

การสำรวจพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรอย่างรวดเร็วจากภาพถ่ายกูเกิลเอิร์ธ

Rapid Exploring of Agricultural Land Preparation from Google Earth Imagery

ธนพล พลภักดี จิระกานต์ ศิริวิชัยไมตรี* และวรารุช วุฒิวนิชย์

ห้องปฏิบัติการวิจัยชลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

E-mail : fengcrk@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรอย่างรวดเร็วจากภาพถ่ายกูเกิลเอิร์ธ โดยการพัฒนาอัลกอริทึมการสำรวจจากเทคนิคการประมวลผลภาพเชิงเลขร่วมกับทฤษฎีเชิงวัตถุ ซึ่งมีขั้นตอนการจำแนกแบบเป็นลำดับขั้น ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ 1) การแยกพื้นที่สนใจในภาพ โดยการเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง 2) การหาขอบภาพของวัตถุในภาพ และ 3) การเปรียบเทียบลักษณะของวัตถุกับคุณลักษณะของพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรด้วยการวิเคราะห์เชิงวัตถุทดสอบการทำงานและความถูกต้อง โดยทำการสำรวจพื้นที่ฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 758.80 ไร่ โดยเปรียบเทียบความถูกต้องของผลลัพธ์การสำรวจด้วยอัลกอริทึมกับข้อมูลภาคสนามด้วยตารางความคลาดเคลื่อน จำนวนตัวอย่างข้อมูลภาคสนามในการทดสอบมีจำนวนทั้งสิ้น 36 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างพื้นที่เตรียมแปลงจำนวน 18 ตัวอย่าง และพื้นที่อื่น ๆ อีก 18 ตัวอย่าง ผลการทดสอบพบว่า มีค่าความถูกต้องรวมที่เท่ากับ 91.67% ส่วนความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำกรจำแนกขาดหายไปของพื้นที่เตรียมแปลงและพื้นที่อื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 11.11% และ 5.56% ตามลำดับ และมีค่าความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำกรจำแนกเกินมาของพื้นที่ทั้งสองเท่ากับ 5.88% และ 10.53% ตามลำดับ และเมื่อทำการวิเคราะห์ระดับความสอดคล้องของข้อมูลระหว่างผลลัพธ์การสำรวจกับข้อมูลภาคสนามด้วยสถิติแคปป่าพบว่า มีค่าเท่ากับ 0.83 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมการสำรวจที่พัฒนาขึ้นสามารถสำรวจพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรในพื้นที่ดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ โดยมีระยะเวลาในการสำรวจที่รวดเร็ว เพียง 11 วินาที จึงมีความเหมาะสมกับงานสำรวจการใช้พื้นที่ที่ต้องการความรวดเร็ว

คำสำคัญ : พื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตร ภาพถ่ายกูเกิลเอิร์ธ การประมวลผลภาพ การสำรวจอย่างรวดเร็ว

Abstract

This research aims to explore the agricultural land preparation rapidly from google earth imagery. The algorithm was developed by using digital image processing techniques and object-

based method. The process consists of three steps: 1) segmentation of interested objects by pixel-based method 2) edge detection 3) comparison of the object attributes with agricultural land preparation attributes by object-based method. The functionality and accuracy of the algorithm were tested using 758.80 rai of the north-west area of Kasetsart University Kamphangsae Campus. The image processing was compared with ground truth by error matrix. The number of ground truth samples are 36 samples, 18 samples of agricultural land preparation and 18 samples of other land uses. The result shows that the overall accuracy equals to 91.67%, the omission error of agricultural land preparation and other land uses are 11.11% and 5.56% respectively and the commission error of two land use types are 5.88% and 10.53% respectively. The consistency between the result and samples ground truth by kappa statistics is 0.83, indicating of the ability of the algorithm for exploring agricultural land preparation with high accuracy. The algorithm can process google earth imagery rapidly, about 11 seconds. Therefore it can be concluded that this algorithm is suitable for rapid exploration of land uses.

Keywords : Agricultural Land Preparation, Google Earth Imagery, Image Processing, Rapid Exploring

1. คำนำ

พื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตร (Agricultural Land Preparation) หมายถึง พื้นที่ที่มีการปรับปรุงและ/หรือเปลี่ยนแปลงสภาพของดินให้มีความเหมาะสมกับการทำการเกษตรตามวัตถุประสงค์การเพาะปลูกของเกษตรกร จัดเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการวางแผนการจัดสรรน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ประกอบการพิจารณาความต้องการน้ำที่ต้องจัดสรรให้แก่พื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งเจ้าหน้าที่จะทำการรวบรวมข้อมูลพื้นที่เตรียมแปลงโดยประเมินจากพฤติกรรมการเพาะปลูกในพื้นที่ร่วมกับการสอบถามข้อมูลจากเกษตรกร ทำให้ข้อมูลอาจมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงส่งผลให้เจ้าหน้าที่ไม่สามารถประเมินปริมาณความต้องการน้ำได้ตรงตามความต้องการของพืชและอาจก่อให้เกิดปัญหาการแย่งใช้น้ำระหว่างเกษตรกรในพื้นที่อีกด้วย ดังนั้นการนำเทคโนโลยีทางการสำรวจมาช่วยสนับสนุนการได้มาซึ่งข้อมูลพื้นที่เตรียมแปลงอย่างถูกต้องแม่นยำ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ

ปัจจุบันเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับและนิยมนำมาใช้แพร่หลาย ได้แก่ เทคโนโลยีทางการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) โดยการบันทึกคุณลักษณะของวัตถุ (Object) หรือปรากฏการณ์ (Phenomena) จากการรับค่าการสะท้อนแสงหรือการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

