

# รูปแบบการเปลี่ยนแปลงและคาดการณ์ผลผลิตอ้อย ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat และภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ

## Sugarcane Land Change Pattern and Yield Prediction

### Using Landsat Imagery and Unmanned Aerial Vehicle Photos

คมกริช พรหมहाกุล, ณัฐพงศ์ เพ็ญสงคราม, จตุรงค์ สมอจัน และ วรวิทย์ จิตรสุชา

Komkrid Prommahakul, Nuttapong Pheunsongkham, Jaturong Somard and Worawit Jitsukk

ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Department of Geography, Faculty of Humanities and Social Sciences, Mahasarakham University

Received : 2 July 2019

Revised : 21 August 2019

Accepted : 6 September 2019

### บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินก่อนและหลังมีโครงการส่งเสริมการปลูกอ้อยด้วยแบบจำลองการกระจาย Moran's I และคาดการณ์ผลผลิตอ้อยด้วยอากาศยานไร้คนขับร่วมกับข้อมูลภาคสนาม ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินวิธีกรจำแนกเชิงวัตถุแบบจุดภาพใกล้เคียง (Nearest Neighbor :NN) ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat หลายช่วงเวลากับแบบสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเกษตรกร 39 คน วิเคราะห์ความหนาแน่นพื้นที่แปลงอ้อยด้วยวิธีจำแนกเชิงวัตถุลำดับชั้น (Hierarchy classification) และสกัดค่าดัชนีสีเขียว (Excessive Green: ExG) จากแปลงตัวอย่างระยะห่างปล้องและระยะห่างขนาด 1.5x1.5 เมตร จำนวน 100 แปลง ข้อมูลที่ทำการรวบรวม ได้แก่ จำนวนต้นและผลผลิตจริง เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีกับจำนวนต้น และสร้างสมการคาดการณ์ผลผลิตด้วยถดถอยพหุคูณอย่างง่าย พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2547 2553 และ 2561 มีค่าความถูกต้อง 86.18 87.41 และ 89.72% การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินช่วงปี 2547 - 2553 และปี 2553 - 2561 ส่วนใหญ่พื้นที่เกษตรกรรมเปลี่ยนเป็นพื้นที่อ้อย 5.55% รูปแบบกระจายแบบสุ่ม และ 19.63% มีรูปแบบกระจายแบบเกาะกลุ่ม ส่วนความหนาแน่นของอ้อยระยะห่างปล้องมีค่าความสัมพันธ์ระดับสูง ( $r = 0.84$ ) และคาดการณ์ผลผลิต พบว่า สมการมีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE และแบบสัมบูรณ์ 0.90 และ 0.06% เพราะมีผลผลิตคาดการณ์ทั้งแปลงจำนวน 396.60 ต้น ผลผลิตจริง 413 ต้น สามารถใช้วางแผนจัดการพื้นที่ สนับสนุนกระบวนการผลิต และพยากรณ์ปริมาณผลผลิตที่สอดคล้องกับการพัฒนาอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลสุกระดับพาณิชย์

**คำสำคัญ :** การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกอ้อย, แบบจำลอง Moran's I, การจำแนกเชิงวัตถุ, อากาศยานไร้คนขับ,

การคาดการณ์ผลผลิต

\*Corresponding author. E-mail : jaturong.somard@gmail.com

## Abstract

This study aimed to 1) analyze sugarcane land change pattern before and after having sugarcane planting promotion project using Moran's I distribution method and 2) predict yield by Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photos and ground data. The Landsat image time series were classified land use maps using Nearest Neighbor (NN), and 93 farmers were interviewed. Hierarchy classification with Excessive Green Index (ExG) conducted to define sugarcane density in stages. These maps and 100 sampling plots as 1.5x. 1.5 m include the number of stalks and harvested yield to investigate the correlation ( $r$ ). Simple regression model was created for correlation analysis and used to estimate yield. The result of model was measured using statistic method. The land use of 2004, 2010 and 2018 were overall accuracy as 86.18, 87.41 and 98.72%. Land use change during 2004 - 2010 and 2010 - 2018 after having the encouraged project, the other cultivations have mostly changed to sugarcane of 5.55% as random and 19.63% as cluster distribution. Ripening phase shown high correlation than others ( $r: 0.84$ ). Yield prediction was RMSE and absolute error as 0.90 and 0.06%, this method had estimated yield of 396.60 tons, compare to harvest yield as 413 tons. The result can use to plan and develop estimated yield for consistency of sugarcane and sugar industry toward commercial level.

**Keywords :** sugarcane land change, Moran's I, OBIA, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), yield estimation

## บทนำ

อ้อยเป็นพืชตระกูลหญ้าที่มีถิ่นกำเนิดอยู่หมู่เกาะนิวกีนิในมหาสมุทรแปซิฟิกและแพร่กระจายมากแถบทวีปเอเชียและอเมริกา เพราะมีการเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น ทำให้มีการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากในประเทศที่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ประกอบกับมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าพืชชนิดอื่น จึงทำให้เกษตรกรมีการขยายพื้นที่ปลูกอ้อยเพิ่มมากขึ้น (Department of Agriculture, 2011a) ปัจจุบันอ้อยจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเป็นอันดับ 4 ของโลก เพราะตลาดโลกต้องการนำมาผลิตเป็นน้ำตาลและสินค้าแปรรูปเพื่อส่งออกมากขึ้น ส่งผลให้ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกมีการขยายพื้นที่เพาะปลูกอ้อยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Office of the Cane and Sugar Board, 2017)

จากสถานการณ์การส่งออกอ้อยและน้ำตาลทั่วโลกปี 2560 พบว่า ประเทศที่มีการส่งออกมากที่สุด ได้แก่ บราซิล ไทย และออสเตรเลีย ซึ่งประเทศไทยส่งออกอันดับ 2 ของโลก (Office of the Cane and Sugar Board, 2017) เนื่องจากเป็นประเทศมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 27 องศาเซลเซียส ได้รับอิทธิพลลมมรสุมเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้ได้รับปริมาณน้ำฝนและพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดปี (International Sugar Organization, 2013) จากสถิติของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายปี 2560 พบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 10,988,489 ไร่ ลดลงจากปีที่ผ่านมา เนื่องจากได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง (Department of Agriculture, 2011b, The North-Isan Sugarcane Planters Association, 2017) และสถิติรายภาคปี 2560 พบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุดเพราะมีลักษณะทางภูมิประเทศที่เหมาะสม (Office of the Cane and Sugar Board, 2017) จังหวัดอุดรธานีเป็นจังหวัดที่มีการเพาะปลูกอ้อยมากที่สุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากมีปัจจัยทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก รวมถึงนโยบายรัฐบาลที่สนับสนุนเกษตรกรเปลี่ยนพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยแทน ทำให้เกษตรกรมีการขยาย

พื้นที่ปลูกอ้อยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากสถิติรายอำเภอปี 2560 พบว่า อำเภอชุมพวงมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยมากเป็นอันดับต้นของจังหวัด สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เหมาะสมและเป็นอาชีพหลักที่ให้ปริมาณผลผลิตต่อไร่สูง (Kumphawapi Agriculture Office, 2012)

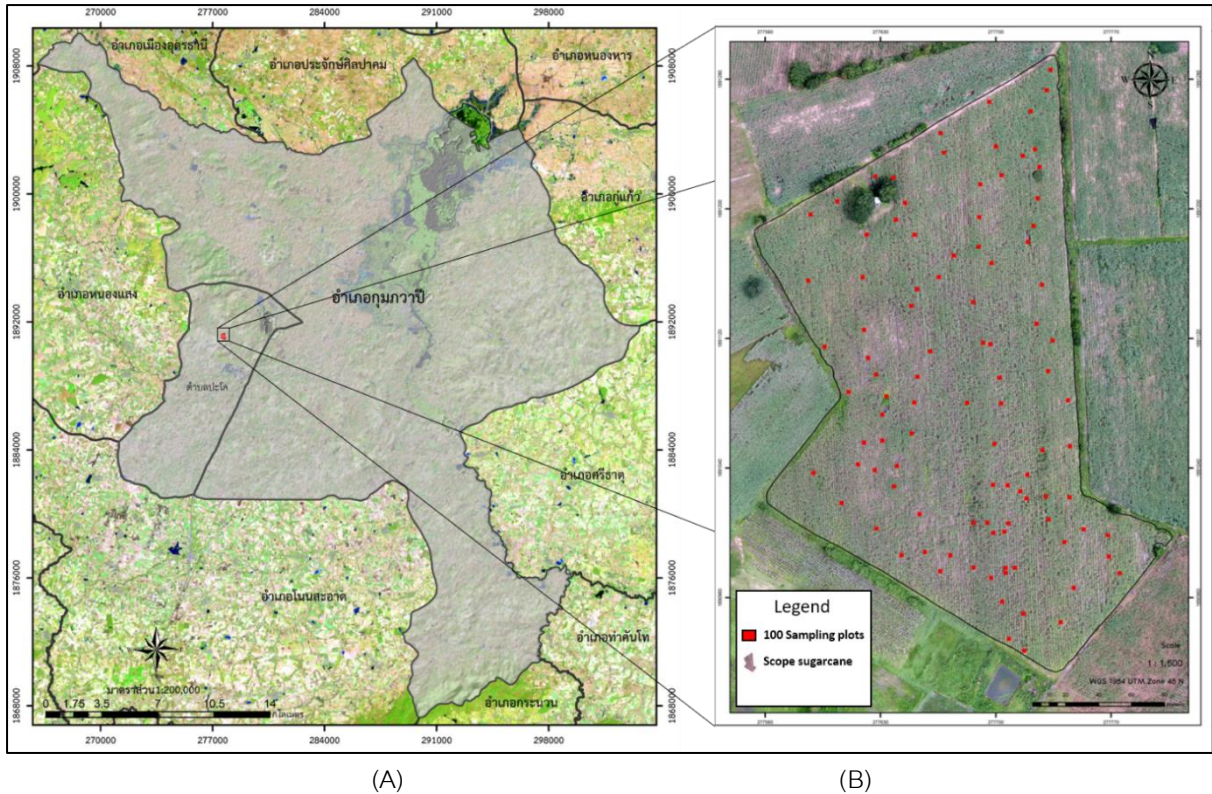
อำเภอชุมพวงเป็นอีกพื้นที่หนึ่งที่มีการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะด้านการผลิตอ้อยสู่ระดับพาณิชย์ เนื่องจากมีโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลมาตั้งในพื้นที่และรัฐบาลมีนโยบายสนับสนุนให้เกษตรกรปลูกอ้อยในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทมาเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยเป็นจำนวนมาก เพราะสะดวกต่อการขนส่งผลผลิตมายังโรงงานมากกว่าอำเภออื่นโดยรอบ ขณะเดียวกันอำเภอชุมพวงประสบปัญหาภัยธรรมชาติ ได้แก่ น้ำท่วม และภัยแล้งบ่อยครั้ง ส่งผลต่อกิจกรรมการเพาะปลูกการเกษตรประเภทข้าว (Kumphawapi Agriculture Office, 2012; North-Isan Sugarcane Planters Association, 2017) ทำให้หน่วยงานภาครัฐและโรงงานน้ำตาลมีการส่งเสริมท่อนพันธุ์อ้อยที่มีประสิทธิภาพ และถ่ายทอดความรู้การใช้เทคโนโลยีทางการเกษตรมาใช้ในการปรับปรุงดินจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้ส่งผลให้กระบวนการผลิตอ้อยช่วงก่อนและหลังมีนโยบาย ทำให้เกษตรกรเปลี่ยนพื้นที่ปลูกพืชการเกษตรชนิดอื่นมาทำการเกษตรอ้อยจำนวนมากอย่างเห็นได้ชัดเจน (Department of Agriculture, 2017; Kumphawapi Agriculture Office, 2012) นอกจากนี้การปลูกอ้อยของเกษตรกรส่วนมากยังพบปัญหาการขาดทุนและผลผลิตต่อไร่ต่ำ เป็นผลมาจากเกษตรกรยังขาดความรู้ในการจัดการแปลงอ้อยและขาดการคาดการณ์ผลผลิตที่แม่นยำ (The North Eastern Sugarcane Farmers Group, 2016; Office of the Cane and Sugar Board, 2014)

