่โครงการพัฒนาดอยตุง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ

ทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย ประจำปี 2561

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

คำนำเสนอ

แผนที่สามมิตินี้ เป็นภูมิศาสตร์ส่วนหนึ่งในพื้นที่ดอยตุง จ.เชียงราย เป็นเครื่องมือเริ่มต้นสำหรับการบูรณาการป้องกันไฟป่าสำหรับภารกิจของเจ้าหน้าที่สถานีควบคุมไฟป่าดอยตุงฯ อาสาสมัครชุมชน รวมถึงหน่วยงานรับผิดชอบในพื้นที่โครงการพัฒนาดอยตุง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ เพื่อเพิ่มศักยภาพ ความรวดเร็วของการเข้าถึงพื้นที่ โดยเฉพาะการแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิศาสตร์ของพื้นที่ซึ่งไม่สอดรับกับแผนที่ดั้งเดิม และเทคโนโลยีอื่น ๆ ซึ่งเคยทำงานได้

ไฟป่า คือ หนึ่งในปัญหาสำคัญที่ส่งกระทบรอบด้านในพื้นที่ ในขณะเดียวกันก็ได้รับความร่วมมือหลายภาคส่วนเพื่อร่วมกันแก้ไขปัญหา เมื่อประมาณ 4 ปีที่แล้ว อาสาสมัครชุมชนในพื้นที่ สถานีควบคุมไฟป่าฯ คณะอาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และ สวทช. ต้องเดินเขาเพื่อทำและสำรวจแนวป้องกันไฟป่าธรรมชาติทุกปี โดยใช้ระยะเวลาหลายเดือนและคนจำนวนมาก ปัญหาหลักคือพวกเขาขาดแผนที่นำทางที่สอดคล้องต่อ การเปลี่ยนแปลงทางภูมิศาสตร์ นอกจากนี้ การเติบโตของทรัพยากรธรรมชาติ ทั้งป่าไม้ แหล่งน้ำ และทรัพย์สินอื่น ๆ ส่งผลให้แผนที่เดิมไม่สอดรับการเปลี่ยนแปลง การจัดทำแผนที่จากดาวเทียมต้องใช้งบประมาณสูง รวมถึงเทคโนโลยีดั้งเดิม เช่น หอคอย ไม่สอดรับกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ย้อนกลับไปกว่า 40 ปี พื้นที่ดอยตุงเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมจากการทำลายทรัพยากรธรรมชาติ และการแตกสลายของชุมชนในพื้นที่ต่างพากันย้ายถิ่นฐาน แต่ด้วยพระมหากรุณาธิคุณของสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนีที่ทรงตระหนักถึงปัญหาและทรงงานอย่างเป็นรูปธรรม ส่งผลให้พื้นที่เสื่อมโทรมพลิกฟื้นเป็นป่าผืนใหญ่ที่อุดมด้วยทรัพยากรธรรมชาติ ส่งผลให้การบริหารจัดการภูมิศาสตร์ต้องสอดรับและมองไปข้างหน้า จึงเป็นที่มาของการที่ดำเนินโครงการนี้เพื่อสืบสานและต่อยอดพระราชดำริของสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี ด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางทหารกับชุมชน

องค์ความรู้เรื่องแนวคิดและกระบวนการการใช้อากาศยานไร้คนขับสำหรับงานแผนที่สามมิติเพื่อเฝ้าระวังและป้องกันไฟป่าในพื้นที่โครงการพัฒนาดอยตุง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ เล่มนี้เกิดจากการสนับสนุนของสภาวิจัยแห่งชาติที่ได้ตระหนักถึงความสำคัญของพื้นที่และเป็นการสร้างองค์ความรู้ในการต่อยอดพื้นที่อื่น ๆ รวมถึงนำเข้าสู่ระบบการศึกษาของประเทศ โดยเกิดจากความร่วมมือกันระหว่าง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สถานีควบคุมไฟป่าดอยตุงฯ รวมถึงอาสาสมัครชุมชน และสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อสร้างนวัตกรรมสนับสนุนการบริหารจัดการพื้นที่ในการป้องกันไฟป่า และเพิ่มศักยภาพการทำงานของหน่วยงานและชุมชนในพื้นที่ด้วยเทคโนโลยีป้องกันประเทศ

พล.อ.อ.ดร.ปรีชา ประดับมุข
และคณะทำงานสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ

สารบัญ

หน้า

แผนที่สามิติของพื้นที่ศึกษาในภารกิจสนับสนุนงานป้องกันไฟป่า
บริเวณสถานีควบคุมไฟป่าดอยตุงฯ iii
บรรยากาศการปฏิบัติภารกิจบันทึกภาพทางอากาศและแปลงแผนที่สามมิติ iv

1. บทนำ 1
สถานการณ์ไฟป่า 1
สภาวะปัญหาไฟป่า และการบริหารจัดการในพื้นที่
ของสถานีควบคุมไฟป่าพื้นที่ทรงงานดอยตุง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ 1

2. แนวคิดประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ กับการทำแผนที่สามมิติ 4

3. การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในการรังวัดภูมิประเทศ
ในภารกิจสนับสนุนงานป้องกันไฟป่า บริเวณสถานีควบคุมไฟป่าดอยตุงฯ 7

แผนที่สามิติของพื้นที่ศึกษาในภารกิจสนับสนุนงานป้องกันไฟป่า
บริเวณสถานีควบคุมไฟป่าดอยตุงฯ

บรรยากาศการปฏิบัติภารกิจบันทึกภาพทางอากาศและแปลงแผนที่สามมิติ

การอบรมและร่วมวางแผนการใช้อากาศยานไร้คนขับในพื้นที่ศึกษา ระหว่าง สถาบันเทคดนโลยีป้องกันประเทศ สถานีควบคุมไฟป่าดอยตุงฯ สวทช. และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พื้นที่ศึกษา ตั้งอยู่ที่บริเวณกิโลเมตรที่ 15 ถ.สายบ้านสันกอง - พระธาตุดอยตุง ต.ห้วยไคร้ อ.แม่สาย จ.เชียงราย รับผิดชอบพื้นที่โดยโครงการพัฒนาดอยตุง ท้องที่ อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย มีขนาดพื้นที่ประมาณ 312,000 ไร่ โดยแบ่งเป็นพื้นที่จะทำการบินถ่ายภาพ ทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษามีพื้นที่ประมาณ 4,375 ไร่ โดยลักษณะของมิประเทศเป็นภูเขาสูงชันปกคลุมด้วยป่าสมบูรณ์ มีหมู่บ้านลิเซเป็นที่ตั้งสำคัญและมีถนนสายหลักตัดผ่านพื้นที่ซึ่งสามารถใช้ประยุกต์เป็นทางขึ้นลงอากาศยาน

สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ และคณะเจ้าหน้าที่สถานีควบคุมไฟป่าดอยตุงผู้ทำการร่วมบิน

ห้องจำลองการฝึกบินอากาศยานไร้คนขับเสมือนจริง

บทที่ 1
บทนำ

สถานการณ์ไฟป่า

ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่าอย่างยิ่งสำหรับการดำรงชีพของมนุษย์ เพราะ เป็นแหล่งอำนวยประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม

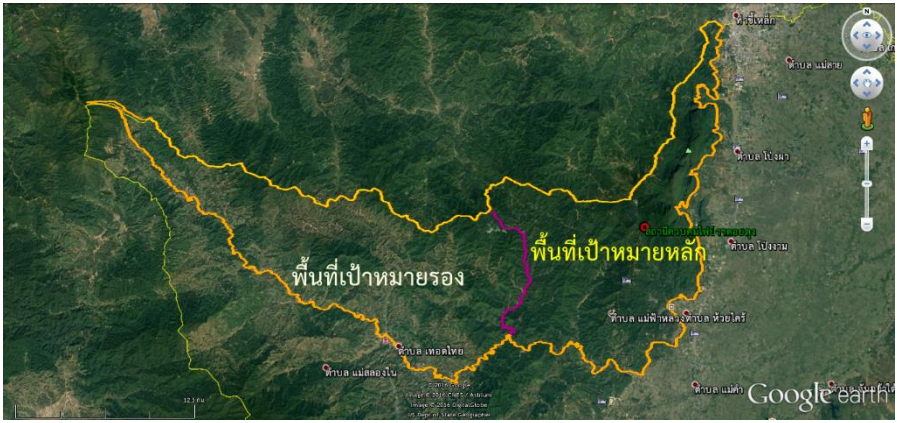
นับตั้งแต่ปี 2562 เป็นต้นมาสถานการณ์ไฟป่าบนพื้นที่ภาคเหนือรุนแรงและเข้าสู่วิกฤตมากกว่าทุกครั้งที่ผ่านมา แม้หน่วยงานที่รับผิดชอบจะได้รับงบประมาณสนับสนุนิ แต่ปฏิบัติการดับไฟป่าทุกครั้งจะขาดผู้รับผิดชอบในพื้นที่ซึ่งไม่ว่าจะเป็นเจ้าหน้าที่ ทหาร รวมถึงอาสาสมัครชุมชนที่เสียสละ เสี่ยงชีวิตปฏิบัติการบนพื้นที่รับผิดชอบอันกว้างใหญ่ ดังนั้น การประยุกต์เทคโนโลยีจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สนับสนุนและเพิ่มศักยภาพปฏิบัติ การได้