(Electromagnetic) ปราสจากการสัมผัสกับวัตถุโดยตรง[1,2] การวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลกระทำโดยการวิเคราะห์ด้วยสายตา (Visual Interpretation) และ/หรือการวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ (Digital Processing) หรือเรียกว่า การประมวลผลภาพเชิงเลข (Digital Image Processing) โดยการเปลี่ยนแปลงสภาพของภาพเพื่อปรับปรุงข้อสนเทศ (Information) ให้ง่ายต่อการตีความและเหมาะสมต่อการรับรู้ (Perception)[3]ตัวอย่างการประยุกต์เทคนิควิธีการประมวลผลภาพเชิงเลขในการแก้ปัญหา เช่น การออกแบบเครื่องวัดระยะยี่ตของยางจากเทคนิคทางการประมวลผลภาพเชิงเลข[4] หรืองานวิจัยการพัฒนาระบบประมวลผลภาพสำหรับการบินลงจอดของเฮลิคอปเตอร์อัตโนมัติขนาดเล็ก[5] ฯลฯ จากการค้นคว้าข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเชิงเลขกับการสำรวจพื้นที่พงานวิจัยและข้อสรุปที่น่าสนใจ ดังนี้ Hu และคณะใช้ภาพถ่ายกูเกิ้ลเอิร์ธและการวิเคราะห์เชิงวัตถุในการสำรวจพื้นที่เพื่อจัดทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของเมือง Wuhan ประเทศจีน โดยเปรียบเทียบกับการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูง QuickBirdด้วยโปรแกรม Define Developer 8.0 พบว่า การเลือกใช้ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุจากภาพถ่ายกูเกิ้ลเอิร์ธในการจำแนกวัตถุเพียงอย่างเดียวอาจทำให้ความถูกต้องของการจำแนกมีค่าต่ำเกินไป เนื่องจากข้อมูลจากภาพถ่ายกูเกิ้ลเอิร์ธมีความแปรปรวนสูง จำเป็นต้องมีการนำวิธีการจำแนกโดยการวิเคราะห์เชิงวัตถุ (Object-Based Image Processing) มาประกอบการวิเคราะห์ ซึ่งจะช่วยให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น[6] สอดคล้องกับข้อสรุปงานวิจัยของ Sim และ Lee ที่ทำการศึกษาการวิเคราะห์เชิงวัตถุของเนินปลวก (Termite Mounds) จากภาพถ่ายกูเกิ้ลเอิร์ธเพื่อจัดทำแผนที่เนินปลวกของเมือง Bahia ประเทศบราซิล สำหรับเป็นข้อมูลประกอบการจัดการพื้นที่หรือการติดตามการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศในพื้นที่ โดยผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์เชิงวัตถุโดยใช้ข้อมูลองค์ประกอบพื้นฐานของวัตถุในการจัดทำแผนที่สามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการใช้วิธี Pixel-Based เพียงอย่างเดียว [7]

ดังนั้นการนำเทคนิควิธีการประมวลผลภาพและการวิเคราะห์เชิงวัตถุมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรสำหรับใช้เป็นแหล่งข้อมูลในการได้มาซึ่งข้อมูลพื้นที่เตรียมแปลงสำหรับการบริหารจัดการน้ำชลประทานในพื้นที่เกษตรกรรมจึงมีความน่าสนใจ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมการสำรวจพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรอย่างรวดเร็วจากภาพถ่ายกูเกิ้ลเอิร์ธด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพและการวิเคราะห์เชิงวัตถุ

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ข้อมูลภาพถ่ายกูเกิ้ลเอิร์ธ

ภาพถ่ายกูเกิ้ลเอิร์ธ (Google Earth Imagery) เป็นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศชนิดหนึ่งเกิดจากการนำภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photo) และภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Image) มาผสมและผนวกเข้ากับฐานข้อมูลของกูเกิ้ล (Google) โดยมีบริษัทกูเกิ้ลเป็นผู้ให้บริการในรูปแบบของโปรแกรมกูเกิ้ลเอิร์ธถูกคิดค้นและ

พัฒนาขึ้นครั้งแรกโดยบริษัท Digital Globe ซึ่งสร้างขึ้นจากภาษา XML (Extensible Markup Language) แต่มีการกำหนดคุณสมบัติของรูปแบบภาษาสำหรับใช้ในการสร้างชั้นข้อมูลจุด (Point) เส้น (Line) และรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) เรียกว่า KML (Keyhole Markup Language)[8]

การเตรียมภาพถ่ายกูเกิลเอิร์ธสำหรับทดสอบการทำงานและความถูกต้องของอัลกอริทึมในครั้งนี้ใช้ภาพถ่ายกูเกิลเอิร์ธแบบ 2 มิติ ที่เก็บบันทึกภาพและบีบอัดข้อมูลแบบ JPEG (Joint Photographic Expert Group) ขนาด 1349 pixel x 805 pixel ที่ได้จากโปรแกรมกูเกิลเอิร์ธโปร (Google Earth Pro) เป็นภาพนำเข้า

2.2 การวิเคราะห์ความสูงระดับสายตาที่เหมาะสมกับรายละเอียดวัตถุ และการคำนวณขนาดจุดภาพ

เนื่องจากการแสดงผลการสืบค้นข้อมูลของโปรแกรมกูเกิลเอิร์ธโปรสามารถปรับเปลี่ยนคุณสมบัติการมองเห็นภาพให้มีความเหมาะสมและตรงตามการใช้งานของผู้ใช้ได้ เช่น การปรับค่าความสูงระดับสายตา (Eye Altitude) องศาการมองเห็นภาพ (Heading Degree from North) ฯลฯ ซึ่งการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติในข้างต้นนี้ จะทำให้ผลลัพธ์ของภาพที่ทำการบันทึกภาพเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้ข้อมูลของวัตถุในภาพเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เช่นกันดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการกำหนดคุณสมบัติข้างต้นเพื่อใช้เป็นข้อกำหนดพื้นฐานสำหรับการบันทึกภาพเพื่อนำเข้าในอัลกอริทึม โดยองศาการมองเห็นภาพในครั้งนี้จะมีค่าเท่ากับ 0° จากทิศเหนือ ทำมุม 90° กับระดับสายตา ส่วนค่าความสูงระดับสายตาที่เหมาะสมจะวิเคราะห์จากเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1) ภาพถ่ายที่ความสูงระดับสายตาดังกล่าวดังกล่าวต้องสามารถสังเกตรายละเอียดของวัตถุขนาด 400.00 m^2 ได้ดังแสดงในรูปที่ 1 และสามารถครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างได้

2) รายละเอียดที่ใช้ในการสังเกตวัตถุประกอบด้วย รูปร่าง (Shape) สี (Color) และเนื้อภาพ (Texture) โดยการสังเกตรายละเอียดจะอาศัยวิธีการแปลผลภาพด้วยสายตา

ส่วนการคำนวณขนาดจุดภาพ (Pixel Size) จะคำนวณจากการคำนวณมาตราส่วนระหว่างจุดภาพกับสภาพภูมิประเทศจริงด้วยสมการที่ 1

$$A = \frac{Size_{Object}}{N_{pixel}} \quad (1)$$

โดย	A	คือ	ขนาดจุดภาพ (m^2)
	Size _{Object}	คือ	ขนาดของวัตถุในภูมิประเทศจริง (m^2)
	N _{pixel}	คือ	จำนวนจุดภาพของวัตถุ



รูปที่ 1 ขนาดพื้นที่ 400 m² ที่ใช้ในการสังเกตรายละเอียดวัตถุ

2.3 การออกแบบอัลกอริทึมการสำรวจพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรอย่างรวดเร็ว