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงทำการวิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินช่วงก่อนและหลังมีโครงการส่งเสริมการปลูกอ้อย และคาดการณ์ผลผลิตด้วยอากาศยานไร้คนขับร่วมกับข้อมูลภาคสนาม โดยทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ (Object-based Image Analysis : OBIA) แบบจุดภาพใกล้เคียง (NN) ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat หลายช่วงเวลาพร้อมกับรูปแบบการกระจายตัวของพื้นที่ตามแบบจำลอง Moran's I จากนั้นทำการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างจำนวน 93 คน และวิเคราะห์ความหนาแน่นแปลงอ้อยด้วยการจำแนกเชิงวัตถุ (OBIA) แบบลำดับขั้นร่วมกับการสกัดค่าดัชนีสีเขียว (ExG) และรวบรวมแปลงตัวอย่างระยะอย่างปล้องและระยะแก่ ได้แก่ จำนวนต้นและผลผลิตจริง มาหาความสัมพันธ์กับค่าดัชนีสีเขียวและสร้างสมการถดถอยอย่างง่ายเพื่อคาดการณ์ผลผลิตแผนที่การเปลี่ยนแปลงและสมการคาดการณ์ผลผลิต สามารถใช้วางแผนการเพาะปลูกและการซื้ออ้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. พื้นที่ศึกษา

ทำการเลือกพื้นที่อำเภอชุมพวง จังหวัดอุดรธานี มีเนื้อที่รวมทั้งหมด 676.92 ตารางกิโลเมตร หรือ 423,078 ไร่ และเลือกพื้นที่แปลงอ้อยตัวอย่างขนาด 32 ไร่ ตั้งอยู่บริเวณตำบลปะโค เพื่อใช้คาดการณ์ผลผลิตอ้อย (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาอำเภอกุมภวาปี (A) ขอบเขตแปลงอ้อยตัวอย่าง (B)

2. การเตรียมข้อมูลภาพถ่าย

2.1 การจัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM และ Landsat 8 OLI ทำการดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ <https://earthexplorer.usgs.gov/> ครอบคลุมพื้นที่ระหว่าง path 128 row 48 วันที่วันที่ 14 พฤศจิกายน ปี 2547 และ 16 ตุลาคม ปี 2553 เป็นช่วงก่อนมีโครงการส่งเสริมการปลูกอ้อย และวันที่ 18 พฤษภาคม ปี 2561 หลังมีโครงการส่งเสริม (Office of the Cane and Sugar Board, 2018) โดยข้อมูลภาพมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 30x30 เมตร ผู้วิจัยทำการเลือกภาพช่วงเวลาที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เพื่อให้ได้ค่าการสะท้อนพื้นที่แปลงอ้อย สามารถมองเห็นวัตถุและจำแนกพื้นที่ปลูกอ้อยได้อย่างถูกต้องชัดเจน จากนั้นทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี (Radiometric correction) ด้วยวิธีการปรับค่าการสะท้อนในชั้นบรรยากาศ (Top of atmospheric) และบนพื้นผิวด้วยวิธี DOS (Dark object subtraction) เพื่อปรับแก้จุดภาพที่มีความบิดเบือนจากจุดภาพ และเชิงเรขาคณิต (Geometric correction) ด้วยวิธีแผนที่ถึงภาพถ่าย เพื่อให้ภาพหลังการปรับแก้มีความคมชัดและตำแหน่งที่ถูกต้องตามข้อมูลพื้นผิวโลกจริง (Coppin Pol., and Marvin E., 1996) การวิจัยทำการรวมช่วงคลื่นภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 ได้แก่ ช่วงคลื่น Blue: 1 Green: 2 Red: 3 และ Near IR: 4 และภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ได้แก่ ช่วงคลื่น Blue: 2 Green: 3 Red: 4 และ Near IR: 5 เพราะเป็นช่วงคลื่นที่มีการสะท้อนได้ดีในพืชพรรณทางการเกษตร ค่ารังสีแสดงความแตกต่างของแปลงอ้อยกับพืชพรรณชนิดอื่นได้ดี และสามารถนำไปใช้ในการจำแนกอ้อยได้อย่างถูกต้อง (Boonserm, 2011; Som-ard et al., 2018) ทำการตัดขอบเขตพื้นที่การศึกษาต่อทำการจำแนกข้อมูล

2.2 การเตรียมข้อมูลภาพจากอากาศยานไร้คนขับ จากการสำรวจภาคสนามด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) รุ่น DJI Phantom 3 Professional ด้วยกล้องถ่ายภาพช่วงคลื่นที่สายตามองเห็น (Red, Green, Blue) กำหนดระดับความสูงในการบิน 60 เมตร ซ้อนทับด้านหน้า 80% และพื้นที่ซ้อนทับด้านข้าง 80% เพื่อให้ได้ค่าความละเอียด 2x2 เมตร ใช้

แอปพลิเคชัน Pix4D วางแผนและตั้งค่าการบินถ่ายเพื่อครอบคลุมพื้นที่แปลงทดลอง จากนั้นนำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ มาต่อภาพ (Mosaic) และปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศด้วยวิธีการเรียงข้อมูลภาพ (Align photos) กำหนดความหนาแน่นของจุดภาพ (Build dense cloud) เชื่อมข้อมูลโครงข่ายสามเหลี่ยม (Build mesh) และการปรับเนื้อภาพของข้อมูล (Build texture) (Bunlue, 2017; Lan & Yubin, *et al.*, 2010) เพื่อให้ได้ภาพถ่ายรายละเอียดสูงที่สามารถมองเห็นพื้นที่แปลงอย่างชัดเจน

### 3 ประชากรและสุ่มตัวอย่าง

การสุ่มประชากรตัวอย่างเป็นกลุ่มเกษตรกรผู้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตอ้อยที่ขึ้นทะเบียนชาวไร่อ้อยอำเภอกุมภวาปีจำนวน 1,364 คน (Kumphawapi Agriculture Office, 2012) คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยสมการ Taro Yamane (Yamane, 1967) ความเชื่อมั่น 90% มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 93 คน เพื่อทำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผ่านกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตรและทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน จากนั้นทำการสัมภาษณ์เกษตรกรเพื่อให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตอ้อย ทำการสร้างตารางกริดแปลงอ้อยด้วยเครื่องมือ (Create fishnet) ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS) (Som-ard *et al.*, 2018) กำหนดแปลงตัวอย่างขนาด 1.5x1.5 เมตร จำนวน 100 แปลง เพื่อให้แปลงตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่ศึกษาและทำการรวบรวมข้อมูลอ้อยด้วยการสุ่มตัวอย่างแปลง ใช้วิธีการสุ่มเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการแบบสุ่ม (Random sampling) (Yamane, 1967) (ภาพที่ 1) เพื่อทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ จำนวนต้นและน้ำหนักผลผลิตแปลงตัวอย่าง

### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 4.1 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การศึกษาครั้งนี้ทำการเลือกวิธีการจำแนกด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ (OBIA) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้ (Pairot, 2015; Som-ard *et al.*, 2018)

4.1.1 การแยกข้อมูลภาพเชิงวัตถุ ทำการนำข้อมูลถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้เชิงรังสีและเรขาคณิตมาทำการแยกวัตถุด้วยวิธีการ Multi-resolution segmentation กำหนดเกณฑ์แบ่งแยกข้อมูลวัตถุทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ 1) ขนาดวัตถุ (Scale parameter) เพื่อแยกความแตกต่างภูมิภาคของพื้นที่ 2) รูปร่าง (Shape) เป็นการพิจารณารูปร่างของวัตถุที่แตกต่างกันเพื่อแยกวัตถุออกจากกัน กำหนดค่าน้ำหนักตั้งแต่ 0-1 และ 3) ค่าบีบอัดวัตถุ (Compactness) พิจารณาจุดภาพที่สร้างด้วยปัจจัยเนื้อภาพที่มีลักษณะแบบเกาะกลุ่มกันหนาแน่น กำหนดค่าน้ำหนักตั้งแต่ 0-1