สภาวะปัญหาไฟป่า และการบริหารจัดการในพื้นที่ ของสถานีควบคุมไฟป่าพื้นที่ทรงงานดอยตุง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ครั้งหนึ่ง เมื่อ 1 เมษายน 2550 วิกฤตไฟป่าและรอบพระราชตำหนักดอยตุง ราชนิเวศน์ จ.เชียงราย ที่ครั้งหนึ่งเคยเป็นพื้นที่ทรงงานของสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี ผู้ทรงทุ่มเทปฏิบัติพระราชภารกิจพลิกผืนป่าดอยตุงที่เคยแห้งแล้งกลับมาเป็นพื้นที่เขียวชอุ่ม รวมถึงยกระดับคุณภาพชีวิตชุมชนด้วยการสร้างงานและรายได้ เป็นที่มาของการตระหนักถึงความร่วมมือบูรณาการท้องถิ่นเพื่อรักษาสภาพผืนป่าอีกครั้ง

สถานีควบคุมไฟป่าพื้นที่ทรงงานดอยตุง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าดอยนางนอน ในพื้นที่ ต.ห้วยไคร้ อ.แม่สาย จ.เชียงราย เป็นหน่วยงานหลักบูรณาการภารกิจด้านการป้องกันและควบคุมไฟป่าของศูนย์อำนวยการร่วมการป้องกันและแก้ไขปัญหาไฟป่าในพื้นที่โครงการพัฒนาดอยตุง ฯ มีพื้นที่รับผิดชอบทั้งสิ้น 312,500 ไร่ และหนึ่งในหน้าที่สำคัญ คือ การรักษา สืบสาน สารต่อ และต่อยอดผืนป่าที่สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนีทรงพลิกฟื้นให้ยั่งยืน

ภาพที่ 2.1 ภาพแสดงพื้นที่รับผิดชอบเป้าหมายหลัก และเป้าหมายรอง



ที่มา: สถานีไฟปาดอยตุง, 2561

ด้วยขนาดของพื้นที่และความรับผิดชอบจำนวนมากจึงมีปัญหาในภารกิจตรวจสอบพื้นที่ไฟไหม้ เฝ้าระวังพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ไม่ให้มีการบุกรุก และการปลูกป่า ส่งผลต่อการปฏิบัติภารกิจจากอุปสรรค ดังนี้

1. สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นภูเขา มีความลาดชันสูง พื้นที่เกิดเหตุไฟไหม้บางแห่งอยู่ห่างไกลจากเส้นทางคมนาคม ทำให้ยากลำบากในการเข้าถึงพื้นที่โดยเร็ว

2. สภาพเชื้อเพลิงมีการสะสมเป็นจำนวนมาก เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นแปลงปลูกป่าที่ปลูกโดยหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน มีอายุมากกว่า 20 ปี สภาพป่ามีความอุดมสมบูรณ์ ทำให้มีเศษไม้ ใบไม้ และวัชพืชสะสมเป็นจำนวนมาก กรณีเกิดเหตุฯ ทำให้การควบคุมและดับไฟป่าเป็นไปด้วยความลำบาก สภาพไฟป่ามีความรุนแรงยากแก่การควบคุม ทำให้ใช้ระยะเวลาในการควบคุมที่ยาวนาน พื้นที่เสียหายมาก

3. การรายงานผลการดับไฟป่า ในขณะปฏิบัติงานอยู่ หน่วยงานหลักในการดับไฟป่าจะไม่สามารถรายงานผลการดำเนินได้ทันที ต้องใช้เวลาในการดับไฟป่าและตรวจสอบพื้นที่ เมื่อเสร็จสิ้นภารกิจจะรายงานผลตามขั้นตอนต่อไป

4. การเฝ้าระวังไฟข้ามเขตจากประเทศเพื่อนบ้าน ยังมีบ่อยครั้งและเป็นมาทุกๆ ปี

นอกจากนี้ 5. การมีส่วนร่วมในการป้องกันและควบคุมไฟป่า ซึ่งเป็นอีกภารกิจของสถานีควบคุมไฟป่าดอยตุงฯ โดยงานวิจัยจำนวนหนึ่งได้ตระหนึ่งความสำคัญของศักยภาพชุมชน บุญชอบ สุทธมนัสวงษ์ (2556) ให้แนวคิดว่า การรักษาผืนป่าที่ดีที่สุดคือการให้ชุมชนมีส่วนร่วมบริหารจัดการและการจัดป่า กันเอง ทำให้เกิดความรักความหวงแหน สร้างความสุข และได้ประโยชน์จากการเก็บผลผลิตในป่าชุมชน เช่นดียวกับ สมพงษ์ เสนชัย และคณะ (2561) เสนอว่า การจัดการอบรมเพื่อสร้างความรู้ ช่วยสร้างแรงจูงใจให้ประชาชน หรือผู้เกี่ยวข้องเกิดความตระหนักเกิดการอนุรักษ์ป่าอย่างจริงจัง ต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

บทที่ 2
แนวคิดประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ กับการทำแผนที่สามมิติ

มีหลักเกณฑ์หลัก 2 ประการ ได้แก่

1. ปัจจัยคุณลักษณะของอากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ได้แก่ ประเภทและระยะในการ take off/landing ระยะพิสัยของการบินและระยะเวลาในการบิน โดยอากาศยานไร้คนขับที่ใช้จำเป็นต้องมีทางวิ่งหรือ runway ในระยะไม่ต่ำกว่า 30 เมตร และมีระยะ approach ทั้งสองด้านอย่างต่ำ 200 เมตร ด้วยขนาดพิสัยของอากาศยานสามารถบินได้ไกล 15 กิโลเมตร และใช้เวลาในการบิน 1 ชั่วโมง ทำให้สามารถบินได้อย่างต่อเนื่องในการถ่ายภาพ เป็นระยะทางประมาณ 60 กิโลเมตร

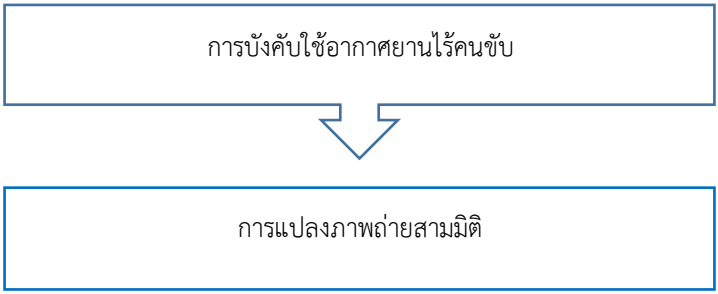
2. สภาพภูมิประเทศ ได้แก่ ตำแหน่งจุดขึ้นบินจะต้องอยู่ในระยะที่พิสัยการบินสามารถครอบคลุมพื้นที่ปฏิบัติการได้ ถึงแม้ว่าตำแหน่งจุดขึ้นบินสามารถครอบคลุมพื้นที่ปฏิบัติการได้ทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ลักษณะของภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงชันส่งผลให้ระยะสัญญาณจากส่วนควบคุมการบินภาคพื้นดินอาจถูกบดบังโดยภูมิประเทศได้

ดังนั้น เพื่อให้สามารถนำอากาศยานไร้คนขับบินถ่ายภาพได้ในทุกๆ บริเวณของพื้นที่ปฏิบัติการ จึงต้องทำการสำรวจตำแหน่งจุดขึ้นบินเพิ่มเติม ให้ครอบคลุมในทุกๆ ด้านของพื้นที่ปฏิบัติการโดยตำแหน่งจุดขึ้นบินประกอบด้วย 2 ตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณหมู่บ้านลิเซ และบริเวณสามแยกป้ายใหญ่ โดยมีรายละเอียดตำแหน่งจุดขึ้นบินและระยะแนวสายตา (Line-of-Sight) ดังภาพที่ 2.3 คือพื้นที่ตัวอย่างเป้าหมายการบินที่ศึกษา

<u>ภาพที่ 2.2</u> พื้นที่ตัวอย่างเป้าหมายในการบินถ่ายภาพบริเวณกิโลเมตรที่ 15 ถ.สายบ้านสันกอง - พระธาตุดอยตุง ตำบลห้วยไคร้ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย

<u>พื้นที่ศึกษา</u> ตั้งอยู่ที่บริเวณกิโลเมตรที่ 15 ถ.สายบ้านสันกอง - พระธาตุดอยตุง ต.ห้วยไคร้ อ.แม่สาย จ.เชียงราย รับผิดชอบพื้นที่โดยโครงการพัฒนาดอยตุง ท้องที่ อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย มีขนาดพื้นที่ประมาณ 312,000 ไร่ โดยแบ่งเป็นพื้นที่จะทำการบินถ่ายภาพ ทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษามีพื้นที่ประมาณ 4,375 ไร่ โดยลักษณะของมิประเทศเป็นภูเขาสูงชันปกคลุมด้วยป่าสมบูรณ์ มีหมู่บ้านลิเซเป็นที่ตั้งสำคัญและมีถนนสายหลักตัดผ่านพื้นที่ซึ่งสามารถใช้ประยุกต์เป็นทางขึ้นลงอากาศยาน

กอบแนวคิดการการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับสำหรับงานแผนที่สามมิติ
เพื่อเฝ้าระวังและป้องกันไฟป่า



ดังนั้น การประยุกต์องค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับเพื่อสร้างความรู้ และช่วยสร้างแรงจูงใจกับประชาชนผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่ถึงการใช้นวัตกรรมอันนำไปสู่การบริหารจัดการพื้นที่ป่าไม้อย่างยั่งยืน

บรรยากาศการปฏิบัติภารกิจบันทึกภาพทางอากาศและแปลงแผนที่สามมิติ

การลงพื้นที่ร่วมกันระหว่างสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศและคณะเจ้าหน้าที่สถานีควบคุมไฟป่าดอยตุง

บทที่ 3
การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในการรังวัดภูมิประเทศ ในภารกิจสนับสนุนงานป้องกันไฟป่า บริเวณสถานีควบคุมไฟป่าดอยตุงฯ

องค์ความรู้ดังกล่าวนี้ เกิดขึ้นจากการศึกษาและรวมรวบองค์ความรู้เกี่ยวกับการบินอากาศยานไร้คนขับกับการแปลงแผนที่สามมิติ เพื่อให้ได้แผนที่สามมิติของพื้นที่ศึกษา โดยการประยุกต์องค์ความดังกล่าว และการปฏิบัติจริงตามกรอบแนวคิดการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับสำหรับงานแผนที่สามมิติเพื่อเฝ้าระวังและป้องกันไฟป่าในหัวข้อที่ 2 จากการร่วมบินระหว่างสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศและสถานีควบคุมไฟป่าดอยตุง จากนั้นจึงแปลงแผนที่สามมิติร่วมกับคณะอาจารย์และนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

รายละเอียด ดังนี้

3.1 การรังวัดด้วยภาพ (photogrammetry)

การรังวัดด้วยภาพเป็นกระบวนการผลิตแผนที่และตำแหน่งของจุด มีความเหมาะสมในการรังวัดรูปร่างวัตถุขนาดเล็ก และงานที่มีความซับซ้อนสูง และการรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศ เป็นการรังวัดโดยใช้ภาพถ่ายที่ติดตั้งบนอากาศยาน ทั้งอากาศยานที่มีผู้ขับ (manned aircraft) และอากาศยานไร้คนขับ (unmanned aerial vehicles) มีความเหมาะสมในการรังวัดภูมิประเทศที่เป็นบริเวณกว้าง โดยคุณภาพของการรังวัดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและกระบวนการที่ใช้ในการรังวัด ซึ่งในบทความครั้งนี้จะเน้นไปที่การประยุกต์ใช้การรังวัดจากภาพถ่ายทางอากาศเป็นหลัก

3.2 ประเภทของการรังวัดด้วยภาพ (photogrammetry processes)

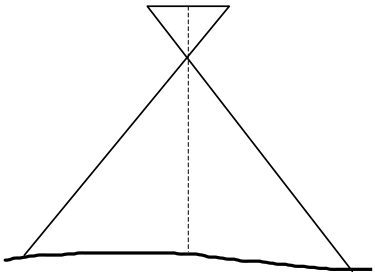
แบ่งภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ภาพถ่ายดิ่ง (vertical image) ภาพถ่ายเอียง (tiled image) และภาพถ่ายเฉียง (oblique image)

ภาพถ่ายดิ่งถูกใช้ในการผลิตแผนที่ภาพถ่าย ที่มุ่งเน้นความถูกต้องเชิงตำแหน่งในระดับสูง แต่ การควบคุมอากาศยานไร้คนขับบันทึกภาพให้เป็นภาพถ่ายดิ่งเป็นไปได้ยาก

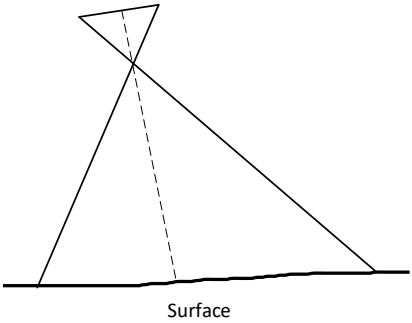
สภาพอากาศที่ไม่แน่นอนเป็นปัจจัยสำคัญส่งผลให้ภาพไม่ขนานกับ Datum อย่างสมบูรณ์และฉากรับเอียง

ภาพถ่ายเอียง เกิดจากกรณีที่ ฉากรับภาพเอียงไม่เกิน 3 องศา อย่างไรก็ตามในกรณีนี้ถือว่าเป็นภาพถ่ายดิ่งได้เช่นกันภาพถ่ายเฉียง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ภาพถ่ายเฉียงต่ำ (low oblique) ฉากรับภาพจะทำมุมเอียงกับ Datum มากกว่า 3 องศา แต่ไม่เห็นเส้นขอบฟ้า (horizontal line) และภาพถ่ายเฉียงสูง (high oblique) โดยภาพถ่ายเฉียงต่ำ แต่ภาพถ่ายเฉียงสูงจะสามารถเห็นเส้นขอบฟ้าปรากฏบนภาพถ่าย

ภาพที่ 3.1 ลักษณะมุมกล้องของภาพถ่ายทางอากาศประเภทต่าง ๆ

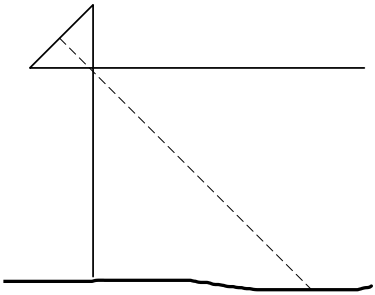


ลักษณะมุมกล้องภาพถ่ายดิ่ง (vertical image)



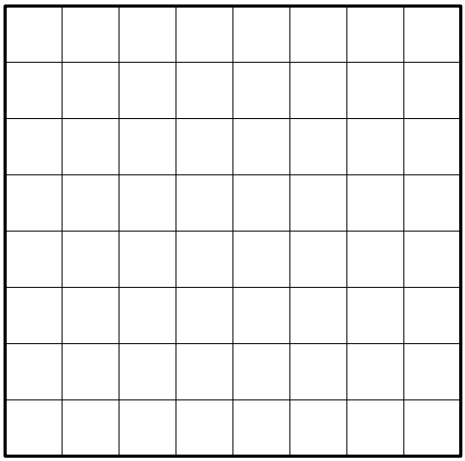
ลักษณะมุมกล้องภาพถ่ายเฉียงต่ำ (low oblique)

ภาพที่ 3.1 ลักษณะมุมกล้องของภาพถ่ายทางอากาศประเภทต่าง ๆ (ต่อ)



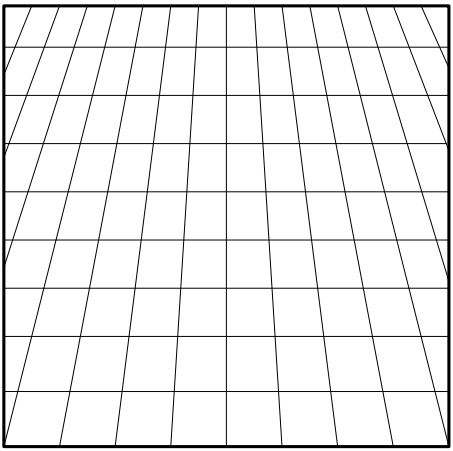
ลักษณะมุมกล้องภาพถ่ายเฉียงสูง (high oblique)

ภาพที่ 3.2 รูปแบบภาพถ่ายทางอากาศแต่ละประเภท

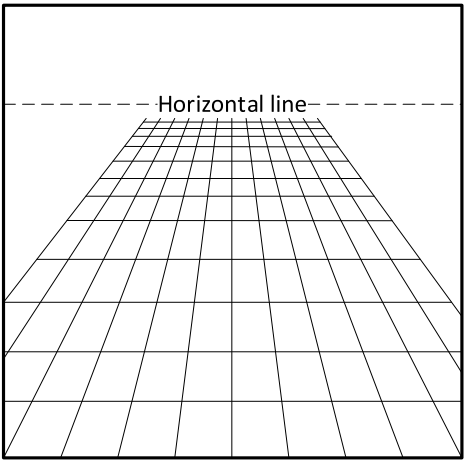


รูปแบบภาพถ่ายลักษณะภาพถ่ายดิ่ง (vertical image)

ภาพที่ 3.2 รูปแบบภาพถ่ายทางอากาศแต่ละประเภท (ต่อ)



