

การประเมินความถูกต้องของแบบจำลองระดับภูมิประเทศเชิงเลขจากเทคนิคการจำแนกกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ
ของการรังวัดภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก

ASSESSMENT OF THE ACCURACY OF A DTM FROM POINT-CLOUD CLASSIFICATION TECHNIQUE OF UAV
PHOTOGRAMMETRY

ต่อลาภ การปลื้มจิตร์*, เฉลิมพล หนีหมัด และ สาโรจน์ สังข์ทอง

สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, จังหวัดสงขลา

*Corresponding author address: torlap_rmutsv@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการประเมินความถูกต้องของแบบจำลองระดับภูมิประเทศเชิงเลขจากเทคนิคการจำแนกกลุ่มจุดพิกัดสามมิติของการรังวัดภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพและเปรียบเทียบความถูกต้องเชิงตำแหน่งของแบบจำลองระดับภูมิประเทศเชิงเลขที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กที่เป็นที่นิยมในท้องตลาดกับการสำรวจภาคสนามโดยใช้วิธีการสำรวจระดับ และเปรียบเทียบค่าความต่างระดับระหว่างแบบจำลองระดับภูมิประเทศเชิงเลขและแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลข ประเมินคุณภาพความถูกต้องเชิงตำแหน่งโดยใช้จุดตรวจสอบทั้งหมดจำนวน 30 จุด จากทั้งหมด 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ต้นไม้หนาแน่น พื้นที่ต้นไม้โปร่งไม่หนาแน่น และพื้นที่อาคารสิ่งปลูกสร้าง พบว่าผลการประเมินค่าความละเอียดถูกต้องทางดิ่งโดยค่ากำลังสองน้อยที่สุด เท่ากับ 0.109 เมตร และผลการประเมินค่าความละเอียดถูกต้องที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่าความถูกต้องทางดิ่งเท่ากับ 0.233 เมตร 0.149 เมตร และ 0.261 เมตร ตามลำดับ ภาพรวมทั้งโครงการ 0.214 เมตร สามารถนำไปสร้างแผนที่เส้นชั้นความสูงที่มีช่วงของเส้นชั้นความสูง ไม่น้อยกว่า 0.36 เมตร และสามารถผลิตเป็นแผนที่เส้นชั้นความสูงได้ละเอียดที่สุดเท่ากับมาตราส่วน 1:500 ส่วนการตรวจสอบค่าระดับระหว่างแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลขกับแบบจำลองลักษณะภูมิประเทศเชิงเลขที่ได้จากอากาศยาน ความสามารถสกัดความสูงของต้นไม้บริเวณพื้นที่ต้นไม้หนาแน่นมีค่าต่างระดับเฉลี่ยประมาณ 11.194 เมตรและเทียบกับการสำรวจภาคสนามต่างกันเฉลี่ย 1.38 เมตร พื้นที่ต้นไม้โปร่งไม่หนาแน่น มีค่าความต่างระดับเฉลี่ย 5.810 เมตรและเทียบกับการสำรวจภาคสนาม ต่างกันเฉลี่ย 0.35 เมตร ส่วนพื้นที่อาคารสิ่งปลูกสร้าง มีค่าความต่างระดับเฉลี่ย 5.747 เมตรและเทียบกับการสำรวจภาคสนาม ต่างกันเฉลี่ย 0.51 เมตร

คำสำคัญ: การจำแนกจุดพิกัดสามมิติ, การรังวัดภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ, แบบจำลองระดับภูมิประเทศเชิงเลข

Abstract

This article presents an assessment of the accuracy of a Digital Terrain Model from 3D point-cloud classification technique of Unmanned Aerial Vehicle image-processing. The objective of this paper was to assess the quality and compare the accuracy of the Digital Terrain Model obtained from a popular small unmanned aerial vehicle on the market with surveys using the levelling method. And compare the difference between the Digital Terrain Model and the Digital Surface Model. The quality of positioning accuracy was assessed by using a total of 30 checkpoints out of 3 areas: dense tree, the not dense tree and building area. It was found that the vertical accuracy evaluation of 0.109 m and the accuracy at 95% certainty of 0.214 m can be used to create contour maps with contour interval not less than 0.36 m and can be produced as a contour map as detailed as map scale 1: 500, high between the Digital Surface Model and the Digital Terrain Model the average dense tree approximately 11.194 m and compared to the average difference of field surveys of 1.38 m., while the average the not dense tree approximately 5.810 m. and compared to the average difference of field surveys of 0.35 m. And the Digital Terrain Model were able to extract the building height well in the area with building, the average was 5.747 m. and compared to the average difference of field surveys of 0.51 m.

Keywords: Point-cloud classification, UAVs Photogrammetry, DTM

1. บทนำ

การสำรวจด้วยภาพจากอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle) หรือ UAV ถูกนำมาใช้ในงานหลายประเภทตั้งแต่ งานสำรวจเพื่อการก่อสร้าง งานวิเคราะห์ด้านการเกษตรกรรม งานด้านสถาปัตยกรรม งานผังเมือง ไปจนถึงงานจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ ไปจนถึงระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในระดับท้องถิ่น [1] มีกระบวนการทำงานที่รวดเร็วและต้นทุนต่ำ มีการนำ UAV ขนาดเล็กที่สามารถจัดซื้อได้ในท้องตลาดมาใช้ในการสำรวจและทำแผนที่ ทำให้เทคโนโลยีการสำรวจด้วย UAV ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย มีการพัฒนาอุปกรณ์ที่ติดตั้งกับตัว UAV หลากหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นกล้องแบบ RGB เซ็นเซอร์แบบหลายช่วงคลื่น (Multi-Spectral) ไปจนถึงการสำรวจด้วยเลเซอร์ดีเทคชั่น (Light Detection and Ranging) หรือ LIDAR และมีการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์หรือแอปพลิเคชันการวางแผนการบินถ่ายภาพ โปรแกรมประยุกต์ในการประมวลผลภาพ ไปจนถึงการประมวลผลภาพแบบออนไลน์ ข้อมูลภาพถ่ายที่ได้มีคุณสมบัติเด่นเรื่องของความละเอียดของจุดภาพต่อภูมิประเทศจริง (Ground Sampling Distance) หรือ GSD ที่มีขนาดเล็ก ทำให้การรังวัดภาพถ่ายเชิงเลขที่มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งสูง [2] เทคโนโลยีที่นำมาใช้กับการสำรวจด้วย UAV นั้นก็มีหลายด้านไม่ว่าจะเป็น การรังวัดด้วยระบบดาวเทียม GNSS ไปจนถึงระบบกราฟิกของคอมพิวเตอร์ (GPU) ที่ใช้ประมวลผลร่วมกับโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ประมวลผลภาพถ่าย