4.1.2 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีการแบบจุดภาพใกล้เคียง (NN) โดยการเลือกพื้นที่ตัวอย่างเพื่อจัดกลุ่มพื้นที่ใกล้เคียงกันมากที่สุดด้วยค่าการสะท้อนช่วงคลื่นสีน้ำเงิน แดง เขียว และอินฟราเรดใกล้ เป็นข้อมูลช่วงคลื่นในการพิจารณาจุดภาพเพื่อแยกข้อมูลวัตถุ การวิเคราะห์ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use Classification) ตามระบบของกรมพัฒนาที่ดินออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (Urban: U1) เกษตรกรรม (Agriculture: A2) ป่าไม้ (Forest: F1) แหล่งน้ำ (Water: W1) พื้นที่ปลูกอ้อย (Sugarcane: A203) และพื้นที่เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous: M1) (Land Development Department, 2009)

4.1.3 การตรวจสอบความถูกต้อง ทำการนำแผนที่จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2547 2553 และปี 2561 มาตรวจสอบความถูกต้องด้วยข้อมูลภาคสนาม การศึกษาครั้งนี้ใช้แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารชุด L7018 มาตราส่วน 1:50,000 ระวัง 5543 II 5643 II และ 5642 IV ร่วมกับเครื่องกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global positioning system: GPS) โดยการตรวจสอบความถูกต้องสามารถทำการคำนวณด้วยสถิติทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ค่าความถูกต้อง

โดยรวม (Overall accuracy) และสถิติแคปป่า (Kappa Statistic) เพื่อแสดงความถูกต้องและความสอดคล้องผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Phischayangkul, 2007; Chuchip, 2018)

4.2 การวิเคราะห์รูปแบบการกระจายพื้นที่ปลูกอ้อย ทำการวิเคราะห์รูปแบบการกระจายด้วยแบบจำลอง Moran's I เป็นแบบจำลองในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ การวิจัยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อยที่ได้จากการจำแนกมาวิเคราะห์หาค่าการกระจายพื้นที่ปลูกอ้อย ผลลัพธ์แสดงค่าที่ใกล้เคียง +1 คือ รูปแบบการเกาะกลุ่ม แต่ถ้าค่าที่เข้าใกล้ -1 คือ แบบรูปการกระจาย และค่าที่เข้าใกล้ 0 เป็นแบบสุ่ม (Lee & Wong, 2000) การกระจายพื้นที่ปลูกสามารถใช้เป็นแนวทางเลือกพื้นที่การคาดการณ์ผลผลิต

4.3 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2547 2553 และ 2561 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ 1) ช่วงปี 2547 - 2553 เป็นช่วงก่อนมีโครงการส่งเสริมการปลูกอ้อย และ 2) ช่วงหลังปี 2553 - 2561 โดยทำการวิเคราะห์ด้วยการซ้อนทับข้อมูล (Overlay analysis) จากนั้นทำการวิเคราะห์ตารางการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ (Chang detection matrix) เพื่อทราบค่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Lee & Wong, 2000; Jansen, 1998)

#### 4.4 การคาดการณ์ผลผลิตอ้อย

จากการวิเคราะห์การกระจายพื้นที่ปลูกอ้อยสูง จากนั้นทำการเลือกพื้นที่แปลงที่มีเกาะกลุ่มแบบเจาะจงมาทำการคาดการณ์ผลผลิตด้วยข้อมูลภาพถ่ายระยะเฉียดสูงร่วมกับข้อมูลภาคสนาม มีขั้นตอนวิเคราะห์ ได้แก่

1. การจำแนกความหนาแน่นพื้นที่ปลูกอ้อยจากข้อมูลอากาศยานไร้คนขับด้วยวิธีการจำแนกแบบลำดับขั้น ร่วมกับค่าดัชนีสีเขียว (ExG) เพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นและการคาดการณ์ผลผลิต โดยอ้อยสามารถแบ่งการเจริญเติบโตเป็น 4 ช่วง ได้แก่ ระยะเวลาที่ 1 เป็นช่วงงอกของตาอ้อยเริ่มปลูกถึง 40 วัน ระยะเวลาที่ 2 เป็นการแตกกอช่วง 40 - 120 วัน ระยะเวลาที่ 3 การย่นปล้องของลำต้นช่วง 120 - 270 วัน และระยะเวลาที่ 4 การเติบโตเต็มช่วง 270 - 360 วัน แต่ละช่วงอายุมีลักษณะภาพลำต้นและใบที่แตกต่างกัน (Office of the Cane and Sugar Board, 2017) ทำให้ค่าการสะท้อนระหว่างช่วงคลื่นและดัชนีสีเขียวมีความแตกต่างของวัตถุอ้อย จึงนำภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับที่ได้จากการสำรวจในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตมาวิเคราะห์สัดส่วนค่าดัชนีสีเขียว (Som-ard *et al.*, 2018) เพื่อแยกแยะพื้นที่อ้อยและไม่ใช่อ้อยทั้ง 4 ระยะการเจริญเติบโต ดังสมการที่ 1 (Bruno *et al.*, 2017)

$$ExG = 2G - R - B \quad (1)$$

โดยที่ ExG คือ ค่าดัชนีสีเขียว G คือ ค่าช่วงคลื่นสีเขียว R คือ ค่าสีแดง B คือ ค่าสีน้ำเงิน

2. การคาดการณ์ผลผลิตด้วยค่าดัชนีสีเขียว (ExG) และจำนวนต้นที่ได้รวบรวมจากแปลงตัวอย่างขนาด 1.5x1.5 เมตร มาหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ดังสมการที่ 2 (Rinthaisong, 2016)

$$r = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{\sum (x^2 - n\bar{x}^2) \sum (y^2 - n\bar{y}^2)}} \quad (2)$$

โดยที่ r คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ n คือ จำนวนแปลงตัวอย่าง  $\bar{X}$  คือ ค่าเฉลี่ยจำนวนต้น  $\bar{Y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของค่าดัชนี ExG

จากนั้นทำการสร้างสมการการคาดการณ์ผลผลิตด้วยวิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยอย่างง่าย (Simple regression analysis) ระหว่างค่าดัชนีสีเขียวและน้ำหนักของผลผลิตต่อต้น จากการรวบรวมแปลงตัวอย่าง 40 แปลง มีจำนวนผลผลิตจริงจำนวน 901 กิโลกรัม ดังสมการที่ 3 (Malczewski, 1999)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x \quad (3)$$

โดยที่ Y คือ ตัวแปรตาม X คือ ตัวแปรต้น

3. การตรวจสอบความถูกต้องการคาดการณ์ โดยการหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ด้วยการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างค่าการคาดการณ์และผลผลิตจริงที่ได้จากการสำรวจ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) เป็นวิธีวัดความแม่นยำ โดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดการคาดการณ์ระหว่างผลผลิตจริงต่อไร่กับผลผลิตข้อยที่ได้จากการวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นค่าความคลาดเคลื่อนค่าพยากรณ์เทียบกับค่าจริงที่แสดงรูปแบบร้อยละ ซึ่งหากค่าความคลาดเคลื่อนผลลัพธ์ต่ำ ทำให้ความถูกต้องและแม่นยำวิธีการสูง ดังสมการที่ 4 (Kanjanasut, 2014)

$$MAPE = \left[ \frac{\sum A_i \frac{F_i}{A_i}}{N} \right] \times 100 \quad (4)$$

โดยที่  $A_i$  คือ ผลผลิตจริงต่อไร่  $F_i$  คือ ผลผลิตที่ได้จากการคาดการณ์ N คือ จำนวนทั้งหมด

## ผลการวิจัย

### 1. การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การศึกษาครั้งนี้ทำการเปรียบเทียบเกณฑ์การแยกวัตถุ (OBIA) ร่วมกับข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกจริงที่ได้จากการออกภาคสนาม ซึ่งการแยกวัตถุภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 ปี 2547 และ 2553 ทดลองทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด คือ ขนาด 5 รูปร่าง 0.3 และค่าความบีบอัด 0.5 และทดลองค่าพารามิเตอร์ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ปี 2561 ค่าที่เหมาะสมที่สุด คือ ขนาด 15 รูปร่าง 0.6 และค่าความบีบอัด 0.6 เนื่องจากรูปร่างและค่าการสะท้อนของสีภาพมีความชัดเจน จึงทำให้สามารถแยกวัตถุที่ปรากฏในภาพใกล้เคียงกับแปลงเพาะปลูกจริงมากที่สุด

การประเมินความถูกต้องการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน 3 ปี พบว่า การจำแนกภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 ปี 2547 มีค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 86.18 และค่า kappa 83.06% ปี 2553 มีค่าความถูกต้องร้อยละ 87.41% และค่า kappa ร้อยละ 84.68% และการจำแนกภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ปี 2561 มีค่าร้อยละ 89.72 และค่า kappa ร้อยละ 87.51% มีค่าความถูกต้องมากกว่าปี 2547 และ 2553 เนื่องจากการสะท้อนสีและรูปร่างของวัตถุมีความชัดเจนมากกว่าภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 สอดคล้องกับการศึกษาของ Moonlamani (2018) จำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 พบว่า ค่าความถูกต้องโดยรวมค่อนข้างสูง เพราะภาพถ่ายจากดาวเทียมมีคุณสมบัติการสีและรายละเอียดสูงเหมาะต่อการจำแนกด้วยวิธีการเชิงวัตถุ