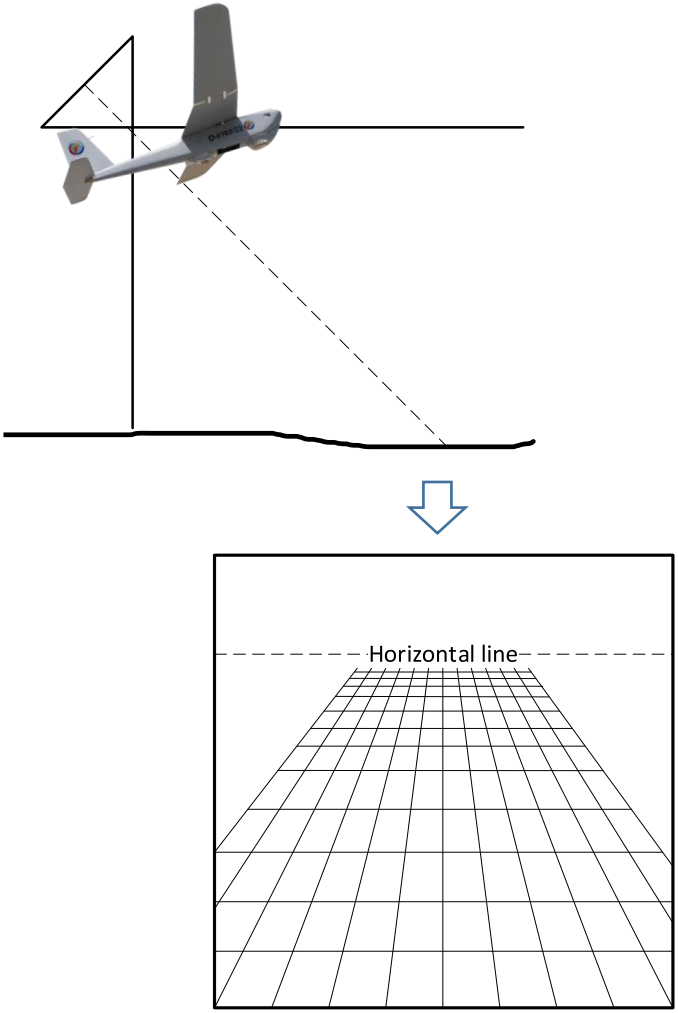
รูปแบบภาพถ่ายลักษณะภาพถ่ายเฉียงต่ำ (low oblique)



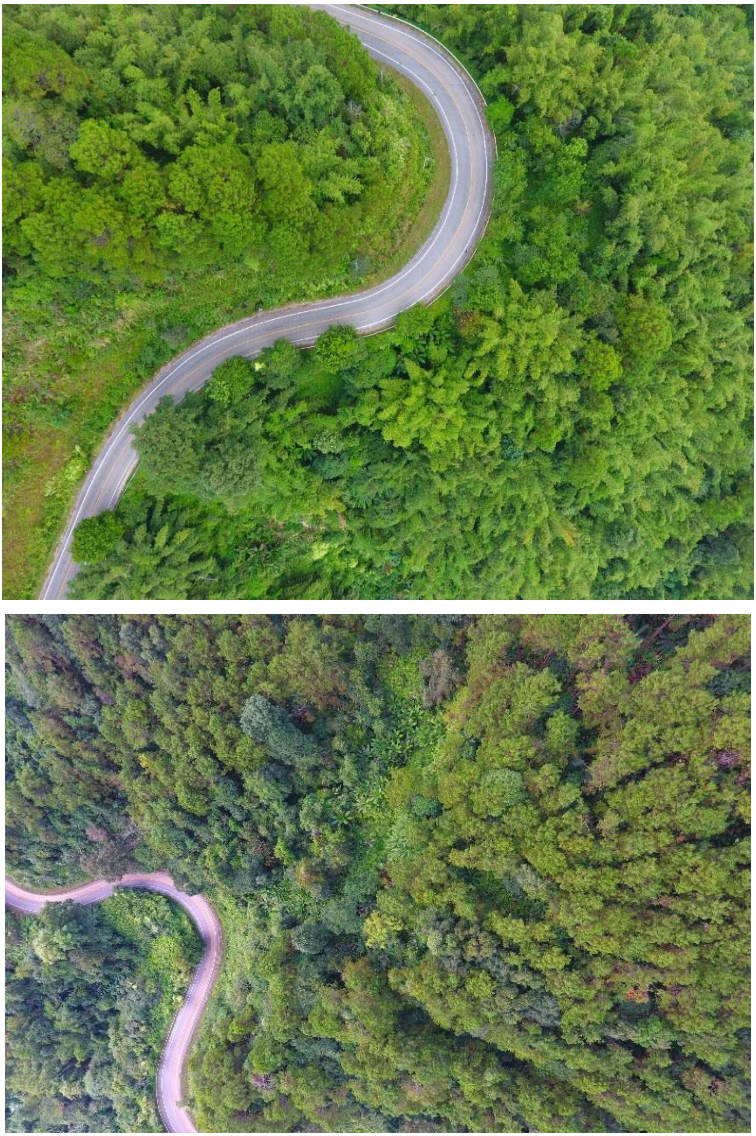
รูปแบบภาพถ่ายลักษณะภาพถ่ายเฉียงสูง (high oblique)

ดังนั้น เมื่อประยุกต์การใช้อากาศยานไร้คนขับบันทึกภาพทางอากาศจะได้ลักษณะมุมกล้องและรูปภาพถ่ายลักษณะภาพถ่ายเฉียงสูง (high oblique) ตามภาพที่ 3.3 และ 3.4

ภาพที่ 3.3 ลักษณะการทำงานของการใช้อากาศยานไร้คนขับ และรูปแบบภาพถ่ายผลลัพธ์ภาพถ่ายเฉียงสูง (high oblique)



ภาพที่ 3.4 ภาพถ่ายผลลัพธ์การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับบันทึกภาพทางอากาศ
จากพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้คียง



ภาพที่ 3.4 ภาพถ่ายผลลัพธ์การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับบันทึกภาพทางอากาศ
จากพื้นที่ศึกษาและบริเวณใกล้เคียง (ต่อ)

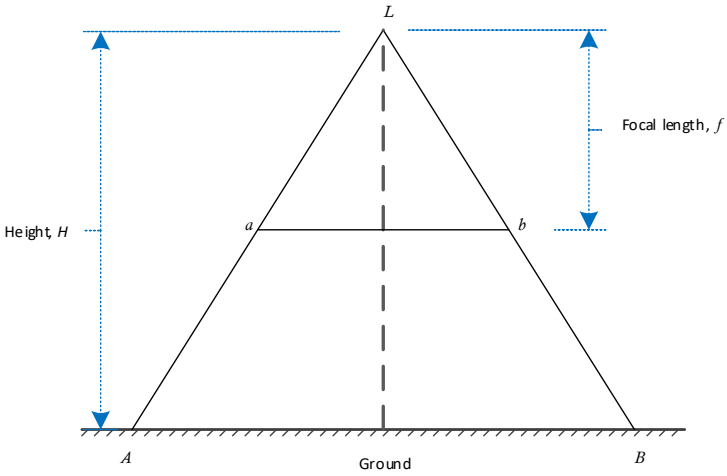
3.3 กระบวนการได้มาซึ่งภาพถ่าย

กล้องถ่ายภาพ ทำงานในระบบดิจิตอล (digital) และถูกนำมาใช้กับการทำแผนที่ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งฉากรับภาพในระบบดิจิตอล จะเป็นแผงกริดเซล (2 dimensional array) ขนาดเล็กจำนวนมาก พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะแผ่เข้ามากระทบและเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า (electric signal) เพื่อให้จัดเก็บในรูปแบบพิกเซล (pixel) และเป็นพารามิเตอร์ (parameter) สำหรับคำนวณความละเอียดจุดภาพ (image resolution)

3.4 การคำนวณเบื้องต้นภาพถ่ายดิ่ง

1. มาตราส่วนภาพถ่าย (photo scale) เป็นอัตราส่วนระหว่างระยะทางที่วัดได้จากภาพ (image distance) กับระยะทางที่วัดได้บนผิวโลก (ground distance) ซึ่งมีความสำคัญในกระบวนการรังวัดด้วยภาพ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ใช้ในคำนวณรังวัดวัตถุและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ด้วยอุปกรณ์รับสัญญาณที่ติดตั้งบนอากาศยาน เช่น การคำนวณหาตำแหน่ง (position) ขนาด (size) ระยะทาง (distance) พื้นที่ (area) และใช้ในการกำหนดคุณภาพภาพถ่ายที่จะทำการผลิต เป็นต้นโดยการคำนวณมาตราส่วนภาพถ่ายมีรายละเอียดดังนี้

ภาพที่ 3.5 ภาพถ่ายดิ่งและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการคำนวณมาตราส่วนภาพ



$$\frac{f}{H} = \frac{ab}{AB} = S$$

โดยที่ f = ทางยาวโฟกัส (มิลิเมตร)

H = ความสูงบิน (เมตร)

ab = ระยะทางบนภาพ (มิลิเมตร)

AB = ระยะทางบนพื้นโลก (เมตร)

S = มาตราส่วนภาพถ่าย

**เปลี่ยนหน่วยวัดให้ตรงกันก่อนทำการคำนวณ*

ตามสมการที่ 1 มาตราส่วนภาพถ่าย (S) เป็นสัดส่วนระหว่างทางยาวโฟกัส (f) และความสูงบิน (H) ของอากาศยาน ณ ตำแหน่ง L จากพื้นโลก และเป็นสัดส่วนระหว่างระยะทางบนภาพ (ab) กับระยะทางบนผิวโลก (AB) โดยมาตราส่วนภาพถ่ายถูกใช้เป็นปัจจัยในการ

เทียบความสัมพันธ์ระหว่างระยะบนภาพกับระยะทางจริง และถูกใช้ในการคำนวณขนาด ความละเอียดจุดภาพ (resolution) ระหว่างขั้นตอนการวางแผนการบินถ่ายภาพต่อไป

สำหรับการบันทึกภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ ถ่ายภาพดิ่งที่มีความแตกต่างระดับของภูมิประเทศ ความคลาดเคลื่อนจากความต่างระดับจะส่งผลต่อมาตราส่วนของภาพถ่าย โดยตำแหน่งของวัตถุในพื้นที่ที่มีค่าระดับสูง จะส่งผลให้มาตราส่วนของวัตถุมีขนาดใหญ่ ในทางตรงข้าม ถ้าวัตถุเป้าหมายอยู่ในตำแหน่งที่มีค่าระดับต่ำ มาตราส่วนภาพถ่ายในบริเวณดังกล่าวจะมีขนาดเล็ก โดยการคำนวณมาตราส่วนภาพถ่ายดิ่งบนพื้นที่ที่ค่าระดับไม่แน่นอนสามารถคำนวณได้ดังนี้

บรรยากาศการปฏิบัติภารกิจบันทึกภาพทางอากาศและแปลงแผนที่สามมิติ

การเป็นนักบินอากาศยานไร้คนขับไม่ง่ายเลยนะ!!!!