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้มาจากการประมวลผลภาพ UAV นั้นมีหลายรูปแบบเช่น ข้อมูลจุดพิกัดสามมิติ (Point Cloud) ข้อมูลแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลข (Digital Surface Model) หรือ DSM ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Terrain Model) หรือ DTM ข้อมูลภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลข (Ortho Mosaic) และข้อมูลแบบจำลองลักษณะสามมิติ (3D model) ที่มีความละเอียดสูง เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดนี้ได้จากความสามารถในการประมวลผลภาพของโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้รังวัดข้อมูลภาพถ่ายฯ ข้อมูล DTM เป็นข้อมูลที่แยกความสูงของวัตถุ สิ่งปลูกสร้างและต้นไม้จากเหลือเฉพาะข้อมูลพื้นผิวของโลกเพียงอย่างเดียว เหมาะสำหรับการนำไปจัดทำเส้นชั้นความสูงของภูมิประเทศ ด้วยความสามารถของโปรแกรมประยุกต์ที่ประมวลผลภาพถ่ายจาก UAV ในปัจจุบันสามารถที่จะแปลงข้อมูล DSM มาเป็นข้อมูล DTM ได้ด้วยเทคนิคที่เรียกว่าการจำแนกจุดพิกัดสามมิติ (Point Cloud Classification) [3] โปรแกรมฯจะใช้หลักของมุมตัดของวัตถุที่มีระดับความสูงที่ต่างกันให้เห็นได้ชัดและค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นแยกประเภทของวัตถุบนภาพถ่ายทางอากาศออกเป็นหลายประเภท เช่น พื้นดิน ถนน อาคาร ต้นไม้สูง และสิ่งอื่น ๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้น [3] จะเห็นว่าด้วยเทคนิคนี้ทำให้สามารถที่จะแยกประเภทของข้อมูลจุดพิกัดสามมิติเพื่อมาจัดทำแบบจำลองระดับสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่เป็นตัวแทนของลักษณะของภูมิ

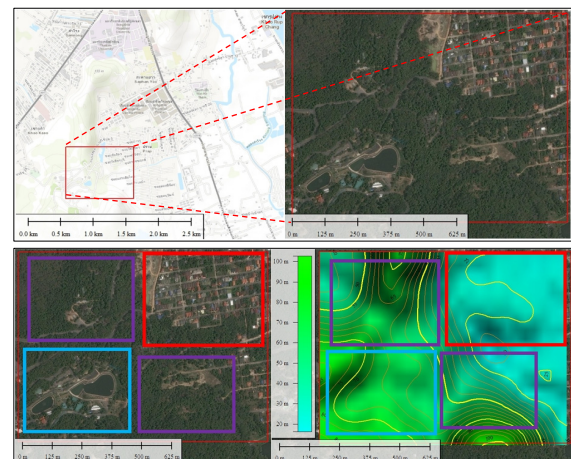
ประเทศได้โดยไม่ต้องทำการสำรวจภาคสนามเพิ่มเติม ข้อมูล DTM ที่ได้นี้สามารถนำไปจัดทำข้อมูลเส้นชั้นความสูง การหาทิศทางทางไหลของน้ำ เป็นข้อมูลพื้นฐานของแผนที่ภูมิประเทศหรือแม้กระทั่งนำไปวิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ต่อไปได้

การศึกษาจะทำการศึกษาในเทคนิคดังกล่าวในการผลิตข้อมูลแบบจำลองลักษณะภูมิประเทศเชิงเลข ร่วมกับภาพถ่ายตัดแก้เชิงเลขเพื่อประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลที่ได้ผ่านกระบวนการรังวัดภาพเชิงเลขและการใช้เทคนิคดังกล่าว ว่ามีความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งเป็นไปตามมาตรฐานของงานสำรวจด้วย UAV หรือไม่ โดยทำการศึกษาในลักษณะพื้นที่ที่มีลักษณะที่แตกต่างกันไปได้แก่ พื้นดินไม้หนาแน่น พื้นดินไม้โปร่งไม้หนาแน่น และพื้นที่อาคารสิ่งปลูกสร้าง โดยผลจากการศึกษาจะเป็นแนวทางในการใช้ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลภาพในการทำแผนที่ด้วยภาพถ่ายจาก UAV เพื่อสร้างข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขให้เหมาะสมกับงานอย่างมีคุณภาพตามมาตรฐานของงานด้านวิศวกรรม โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษารั้งนี้เพื่อประเมินค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลแบบจำลองลักษณะภูมิประเทศเชิงเลขหรือ DTM ที่ได้จากเทคนิคการจำแนกจุดพิกัดสามมิติจากการรังวัดภาพถ่าย UAV ขนาดเล็ก โดยได้กำหนดพื้นที่ศึกษาและใช้พิกัดที่สำคัญในหัวข้อถัดไป

2. พื้นที่ศึกษาและทฤษฎีที่สำคัญ

2.1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้เลือกพื้นที่บริเวณสวนสัตว์สงขลา บ้านสวนตุล ตำบลเขารูปช้าง อำเภอมืองสงขลา จังหวัดสงขลา ลักษณะภูมิประเทศมีระดับความสูงสุดโดยประมาณ 100 เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง มีลักษณะเป็นภูเขาสลับที่ราบมีป่าไม้และสิ่งปลูกสร้าง อยู่ในทางทิศใต้ของตัวเมืองสงขลา โดยทำการเลือกลักษณะพื้นที่ซึ่งแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ประเภท ซึ่งแสดงในรูปที่ 1 คือ พื้นดินไม้หนาแน่นในกรอบสีม่วง พื้นดินไม้โปร่งไม้หนาแน่นในกรอบสีฟ้า และพื้นที่อาคารสิ่งปลูกสร้างในกรอบสีแดง



รูปที่ 1 ลักษณะภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ศึกษา

2.2. ทฤษฎีสำคัญที่เกี่ยวข้อง

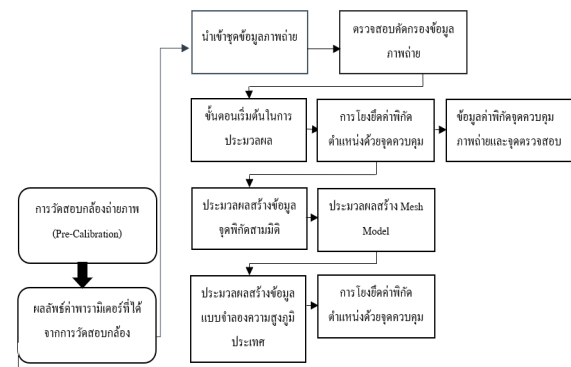
ในการศึกษาเพื่อประเมินความถูกต้องของแบบจำลองระดับภูมิประเทศเชิงเลขจากเทคนิคการจำแนกกลุ่มจุดพิกัดสามมิติของการรังวัดภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.2.1. การทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับหรือ UAV

UAV นั้นเป็นที่รู้จักและมีผู้ให้ความสนใจในการสำรวจและทำแผนที่ด้วยความสามารถในการใช้งาน ระบบอัตโนมัติในการทำงาน ความคล่องตัวและต้นทุนต่ำ เหมาะสำหรับการใช้งานที่หลากหลาย ด้วยนวัตกรรมที่ก้าวล้ำขึ้นไปในยุคแห่งโลกเทคโนโลยี ทำให้ UAV นั้นมีความสามารถมากขึ้นด้วยระบบที่เข้ามาเพิ่มเติมพัฒนาเป็น sUAS (small Unmanned Aerial Systems) ที่พัฒนาระบบอัจฉริยะ ในการควบคุมการใช้งาน ทำให้การใช้งานนั้นเปลี่ยนไปอย่างชัดเจน การสำรวจและทำแผนที่ทางอากาศด้วย UAV ซึ่งพัฒนาจากการถ่ายภาพทางอากาศแบบดั้งเดิมที่แหล่งที่มาของการถ่ายภาพถ่ายภาพทางอากาศทั่วไปมาจาก 2 แหล่ง ได้แก่ ข้อมูลดาวเทียมและเครื่องบินถ่ายภาพทางอากาศ ข้อมูลดาวเทียมมีแนวโน้มการได้มาของภาพที่ช้าตามรอบของการโคจร แต่โดยทั่วไปสามารถถ่ายภาพได้ในทุกพื้นที่ที่ต้องการ ข้อมูลดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่และมักจะมีความละเอียดสูงสุดโดยประมาณไม่ต่ำกว่า 10 ซม. ในขณะที่เครื่องบินถ่ายภาพทางอากาศจะมีความละเอียดถึง 10 ซม. ขึ้นอยู่กับระดับความสูงบิน ซึ่งเครื่องบินขนาดใหญ่การขึ้นบินถ่ายภาพทางอากาศทุกครั้งจะต้องได้รับอนุญาตและการประสานงานของนักบินและดินหนและมีมูลค่าสูง มีกระบวนการที่ยาวนานในการผลิตข้อมูลเชิงพื้นที่ ดังนั้น UAV จึงเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งในการผลิตภาพถ่ายทางอากาศ