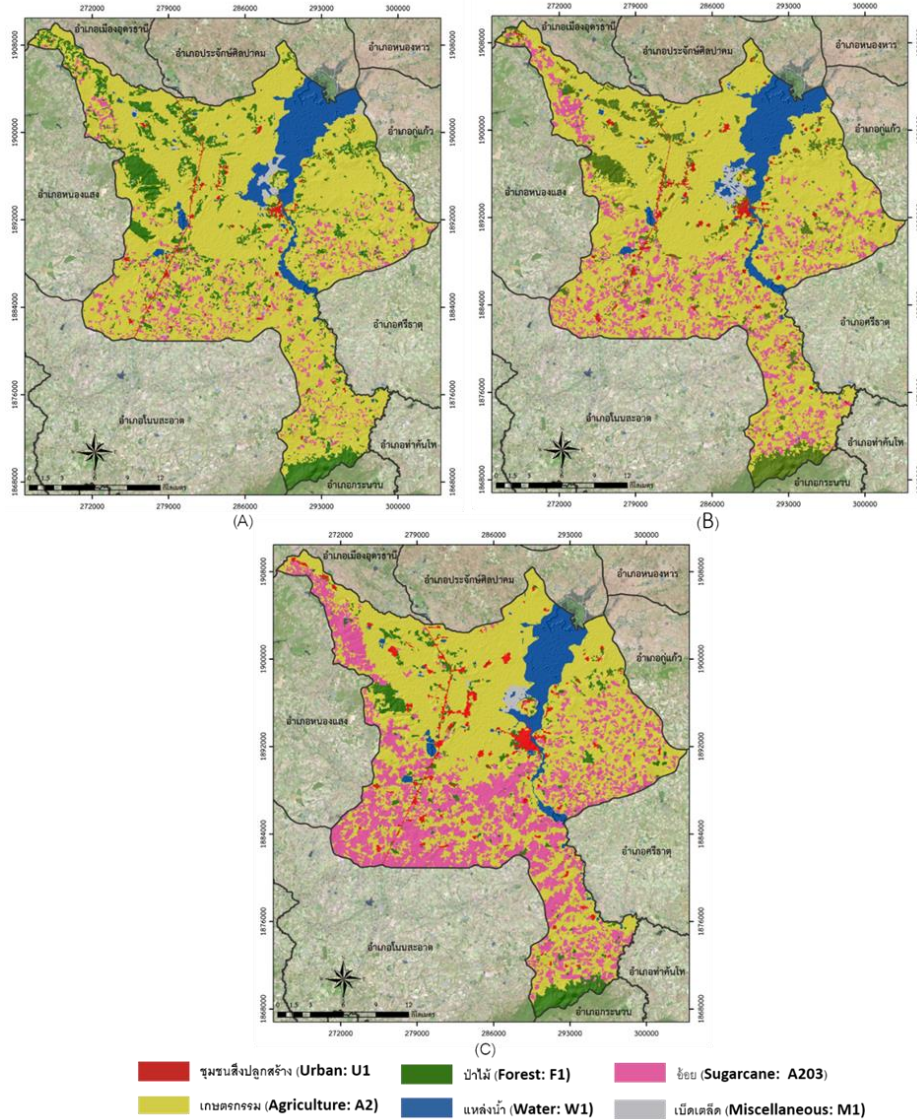
การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 ปี 2547 2553 พบว่า ปี 2547 จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินรวมพื้นที่ทั้งหมด 423,078 ไร่ พื้นที่เกษตรกรรมมีการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด 302,361 ไร่ ร้อยละ 71.47 รองลงมาคือ ป่าไม้ 53,336 ไร่ ร้อยละ 12.61 แหล่งน้ำ 32,916 ไร่ ร้อยละ 7.78 ส่วนพื้นที่ปลูกข้อย 26,288 ไร่ ร้อยละ 6.21

ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 4,443 ไร่ ร้อยละ 1.05 และพื้นที่เบ็ดเตล็ด 3,734 ไร่ ร้อยละ 0.88 ตามลำดับ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าว มันสำปะหลัง ไร่หมุนเวียนขนาดเล็ก รองลงมาเป็นป่าไม้ โดยทั่วไปเป็นชนิดป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้ง ลักษณะเป็นป่าโปร่ง รวมถึงลำห้วยขนาดเล็กที่กระจายอยู่ทั่วไป และหนองหารกุมภวาปีที่เกษตรกรใช้ทำกิจกรรมการเกษตร ปี 2553 พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุด 286,484 ไร่ ร้อยละ 67.71 รองลงมาคือ พื้นที่ปลูกอ้อย 53,930 ไร่ ร้อยละ 12.75 ส่วนป่าไม้มีพื้นที่ 42,009 ไร่ ร้อยละ 9.93 แหล่งน้ำ 31,010 ไร่ ร้อยละ 7.33 ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 6,587 ไร่ ร้อยละ 1.56 และพื้นที่เบ็ดเตล็ด 3,058 ไร่ ร้อยละ 0.72 ตามลำดับ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าว มันสำปะหลัง และเกษตรผสมผสาน แต่มีสัดส่วนลดลงจากปี 2547 เนื่องจากบางพื้นที่เกษตรกรได้ปรับเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เพาะปลูกอ้อยมากขึ้น พบมากบริเวณตำบลหนองหัว ปะโค และท่าลี่ นอกจากนี้เกษตรกรยังมีการบุกเบิกพื้นที่ป่าไม้เพื่อขยายพื้นที่ปลูกอ้อยและสร้างสิ่งก่อสร้างมากขึ้น (ดังภาพที่ 1) และภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ปี 2561 พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เกษตรกรรมยังคงมากที่สุด 246,570 ไร่ ร้อยละ 58.28 รองลงมา คือ พื้นที่ปลูกอ้อย 115,135 ไร่ ร้อยละ 27.21 ส่วนพื้นที่แหล่งน้ำ 26,199 ไร่ ร้อยละ 6.19 ป่าไม้มีพื้นที่ 20,763 ไร่ ร้อยละ 4.91 ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 11,520 ไร่ ร้อยละ 2.72 และพื้นที่เบ็ดเตล็ด 2,891 ไร่ ร้อยละ 0.68 ตามลำดับ ยังคงเป็นพื้นที่นาที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด พบมากบริเวณตำบลเชียงแหว ผาสุก พันดอน อีกทั้งยังมีการขยายพื้นที่ปลูกอ้อยมากขึ้นกว่าเดิม เนื่องจากเกษตรกรได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลและโรงงานน้ำตาล ประกอบกับมีเครื่องมืออุปกรณ์ที่สะดวกสบายมาใช้ในการผลิตอ้อย (ดังตารางที่ 1 และดังภาพที่ 2)

**ตารางที่ 1** แสดงการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2547 2553 และปี 2561

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2547 2553 และปี 2561					
	ปี 2547		ปี 2553		ปี 2561	
	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ (%)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ (%)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ (%)
ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง (Urban: U1)	4,443	1.05	6,587	1.56	11,520	2.72
เกษตร (Agriculture: A2)	302,361	71.47	286,484	67.71	246,570	58.28
ป่าไม้ (Forest: F1)	53,336	12.61	42,009	9.93	20,763	4.91
แหล่งน้ำ (Water: W1)	32,916	7.78	31,010	7.33	26,199	6.19
อ้อย (Sugarcane: A203)	26,288	6.21	53,930	12.75	115,135	27.21
เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous: M1)	3,734	0.88	3,058	0.72	2,891	0.68
<b>รวม</b>	<b>423,078</b>	<b>100.00</b>	<b>423,078</b>	<b>100.00</b>	<b>423,078</b>	<b>100.00</b>

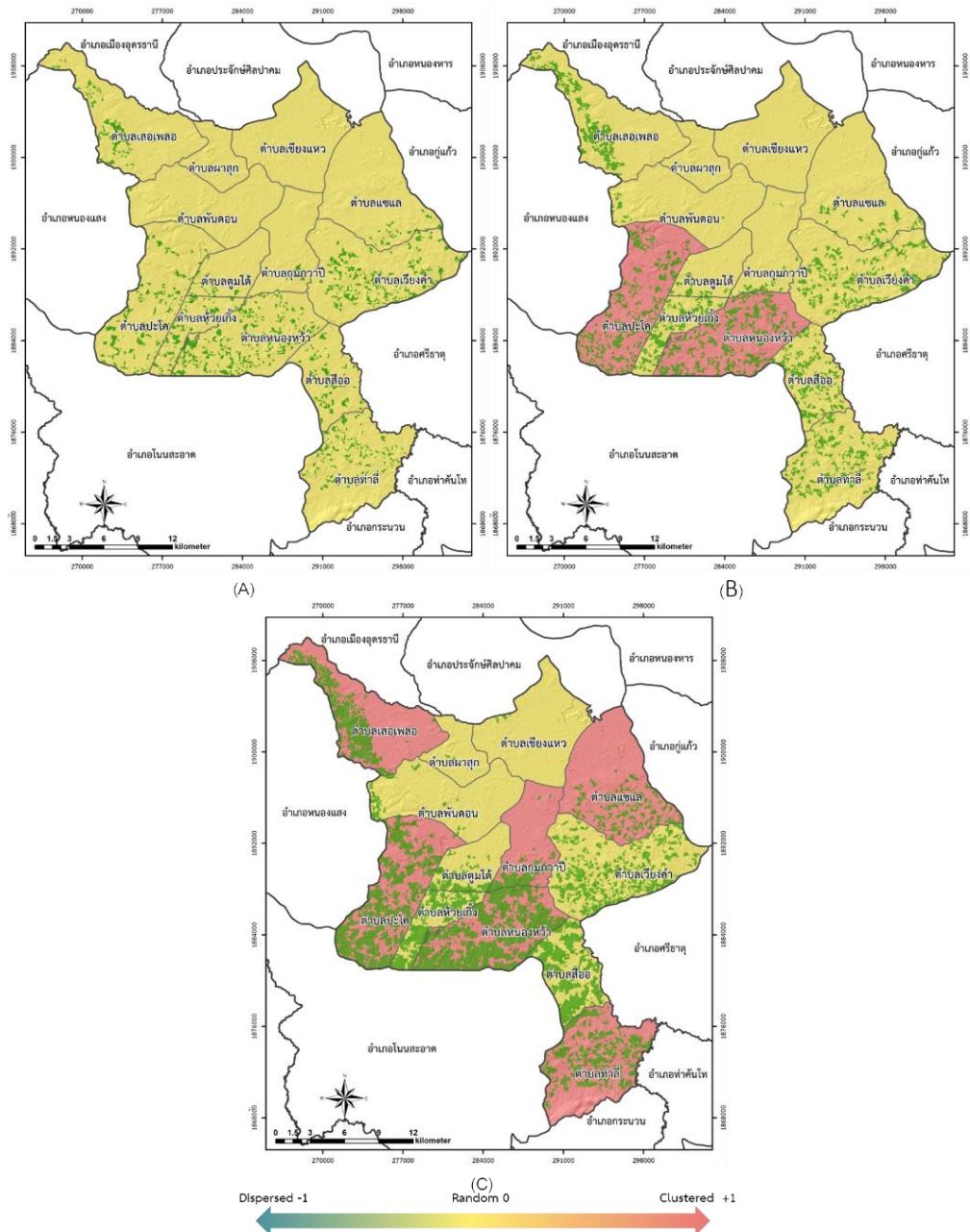




ภาพที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2547 (A) 2553 (B) และปี 2561 (C)

