การปรับปรุงวิธีการจำแนกพรรณไม้ในเมืองด้วยภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูง ด้วยการใช้รูปตัดตามแนวลองจิจูด และข้อมูลเสริมจากการสำรวจด้วยไลดาร์ทางอากาศ

Improving Urban Tree Species Classification from High-Resolution Aerial Imagery by Using Longitudinal Profiles and Ancillary Data from Airborne Lidar

สุภาภรณ์ รักษาล้ำ[1,*] ชัยโชค ไวภาษา[2,*]

[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
**Corresponding author; E-mail address: supaphon.r@gmail.com[1], chaichoke@hotmail.com[2]*

บทคัดย่อ

ปัจจุบันโลกให้ความสำคัญกับการดูแลสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการบริหารจัดการและติดตามต้นไม้ในเขตเมืองที่ยั่งยืนมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากต้นไม้ให้ประโยชน์อย่างมากในทุกด้านไม่ว่าจะทางตรงหรือทางอ้อม และปัจจุบันการอนามัยโลก (WHO) ระบุว่าปัจจุบันประเทศไทย มีพื้นที่สีเขียวเฉลี่ยต่อคนต่ำกว่ามาตราฐาน ดังนั้นการศึกษาเรื่องการกระจายตัวของต้นไม้ และการจำแนกพรรณไม้ในพื้นที่เมืองจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก บทความนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงวิธีการจำแนกพรรณไม้ในเมืองด้วยภาพถ่ายทางอากาศ DMC ด้วยวิธีการจำแนกแบบต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) โดยใช้รูปตัดตามแนวลองจิจูด (Longitudinal Profiles) และข้อมูลเสริมจากการสำรวจด้วยไลดาร์ (LiDAR) ทางอากาศ ในพื้นที่ศึกษาบริเวณสวนสาธารณะสวนหลวง ร.9 กรุงเทพมหานคร พบว่าวิธีการดังกล่าวสามารถจำแนกต้นไม้ที่มีความซับซ้อน ในลักษณะต้นเดี่ยวและกลุ่มได้จริง โดยให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) 83.34 % และมีค่าสถิติแค็ปปา (Kappa Statistics) 0.833 ขึ้นไป ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการจำแนกต้นไม้ในเมืองพื้นที่อื่นๆ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการต้นไม้ในเมืองในเขตร้อนชื้นให้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: การจำแนกพรรณไม้, เมือง, ภาพถ่ายทางอากาศ, ไลดาร์, รูปตัดตามแนวลองจิจูด

Abstract

The observation and sustainable management of tree has always been vital and challenging for urbanized areas as it plays an important role in all aspects. According to the World Health Organization (WHO), Thailand has an average green space per capita lower standard. Therefore, the study of the distribution of trees and the classification of tree species in the urban area is extremely important. This paper presents an urban tree species classification from high-resolution aerial imagery using decision tree method, longitudinal profiles, and additional data from airborne lidar. Found that, the classification by using both data sources can improve the accuracy That providing overall accuracy is 83.34% and has a Kappa Statistics 0.833 or more. Also, the trees' classification is more useful for separation in other urban areas and this can be used for tree management in tropical cities.

Keywords: tree species classification, urban, high-resolution aerial imagery, LiDAR, longitudinal profiles

1. ที่มาและความสำคัญ

จากการพัฒนาของโลกในแต่ละด้านได้นำพาความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ในทุกประเทศมีความเป็นเมืองเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ในทางกลับกันป่าไม้ และต้นไม้กำลังลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการจัดการและติดตามต้นไม้ในเมืองอย่างยั่งยืนจึงถือเป็นกิจกรรมที่สำคัญสำหรับพื้นที่ที่มีความเป็นเมืองทั่วโลก ซึ่งต้นไม้ในเขตเมืองอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การปรับปรุงระบบการจัดการต้นไม้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้รับข้อมูลที่ถูกต้องและสอดคล้องใน

ออกซิเจนและดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพียงพอ ซึ่งต้นไม้ในเขตเมืองหรือต้นไม้แต่ละชนิดมีความสามารถในการผลิตออกซิเจนและดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน การศึกษาเรื่องการกระจายตัวของต้นไม้ และการจำแนกพรรณไม้ในพื้นที่เมืองจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้มีการเสนอวิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีรูปตัดตามแนวลองจิจูด (Longitudinal Profiles) ของภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูงหลายช่วงคลื่น มาใช้ในการจำแนกประเภทของต้นไม้ในเขตเมือง โดยมีแนวคิดว่า ขนาด รูปร่าง ทรงพุ่ม และสีของใบไม้ แต่ละชนิดมีผลต่อค่าการสะท้อนที่ต่างกัน จึงทำการเก็บค่าการสะท้อนรูปตัดตามแนวลองจิจูดแล้วนำมาจำแนกต้นไม้ในลักษณะต้นเดี่ยวในระดับพรรณไม้ โดยวิเคราะห์ทางเรขาคณิตร่วมกับการจำแนกด้วยวิธีต้นไม้การตัดสินใจ (Decision tree) พบว่ามีความแม่นยำในการจำแนกชนิดของพืชสูงถึง 75% (Zhang & Hu, 2012) โดยพื้นที่ศึกษาที่ประเทศแคนนาดา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีอากาศหนาว และจากการศึกษาดังกล่าวใช้กับต้นไม้ที่เป็นลักษณะต้นเดี่ยวเท่านั้น ต่อมา อาษิฐ (2557) ได้นำแนวคิดของ Zhang และ Hu มาทำการจำแนกต้นไม้ในเมืองในระดับสายพันธ์ในพื้นที่เขตร้อน โดยใช้พื้นที่ศึกษาคือ สวนหลวง ร.9 กรุงเทพมหานคร โดยทำการจำแนกพืชที่มีรูปร่างทางเรขาคณิตแตกต่างกัน 3 ชนิด คือ หูกระจง พืชวงศ์ปาล์ม และจามจุรี จากการจำแนกแสดงให้เห็นว่า การใช้รูปตัด Longitudinal Profile ในการจำแนกช่วยให้สามารถจำแนกพืชเขตร้อนในพื้นที่เมืองได้ค่าความถูกต้องโดยรวมถึง 89% (อาษิฐ ลาภพระแก้ว, 2557)