การแบ่งประเภทของ UAV สามารถกำหนดรูปแบบการจัดได้หลายลักษณะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความมุ่งหมายในการนำไปใช้ภารกิจ คุณสมบัติเฉพาะของอากาศยานไร้คนขับเองที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการใช้งาน โดยเราสามารถที่จะกำหนดแนวทางการแบ่งประเภทของอากาศยานไร้คนขับได้ตามลักษณะของอากาศยานไร้คนขับได้ โดย แบ่งตามขนาด เป็น Nano, Micro, Small, Medium, Large แบ่งตามลักษณะการควบคุมเป็น ปีกตรึง (Fixed Wing), ปีกหมุน (Multicopter), ปีกหมุนเดี่ยว (Single-Rotor Helicopter), ปีกตรึงขึ้นลงแนวตั้ง (Fixed-Wing Hybrid) หรือแบ่งตามผู้ใช้ ได้แก่ ทหารพาณิชย์ พลเรือน เป็นต้น อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการสำรวจและทำแผนที่เพื่องานวิศวกรรมนั้นตัวเครื่องสามารถทำงานได้อย่างเป็นระบบ โดยผ่านการกำหนดพื้นที่ในการเก็บข้อมูลภาพถ่าย การกำหนดแนวกบิน การกำหนดจุดบินขึ้น จากผู้ใช้งานในเบื้องต้น การควบคุมและแสดงผลการทำงานผ่านสถานีควบคุมภาคพื้นดิน โดยผู้ปฏิบัติงานสามารถทราบตำแหน่งของเครื่องอากาศยานไร้คนขับว่า

อยู่ตำแหน่งใด สถานะเชื่อมต่อ สถานะดาวเทียม สถานะของพลังงานแบตเตอรี่ อีกทั้งผู้ปฏิบัติงานสามารถสั่งการให้อากาศยานไร้คนขับบินไปยังจุดที่ต้องการ เพิ่ม-ลดระดับความสูง หลังจากที่ยิงถ่ายภาพในพื้นที่เสร็จสิ้นตามขั้นตอนแล้ว จะต้องนำข้อมูลทั้งหมดมาทำการประมวลผลภาพถ่ายด้วยโปรแกรมประยุกต์เพื่อนำมาผลิตข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยทำการประมวลผลภาพถ่ายเพื่อสร้างจุดพิกัดสามมิติ (point cloud) เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model) หรือ DEM ซึ่งเป็นตัวแทนของลักษณะภูมิประเทศ ทั้งนี้หลักการประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับมีขั้นตอนที่จะทำให้เข้าใจกระบวนการตั้งค่าพารามิเตอร์ และควบคุมการประมวลผลเพื่อลดปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดความผิดพลาดในการปฏิบัติงาน จึงสามารถกำหนดแนวทางการดำเนินการประมวลผลเบื้องต้นได้ดังรูปที่ 2

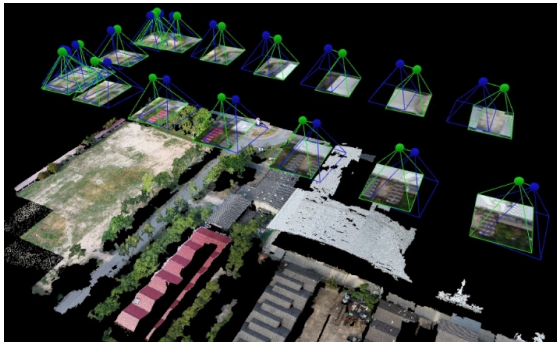


รูปที่ 2 แนวทางการดำเนินการประมวลผลภาพถ่ายจาก UAV

2.2.2. จุดพิกัดสามมิติ

จุดพิกัดสามมิติ (Point Cloud) ซึ่งเป็นกลุ่มของจุดสามมิติที่เก็บค่าของตำแหน่งของวัตถุในพิกัดทั้งสามแกน ทั้งนี้ปัจจัยหลักในกระบวนการนี้ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ค่าตำแหน่งของกล้องที่บันทึกภาพถ่ายร่วมกับจุดควบคุมภาคพื้นดิน โดยการประมวลผลสร้างข้อมูลจุดพิกัดสามมิติแบบหนาแน่นนั้นจะเป็นการเพิ่มจำนวนจุดโดยยึด ซึ่งหากทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ในการประมวลผลในระดับสูง หรือตั้งค่าความละเอียดในการประมวลผลที่ระดับสูง ทำให้ข้อมูลมีองค์ประกอบรายละเอียดที่หนาแน่นรวมไปถึงส่งผลให้ผลลัพธ์มีค่าความถูกต้องเชิงเรขาคณิตที่แม่นยำ จุดพิกัดสามมิติที่ได้จากการประมวลผลนี้จะต้องสร้างจากภาพอย่างน้อย 3 รูปดังรูปที่ 3 เพื่อควบคุมคุณภาพความถูกต้องเชิงตำแหน่ง เทคนิคนี้เริ่มจากการใช้ภาพถ่ายจาก UAV และเทคนิคในการรังวัดภาพเชิงเลขเพื่อช่วยในการสำรวจและทำแผนที่อย่างรวดเร็วโดยใช้ระบบในกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองของคอมพิวเตอร์ (Machine Learning) เพื่อสร้างกระบวนการการจำแนกประเภทของจุดพิกัดสามมิติ (Point Cloud) ที่ได้จากการประมวลผลภาพถ่ายเชิงเลข ซึ่งเป็นก้าวสำคัญสำหรับการ

รับรู้ข้อมูลอัตโนมัติ โดยทุกวันนี้มีเพียงระบบโปรแกรมที่จัดการกับข้อมูล LiDAR จากการสำรวจทางอากาศเท่านั้นที่มีคุณสมบัติในการจำแนกจุดที่ก่อกำเนิดเป็นกลุ่มโดยอัตโนมัติ โดยเดิมทีระบบ LiDAR มีความสามารถในการสนับสนุนจุดที่ก่อกำเนิดในรูปแบบ LAS ซึ่งปัจจุบันมีโปรแกรมรองรับการจำแนกจุดที่ก่อกำเนิด โดยมีชื่อว่าโปรแกรม Pix4D Mapper ในขณะที่ Pix4D นั้นเป็นที่รู้จักกันดีในเรื่องของการสร้างภาพจาก UAV นอกจากนี้ยังสามารถสร้างจุดที่ก่อกำเนิดที่มีความหนาแน่นสูงและแม่นยำ มีเทคโนโลยีการเรียนรู้ของคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในระบบการเรียนรู้วิธีการจำแนกจุดที่ก่อกำเนิด อันได้แก่การสร้างอัลกอริทึมที่นำไปเพื่อแบ่งกลุ่มจุด จุดที่ก่อกำเนิดแต่ละจุดที่สร้างโดยโปรแกรมมาจากภาพซ้อนทับของภาพถ่ายจำนวนมาก ซึ่งโดยทั่วไปคือ 20 ภาพขึ้นไป