2. รูปแบบการกระจายพื้นที่ปลูกอ้อย

การศึกษารูปแบบการกระจายพื้นที่ปลูกอ้อยด้วยแบบจำลอง Moran's I พบว่า ปี 2547 พื้นที่ปลูกอ้อยทุกตำบลส่วนใหญ่มีรูปแบบพื้นที่ปลูกอ้อยกระจายแบบสุ่ม ปี 2553 พบว่า ตำบลหนองหัว และพะโค มีรูปแบบการกระจายแบบเกาะกลุ่ม ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในทิศทางเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกอ้อย เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่เริ่มได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล และปี 2561 พบว่า ตำบลเสอเพลอ ท่าลี่ แซแล กุมภาวปี หนองหัว และพะโค มีพื้นที่ปลูกอ้อยกระจายแบบเกาะกลุ่มกันมากขึ้น แสดงให้เห็นถึงทิศทางการขยายตัวพื้นที่ปลูกอ้อยและความต้องการของเกษตรกรในการผลิตอ้อยให้ได้ปริมาณมากกว่าช่วงเดิม (ดังภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 รูปแบบการกระจายพื้นที่ปลูกปี 2547 (A) 2553 (B) และปี 2561 (C)

3. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา ได้แก่ 1) ช่วงปี 2547 - 2553 มีคาบเวลาห่างกัน 6 ปี คือ ช่วงก่อนมีโครงการส่งเสริมการปลูกอ้อย พบว่า พื้นที่ปลูกอ้อยมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เพิ่มมากขึ้นมากที่สุด จำนวนร้อยละ 46.40 รองลงมาเป็นการทำเกษตรกรรมประเภทอื่นที่ลดลงร้อยละ 26.65 ป่าไม้ลดลงร้อยละ 19.01 ส่วน ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.60 แหล่งน้ำลดลงถึงร้อยละ 3.20 และพื้นที่เบ็ดเตล็ดลดลงร้อยละ 1.13 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นการขยายตัวด้านเศรษฐกิจและการอพยพเข้ามาตั้งถิ่นฐานเพื่อประกอบอาชีพของประชากร ส่งผลให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินมากขึ้น โดยเฉพาะการขยายตัวของพื้นที่ปลูกอ้อยและการสร้างสิ่งปลูกสร้างบริเวณถนน หมายเลข 2 - 2025 (ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 4) ช่วงหลังปี 2553 - 2561 มีคาบเวลาห่างกัน 8 ปี พบว่า ยังคงเป็นพื้นที่

ปลูกอ้อยที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปี 2553 จำนวนร้อยละ 46.27 รองลงมาเป็นเกษตรกรรมที่ลดลงถึงร้อยละ 30.17 ป่าไม้ลดลงร้อยละ 16.06 ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างยังคงมีสัดส่วนพื้นที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.73 แหล่งน้ำลดลงถึงร้อยละ 3.64 และพื้นที่เบ็ดเตล็ดลดลงร้อยละ 0.13 ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง คือ การขยายตัวด้านระบบการเกษตรและการพัฒนาโครงการที่สำคัญ โดยเฉพาะโครงการส่งเสริมการปลูกอ้อย ทำให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนที่ดินมาปลูกอ้อยมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังมีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อสร้างที่อยู่อาศัยเป็นจำนวนมาก (ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 4

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี 2547-2553 และ 2553-2561

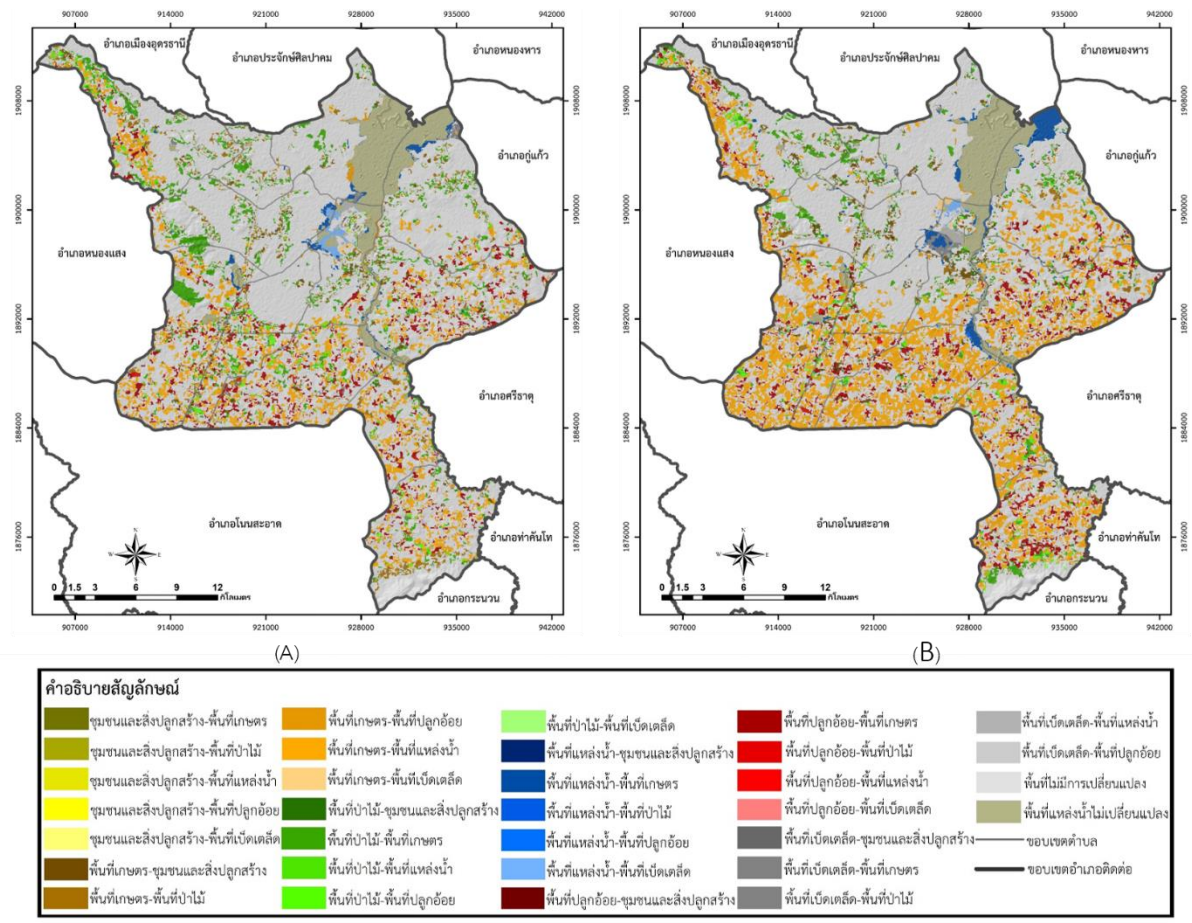
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	คาบเวลา 5 ปี เนื้อที่ (ไร่)		การเปลี่ยนแปลง		คาบเวลา 8 ปี เนื้อที่ (ไร่)		การเปลี่ยนแปลง	
	ปี 2547	ปี 2553	ผลต่าง	ร้อยละ	ปี 2553	ปี 2561	ผลต่าง	ร้อยละ
ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง (Urban: U1)	4,443	6,587	+2,144	3.60	6,587	11,520	+4,933	3.73
เกษตร (Agriculture: A2)	302,361	286,484	-15,877	26.65	286,484	246,570	-39,914	30.17
ป่าไม้ (Forest: F1)	53,336	42,009	-11,327	19.01	42,009	20,763	-21,246	16.06
แหล่งน้ำ (Water: W1)	32,916	31,010	-1,906	3.20	31,010	26,199	-4,811	3.64
อ้อย (Sugarcane: A203)	26,288	53,930	+27,642	46.40	53,930	115,135	+61,205	46.27
เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous: M1)	3,734	3,058	-676	1.13	3,058	2,891	-167	0.13
<b>รวม</b>	<b>423,079</b>	<b>423,079</b>	<b>+59,572</b>	<b>100.00</b>	<b>423,078</b>	<b>423,078</b>	<b>+132,279</b>	<b>100.00</b>

ตารางที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินช่วงปี 2547 - 2553

ประเภทการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ไร่)	การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2553							
	U1	A2	F1	W1	A203	M1	รวม	
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2547	ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง (Urban: U1)	4,208	63	35	12	109	16	4,443
	เกษตร (Agriculture: A2)	2,113	272,847	60	1,981	23,468	1,892	302,361
	ป่าไม้ (Forest: F1)	103	990	41,815	7	10,401	20	53,336
	แหล่งน้ำ (Water: W1)	33	3,324	28	28,503	27	1,001	32,916
	อ้อย (Sugarcane: A203)	41	6,159	59	67	19,899	63	26,288
	เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous: M1)	89	3,101	12	440	26	66	3,734
	<b>รวม</b>	<b>6,587</b>	<b>286,484</b>	<b>420,09</b>	<b>31,010</b>	<b>53,930</b>	<b>3,058</b>	<b>423,078</b>

ตารางที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินช่วงปี 2553 - 2561

ประเภทการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ไร่)	การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2561							
	U1	A2	F1	W1	A203	M1	รวม	
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2553	สิ่งปลูกสร้าง (Urban: U1)	4,545	1,387	98	18	304	235	6,587
	เกษตร (Agriculture: A2)	4,714	189,934	5,603	1,994	83,047	1,192	286,484
	ป่าไม้ (Forest: F1)	1,010	24,564	13,828	143	2,410	54	42,009
	แหล่งน้ำ (Water: W1)	82	6,794	116	23,543	139	336	31,010
	อ้อย (Sugarcane: A203)	1,005	22,700	1,047	65	29,054	59	53,930
	เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous: M1)	164	1,191	71	436	181	1,015	3,058
	<b>รวม</b>	<b>11,520</b>	<b>246,570</b>	<b>20,763</b>	<b>26,199</b>	<b>115,135</b>	<b>2,891</b>	<b>423,078</b>