การออกแบบอัลกอริทึมการสำรวจอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลแบบเป็นลำดับขั้น (Hierarchical Clustering) โดยในแต่ละลำดับขั้นของการวิเคราะห์จะใช้หลักการและเทคนิควิธีการประมวลผลภาพในการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น การประมวลผลภาพแบบจุด การวิเคราะห์เชิงวัตถุ และการหาขอบภาพ

การหาขอบภาพของวัตถุใช้วิธีอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (Gradient Method: ∇) การพิจารณาขนาดของเกรเดียนต์ (Gradient Magnitude: $|\nabla P|$) ที่จุดสนใจ ($P_{(x,y)}$) กับจุดอ้างอิง ($P_{(x-1,y)}$ หรือ $P_{(x,y-1)}$) ที่กำหนดขึ้น เมื่อจุดที่มีการเปลี่ยนชนิดของวัตถุจะทำให้ค่า $|\nabla P|$ มีค่าสูงขึ้น ดังสมการที่ 2, 3 และ 4

สมการเกรเดียนต์ในแกน x

$$\nabla_x P_{(x,y)} = |(P_{(x,y)} - P_{(x-1,y)})^2| \quad (2)$$

สมการเกรเดียนต์ในแกน y

$$\nabla_y P_{(x,y)} = |(P_{(x,y)} - P_{(x,y-1)})^2| \quad (3)$$

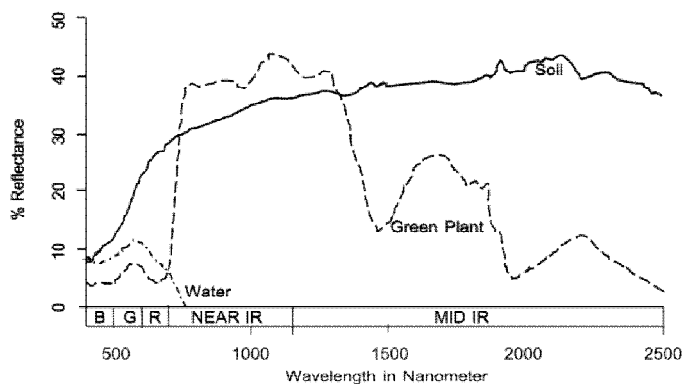
ขนาดของเกรเดียนต์ที่จุดพิจารณา

$$|\nabla P_{(x,y)}| = \nabla_x P_{(x,y)} + \nabla_y P_{(x,y)} \quad (4)$$

โดย $P_{(x,y)}$	คือ	จุดภาพที่พิจารณา
$P_{(x-1,y)}$	คือ	จุดภาพอ้างอิงในแกน x
$P_{(x,y-1)}$	คือ	จุดภาพอ้างอิงในแกน y
$\nabla_x P_{(x,y)}$	คือ	เกรเดียนต์จุดภาพที่พิจารณาในแกน x
$\nabla_y P_{(x,y)}$	คือ	เกรเดียนต์จุดภาพที่พิจารณาในแกน y
$ \nabla P_{(x,y)} $	คือ	ขนาดของเกรเดียนต์จุดภาพที่พิจารณา

2.4 การสร้างเกณฑ์การสำรวจพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรอย่างรวดเร็ว

การพัฒนาเกณฑ์สำหรับการสำรวจพื้นที่เตรียมแปลง จะอาศัยคุณสมบัติการสะท้อนเชิงคลื่นของวัตถุแต่ละชนิดที่มีค่าเฉพาะตัว เรียกว่า ลายเซ็นเชิงคลื่น (Spectral Signature) ดังแสดงในรูปที่ 2 และหลักการแปลตีความภาพถ่ายทางอากาศ [9] ดังนี้



รูปที่ 2 ลายเซ็นเชิงคลื่นของพืช ดิน และน้ำ [1]

1) การพิจารณาจากสีโดยการเปรียบเทียบค่าความเข้มแสงที่ใช้เป็นตัวแทนค่าการสะท้อนเชิงคลื่นของวัตถุกลุ่มต่างๆ กับค่าการสะท้อนของจุดภาพในภาพ ดังสมการที่ 5

$$P_{(x,y)} = \begin{cases} 0 & , if I_{(x,y)} < T \\ 1 & , if I_{(x,y)} \geq T \end{cases} \quad (5)$$

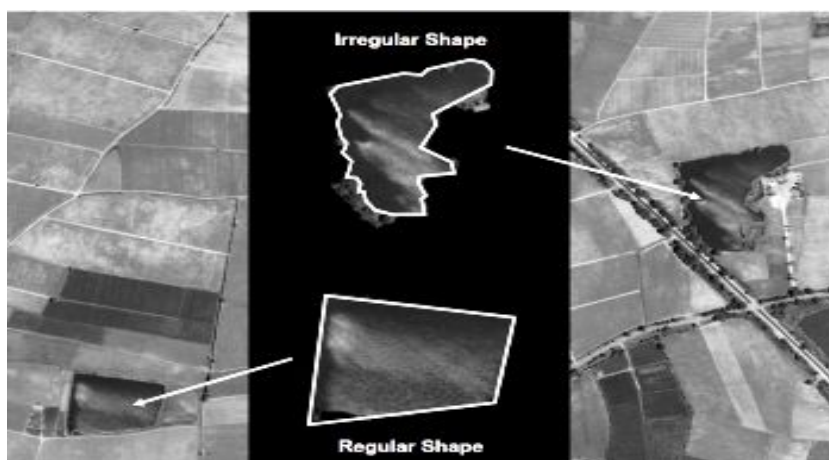
โดย $P_{(x,y)}$	คือ	ค่าของจุดภาพเมื่อผ่านการคำนวณ
$I_{(x,y)}$	คือ	ค่าความเข้มแสงของจุดภาพที่พิจารณา
T	คือ	ค่าเปรียบเทียบอ้างอิง

การเก็บข้อมูลตัวอย่างวัตถุสำหรับวิเคราะห์ค่าการสะท้อนเพื่อใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มจากค่าการสะท้อนของวัตถุในภาพที่ได้จากการแปลวัตถุด้วยสายตาและการสำรวจภาคสนาม โดยกลุ่มตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูลครั้งนี้จะประกอบด้วย 2 กลุ่มตัวอย่าง 8 ชนิดวัตถุ ประกอบด้วย กลุ่มตัวอย่างของพื้นที่ไม่เพาะปลูก (Non-Cultivated) และพื้นที่อื่นๆ (Other) โดยในกลุ่มของพื้นที่ไม่เพาะปลูกจะประกอบด้วย พื้นที่เตรียมแปลง (Agricultural Land Preparation) ที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง (Building) ถนน (Road) และดินเปล่า (Bare Soil) ส่วนพื้นที่อื่นๆ จะประกอบด้วย ป่าไม้ (Forest) ข้าว (Rice) อ้อย (Sugarcane) และแหล่งน้ำ (Water Body) มีจำนวนตัวอย่างในการเก็บข้อมูลของแต่ละชนิดวัตถุประมาณ 10-20 ตัวอย่าง ขนาดตัวอย่างละ 50 pixel x 50 pixel