รูปที่ 3 การซ้อนทับของภาพถ่ายเพื่อสร้างจุดที่ก่อกำเนิด

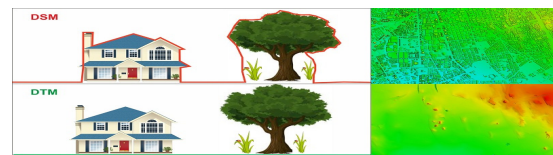
2.2.3. การจำแนกจุดที่ก่อกำเนิด (POINT CLOUD CLASSIFICATION)

สำหรับจุดที่ก่อกำเนิดนี้กระบวนการจำแนกจุดที่ก่อกำเนิดสามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มคือ 1) อาคาร ซึ่งเป็นโครงสร้างเส้นตรงขนาดใหญ่ 2) พื้นผิวถนน เช่นถนนพื้นแข็ง ทางเท้า 3) พื้นดิน ซึ่งหมายถึงพื้นผิวราบและพืชพรรณต่ำ 4) พืชพรรณสูงก็คือต้นไม้พุ่มไม้ 5) สิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้น เช่นโครงสร้างขนาดเล็ก พื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งนอกเหนือจากกระบวนการจำแนกจุดที่ก่อกำเนิดแบบอัตโนมัติแล้วยังสามารถแก้ไขการจำแนกกลุ่มจุดด้วยตนเองโดยการเพิ่มหรือลบจุดที่เลือกเพิ่มกลุ่มใหม่เปลี่ยนชื่อหรือลบฟังก์ชันทั้งหมดที่ต้องการได้อีกด้วย หลังจากการจำแนกจุดที่ก่อกำเนิดก็ทำให้สามารถแยกพื้นดินและสิ่งอื่น ๆ ออกจากกันซึ่งจะทำให้สามารถสร้างแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขแบบที่ต้องการได้

2.2.4 ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model)

ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข หรือ DEM เป็นข้อมูลที่แสดงถึงลักษณะภูมิประเทศของโลก หรือพื้นผิวอื่น ๆ เป็นการแสดงสภาพพื้นผิวภูมิประเทศ ด้วยข้อมูลเชิงเลขมักจะใช้กับการ

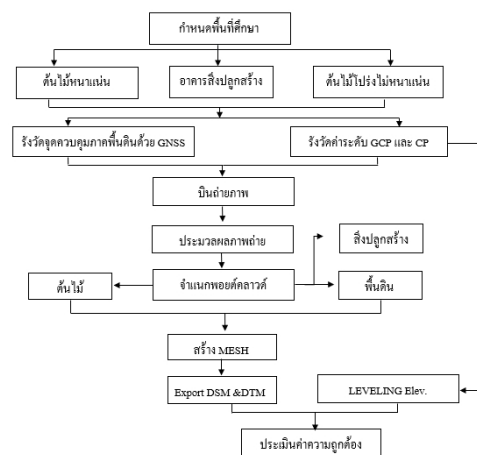
นำเสนอบนระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งมักอยู่ในรูปแบบของราสเตอร์หรือตารางกริดของค่าระดับความสูงพื้นดินซึ่งอ้างอิงจากพื้นหลักฐานทางดิ่ง สำหรับแบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Terrain Model) หรือ DTM มีความหมายใกล้เคียงกับ DEM ที่มีการเรียกทั่วไปมากกว่าซึ่งข้อมูลความสูงของต้นไม้ อาคาร สิ่งปลูกสร้างจะถูกตัดออกให้เหลือเฉพาะพื้นผิวของโลกจริง ๆ ส่วนแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลข (Digital Surface Model) หรือ DSM หมายถึงแบบจำลองภูมิประเทศซึ่งจะแสดงพื้นผิวของโลกที่สามารถแสดงบนคอมพิวเตอร์ได้ โดยจะรวมเอาความโดยจะรวมเอาความสูงของต้นไม้และสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้นด้วย ดังรูปที่ 4 การแสดงถึงลักษณะภูมิประเทศของโลกหรือพื้นผิวอื่น ๆ ในรูปแบบเชิงเลขโดยมีค่าพิกัดและการแสดงค่าความสูง โดยส่วนมากจะถูกใช้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ DEM อาจสามารถใช้งานร่วมกับภาพแสดงพื้นผิวได้ ซึ่ง DEM มักถูกจัดเก็บในลักษณะของ Raster หรือจุดภาพที่เป็นสี่เหลี่ยมโดยแต่ละช่องจะจัดเก็บค่าความสูงเอาไว้



รูปที่ 4 รูปแบบของแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข

3. วิธีการดำเนินงาน

การศึกษาในบทความนี้มีขั้นตอนกระบวนการทำงานที่สำคัญให้บรรลุเป็นไปตามวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลแบบจำลองลักษณะภูมิประเทศเชิงเลขที่ได้จากเทคนิคการจำแนกจุดที่ก่อกำเนิดด้วยโปรแกรมประยุกต์สำหรับการสร้างภาพจากภาพถ่าย UAV ขนาดเล็ก โดยมีกระบวนการดำเนินงานดังรูปที่ 5

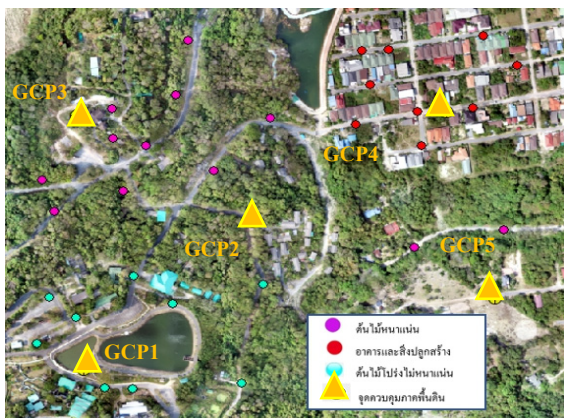


รูปที่ 5 ผังกระบวนการดำเนินงาน

3.1. การวางแผนการสำรวจและการเตรียมอุปกรณ์

3.1.1 การวางแผนการสำรวจ

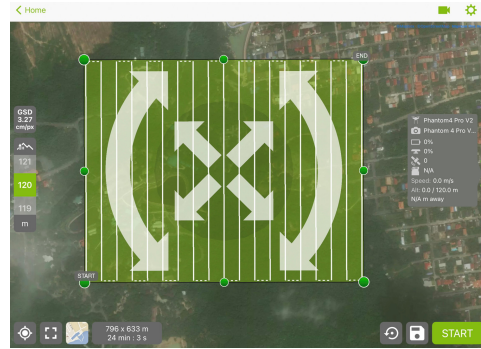
สำหรับพื้นที่ศึกษาบริเวณสวนสัตว์สงขลามีสถานที่ที่เหมาะสมเนื่องจากมีลักษณะภูมิประเทศหลายแบบ กำหนดตำแหน่งจุดตรวจสอบโดยกำหนดให้จุดตรวจสอบแต่ละจุดกระจายครอบคลุมลักษณะภูมิประเทศที่ต่างกันได้แก่ พื้นที่ที่เป็นอาคารและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ต้นไม้หนาแน่น พื้นที่ต้นไม้โปร่งไม่หนาแน่น โดยจุดตรวจสอบแต่ละจุดอยู่ในตำแหน่ง ดังรูปที่ 6 ซึ่งเมื่อรวมจำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบที่จะต้องรังวัดค่าพิกัดทั้งหมด 35 จุด โดยจุดควบคุมแต่ละจุดต้องอยู่ห่างกันไม่เกิน 500 เมตร



