

การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศเพื่อการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน
ของสวนสาธารณะ ในกรุงเทพมหานคร



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ
พฤษภาคม 2557

การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศเพื่อการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน
ของสวนสาธารณะ ในกรุงเทพมหานคร



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ

พฤษภาคม 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศเพื่อการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน
ของสวนสาธารณะ ในกรุงเทพมหานคร



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ
พฤษภาคม 2557

วีระ ปะทะซึ้ง. (2557). การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศเพื่อการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอน
เหนือพื้นดินของสวนสาธารณะในกรุงเทพมหานคร. ปริญญาโท วท.ม. (ภูมิศาสตร์).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม:
อาจารย์ ดร.สุรียพร นิสิตวิทยา, อาจารย์ ดร.ปกรณ เมฆแสงสว.ย.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนสาธารณะในกรุงเทพมหานคร โดยมีพื้นที่ศึกษา คือ สวนวชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ วิธีการศึกษาประกอบด้วยกระบวนการทางด้าน ภูมิสารสนเทศ สมการแอลโลเมตรี ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม และภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ผล การศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ผลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามพื้นที่สวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง และผลที่ได้จากการประมาณค่าจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ซึ่งการประมาณค่าจากดาวเทียมไทยโชต กำหนดแปลงสำรวจขนาด 15x15 ตารางเมตร ประกอบด้วยสวนวชิรเบญจทัศ 30 แปลง สวนลุมพินี 30 แปลง และสวนเบญจกิติ 20 แปลง ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนำมาสร้างแผนที่ดัชนีพื้นที่ใบ แผนที่ มวลชีวภาพ และแผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

ผลการศึกษาจากการสำรวจภาคสนามพื้นที่สวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง พบว่าค่าดัชนีพื้นที่ใบ ของสวนวชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ มีค่าเท่ากับ 1.01, 0.92, และ 0.61 ตามลำดับ มวลชีวภาพ เท่ากับ 1,894,250.79, 2,137,652.96, และ 449,889.23 กิโลกรัม ตามลำดับ และการกัก เก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเท่ากับ 1,068,826.48, 947,125.39 และ 224,944.62 กิโลกรัมคาร์บอน ตามลำดับ นอกจากนี้การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต พบว่าค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือ พื้นดินของสวนวชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ มีค่าเท่ากับ 3.82, 3.75 และ 2.81 ตามลำดับ มวลชีวภาพ เท่ากับ 75,800.70, 88,674.00 และ 46,052.45 กิโลกรัม ตามลำดับ และการ กักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเท่ากับ 37,921.36, 44,339.10 และ 23,049.87 กิโลกรัมคาร์บอน ตามลำดับ สรุปได้ว่า การศึกษาด้วยข้อมูลภาคสนาม สมการแอลโลเมตรี และภาพถ่ายดาวเทียมไทย โชต สามารถประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้อย่างมี ประสิทธิภาพ และผลจากการศึกษาสามารถนำไปเป็นฐานข้อมูลในการบริหารจัดการพื้นที่ สวนสาธารณะ หรือวางแผนสร้างสวนสาธารณะแห่งใหม่ได้อย่างดี

คำสำคัญ : การกักเก็บคาร์บอน มวลชีวภาพ ภูมิสารสนเทศ สมการแอลโลเมตรี

APPLICATION OF GEOINFORMATICS TO ESTIMATE
ABOVE GROUND CARBON SEQUESTRATION
OF PUBLIC PARK IN BANGKOK METROPOLIS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Science Degree in Geography and Geoinformatics
at Srinakharinwirot University

May 2014

Weera Pathakheenang. (2014). *Application of Geoinformatics to Estimate Above Ground Carbon Sequestration of Public Park in Bangkok Metropolis*. Master thesis, M.Sc. (Geography and Geoinformatics). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Sureeporn Nipitwittaya, Dr. Pakorn Meksangsouy

This study aims to estimate leaf area index (LAI), biomass (Biomass), and above ground carbon sequestration (AGCS) of the Bangkok's public parks. Three different parks in different areas across Bangkok are selected as the study area. There are Wachirabenchatat park, Lumpini park, and Benjakitti park. This study applies geoinformatics process, allometric equations, and fieldwork survey as major of research methods. The Thaichote satellite images are used for this study. Results can be discussed into two parts: the result from fieldwork survey in three parks, and the estimation of LAI, Biomass, and AGCS from the Thaichote satellite images. The estimation of Thaichote satellite images derives from a sampling plot size of 15x15 square meters, which is represented by 30 sampling plots of Wachirabenchatat park, 30 sampling plots of Lumpini park, and 20 sampling plots of Benjakitti park. Data from fieldwork survey is processed in order to produce 3 theme maps; LAI map, Biomass map, and AGCS map.

The result from the fieldwork survey in 3 parks found that the LAI at Wachirabenchatat park, Lumpini park, and Benjakitti park is approximately 1.01, 0.92, and 0.61, respectively. Biomass is approximately 1,894,250.79, 2,137,652.96 and 449,889.23 kilograms. The AGCS is approximately 1,068,826.48, 947,125.39 and 224,944.62 kilograms of carbon, respectively.

The result from the estimation of LAI, Biomass, AGCS from the Thaichote satellite images found that the LAI at Wachirabenchatat park, Lumpini park and Benjakitti park and is approximately 3.82, 3.75, and 2.81, respectively. Biomass is approximately 75,800.70, 88,674.00, and 46,052.45 kilograms. The AGCS is approximately 37,921.36, 44,339.10, and 23,049.87 kilograms of carbon, respectively. The study can conclude that the fieldwork data, allometric equations, and Thaichote satellite images can be effectively applied to estimate LAI, Biomass, and AGCS. At last, the results of this study can be implemented as a database for existing public park management as well as planning for new park site.

Keywords: Carbon Sequestration, Geoinformatics, Biomass, Allometric Equations

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศเพื่อการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

ของสวนสาธารณะในกรุงเทพมหานคร

ของ

วีระ ปะทะขันธ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



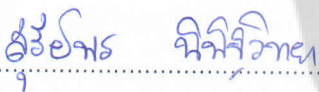
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่ 22 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2567

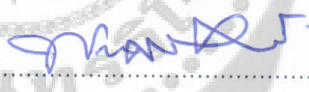
คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า



.....ประธาน

(อาจารย์ ดร.สุรียพร นิธิฐวิทยา)



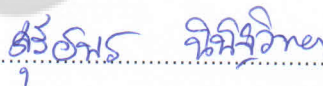
.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พันธวิศ สัมพันธ์พานิช)



.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ปกรณ เมฆแสงสวย)



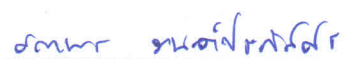
.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สุรียพร นิธิฐวิทยา)



.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ปกรณ เมฆแสงสวย)



.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สถาพร มนต์ประภัสสร)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาช่วยเหลือ แนะนำ เอาใจใส่และให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร. สุรีย์พร นิพัทธวิทยา และอาจารย์ ดร. ปกรณ์ เมฆแสงสวย อาจารย์ปรึกษาปริญญาบัตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พันธุ์ศ สัมพันธ์พานิช อาจารย์ ดร. สถาพร มนต์ประภัสสร ประธานและกรรมการสอบปากเปล่า ปริญญาบัตร ที่ได้กรุณาถ่ายทอดความรู้ วิธีการ คำแนะนำ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ยิ่ง ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย พันธนะหิรัญ ประธานหลักสูตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สิริพร เกรียงไกรเพชร หัวหน้าภาควิชาภูมิศาสตร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศวตฉัตร ศรีสุรัตน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลยาณี กุลชัย อาจารย์ ดร.สุรัสวดี อิศูรัตน์ อาจารย์ ดร.สุภาทิพย์ ชวนะเวสสกุล อาจารย์ ดร.สุรัสวดี อิศูรัตน์ อาจารย์ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาศ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาและให้คำแนะนำในการศึกษา และขอบคุณพี่ๆ เจ้าหน้าที่ภาควิชาภูมิศาสตร์ ที่ได้อำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ด้วยดีเสมอมา รวมทั้งบุคคลที่ผู้วิจัยได้อ้างอิงทางวิชาการตามที่ปรากฏในบรรณานุกรม

ขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต สำนักงานสวนสาธารณะ กรุงเทพมหานคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม และบริษัท สเปเชียล โดเมนชั่น โซลูชั่นส์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและสนับสนุนการศึกษาอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ พี่ชาย พี่สาว น้องชาย ตลอดจนญาติพี่น้อง และเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือสนับสนุน และเป็นกำลังใจด้วยดีตลอดมา

คุณค่าทั้งหลายที่ได้รับจากปริญญาบัตรฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูทเวที่แด่บิดามารดา บุรพจารย์ที่เคยอบรมสั่งสอน ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

วีระ ปะทะขันธ์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
กรอบแนวคิดของการศึกษา.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.....	6
ความสำคัญและบทบาทของต้นไม้.....	8
สวนสาธารณะ.....	10
มวลชีวภาพและการวัดความเจริญเติบโตของไม้.....	18
ภูมิสารสนเทศ.....	22
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	32
พื้นที่ศึกษา.....	35
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	39
ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย.....	39
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	42
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	42
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	43
4 ผลการศึกษา.....	52
ผลการสำรวจภาคสนามของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง.....	52
ผลการศึกษาด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต.....	73

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 (ต่อ)	
การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากสนามกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลจาก ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง.....	100
5 สรุป และอภิปรายผลการศึกษา.....	109
การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บ คาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS)จากการสำรวจภาคสนาม.....	109
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS)	110
การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บ คาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต	113
แผนที่ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอน เหนือพื้นดิน (AGCS).....	115
ข้อเสนอแนะ.....	116
บรรณานุกรม.....	117
ภาคผนวก.....	122
ภาคผนวก ก.....	123
ภาคผนวก ข.....	133
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	145

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ประเภทของสวนสาธารณะ.....	10
2 สวนสาธารณะในเขตกรุงเทพมหานครชั้นใน 17 แห่ง.....	13
3 สวนสาธารณะในเขตกรุงเทพมหานครชั้นกลาง 9 แห่ง.....	14
4 สวนสาธารณะในเขตกรุงเทพมหานครชั้นนอก 5 แห่ง.....	15
5 เปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการจำแนกแบบกำกับดูแลทั้ง 3 แบบ.....	25
6 เปรียบเทียบ Supervised Classification และ Unsupervised Classification.....	28
7 สวนสาธารณะในพื้นที่ศึกษา.....	37
8 พันธุ์ไม้ในสวนสาธารณะในพื้นที่ศึกษา.....	38
9 คุณลักษณะดาวเทียมไทยโชต.....	40
10 อุปกรณ์การถ่ายภาพของดาวเทียมไทยโชต.....	41
11 มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนวชิรเบญจทัศ.....	53
12 สัญลักษณ์แผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนวชิรเบญจทัศ.....	55
13 มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนลุมพินี.....	59
14 สัญลักษณ์แผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนลุมพินี.....	62
15 มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนเบญจกิติ.....	66
16 สัญลักษณ์แผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนเบญจกิติ.....	69
17 ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณ ได้จากสมการแอลโลเมตรีตามตำแหน่งแปลงตัวอย่าง และค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนวชิรเบญจทัศ.....	74
18 สมการความสัมพันธ์ที่ได้ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนวชิรเบญจทัศ.....	77
19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการ ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ของสวนวชิรเบญจทัศ.....	78

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการ ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และมวลชีวภาพ (Biomass) ของสวนวชิรเบญจทัศ.....	79
21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการ ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และการกักเก็บคาร์บอน เหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนวชิรเบญจทัศ.....	80
22 การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ค่ามวลชีวภาพ (Biomass) และค่าการกักเก็บ คาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ของสวนวชิรเบญจทัศ.....	81
23 ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณ ได้จากสมการแอลโลเมตรีตามตำแหน่งแปลงตัวอย่าง และค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนลุมพินี.....	83
24 สมการความสัมพันธ์ที่ได้ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนลุมพินี.....	86
25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการ ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ของสวนลุมพินี.....	87
26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการ ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และมวลชีวภาพ (Biomass) ของสวนลุมพินี.....	88
27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการ ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนลุมพินี.....	89
28 การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ค่ามวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บ คาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนลุมพินี.....	90

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
29 ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ที่คำนวณได้จากสมการแอลโลเมตรีตามตำแหน่งแปลงตัวอย่าง และค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนเบญจกิติ.....	92
30 สมการความสัมพันธ์ที่ได้ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนเบญจกิติ.....	95
31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ของสวนเบญจกิติ.....	96
32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และมวลชีวภาพ (Biomass) ของสวนเบญจกิติ.....	97
33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนเบญจกิติ.....	98
34 การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนเบญจกิติ.....	99
35 เปรียบเทียบการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามกับภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนวชิรเบญจทัศ.....	104
36 เปรียบเทียบการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามกับภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนลุมพินี.....	105
37 เปรียบเทียบการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามกับภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนเบญจกิติ.....	106

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดของการศึกษา.....	5
2 แผนที่แสดงการแบ่งชั้นการปกครองของเขตกรุงเทพมหานคร.....	12
3 ช่วงเวลาในการจัดตั้งสวนสาธารณะในเขตกรุงเทพมหานคร.....	17
4 การวัดความเจริญเติบโตของต้นไม้ที่ระดับต่างๆ ของต้นไม้ที่มีลักษณะพิเศษและ ในพื้นที่ที่มีความลาดชัน.....	20
5 การวัดความสูงของต้นไม้ที่อาจผิดพลาดได้.....	21
6 ขั้นตอนการจำแนกแบบกำกับดูแล.....	24
7 K-means Clustering.....	27
8 สวนสาธารณะพื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร.....	36
9 กระบวนการวิจัย.....	46
10 ความสัมพันธ์ระหว่าง SR และ NDVI.....	48
11 การเปรียบเทียบมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น ที่มากที่สุด 5 ชนิดแรกของสวนวชิรเบญจทัศ.....	53
12 แผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนวชิรเบญจทัศ.....	54
13 แผนที่ดัชนีพื้นที่ใบของสวนวชิรเบญจทัศ.....	56
14 แผนที่มวลชีวภาพของสวนวชิรเบญจทัศ.....	57
15 แผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ของสวนวชิรเบญจทัศ.....	58
16 การเปรียบเทียบมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น ที่มากที่สุด 5 ชนิดแรกของสวนลุมพินี.....	60
17 แผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนลุมพินี.....	61
18 แผนที่ดัชนีพื้นที่ใบของสวนลุมพินี.....	63
19 แผนที่มวลชีวภาพของสวนลุมพินี.....	64
20 แผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนลุมพินี.....	65
21 การเปรียบเทียบมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น ที่มากที่สุด 5 ชนิดแรกของสวนเบญจกิติ.....	67
22 แผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนเบญจกิติ.....	68
23 แผนที่ดัชนีพื้นที่ใบของสวนเบญจกิติ.....	70

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
24 แผนที่มวลชีวภาพของสวนเบญจกิติ.....	71
25 แผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนเบญจกิติ.....	72
26 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) (ข) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ มวลชีวภาพ (Biomass) และ (ค) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนวชิรเบญจทัศ.....	76
27 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนวชิรเบญจทัศ.....	82
28 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) (ข) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ มวลชีวภาพ (Biomass) และ (ค) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนลุมพินี.....	85
29 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนลุมพินี.....	91
30 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) (ข) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ มวลชีวภาพ (Biomass) และ (ค) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนเบญจกิติ.....	94
31 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนเบญจกิติ.....	100
32 พันธุ์ไม้ในสวนสาธารณะที่มีมากที่สุด 5 ชนิดแรกของสวนวชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ.....	101
33 ค่าดัชนีพื้นที่ใบของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง.....	102
34 พันธุ์ไม้ยืนต้นที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด 5 ชนิดแรกของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง.....	103
35 พันธุ์ไม้ยืนต้นที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด 5 ชนิดแรกของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง.....	104