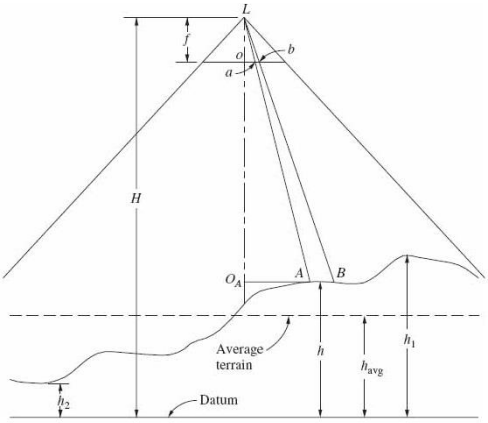
สิ่งที่ได้จากการปฏิบัติภารกิจในพื้นที่ พบว่าข้อจำกัดของการใช้งาน ดังนี้

ภูมิศาสตร์ และ สภาพอากาศที่แปรปรวนของพื้นที่ศึกษาส่งผลต่อการขึ้นบินของอากาศยานไร้คนขับ ส่งผลให้นักบินต้องประเมินสถานการณ์ที่เกิดขึ้นตลอดเวลา เพื่อป้องกันความเสียหายของอากาศยานไร้คนขับ โดยเฉพาะ การใช้อากาศยานไร้คนขับที่จำหน่ายตามท้องตลาดสำหรับประชาชนซึ่งอาจไม่สามารถขึ้นบินในสภาพอากาศของภูมิศาสตร์ลักษณะนี้

รวมทั้งต้องมีความรู้ทางกฎหมายหลาย ๆ เรื่อง จากกรณีนี้พบว่า พื้นที่แนวต่อระหว่างประเทศส่งผลต่อความมั่นคงทางชายแดนสำหรับการใช้เทคโนโลยีภาพถ่ายทางอากาศ ส่งผลให้เกิดข้อจำกัดของการขึ้นบิน

ที่สำคัญ อากาศยานไร้คนขับ มีจุดเริ่มต้นของเทคโนโลยีทางทหาร

ภาพที่ 3.6 มาตราส่วนภาพถ่ายบนพื้นที่ที่มีความต่างระดับไม่แน่นอน (Wolf and et al., 2000)



โดยที่ S_{AB} = มาตราส่วนภาพถ่ายบริเวณตำแหน่ง AB

H = ความสูงบินจาก Datum (MSL โดยปกติ) (เมตร)

h = ความสูงภูมิประเทศจาก Datum ในตำแหน่ง AB (เมตร)

**เปลี่ยนหน่วยวัดให้ตรงกันก่อนทำการคำนวณ*

ข้อพึงระวัง ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับในบริเวณที่มีความหลากหลายของค่าระดับความสูง ส่งผลให้มาตราส่วนภาพถ่ายมีความแตกต่างกันในแต่ละบริเวณ การประมาณการมาตราส่วนของภาพถ่ายบางครั้งนิยมใช้ค่าความสูงเฉลี่ย (h_{avg}) แทนความสูงของภูมิประเทศ (h) พบว่า กระบวนการรังวัดตำแหน่งต่างบนภาพถ่ายดิ่งมีความไม่แน่นอนสูง โดยมาตราส่วนภาพเป็นแค่การประมาณการเท่านั้น และส่งผลให้ความละเอียดของภาพทถ่ายมีขนาดไม่เท่ากันทั้งภาพ

ดังนั้น ในการได้มาซึ่งมาตราส่วนภาพที่มีความถูกต้องสูงจำเป็นต้องรู้ค่าระดับในพื้นที่จากการสำรวจพื้นดินก่อน ซึ่งใช้งบประมาณในการสำรวจมาก ส่งผลให้ไม่เป็นที่นิยมนำภาพถ่ายดิ่งมาใช้ในการรังวัดภูมิประเทศ แต่นิยมนำมาใช้ในงานด้านการข่าว และงานด้านการสำรวจปรากฏการณ์ที่ไม่ต้องการความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่สูงมาก (READING,1999)

2. การคำนวณ GSD (Ground Sampling Distance) สำหรับภาพดิจิตอล ถูกใช้ในการประเมินคุณภาพของภาพถ่ายในการจำแนกวัตถุ (Abdullah, 2008) ซึ่งการถ่ายภาพดิ่งบนภูมิประเทศที่แบนราบ สามารถใช้มาตราส่วนภาพถ่ายในการประมาณค่าความละเอียดจุดภาพ จากขนาดกริดเซลในอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณได้

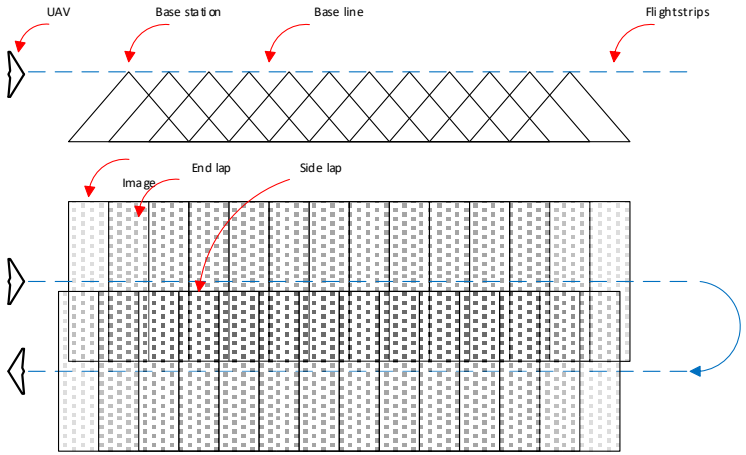
3. การประมาณค่าความคลาดเคลื่อนจากภาพถ่ายดิ่ง เกิดขึ้นจากหลายกระบวนการและสามารถเกิดขึ้นจากความคลาดเคลื่อนจากความสูงในการบินอากาศยานไร้คนขับ ทั้งการวัดระยะบนภาพและการวัดระยะบนพื้นโลก

4. ค่าจัดวางภายนอก (exterior orientation) เป็นลักษณะการวางตัวของระบบกล้องถ่ายภาพทางอากาศ โดยการวางตัวของระบบกล้องมีความสัมพันธ์กับระบบโลก (global coordinate system) ซึ่งอธิบายด้วยสมการสภาวะร่วมเส้น (collinearity equation) โดยรายละเอียดมีดังนี้

5. การรังวัดย้อนภาพถ่ายเดี่ยว (single photo resection) เป็นการคำนวณตำแหน่งจุดเปิดถ่ายของภาพและลักษณะมุมกล้องและค่าความเอียงของกล้อง โดยการคำนวณจะใช้จุดบังคับภาพถ่าย (photo control point) และจุดควบคุมภาคพื้นดิน (ground control point) ซึ่งจำเป็นต้องใช้จำนวน 3 ตำแหน่งขึ้นไปในการคำนวณ

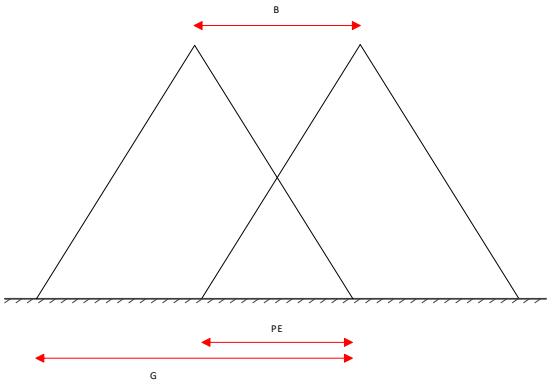
6. การรังวัดภาพถ่ายคู่ ระยะห่างระหว่างจุดเปิดถ่าย (exposure station) เรียกว่า (base line) และตำแหน่งของการถ่ายแต่ละครั้งเรียกว่าฐานบิน (base station) โดยภาพแต่ละฐานบินจะมีส่วนซ้อนทับ (end lap) กันครอบคลุมพื้นที่เป้าหมายโดยไม่มีรอยต่อ โดยภาพที่ซ้อนทับกัน และในการบินถ่ายภาพให้ครอบคลุมพื้นที่ อาจจำเป็นต้องบินมากกว่าหนึ่งแนวบิน ดังนั้น ภาพที่ถ่ายจากฐานบินในแต่ละแนวบินจะมีส่วนที่เกยกัน (side lap) ดังนั้นในขั้นตอนการวางแผนการบินผู้ใช้จะต้องกำหนดแนวบินรวมถึงส่วนซ้อนและส่วนเกยของภาพ ให้ครอบคลุมพื้นที่เป้าหมาย