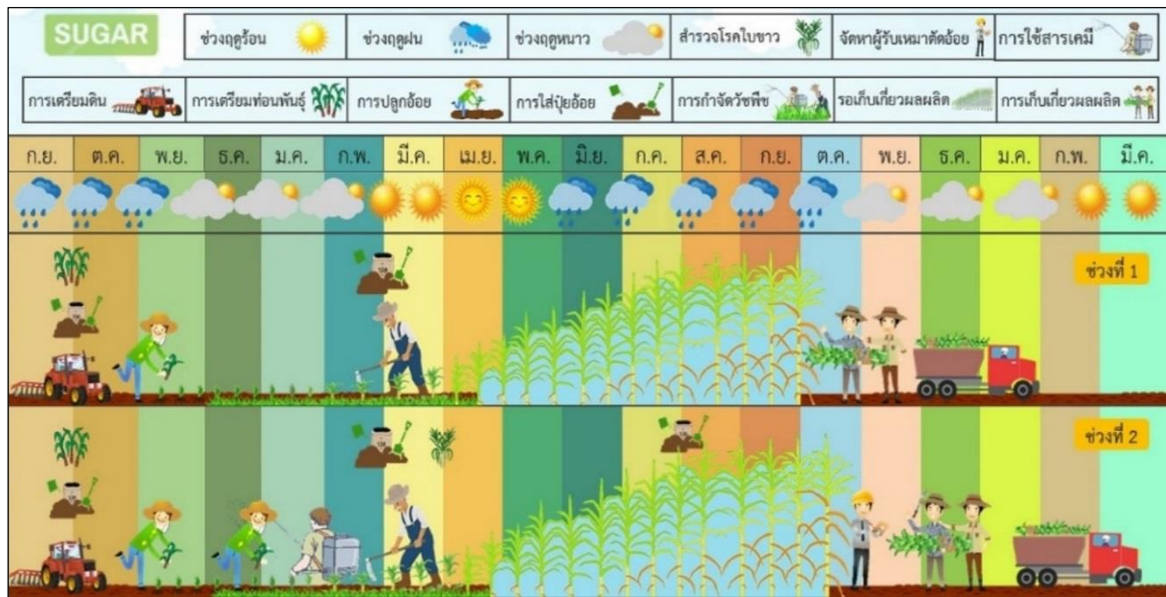


ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินช่วงปี 2547 - 2553 (A) และช่วงปี 2553 - 2561 (B)

กระบวนการผลิตอ้อยช่วงก่อนมีโครงการ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ผลิตอ้อยเพื่อสร้างเป็นรายได้เสริมหลังจากทำการเกษตรประเภทอื่น มีการลงทุนต่อไร่สูงเพราะจ้างแรงงานปลูกและตัด รวมถึงแรงงานในครอบครัว ทำให้พื้นที่ปลูกค่อนข้างน้อย เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกโดยอาศัยปัจจัยทางธรรมชาติและใ้ปุ๋ยชีวภาพที่เกษตรกรหาได้เอง แต่ช่วงหลังมีโครงการ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เริ่มปรับเปลี่ยนที่ดินประเภทอื่นมาปลูกอ้อยแทนมากขึ้น การรายงานของ Office of the National Economic and Social Development Council (2016); Office of the Cane and Sugar Board (2017) กล่าวว่า ปัจจุบันเกษตรกรเริ่มมีการยอมรับนโยบายสนับสนุนการผลิตอ้อยเป็นพลังงาน ส่งผลให้เกษตรกรเลือกปรับเปลี่ยนพื้นที่มาปลูกอ้อยเพื่อเพิ่มรายได้ และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินช่วงปี 2553 - 2561 พื้นที่เกษตรกรรมจำนวนมากถูกเปลี่ยนสภาพเป็นพื้นที่ปลูกอ้อย ประกอบกับรัฐบาลและโรงงานน้ำตาลให้การสนับสนุนด้านพันธุ์อ้อยจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ขณะเดียวกันเกษตรกรกลับมีการลงทุนต่อไร่สูงขึ้นตาม เนื่องจากมีเครื่องจักรกลมาใช้แทนแรงงานคน มีการซื้อปุ๋ยเคมีหรือสารเคมีกำจัดวัชพืชราคาแพงมาใช้มากขึ้น สอดคล้องกับ Khansila and Mongkonthum (2014) พบว่า ต้นทุนที่ใช้ผลิตอ้อยส่วนใหญ่เป็นค่าปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช ทำให้เกษตรกรลงทุนต่อไร่สูง จึงส่งผลให้กระบวนการผลิตอ้อยมีการเปลี่ยนแปลงไปจากช่วงเดิม

จากการศึกษาช่วงฤดูกาลเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยในช่วงก่อนและหลังมีโครงการส่งเสริมการปลูกอ้อย โดยรวบรวมข้อมูลการเพาะปลูกถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตมาจัดทำปฏิทินการปลูกอ้อย พบว่า กิจกรรมการเพาะปลูกอ้อยช่วงแรก เกษตรกรส่วนใหญ่มีการใช้พื้นที่ค่อนข้างน้อย อาศัยความชื้นช่วงปลายฤดูฝนเป็นหลัก (Department of

Agriculture, 2012c) จึงเริ่มมีการเตรียมดินและท่อนพันธุ์เดือนกันยายน และเริ่มปลูกเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน เมื่อออกถึงเดือนกุมภาพันธ์ เกษตรกรจะเริ่มดูแลรักษาโดยการกำจัดวัชพืชด้วยแรงคนคยหญ้า อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย จอบ เสียม จอบขุดดิน และคราดพรวนดิน มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพบริเวณร่องปลูก หลังจากนั้นปล่อยให้ย่อยเจริญเติบโตเองตามธรรมชาติ และรอเก็บเกี่ยวผลผลิตเดือนตุลาคมถึงมกราคม แต่ช่วงหลังมีโครงการ พบว่า เริ่มมีความแตกต่างไปจากช่วงแรก เนื่องจากเกษตรกรได้เพิ่มระยะเวลาการปลูกและตัดมากขึ้นกว่าเดิม เพราะมีปริมาณผลผลิตมากขึ้นกว่าเดิม ส่งผลให้โรงงานน้ำตาลมีการเพิ่มระยะเวลาในการเปิดหีบรับผลผลิตมากขึ้นตาม ดังภาพที่ 5

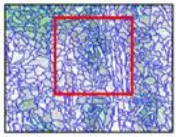


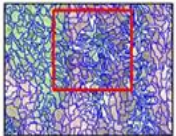


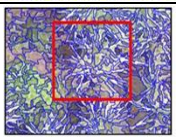


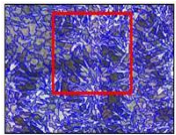




ภาพที่ 5 กระบวนการผลิตอ้อยในช่วงก่อนและหลังมีโครงการส่งเสริมการปลูกอ้อย

#### 4. การคาดการณ์ผลผลิตอ้อยด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV)

การเจริญเติบโตมีลักษณะทางกายภาพของต้นอ้อยที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุ การศึกษาจึงทำการบันทึกข้อมูลภาพในแต่ละเวลาที่แตกต่างกันตามช่วงการเจริญเติบโต การวิจัยจึงกำหนดเกณฑ์แยกวัตถุที่สอดคล้องกับค่าจุดภาพของวัตถุ ตามเกณฑ์การแยกที่มีความเหมาะสมและครอบคลุมพุ่มของต้นอ้อย ดังตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** การจำแนกวัตถุย่อยทั้ง 4 ระยะการเจริญเติบโต

ระยะการเจริญเติบโต	แยกวัตถุ	ภาพถ่ายทางอากาศ	ภาพถ่ายภาคสนาม	เกณฑ์พิจารณา
ระยะงอก				ขนาด = 9 รูปร่าง = 0.3 ค่าการบีบอัด = 0.5
ระยะแตกกอ				ขนาด = 10 รูปร่าง = 0.4 ค่าการบีบอัด = 0.5
ระยะย่างปล้อง				ขนาด = 13 รูปร่าง = 0.3 ค่าการบีบอัด = 0.5
ระยะแก่หรือสุก				ขนาด = 13 รูปร่าง = 0.3 ค่าการบีบอัด = 0.5

การจำแนกพื้นที่อ้อยและไม่ใช่อ้อยแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ได้กำหนดเกณฑ์การจำแนก ได้แก่

ระยะงอก ช่วงเริ่มต้นของการปลูก การจำแนกพื้นที่อ้อยมีความถูกต้อง 95% มีค่าความถูกต้องค่อนข้างสูง แต่การจำแนกยังมีความคลาดเคลื่อนเพราะบางพื้นที่ไปปกคลุมค่อนข้างน้อย ส่งผลให้ค่าการสะท้อนของดินมีการปะปน ทำให้จำแนกเกิดการผิดพลาดได้

ระยะแตกกอ เป็นการเริ่มเจริญเติบโต มีค่าความถูกต้อง 95% แต่ยังพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเกิดจากบางพื้นที่มีใบอ้อยปกคลุมค่อนข้างน้อย ทำให้เกิดการจำแนกด้วยวิธีการเกิดความผิดพลาดได้

ระยะย่างปล้อง ช่วงที่อ้อยเจริญเติบโตเร็วที่สุด มีค่าความถูกต้อง 98% ใบอ้อยเริ่มมีการปกคลุมอย่างหนาแน่น ทำให้การแยกข้อมูลวัตถุในภาพสามารถแยกได้ค่อนข้างถูกต้อง