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จะนำเอาวิธีการจำแนกด้วยวิธีต้นไม้การตัดสินใจของ อาษิฐ (2557) มาปรับปรุงเพื่อให้จำแนกได้ความถูกต้องที่สูงขึ้นด้วยการใช้ข้อมูลเสริมจากจากการสำรวจด้วย LiDAR ทางอากาศ พื้นที่ศึกษาคือ บริเวณสวนหลวง ร.9 กรุงเทพมหานคร โดยทำการจำแนกพืชที่มีรูปร่างทางเรขาคณิตที่ซับซ้อน 5 ชนิด ในลักษณะต้นเดี่ยวและกลุ่ม และรายงานค่าความถูกต้องของการจำแนกเพื่อยืนยันผลการทดลอง

2. วัตถุประสงค์

เพื่อปรับปรุงวิธีการจำแนกต้นไม้ระดับสายพันธุ์ในเมืองด้วยภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูงหลายช่วงคลื่น ด้วยวิธีการจำแนกแบบ Decision Tree โดยใช้รูปตัดตามแนวลองจิจูด (Longitudinal Profiles) ความซับซ้อนของเส้นรูปตัดตามแนวลองจิจูด และข้อมูลเสริมจากการสำรวจด้วย LiDAR ทางอากาศ

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Indices)

ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index, (NDVI))นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดใน Vegetation Indices (Xue & Su, 2017) เป็นการจำแนกด้วยอัตราส่วนช่วงคลื่น โดยช่วงของค่าของดัชนี NDVI อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยเก็บค่าการสะท้อนจากพื้นสีเขียวที่ปกคลุมพื้นที่มาคำนวณหาค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีแดง (Red Band) และคลื่นอินฟาเรดระยะใกล้ (Near-Infrared Band) ดังสมการที่ (1)

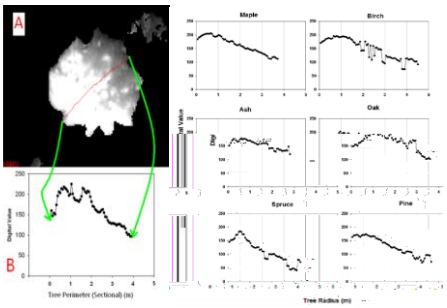
$$NDVI = \frac{(NIR-R)}{(NIR+R)} \quad (1)$$

โดยที่ NIR คือ ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดระยะใกล้ (Near-Infrared Band)

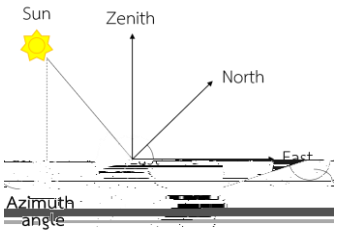
R คือ ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีแดง (Red Band)

3.2 การวิเคราะห์รูปตัดตามแนวลองจิจูด

การจำแนกต้นไม้ด้วยวิธีรูปตัดตามแนวลองจิจูด จะทำการตรวจสอบความยาวของเส้นตัดเรือนยอดของต้นไม้ตามแนวลองจิจูดตามแนวคิดที่ว่าขนาด รูปร่าง ทรงพุ่ม มีผลทำให้ค่าการสะท้อนต่างกันดังรูปที่ 1 ดังนั้นจึงทำการเก็บค่าการสะท้อนของเรือนยอดของต้นไม่แต่ละชนิดตามแนวลองจิจูดด้วยวิธีวัดตามแนว Sun Azimuth Angle ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 และนำมาวิเคราะห์โดยใช้หลักทางเรขาคณิต เพื่อจำแนกต้นไม้ (Zhang & Hu, 2012)

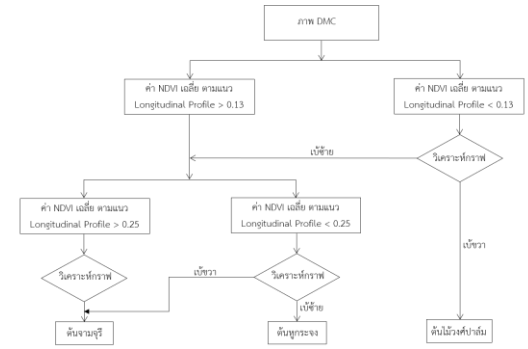


รูปที่ 1 ลักษณะรูปตัดตามแนวลองจิจูดของพืช 6 ประเภท จากการทดลองของ Zhang & Hu (2012)