ภาพที่ 3.7 การบินถ่ายภาพผลิตแผนที่ภาพถ่าย



1. การคำนวณระยะห่างระหว่างจุดเปิดถ่าย (exposure station) จากขนาดส่วนซ้อนของภาพ

ภาพที่ 3.8 ส่วนซ้อนภาพ

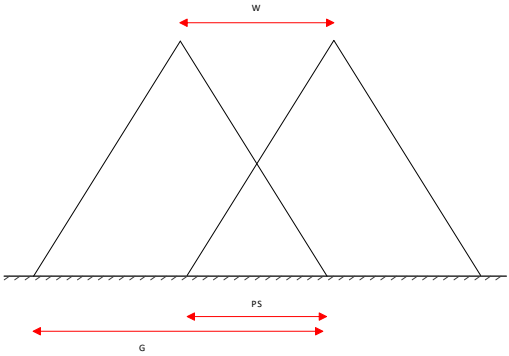


ขนาดส่วนซ้อนในแต่ละภาพ (PE) ตามภาพที่ 10 จะเป็นปริมาณที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้ ซึ่งสำหรับการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในการทำแผนที่ภาพถ่าย นิยมกำหนดส่วนซ้อน 70 – 80 เปอร์เซ็นต์ (Gerke and et., 2016) ซึ่งการกำหนดขนาดของส่วนซ้อนจะเป็นการกำหนดระยะห่างตำแหน่งจุดเปิดถ่ายภาพในแต่ละภาพ โดยคำนวณได้ดังนี้

$$B = G - \frac{G(PE)}{100}$$

2. การคำนวณระยะห่างของแนวบิน จากขนาดส่วนเกยของภาพ

ภาพที่ 3.9 ส่วนเกยของภาพ



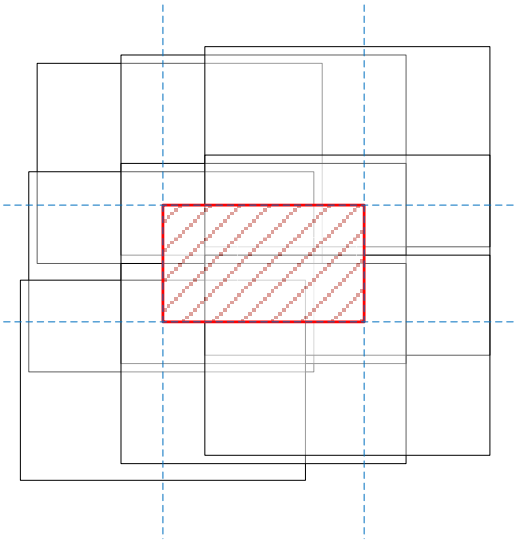
ระยะห่างระหว่างแนวบิน (W) จะถูกกำหนดโดยขนาดส่วนเกยของภาพ (PS) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$W = G - \frac{G(PS)}{100}$$

3. การคำนวณระยะห่างของแนวบิน จากขนาดส่วนเกยของภาพ

แบบจำลอง neat model เป็นการครอบคลุมของพื้นที่การบินถ่ายภาพคู่ซ้อน โดยขอบเขตของพื้นที่ถูกกำหนดจากตรงกลางของพื้นที่ส่วนซ้อนและส่วนเกย ซึ่งในบริเวณดังกล่าวจะเป็นพื้นที่สำหรับสร้าง แบบจำลองภูมิประเทศสามมิติได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Church,1945) โดยลักษณะของแบบจำลอง neat model มีดังนี้

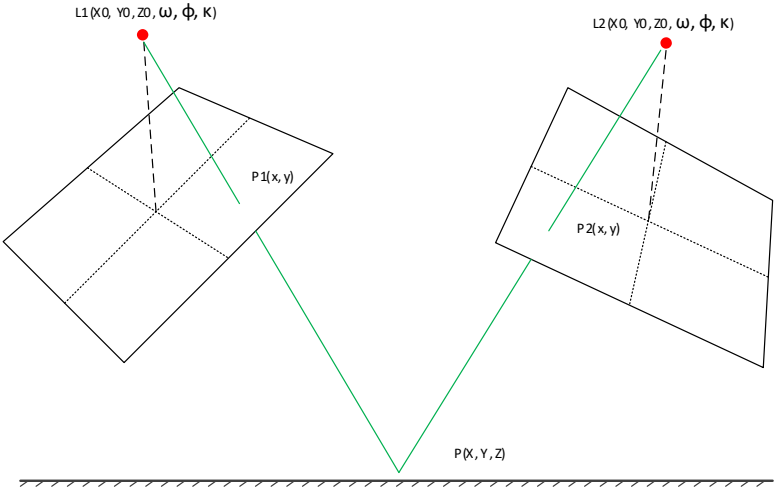
ภาพที่ 3.10 neat model



4. การคำนวณพิกัดวัตถุภาพถ่ายคู่

จากการความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดภาพถ่ายและพิกัดวัตถุบนพื้นโลกที่ได้กล่าวมาในหัวข้อ 3.5 จะเห็นได้ว่า เป็นการได้มาซึ่งค่าพิกัดวัตถุจากภาพถ่ายเดียว ซึ่งจำเป็นต้องรู้ค่าระดับของวัตถุเพื่อใช้ในการคำนวณ แต่สำหรับหัวข้อนี้ เป็นการใช้ภาพคู่หรือมากกว่า 2 ภาพขึ้นไป ในการวัดค่าพิกัดทั้งทางราบและทางดิ่งของวัตถุเป้าหมายโดยไม่จำเป็นต้องทำการสำรวจตำแหน่งเป้าหมายก่อน โดยวิธีที่ใช้คือ Two-Photo intersection หรือ space intersection (Luhmann and et al., 2013) โดยพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าจะเป็นค่าพิกัดวัตถุ (X, Y, Z) สำหรับพารามิเตอร์ที่รู้ค่าได้แก่ ตำแหน่งจุดเปิดถ่ายของกล้องและพิกัดภาพถ่ายของวัตถุเป้าหมายในทุกระบบ (X_0, Y_0, Z_0, ω, ϕ, κ, x, y) โดยความสัมพันธ์ของระบบภาพคู่ซ้อนมีดังนี้

ภาพที่ 3.11 เรขาคณิตภาพถ่ายคู่ซ้อน



ในการคำนวณหาค่าพิกัดวัตถุนั้น มีหลักการคล้ายกับการหาจุดเปิดถ่ายภาพเดี่ยว โดยใช้สมการที่ 16 และ 17 โดยสามารถเขียนในรูปแบบ function ที่ประกับไปด้วยแบบจำลองภาพถ่ายด้านขวาและด้านซ้าย รายละเอียดดังนี้

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f\left(X_{01}, Y_{01}, Z_{01}, \omega_1, \phi_1, \kappa_1, X, Y, Z\right) \\ f\left(X_{01}, Y_{01}, Z_{01}, \omega_1, \phi_1, \kappa_1, X, Y, Z\right) \\ f\left(X_{02}, X_{02}, X_{02}, \omega_{21}, \phi_2, \kappa_2, X, Y, Z\right) \\ f\left(X_{02}, X_{02}, X_{02}, \omega_{21}, \phi_2, \kappa_2, X, Y, Z\right) \end{bmatrix}$$

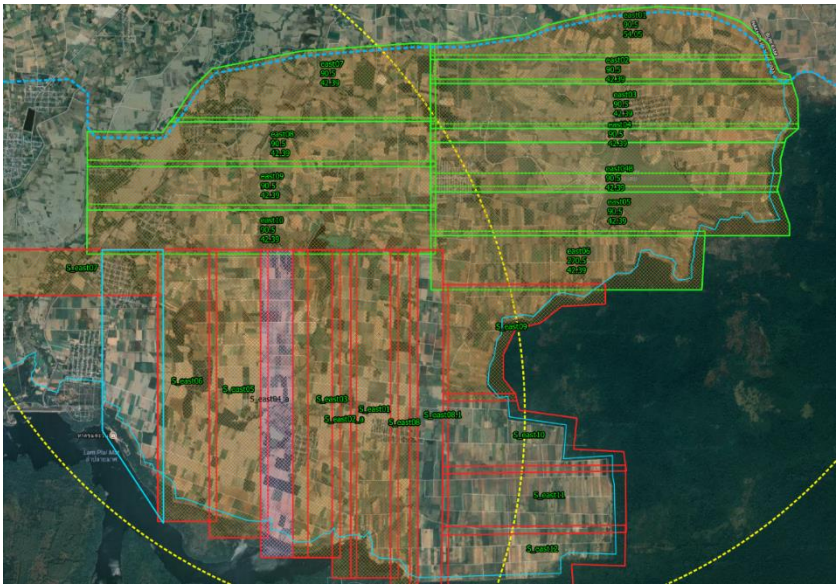
หลังจากนั้น ประมาณการค่าพารามิเตอร์ไม่รู้ค่า ซึ่งประกอบด้วย 3 ตัว ได้แก่ ค่าพิกัดวัตถุทางราบ (X, Y) และค่าพิกัดทางดิน (Z) โดยใช้วิธี linearization Tayler Series ในลักษณะเดียวกันกับสมการที่ 21 และ 22 และคำนวณหาผลลัพธ์ที่ได้ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดต่อไป (ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2553)