รูปที่ 6 ตำแหน่งของจุด GCPs และ CPs

การรังวัดค่าพิกัดทางราบด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS ด้วยวิธีการแบบ Network RTK และรังวัดค่าพิกัดทางตั้งด้วยกล้องระดับโดยอ้างอิงระดับทะเลปานกลางจากหมุดหลักฐานการระดับจากโครงข่ายงานระดับชั้นที่ 1 ของกรมแผนที่ทหาร หมุดระดับชั้นที่ 1 หมายเลข PBM.1809 ตั้งอยู่ที่วัดเนินไสล อ.เมือง สงขลา จ.สงขลา มีค่าระดับสูง 3.80094 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง

การวางแผนการบินด้วยอากาศยานไร้คนขับจากอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับตัว UAV โดยกำหนดพื้นที่บิน ความสูงบิน ขนาดของ GSD ส่วนซ้อนด้านหน้าและส่วนซ้อนด้านข้าง ใช้ UAV ยี่ห้อ DJI รุ่น Phantom 4 Pro V2 ที่ติดตั้งกล้องรุ่น FC6310 ความยาวโฟกัส 8.8 มม. ร่วมกับแอปพลิเคชัน Pix4d capture กำหนดค่าความสูงของการถ่ายภาพครั้งนี้ที่ 120 เมตรจะทำให้ได้ค่าความละเอียดของจุดภาพหรือ GSD ประมาณ 3.4 ซม. กำหนดค่าส่วนซ้อนด้านหน้าตามแนวนอนร้อยละ 80 และส่วนซ้อนด้านข้างระหว่างแนวนอนร้อยละ 70 โดยวางแผนบินให้ตั้งฉากกับทิศทางลมเพื่อลดการรบกวนจากกระแสลมที่กระทำต่อทิศทางการบินดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การวางแผนการบินด้วย Pix4D capture

3.1.2 เครื่องมือสำรวจและอุปกรณ์

การศึกษาครั้งนี้มีการใช้เครื่องมือสำรวจหลายประเภทโดยแยกเป็นรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในโครงการ

เป็นอากาศยานไร้คนขับแบบปีกหมุนขนาดเล็กยี่ห้อ ดิจเอย์ รุ่น Phantom 4 Pro V2 ติดตั้งกล้องถ่ายภาพ รุ่น FC6310 ที่มีความยาวโฟกัส 8.8 มม. ประเภทชัตเตอร์แบบ global มีความละเอียดของจุดภาพของภาพ 20 ล้านจุดภาพ จำนวน 2 ลำดังรูปที่ 8 สำหรับการสำรวจด้วยการบินถ่ายภาพทางอากาศ



รูปที่ 8 DJI Phantom4 Pro V2

3.2.2 เครื่องรังวัดพิกัดด้วยสัญญาณดาวเทียม GNSS

เครื่องรังวัดสัญญาณดาวเทียม GNSS ยี่ห้อ STONEX รุ่น S10 จำนวน 6 เครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 9 ใช้ในการรังวัดค่าพิกัดทางราบของจุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบ



รูปที่ 9 เครื่องรังวัดด้วยสัญญาณดาวเทียม GNSS ยี่ห้อ STONEX

3.2.3 กล้องระดับอัตโนมัติ (Digital Level)

เป็นกล้องยี่ห้อ Topcon รุ่น DL-502 พร้อม ขาดังลูมิเนียม จำนวน 1 ชุด สำหรับการหาระดับไปยังจุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบ

3.2.4 คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ

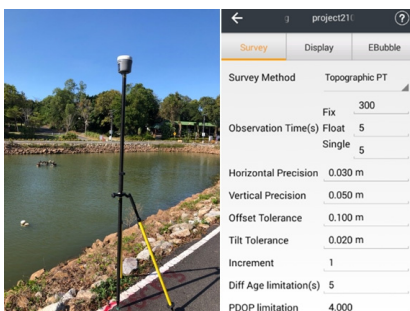
คอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการประมวลผลภาพถ่ายจาก UAVs โดยติดตั้งโปรแกรมประยุกต์สำหรับการรังวัดภาพถ่ายเชิงเลข PIX4D Mapper แบบลิขสิทธิ์ถาวรและโปรแกรมประยุกต์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS desktop พร้อมชุดเครื่องมือ 3D analysis เพื่อการวิเคราะห์แบบจำลองระดับสูงเชิงเลขที่ได้จากการประมวลผลภาพเพื่อใช้คำนวณปริมาตรดินในเหมือง โปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายจาก UAVs Pix4d Mapper

3.2 การบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ

ทำการวางเป้าล่วงหน้า (pre marking) บริเวณจุดควบคุมภาคพื้นดิน โดยใช้แผ่นไวลอสีขาว-แดงขนาด 1 x 1 เมตร วางจุดตัดของเป้าให้ตรงหัวมุมของจุดควบคุมภาคพื้นดิน ทำการบินโดยใช้แอปพลิเคชันที่วางแผนการบินเพื่อควบคุมการบินคือ Pix4D Capture ที่ความสูงบินประมาณ 120 เมตร ทำให้ได้ขนาดภาพถ่ายบนพื้นดินหรือ GSD ประมาณ 3.38 เซนติเมตร ด้วยช้อนด้านหน้า ร้อยละ 80 และส่วนช้อนด้านข้างร้อยละ 70 ทำให้ได้ภาพทั้งหมด 600 ภาพจากการบินจำนวน 2 เที่ยวบิน

3.3 การรังวัดค่าพิกัดของจุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบ

การรังวัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมเพื่อรังวัดค่าพิกัดทางราบของจุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบ ทั้งหมดจำนวน 35 จุด โดยใช้วิธีการด้วยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) เทคนิคแบบสถานีอ้างอิงเสมือน (Virtual Reference Station) หรือ VRS ซึ่งเป็นระบบการรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบจลน์ซึ่งได้ค่าพิกัดของจุดควบคุมภาคพื้นดินในขณะที่ทำการรังวัด โดยใช้เวลาในการรังวัดประมาณ 5 - 10 นาที ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 การรังวัดค่าพิกัดด้วยเครื่องรังวัดด้วยสัญญาณดาวเทียม