2) ขนาดของวัตถุจะคำนวณจากสมการที่ 6 โดยการพิจารณาขนาดของวัตถุที่เล็กที่สุดที่สามารถเป็นพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรในครั้งนี้ควรมีขนาดมากกว่า 400.00 m²

$$Size_{Object} = AN_{pixel} \quad (6)$$

3) การพิจารณารูปร่างของวัตถุโดยการเปรียบเทียบกับลักษณะรูปร่างของวัตถุกับรูปทรงเรขาคณิต (Regular Shape) โดยวัตถุที่มนุษย์สร้างขึ้นจะมีลักษณะเป็นรูปทรงเรขาคณิตแตกต่างจากวัตถุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติที่มักมีรูปร่างไม่แน่นอน (Irregular Shape) ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตัวอย่างเปรียบเทียบรูปร่างของแหล่งน้ำที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ (บน)
กับแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น (ล่าง)

2.5 สถิติสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์ความถูกต้องของอัลกอริทึมการสำรวจที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้ อาศัยการวิเคราะห์ด้วยตารางความคลาดเคลื่อน (Error Matrix)[10] ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์การสำรวจด้วยอัลกอริทึมกับข้อมูลภาคสนาม (Ground truth) ที่ได้จากการกำหนดจำนวนจุดตรวจสอบภาคสนามที่น้อยที่สุดสำหรับนำมาวิเคราะห์ความถูกต้องจากสมการ Binomial Probability Theory ดังสมการที่ 10 การวิเคราะห์ความถูกต้องด้วยตารางความคลาดเคลื่อนสามารถให้ผลความถูกต้องของข้อมูล 3 รูปแบบ ดังนี้

ตารางที่ 1 ตารางความคลาดเคลื่อนและข้อมูลสำหรับการคำนวณในสมการที่ 7-9 และ 11-13 [11]

		Classification				Row
		Unit 1	Unit 2	...	Unit k	Total
Reference	Unit 1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1k}	N_1
	Unit 2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2k}	N_2
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	Unit k	X_{k1}	X_{k2}	...	X_{kk}	N_k
Colum Total		M1	M2	...	Mk	N

- 1) ความถูกต้องรวม (Overall Accuracy)

$$OverallAccuracy = \frac{\sum_{i=1}^k x_{ii}}{N} \times 100 \quad (7)$$

- 2) ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกขาดหายไป (Omission Error: OE_i)

$$OE_i = \left(1 - \frac{x_{ii}}{N_i}\right) \times 100 \quad (8)$$

- 3) ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกเกินมา (Commission Error: CE_j)

$$CE_j = \left(1 - \frac{x_{jj}}{M_j}\right) \times 100 \quad (9)$$

โดย	OE_i	คือ	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกในแถว i
	CE_j	คือ	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกเกินมาในคอลัมน์ j
	N	คือ	จำนวนจุดตัวอย่างทั้งหมดที่ทำให้การจำแนก
	K	คือ	จำนวนประเภทของการจำแนก
	x_{ji}	คือ	จำนวนจุดภาพในแถว i และคอลัมน์ j
	N_i	คือ	ผลรวมจำนวนจุดภาพในแถว i
	x_{jj}	คือ	จำนวนจุดภาพในแถว j และคอลัมน์ j
	M_j	คือ	ผลรวมจำนวนจุดภาพในคอลัมน์ j

$$N = \frac{4pq}{E^2} \quad (10)$$

โดย	N	คือ	จำนวนจุดตัวอย่างที่น้อยที่สุดในการสุ่มตัวอย่าง
	p	คือ	ความน่าจะเป็นที่จุดภาพดังกล่าวถูกต้อง
	q	คือ	ผลต่างระหว่าง $100 - p$
	E	คือ	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้

การแปลผลความสอดคล้องกันของผลลัพธ์จากสำรวจด้วยอัลกอริทึมกับข้อมูลภาคสนามอาศัยการวิเคราะห์ด้วยสถิติ แคปป่า (Kappa Statistic : $\hat{k}$) [12] ดังสมการที่ 11-13 และทำการแปลความหมายค่าสถิติ แคปป่าจากเกณฑ์ Landis และ Koch [13]

$$\hat{k} = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} \quad (11)$$

$$p_o = \frac{\text{Overall Accuracy}}{100} \quad (12)$$

$$p_e = \frac{\sum_{i=1}^k N_i M_j}{N^2} \quad (13)$$

โดย	p_o	คือ	ความน่าจะเป็นความสอดคล้องของค่าสังเกต (Observed Probability) ซึ่งมีค่าเท่ากับความถูกต้องรวมหารด้วยหนึ่งร้อยและ
	p_e	คือ	ความน่าจะเป็นคาดหวังตามทฤษฎีของความสอดคล้อง (Hypothetical Expected Probability of Agreement)

3. ผลและวิจารณ์

3.1 ความสูงระดับสายตาที่เหมาะสมกับรายละเอียดวัตถุ และขนาดจุดภาพ

จากการวิเคราะห์ความสูงระดับสายตา จำนวน 6 ระดับ ประกอบด้วย ความสูงสายตาที่ระดับ 3.00 km, 2.00 km, 1.50 km, 1.00 km, 0.80 km และ 0.50 km จากเงื่อนไขที่กำหนด พบว่า ความสูงระดับสายตาที่เหมาะสมที่สุดจากการวิเคราะห์คือ ความสูงระดับสายตาที่ 2.00 km โดยที่ระดับความสูงดังกล่าวสามารถสังเกตรายละเอียดของวัตถุขนาด 400.00 m^2 ได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 4 (b) ส่วนระดับความสูงอื่น ๆ ที่ทำการวิเคราะห์ในครั้งนี้นักพบปัญหาการสังเกตรูปร่างของวัตถุไม่ชัดเจน หรือครอบคลุมพื้นที่ได้น้อยกว่าความสูงระดับสายตาที่ 2.00 km เช่น ที่ความสูงระดับสายตา 3.00 km (รูปที่ 4 (a)) สามารถครอบคลุมพื้นที่ที่เป็นบริเวณกว้างกว่าความสูงระดับสายตาที่ 2.00 km แต่ไม่สามารถสังเกตรายละเอียดรูปร่างของวัตถุขนาด 400.00 m^2 ได้อย่างชัดเจน ส่วนความสูงระดับสายตาที่ 1.50 km (รูปที่ 4 (c)) จะสามารถสังเกตรายละเอียดวัตถุได้อย่างชัดเจนกว่าแต่ครอบคลุมพื้นที่ได้น้อยกว่าความสูงระดับสายตาที่ 2.00 km



(a) ความสูงระดับสายตาที่ 3.00 km.