3.5 การวางแผนการบินด้วยโปรแกรม QGIS และ Mission Planner

สิ่งสำคัญในการวางแผนบิน เป็นการวางแผนผลิตแผนที่ภาพถ่ายได้ตามคุณภาพที่ผู้ใช้ต้องการและเป็นการใช้ทรัพยากรในการดำเนินการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยสิ่งที่ผู้ปฏิบัติต้องทราบก่อนทำการวางแผนบินได้แก่ ขอบเขตและสภาพพื้นที่ที่ต้องการผลิตแผนที่ภาพถ่าย คุณสมบัติของอากาศยานและอุปกรณ์ที่ติดตั้ง สภาพลมฟ้าอากาศหรือฤดูกาล ลักษณะและคุณภาพของข้อมูลที่ต้องการ รวมถึงระยะเวลาและงบประมาณที่มี โดยปัจจัยที่ได้กล่าวมา ผู้วางแผนการบินจะต้องบริหารจัดการเพื่อสร้างผลผลิตที่มีคุณภาพมากที่สุดภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการสนับสนุนการวางแผนการบินในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายประเภท ขึ้นอยู่กับลักษณะงานและความเชี่ยวชาญของผู้ใช้งาน โดยในการศึกษาครั้งนี้ ใช้โปรแกรม QGIS ซึ่งเป็นโปรแกรมภูมิสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ในการจัดเก็บ จัดการ ประมวลผล และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ (geospatial information) โดยโปรแกรม QGIS สามารถสร้างข้อมูลเวกเตอร์ (vector) ในการกำหนดขอบเขตบล็อกการบินถ่ายภาพ โดยเป็นข้อมูลที่มีค่าพิกัดในระบบโลก ทำให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างบล็อกถ่ายภาพในการวางแผนบินในพื้นที่ที่ต้องการถ่ายภาพและสามารถปรับแต่งลักษณะของบล็อกถ่ายภาพให้สอดคล้องกับอากาศยานและอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยลักษณะของโปรแกรมและตัวอย่างของบล็อกถ่ายภาพ ดังนี้

ภาพที่ 3.12 ตัวอย่างการวางแผนตำแหน่งบล็อกถ่ายภาพในโปรแกรม QGIS



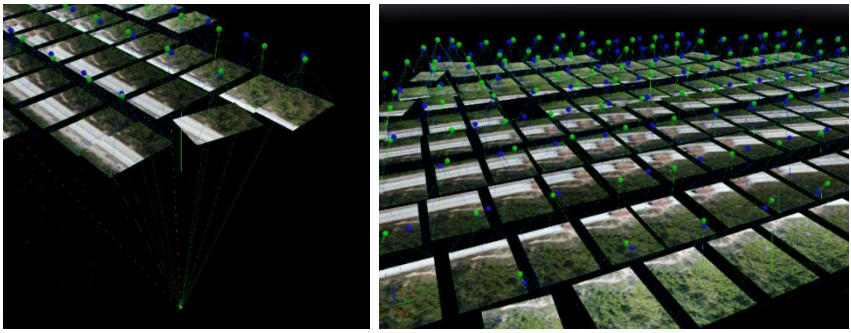
3.6 การประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม Pix4D

โปรแกรม Pix4D เป็นโปรแกรมสำหรับดำเนินการรังวัดด้วยภาพ (Photogrammetry) โดยโปรแกรมดังกล่าวสามารถผลิตแผนที่ภาพถ่าย และข้อมูลแสดงลักษณะทางกายภาพของภูมิประเทศและวัตถุในเชิงตำแหน่ง เช่น ภาพถ่ายออร์โธ (Orthophoto) ข้อมูลความสูงเชิงเลข (Digital elevation model) เป็นต้น โดยกระบวนการทำงานของโปรแกรมจะเริ่มจากการนำเข้าภาพถ่ายที่อ้างอิงค่าพิกัดแล้วตามหัวข้อที่ 3.7 โปรแกรมจะทำการรังวัดภูมิประเทศจากภาพถ่ายโดยใช้หลักการตามหัวข้อที่ 3.5 และ 3.6 และใช้กระบวนการข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ (aerial triangulation) ซึ่งเป็นกระบวนการคำนวณหาค่าจัดวางภายนอกพร้อมกันทั้งบล็อกถ่ายภาพและทำการปรับแก้บล็อกถ่ายภาพพร้อมกัน (bundle block adjustment) ให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยในกระบวนการดังกล่าว จะต้องหาจุดควบคุมภาพ (photo control point หรือ tie point) ซึ่งเป็นจุดหรือตำแน่งบนพื้นผิวโลกที่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจนบนภาพถ่ายในแต่ละภาพ และใช้เป็นค่าพิกัดภาพสำหรับปรับแก้

บล็อกถ่ายภาพ ตามหัวข้อที่ 3.6.4 โดยในโปรแกรม Pix4D จะทำการคำนวณหาจุดควบคุมภาพถ่ายให้อัตโนมัติด้วยวิธี The scale-invariant feature transform (SIFT) โดยเป็นการวิเคราะห์หาจุดเด่นของภาพแต่ละภาพ โดยไม่ขึ้นอยู่กับขนาดและทิศทางของภาพ แต่ละภาพที่มีลักษณะเด่นคล้ายกันจะถูกจับคู่ (Gerke and et al., 2016) และใช้ในตำแหน่งที่จับคู่ได้อ้างอิงเป็นพิกัดภาพและใช้ในการคำนวณทางการรังวัดด้วยภาพต่อไป หรือผู้ใช้งานสามารถกำหนดจุดควบคุมได้ด้วยตนเอง

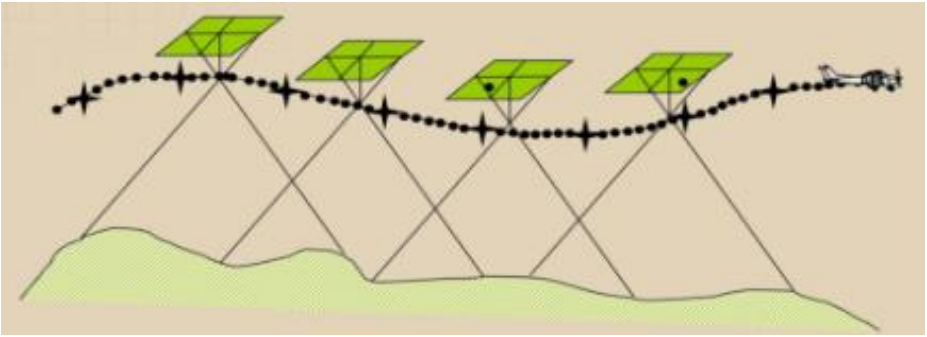
หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการปรับแก้ค่าจัดวางภายนอกพร้อมกันทั้งบล็อกด้วยการรังวัดย้อน และเข้าสู่กระบวนการการสร้าง point clouds ซึ่งเป็นกลุ่มของจุดสามมิติที่ก่อตัวรวมกันในลักษณะที่ใกล้เคียงกับสภาพภูมิประเทศที่ผู้ใช้ทำการรังวัดด้วยภาพ (ภาพที่ 19) โดย point clouds จะถูกใช้ในการสร้างแบบจำลองภูมิประเทศสามมิติเชิงเลข โดยวิธีที่นิยมใช้ทั่วไปคือ interpolation ด้วยวิธี Inverse Distance Weighting (IDW) โดยเป็นการประมาณการค่าพิกัดทางราบและทางดิ่งแทรกตำแหน่ง Point clouds ซึ่งแบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข จะถูกใช้ในการผลิตภาพถ่ายออร์โธต่อไป