การสำรวจค่าระดับด้วยวิธีการสำรวจค่าระดับแบบ Differential Leveling และอ่านค่าระดับด้วยกล้องระดับดิจิทัลแบบสามสายใย (Tree Wire Leveling) โดยอ้างอิงค่าระดับจากหมุดหลักฐานการระดับชั้นที่ 1 ซึ่งเป็นหมุดของกรมแผนที่ทหาร ตั้งอยู่ที่ หมุดระดับชั้นที่ 1 หมายเลข PBM.1809 ตั้งอยู่ที่วัดเนินไสล อ.เมืองสงขลา มีค่าระดับสูง 3.80094 เมตร (MSL) มายังพื้นที่ศึกษา ซึ่งในระหว่างการสำรวจค่าระดับจากหมุดอ้างอิงมายังหมุดหลักฐานของกรมที่ดินในพื้นที่ศึกษาได้ค่าระดับจากการสำรวจเท่ากับ 56.9212 เมตรเหนือระดับทะเลปานกลาง และสำรวจค่าระดับไปยังจุดตรวจสอบและจุดควบคุมทั้ง 35 จุด โดยจะวางแผนเส้นทางการสำรวจค่าระดับเป็นวงรอบระดับให้เป็นเส้นเชื่อมระหว่างจุดตรวจสอบแต่ละจุด ซึ่งจากการสำรวจค่าพิกัดจุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบทำให้ได้มาซึ่งค่าพิกัดดังตารางที่ 1

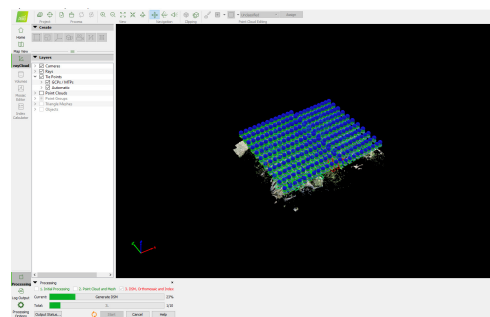
ตารางที่ 1 ค่าพิกัดจุดควบคุมภาคพื้นดินจากการสำรวจ

GCPs	Northing	Easting	Elevation
GCP1	789799.961	677481.606	56.632
GCP2	790011.093	677698.148	41.223
GCP3	790163.589	677472.464	56.921
GCP4	790169.108	677948.227	20.332
GCP5	789901.880	678010.684	16.598

3.4 การประมวลผลภาพถ่ายเพื่อสร้างจุดพิกัดสามมิติ

3.4.1 การนำเข้าภาพและสร้างจุดโยงยึด

การประมวลผลภาพถ่ายจาก UAV ด้วยโปรแกรม Pix4d Mapper เริ่มจากการนำเข้าภาพถ่ายจำนวน 600 ภาพนำเข้าโปรแกรมและทำการเชื่อมโยงภาพแต่ละภาพในโครงการด้วยจุดโยงยึด (tie point หรือ key points) ดังรูปที่ 11 ที่สร้างขึ้นโดยอัตโนมัติจากสมการสภาวะร่วมเส้นตรงเดียวกัน ทั้งนี้ในขั้นตอนเริ่มต้นนั้นจะเป็นส่วนสำคัญที่สุดในการผลิตข้อมูลจุดพิกัดสามมิติ ในบริเวณที่มีพื้นที่ซ้อนกันแต่ละภาพ

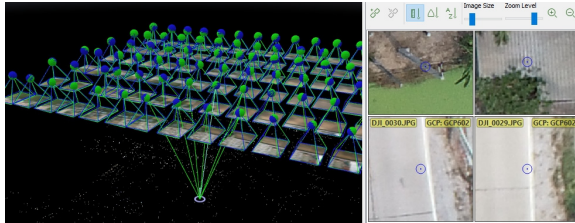


รูปที่ 11 การประมวลผลภาพจาก UAV เพื่อสร้างจุดโยงยึด

3.4.2 การนำเข้าและรังวัดค่าพิกัดจุดควบคุม

เมื่อได้จุดโยงแล้วจะทำให้การรังวัดจุดควบคุมภาคพื้นดินใน

โปรแกรมสะดวกขึ้นโดยนำค่าพิกัดจุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบลงในโปรแกรมฯ ทั้งหมดจำนวน 35 จุดโดยตั้งค่าแต่ละเป็นจุดแบบ 3D control point 5 จุดและ จุด Check point 30 จุด รั้ววัดไปที่ตำแหน่งเดียวกันที่ปรากฏในภาพทุกภาพ



รูปที่ 12 การรั้ววัดจุดควบคุมภาพถ่าย

3.4.3 การปรับแก้ด้วยโครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ

กระบวนการนี้เป็นการทำให้จุดโยงยึดอยู่ในระบบพิกัดเช่นเดียวกับจุดควบคุมภาคพื้นดิน ควบคุมมาตรฐานการปรับแก้บล็อกด้วยค่า Mean Reprojection Error ไม่ให้เกิน 0.3 จุดภาพ โดยในการศึกษาครั้งนี้ค่าอยู่ที่ 0.29 และความคลาดเคลื่อนจากการรั้ววัดจุดควบคุมภาคพื้นดินเป็นไปตามมาตรฐานงานรั้ววัดภาพเชิงเลขดังรูปที่ 13

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
GCP1 (3D)	0.020/0.020	0.006	0.003	-0.004	0.671	26 / 26
GCP2 (3D)	0.020/0.020	0.009	-0.027	0.002	0.581	30 / 31
GCP3 (3D)	0.020/0.020	0.005	0.017	0.002	0.625	27 / 27
GCP4 (3D)	0.020/0.020	-0.020	0.026	-0.002	0.653	12 / 12
GCP5 (3D)	0.020/0.020	-0.001	-0.018	0.003	0.670	16 / 16
Mean [m]		-0.000118	0.000158	0.000290		
Sigma [m]		0.010578	0.019939	0.002716		
RMS Error [m]		0.010579	0.019939	0.002732		

รูปที่ 13 ผลการรั้ววัดจุดควบคุมภาคพื้นดิน

3.4.4 การสร้างจุดพิกัดสามมิติและ TIN

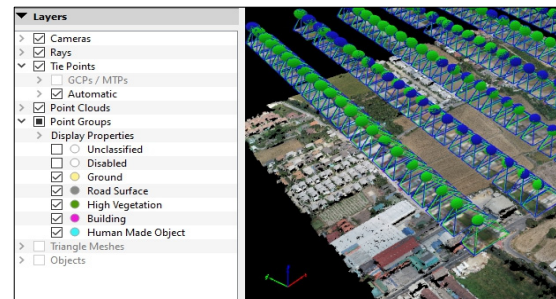
การสร้างจุดพิกัดสามมิติและ TIN หรือ Mesh model ทำได้โดยการใช้เครื่องมือในโปรแกรมคือ “point cloud and mesh” ซึ่งจุดเหล่านี้จะเป็นตัวแทนของพิกัดสามมิติในภูมิประเทศมีการสร้างโครงข่ายเชื่อมโยงกันแต่ละจุดทำให้สามารถสร้าง Mesh หรือในทางงานรั้ววัดภาพเชิงเลขเรียกว่าโครงข่ายสามเหลี่ยมไม่ปกติหรือ TIN เพื่อใช้ในการสร้างข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขหรือ DEM และ ภาพตัดแก้เชิงเลข

3.5 การจำแนกกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ

กลุ่มจุดสามมิติที่บันทึกค่าของตำแหน่งของวัตถุในระบบพิกัด WGS 1984 จะถูกใช้ในการสร้างแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข โดยเป็นการเพิ่มจำนวนจุดโยงยึดซึ่งตั้งค่าความละเอียดในการศึกษานี้สำหรับการประมวลผลที่ระดับสูง จะทำให้ข้อมูลมีองค์ประกอบรายละเอียดที่หนาแน่นและส่งผลให้ผลลัพธ์มีค่าความ