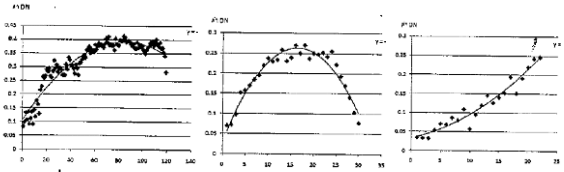


รูปที่ 2 วิธีวัดตามแนว Sun Azimuth angle

ต่อมา อาษิฐ ได้นำแนวคิดการวิเคราะห์ด้วยวิธีรูปตัดตามแนวลองจิจูดมาใช้ในการจำแนกต้นไม้ในเมืองเขตร้อนชื้นซึ่งพืชมีลักษณะที่ต่างกัน หลังจากที่ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีรูปตัดตามแนวลองจิจูดอาษิฐทำการวิเคราะห์ด้วยสมาการโพลิโนเมียลอันดับที่ 2 โดยกำหนดเงื่อนไขดังรูปที่ 3 และผลลัพธ์ที่ได้ดังรูปที่ 4



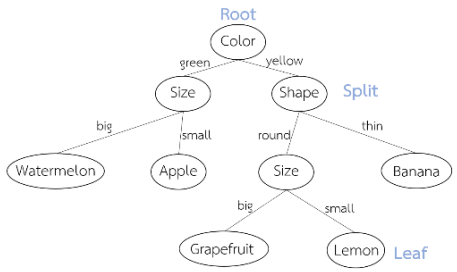
รูปที่ 3 แผนผังวิธีต้นไม้การตัดสินใจ (Decision tree) จากการทดลองของ อาชิฐ ลาภพระแก้ว (2557)



รูปที่ 4 ลักษณะรูปตัดตามแนวลองจิจูดของต้นจามจุรี ต้นหูกระจง และต้นไม้วงศ์ปาล์ม จากผลการทดลองของ อาชิฐ ลาภพระแก้ว (2557)

3.3 การตัดสินใจแบบกิ่งก้านสาขาหรือวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree)

วิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เป็นวิธีการที่ใช้โครงสร้างต้นไม้มาแสดงเป็นแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะและผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ เป็นวิธีที่น่าเชื่อถือ โดยสามารถใช้เลือกและจัดอันดับตัวแปรเพื่อจำแนกระหว่างตัวเลือกที่ต้องการ (Belgiu & Drăgu, 2016) มีลักษณะโครงสร้างคล้ายต้นไม้ซึ่งโครงสร้าง หรือกิ่งก้านของเงื่อนไขการตัดสินใจจะแคบลงเรื่อย ๆ เพื่อให้เข้าใกล้ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ที่สุด ข้อดีของแผนผังการตัดสินใจมีลักษณะโครงสร้างที่ง่ายต่อการใช้งานดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตัวอย่างโครงสร้างวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

3.4 คุณสมบัติของกล้องถ่ายภาพทางอากาศ DMC

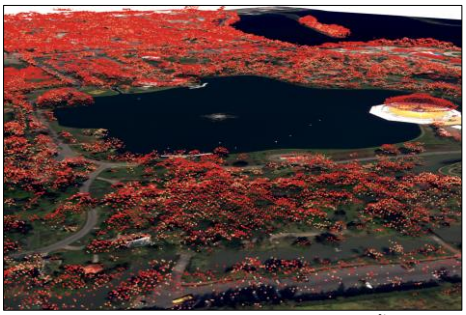
การศึกษานี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขความละเอียดสูง บริเวณสวนหลวง ร.9 ถนนเฉลิมพระเกียรติ ร.9 แขวงสวนหลวง เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร 10250 บันทึกด้วยกล้องถ่ายภาพ DMC มาตราส่วน 1: 15,000 มีความละเอียดจุดภาพ 18 x 18 เซนติเมตร พ.ศ. 2560 จากกรมแผนที่ทหาร เพื่อนำมาหาค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ภาพถ่ายทางอากาศ DMC บริเวณพื้นที่ศึกษา

3.5 คุณสมบัติของไลดาร์ LiDAR ทางอากาศ

การศึกษานี้จะใช้ข้อมูล Point Cloud บริเวณสวนหลวง ร.9 ถนนเฉลิมพระเกียรติ ร. 9 แขวงสวนหลวง เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร 10250 สำรวจด้วยเทคโทโลยี Light Detection and Ranging : LiDAR ทางอากาศ พ.ศ. 2559 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ โดยมีจำนวน Point Cloud ทั้งหมด 5,411,091 จุด มีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1.231 จุดต่อตารางเมตร มีค่า Box Dimensions ที่ X: 2391.19, Y: 2388.75, Z: 415.758 ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ข้อมูลไลดาร์ LiDAR ทางอากาศ บริเวณพื้นที่ศึกษา

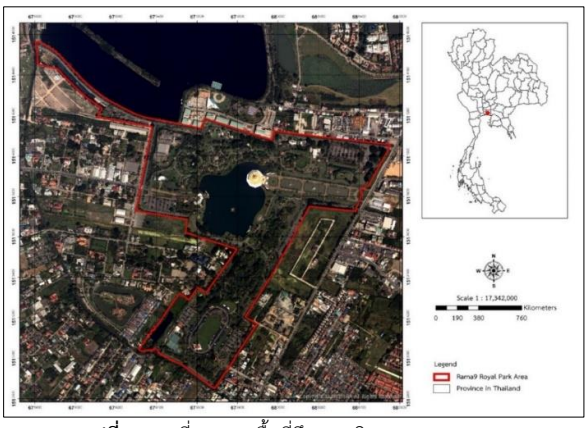
3.6 การตรวจสอบผลการจำแนก

การตรวจสอบการจำแนกด้วยวิธี Classification Error Matrix โดยการสร้างตาราง Error Matrix แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลเชิงปริมาณของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกและข้อมูลได้จากการสำรวจจริง โดยแบ่งเป็นค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy หรือ Omission error) และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy หรือ Commission error) และค่าสถิติแค็ปปา (Kappa Statistics)