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

หลายภูมิภาคของโลกในปัจจุบันนี้ต่างเผชิญกับภัยพิบัติทางธรรมชาติซึ่งมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิเฉลี่ยและอุณหภูมิสูงสุดในพื้นที่ต่างๆ สูงขึ้น ส่งผลให้ในบางพื้นที่เกิดพายุที่มีความรุนแรงมากขึ้น และมีปริมาณฝนตกหนักเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันบางพื้นที่กลับมีสภาพอากาศแห้งแล้ง นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังก่อให้เกิดโรคติดต่ออุบัติใหม่และโรคอุบัติซ้ำ เช่น กลุ่มอาการหายใจเฉียบพลันรุนแรง (Severe Acute Respiratory Syndrome: SARS) โรคไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ใหม่ (H1N1) และโรคตาแดงจากเชื้อไวรัส โรคไข้เลือดออกแดงก็ เป็นต้น (สร้อยา เสงพะพรหม. 2554: 87-95) จากรายงานของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้เห็นพ้องต้องกันว่าภาวะโลกร้อนเกิดจากการเพิ่มสูงขึ้นของอุณหภูมิ เนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ ภาวะโลกร้อน (Global warming) เป็นการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและผิดปกติของอุณหภูมิ โดยอุณหภูมิเฉลี่ยทั่วโลกเพิ่มขึ้นประมาณ 0.74 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 100 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ. 1906-2005) และมีปีที่ร้อนที่สุด 11 ปีซึ่งเกิดขึ้นในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1995-2006 (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning [ONEP]. 2009: 4-11) การเพิ่มของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นเกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญและมีผลต่อภาวะโลกร้อนมากที่สุดคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมต่างๆ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น การคมนาคมขนส่ง การผลิต การบริโภคและอุปโภค เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศโดยเฉพาะในพื้นที่เมืองใหญ่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกจัดการให้อยู่ในสภาวะสมดุลโดยกระบวนการทางธรรมชาติ เช่น การดูดซับและกักเก็บของต้นไม้

ป่าไม้เป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าในระบบนิเวศเพราะป่าไม้เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร ช่วยในการอนุรักษ์ดินและน้ำ นอกจากนี้ป่าไม้ที่อยู่ในรูปมวลชีวภาพ จัดเป็นตัวแปรที่สำคัญของวัฏจักรคาร์บอน ซึ่งมีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบธาตุอาหารในดิน เป็นแหล่งสะสมพลังงานเชื้อเพลิงและเป็นส่วนประกอบในระบบนิเวศ (Liang; Li; & Wang. 2012: 467) วัฏจักรคาร์บอนในระบบนิเวศมีบทบาทสำคัญในการกำหนดปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ทำให้เกิดความสมดุลของวัฏจักร และต้นไม้ยังช่วยลดมลพิษทางอากาศ เนื่องจากต้นไม้ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยจะเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศให้เป็น

เซลลูโลสและสารประกอบอินทรีย์อื่นๆ (Cellulose and other organic) จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นคาร์บอนแล้วกักเก็บไว้ในรูปของมวลชีวภาพภายในต้นไม้ (Creedy; and Wurzbacher. 2001: 71) ต้นไม้มีประโยชน์มากในการเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศแล้วกักเก็บในรูปแบบอื่นๆ แต่ในพื้นที่เมืองขนาดใหญ่ กลับพบว่ามีความหนาแน่นต้นไม้ค่อนข้างน้อยมากเมื่อเทียบกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งที่ในเมืองใหญ่เป็นแหล่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาสู่บรรยากาศในอัตราที่สูง อีกทั้งในพื้นที่เมืองมีอาคารสูงและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ อย่างหนาแน่นที่เป็นตัวดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ไว้อย่างดี ทำให้สัดส่วนระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และจำนวนต้นไม้ในเมืองไม่สมดุลกันอันนำไปสู่การกระตุ้นก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

กรุงเทพมหานครเป็นมหานครที่เหมือนกับเมืองใหญ่ทั่วไป กล่าวคือ เป็นเมืองที่มีอาคารขนาดใหญ่จำนวนมากและกระจุกตัวอยู่หนาแน่น อาคารเหล่านี้จะดูดซับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ไว้ นอกจากนี้การขยายตัวของระบบคมนาคมขนส่งและจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่เพิ่มสูงขึ้นในพื้นที่โดยรอบก่อให้เกิดการเผาไหม้และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาสู่บรรยากาศ ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Heat island) ปกคลุมพื้นที่เมืองและพื้นที่รอบๆ ทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ในปัจจุบันมีการศึกษาพบว่า ต้นไม้สามารถลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางตรง คือ ต้นไม้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในรูปมวลชีวภาพ และกักเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ลำต้น กิ่ง และใบ ทางอ้อม คือ การปลูกต้นไม้ไว้รอบๆ อาคารซึ่งจะช่วยบรรเทาความร้อนจากสภาพอากาศ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นการช่วยลดการปล่อยก๊าซที่เกี่ยวข้องกับการผลิตพลังงานไฟฟ้า (McPherson, E. Gregory. 1998: 215) นอกจากนี้พื้นที่สีเขียวที่ประกอบไปด้วยต้นไม้ สนามหญ้า แม่น้ำ และพื้นที่ชุ่มน้ำสามารถที่จะช่วยลดอุณหภูมิได้ ตัวอย่างเช่น เมืองแซคราเมนโต มีต้นไม้ประมาณ 6 ล้านต้นสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ประมาณ 8 ล้านตันคาร์บอน (31 ตัน/เฮกแตร์) และสามารถกักเก็บรายปีได้ประมาณ 238,000 ตันคาร์บอน (0.92 ตัน/เฮกแตร์) (McPherson, E. Gregory. 1998: 215) ดังนั้นการเพิ่มการจัดเก็บคาร์บอนในพื้นที่เมือง โดยเฉพาะในสวนสาธารณะในเมือง จึงมีบทบาทสำคัญในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศและเป็นกลไกสำคัญในการลดอุณหภูมิในพื้นที่เมืองและช่วยลดภาวะโลกร้อน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศ และภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ในการทำแผนที่ประชากรต้นไม้
2. เพื่อประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของต้นไม้ในสวนสาธารณะของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ สวนวชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ ด้วยสมการแอลโมเมตรี

ความสำคัญของการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการสำรวจและจำแนกต้นไม้ในสวนสาธารณะของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ สวนวชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ โดยใช้กระบวนการทางภูมิสารสนเทศ เพื่อสร้างเป็นแผนที่ประชากรต้นไม้ ประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในสวนสาธารณะ เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการบริหารจัดการต้นไม้ในสวนสาธารณะ และเป็นแนวทางในการวางแผนจัดการ สำหรับการสร้างพื้นที่สีเขียว เช่น สวนสาธารณะ สวนหย่อม หรือการปลูกต้นไม้ตามถนน เป็นต้น เพื่อช่วยลดภาวะโลกร้อนในปัจจุบันได้

ขอบเขตของการวิจัย

1. การศึกษาครั้งนี้ใช้พื้นที่สวนสาธารณะในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ได้แก่ สวนวชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของกรุงเทพมหานคร
2. การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในพื้นที่สวนสาธารณะจะศึกษาเฉพาะไม้ยืนต้นในพื้นที่สวนสาธารณะที่ถูกเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างเท่านั้น

นิยามศัพท์เฉพาะ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีความเป็นกรดอ่อนๆ มีปรากฏในบรรยากาศ มีสูตรโมเลกุลคือ CO_2 มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 44.01 โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดจากการเผาไหม้โดยสมบูรณ์ของธาตุคาร์บอนหรือสารอินทรีย์ หากถูกอัดด้วยความดันและทำให้เย็นลงจะอยู่ในสถานะของเหลวและของแข็งได้ ถ้าอยู่ในรูปของเหลวจะเรียกว่าคาร์บอนไดออกไซด์เหลว (Liquid Carbon Dioxide) ถ้าอยู่ในรูปของแข็งเป็นผลึกเย็น เรียกว่า น้ำแข็งแห้ง (Dry ice) เป็นแก๊สหนักกว่าอากาศและไม่ช่วยการเผาไหม้ ดังนั้นจึงใช้ประโยชน์จากก๊าซนี้ในการดับเพลิง พืชและสัตว์ พืชได้ประโยชน์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการปรุงอาหารร่วมกับน้ำและแสงแดด ทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสง

การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอน หมายถึง การประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่สะสมในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ เช่น ลำต้น กิ่ง ใบ เป็นต้น โดยคำนวณจากค่ามวลชีวภาพที่สะสมของต้นไม้ โดยการประมาณค่าใช้กระบวนการทางด้านภูมิสารสนเทศ การสำรวจภาคสนาม และสมการแอลโลเมตรี

มวลชีวภาพ หมายถึง มวลของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งหรือในระบบนิเวศใดๆ มวลชีวภาพดังกล่าวประกอบไปด้วย มวลของพืชสีเขียวที่สร้างขึ้นมาจากกระบวนการสังเคราะห์แสงรวมกับมวลของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ มวลชีวภาพสามารถวัดออกมาในรูปของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง น้ำหนักชี้เถา ซึ่งอาจมีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร หรือกิโลกรัมต่อไร่ หรือในรูปของพลังงานซึ่งมีหน่วยเป็นแคลอรี (Calorie)

สมการแอลโลเมตรี หมายถึง สมการการประมาณค่ามวลชีวภาพ เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนที่สะสมในเนื้อไม้ ความสัมพันธ์ดังกล่าวอยู่ในรูปสมการเชิงเส้นระหว่างน้ำหนักแห้งของต้นไม้ (B) เส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงระดับอก (D) ความสูง (H) และความหนาแน่นของเนื้อไม้ (ρ)

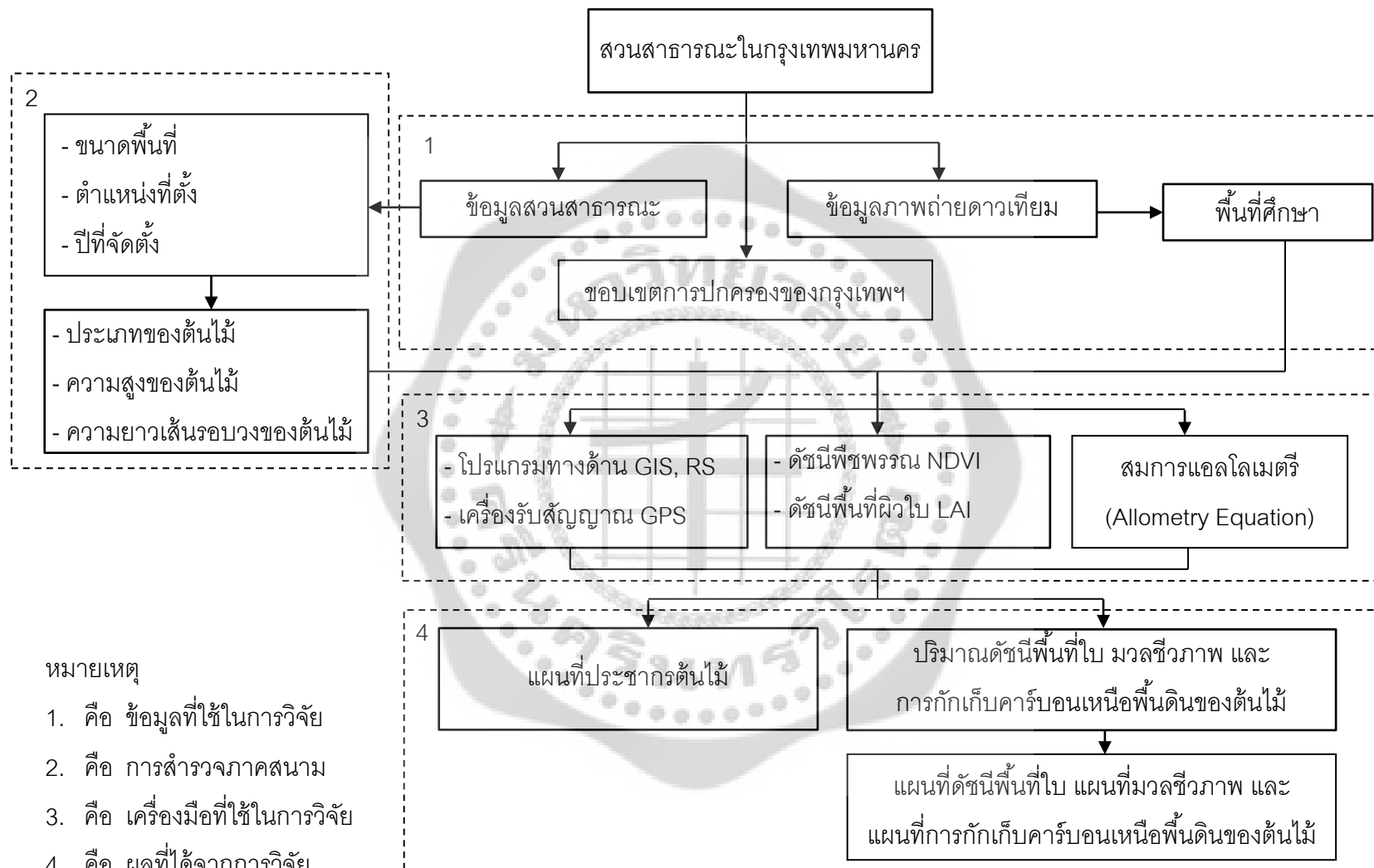
ภูมิสารสนเทศ หมายถึง การบูรณาการความรู้และเทคโนโลยีทางการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing: RS) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) และระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS) เพื่อประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

สวนสาธารณะ หมายถึง พื้นที่เปิดโล่งที่มีการจัดภูมิทัศน์ (Landscape) ให้เกิดความสวยงามเท่าที่จะทำได้เป็นที่สงบร่มรื่นและตั้งใจให้เป็นที่พักผ่อน ภายในสวนสาธารณะประกอบด้วยต้นไม้มากมายหลายชนิด สนามหญ้า สระน้ำ น้ำพุ รูปปั้น ที่นั่งพักผ่อน และลานอเนกประสงค์ เป็นต้น

กรอบแนวคิดของการศึกษา

การศึกษาการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนนี้ ได้ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม และข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม อันประกอบไปด้วยประเภท ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่ความสูงระดับอก (Diameter at Breast Height: DBH) มากกว่า 4.5 เซนติเมตร จากนั้นใช้เครื่องมือทางด้านภูมิสารสนเทศ การสำรวจภาคสนาม และสมการแอลโลเมตริก เพื่อประมวลผลสำหรับประมาณค่ามวลชีวภาพ แล้วนำมาหาค่าการกักเก็บคาร์บอนที่สะสมในต้นไม้ แล้วนำข้อมูลที่ได้จากภาคสนามและจากการวิเคราะห์สมการแอลโลเมตริกมาสร้างเป็นแผนที่ประชากรต้นไม้ และแผนที่ความหนาแน่นของมวลชีวภาพของสวนสาธารณะ ซึ่งกรอบแนวคิดของการศึกษาแสดงได้ดังภาพ

ประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของการศึกษา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้เสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
2. ความสำคัญและบทบาทของต้นไม้
3. สวนสาธารณะ
4. มวลชีวภาพและการวัดความเจริญเติบโตของไม้
5. ภูมิสารสนเทศ
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
7. พื้นที่ศึกษา

1. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญในระดับโลกซึ่งประเทศต่างๆ จำเป็นต้องร่วมมือกันในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศและผลที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น เกิดความแห้งแล้งเพิ่มมากขึ้นในบางพื้นที่ เกิดการละลายของภูเขาน้ำแข็งและธารน้ำแข็งการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในมหาสมุทร ภัยธรรมชาติที่เกิดบ่อยครั้งและมีความรุนแรงมากขึ้น เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงมีคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ซึ่งเป็นองค์กรสนับสนุนข้อมูลทางด้านวิทยาศาสตร์ในการดำเนินการเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและได้กำหนดกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) เพื่อให้ประเทศต่างๆ ที่เป็นสมาชิกได้ดำเนินการตามกรอบอนุสัญญาในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ

กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ให้คำจำกัดความของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไว้ในมาตรา 1 หมายถึง “การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศซึ่งเป็นผลโดยตรงหรือโดยอ้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของชั้นบรรยากาศโลกและเป็นการเปลี่ยนแปลงที่มากกว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากความแปรปรวนทางสภาพ

ภูมิอากาศที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในช่วงเวลาเดียวกัน” (คณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ. 2551: คำนำ)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นผลมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศในปัจจุบันมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น อันเนื่องมาจากความต้องการใช้พลังงานในด้านต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ก๊าซเรือนกระจกมีทั้งประเภทที่เกิดขึ้นเองจากกระบวนการทางธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งก๊าซเหล่านี้สามารถคงทนอยู่ในบรรยากาศได้นานหลายสิบปีไปจนถึงหลายร้อยปี ในปัจจุบันมีหลายหน่วยงานในหลายประเทศพยายามที่จะหาทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ ตลอดจนนักวิชาการหลายส่วนพยายามหาวิธีที่จะกักเก็บก๊าซเหล่านี้ให้อยู่ในสมดุลของธรรมชาติ โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญมากในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ก๊าซเรือนกระจก

ชั้นบรรยากาศของโลกประกอบด้วยก๊าซต่างๆ หลายชนิด แต่ละชนิดก็มีปริมาณแตกต่างกันออกไป โดยมีก๊าซไนโตรเจนร้อยละ 78 ก๊าซออกซิเจนร้อยละ 21 และก๊าซอื่นๆ มากมายรวมทั้งไอน้ำอีกร้อยละ 1 (ไพโรจน์ วงศ์วิวัฒน์. 2550: 2) ก๊าซต่างๆ เหล่านี้สามารถดูดซับความร้อนได้เพียงเล็กน้อย และมีก๊าซอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งอยู่ในบรรยากาศในปริมาณที่น้อยแต่มีคุณสมบัติในการกักเก็บความร้อนไว้ได้มาก คือ “ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHG)” ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ซึ่งเป็นข้อผูกพันทางกฎหมายที่ให้มีการดำเนินการเพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายในการร่วมกันรับมือกับ UNFCCC ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญมี 6 ชนิดได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PCFs) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเป็นก๊าซที่เกิดจากฝีมือของมนุษย์ส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมันปิโตรเลียม ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ เพื่อใช้ในการคมนาคมขนส่ง การผลิตไฟฟ้าและความร้อน และกิจการอุตสาหกรรม การบุกรุกทำลายป่าเพื่อการเกษตรกรรม ปศุสัตว์ และที่อยู่อาศัย โดยเฉพาะการเผาและทำลายป่า ซึ่งนอกจากการทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว ยังเป็นการทำลายแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่สำคัญอีกด้วย ประมาณกันว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีส่วนถึงร้อยละ 50 ในการทำให้โลกร้อน นอกจากนี้ก๊าซนี้ยังสามารถคงทนอยู่ในบรรยากาศได้นานถึง 200 ปี (ไพโรจน์ วงศ์วิวัฒน์. 2550: 2)

2. ความสำคัญและบทบาทของต้นไม้

ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญมีประโยชน์ทั้งในทางตรงและทางอ้อมเป็นแหล่งรวมความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญประกอบด้วยพันธุ์พืชและพันธุ์สัตว์มากมายพื้นดินที่ปกคลุมไปด้วยป่าไม้และต้นหญ้าจะสามารถดูดซับน้ำและความชื้นได้มากในช่วงฤดูฝนจากนั้นจะค่อยๆ ปล่อยลงสู่แม่น้ำลำธาร คลอง หนอง บึงต่างๆ ทำให้มีน้ำไว้ใช้ได้ตลอดทั้งปี จนเกิดคำว่า “ป่าต้นน้ำ” และที่สำคัญป่าไม้ทำให้เกิดความสมดุลในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ช่วยบรรเทาการเกิดภัยพิบัติต่างๆ จากธรรมชาติ เช่น การเกิดอุทกภัย การเกิดโคลนถล่ม ฝนแล้ง เป็นต้น

2.1 ความสำคัญของต้นไม้

ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นจนเรียกว่าป่าไม้มีความสำคัญในด้านระบบนิเวศ เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร มีอิทธิพลในการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน น้ำ สัตว์ป่า เป็นแหล่งรวมความหลากหลายทางชีวภาพ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ (2539: 45-47) ได้แบ่งความสำคัญของป่าไม้ ออกได้ 3 ด้าน ดังนี้

2.1.1 ความสำคัญทางด้านการอนุรักษ์

ความสำคัญของป่าไม้ต่อบทบาททางด้านการอนุรักษ์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1) ป่าไม้ช่วยเสริมให้มีฝนตก ในบริเวณพื้นที่ที่มีป่าไม้ปกคลุมอยู่นั้นมักจะมีอากาศเย็นและมีความชุ่มชื้นมากกว่าบริเวณที่ไม่มีต้นไม้ ทั้งนี้เพราะเรือนยอดของต้นไม้ที่หนาที่ช่วยบดบังความร้อนจากแสงอาทิตย์ไว้ไม่ให้ส่องถึงพื้นดินโดยตรง ดังนั้นอากาศภายใต้บริเวณป่าไม้จึงเย็นและอากาศเย็นจะแผ่ครอบคลุมไปถึงอากาศที่อยู่เหนือป่าด้วย เมื่อเมฆฝนอันเกิดจากการรวมตัวของไอน้ำที่เกิดจากความร้อนของอากาศลอยผ่านมากระทบกับอากาศเย็นที่อยู่เหนือบริเวณป่าไม้ เมฆฝนจึงกลายเป็นหยดน้ำรวมตัวกันเป็นเม็ดฝน ตกลงมาเหนือบริเวณที่มีป่าไม้หรือบริเวณใกล้เคียง

2) ก่อให้เกิดระบบหมุนเวียนของออกซิเจนในอากาศ ต้นไม้และพืชต้องการแสงสว่างและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยผ่านทางใบไปใช้ในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารในการดำรงชีวิตแล้วคายออกซิเจนที่เหลือคือนสู่บรรยากาศ ทำให้มนุษย์และสัตว์ได้ใช้ก๊าซออกซิเจนในการดำรงชีวิต ก่อให้เกิดเป็นการหมุนเวียนก๊าซออกซิเจนในอากาศ

3) ช่วยป้องกันการพังทลายของดิน ต้นไม้จะมีรากหลายขนาดแตกต่างกันออกไปเมื่อฝนตกลงมารากเหล่านี้จะช่วยยึดเกาะดินไว้ไม่ให้ดินถูกกัดเซาะ ที่สำคัญเมื่อฝนที่ตกลงมาถูกใบจะทำให้เม็ดฝนตกกระทบกับใบไม้ทำให้เม็ดฝนแตกกระจายและมีขนาดเล็กลง เมื่อตกลงสู่พื้นดินทำให้แรงกระทบกับดินลดลง ทำให้น้ำดินเกิดการพังทลายน้อยลง

4) ช่วยป้องกันลม ป่าที่ประกอบไปด้วยต้นไม้ขนาดใหญ่และภูเขาจะเป็นแนวปะทะลมให้อ่อนกำลังลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งลมพายุที่พัดเข้าฝั่งถ้าไม่มีแนวป่าไม้และภูเขาจะทำให้ลมพายุพัดกระหน่ำพื้นที่อยู่อาศัยทำให้เกิดความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สิน แต่ถ้าพายุพัดผ่านแนวต้นไม้และภูเขาจะทำให้พายุอ่อนกำลังลงกลายเป็นฝนสำหรับการเกษตร

2.1.2 ความสำคัญในทางเศรษฐกิจ

ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญทางด้านเศรษฐกิจ เพราะผลผลิตจากป่าไม้สามารถสร้างเม็ดเงินได้จำนวนมาก เช่น การทำไม้แปรรูปส่งออกต่างประเทศ การทำเฟอร์นิเจอร์ส่งออก นอกจากนี้ไม้แปรรูปยังมีผลผลิตจากป่าประเภทอื่นๆ อีกเป็นจำนวนมาก เช่น รังนกนางแอ่น น้ำผึ้งธรรมชาติ ยางไม้ธรรมชาติอื่นๆ เป็นต้น

2.1.3 ความสำคัญทางด้านสังคม

ป่าไม้นอกจากจะมีความสำคัญทางด้านการอนุรักษ์ และเศรษฐกิจแล้วยังมีความสำคัญทางด้านสังคม เพราะการดำรงชีวิตของมนุษย์ยังต้องพึ่งพาป่าไม้และธรรมชาติ เช่น ป่าไม้เป็นแหล่งอาหาร ป่าไม้เป็นแหล่งศึกษาค้นคว้าวิจัยป่าไม้เป็นแหล่งรวมของนานาชีวิต เป็นดั่งห้องสมุดธรรมชาติ มีทั้งพืช และสัตว์ และป่าไม้เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ เพราะความงามของป่าไม้และธรรมชาติจะทำให้เกิดความสุขขึ้นสงบ ปราศจากความวุ่นวาย ส่งผลให้มีสุขภาพกายและใจที่ดี

2.2 บทบาทของต้นไม้ในการกักเก็บคาร์บอน

โดยทั่วไปป่าไม้มีบทบาทในการดูดซับและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่กระบวนการดูดซับจะมีมากกว่าการปลดปล่อย เพราะต้นไม้ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของใบ (Photosynthesis) เพื่อนำไปสร้างอินทรีย์สารซึ่งมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบเพื่อนำมาเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ หรือที่เรียกว่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ (Carbon storage in biomass) ทั้งในส่วนที่อยู่เหนือดิน (Aboveground biomass) ได้แก่ ลำต้น กิ่ง และใบ และส่วนที่อยู่ใต้ดิน (Belowground biomass) คือ ราก (สมชาย ดิษฐธร. 2553: 10) ในขณะเดียวกันการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศของต้นไม้จะผ่านกระบวนการหายใจของส่วนต่างๆ ของต้นไม้ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ รวมทั้งการหายใจของราก และการถูกย่อยสลายซากส่วนต่างๆ ของต้นไม้โดยจุลินทรีย์ต่างๆ ซึ่งเป็นการปลดปล่อยคาร์บอนกลับคืนสู่บรรยากาศจะอยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เรียกว่า Heterotrophic respiration แต่คาร์บอนส่วนหนึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างซับซ้อนทำให้เอนไซม์ที่หลังจากจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ เช่น สารประกอบฮิวมัส (Humus) ซึ่งจัดเป็นสารประกอบที่เสถียรและมักพบเป็นรูปแบบสุดท้ายของคาร์บอนที่สะสมในดิน (สาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2550: 40-49.) ทั้งนี้ส่วนของต่างๆ ของพืชที่มีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดคือ ใบ โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและความสามารถในการกัก

เก็บและการปลดปล่อยคาร์บอนของต้นไม้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ผลผลิตมวลชีวภาพ ปริมาณน้ำที่พืชดูดขึ้นมา ความหนาแน่นของป่าสภาพภูมิประเทศปริมาณความชื้นของแสงอาทิตย์ชนิดและอายุของต้นไม้ในป่า เป็นต้น

3. สวนสาธารณะ

สวนสาธารณะ หมายถึง สถานที่ที่สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจสำหรับประชาชนทั่วไป และเป็นที่พักผ่อนกิจกรรมต่างๆ เช่น การเดินเล่น การพักผ่อน การออกกำลังกาย โดยมีการจัดตกแต่งบริเวณไว้อย่างสวยงามพร้อมกับสิ่งอำนวยความสะดวกไว้คอยบริการประชาชน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2548: 47) ภายในสวนสาธารณะประกอบด้วยต้นไม้มากมายหลายชนิด สนามหญ้า สระน้ำ น้ำพุ รูปปั้น ที่นั่งพักผ่อน ลานอเนกประสงค์ ฯลฯ

สำนักสวนสาธารณะ สำนักสิ่งแวดล้อมกรุงเทพมหานคร เป็นหน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบเรื่องสวนสาธารณะและต้นไม้ทั้งการตกแต่ง การดูแล บำรุงรักษา รวมทั้งจัดหาพื้นที่สำหรับสร้างเป็นสวนสาธารณะ เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของประชาชน ซึ่งสวนสาธารณะในกรุงเทพมหานครมีหลายประเภท สำนักงานสวนสาธารณะกรุงเทพมหานครจึงได้จำแนกประเภทของสวนสาธารณะออกเป็น 7 ประเภทดังตาราง 1

ตาราง 1 ประเภทของสวนสาธารณะ

	ขนาดพื้นที่	รัศมี การให้บริการ	สิ่งอำนวยความสะดวก	ลักษณะเฉพาะอื่นๆ
สวนหย่อมขนาดเล็ก	≤2 ไร่	1 กิโลเมตร	- ที่ออกกำลังกาย	- เหมาะสำหรับย่านที่มี ครอบครัวมาก - สีสรรค์พักผ่อนหย่อนใจของ ประชาชนวัยต่างๆ
สวนหมู่บ้าน	2-25 ไร่	1-3 กิโลเมตร	- มีสิ่งอำนวยความสะดวก เพิ่มมากกว่าสวนระดับที่ 1	- สำหรับประชาชนผู้อยู่อาศัย ในละแวกนั้น

ตาราง 1 (ต่อ)

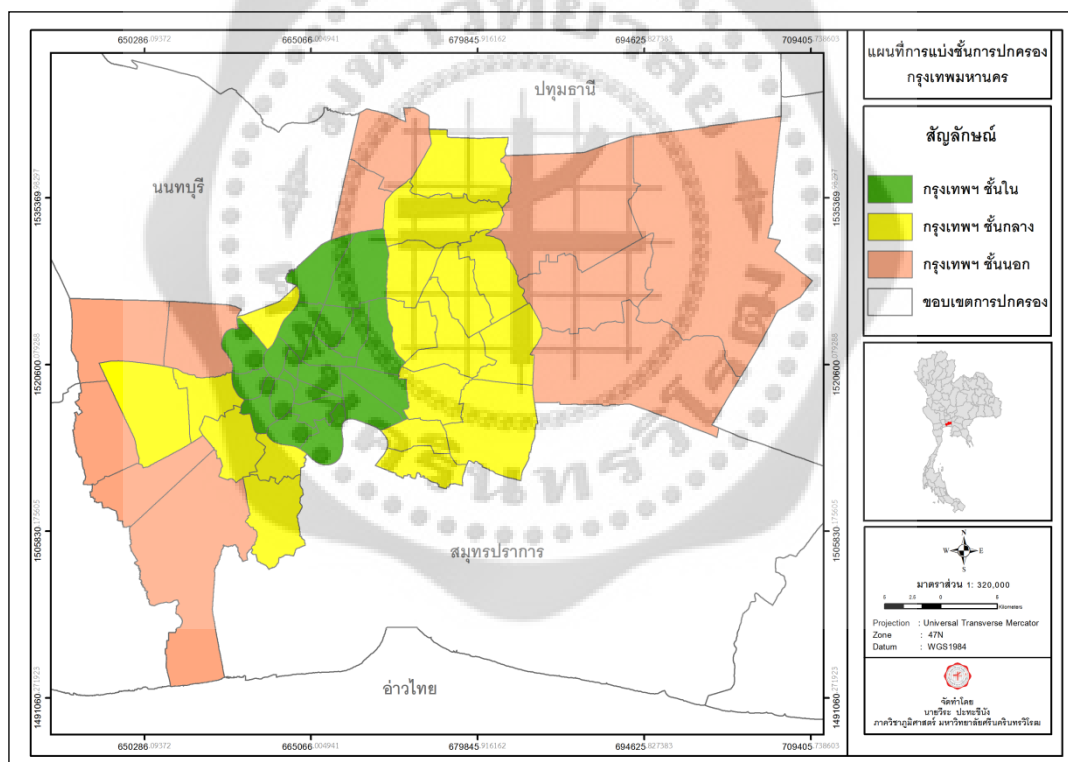
	ขนาดพื้นที่	รัศมี การให้บริการ	สิ่งอำนวยความสะดวก	ลักษณะเฉพาะอื่นๆ
สวนชุมชน	25-125 ไร่	3-8 กิโลเมตร	- มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่ม มากกว่าสวนระดับที่ 1 และ ระดับที่ 2 - มีที่เล่นกีฬา	- มีพื้นที่สำหรับการพักผ่อน แบบเพลิดเพลินกับสิ่งสวยงาม เช่น ไม้ดอกไม้ประดับ
สวนระดับย่าน	125-500 ไร่	>8 กิโลเมตร	- มีสิ่งอำนวยความสะดวก บางอย่างที่ไม่มีในสวนระดับที่ 1, 2 และ 3 เช่น บริเวณปิกนิก ที่จอดรถ ลานอเนกประสงค์ สวนดอกไม้ ขนาดใหญ่ สระเล่นเรือ จักรยาน บึงตกปลา ลำธาร	- การให้บริการผู้สูงอายุ และ ประชาชนทั่วไป
สวนระดับเมือง	≥500 ไร่	เป็นวงรอบแก่คน ทั้งเมืองและพื้นที่ ใกล้เคียง	- มีกิจกรรมในสวนที่ หลากหลายและเน้นหนักไป ทางด้าน Active Recreation	- มีลานกว้างสำหรับการจัดงาน ประเพณี
สวนถนน	กว้าง ≥5 เมตร ความยาวไม่ จำกัด			- สวนไหล่ทางหรือทางจักรยาน (Linear Park หรือ Greenway) - สวนเกาะกลาง (Island Park) - สวนทางแยก (Junction Park)
สวนเฉพาะทาง	ไม่จำกัดขนาด			เช่น สวนอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สวนหย่อมลานพลับพลามหา เจษฎาภิดินทร์

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักสวนสาธารณะ สำนักสิ่งแวดล้อม. (2556).