(b) ความสูงระดับสายตาที่ 2.00 km.



(c) ความสูงระดับสายตาที่ 1.50 km.



(d) ความสูงระดับสายตาที่ 1.00 km.



(e) ความสูงระดับสายตาที่ 0.80 km.

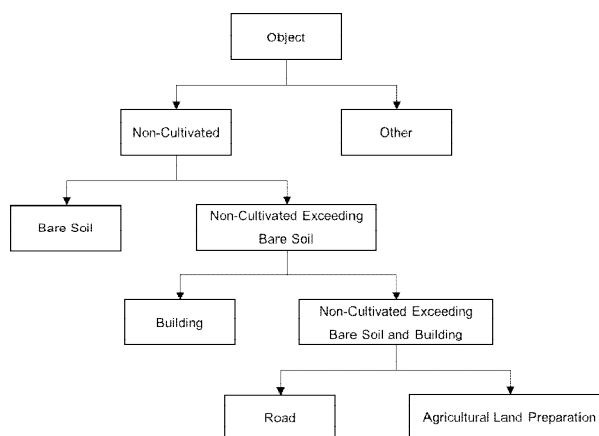


(f) ความสูงระดับสายตาที่ 0.50 km.

รูปที่ 4 ลักษณะรายละเอียดของวัตถุที่ทำการสังเกตที่ความสูงระดับสายตาทั้ง 6 ระดับ

3.2 อัลกอริทึมการสำรวจพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรอย่างรวดเร็ว

อัลกอริทึมการสำรวจที่พัฒนาขึ้นจากเทคนิควิธีการประมวลผลภาพ โดยมีขั้นตอนการจำแนกแบบเป็นลำดับขั้นดังแสดงในรูปที่ 5 ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ 1. การแยกพื้นที่สนใจในภาพโดยการเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง (Segmentation of Interested Object by Pixel-Based Method) 2. การหาขอบภาพของวัตถุในภาพ (Edge Detection) และ 3. การเปรียบเทียบลักษณะวัตถุกับคุณลักษณะพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรด้วยการวิเคราะห์เชิงวัตถุ (Comparison of Object Attribute with Agricultural Land Preparation Attribute by Object-Based Method) โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้



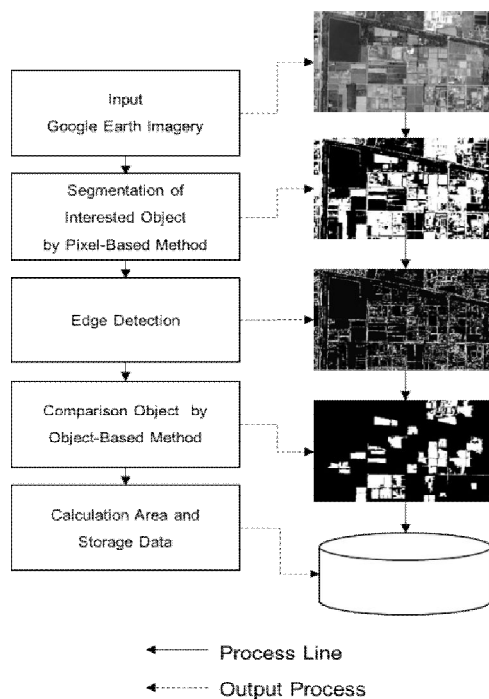
รูปที่ 5 ขั้นตอนการจำแนกแบบเป็นลำดับขั้นในอัลกอริทึมการสำรวจ

1. การแยกพื้นที่สนใจในภาพโดยการเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง เป็นการแบ่งกลุ่มข้อมูลหลักในภาพออกเป็น 2 กลุ่มข้อมูล คือ กลุ่มข้อมูลพื้นที่ไม่เพาะปลูก และกลุ่มข้อมูลพื้นที่อื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 5 ลำดับขั้นที่ 1 จากเกณฑ์การจำแนกที่ 1 ในตารางที่ 2 โดยผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้คือกลุ่มข้อมูลพื้นที่ไม่เพาะปลูก ส่วนกลุ่มพื้นที่อื่นๆ จะถูกจัดออกไป ดังแสดงในรูปที่ 6

2. การหาขอบภาพของวัตถุด้วยอนุพันธ์อันดับหนึ่ง เพื่อสร้างขอบเขตของวัตถุในภาพ สำหรับเตรียมทำการวิเคราะห์เชิงวัตถุในขั้นตอนต่อไปผลลัพธ์ในขั้นตอนการหาขอบภาพคือ ขอบเขตของวัตถุแต่ละวัตถุในภาพ ดังแสดงในรูปที่ 6

3. การเปรียบเทียบลักษณะวัตถุกับคุณลักษณะพื้นที่ที่เตรียมแปลงด้วยการวิเคราะห์เชิงวัตถุ กระบวนการในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วยการวิเคราะห์ขนาดและรูปร่างของวัตถุจากเกณฑ์การพิจารณาที่ 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อวัตถุที่มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์การพิจารณาข้างต้นจะถูกจัดเป็นกลุ่มชั้นข้อมูลพื้นที่ที่เตรียมแปลงส่วนวัตถุที่มีคุณสมบัติไม่ตรงตามเกณฑ์จะถูกจัดออกไปดังแสดงในรูปที่ 6

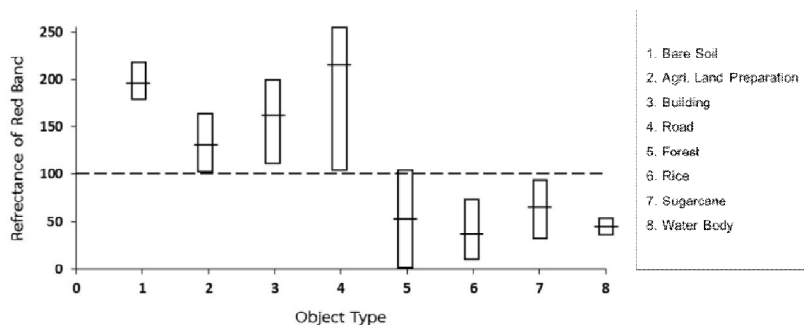
เมื่อผ่านขั้นตอนกระบวนการข้างต้นแล้ว กลุ่มชั้นข้อมูลพื้นที่ที่เตรียมแปลงจะถูกคำนวณขนาดพื้นที่ของแต่ละแปลงเพื่อสร้างเป็นฐานข้อมูลและแผนที่พื้นที่ที่เตรียมแปลงสำหรับนำไปใช้งานต่อไป ซึ่งฐานข้อมูลจะประกอบด้วย ตำแหน่งแปลงในภาพ ขนาดพื้นที่แปลงในหน่วย m^2 และไร่ มีโครงสร้างการเก็บข้อมูลแบบ CSV ส่วนแผนที่จะจัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลภาพแบบ JPEG