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 พื้นที่ศึกษาและต้นไม้ที่สนใจ

พื้นที่ศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้คือ บริเวณสวนหลวง ร.9 ซึ่งเป็นสวนสาธารณะหรือสวนนานาชาติ สร้างขึ้นเพื่อน้อมเกล้าน้อมกระหม่อมถวาย เนื่องในศุภมงคลสมัย ที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงเจริญพระชนมพรรษาครบ 5 รอบ ในวันที่ 5 ธันวาคม พุทธศักราช 2530 ซึ่งเป็นสวนสาธารณะที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในกรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ประมาณ 500 ไร่ ตั้งอยู่ที่ ถนนเฉลิมพระเกียรติ ร. 9 แขวงสวนหลวง เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร 10250 ภายในสวนหลวง ร.9 ประกอบด้วยสวนนานาชาติสอดแทรกอยู่ 7 ชาติ ได้แก่ สวนจีน สวนญี่ปุ่น เป็นสวนของโลกภาคตะวันออก สวนต่าง ๆ ของชาติในทวีปยุโรปคือสวนอังกฤษ สวนฝรั่งเศส สวนอิตาลี สวนสเปนเป็นสวนของโลกภาคตะวันตก สวนอเมริกันมีลักษณะเป็นสวนชนิดใหม่ (สำนักงานมูลนิธิสวนหลวง ร.9, 2012) ที่สำคัญคือมีการปลูกที่มีทั้งลักษณะต้นเดี่ยวและเป็นกลุ่ม และมีพรรณไม้เขตร้อนคลอบคลุมทุกชนิดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แผนที่ขอบเขตพื้นที่ศึกษา บริเวณสวนหลวง ร.9

การวิจัยครั้งนี้ต้องการจำแนกต้นไม้ในระดับสายพันธ์ทั้งที่เป็นต้นไม้เดี่ยวและกลุ่ม ในพื้นที่เขตเมืองร้อนชื้น ดังนั้นการเลือกต้นไม้ที่เป็นตัวแทนของพันธุ์ไม้ที่ปลูกในเขตเมืองร้อนภายในพื้นที่ศึกษา โดยทำการเลือกจากต้นไม้ที่สนใจและนิยมปลูกในเขตเมือง 5 ชนิด ดังตารางที่ 1 และมีลักษณะทางกายภาพดังรูปที่ 9 ถึงรูปที่ 10 เนื่องจากเป็นชนิดพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมสำหรับปลูกในเขตชุมชนเมือง ช่วยลดฝุ่นละออง (สำนักจัดการป่าชุมชน, 2018) และการสุ่มสำรวจจากพื้นที่สวนสาธารณะอื่น ๆ สถานที่ราชการต่าง ๆ ในกรุงเทพมหานครพบว่า มีการปลูกต้นไม้ 5 ชนิดดังกล่าวเป็นจำนวนมาก จึงให้ต้นไม้ 5 ชนิดนี้เป็นตัวแทนของพืชเขตร้อนชื้นในการศึกษาครั้งนี้

ตารางที่ 1 แสดงชนิดต้นไม้

ชนิดต้นไม้	ชื่อทางวิทยาศาสตร์	จำนวนต้นไม้ตัวอย่าง
ต้นจามจุรี	Samaneasaman (Jacg.) Merr.	15
ต้นพิกุล	Mimusops elengi	12
ต้นไม้วงศ์ปาล์ม	Palmae หรือ Arecacae	18
ต้นหางนกยูง	Caesalpinia Pulcherrima	11
ต้นหูกระจง	Terminalia Ivorensis	21

ที่มา: (ไทยเกษตรศาสตร์, 2555)



รูปที่ 9 ลักษณะต้นจามจุรี และต้นหูกระจง ตามลำดับ

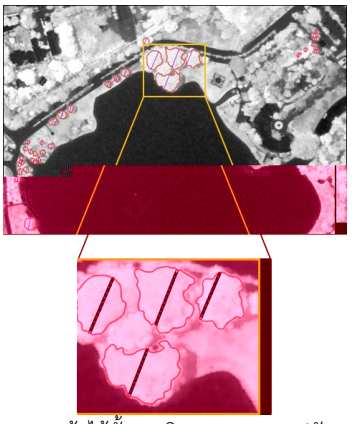


รูปที่ 10 ลักษณะต้นไม้วงศ์ปาล์ม ต้นพิกุล และต้นหางนกยูง ตามลำดับ

5. ผลการศึกษา

5.1 ผลการจำแนกด้วยค่า อัตราส่วนช่วงคลื่นของดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (NDVI) ตามแนวลองจิจูด (Longitudinal Profiles)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการสำรวจข้อมูลตัวอย่างต้นไม้ที่สนใจจำนวน 5 ชนิด ดังตารางที่ 2 จากนั้นนำค่าพิกัดของต้นไม้มาแสดงผลร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ DMC ที่ได้ทำการหาค่า NDVI ไว้แล้ว และทำการวาดขอบเขตเรือนยอดของต้นไม้แต่ละต้น และวาดเส้นรูปตัดตามแนวลองจิจูดเพื่อหาค่า NDVI ตามแนวลองจิจูด ได้แก่ ค่าดัชนี NDVI ต่ำสุด ค่าดัชนี NDVI สูงสุด และค่าดัชนี NDVI เฉลี่ย ดังรูปที่ 11 และตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 6 โดยรหัสต้นไม้ที่ใช้เป็นรหัสจริงที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 11 เรือนยอดของต้นไม้ทั้ง 5 ชนิด และการวาดรูปตัดตามแนวลองจิจูด