กรุงเทพมหานครเป็นมหานครที่เป็นศูนย์กลางการปกครอง มีประชากรอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก กรุงเทพมหานครได้แบ่งเขตการปกครองออกเป็น 50 เขต เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ ในปี พ.ศ. 2544 กองควบคุมและจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักปลัดกรุงเทพมหานคร

(2544) ได้จัดแบ่งเขตทั้ง 50 เขตของกรุงเทพมหานครออกเป็น 3 กลุ่มตามที่ตั้งของพื้นที่ ดังแสดงในภาพประกอบ 2 ได้แก่

1. เขตชั้นใน ประกอบด้วย 21 เขตปกครอง ได้แก่ พระนคร ป้อมปราบศัตรูพ่าย สัมพันธวงศ์ ปทุมวัน บางรัก ยานนาวา สาทร บางคอแหลม ดุสิต บางซื่อ พญาไท ราชเทวี ห้วยขวาง คลองเตย จตุจักร ธนบุรี คลองสาน บางกอกน้อย บางกอกใหญ่ ดินแดง และวัฒนา
2. เขตชั้นกลาง ประกอบด้วย 18 เขตปกครอง ได้แก่ พระโขนง ประเวศ บางเขน บางกะปิ ลาดพร้าว บึงกุ่ม บางพลัด ภาษีเจริญ จอมทอง ราษฎร์บูรณะ สวนหลวง บางนา ท่งครุ บางแค วังทองหลาง คันนายาว สะพานสูง และสายไหม
3. เขตชั้นนอก ประกอบด้วย 11 เขตปกครอง ได้แก่ มีนบุรี ดอนเมือง หนองจอก ลาดกระบัง ดลิ่งชัน หนองแขม บางขุนเทียน หลักสี่ คลองสามวา บางบอน และทวีวัฒนา



ภาพประกอบ 2 แผนที่แสดงการแบ่งชั้นการปกครองของเขตกรุงเทพมหานคร

สวนสาธารณะในกรุงเทพมหานคร อยู่ภายใต้การดูแลของสำนักงานสวนสาธารณะ กรุงเทพมหานคร จากสถิติในปี พ.ศ.2556 สำนักงานสวนสาธารณะกรุงเทพมหานครพบว่า มีสวนสาธารณะอยู่ภายใต้การดูแลทั้งสิ้น 31 แห่ง ซึ่งสามารถนำมาแบ่งตามลักษณะพื้นที่การปกครอง

ของกรุงเทพมหานครชั้นใน (แสดงในตาราง 2) ชั้นกลาง (แสดงในตาราง 3) และชั้นนอก (แสดงในตาราง 4) ดังนี้

ตาราง 2 สวนสาธารณะในเขตกรุงเทพมหานครชั้นใน 17 แห่ง

ลำดับที่	ชื่อสวนสาธารณะ	จำนวนเนื้อที่ (ไร่)	ที่ตั้ง
1	สวนสันติภาพ	20-0-80	ถนนราชวิถี แขวงพญาไท เขตราชเทวี
2	สวนลุมพินี	360-0-0	ถนนพระราม 4 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน
3	สวนจตุจักร	155-0-56.6	ถนนพหลโยธิน แขวงจตุจักร เขตจตุจักร
4	สวนสราญรมย์	23-0-0	ถนนเจริญกรุง แขวงพระราชวัง เขตพระนคร
5	สวนรมณีนารถ	29-3-72	ถนนศิริพงษ์ แขวงสำราญ ราษฎร์ เขตพระนคร
6	สวนสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์	196-3-65	ถนนกำแพงเพชร 2 แขวงลาดยาว เขตจตุจักร
7	สวนวชิรเบญจทัศ	375-0-0	ถนนกำแพงเพชร 3 แขวงลาดยาว เขตจตุจักร
8	อุทยานเบญจสิริ	29-0-0	ถนนสุขุมวิท ระหว่างซอย สุขุมวิท 22-24 แขวงคลองตัน เขตคลองเตย
9	สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบ พระชนมพรรษา	29-0-0	เชิงสะพานพระราม 9 เขตบางคอแหลม
10	สวนสาธารณะสันติชัยปราการ	8-2-0	ถนนพระอาทิตย์ เขตพระนคร
11	สวนสาธารณะเฉลิมพระเกียรติ เกียกกาย	10-0-0	ถนนทหาร เขตดุสิต

ตาราง 2 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสวนสาธารณะ	จำนวนเนื้อที่ (ไร่)	ที่ตั้ง
12	สวนพรรณภิรมย์	14-0-0	บริเวณใต้ทางด่วนศรีรัช ถนน พระราม 9-ประดิษฐานอนุธรรม เขตห้วยขวาง
13	สวนเบญจกิติ	130-0-0	ถนนรัชดาภิเษก เขตคลองเตย
14	สวนนาคราภิรมย์	3-3-69.9	ถนนมหาราช แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร
15	สวนสิรินธรพาทุกษาพรรณ	3-0-16	ถนนจรัญสนิทวงศ์ แขวงบางขุน ศรี เขตบางกอกน้อย
16	สวนเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา พระบาทสมเด็จพระ พระเจ้าอยู่หัว	17-2-58	ถนนสาทร แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร
17	สวนเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา พระบาทสมเด็จพระ พระเจ้าอยู่หัว	21-3-42	ถนนบางขุนนนท์ แขวงบางขุน นนท์ เขตบางกอกน้อย

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานสวนสาธารณะ สำนักสิ่งแวดล้อม. (2556).

ตาราง 3 สวนสาธารณะในเขตกรุงเทพมหานครชั้นกลาง 9 แห่ง

ลำดับที่	ชื่อสวนสาธารณะ	จำนวนเนื้อที่ (ไร่)	ที่ตั้ง
1	สวนหลวง ร.๙	500-0-0	ถนนเฉลิมพระเกียรติร.9 แขวงหนองบอน เขตประเวศ
2	สวนกีฬารามอินทรา	59-0-36	ถนนรามอินทราซอย 5 แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน
3	สวนเสรีไทย	350-0-0	ถนนเสรีไทย แขวงคลองกุ่ม เขตปทุมธานี

ตาราง 3 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสวนสาธารณะ	จำนวนเนื้อที่ (ไร่)	ที่ตั้ง
4	สวนหลวงพระราม 8	24-0-0	เชิงสะพานพระราม 8 ถนนอรุณ อัมรินทร์ แขวงบางยี่ขัน เขตบางพลัด
5	สวน 50 พรรษา มหาจักรีสิรินธร	20-0-49	ถนนเฉลิมพระเกียรติร.9 แขวงดอกไม้ เขตประเวศ
6	สวนวนธรรม	38-3-46	ถนนเฉลิมพระเกียรติร.9 ซอย 7 (ประตูค่าย) แขวงหนองบอน เขตประเวศ
7	สวนธนบุรีรมย์	63-1-20	ถนนพุทธบูชา แขวงบางมด เขตทุ่งครุ
8	สวนนวมินทร์ภิรมย์	76-0-39.9	ถนนศรีบูรพา แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม
9	สวนสาธารณะบึงน้ำลาดพร้าว	21-0-68	ถนนลาดพร้าว แขวงลาดพร้าว เขตลาดพร้าว
71			

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานสวนสาธารณะ สำนักสิ่งแวดล้อม. (2556).

ตาราง 4 สวนสาธารณะในเขตกรุงเทพมหานครชั้นนอก 5 แห่ง

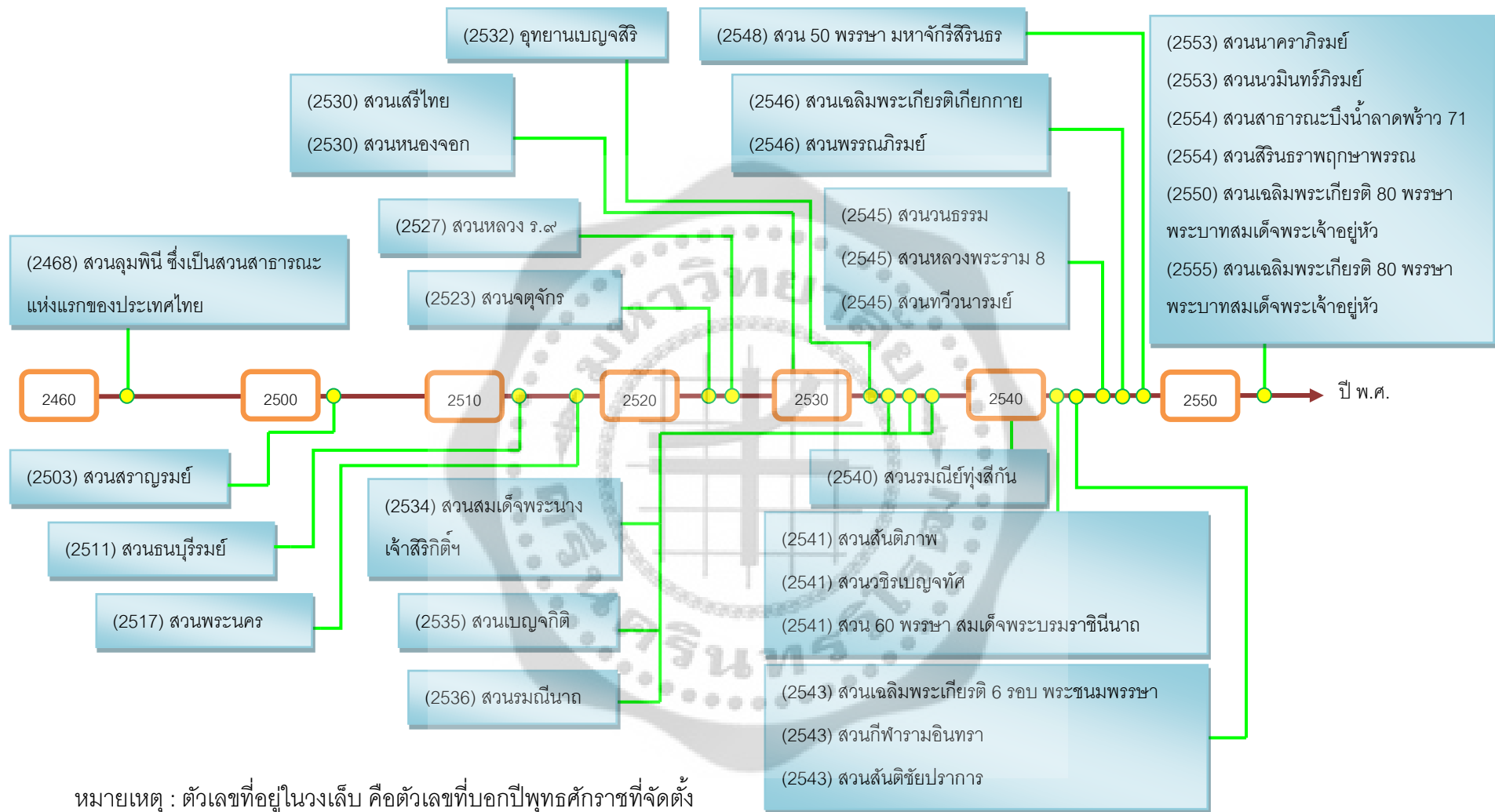
ลำดับที่	ชื่อสวนสาธารณะ	จำนวนเนื้อที่ (ไร่)	ที่ตั้ง
1	สวน 60 พรรษา สมเด็จพระบรมราชินีนาถ	52-1-69	ถนนเคหะร่มเกล้า เขตลาดกระบัง
2	สวนทวีวนารมย์	51-0-0	ถนนเลียบคลองทวีวัฒนา แขวงทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา
3	สวนพระนคร	50-0-0	ถนนอ่อนนุช แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง

ตาราง 4 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อสวนสาธารณะ	จำนวนเนื้อที่ (ไร่)	ที่ตั้ง
4	สวนหนองจอก	35-2-0	ถนนเลียบวารี แขวงกระทู้มลาย เขตหนองจอก
5	สวนรมณีฯทุ่งสีกัน	15-2-74	ถนนเวฬุวนาราม แขวงทุ่งสีกัน เขตดอนเมือง

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานสวนสาธารณะ สำนักสิ่งแวดล้อม. (2556).

อย่างไรก็ตามสวนสาธารณะที่อยู่ในความดูแลของสำนักสวนสาธารณะกรุงเทพมหานครทั้ง 31 แห่งนั้น มีช่วงเวลาในการจัดตั้งที่แตกต่างกันไป สวนสาธารณะแห่งแรกของกรุงเทพมหานคร (และของประเทศไทย) คือ สวนลุมพินี จัดตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2468 จากนั้นเป็นต้นมาจึงเริ่มมีการจัดตั้งสวนสาธารณะอื่นๆ ตามมาในเขตกรุงเทพมหานคร รายละเอียดการจัดตั้งสวนสาธารณะในเขตกรุงเทพมหานครทั้ง 31 แห่ง สามารถแสดงเป็นผังการจัดตั้งได้ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ช่วงเวลาในการจัดตั้งสวนสาธารณะในเขตกรุงเทพมหานคร

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานสวนสาธารณะ สำนักสิ่งแวดล้อม. (2556).