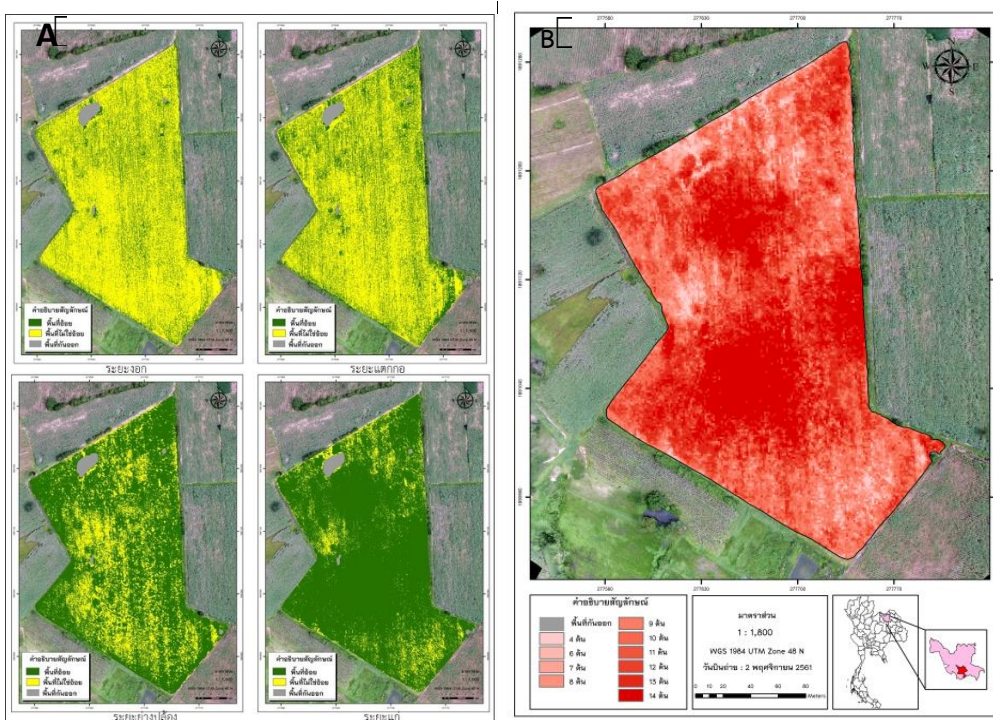
ระยะแก่ เป็นระยะที่มีการเจริญเติบโตของอ้อยสูงสุด มีค่าความถูกต้อง 99% เพราะลักษณะของทรงพุ่ม ใบ และลำต้น มีความหนาแน่นสูง ทำให้การจำแนกด้วยวิธีการ (OBIA) สามารถทำการจำแนกพื้นที่อ้อยออกจากพื้นที่อื่นได้อย่างถูกต้องและชัดเจน (ภาพที่ 6)

**ตารางที่ 6** ตรวจสอบค่าความถูกต้องพื้นที่อ้อยและไม่ใช่อ้อย

ระยะการเจริญเติบโต	พื้นที่อ้อย (จุดตรวจสอบ)		พื้นที่ไม่ใช่อ้อย (จุดตรวจสอบ)		ค่าความถูกต้องโดยรวม (เปอร์เซ็นต์)
	อ้อย	ไม่ใช่อ้อย	ไม่ใช่อ้อย	อ้อย	
ระยะงอก	47	3	48	2	95
ระยะแตกกอ	47	3	48	2	95
ระยะย่างปล้อง	49	1	49	1	98
ระยะแก่หรือสุก	50	0	49	1	99

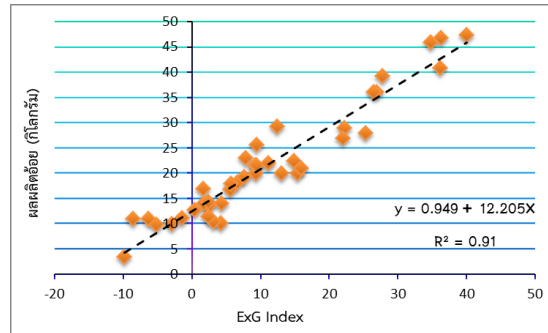
จากการจำแนกพื้นที่อ้อยทั้ง 4 ระยะ พบว่า ระยะย่างปล้องและระยะแก่มีค่าความถูกต้องสูงสุด นอกจากนี้ยังเป็นระยะที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่และผลผลิตน้ำตาลในลำต้น (Office of the Cane and Sugar Board, 2017) ข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจช่วงนี้ยังเห็นลักษณะทางกายภาพของอ้อยอย่างชัดเจน

การวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระยะอย่างปล้องและระยะแก่งระหว่างค่าดัชนีสีเขียว (ExG) และจำนวนต้นอ้อยที่ได้จากการออกสำรวจทั้งหมด 100 แปลง พบว่า ระยะอย่างปล้องมีค่าความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.55 อยู่ในเกณฑ์ความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ระยะแก่งมีค่าความสัมพันธ์ (R) เป็น 0.84 อยู่ในเกณฑ์ความสัมพันธ์ระดับสูงที่สุด เนื่องจากลักษณะกายภาพของใบมีความสัมพันธ์กับจำนวนต้นจริง การศึกษาครั้งนี้ทำการเลือกระยะแก่งเพื่อใช้ในการคาดการณ์ผลผลิต โดยทำการจัดกลุ่มความหนาแน่นทั้งหมด 10 กลุ่ม ขนาดแปลงอ้อย 1.5x1.5 เมตร ร่วมกับข้อมูลจำนวนต้นอ้อย ที่ได้จากการรวบรวมจากการออกภาคสนาม พบว่า แต่ละกลุ่มมีจำนวนต้นเฉลี่ย ได้แก่ 4 6 7 8 9 10 11 12 13 และ 14 ต้น มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Bruno *et al.*, (2017) ที่กำหนดเกณฑ์จากลักษณะกายภาพของทรงพุ่มที่มีขนาดใหญ่ค่อนข้างหนาแน่นมีจำนวนต้นมาก และพุ่มที่มีขนาดเล็กมีจำนวนต้นน้อย



ภาพที่ 6 พื้นที่อ้อยและไม่ใช่อ้อย (A) ความหนาแน่นของพื้นที่แปลงอ้อย (B)

จากการสร้างสมการคาดการณ์ผลผลิตด้วยสมการถดถอยอย่างง่าย (Simple linear regression) พบว่า สมการสามารถใช้คาดการณ์ผลผลิตอ้อยต่อแปลงตัวอย่างได้อย่างแม่นยำ ผลผลิตจริงจากแปลงตัวอย่างที่กำหนดจำนวน 40 แปลง มีจำนวน 901 กิโลกรัม และผลผลิตจากการคาดการณ์ผลผลิต 40 แปลง มี 908.56 กิโลกรัม เมื่อทดสอบความถูกต้องค่าทางสถิติ ( $R^2$ ) มีค่า 0.91 เห็นได้ว่าค่าดัชนีสีเขียว (ExG) มีความสอดคล้องกับผลผลิตต่อแปลงตัวอย่างดีมากและสมการอยู่ในเกณฑ์ประสิทธิภาพดีเยี่ยม เพราะค่าความคลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 0.90 และ nRMSE เป็น 4% ซึ่งการคาดการณ์ผลผลิตเกิดความผิดพลาดน้อย (Office of the Cane and Sugar Board, 2013) การศึกษาครั้งนี้สามารถนำสมการคาดการณ์ผลผลิตเพื่อใช้ทำนายผลผลิตอ้อยแปลงอื่น ๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ



ภาพที่ 7 สมการการคาดการณ์ผลผลิต

การคาดการณ์ผลผลิตพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงทดลองระยะแก่ พบว่า การลงพื้นที่รวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรมีผลผลิตจริงจำนวน 413,000 กิโลกรัม (413 ตัน) การคาดการณ์จากสมการที่สร้างขึ้นได้ผลผลิตจำนวน 396,606 กิโลกรัม (396.60 ตัน) ซึ่งผลผลิตจากการคาดการณ์มีค่าใกล้เคียงกับผลผลิตจริง เนื่องจากสมการการคาดการณ์มีจำนวนแปดตัวอย่างครอบคลุมพื้นที่ทดลอง มีการเก็บข้อมูลผลผลิตต่อแปลงที่เพียงพอและค่าดัชนีสีเขียว (ExG) มีความสัมพันธ์กับผลผลิตต่อแปลงค่อนข้างสูง ทำให้ประสิทธิภาพความแม่นยำการคาดการณ์ผลผลิตต่อแปลงมีความถูกต้องสูง เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนแบบสัมบูรณ์ MAPE ของการคาดการณ์เท่ากับ 0.06% (Kanjanasut, 2014) ส่วนความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการจำแนกพื้นที่อ้อยและไม่อ้อยที่มีความผิดพลาด เพราะบางพื้นที่มีหญ้าค่อนข้างมาก ทำให้แยกพื้นที่แปลงอ้อยค่อนข้างยาก ส่งผลให้การทำนายผลผลิตมีความคลาดเคลื่อน และลักษณะกายภาพความหนาแน่นของใบอ้อยบางพื้นที่ไม่สัมพันธ์กับจำนวนต้นต่อแปลงตัวอย่าง เพราะบางแปลงตัวอย่างมีค่าดัชนีที่ไม่สัมพันธ์กับจำนวนต้นและน้ำหนักต้นจริงเกิดจากช่วงเวลาที่ทำการศึกษาจับคู่กับการเก็บเกี่ยวผลผลิตมีผลต่อการทำนายผลผลิตที่คลาดเคลื่อน (Bruno *et al*, 2017) ดังนั้นสมการการวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับใช้ในการทำนายผลผลิตต่อแปลงได้ แต่ควรใช้ทำนายผลผลิตก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน เพื่อให้การทำนายผลผลิตมีความถูกต้องสูง

### สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงก่อนและหลังมีโครงการส่งเสริมปลูกอ้อยและคาดการณ์ผลผลิตอ้อยด้วยอากาศยานไร้คนขับร่วมกับข้อมูลภาคสนาม พบว่า การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2547 2553 และ 2561 มีค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 86.18 87.41 และ 89.72% การจำแนกใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร การวิเคราะห์ทำการเลือกช่วงคลื่น Blue: 2 Green: 3 Red: 4 และ Near IR: 5 เพราะเป็นช่วงคลื่นที่มีการสะท้อนได้ดีในพืชพรรณทางการเกษตร มีความเพียงพอต่อการแยกพื้นที่แปลงอ้อยได้อย่างถูกต้อง เพราะสี รูปร่าง ขนาด และรูปร่างของแปลงอ้อยมีความแน่นอนและชัดเจน นอกจากนี้จากการรวบรวมข้อมูลภาคสนาม พบว่า ขนาดแปลงอ้อยมีเฉลี่ย 12 ไร่ มีจำนวนจุดภาพต่อแปลงประมาณ 20 จุดภาพต่อแปลง จึงเหมาะสมต่อการจำแนกด้วยวิธี OBIA ที่ให้ค่าความถูกต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินสูง (Som-ard, 2020) ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด เพราะเป็นอาชีพหลักของเกษตรกร ส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินช่วงปี 2547-2553 เป็นพื้นที่ปลูกอ้อยที่เปลี่ยนแปลงร้อยละ 5.55% มีรูปแบบการกระจายพื้นที่ปลูกอ้อยเป็นแบบสุ่มและช่วงปี 2553-2561 ยังคงเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยที่เปลี่ยนแปลงร้อยละ 19.63% มีการกระจายแบบเกาะกลุ่ม เพราะพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกอ้อย ส่วนการผลิตอ้อยช่วงก่อนมีโครงการเกษตรกรส่วนใหญ่มีความต้องการด้านการผลิตอ้อยค่อนข้างน้อย ส่วนมากปลูกโดยอาศัยปัจจัยทางธรรมชาติ แต่ปัจจุบันพบว่าเกษตรกรเริ่มมีกิจกรรมเพาะปลูกอ้อย