ตารางที่ 2 ค่าการสะท้อน NDVI ตามแนวลองจิจูดของต้นจามจุรีแต่ละต้น

รหัสต้นไม้	ชนิดต้นไม้	ค่าดัชนี NDVI ต่ำสุด	ค่าดัชนี NDVI สูงสุด	ค่าดัชนี NDVI เฉลี่ย
58	จามจุรี	0.579314	0.611063	0.599355
59	จามจุรี	0.634535	0.652115	0.644375
62	จามจุรี	0.555787	0.633314	0.592941
86	จามจุรี	0.548480	0.648702	0.625221
132	จามจุรี	0.580380	0.642350	0.629799
133	จามจุรี	0.558556	0.606995	0.594148
134	จามจุรี	0.498131	0.630236	0.599423
135	จามจุรี	0.557574	0.621559	0.602108
187	จามจุรี	0.500859	0.599064	0.554951
188	จามจุรี	0.557019	0.619205	0.591171
191	จามจุรี	0.578577	0.639524	0.615630
193	จามจุรี	0.600992	0.632646	0.621471
194	จามจุรี	0.449520	0.628031	0.597675
195	จามจุรี	0.584425	0.641378	0.618816
514	จามจุรี	0.541398	0.602021	0.585395

ตารางที่ 3 ค่าการสะท้อน NDVI ตามแนวลองจิจูดของต้นพิกุลแต่ละต้น

รหัสต้นไม้	ชนิดต้นไม้	ค่าดัชนี NDVI ต่ำสุด	ค่าดัชนี NDVI สูงสุด	ค่าดัชนี NDVI เฉลี่ย
161	พิกุล	0.455085	0.514668	0.500353
162	พิกุล	0.458000	0.531496	0.506928
163	พิกุล	0.299547	0.367646	0.316934
164	พิกุล	0.446861	0.471704	0.457654
165	พิกุล	0.350579	0.402280	0.369050
166	พิกุล	0.326715	0.428358	0.389067
167	พิกุล	0.456825	0.474660	0.467086
168	พิกุล	0.518188	0.550022	0.531243
170	พิกุล	0.538136	0.559575	0.548423
171	พิกุล	0.552249	0.570630	0.562056
479	พิกุล	0.400983	0.499826	0.453041
481	พิกุล	0.425107	0.503208	0.465242

ตารางที่ 4 ค่าการสะท้อน NDVI ตามแนวลองจิจูดของต้นไม้วงศ์ปาล์มแต่ละต้น

รหัสต้นไม้	ชนิดต้นไม้	ค่าดัชนี NDVI ต่ำสุด	ค่าดัชนี NDVI สูงสุด	ค่าดัชนี NDVI เฉลี่ย
80	วงศ์ปาล์ม	0.463009	0.484716	0.472659
81	วงศ์ปาล์ม	0.495874	0.552133	0.536511
82	วงศ์ปาล์ม	0.519568	0.582822	0.562526
83	วงศ์ปาล์ม	0.546390	0.592445	0.579153
84	วงศ์ปาล์ม	0.582260	0.598522	0.591203
85	วงศ์ปาล์ม	0.527211	0.531936	0.530199
115	วงศ์ปาล์ม	0.559843	0.643443	0.613168
117	วงศ์ปาล์ม	0.311005	0.637484	0.580378
118	วงศ์ปาล์ม	0.292459	0.617831	0.558315
119	วงศ์ปาล์ม	0.607065	0.666882	0.639656
143	วงศ์ปาล์ม	0.481002	0.610616	0.527484
144	วงศ์ปาล์ม	0.465898	0.590582	0.545157
145	วงศ์ปาล์ม	0.514548	0.605042	0.579216
146	วงศ์ปาล์ม	0.452754	0.586189	0.554206
147	วงศ์ปาล์ม	0.419764	0.565915	0.516543
148	วงศ์ปาล์ม	0.414544	0.505749	0.478592
150	วงศ์ปาล์ม	0.471575	0.588376	0.554673
151	วงศ์ปาล์ม	0.475814	0.597541	0.551411
153	วงศ์ปาล์ม	0.542286	0.608061	0.574353
154	วงศ์ปาล์ม	0.542429	0.610972	0.585147
156	วงศ์ปาล์ม	0.529511	0.587336	0.568788

ตารางที่ 5 ค่าการสะท้อน NDVI ตามแนวลองจิจูดของต้นหางนกยูงแต่ละต้น

รหัสต้นไม้	ชนิดต้นไม้	ค่าดัชนี NDVI ต่ำสุด	ค่าดัชนี NDVI สูงสุด	ค่าดัชนี NDVI เฉลี่ย
68	หางนกยูง	0.468053	0.592929	0.525257
69	หางนกยูง	0.293842	0.402410	0.371371
70	หางนกยูง	0.187951	0.254525	0.231981
71	หางนกยูง	0.253879	0.400361	0.349476
72	หางนกยูง	0.158070	0.229893	0.198475
73	หางนกยูง	0.218955	0.298454	0.251611
486	หางนกยูง	0.362482	0.517527	0.449136
487	หางนกยูง	0.301545	0.452404	0.379133
488	หางนกยูง	0.293780	0.465944	0.382659
491	หางนกยูง	0.523732	0.542487	0.531314
512	หางนกยูง	0.291328	0.421927	0.366230