4. มวลชีวภาพและการวัดความเจริญเติบโตของไม้

4.1 มวลชีวภาพ

รักษาติ สุขสำราญ (2548: 14) ได้ให้ความหมายของมวลชีวภาพ (Biomass) หมายถึง มวลของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งหรือในระบบนิเวศใดๆ มวลชีวภาพดังกล่าวประกอบไปด้วยมวลของพืชสีเขียวที่สร้างขึ้นมาจากกระบวนการสังเคราะห์แสงรวมกับมวลของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ มวลชีวภาพสามารถวัดออกมาในรูปของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง น้ำหนักซีเถ้าซึ่งอาจมีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร กิโลกรัมต่อไร่ หรือในรูปของพลังงานซึ่งมีหน่วยเป็นแคลอรี แต่โดยทั่วไปนิยมที่จะหาออกมาในรูปน้ำหนักแห้งมีหน่วยเป็นตันต่อไร่ มวลชีวภาพสามารถวัดได้หลายรูปแบบ เช่น การวัดการไหลเวียนของพลังงานผ่านระบบนิเวศหรือจากการประมาณโดยอ้อม เช่น จากปริมาณของสิ่งต่างๆ ที่ผลิตขึ้นมาจากวัตถุดิบที่ใช้หรือผลตอบแทนที่ได้ ดังนั้นเมื่อกล่าวถึงมวลชีวภาพไม้จะหมายถึง มวลหรือน้ำหนักของต้นไม้ที่สร้างขึ้นมาจากกระบวนการสังเคราะห์แสงสามารถแยกวัดมวลชีวภาพออกตามส่วนต่างๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ราก ดอก ผล และซากใบไม้เศษไม้ที่ร่วงหล่น

วิธีการประมาณค่ามวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินของป่าไม้สามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมมากที่สุด คือ การใช้ความสัมพันธ์ทางสมการแอลโลเมตรีระหว่างมิติ (Dimension) ต่างๆ ของต้นไม้กับอีกวิธีหนึ่งที่เรียกว่า Statified clip technique วิธีการนี้เป็นวิธีการง่ายๆ โดยการตัดส่วนของพืชที่อยู่เหนือพื้นดินที่เป็นแปลงตัวอย่างออกเป็นชั้น ๆ ในแนวราบ โดยใช้ช่วงความหนาแน่นของชั้นเท่าๆ กัน ข้อดีของวิธีนี้คือ คุณสมบัติทั้งทางสัณฐานวิทยา และทางสรีรวิทยาของใบไม้ และของเนื้อไม้ นั้นจะแตกต่างกันออกไปตามตำแหน่งที่อยู่ภายในที่ว่างในป่า (วิชญ์ ดำรงศักดิ์ศิริ. 2544: 4; อ้างอิงจาก พงษ์ศักดิ์ สหนาพุ. 2538. ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้)

ส่วนวิธีการทางแอลโลเมตรีสำหรับการหาค่ามวลชีวภาพของใบลำต้นและกิ่งซึ่งเป็นสมการที่สร้างขึ้นสำหรับพืชและป่าแต่ละชนิด ได้มีผู้ศึกษาสมการแอลโลเมตรีสำหรับป่าประเภทต่างๆ เช่น

ระบบนิเวศป่าดงดิบเขาและป่าดงดิบแล้งใช้สมการแอลโลเมตรีจากผลการศึกษาของชิซึมิ และคนอื่นๆ ในปี 1983 (สนธยา จำปานิล; และ นันทนา คชเสนี. 2547: 5; อ้างอิงจาก Tsutsumi et al. 1983. *Forest: Felling, Burning and Regeneration*)

$$Ws = 0.0509(D^2 H)^{0.919} \dots\dots\dots Tsutsumi et al. (1983)$$

$$Wb = 0.00893(D^2 H)^{0.977}$$

$$WI = 0.0140(D^2 H)^{0.669}$$

ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณใช้สมการแอลโลเมตรีจากผลการศึกษาของโอกาวา และคนอื่นๆ ในปี 1965 (สนธยา จำปานิล; และ นันทนา คชเสนี. 2547: 5; อ้างอิงจาก Ogawa et al. 1965.

Comparative Ecological Studies on Three Main Type of Forest Vegetation in Thailand)

$$W_s = 0.0396(D^2 H)^{0.9326} \dots\dots\dots \text{Ogawa et al. (1965)}$$

$$W_b = 0.003487(D^2 H)^{1.027}$$

$$W_l = ((28.0/W_s + W_b) + 0.025)^{-1}$$

มวลชีวภาพของไม้สนคาริเปียบกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นที่ระดับอกจากผลการศึกษาของสมชาย นองเนื่อง และคนอื่นๆ. (ม.ป.ป: 6) ได้สมการมวลชีวภาพของส่วนลำต้นกิ่งและใบ ดังนี้

$$W_s = 0.1009 (DBH)^{2.3642} \quad R^2 = 0.9669$$

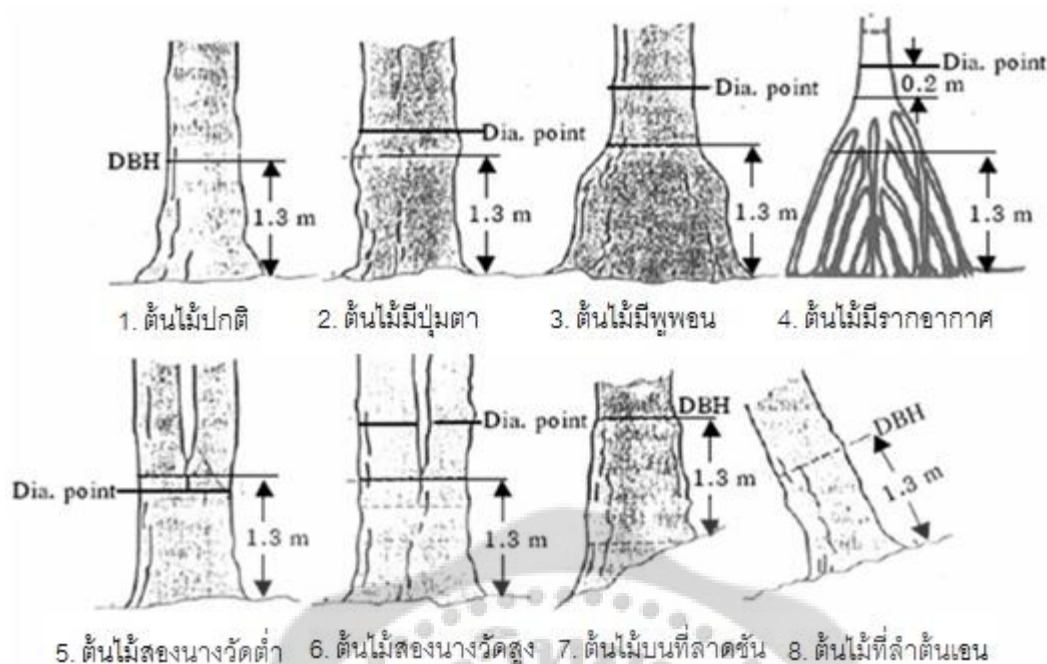
$$W_b = 0.0003 (DBH)^{3.3987} \quad R^2 = 0.9273$$

$$W_l = 1.1055 (WB)^{0.7364} \quad R^2 = 0.9273$$

- โดยที่ H = ความสูงของต้นไม้(เมตร)
 D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นมากกว่า 4.5 เซนติเมตร ขึ้นไปโดยวัดที่ระดับความสูง 1.30 เมตร จากพื้นดิน (เซนติเมตร)
 W_s = มวลชีวภาพลำต้น (กิโลกรัม)
 W_b = มวลชีวภาพกิ่ง (กิโลกรัม)
 W_l = มวลชีวภาพใบ (กิโลกรัม)

4.2 การวัดความเจริญเติบโตของต้นไม้

การวัดความเจริญเติบโตของต้นไม้ นั้น ซึ่งชัย วิริยะบัญชา (2546: 14) ได้กล่าวถึงมิติที่ใช้วัดความเจริญเติบโตของต้นไม้ ส่วนใหญ่จะวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงของต้นไม้ ซึ่งการวัดขนาด DBH ในป่าธรรมชาติถ้าเป็นพื้นที่ค่อนข้างเรียบหรือมีความลาดชันไม่มากต้นไม้มีลักษณะเป็นลำต้นเดี่ยว (Single stem) และไม่มีพุ่มพอนก็จะทำการตรวจวัด DBH ได้ง่ายแต่ในทางปฏิบัติไม่ได้เป็นเช่นนั้นเนื่องจากต้นไม้อาจมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างกันออกไปและลักษณะพื้นที่ที่มีความลาดชันเป็นส่วนใหญ่นั้นการกำหนดการวัด DBH หรือที่ตำแหน่ง 1.30 เมตรจึงอาจมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมและเป็นมาตรฐานเดียวกันดังแสดงในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 การวัดความเจริญเติบโตของต้นไม้ที่ระดับต่างๆ ของต้นไม้ที่มีลักษณะพิเศษและในพื้นที่ที่มีความลาดชัน

ที่มา: ชิงชัย วิริยะบัญชา. (2546). คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมู่ไม้: หน้า 14.

ชิงชัย วิริยะบัญชา (2546: 15) ได้อธิบายการวัดขนาด DBH ของต้นไม้ที่มีลักษณะพิเศษสามารถจำแนกได้เป็น 8 ชนิดคือ

1) ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นปกติและขึ้นอยู่ในพื้นที่ราบตำแหน่งที่วัดจะตรงกับ 1.30 เมตร หรือ DBH

2) ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นมีปุ่มมีปมตรงกับ 1.30 เมตร การวัดอาจจะเลื่อนขึ้นหรือลง เพื่อหลบปุ่มปมของต้นไม้โดยให้ใกล้กับตำแหน่ง 1.30 เมตร มากที่สุด

3) ต้นไม้ที่มีพูพอนมากจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงตำแหน่งวัดขึ้นสูงเป็นพิเศษจะพบมากในป่าที่มีต้นไม้ขนาดใหญ่บางกรณีอาจจะต้องวัดตรงตำแหน่งที่สูงกว่า 3.00 เมตร เพื่อหลบพูพอนดังกล่าว

4) ต้นไม้ที่มีรากอากาศ เช่น ไม้โกงกางจะวัดเหนือคอราก 0.20 เมตร

5) ต้นไม้ที่แตกนางตรงตำแหน่ง 1.30 เมตร จะวัดต่ำลงมาประมาณ 1.00-1.20 เมตร เพื่อให้ได้ค่าลำต้นเพียงค่าเดียว

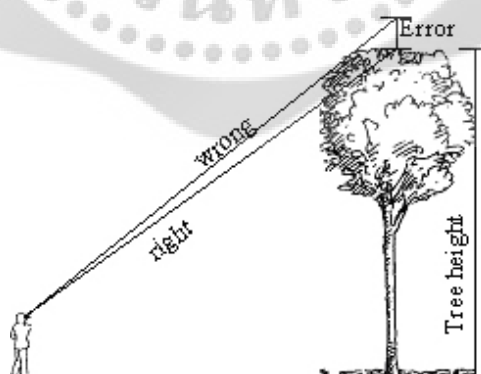
6) ต้นไม้ที่แตกนางตรงระดับต่ำหรือแตกนางใกล้ 1.30 เมตร และไม่สามารถวัดตรงตำแหน่งระดับต่ำได้เนื่องจากการพอกของเนื้อไม้โตกว่าปกติก็จะวัดค่าเป็น 2 ลำต้นหรืออาจมากกว่า 2 ลำต้น

ก็ได้ถ้าต้นไม้มีการแตกนางเป็นพุ่มเหมือนต้นไม้ในป่าพุทที่มีลักษณะลำต้นเป็น 3-4 นางซึ่งเป็นการพัฒนาลำต้นเพื่อช่วยพยุงลำต้นไม่ให้ล้ม เป็นต้น

7) ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่บนที่ลาดชันสูงจะวัดตำแหน่ง 1.30 เมตร ด้านบนของความลาดชัน

8) ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นที่เอนให้วัดตำแหน่ง 1.30 เมตร ด้านเอนออกไป

การวัดขนาด DBH ปกติจะใช้เทปวัดที่ทำจากพลาสติกที่เรียกว่า Diameter Tape ซึ่งค่าที่อ่านได้จะเป็นค่าเส้นผ่าศูนย์กลางถ้าต้นไม้มีขนาดเล็กก็จะใช้ Caliper ในการวัดแต่เนื่องจาก Diameter Tape นี้ในเมืองไทยหายากจึงอาจใช้เทปวัดเอนของช่างตัดเสื้อก็ได้แต่ค่าที่วัดนี้จะเป็นขนาดของเส้นรอบวงที่ระดับอก (Girth at Breast Height: GBH) จึงจำเป็นต้องแปลงค่าเป็น DBH ก่อนที่จะนำไปคำนวณข้อมูลในด้านอื่นๆ โดยนำ GBH ที่ได้มาหารด้วยค่า π หรือ 3.1416 ส่วนการวัดความสูงของต้นไม้มักจะทำได้ยากกว่าการวัด DBH เพราะต้องใช้เครื่องมือ และอาศัยความชำนาญมากกว่าจึงจะได้ค่าที่มีความถูกต้องเครื่องมือที่ใช้วัดความสูงของต้นไม้ มักจะใช้ไม้วัดความสูง (Measuring pole) ที่ทำจากพลาสติกหรืออลูมิเนียมสามารถชักขึ้นที่ละท่อนต่อๆ กันไปวัดความสูงได้ไม่เกิน 15 เมตร ถ้าสูงมากกว่านี้จำเป็นต้องใช้ Haga Hypsometer หรือ Suunto Clinometer การวัดความสูงต้นไม้ในป่าธรรมชาติที่มีเรือนยอดซ้อนทับกันมักจะมีความแม่นยำน้อยเนื่องจากจะไม่เห็นยอดของต้นไม้ชัดเจน ดังภาพประกอบ 5 ดังนั้นในการเก็บข้อมูลจากแปลงตัวอย่างเราจะสุ่มวัดความสูงประมาณร้อยละ 25 จากจำนวนต้นไม้ที่มีอยู่โดยให้ครอบคลุมทุกขนาดความสูง ในขณะที่ DBH วัดร้อยละ 100 จับคู่ข้อมูลความสูงกับ DBH ที่ได้จะนำมาหาความสัมพันธ์ในรูปสมการ D-H Relation เพื่อใช้คำนวณหาความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลงต่อไป



ภาพประกอบ 5 การวัดความสูงของต้นไม้ที่อาจผิดพลาดได้

ที่มา: ชิงชัย วิริยะบัญชา. (2546). คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมู่ไม้. หน้า 15.

5. ภูมิสารสนเทศ

ภูมิสารสนเทศ (Geoinformatics) เป็นวิทยาศาสตร์ที่บูรณาการเทคโนโลยีทางด้านการสำรวจ การทำแผนที่และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าด้วยกัน เพื่อศึกษาเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏบนพื้นผิวโลก ประกอบด้วย การสำรวจจากระยะไกล ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลกทั้งนี้แต่ละเทคโนโลยีสามารถอธิบายได้ดังนี้

5.1 การสำรวจจากระยะไกล

5.1.1 หลักการสำรวจจากระยะไกล

การสำรวจจากระยะไกล (Remote Sensing) เป็นศาสตร์และศิลป์ของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุที่ปรากฏการณ์บนพื้นผิวโลก โดยปราศจากการสัมผัสกับวัตถุเป้าหมายนั้นและบันทึกข้อมูลโดยใช้เครื่องมือรับรู้ (Sensor) จากการสะท้อนและส่งผ่านพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแล้วนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล วิเคราะห์ และประยุกต์ใช้ (Natural Resources Canada, 2007: 5) พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลซึ่งมีคุณสมบัติ 3 ประการ คือ ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Spectral characteristic) ลักษณะเชิงพื้นที่ของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial characteristic) และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา (Temporal characteristic) ซึ่งมีกระบวนการและองค์ประกอบดังนี้

1) การได้มาซึ่งข้อมูล (Data acquisition) โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดพลังงาน เช่น ดวงอาทิตย์ เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศ เกิดปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับรูปลักษณะพื้นผิวโลก และเดินทางเข้าสู่เครื่องรับรู้ที่ติดตั้งในตัวยาน ได้แก่ เครื่องบิน ยานอวกาศ และดาวเทียม ถูกบันทึกและผลิตข้อมูลในรูปแบบภาพ (Pictorial or photograph) หรือรูปแบบเชิงเลข (Digital form)

2) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ประกอบด้วย การแปลตีความด้วยสายตา (Visual interpretation) และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเลข (Digital analysis) โดยมีข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยข้อมูลอ้างอิงต่างๆ เช่น แผนที่ดิน ข้อมูลปฏิทินและสถิติการปลูกพืชและอื่นๆ ได้ผลิตผลของการแปลตีความในรูปแบบแผนที่ ข้อมูลเชิงเลข ตาราง คำอธิบาย หรือแผนภูมิ เป็นต้น เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552: 43)