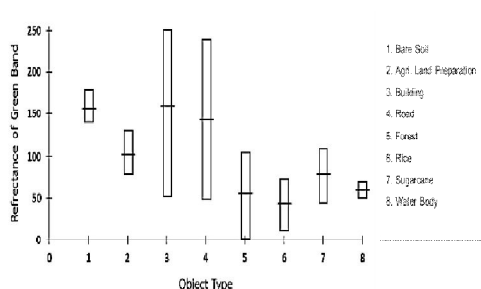
รูปที่ 6 ขั้นตอนการทำงานที่สำคัญของอัลกอริทึมการสำรวจ

3.3 เกณฑ์การสำรวจพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตร

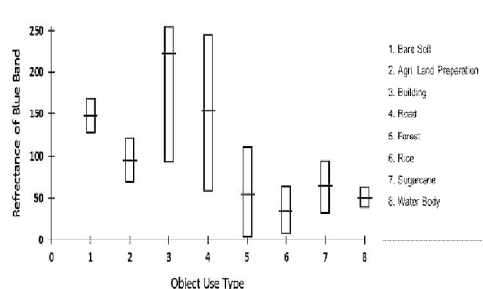
จากการศึกษาคุณสมบัติการสะท้อนเชิงคลื่นของช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น (Visible Light) แดง (Red) เขียว (Green) น้ำเงิน (Blue) ของตัวอย่างข้อมูลที่ใช้เป็นตัวแทนค่าการสะท้อนของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ในช่วงการสะท้อนเชิงคลื่นแดงกลุ่มของวัตถุประเภทพื้นที่อื่นๆ มีช่วงการสะท้อนเชิงคลื่นอยู่ระหว่าง 0-107 ส่วนช่วงการสะท้อนเชิงคลื่นแดงของกลุ่มวัตถุประเภทพื้นที่ไม่เพาะปลูกจะมีค่าอยู่ระหว่าง 100-255 ดังแสดงในรูปที่ 7 (a) โดยค่าการสะท้อนของกลุ่มวัตถุประเภทพื้นที่อื่นๆ ที่มีช่วงการสะท้อนเกินกว่า 100 คือวัตถุประเภทพื้นที่ป่าไม้ โดยมีลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลสูง ส่วนการสะท้อนเชิงคลื่นเขียว วัตถุแต่ละประเภทจะมีการกระจายตัวของข้อมูลสูงโดยมีช่วงการสะท้อนซ้อนทับกันระหว่างกลุ่ม เช่น วัตถุประเภทอ้อยของกลุ่มพื้นที่อื่นๆ จะมีช่วงการสะท้อนอยู่ระหว่าง 49-112 ซึ่งที่ช่วงดังกล่าวจะซ้อนทับกับช่วงการสะท้อนของวัตถุประเภทที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้างของกลุ่มพื้นที่ไม่เพาะปลูกที่มีค่าการสะท้อนอยู่ระหว่าง 56-255 จึงทำให้ไม่สามารถแยกวัตถุทั้งสองประเภทออกจากกันได้ ดังแสดงในรูปที่ 7 (b) เช่นเดียวกับช่วงการสะท้อนเชิงคลื่นน้ำเงิน (รูปที่ 7 (c))



(a) ค่าการสะท้อนของวัตถุแต่ละชนิดในช่วงการสะท้อนเชิงคลื่นแดง



(b) ค่าการสะท้อนของวัตถุแต่ละชนิดในช่วงการสะท้อนเชิงคลื่นเขียว



(c) ค่าการสะท้อนของวัตถุแต่ละชนิดในช่วงการสะท้อนเชิงคลื่นน้ำเงิน

รูปที่ 7 ลักษณะการสะท้อนเชิงคลื่นของวัตถุละชนิดในช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น

ดังนั้นการแยกวัตถุประเภทพื้นที่ไม่เพาะปลูกออกจากวัตถุประเภทพื้นที่อื่นๆ จะอาศัยการกำหนดช่วงการสะท้อนเชิงคลื่นในช่วงคลื่นแดงให้มีความมากกว่าหรือเท่ากับ 100 ดังแสดงในเกณฑ์ที่ 1 ในตารางที่ 2 ในการแยกประเภทพื้นที่ทั้งสองออกจากกันสอดคล้องกับข้อมูลจากกราฟลายเซ็นเชิงคลื่นของพืช ดิน และน้ำ ของ Lillesand และ Kiefer ที่ระบุว่าช่วงการสะท้อนเชิงคลื่นแดงวัตถุประเภทดินจะมีการสะท้อนเชิงคลื่นได้เด่นชัดกว่าพืชและน้ำ[1] ดังแสดงในรูปที่ 2 ส่วนการแยกพื้นที่เตรียมแปลงออกจากดินเปล่า ถนน สิ่งปลูกสร้างและที่อยู่อาศัย จะพิจารณาจากขนาดและรูปร่างของวัตถุ โดยวัตถุที่มีขนาดน้อยกว่า 28.00 m^2 จะจัดเป็นดินเปล่า ส่วนวัตถุที่มีขนาดมากกว่า 28.00 m^2 แต่น้อยกว่า 400.00 m^2 จะจัดเป็นที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้าง ตามเกณฑ์ในตารางที่ 2 เกณฑ์ที่ 2 และ 3 ส่วนการแยกถนนออกจากพื้นที่เตรียมแปลงจะการใช้การวิเคราะห์อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของวัตถุ ดังแสดงในเกณฑ์ที่ 4 ในตารางที่ 2 และในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการวิเคราะห์รูปร่างของวัตถุว่ามีรูปทรงเป็นเรขาคณิตหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบกับรูปทรงเรขาคณิตแบบต่างๆ (เกณฑ์ที่ 5 ตารางที่ 2) เพื่อป้องกันการปะปนของพื้นที่ว่างเปล่า (Bare Land) ที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติซึ่งอาจมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเกณฑ์การเป็นพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรทั้ง 4 เกณฑ์ข้างต้น

ตารางที่ 2 Criteria for Identification Object from Google Earth Imagery.