ตารางที่ 6 ค่าการสะท้อน NDVI ตามแนวลองจิจูดของต้นหูกระจงแต่ละต้น

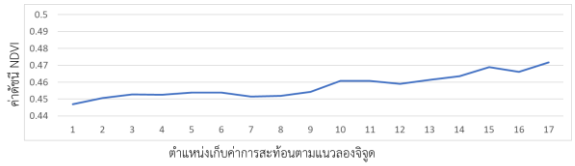
รหัสต้นไม้	ชนิดต้นไม้	ค่าดัชนี NDVI ต่ำสุด	ค่าดัชนี NDVI สูงสุด	ค่าดัชนี NDVI เฉลี่ย
92	หูกระจง	0.533340	0.548631	0.541804
93	หูกระจง	0.556024	0.589296	0.572325
94	หูกระจง	0.506619	0.582806	0.534732
95	หูกระจง	0.520584	0.564140	0.539197
495	หูกระจง	0.464552	0.583453	0.529772
496	หูกระจง	0.517386	0.595758	0.569167
499	หูกระจง	0.540855	0.568591	0.554713
500	หูกระจง	0.443609	0.565103	0.504913
501	หูกระจง	0.481519	0.519331	0.503333
505	หูกระจง	0.469838	0.495922	0.480486
88	หูกระจง	0.603506	0.632792	0.621345
89	หูกระจง	0.515930	0.576808	0.540758
90	หูกระจง	0.485994	0.574496	0.525275
91	หูกระจง	0.508452	0.531361	0.517077
110	หูกระจง	0.580991	0.662357	0.635046
111	หูกระจง	0.521048	0.535746	0.526647
112	หูกระจง	0.528594	0.553758	0.544135
113	หูกระจง	0.501357	0.545261	0.531455
137	หูกระจง	0.634536	0.678804	0.663508
138	หูกระจง	0.443586	0.524148	0.500844
139	หูกระจง	0.443411	0.471155	0.454734
140	หูกระจง	0.519733	0.560661	0.546672

5.2 ผลการแสดงรูปตัดขวางตามแนวลองจิจูด (Longitudinal Profiles)

จากการข้อมูลรูปตัดขวางตามแนวลองจิจูด (Longitudinal Profiles) ทำการดึงค่าดัชนี NDVI ของทุก Pixel ที่ซ้อนทับกับเส้นรูปตัดขวางตามแนวลองจิจูด นำมาแสดงเป็นกราฟตามค่าดัชนี NDVI โดยสามารถทำการแบ่งความซับซ้อนของเส้นรูปตัดได้เป็น 2 รูปแบบ คือมีความซับซ้อนสูง (High Roughness) และมีความซับซ้อนต่ำ (Low Roughness) ของต้นไม้ในเมืองแต่ละชนิด จำนวน 5 ชนิด ซึ่งแบ่งออกเป็นเส้นรูปตัดขวางตามแนวลองจิจูดที่มีความซับซ้อนสูง 3 ชนิด ได้แก่ ต้นจามจุรี ต้นหูกระจง ต้นหางนกยูง และเส้นรูปตัดขวางตามแนวลองจิจูดที่มีความซับซ้อนต่ำ 2 ชนิด ได้แก่ ต้นพิกุล ต้นไม้วงศ์ปาล์ม โดยแสดงตัวอย่างรูปตัดขวางตามแนวลองจิจูดของต้นไม้แต่ละประเภท ดังรูปที่ 12 ถึงรูปที่ 16



รูปที่ 12 รูปตัดตามแนวลองจิจูด (Longitudinal Profiles) ของต้นจามจุรี



รูปที่ 13 รูปตัดตามแนวลองจิจูด (Longitudinal Profiles) ของต้นพิกุล



รูปที่ 14 รูปตัดตามแนวลองจิจูด (Longitudinal Profiles) ของต้นไม้วงศ์ปาล์ม



รูปที่ 15 รูปตัดตามแนวลองจิจูด (Longitudinal Profiles) ของต้นหางนกยูง



รูปที่ 16 รูปตัดตามแนวลองจิจูด (Longitudinal Profiles) ของต้นหูกระจง

5.3 ผลการจำแนกค่าความสูงของต้นไม้ (Tree Height) ที่ได้จากข้อมูล LiDAR

จากข้อมูล LiDAR ทางอากาศ ทำการหาค่าความสูงของต้นไม้ โดยเลือก Point Cold ที่มีค่าสูงสุดภายในขอบเขตเรือนยอดของต้นไม้นั้น ๆ ดังรูปที่ 17 และแสดงค่าความสูงของต้นไม้ดังตารางที่ 7 ถึงตารางที่ 11



รูปที่ 20 การจำแนกค่าความสูงของต้นไม้แต่ละชนิดด้วยค่า Frist return ของข้อมูล LiDAR

ตารางที่ 7 ค่าความสูงของของต้นจามจุรีแต่ละต้น

รหัสต้นไม้	ชนิดต้นไม้	ความสูงของต้นไม้จากข้อมูล LiDAR (เมตร)
58	จามจุรี	10.771
59	จามจุรี	12.246
62	จามจุรี	15.087
86	จามจุรี	7.753
132	จามจุรี	11.509
133	จามจุรี	13.293
134	จามจุรี	12.372
135	จามจุรี	12.401
187	จามจุรี	13.475
188	จามจุรี	15.775
191	จามจุรี	13.232
193	จามจุรี	12.479
194	จามจุรี	14.125
195	จามจุรี	14.639
514	จามจุรี	10.038