หลักการของการสำรวจจากระยะไกลจะประกอบไปด้วย ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า พลังงานรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อตกกระทบวัตถุไม่ว่าของแข็ง ของเหลวและก๊าซ เรียกว่า พลังงานรังสีตกกระทบ (Incident radiation) ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติของพลังงานรังสีที่ตกกระทบในเรื่องความเข้ม (Intensity) ทิศทาง (Direction) ความยาวคลื่น (Wavelength) และการ

โพลาไรซ์ (Polarization) ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นจากการตกกระทบของพลังงานรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีต่อสสาร มีลักษณะดังต่อไปนี้

2.1) การส่งผ่านพลังงาน (Transmission) การส่งผ่านพลังงานจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน เช่น จากอากาศไปยังน้ำ เป็นสาเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า อัตราส่วนระหว่างความเร็วของแสงในอวกาศที่ว่างเปล่าต่อความเร็วของแสงในตัวกลางนั้นเรียกว่า ดัชนีหักเห (Index of Refraction, n) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$n = C_a / C_s$$

เมื่อ C_a = ความเร็วของแสงในบรรยากาศ

C_s = ความเร็วของแสงในตัวกลาง

2.2) การดูดกลืนพลังงาน (Absorption) การดูดกลืนพลังงานไว้ ทำให้สสารมีอุณหภูมิสูงขึ้น

2.3) การเปล่งพลังงาน (Emission) ความสามารถในการเปล่งพลังงานของสสารขึ้นอยู่กับโครงสร้างและอุณหภูมิของสสารนั้น

2.4) การกระจัดกระจาย (Scattering) การกระจัดกระจายต่อลักษณะการหักเหของพลังงานในทุกทิศทาง ขึ้นอยู่กับพื้นผิวมีความขรุขระมากน้อย เปรียบได้กับความยาวคลื่นของพลังงานที่ตกกระทบ ทำให้เกิดการกระจายของโมเลกุลและสสารในบรรยากาศ ทำให้คลื่นแสง (Light Waves) กระจายมีขนาดเท่ากับ ความยาวของคลื่นแสง

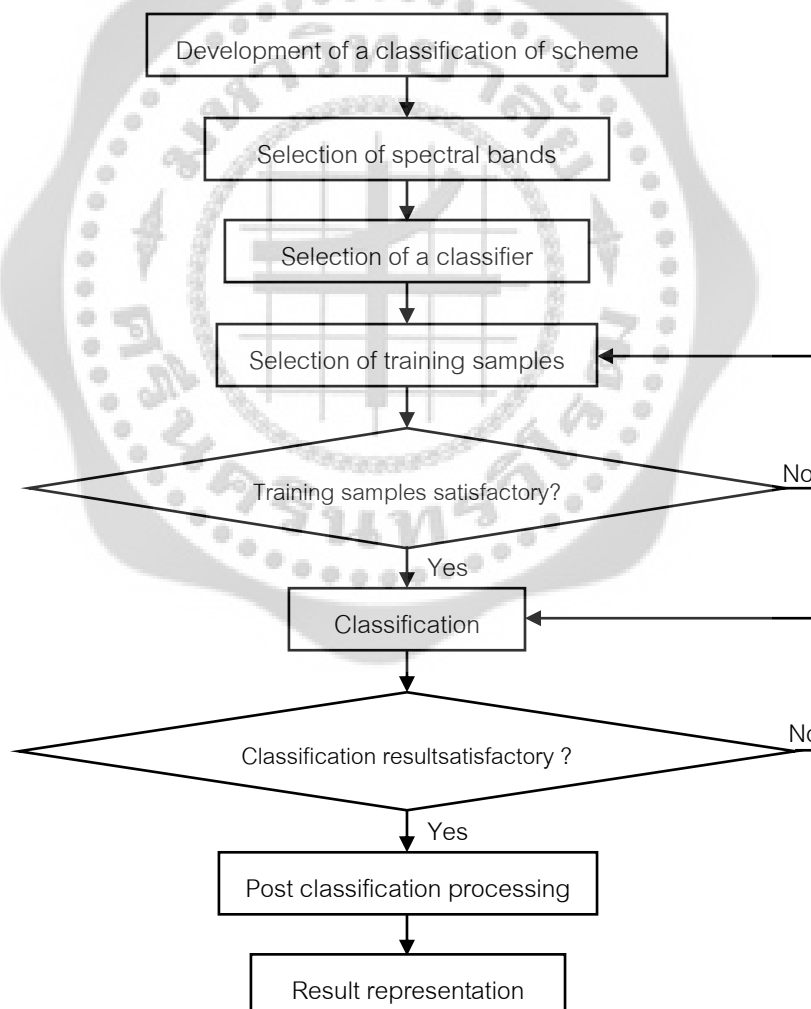
2.5) การสะท้อน (Reflection) พลังงานถูกส่งกลับโดยพื้นผิวโลก โดยมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน การสะท้อนเกิดจากพื้นผิวมีความราบเรียบ มีความสัมพันธ์กับความยาวคลื่นของพลังงานที่ตกกระทบ (สุรภี อิงคากุล. 2548: 12-13) ซึ่งกระบวนการทั้งหมดนี้จะช่วยในการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือแม้กระทั่งการศึกษาเรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับภาพดาวเทียมหรือภาพถ่ายทางอากาศ

5.1.2 การจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียมด้วยระบบคอมพิวเตอร์

การจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) และการจำแนกแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification)

การจำแนกแบบกำกับดูแล เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลที่คุณจำแนกจะต้องมีความรู้และเข้าใจพื้นที่ที่จะจำแนก โดยอาศัยจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม การสำรวจภาคสนาม การใช้แผนที่ รวมไปถึงภูมิหลังของผู้จำแนกเอง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง จากนั้นกำหนดเป็นกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง (Training area) ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์จะคำนวณหาค่าสถิติของกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง และทำการประมวลผล แล้วจำแนกข้อมูลในแต่ละจุดภาพ (Pixel) ของภาพถ่ายดาวเทียมตามที่คุณจำแนกได้กำหนดไว้ การจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแลจะมีความซับซ้อนและขั้นตอนที่มากกว่าการจำแนกแบบไม่กำกับดูแล ซึ่งมีวิธีการจำแนกที่นิยมใช้โดยทั่วไปมี 3 แบบ ได้แก่ Minimum Distance to Mean Classifier, Parallelepiped Classifier และ Maximum Likelihood Classifier (Gao. 2009: 267) ซึ่งมีขั้นตอนการจำแนกดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ขั้นตอนการจำแนกภาพแบบกำกับดูแล

ที่มา: Gao. (2009). *Digital Analysis of Remotely Sensed Imagery*. p. 268.

ขั้นตอนการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล สามารถอธิบายตามขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 Development of a classification of scheme เป็นขั้นตอนการจัดเตรียมโครงการสำหรับการศึกษาวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 Selection of spectral bands เป็นขั้นตอนในการเลือกช่วงคลื่น (Bands) ของภาพถ่ายดาวเทียมในการจัดกระทำ

ขั้นตอนที่ 3 Selection of a classifier เป็นขั้นตอนการเลือกวิธีที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล ซึ่งมีด้วยกัน 3 แบบ คือ Minimum Distance to Mean Classifier, Parallelepiped Classifier และ Maximum Likelihood Classifier โดยแต่ละวิธีมีความแตกต่างกันของสถิติและค่าพารามิเตอร์ (Parameters) โดยวิธีการทั้ง 3 แบบสามารถเปรียบเทียบได้ดังตาราง 5

ตาราง 5 เปรียบเทียบวิธีที่ใช้ในการจำแนกแบบกำกับดูแลทั้ง 3 แบบ

Classifier	Parallelepiped	Minimum Distance	Maximum Likelihood
Ease of understanding	Easy to understand	Moderate, Relatively easy to understand	Complex, Hard to understand
Usefulness	Not useful	Usrful	Very useful
Computation	Simple	Moderate	Intensive
Statistical parameters used	Minimum and maximum	Mean only	Mean and standard deviation
Assumption	No	No	Yes

ที่มา: Gao. (2009). *Digital Analysis of Remotely Sensed Imagery*. p. 281.

ขั้นตอนที่ 4 Selection of training samples ขั้นตอนการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง ผู้วิเคราะห์ต้องอาศัยความรู้และความคุ้นเคยเกี่ยวกับลักษณะของพื้นที่ศึกษาจากการสำรวจภาคสนามหรือจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม แล้วกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ โดยพิจารณาจากค่าการสะท้อนแสงของคลื่นของข้อมูลแต่ละประเภท ในการเลือกพื้นที่ตัวอย่างอาจเลือกเพียงบริเวณเดียว หรือหลายบริเวณสำหรับข้อมูลแต่ละประเภท การเลือกพื้นที่หลายบริเวณจะได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของแต่ละประเภทข้อมูลได้ดีกว่า ส่วนจำนวนจุดภาพของพื้นที่ข้อมูล

ตัวอย่างหรือกลุ่มข้อมูลตัวอย่างควรมีจำนวนเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ของแต่ละประเภทข้อมูล แต่ยังมีจำนวนจุดภาพมากเท่าไรก็ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของแต่ละประเภทข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 5 Training samples satisfactory ได้พื้นที่ตัวอย่างตามต้องการ ถ้าหากพื้นที่ตัวอย่างที่เลือกมาไม่ครอบคลุมพื้นที่ หรือไม่ได้ตามที่ต้องการ ให้กลับไปขั้นตอนที่ 4 อีกครั้งจนได้พื้นที่ตามต้องการ

ขั้นตอนที่ 6 Classification เป็นขั้นตอนการจำแนกข้อมูลโดยใช้วิธีที่เลือกไว้จากขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 7 Classification result satisfactory ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล ถ้าผลลัพธ์ที่ได้ยังไม่ได้ตามที่ต้องการให้กลับไปขั้นตอนที่ 6 อีกครั้งหรือจนกว่าจะได้ข้อมูลตามต้องการ

ขั้นตอนที่ 8 Postclassification processing เป็นขั้นตอนวิเคราะห์หลังการจำแนกข้อมูล มีความจำเป็นเนื่องจากผลจากการจำแนกข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ข้อมูลบางประเภทอาจมีจุดภาพกระจัดกระจายไม่ต่อเนื่องกัน หรือบางครั้งข้อมูลประเภทหนึ่งซึ่งมีขนาดเล็กและวางตัวกระจัดกระจายอยู่ภายใต้ประเภทข้อมูลที่มีขนาดใหญ่กว่า ดังนั้นเพื่อให้ข้อมูลมีความต่อเนื่องกันจึงมีหลายวิธีการในการทำให้ข้อมูลมีความต่อเนื่องกัน เช่น การกรองข้อมูล (Filtering) ซึ่งมีหลายวิธีเช่น Mode Filtering เป็นต้น การตกแต่งข้อมูลนั้นจะใช้วิธีใดก็ขึ้นอยู่กับระบบวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้

ขั้นตอนที่ 9 Result representation เป็นผลลัพธ์ขั้นสุดท้ายของการจำแนกแบบกำกับดูแล

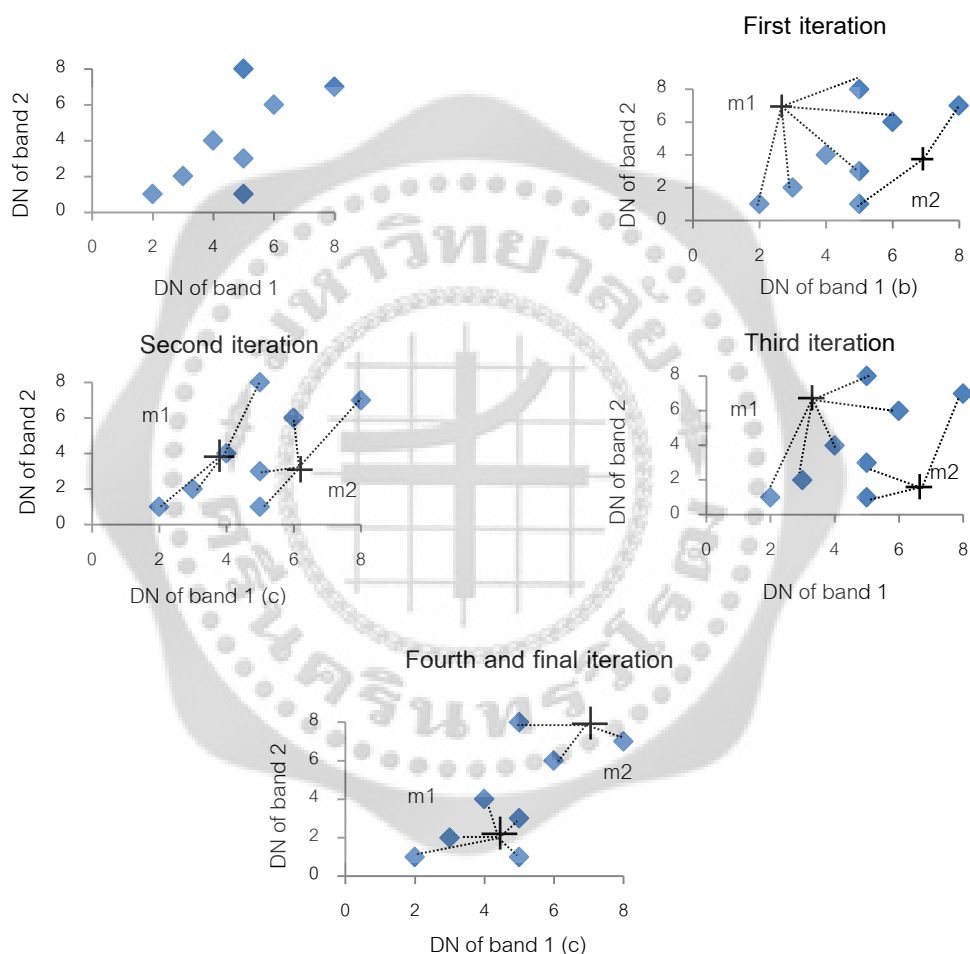
2) การจำแนกข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification)

การจำแนกข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดกลุ่มข้อมูลที่มีค่าการสะท้อนช่วงคลื่นของแต่ละจุดภาพ (Pixel) ที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งการจำแนกข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล ข้อมูลที่นำเข้าวิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องจัดกลุ่มก่อน หรือไม่จำเป็นจะต้องมีความรู้หรือความคุ้นเคยเกี่ยวกับพื้นที่ที่ทำการศึกษา และไม่ต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพียงแต่กำหนดกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง ที่มีค่าการสะท้อนช่วงคลื่นที่หลากหลายและครอบคลุมทุกกลุ่มข้อมูล หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแต่ละประเภท และต้องให้คำจำกัดความของข้อมูลแต่ละประเภท ซึ่งต้องสอดคล้องกับสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่จำแนกข้อมูล (Gao, 2009: 260) ดังนั้นผู้วิเคราะห์ข้อมูลจำเป็นต้องมีการออกสำรวจข้อมูลภาคสนามบริเวณพื้นที่ศึกษา

วิธีที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มข้อมูลแต่ละประเภทออกจากกลุ่มข้อมูลตัวอย่างมีหลายวิธี วิธีที่นิยมใช้คือ K-Means Clustering โดยที่ K คือจำนวนของช่วงคลื่นที่ใช้ หลักการของวิธีนี้คือ คอมพิวเตอร์จะแบ่งกลุ่มข้อมูลตามลักษณะการสะท้อนของช่วงคลื่น แล้วคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) ของแต่ละกลุ่มข้อมูล การคำนวณสามารถกระทำซ้ำหลายครั้งจนกว่าจะได้ผลที่น่าพอใจ

ขั้นตอนการจำแนกข้อมูลแบบไม่กำกับดูแลไม่ซับซ้อนเหมือนการจำแนกแบบกำกับดูแลซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดจำนวนชั้นข้อมูล (Class) การกำหนดจำนวนชั้นข้อมูลเป็นขั้นตอนที่ผู้วิเคราะห์ข้อมูลจะต้องกำหนดจำนวนชั้นข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งอาศัยค่าการสะท้อนแสงของช่วงคลื่นและลักษณะที่ปรากฏบนภาพถ่ายดาวเทียมให้ครอบคลุมทั้งภาพและใช้สถิติในการจำแนก สถิติที่นิยมคือ K-Means Clustering เพื่อให้คอมพิวเตอร์แบ่งชั้นข้อมูลตามจำนวนที่ผู้วิเคราะห์ต้องการดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 K-Means Clustering. (a) ค่าการสะท้อนแสงของช่วงคลื่นของ 2 แบนด์ (b) ผลที่ได้หลังจากการประเมินค่าเฉลี่ยของแต่ละจุดภาพ (c) ผลที่ได้หลังจากการประเมินค่าเฉลี่ยของแต่ละจุดภาพครั้งที่ 2 (d) ผลที่ได้หลังจากการประเมินค่าเฉลี่ยของแต่ละจุดภาพครั้งที่ 3 (e) ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้ K-Means Clustering

ที่มา: Gao. (2009). *Digital Analysis of Remotely Sensed Imagery*. p. 262.