Criteria	Output Class	
	TRUE	FALSE
1 Pixel Value of Red Band ≥ 100	Non-Cult.	Other
2 Area Size of Non-Cult.Objects $\leq 28.00 \text{ m}^2$	Bare Soil	Non-Cult1.*
3 Area Size of Non-Cult1.* Objects $\leq 400.00 \text{ m}^2$	Building	Non-Cult2.**
4 Ratio of Width per Length of Non-Cult2.** ≤ 0.50	Road	Agri. Land Preparation
5 Agri. Land Preparation Similarity to Regular Shapes	Agri. Land Preparation	Bare Land

Note * Non-Cult1.= Non-Cultivated Exceeding Bare Soil.

** Non-Cult2. = Non-Cultivated Exceeding Bare Soil and Building.

Agri. Land Preparation = Agricultural Land Preparation

3.4 ผลการสำรวจพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรจากภาพถ่ายกูเกิ้ลเอิร์ธ

ผลการทดสอบการทำงานของอัลกอริทึมจากการนำภาพถ่ายกูเกิ้ลเอิร์ธ บริเวณฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ดังแสดงในรูปที่ 8 มีขนาดพื้นที่ประมาณ $1,214,080.00 \text{ m}^2$ (758.80 ไร่) ซึ่งพื้นที่บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่สำหรับการศึกษาค้นคว้า และทดลองพืชพรรณทางการเกษตร จึงเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้ทดสอบการทำงานของอัลกอริทึม จากการสำรวจด้วยอัลกอริทึมพบว่าพื้นที่บริเวณดังกล่าวมีจำนวนพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรจำนวน 28 แปลง มีเนื้อที่รวม $534,032.00 \text{ m}^2$ (333.77 ไร่) ดังแสดงในรูปที่ 9 โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 11 วินาที การจับเวลาการทำงานของอัลกอริทึมจะเริ่มนับจากขั้นตอนการนำเข้าภาพถ่าย จนถึงขั้นตอนการจัดเก็บผลลัพธ์ในรูปแบบไฟล์ข้อมูลพื้นฐานซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของอัลกอริทึม



รูปที่ 8 ภาพถ่ายกูเกิ้ลเอิร์ธของพื้นที่ทดสอบการทำงานของอัลกอริทึมการสำรวจ



รูปที่ 9 ผลลัพธ์จากการสำรวจภาพถ่ายกูเกิ้ลเอิร์ธด้วยอัลกอริทึม

3.5 ความถูกต้องของผลการสำรวจพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตร

จำนวนจุดตัวอย่างที่น้อยที่สุดในการเปรียบเทียบความถูกต้องที่คำนวณจากสมการที่ 7 โดยการกำหนดเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ที่เท่ากับ 10.00% และความน่าจะเป็นที่จุดภาพดังกล่าวมีความถูกต้องที่เท่ากับ 90.00% พบว่า จำนวนจุดภาพที่น้อยที่สุดที่ควรนำมาเปรียบเทียบมีค่าเท่ากับ 36 จุดตัวอย่าง โดยแบ่งการเก็บจุดตัวอย่างตามผลลัพธ์ที่ได้จากการสำรวจด้วยอัลกอริทึมออกเป็น 2 กลุ่มตัวอย่าง คือพื้นที่เตรียมแปลง 18 ตัวอย่าง และพื้นที่อื่นๆนอกเหนือจากพื้นที่เตรียมแปลง (Non-Agricultural Land Preparation) อีก 18 ตัวอย่าง โดยให้มีกระจายตัวและครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด

ผลการวิเคราะห์ความถูกต้องด้วยตารางความคลาดเคลื่อน พบว่า ตัวอย่างพื้นที่เตรียมแปลงจากข้อมูลภาคสนามทั้ง 18 มีความถูกต้องและสอดคล้องกันกับผลลัพธ์การสำรวจถึง 16 ตัวอย่างคิดเป็นค่าความถูกต้องรวมเท่ากับ 91.67% และเมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติแคปป่า พบว่า ผลลัพธ์การสำรวจและข้อมูลภาคสนามมีขนาดความสอดคล้องกันของข้อมูลที่ดีมาก (Almost Perfected) [13] โดยมีค่าสถิติ k เท่ากับ 0.83 ส่วนความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกขาดหายไปของพื้นที่เตรียมแปลงและพื้นที่อื่นๆ มีค่าเท่ากับ 11.11% และ 5.56% ตามลำดับ และความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกเกินมาของประเภทพื้นที่ทั้งสองมีค่าเท่ากับ 5.88% และ 10.53% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ตารางความคลาดเคลื่อน

		Classification		Row	Omission
		1. Agri. Land Preparation	2. NALP *	Total	Error (%)
Ground Truth	1. Agr. Land Preparation	16	2	18	11.11
	2. NALP *	1	17	18	5.56
	Column Total	17	19	36	
	Commission Error (%)	5.88	10.53		
Overall Accuracy (%)					91.67

Note * NALP = Non-Agricultural Land Preparation

โดยความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกขาดหายไปของพื้นที่เตรียมแปลงทั้ง 2 เกิดจากข้อผิดพลาดคือ แปลงที่ 1 มีสาเหตุมาจากรูปร่างของแปลงดังกล่าวมีลักษณะอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวไม่ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดคือเกณฑ์การพิจารณาที่ 4 ในตารางที่ 2 เนื่องจากอัลกอริทึมไม่สามารถตรวจจับขอบภาพของแปลงดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง ทำให้แปลงดังกล่าวถูกรวมเข้ากับพื้นที่ข้างเคียง และเมื่อทำการวิเคราะห์อัตราส่วนจึงทำให้ไม่ผ่านเงื่อนไข ส่วนแปลงที่ 2 มีสาเหตุมาจากค่าการสะท้อนเชิงคลื่นแดงของแปลงมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (เกณฑ์การพิจารณาที่ 1 ในตารางที่ 2) โดยมีสาเหตุมาจากค่าความชื้นของดินแปลงดังกล่าวมีค่าสูงผิดปกติส่งผลให้ค่าการสะท้อนเชิงคลื่นแดงของแปลงดังกล่าวต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนความผิดพลาดของอัลกอริทึมที่ทำให้การจำแนกพื้นที่เตรียมแปลงเกินมาเกิดจาก พื้นที่ดังกล่าวมีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกับพื้นที่เตรียมแปลงแต่เมื่อทำการตรวจสอบภาคสนามพบว่า พื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ว่างเปล่ายังไม่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แน่ชัดการประยุกต์ใช้งานอัลกอริทึมการสำรวจกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศอื่น ๆ ที่มีลักษณะข้อมูลภาพถ่ายคล้ายคลึงกับภาพถ่ายกูเกิ้ลเอิร์ธจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ขนาดจุดภาพเพื่อใช้ปรับแก้เกณฑ์บางประการในอัลกอริทึมก่อนทำการสำรวจจึงจะทำให้ผลลัพธ์การสำรวจมีแนวโน้มความถูกต้องเช่นเดียวกับผลลัพธ์การสำรวจที่ได้จากภาพถ่ายกูเกิ้ลเอิร์ธ ส่วนการนำไปใช้งานร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายกูเกิ้ลเอิร์ธที่ความสูงระดับสายตาอื่น ๆ นอกเหนือจากที่ความสูงระดับสายตาที่ 2.00km ก็สามารถกระทำได้แต่ไม่ควรทำการบันทึกภาพที่ความสูงระดับสายตาที่เกินกว่า 2.00km เนื่องจากจะทำให้ภาพอาจสูญเสียรายละเอียดข้อมูลที่มีขนาดเล็กกว่า 400.00m^2 ($1/4$ ไร่) ได้ และจะทำให้ไม่สามารถหาขอบภาพของวัตถุที่ชัดเจนได้ ส่วนการบันทึกภาพที่ความสูงระดับสายตาที่ต่ำกว่า 2.00km จะสามารถให้ผลความถูกต้องที่ดีกว่าข้อมูลภาพที่ความสูงระดับสายตา 2.00km แต่มีข้อด้อยเมื่อต้องการสำรวจพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่เกินกว่า $1,531,653.04\text{ m}^2$ (957.28 ไร่) เนื่องจากจำเป็นต้องอาศัยจำนวนภาพถ่ายสำหรับนำเข้าเพิ่มขึ้น และทำให้ระยะเวลาในการทำงานของอัลกอริทึมเพิ่มขึ้นตามอีกด้วย