ถูกต้องเชิงเรขาคณิตที่แม่นยำ การจำแนกประเภทของกลุ่มจุดพิกัดสามมิติโปรแกรมจะใช้หลักของมุมตัดของวัตถุที่มีระดับความสูงที่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัดและค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นแยกประเภทของวัตถุนภาพถ่ายทางอากาศออกเป็นประเภทเช่น พื้นดิน ถนน สิ่งปลูกสร้าง ต้นไม้สูง และสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้น การแยกประเภทของข้อมูลจุดพิกัดสามมิตินี้จะช่วยในการสร้างแบบจำลองระดับสูงภูมิประเทศเชิงเลขจากแบบจำลองระดับพื้นผิวเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของลักษณะของภูมิประเทศที่แท้จริง

การจำแนกจุดพิกัดสามมิติโดยใช้คำสั่ง Process > Run Point Cloud Classification เมื่อทำการจำแนกเสร็จแล้วจะได้ชั้นข้อมูลของจุดประเภทต่าง ๆ แบ่งออกเป็นดังนี้ พื้นดิน,ถนน,ต้นไม้ พืชพรรณ และสิ่งปลูกสร้าง ดังรูป 14

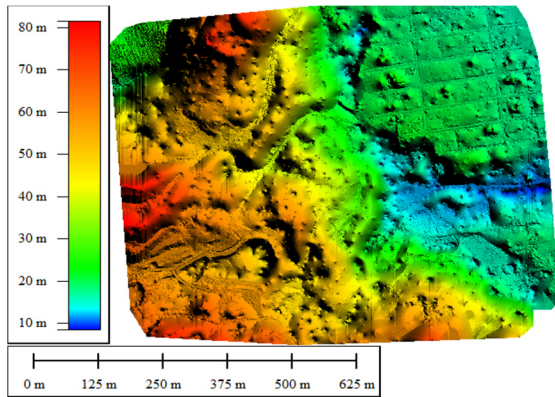


รูปที่ 14 การจำแนกจุดพิกัดสามมิติ

โดยสามารถส่งออกข้อมูลกลุ่มจัดแต่ละประเภทนั้นโดยคำสั่ง Export Point Clouds โดยกลุ่มจุดพิกัดสามมิติในโครงการจำนวนประมาณ 43 ล้านจุด เฉลี่ยประมาณ 75 จุดต่อตารางเมตร ได้แบบจำลองระดับพื้นผิวเชิงเลข หรือ DSM ที่มีความละเอียดจุดภาพ 3.38 เซนติเมตร และแบบจำลองลักษณะภูมิประเทศเชิงเลขที่ 5 เท่าของความละเอียดจุดภาพ

3.6 การสร้างแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข

การสร้างข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขหรือ DEM จะได้ข้อมูล 2 ประเภทคือแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลขหรือ DSM โดยมีความละเอียดของข้อมูล DSM เท่ากับขนาดของ GSD คือประมาณ 3.38 ซม.ข้อมูล DSM ที่ได้จะนำไปใช้ในการสร้างข้อมูลภาพตัดแก้เชิงเลข (Ortho mosaic) ข้อมูลอีกประเภทที่มีความสำคัญในการศึกษาครั้งนี้คือข้อมูลแบบจำลองลักษณะภูมิประเทศเชิงเลขหรือ DTM กำหนดให้มีความละเอียดของข้อมูลขนาด 5 เท่าของ GSD หรือประมาณ 16 ซม. เป็นข้อมูล DTM ดังรูปที่ 15 ที่ผ่านกระบวนการจำแนกกลุ่มจุดพิกัดสามมิติซึ่งจะเลือกจากกลุ่มจุดที่เป็นพื้นดินและใช้มุมตัดของกลุ่มจุดที่มีความสูงเพื่อสร้างจุดที่อยู่บนพื้นดิน ข้อมูล DTM เหมาะสำหรับการสร้างเส้นชั้นความสูงในงานแผนที่ ซึ่งจะนำไปประเมินความถูกต้องทางดังต่อไป



รูปที่ 15 แบบจำลองลักษณะภูมิประเทศเชิงเลข

3.7 การประเมินค่าความถูกต้อง

3.7.1 การประเมินค่าความถูกต้องของ DTM

เป็นการเปรียบเทียบค่าระดับในแต่ละตำแหน่งของแบบจำลองลักษณะภูมิประเทศเชิงเลขของจุดตรวจสอบที่ได้จากเทคนิคการจำแนกจุดพิกัดสามมิติกับการสำรวจภาคพื้นดินด้วยการระดับว่ามีค่าระดับสูงในแต่จุดตรวจสอบเป็นอย่างไรโดยใช้การประเมินตามมาตรฐานการประเมินแบบจำลองระดับของ NSSDA หรือ FGCC โดยหาค่า RMS error ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$RMSz = \sqrt{\sum (Z_{dtm} i - Z_{check} i)^2 / n} \quad (1)$$

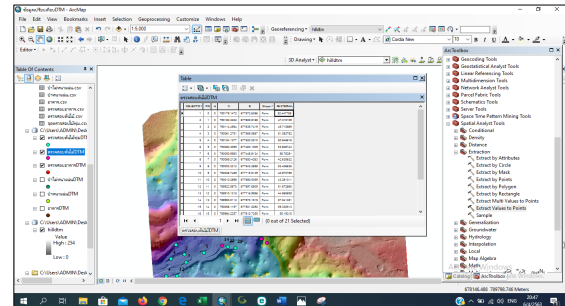
โดย RMSz คือ ค่าความคลาดเคลื่อนทางตั้ง, Zdtm คือค่าระดับความสูงที่ได้จาก DTM และ Zcheck คือค่าระดับที่ได้จากการระดับจากการกำหนดจุดตรวจสอบต้องเป็นจุดที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนบนภาพจำนวน 30 จุดให้กระจายทั่วพื้นที่ศึกษาโดยแยกแต่ละพื้นที่โดยให้แบ่งพื้นที่เป็น 4 ส่วน แต่ละส่วนมีจุดไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ความห่างของจุดสำรวจให้ใช้ระยะ 1 ใน 10 ส่วนของเส้นทแยง เมื่อคำนวณได้ค่า RMS ออกมาได้แล้วจึงคำนวณความละเอียดถูกต้องที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือ CE95 โดยใช้ค่า RMS error ทางตั้ง คูณด้วยค่าคงที่ 1.960 และประเมินความเหมาะสมในการสร้างเส้นชั้นความสูงด้วยสมการที่ (2) ตามมาตรฐาน NSSDA

$$CE95 = 0.5958 \times \text{Contour Interval} \quad (2)$$

3.7.1 การประเมินศักยภาพในการจำแนกจุดพิกัดสามมิติ

เป็นการตรวจสอบค่าระดับระหว่างแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลขกับแบบจำลองลักษณะภูมิประเทศเชิงเลขโดยนำเข้าภาพตัดแ่งเชิงเลขเข้าในโปรแกรม ArcGIS เพื่อทำการเลือกจุดทดสอบทั้งหมด 60 จุด โดยแบ่งพื้นที่ที่ต้นไม้หนาแน่น 20 จุด พื้นที่ต้นไม้โปร่งไม่หนาแน่น 20 จุด และพื้นที่อาคารสิ่งปลูกสร้าง 20 จุด ในเข้า DTM และ DSM แล้วเลือกคำสั่ง Spatial Analyst Tools แล้วเลือกที่