ขั้นตอนที่ 2 การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) เป็นขั้นตอนจำแนกข้อมูล โดยใช้สถิติจากขั้นตอนที่ 1 มาใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลทุกจุดภาพในพื้นที่ที่ศึกษา

ขั้นตอนที่ 3 การตกแต่งข้อมูลหลังจากการจำแนกข้อมูล (Post classification) เป็นขั้นตอนการตกแต่งข้อมูลหลังจากการจำแนกประเภทข้อมูล ความหมายและวิธีการเหมือนกับกับการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล

ขั้นตอนที่ 4 การให้คำจำกัดความของข้อมูลแต่ละประเภท (Categories definition) เป็นขั้นตอนที่ ผู้วิเคราะห์จะต้องเป็นผู้ให้คำจำกัดความของข้อมูลแต่ละประเภทด้วยตัวเอง เนื่องจากคอมพิวเตอร์เพียงแค่แบ่งกลุ่มชั้นข้อมูลให้ตามการกระจายตัวของค่าความเข้มของแต่ละจุดภาพ

การจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ทั้งการจำแนกแบบ Supervised Classification และ Unsupervised Classification มีความแตกต่างกันซึ่งวิธีการ Supervised Classification มีความซับซ้อน ใช้เวลาและกระบวนการที่มากกว่า ขณะที่วิธี Unsupervised Classification เป็นวิธีที่ง่ายและใช้เวลาน้อย การเปรียบเทียบวิธีการทั้ง 2 แบบ ดังตาราง 6

ตาราง 6 เปรียบเทียบ Supervised Classification และ Unsupervised Classification

Criteria	Supervised	Unsupervised
Ease of operation	Complex	Simple
Speed	Slow	Fast
Usefulness	Useful	Not so useful
Cover identity known	Prior to classification	After classification

ที่มา: Gao. (2009). *Digital Analysis of Remotely Sensed Imagery*. p. 283.

5.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) คือ ระบบคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ โปรแกรมซอฟต์แวร์ บุคลากร และข้อมูล โดยที่ระบบมีความสามารถในการนำเข้า จัดเก็บ ประมวลผล วิเคราะห์ แก้ไข และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geo-reference data) ได้แก่ ข้อมูลที่แสดงสภาพทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลดังกล่าวที่ปรากฏในลักษณะพื้นที่รูปหลายเหลี่ยม เส้น หรือจุด ตัวอย่างเช่น ขอบเขตชายฝั่งทะเล พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน เส้นทางแม่น้ำ

เส้นทางลำคลอง เส้นทางคลองชลประทาน เส้นทางถนน ตำแหน่งหมู่บ้าน ตำแหน่งสถานีตรวจวัด ข้อมูลต่างๆ ตลอดจนแผนที่ผลการวิเคราะห์พื้นที่ความเสี่ยงต่อภัยพิบัติต่างๆ เป็นต้น

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ระบบแรก พัฒนาโดยรัฐบาลแคนาดาในปี ค.ศ. 1964 เรียกว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งแคนาดา (The Canadian Geographic Information System: CGIS) ซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้งานในด้านการพัฒนาพื้นที่ในด้านการเกษตร และได้มีหน่วยงานอื่นๆ นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไปพัฒนาใช้ เช่น สหรัฐอเมริกา ได้แก่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์การใช้ที่ดินและทรัพยากรธรรมชาติแห่งรัฐนิวยอร์ก ในปี ค.ศ. 1967 (The New York Land Use and Natural Resources Information System) และระบบสารสนเทศการจัดการการใช้ที่ดินของรัฐมินนิโซตา (The Minnesota Land Management Information System: MLMIS) ในปี ค.ศ. 1969 (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. 2552: 5)

5.2.1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552: 5-6) ได้อธิบาย องค์ประกอบต่างๆ ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ไว้ดังนี้

1) บุคลากร

บุคลากรเป็นที่เกี่ยวข้องกับการทำงานในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ ผู้ใช้แผนที่ ซึ่งจะใช้แผนที่สำหรับการประกอบการตัดสินใจและวางแผนเฉพาะเรื่อง ผู้ทำแผนที่ใช้ข้อมูลจากชั้นแผนที่ต่างๆ เพื่อนำมาผลิตแผนที่ที่มีคุณภาพสูง นักวิเคราะห์จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงพื้นที่และภูมิศาสตร์ เช่น เส้นทางที่เหมาะสม การจัดการการจราจรพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติ เป็นต้น ผู้จัดทำข้อมูลทำแผนที่นำเข้าข้อมูล จัดเก็บ และแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้อง สำหรับการวิเคราะห์ในด้านต่างๆ นักออกแบบระบบฐานข้อมูล ทำหน้าที่ออกแบบระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อให้การทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และนักพัฒนาโปรแกรม ทำการพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2) ข้อมูล

แหล่งข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้จากแหล่งต่างๆ เช่น ข้อมูลจากดาวเทียม รูปถ่ายทางอากาศ แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่น้ำใต้ดิน และแผนที่ธรณีวิทยา เป็นต้น โดยแหล่งข้อมูลอยู่ในรูปของข้อมูลกระดาษและข้อมูลเชิงเลข

3) ซอฟต์แวร์

ใช้เพื่อทำหน้าที่จัดการควบคุมการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ ซอฟต์แวร์ที่ใช้ทำงานร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ซอฟต์แวร์ที่ใช้ทำงานร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เรียกว่า ซอฟต์แวร์ระบบ (System

software) หรือระบบปฏิบัติการ (Operating system) เป็นโปรแกรมควบคุมระบบเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละชนิดจะเรียกใช้ระบบปฏิบัติการต่างกัน ขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิต เช่น เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล มักใช้ระบบปฏิบัติการ WINDOWS เครื่องมินิคอมพิวเตอร์ บางชนิดมักใช้ระบบปฏิบัติการ UNIX เป็นต้น ซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่สามารถใช้ทำงานในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ต้องมีความสามารถหลักๆ ในการป้อนข้อมูลและการตรวจสอบข้อมูล โดยการนำเข้าข้อมูลนั้นอาจเป็นการเปลี่ยนข้อมูลจากแผนที่ต้นฉบับ ข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศ ให้อยู่ในรูปของข้อมูลเชิงเลข โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการนี้ เช่น ตัวแปลงเป็นดิจิทัล (Digitizer) และเครื่องกราดภาพ (Scanner) เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องมีการจัดเก็บข้อมูลประเภทต่างๆ คือ จุด เส้น หรือพื้นที่ และการจัดการฐานข้อมูลที่ใช้เรียกใช้ได้ง่าย ปัจจุบันซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ในประเทศไทย เช่น ArcView, ArcGIS, SuperMap, QGIS และ MapInfo Professional เป็นต้น

4) ฮาร์ดแวร์

องค์ประกอบฮาร์ดแวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้น ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีทำให้ฮาร์ดแวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาปรับปรุงให้มีการประมวลผลที่เร็วยิ่งขึ้น เช่น มีหน่วยความจำหลัก (Main Memory) ที่มีขนาดตั้งแต่ 2GB ขึ้นไป จอสำหรับแสดงผลในปัจจุบันนิยมแบบ LCD (Liquid crystal display) หรือ LED (Light emitting diode) ซึ่งมีความละเอียดของภาพมากขึ้น ความคมชัดมากขึ้น และเครื่องพิมพ์ที่ใช้ส่วนมากจะเป็นแบบพ่นหมึก โดยใช้วิธีพ่นหมึกจากหัวฉีด (Ink jet) ชนิดเป็นสี หรือเครื่องวาด (Plotter) ซึ่งใช้กับกระดาษขนาดตั้งแต่ A4 ขึ้นไป สำหรับตัวแปลงเป็นดิจิทัล คือเครื่องถ่ายภาพขอบเขตต่างๆ บนแผนที่ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ และจานบันทึกแบบแข็ง (Hard disk) ต้องสามารถเก็บข้อมูลไว้อย่างเพียงพอ หรือใช้ซีดีรอม (CD-ROM) เป็นสื่อในการบันทึกข้อมูล

5) กระบวนการ (Procedure)

เป็นกระบวนการเพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์เพื่อดำเนินงานให้ได้สารสนเทศตามเป้าหมาย ซึ่งต้องอาศัยองค์ประกอบและองค์ความรู้ต่างๆ ตามศาสตร์ที่จะดำเนินการ

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นจุดแข็งของระบบที่ทำให้ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงตารางสามารถนำมาประมวลผลรวมกันโดยเทคนิคการซ้อนทับข้อมูล ทำให้สามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของทรัพยากรธรรมชาติ ตลอดจนการวางแผนการใช้ที่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ทำให้กระบวนการตัดสินใจเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและจัดแสดงในรูปแบบแผนที่รายงานในระบบหนังสือ หรือระบบดิจิทัลซึ่งสามารถสืบค้นและเข้าถึงได้ง่าย

5.3 ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก

ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (Global Positioning System: GPS) ใช้หลักการตรวจวัดสัญญาณที่ส่งจากดาวเทียมที่ทราบวงโคจรที่แน่นอน สัญญาณนี้จะถูกรับโดยเครื่องรับที่สถานีภาคพื้นดิน เราสามารถคำนวณหาระยะทางหรือพิสัย (Range) จากดาวเทียมถึงเครื่องรับได้จากเวลาจากดาวเทียมถึงเครื่องรับและข้อมูลของสัญญาณ ทำให้คำนวณตำแหน่งของเครื่องรับได้ เนื่องจากสัญญาณเป็นสัญญาณที่ส่งออกมาจากดาวเทียมทางเดียว ทั้งเครื่องรับและเครื่องส่งต้องมีนาฬิกาที่เที่ยงตรง เนื่องจากดาวเทียมมีวงโคจรที่ระดับความสูง 20,000 ก.ม. เหนือพื้นผิวโลก ซึ่งวงโคจรที่ค่อนข้างสูงนี้จะไม่มียิทธิพลจากแรงโน้มถ่วงของโลกหรือมีน้อยมาก ซึ่งทำให้หาวงโคจรที่ค่อนข้างแม่นยำ (ชวรัตน์ มงคลสวัสดิ์. 2540: 141)

5.3.1 องค์ประกอบของ GPS

ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลกประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนอวกาศ (Space segment) ส่วนสถานีควบคุม (Control segment) และส่วนผู้ใช้ (User segment) ซึ่งสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2547: 47-49) ได้อธิบายรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ส่วนอวกาศ (Space segment) เป็นส่วนที่อยู่บนอวกาศจะประกอบด้วยดาวเทียม 24 ดวง โดยมีดาวเทียม 21 ดวงทำหน้าที่ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุจากอวกาศ (Space vehicles, SVs) ส่วนอีก 3 ดวง เป็นดาวเทียมปฏิบัติการเสริมวงโคจรของดาวเทียมแต่ละดวงจะใช้เวลาโคจร 12 ชั่วโมง ต่อ 1 รอบ โดยจะมีทั้งหมด 6 วงโคจร แต่ละวงโคจรมีดาวเทียม 4 ดวง วงโคจรมีมุมเอียง 55 องศา กับระนาบศูนย์สูตรและห่างกัน 60 องศา วงโคจรในลักษณะดังกล่าวจะทำให้มีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงอยู่บนท้องฟ้าทุกๆ จุดบนพื้นผิวโลก ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ดาวเทียมชุดแรก เรียก GPS Block I มีทั้งหมด 10 ดวง ดาวเทียมแต่ละดวงจะมีนาฬิกาที่มีความแม่นยำสูงซึ่งเป็นชุดของนาฬิกาอะตอมมิกแบ่งออกเป็นแหล่งกำเนิดความถี่บีเคียม 2 เรือน และ ซีเซียม 2 เรือน ทำให้เวลามาตรฐานของดาวเทียมมีความถูกต้องสูงมากนาฬิกาดังกล่าวช่วยในการคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับสัญญาณเพื่อที่จะคำนวณค่าพิกัดตำแหน่งได้

2) ส่วนสถานีควบคุม (Control segment) ประกอบไปด้วยสถานีภาคพื้นดินที่ควบคุมระบบ (Operational Control System: OCS) ที่กระจายอยู่ตามส่วนต่างๆ ของโลก มีหน้าที่ปรับปรุงให้ข้อมูลดาวเทียมมีความถูกต้องทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ซึ่งสถานีควบคุมประกอบไปด้วย 3 สถานี คือ สถานีควบคุมหลัก สถานีติดตามดาวเทียม และสถานีรับส่งสัญญาณ

3) ส่วนผู้ใช้ (User segment) ประกอบด้วยเครื่องรับสัญญาณหรือตัว GPS ที่เราใช้อยู่มีหลายขนาดสามารถพกพาได้ หรือติดไว้ในรถ เรือหรือเครื่องบิน เครื่อง GPS จะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณจาก SVs เป็นตำแหน่ง ความเร็วและเวลาโดยประมาณ ถ้าหากต้องการทราบค่า X Y Z

(Position) และเวลาต้องใช้ดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ความถูกต้องของตำแหน่งขึ้นอยู่กับนาฬิกาและตัว GPS ซึ่งอาจจะหาตำแหน่งที่มีความผิดพลาดได้น้อยกว่า 3 ฟุต นาฬิกาที่ใช้จะมีความถูกต้องสามารถวัดได้ในเวลา 0.000000003 วินาทีซึ่งเวลาที่ใช้ในการอ้างอิงสำหรับระบบดาวเทียม GPS เรียกว่า เวลา GPS

5.3.2 หลักการทำงานของระบบ GPS

GPS มีหลักการทำงานโดยอาศัยตำแหน่งของดาวเทียมเป็นจุดอ้างอิงแล้ววัดระยะจากดาวเทียม 4 ดวงและใช้หลักการเรขาคณิตคำนวณหาตำแหน่งจากนั้นวัดระยะทางระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียม โดยวัดระยะเวลาที่คลื่นวิทยุใช้เดินทางจากดาวเทียมสู่เครื่องรับ (ระยะทาง = ความเร็ว x เวลาที่ใช้เดินทาง) ค่าที่วัดได้จากสัญญาณดาวเทียมมี 2 ชนิดคือ Pseudorange และ Carrier phase ข้อมูล GPS จะได้ผลลัพธ์ออกมาใน 3 รูปแบบ คือ จุดตำแหน่ง (Waypoint) เส้นทาง (Routes) และเส้นเชื่อมโยงจุดตำแหน่ง (Tracks)

5.3.3 ประโยชน์ของ GPS

ในปัจจุบันได้มีการใช้ GPS อย่างแพร่หลาย และหลากหลายรูปแบบซึ่ง สุเพชร จิรัชจรกุล (2549: 6) ได้อธิบายประโยชน์ของ GPS ไว้หลายประการ เช่น หาตำแหน่งใดๆ บนพื้นผิวโลกได้ตลอด 24 ชั่วโมง การนำทางจากที่หนึ่งไปยังที่หนึ่งได้ตามต้องการ การติดตามการเคลื่อนที่ของคนและสิ่งของต่างๆ การทำแผนที่ และการวัดเวลาที่มีความเที่ยงตรง