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบการทำงานและความถูกต้องของอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นจากเทคนิคการประมวลผลภาพเชิงเลขร่วมกับกระบวนการวิเคราะห์เชิงวัตถุ โดยมีขั้นตอนการจำแนกแบบเป็นลำดับขั้นในครั้งนี้ พบว่า อัลกอริทึมการสำรวจที่พัฒนาขึ้นสามารถสำรวจพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดยมีผลความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่สูงเป็นที่น่าพอใจ (ความถูกต้องรวมเท่ากับ 91.67%) และยังให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าเชื่อถืออีกด้วย (K เท่ากับ 0.83) โดยมีระยะเวลาในการสำรวจที่รวดเร็วเพียง 10-11 วินาที จึงมีความเหมาะสมกับงานที่ต้องการความรวดเร็วในการได้มาหรือจัดการข้อมูลและแผนที่พื้นที่เตรียมแปลงเช่น งานด้านการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้น แต่มีข้อผิดพลาดในเกณฑ์และวิธีการสำรวจอยู่บางประการจึงทำให้ผลลัพธ์การสำรวจพื้นที่เตรียมแปลงไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่เตรียมแปลงในบางกรณี และ/หรือทำให้พื้นที่เตรียมแปลงบางจุดขาดหายไป เช่น พื้นที่เตรียมแปลงบางแห่งที่มีค่าความชื้นในดินที่สูง อัลกอริทึมจะไม่สามารถตรวจจับและ

จำแนกเป็นพื้นที่เตรียมแปลงได้ เนื่องจากค่าการสะท้อนเชิงคลื่นแดงของพื้นที่ดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนดตามเกณฑ์การพิจารณาที่ 1 ใน table 2 ส่วนพื้นที่เตรียมแปลงบางแห่งที่มีลักษณะแคบยาวก็จะไม่สามารถตรวจพบได้ เนื่องจากอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของแปลงดังกล่าวไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด (เกณฑ์ที่ 4 ใน table 2) เป็นต้น และควรมีการระมัดระวังการนำอัลกอริทึมไปใช้งานร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายที่มีอุณหภูมิสีของภาพผิดเพี้ยนจากความเป็นจริง เพราะอาจทำให้ผลลัพธ์การวิเคราะห์มีความผิดพลาดสูง เนื่องจากการพิจารณาการจัดจำแนกกลุ่มข้อมูลขั้นต้นในอัลกอริทึมจะอาศัยการกำหนดช่วงการสะท้อนเชิงคลื่นของวัตถุ ทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงแก้ไขเกณฑ์และวิธีการสำรวจเพื่อให้มีความเหมาะสมและยืดหยุ่นกับสภาพพื้นที่เตรียมแปลงเพื่อการเกษตรมากยิ่งขึ้น และจะทำการทดสอบในพื้นที่อื่นๆ และข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความสนับสนุนจากห้องปฏิบัติการวิจัยชลศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนในการให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่จำเป็นในการวิจัย และขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน ที่ให้การสนับสนุนและคำปรึกษาตลอดการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Lillesand T M, Kiefer R W. Remote Sensing and Image Interpretation. New York: John Wiley and Sons; 1994.
- [2] สุรภี อิงคากุล.การวิเคราะห์ข้อมูลระยะไกล. 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2548.
- [3] รัชลิดา ลิปิกรณ์.การประมวลผลภาพพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยคณะวิทยาศาสตร์; 2556.
- [4] ภัญญ์ วงษ์จินดา. การออกแบบเครื่องวัดระยะยืดของยางโดยใช้เทคนิคประมวลผลภาพ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ; มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2549.
- [5] นิดา พันเพ็ง. การพัฒนาระบบประมวลผลภาพสำหรับการบินลงจอดของเฮลิคอปเตอร์อัตโนมัติขนาดเล็ก [วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ;มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2552.
- [6] Hu Q, Wenbin W, Tian X, Qiangyi Y, Peng Y, Zhengguo L. Exploring the Use of Google Earth Imagery and Object-Based Method in Land Use/Cover Mapping. Remote Sensing. 2013; 5: 6026-6042.

- [7] Sim S, Dongha L. Object-Based Feature Extraction of Google Earth Imagery for Mapping Termite Mounds in Bahia, Brazil. Proceeding of International Electronic Conference on Sensors and Applications; 2014 June 1-16. p.1-5.
- [8] กรมชลประทาน. การประยุกต์ใช้โปรแกรม Google Earth ในการพิจารณาโครงการ. ประจวบคีรีขันธ์; 2557.
- [9] Falkner,Edger. Aerial Mapping Method and Applications. CRC Press Inc; 1995.
- [10] Congalton R G. A Review of Assessment the Accuracy of Classification of Remotely Sensing Data. Remote Sensing of Environment. 1991; 37: 35-46.
- [11] Michel C G, Colette MG. Processing of Remote Sensing Data.Paris: Balkema; 2003.
- [12] Cohen,Jacob. A Coefficient of Agreement for Nominal Scale. Education and Psychological Measurement. 1960; 20: 37-46.
- [13] Landis J R, Koch G G.The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. Biometrics. 1977; 33(1):159-174.