Extraction Values to Point เพื่อนำค่าระดับความสูงของแต่ละจุดจาก DTM และ DSM ออกมาเพื่อทำการเปรียบเทียบความต่างแล้วนำไปเทียบกับการสำรวจภาคสนามดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 การดึงค่าระดับจาก DEM ใส่ในจุดด้วย ARCGIS

4 ผลการศึกษา

จากการดำเนินงานเพื่อจัดทำข้อมูลแบบจำลองระดับภูมิประเทศเชิงเลขจากเทคนิคการจำแนกจุดพิกัดสามมิติของการรังวัดภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กได้ผลการศึกษาซึ่งแยกออกเป็น 2 ประเด็นคือ ผลการประเมินค่าความถูกต้องของแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข และ ค่าเฉลี่ยความต่างของ DTM และ DSM ซึ่งจะเป็นสิ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการจำแนกจุดพิกัดสามมิติ

4.1 ผลการประเมินค่าความถูกต้องทางตั้งของ DTM

เปรียบเทียบค่าความถูกต้องของข้อมูล DTM กับงานสำรวจระดับจากภาคสนาม โดยยึดเกณฑ์ความถูกต้องตามมาตรฐานการประเมินความละเอียดถูกต้องทางตั้งของงานสำรวจด้วยภาพถ่ายจาก UAV ค่า CE95 ทางตั้งที่ได้จากการนำค่า RMS error ทางตั้ง คูณกับ 1.960 โดยผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความถูกต้องของ DTM

Area	จำนวน CPs	RMSz (m.)	CE95 (m.)	Contour Interval (m)
ต้นไม้	12 จุด	0.119	0.233	0.391
หนาแน่น				
ต้นไม้ไม่	9 จุด	0.076	0.149	0.250
หนาแน่น				
อาคาร	9 จุด	0.133	0.261	0.438
สิ่งปลูก				
สร้าง				
รวม/ เฉลี่ย	30 จุด	0.109	0.214	0.360

4.2 ผลค่าเฉลี่ยความต่างระดับของ DTM และ DSM

จากการตรวจสอบค่าความต่างระดับระหว่าง DTM และ DSM ด้วยจุดทดสอบใน 3 พื้นที่ พื้นที่ละ 20 จุดมีค่าความต่างของค่าระดับจากการการจัดค่าความสูงสู่พื้นดินของพื้นที่ต้นไม้นาแน่นมีค่าความต่างระดับเฉลี่ยประมาณ 11.194 เมตรและเทียบกับการสำรวจภาคสนาม ต่างกันเฉลี่ย 1.38 เมตร พื้นที่ต้นไม้นาไม่หนาแน่น มีค่าความต่างระดับเฉลี่ย 5.810 เมตรและเทียบกับการสำรวจภาคสนาม ต่างกันเฉลี่ย 0.35 เมตร ส่วนพื้นที่อาคารสิ่งปลูกสร้าง มีค่าความต่างระดับเฉลี่ย 5.747 เมตรและเทียบกับการสำรวจภาคสนาม ต่างกันเฉลี่ย 0.51 เมตร แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการจำแนกกลุ่มจุดพิทักสามมิติเพื่อสร้างแบบจำลองลักษณะภูมิประเทศเชิงเลข หรือ DTM สามารถนำเอาค่าระดับของสิ่งเหนือพื้นดินออกได้ดีที่สุดคือพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสูงต่างระหว่างแบบจำลองระดับเชิงเลข			
Area	จำนวนจุด	DSM vs DTM (m.)	DEM vs Survey (m.)
ต้นไม้หนาแน่น	20	11.194	1.38
ต้นไม้ไม่หนาแน่น	20	5.810	0.35
อาคาร สิ่งปลูกสร้าง	20	5.747	0.51
รวม/เฉลี่ย	60	7.584	0.75

5 สรุปผล

การศึกษาเรื่องการประเมินความถูกต้องของแบบจำลองระดับภูมิประเทศเชิงเลขจากเทคนิคการจำแนกกลุ่มจุดพิทักสามมิติของการรังวัดภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก ด้วยกระบวนการรังวัดภาพเชิงเลขจำนวน 600 สร้างแบบจำลองลักษณะภูมิประเทศ ครอบคลุมพื้นที่ต้นไม้นาแน่น ต้นไม้นาไม่หนาแน่น และอาคาร สิ่งปลูกสร้าง ประเมินความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งทางตั้งโดยใช้มาตรฐาน NSSDA พบความถูกต้องทางตั้ง ในระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เท่ากับ 0.233 เมตร 0.149 เมตร และ 0.261 เมตร ตามลำดับ ภาพรวมทั้งโครงการ 0.214 เมตร ซึ่งเมื่อนำไปประเมินความเหมาะสมของข้อมูล DTM ในการสร้างเส้นชั้นความสูง และการเทียบค่าความสูงต่างของ DTM และ DSM เพื่อนำไปเทียบกับการสำรวจภาคสนามจากทั้งหมด 60 จุดทดสอบพบว่าค่าสูงเฉลี่ยที่ได้จากความต่างของ DEM จากจุดทดสอบกับการสำรวจภาคสนาม บริเวณพื้นที่ต้นไม้นาไม่หนาแน่นมีความต่างน้อยที่สุดคือ 0.35 เมตร

ซึ่งผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการจำแนกกลุ่มจุดพิทักสามมิติสามารถให้ผลดีสำหรับการจัดทำข้อมูล DTM ในพื้นที่ต้นไม้นาไม่หนาแน่นสามารถมองเห็นพื้นดินได้

6 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสวนสัตว์สงขลาในการอนุญาตให้ใช้พื้นที่เพื่อทำการศึกษาค้นคว้า ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ศรีวิชัย ในการสนับสนุนเครื่องมือสำรวจ และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในการจัดทำข้อกำหนดมาตรฐานการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานวิศวกรรม

7 การอ้างอิง

- [1] Federal Geographic Data Committee (FGDC). (1998). Geospatial Positioning Accuracy Standards, FGDC-STD-007.3-1998. [www.fgdc.gov](http://www.fgdc.gov/standards/FGDC-STD-007.3-1998).
- [2] Maune, D.F., (2001). Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual. ASPRS. Maryland. USA
- [3] PixDMapper-How to generate the point cloud classification. UAVPhotogrammetry process. User Manual (2018). เข้าถึงได้จาก www.pix4d.com
- [4] คุณลักษณะของอากาศยานไร้คนขับ DJI รุ่น PHANTOM4. DJI PHANTOM THAILAND. คู่มือการใช้งานอากาศยานไร้คนขับ (UAV) DJI รุ่น PHANTOM4 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.dji.com>
- [5] วิชัย เที่ยงวิระชน.มาตรฐานการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่องานวิศวกรรม.การประชุมกรอบโครงร่างงานสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ (2561) วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.กรุงเทพฯ
- [6] วิชัย เที่ยงวิระชน. เอกสารการอบรมการทำแผนที่คุณภาพสูงด้วยอากาศยานไร้คนขับสำรวจรังวัด (2560). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [7] ต่อลาก การปลื้มจิตร และคณะ (2561).การประเมินค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเชิงพื้นที่จากการรังวัดด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับสำหรับลักษณะพื้นที่ชายฝั่งทะเล.การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 23, นครนายก, 18-20 กรกฎาคม 2561
- [8] ไพศาล สันติธรรมนนท์.(2553). การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.