ที่เข้มข้นมากขึ้น เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากรัฐและโรงงานน้ำตาลให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนที่นาเพื่อขยายพื้นที่ปลูก อ้อยให้มากขึ้นกว่าเดิม สอดคล้องกับการรายงานของ Office of the Cane and Sugar Board (2017); Department of Agriculture (2012c) กล่าวว่าปัจจุบันเกษตรกรเริ่มมีการยอมรับนโยบายสนับสนุนการผลิตอ้อยเป็นพลังงาน ส่งผลให้ เกษตรกรเลือกที่ปรับเปลี่ยนพื้นที่ของตนมาปลูกอ้อยเพื่อให้มีรายได้มากขึ้น ประกอบกับมีการนำเทคโนโลยีทางการเกษตร มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และผลการจำแนกความหนาแน่นพื้นที่แปลงอ้อย ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับกับวิธีการจำแนกเชิงวัตถุด้วยค่าดัชนีสีเขียว (ExG) มีค่าความถูกต้องโดยรวม เป็น 99% เนื่องจากภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับสามารถมองเห็นรูปร่างของวัตถุได้อย่างชัดเจน อาจพบปัญหาในการ จำแนกช่วงระยะงอกและระยะแตกกอ เพราะมีใบปกคลุมน้อยและค่าการสะท้อนของดินค่อนข้างสูง แต่อย่างไรก็ตามการ จำแนกเชิงวัตถุให้ความถูกต้องกับภาพถ่ายที่มีความละเอียดสูง เพราะการจำแนกวิธีนี้ทำการพิจารณาเกณฑ์การแยกวัตถุ และความน่าจะเป็นเข้ามาช่วยในการจำแนก การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับจึงเหมาะสมกับการจำแนก ด้วยวิธี OBIA สอดคล้องกับการศึกษาของ Som-ard *et al*, (2018) และการหาค่าสหสัมพันธ์พบว่า ระยะแก่ ( $R=0.84$ ) มีค่าความสัมพันธ์สูงสุดเนื่องจากเป็นช่วงอายุอ้อยมีการเจริญเติบโตเต็มที่ จากนั้นสร้างสมการคาดการณ์ผลผลิตเห็นได้ว่า มีความคลาดเคลื่อนและค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ประสิทธิภาพดีเยี่ยม ค่าความคลาดเคลื่อน แบบสัมบูรณ์ค่อนข้างสูง การวิจัยครั้งนี้สามารถใช้แผนที่ปลูกอ้อยวางแผน จัดการเพาะปลูกพืชทางการเกษตร และ คาดการณ์พื้นที่แปลงอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครั้งต่อไปควรทำข้อมูลความสูง และธาตุอาหารในดินที่มีความสัมพันธ์กับ จำนวนต้น มาใช้ในการคาดการณ์ผลผลิตอ้อย เพื่อให้การพยากรณ์มีความถูกต้องเพิ่มขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเนื่องจากได้รับความช่วยเหลือ คำแนะนำและคำปรึกษาการแก้ไขปัญหาและแนวทางการทำวิจัยเป็นอย่างดีจากบุคคลที่เกี่ยวข้อง ผู้ทำวิจัยมีความซาบซึ้งในความช่วยเหลือเป็นอย่างยิ่งจึงใคร่ขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

### เอกสารอ้างอิง

- Boonserm. E. (2011). The application of remote sensing data for the study change of natural green space inThe area. Retrieved June 29, 2018, from [http://www.arts.chula.ac.th/~geography/TSG2015/docs/.../2.6% 20paper \\_Eakapan.pdf](http://www.arts.chula.ac.th/~geography/TSG2015/docs/.../2.6%20paper_Eakapan.pdf).
- Bruno, M., Hilton Luis Ferraz da Silveira, Ieda Del'Arco Sanche & Thales Sehn Körting. (2017). Identification of gaps in sugarcane plantations using UAV images: Faculty of Mechanical Engineering, University of Campinas, 1169-1176.
- Bunlue, T. (2018). Applying Drone for Generated Building Information Modeling (BIM) for Urban Architecture, the Case study of That Phanom District. (pp.137-148). Nakhon Phanom.
- Chuchip, K. (2018). Accuracy Assessment in Remote Sensing. Faculty of Forestry. Kasetsart University. (pp 18). Bangkok.
- Coppin, Pol R., & Marvin E. Bauer. (1996). Digital change detection in forest ecosystems with remote sensing imagery. *Remote sensing reviews*, 13,(3-4), 207-234.

- Department of Agriculture. (2011a). Receiving rainfall and suitable temperature for sugarcane growth. Retrieved January 14, 2018, from <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/144-4003>.
- Department of Agriculture. (2011b). Drought problems in the eastern region. Retrieved April 3, 2018, from <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/144-4003>.
- Department of Agriculture. (2012c). Sugarcane cultivation manual and sustainable sugarcane management. Retrieved January 23, 2018, from <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload>.
- Department of Agriculture. (2017). Test and Development on Sugarcane Production Technology for Specific area, Retrieved April 3, 2018, from <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/144-4003>
- International Sugar Organization. (2013). Report on climate change affecting Chae Oi production, Retrieved January 2, 2017, from <http://www.ocsb.go.th/upload/executive/fileupload/4784-3548>.
- Jansen, H., & Stoorvogel, J. (1998). Quantification of aggregation bias in regional agricultural land use models application to Guacamocounty. *Agricultural systems*, 58, 417-439.
- Kanjanasut, P., Tangtham, N., & Tokritana, R. (2014). Dry-Season Rice Yield Estimation with SMMS Data by Using Normalize Difference Vegetation Index: A Case Study of Muang District Suphan Buri. *Thai Science and Technology Journal*, 55-66.
- Khansila, T., & Mongkonthum, W. (2014). Factors affecting the selection of growing sugarcane in Nam Phong District. *Graduate Research Conference*, 6, 449-460.
- Kumphawapi Agriculture Office. (2012). Statistical data sugarcane plantation in Kumphawapi district. Udon Thani province. Retrieved January 31, 2017, from <http://kumphawapi.udonthani.doe.go.th/kaset-60.html>.
- Lan, Y., Thomson, S. J., Huang, Y., Hoffmann, W. C., & Zhang, H. (2010). Current status and future directions of precision aerial application for site-specific crop management in the USA. *Computers and electronics in agriculture*, 74(1), 34-38.
- Land Development Department. (2009). Type of land use, level 1 of the Department of Land Development. Retrieved January 22, 2017, from <https://siriwanwebsite.wordpress.com>
- Lee, J., & Wong DW. (2000). Statistical with ArcView GIS. (2005), 260-264
- Malczewski, J., (1999). GIS and multicriteria decision analysis. Department of Geography. (pp. 98-31452). University of Western Ontario.
- Moonlamani, J., Karnchanasutham, S., & Nualchawee, K. (2018). Application of geoinformation technology for classification of para rubber plantation areas, the case study of Borikhamxai province, Lao, PDR, *Journal of Geoinformation Technol*, 3, 13-26. (in Thai)
- Office of the Cane and Sugar Board. (2013), The project under the evaluation of the development and expansion of sugar cane varieties, Ministry of Industry, Bangkok, 35 p. (in Thai)

- Office of the Cane and Sugar Board. (2014). Material of training of project to reduce the cost of sugarcane production for farmer, Retrieved February 16, 2018, from <http://www.ocsb.go.th/upload/download/uploadfile/48-6461>.
- Office of the Cane and Sugar Board. (2017a). Sugarcane cultivation in the world, Retrieved June 6, 2017, from <http://www.ocsb.go.th/th/cms/detail.php?ID=9027&SystemModuleKey=international>.
- Office of the Cane and Sugar Board. (2017b). Sugarcane cultivation situation, production year 2008-2016. Retrieved March 15, 2018, from <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-9999>.
- Office of the Cane and Sugar Board. (2017c). Sugarcane plantation situation in Thailand, Director Cane and Sugar Industry Policy Bureau, Retrieved February 18, 2017, from <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-9999>.
- Office of the Cane and Sugar Board. (2018). The satellite data analysis by computer program for sugarcane classification. Retrieved February April 9, 2018, from <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-9999>.
- Pairot, V. (2015). Land use and Land Cover Change Simulation a Case Study of IndoChina Intersection Development Scenario Phitsanulok. Retrieved March 23, 2018, from <http://www.arts.chula.ac.th/~geography/TSG2015/docs/FullPaper/FullPaper/2.8.pdf>.
- Phischayangkul, T. (2007). Examination the Accuracy of Data from Satellite Image Classification. Faculty of Engineering. *Technol Journal*, (3), 24-26. (in Thai)
- Rinthaisong, I. (2016). Multilevel Regression Models: Hierarchical Data Analysis Techniques in Organization and Social, *journal of Education Prince*, (27) 3-17. (in Thai)
- Som-ard, J. (2020). Rice Security Assessment Using Geo-Spatial Analysis. *International Journal of Geoinformatics*.
- Som-ard, J., Hossain, M. D., Ninsawat, S., & Veerachitt, V. (2018). Pre-harvest sugarcane yield estimation using UAV-based RGB images and ground observation. *Sugar Tech*, 20(6), 645-657.
- The North Eastern Sugarcane Farmers Group. (2016). Problems and obstacles encountered with sugarcane farmers. Retrieved April 5, 2018, from <https://www.homecable.co.th>.
- The North-Isan Sugarcane Planters Association. (2017). Spatial impact from sugarcane expansion. Retrieved February 22, 2018, from <http://www.ocsb.go.th/th/institute/detail.php?ID=105&GID=4>.
- Yamane, Taro.(1967). *Statistics, An Introductory Analysis*, 2nd Ed., New York: Harper and Row.