ตารางที่ 8 ค่าความสูงของของต้นพิกุลแต่ละต้น

รหัสต้นไม้	ชนิดต้นไม้	ความสูงของต้นไม้จากข้อมูล LiDAR (เมตร)
161	พิกุล	5.927
162	พิกุล	4.899
163	พิกุล	4.618
164	พิกุล	4.948
165	พิกุล	5.747
166	พิกุล	4.051
167	พิกุล	6.479
168	พิกุล	4.062
170	พิกุล	11.074
171	พิกุล	8.667
479	พิกุล	6.078
481	พิกุล	5.421

ตารางที่ 9 ค่าความสูงของของต้นไม้วงศ์ปาล์มแต่ละต้น

รหัสต้นไม้	ชนิดต้นไม้	ความสูงของต้นไม้จากข้อมูล LiDAR (เมตร)
82	วงศ์ปาล์ม	2.498
84	วงศ์ปาล์ม	2.877
85	วงศ์ปาล์ม	3.946
115	วงศ์ปาล์ม	6.517
117	วงศ์ปาล์ม	6.83
118	วงศ์ปาล์ม	6.51
119	วงศ์ปาล์ม	7.352
143	วงศ์ปาล์ม	7.724
144	วงศ์ปาล์ม	10.408
145	วงศ์ปาล์ม	8.711
146	วงศ์ปาล์ม	5.591
147	วงศ์ปาล์ม	11.688
148	วงศ์ปาล์ม	9.018
150	วงศ์ปาล์ม	9.796
151	วงศ์ปาล์ม	6.43
153	วงศ์ปาล์ม	6.707
154	วงศ์ปาล์ม	4.664
156	วงศ์ปาล์ม	3.972

ตารางที่ 10 ค่าความสูงของของต้นหางนกยูงแต่ละต้น

รหัสต้นไม้	ชนิดต้นไม้	ความสูงของต้นไม้จากข้อมูล LiDAR (เมตร)
68	หางนกยูง	3.482
69	หางนกยูง	8.905
70	หางนกยูง	9.41
71	หางนกยูง	9.32
72	หางนกยูง	13.105
73	หางนกยูง	11.99
486	หางนกยูง	9.746
487	หางนกยูง	7.108
488	หางนกยูง	10.198
491	หางนกยูง	6.615
512	หางนกยูง	8.972

ตารางที่ 11 ค่าความสูงของของต้นหูกระจงแต่ละต้น

รหัสต้นไม้	ชนิดต้นไม้	ความสูงของต้นไม้จากข้อมูล LiDAR (เมตร)
88	หูกระจง	12.949
89	หูกระจง	5.382
90	หูกระจง	5.137
91	หูกระจง	3.805
92	หูกระจง	2.797
93	หูกระจง	4.827
94	หูกระจง	6.084
95	หูกระจง	3.419
110	หูกระจง	17.096
111	หูกระจง	1.67
112	หูกระจง	2.331
113	หูกระจง	4.133
137	หูกระจง	8.92
138	หูกระจง	4.276
139	หูกระจง	5.374
140	หูกระจง	4.838
495	หูกระจง	6.435
496	หูกระจง	8.793
499	หูกระจง	3.595
500	หูกระจง	5.335
501	หูกระจง	4.364

5.4 ผลการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบกิ่งก้านสาขาหรือวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree)

จากข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกด้วยค่าอัตราส่วนช่วงคลื่นของดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (NDVI) ตามแนวลองจิจูด (Longitudinal Profiles) การแสดงรูปตัดขวางตามแนวลองจิจูด และการจำแนกค่าความสูงของต้นไม้ (Tree Height) ที่ได้จากข้อมูล LiDAR ทางอากาศ ได้นำมาเป็นเงื่อนไขในการตัดสินใจแบบกิ่งก้านสาขาหรือวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) โดยมีเงื่อนไขในการวิเคราะห์เพื่อจำแนกดังนี้ 1) ทำการจำแนกต้นไม้ที่มีลักษณะของความซับซ้อนของเส้นรูปตัดตามแนวลองจิจูด (Longitudinal Profiles) 2) ทำการจำแนกด้วยค่าอัตราส่วนช่วงคลื่นของดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (NDVI) ตามแนวลองจิจูด และ 3) ทำการจำแนกด้วยค่าความสูง จากข้อมูล LiDAR

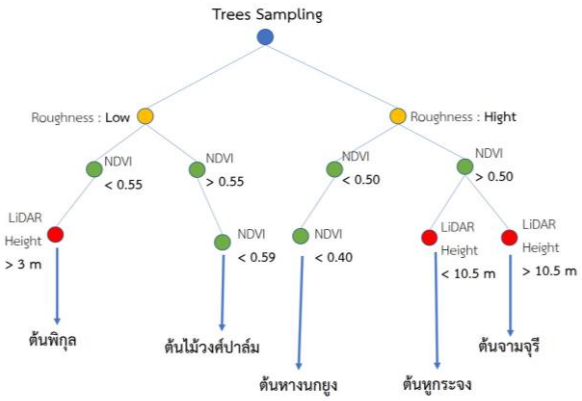
โดย ถ้าต้นไม้ใดๆ มีความซ้ำซ้อนสูง มีค่า NDVI ตามแนวลองจิจูดเฉลี่ยมากกว่า 0.55 และมีค่าความสูงมากกว่า 10.5 เมตร จะจำแนกเป็นต้นจามจุรี

ถ้าต้นไม้ใดๆ มีความซ้ำซ้อนสูง มีค่า NDVI ตามแนวลองจิจูดเฉลี่ยมากกว่า 0.55 และมีค่าความสูงน้อยกว่า 10.5 เมตร จะจำแนกเป็นต้นหูกระจง