ภาพที่ 3.13 การรังวัดย้อนจากพิกัดพื้นโลกสู่การปรับแก้ค่าจัดวางภายนอก



การกำหนดแผนการบินถ่ายภาพในพื้นที่ปฏิบัติงาน จะทำการตั้งค่าบล็อกถ่ายภาพด้วยโปรแกรม QGIS (รายละเอียดตามหัวข้อที่ 3.7) เนื่องจากขนาดพื้นที่ทั้งหมดเท่ากับ 7 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 4,375 ไร่ และจากข้อจำกัดของอากาศยานไร้คนขับ และคุณสมบัติของกล้องที่ใช้ในการปฏิบัติงาน สามารถบินถ่ายได้ภายในครั้งเดียวที่ความสูงบิน 400 เมตรจากตำแหน่งขึ้นบิน โดยมีความละเอียดจุดภาพบนพื้นดิน (GSD) เท่ากับ 5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นความละเอียดที่เพียงพอต่อการจำแนกพืชพรรณสำหรับภารกิจป้องกันไฟป่า โดยในการปฏิบัติงานครั้งนี้ พื้นที่เป้าหมายมีลักษณะเป็นภูเขาสูงชัน และปกคลุมด้วยป่าไม้สมบูรณ์ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการถ่ายภาพ เนื่องจากพื้นที่ที่มีความแตกต่างของค่าระดับความสูงที่มากจะส่งผลให้บล็อกถ่ายภาพอาจไม่เชื่อมต่อกันอย่างสมบูรณ์ประกอบการการที่พื้นที่ปกคลุมด้วยป่าเป็นจำนวนมากจะส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในกระบวนการสร้างจุดควบคุมภาพอัตโนมัติ เนื่องจากพื้นที่ป่ามีลักษณะที่คล้ายกันและมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา ทำให้กระบวนการดังกล่าวอาจเกิดความผิดพลาดระหว่างการประมวลผลได้ ดังนั้นการลดความเสี่ยงต่างๆ ที่ได้กล่าวมาสามารถทำการเพิ่มขนาดส่วนซ้อนและส่วนเกย (Over/Side lap) ที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ภาพถ่ายแต่ละภาพที่ทำการถ่าย มีพื้นที่ซ้อนทับกันในปริมาณมาก โดยมีระยะห่างระหว่างแนวบินและระยะฐานบิน เท่ากับ 94 และ 62 เมตร ตามลำดับ (คำนวณตามหัวข้อที่ 3.62 และ 3.63) และการลดความเสี่ยงที่จะทำให้บล็อกการบินไม่สมบูรณ์ สามารถทำการบินถ่ายภาพโดยรักษาระยะความสูงจากผิวโลกหรือเป็นการบินถ่ายภาพแบบสัมพันธ์กับพื้นโลก (relative height) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะทำให้ภาพถ่ายแต่ละภาพมีมาตราส่วนภาพใกล้เคียงกันและทำให้บล็อกการบินมีความสมบูรณ์ขึ้นอีกด้วย โดยลักษณะของการบินที่สัมพันธ์กับผิวโลกมีดังนี้

ภาพที่ 2.14 การบินที่สัมพันธ์กับผิวโลก



ข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพจะทำการประมวลผลพร้อมกันในทุกบล็อก ด้วยโปรแกรม Pix4D โดยผลลัพธ์จากการประมวลผลข้อมูลประกอบไปด้วย point clouds แบบจำลองความสูงเชิงเลข และภาพถ่ายออร์โธ ในพื้นที่บริเวณดังกล่าว

สำหรับการบินถ่ายภาพจริง สภาพภูมิประเทศจะมีการเปลี่ยนแปลงในค่าระดับความสูง ส่งผลให้มาตราส่วนภาพถ่ายมีขนาดไม่เท่ากันทั้งภาพ ดังนั้น ภาพถ่ายที่ถูกปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากความต่างระดับของภูมิประเทศ เรียกว่า ภาพถ่ายออร์โธ (Ortho) และกระบวนการปรับแก้ดังกล่าว เรียกว่า Orthorectification ตามภาพที่ 3.14 และ 3.15 ซึ่งเป็นแผนที่สามมิติของพื้นที่ศึกษา ในการบินถ่ายภาพบริเวณกิโลเมตรที่ 15 ถ.สายบ้านสันกอง - พระธาตุดอยตุง ตำบลห้วยไคร้ อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ตั้งอยู่ที่บริเวณกิโลเมตรที่ 15 ถ.สายบ้านสันกอง - พระธาตุดอยตุง ต.ห้วยไคร้ อ.แม่สาย จ.เชียงราย รับผิดชอบพื้นที่โดยโครงการพัฒนาดอยตุง ท้องที่ อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย มีขนาดพื้นที่ประมาณ 312,000 ไร่ โดยแบ่งเป็นพื้นที่จะทำการบินถ่ายภาพ ทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษามีพื้นที่ประมาณ 4,375 ไร่ โดยลักษณะของมิประเทศเป็นภูเขาสูงชันปกคลุมด้วยป่าสมบูรณ์ มีหมู่บ้านลิเซเป็นที่ตั้งสำคัญและมีถนนสายหลักตัดผ่านพื้นที่ซึ่งสามารถใช้ประยุกต์เป็นทางขึ้นลงอากาศยาน

บรรยากาศการปฏิบัติภารกิจบันทึกภาพทางอากาศและแปลงแผนที่สามมิติ

สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศและนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ร่วมแปลงภาพถ่ายทางอากาศเป็นแผนที่สามมิติภาพถ่ายออร์โธ (Ortho) ของพื้นที่ศึกษ

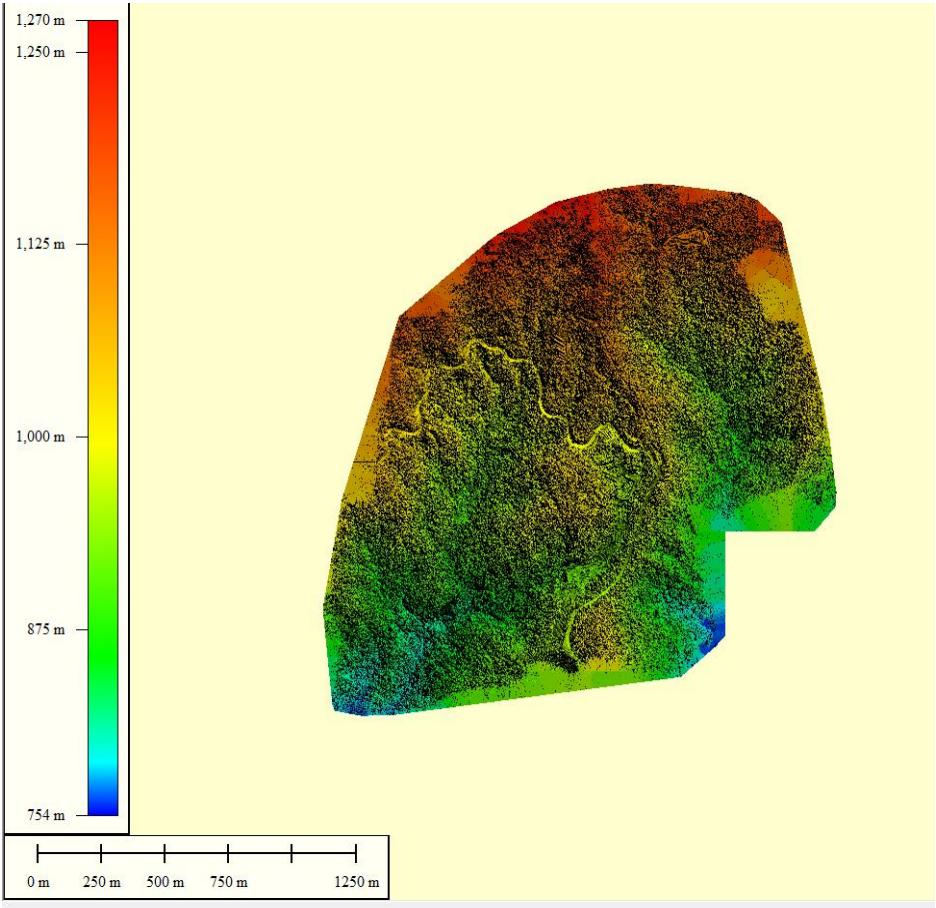
ผลลัพธ์ของการปฏิบัติภารกิจ

ภาพที่ 3.15 แผนที่สามมิติภาพถ่ายออร์โธ (Ortho) ของพื้นที่ศึกษา

โดยภาพที่ถูกดัดแก้แล้วจะถูกเลือกเพียงบริเวณที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ได้แก่ ในบริเวณส่วนกลางของภาพและใช้บริเวณดังกล่าวของภาพมาต่อกันชนกันกับภาพอื่นที่ถูกดัดแก้แล้ว โดยไม่ให้เห็นถึงรอยต่อที่เกิดขึ้น (seamless mosaic)

ภาพที่ 3.16 แผนที่สามมิติภาพถ่ายออร์โธ (Ortho) ของพื้นที่ศึกษา เมื่อซูมเข้า

ภาพที่ 3.17 แผนที่สามมิติภาพถ่าย DSM สามารถระบุความสูงของสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา



คณะผู้เขียน

พันเอก ดร.อำพันธ์ จันทร์เพ็งเพ็ญ
นาวากาศโท พิทักษ์ ประกรแก้ว
ชยพล ภู่กลั่น
มนตรี เจริญศรี
กัมปนาถ ศิริเรือง
พลวัฒน์ ธนะจันทร์
สุวัฒน์ชัย เกษมโกสินทร์

คณะที่ปรึกษาโครงการสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ

พลอากาศเอก ดร.ปรีชา ประดับมุข
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐปน ชื่นบาล
พลเอก ชนินทร์ จันทรโชติ
พลอากาศเอก สุรศักดิ์ มีมณี
พลอากาศตรี ภาณุ อดทน
พลอากาศตรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธี จันทรพันธุ์
พลตรี ชรัติ อุ่มสัมฤทธิ์
พันเอก ชัชพงษ์ พันธุ์พยัคฆ์
ณิชมน ธรรมรักษ์
ศนิตรา ภารพบ
พัชราวลัย ดิษฐลำภู
สุมณฑา สุขเผือก
ศิระวัฒน์ ศรีเปล่ง