ถ้าต้นไม้ใดๆ มีความซ้ำซ้อนสูง มีค่า NDVI ตามแนวลองจิจูดเฉลี่ยน้อยกว่า 0.55 และน้อยกว่า 0.4 จะจำแนกเป็นต้นหางนกยูง

ถ้าต้นไม้ใดๆ มีความซ้ำซ้อนต่ำ มีค่า NDVI ตามแนวลองจิจูดเฉลี่ยมากกว่า 0.55 แต่น้อยกว่า 0.59 จะจำแนกเป็นต้นไม้วงศ์ปาล์ม

ถ้าต้นไม้ใดๆ มีความซ้ำซ้อนต่ำ มีค่า NDVI ตามแนวลองจิจูดเฉลี่ยน้อยกว่า 0.55 และมีความสูงมากกว่า 3 เมตร จะจำแนกเป็นต้นพิกุล
ดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 ผลการจำแนกต้นไม้ด้วยวิธีวิเคราะห์การตัดสินใจแบบกิ่งก้านสาขาหรือวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree)

5.5 ผลการตรวจสอบการจำแนกด้วยวิธี Classification Error Matrix

จากผลลัพธ์การจำแนกด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ Decision tree นำมาตรวจสอบการจำแนกด้วยวิธี Classification Error Matrix โดยให้ค่าความ

ถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) 83.34 % และมีค่าสถิติแค็ปปา (Kappa Statistics) 0.833 และมีค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy) ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการตรวจสอบการจำแนกต้นไม้แต่ละชนิดด้วยวิธี Classification Error Matrix

6. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาของ อาษิฐ (2557) ได้ใช้ Longitudinal Profile ในการจำแนกพืชเขตร้อนในพื้นที่เมือง 3 ชนิด คือ หูกระจง พืชวงศ์ปาล์ม และจามจุรี โดยให้ค่าความถูกต้องโดยรวมถึง 89% และเพื่อยืนยันผลการทดลองว่า วิธีการดังกล่าวสามารถใช้ได้กับต้นไม้เขตร้อนอื่นๆ ในพื้นที่เมืองได้จริง งานวิจัยนี้จึงทำการปรับปรุงวิธีการจำแนกพรรณไม้ในเมืองด้วยภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูงหลายช่วงคลื่น ด้วยวิธีการจำแนกแบบ Decision Tree โดยใช้รูปตัดตามแนวลองจิจูด (Longitudinal Profiles)

77953963207&partnerID=40&md5=df2756a7cedd5a9268ef054682206ab6

[11] Ma, J., & Ju, W. (2011). Mapping leaf area index for the urban area of Nanjing city, China using IKONOS remote sensing data. Paper presented at the Proceedings - 2011 19th International Conference on Geoinformatics, Geoinformatics 2011.

[12] Moran, D. (2019). Global Gridded Model of Carbon Footprints (GGMCF). Retrieved from http://citycarbonfootprints.info/

[13] Nowak, D., & F. Dwyer, J. (2010). Understanding the Benefits and Costs of Urban Forest Ecosystems. In (pp. 25-46).

[14] Riaño, D., Chuvieco, E., Condés, S., González-Matesanz, J., & Ustin, S. L. (2004). Generation of crown bulk density for Pinus sylvestris L. from lidar. Remote Sensing of Environment, 92(3), 345-352.

[15] Shahidan, M. F., Shariff, M. K. M., Jones, P., Salleh, E., & Abdullah, A. M. (2010). A comparison of Mesua ferrea L. and Hura crepitans L. for shade creation and radiation modification in improving thermal comfort. Landscape and Urban Planning, 97(3), 168-181.

[16] Suratno, A., Seielstad, C., & Queen, L. (2009). Tree species identification in mixed coniferous forest using airborne laser scanning. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 64(6), 683-693.

[17] Wang, K., Wang, T., & Liu, X. (2018). A review: Individual tree species classification using integrated airborne LiDAR and optical imagery with a focus on the urban environment. Forests, 10(1).

[18] Waser, L. T., Ginzler, C., Kuechler, M., Baltsavias, E., & Hurni, L. (2011). Semi-automatic classification of tree species in different forest ecosystems by spectral and geometric variables derived from Airborne Digital Sensor (ADS40) and RC30 data. Remote Sensing of Environment, 115(1), 76-85.

[19] Xiao, Q., & McPherson, E. G. (2005). Tree health mapping with multispectral remote sensing data at UC Davis, California. Urban Ecosystems, 8(3-4), 349-361.

[20] Xue, J., & Su, B. (2017). Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. Journal of Sensors, 2017.

[21] Zhang, K., & Hu, B. (2012). Individual urban tree species classification using very high spatial resolution airborne multi-spectral imagery using longitudinal profiles. Remote Sensing, 4(6), 1741-1757.

[22] ไทยเกษตรศาสตร์. (2555). ไทยเกษตรศาสตร์. Retrieved from http://www.thaikasetsart.com

[23] ไพศาล สันติธรรมนนท์. (2555). การรังวัดด้วยภาพดิจิตอล Digital Photogrammetry: คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[24] สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2561). นที่สีเขียว: ความหนาแน่นประชากรต้นไม้ (ไม่เพียงพอ) ต่อจำนวนหัวคนในเมือง. Retrieved from http://www.gfms.gistda.or.th/node/53

[25] อาษิฐ ลาภพระแก้ว. (2557). การจำแนกพรรณไม้ในพื้นที่เมืองเขตร้อนด้วยวิธี Longitudinal profile. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., กรุงเทพมหานคร.