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุรีย์พร นิพัฐวิทยา และ กัลยาณี กุลชัย (2555) ได้ประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของพืชป่าชายเลนในระบบเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียด้วยแปลงพืชป่าชายเลนด้วยการสำรวจจากระยะไกล บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท ที่บันทึกภาพในช่วงฤดูฝน ใช้แปลงตัวอย่างขนาด 30x30 เมตร จำนวนทั้งสิ้น 95 แปลง แบ่งเป็นแปลงตัวอย่างที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดจากโครงการฯ จำนวน 80 แปลง และแปลงในพื้นที่อ้างอิงซึ่งเป็นพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติซึ่งไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำเสียชุมชน 15 แปลง ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นป่าชายเลนในระบบเทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียด้วยแปลงพืชป่าชายเลน ได้ค่าดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดินมีค่าสูงกว่าในพื้นที่อ้างอิงซึ่งเป็นพื้นที่ป่าธรรมชาติ และเมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินรวมพบว่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินรวมของพื้นที่ศึกษามีค่าสูงกว่าในพื้นที่อ้างอิงในทุกฤดูกาล ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติสูงสุดของการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในพื้นที่ศึกษามีค่าเท่ากับ 11.08 ตันต่อเฮกแตร์ ในขณะที่

พื้นที่อ้างอิงมีค่าเท่ากับ 2.32 ต้นต่อเฮกแตร์ และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยทั้งสมถูปพบว่าในพื้นที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.79 ต้นต่อเฮกแตร์ และพื้นที่อ้างอิงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.94 ต้นต่อเฮกแตร์ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินรวมในพื้นที่ศึกษามีค่าเท่ากับ 223.12 ต้นต่อเฮกแตร์ นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามและข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกล

สนธยา จำปานิล และ นันทนา คชเสนี (2547) ได้ประเมินการเก็บกักคาร์บอนผลผลิตและการย่อยสลายของเศษซากพืชในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน โดยประเมินปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของระบบนิเวศป่าเบญจพรรณ (Mixed Deciduous Forest) และป่าดงดิบเขา (Hill Evergreen Forest) ในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจานพบว่าป่าเบญจพรรณปฐมภูมิมีปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน $250.24 + 35.45$ ต้นคาร์บอน/เฮกแตร์สูงกว่าป่าเบญจพรรณทุติยภูมิป่าดงดิบเขาปฐมภูมิและป่าดงดิบเขาทุติยภูมิซึ่งมีค่า $79.34+9.42$ $142.32+3.36$ และ $108.51+12.55$ ต้นคาร์บอน/เฮกแตร์ ตามลำดับและผลผลิตเศษซากพืชจากป่าเบญจพรรณปฐมภูมิและป่าเบญจพรรณทุติยภูมิมีสัดส่วนผลผลิตเศษซากพืชที่เป็นเนื้อไม้รายปีและค่าคงที่การย่อยสลายเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Decomposition Constant) ที่แตกต่างกันโดยป่าเบญจพรรณปฐมภูมิมีสัดส่วนผลผลิตเศษซากพืชที่เป็นเนื้อไม้เท่ากับร้อยละ 16.02 และมีค่าคงที่การย่อยสลายเอ็กซ์โปเนนเชียล 0.072 ในขณะที่ป่าเบญจพรรณทุติยภูมิมีสัดส่วนผลผลิตเศษซากพืชที่เป็นเนื้อไม้ร้อยละ 12.85 และมีค่าคงที่การย่อยสลายเอ็กซ์โปเนนเชียลเท่ากับ 0.118 ในขณะที่สำหรับป่าดงดิบเขาพบว่าป่าปฐมภูมิและป่าทุติยภูมิซึ่งมีปริมาณสัดส่วนของเศษซากพืชที่เป็นเนื้อไม้ไม่แตกต่างกันมากคือร้อยละ 22.04 และ 22.20 ตามลำดับจะมีอัตราการย่อยสลายใกล้เคียงกัน (ค่าคงที่การย่อยสลายเอ็กซ์โปเนนเชียลเท่ากับ 0.042 และ 0.047 ตามลำดับ)

วิชญ์ ดำรงสัจศิริ (2544) ได้ประยุกต์ใช้การสำรวจจากระยะไกล เพื่อประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ และหามวลชีวภาพของป่าที่อยู่เหนือพื้นดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM และข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามประกอบด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก และความสูงของต้นไม้ทั้งหมด แล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่ใบ และมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดิน โดยอาศัยความสัมพันธ์ทางแอลโลเมตรี ซึ่งได้จำแนกป่าในพื้นที่ศึกษาออกเป็น 5 ประเภท คือ ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ และป่าสนเขา ผลการศึกษาจากรูปแบบสมการที่ดีที่สุดของป่าแต่ละประเภทปรากฏว่า ป่าดิบเขา มีค่าดัชนีพื้นที่ใบโดยเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 9.25 รองลงมาคือ ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าสนเขา มีค่าเท่ากับ 6.614, 4.846, 3.129 และ 1.009 ตามลำดับ และค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินพบว่า ป่าดิบแล้ง มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 373,837.49 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ รองลงมาคือ ป่าดิบเขา เท่ากับ

195,701.57 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ ป่าเบญจพรรณ เท่ากับ 174,258.44 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ ป่าเต็งรัง เท่ากับ 70,653.92 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ และป่าสนเขา เท่ากับ 19,663.85 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์

ชนิษฐา เสถียรพิระกุล และคนอื่นๆ (ม.ป.ป) ได้ศึกษาและประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน ในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสวนป่าสนสามใบพื้นที่ต้นน้ำภาคเหนือจังหวัดเชียงใหม่ โดยการประเมิน มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสวนป่าสนสามใบอายุ 14-34 ปี พื้นที่ต้นน้ำ ภาคเหนือจังหวัดเชียงใหม่ โดยวางแผนสุ่มตัวอย่างขนาด 40 x 40 ตารางเมตร จำนวน 21 ซันอายุ วัดขนาดวัดรอบเพียงอกและความสูงของไม้ยืนต้นทุกชนิดที่มีความสูง 1.50 เมตร ขึ้นไปพบว่ามวล ชีวภาพในสวนป่าสนสามใบผืนแปรระหว่าง 78.06-232.83 Mg/ha เป็นมวลชีวภาพไม้สนสามใบ 18.77-171.82 Mg/ha และพันธุ์ไม้อื่นๆ 9.89-120.24 Mg/ha การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพผืน แปรระหว่าง 38.92-116.93 MgC/ha โดยมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพไม้สนสามใบ 9.52- 86.77 MgC/ha และพันธุ์ไม้อื่นๆ 4.91-59.63 MgC/ha คิดเป็นมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวล ชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่าสนสามใบผืนแปรระหว่าง 119.65-359.44 บาท/เฮกแตร์ เป็นมูลค่า การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพไม้สนสามใบ 29.26-266.73 บาท/เฮกแตร์และพันธุ์ไม้อื่นๆ 15.08- 183.29 บาท/เฮกแตร์

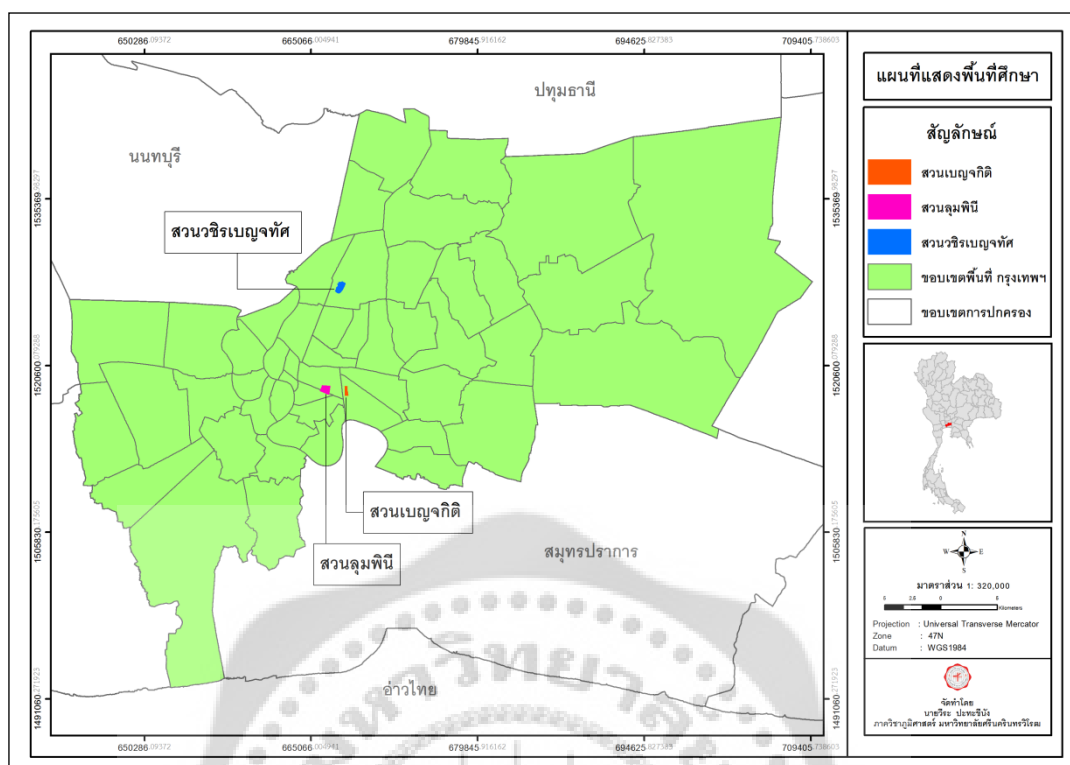
แซงฟู หลิว และ เซาหม่า ลี (Changfu Liu; and Xiaoma Li. 2012) ได้ศึกษาการจัดเก็บและ กักเก็บคาร์บอนของป่าในเมือง โดยศึกษาที่เมืองเสิ่นหยางซึ่งเป็นเมืองอุตสาหกรรมหนักในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือของปะเทศจีน ใช้วิธีการประมาณค่าการจัดเก็บและกักเก็บคาร์บอนจากสมการ มวลชีวภาพที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ข้อมูลป่าในเมืองได้จากภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird ที่มี รายละเอียดสูง ซึ่งประโยชน์ของการจัดเก็บและกักเก็บคาร์บอนจะถูกนำมาคิดเป็นมูลค่าเงิน เช่นเดียวกันกับบทบาทของป่าในเมืองที่ช่วยชดเชยการปล่อยคาร์บอนจากการเผาไม้เชื้อเพลิงฟอสซิล ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าในเมืองในบริเวณถนนวงแหวนชั้นที่ 3 ของเมืองเสิ่นหยาง สามารถจัดเก็บคาร์บอนได้ถึง 337,000 ตัน (คิดเป็นมูลค่า 92.02 ล้านหยวน หรือ 13.88 ล้าน ดอลลาร์สหรัฐ) และสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ถึง 29,000 ตัน/ปี (คิดเป็นมูลค่า 7.88 ล้านหยวน หรือ 1.19 ล้านดอลลาร์สหรัฐ) การกักเก็บปริมาณคาร์บอนของป่าในเมืองมีค่าเท่ากับร้อยละ 3.02 ของ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลทั้งปี และการกักเก็บก๊าซ คาร์บอนสามารถชดเชยปริมาณก๊าซคาร์บอนได้ถึงร้อยละ 0.26 ของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน ในเมืองเสิ่นหยางตลอดทั้งปี นอกจากนี้จากผลการศึกษาข้างชี้ให้เห็นว่า อัตราการจัดเก็บและกักเก็บ ปริมาณก๊าซคาร์บอนจะแตกต่างกันตามประเภทของสายพันธุ์และโครงสร้างอายุของต้นไม้ ซึ่งผลลัพธ์ เหล่านี้สามารถนำมาช่วยประเมินบทบาทและศักยภาพของป่าในเมืองในการช่วยลดปริมาณก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศของเมืองเสิ่นหยางได้

สตอฟเบิร์ก และคนอื่นๆ (Stoffberg; et al. 2009) ได้ศึกษาและพัฒนาโมเดลสมการถดถอยในการวัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้พื้นเมืองสามสายพันธุ์ (*Combretum Erythrophyllum*, *Searsia Lancea* และ *Searsia Pendulina*) สำหรับประมาณค่าการกักเก็บก๊าซคาร์บอนของต้นไม้พื้นเมืองตามถนนในเมือง และคำนวณปริมาณคาร์บอนทั้งหมดที่อาจจะสะสมของต้นไม้ในเมืองในช่วงภายหลังการเจริญเติบโต 30 ปี (ตั้งแต่ปี 2002-2032) ในเมืองชเวน ประเทศแอฟริกาใต้ (Tshwane, South Africa) ซึ่งเทศบาลเมืองชเวนได้มีการจัดเตรียมกลยุทธ์ในปี 2002 ที่จะปลูกต้นไม้พื้นเมืองตามถนนจำนวน 115,200 ต้น ในช่วงปี 2002-2008 วิธีการศึกษาใช้วิธีวัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้จากการสำรวจภาคสนาม ซึ่งพบว่าอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้สายพันธุ์ *Combretum Erythrophyllum* มีอัตราการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ในขณะที่สายพันธุ์ *Searsia Lancea* และสายพันธุ์ *Searsia Pendulina* มีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้า ผลจากความสัมพันธ์ของการเจริญเติบโตและสมการถดถอยในการวัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้ถูกนำมาใช้ในการคำนวณอัตราการกักเก็บคาร์บอนของแต่ละสายพันธุ์ซึ่งนำมาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในช่วงเวลา 30 ปี (2002-2032) การปลูกต้นไม้เหล่านี้คาดการณ์ว่าจะทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง 200,492 ตัน และต้นไม้เหล่านี้จะมีการกักเก็บปริมาณคาร์บอน 54,630 ตันคาร์บอน การลดลงของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถสร้างมูลค่ามากกว่า 3,000,000 ดอลลาร์สหรัฐ

มียอง โนวัค และดักกิน (Myeong; Nowak; & Duggin. 2005) ได้ศึกษาวิเคราะห์และประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในเมือง ที่เมืองซีราคิวส์ รัฐนิวยอร์ก (Syracuse, New York) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยประยุกต์ใช้วิธีการทางด้านรีโมท เซนซิง (NDVI และ PIFs) กับภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ต่างช่วงเวลา ซึ่งใช้ภาพที่บันทึกเมื่อปี 1985 1992 และปี 1999 พบว่าการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในเมืองซีราคิวส์ มีค่าประมาณ 146,800, 149,430 และ 148,660 ตันคาร์บอน ตามลำดับ ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมสามารถที่จะประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในเมืองได้ดีพอสมควร และกระบวนการวิเคราะห์ภาพเป็นวิธีที่มีแนวโน้มที่จะนำไปใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เมื่อเวลาผ่านไป

7. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาประกอบด้วยสวนสาธารณะในความรับผิดชอบของสำนักงานสาธารณะกรุงเทพมหานคร 3 แห่ง จากทั้งหมด 31 แห่ง ได้แก่ สวนวชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ ซึ่งพื้นที่ศึกษาแสดงที่ตั้งดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 สวนสาธารณะพื้นที่ศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร

สวนสาธารณะในเขตกรุงเทพมหานครที่เลือกเป็นพื้นที่ศึกษา 3 แห่งตามปัจจัยต่างๆ ประกอบไปด้วย ปีที่จัดตั้งสวนสาธารณะ ขนาดพื้นที่ และตำแหน่งที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครชั้นใน

7.1 สวนวชิรเบญจทัศ

สวนวชิรเบญจทัศตั้งอยู่แขวงลาดยาว เขตจตุจักร ที่ละติจูด $13^{\circ}48'47.59''\text{N}$ ลองจิจูด $100^{\circ}33'15.04''\text{E}$ ทิศเหนือติดถนนนิคมรถไฟสาย 1 ทิศตะวันออกติดถนนกำแพงเพชร 3 ทิศตะวันตกติดถนนกำแพงเพชร 2 และทิศใต้ติดสวนสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ มีพื้นที่ 375-0-0 ไร่ เป็นสวนสาธารณะที่มีบทบาทต่อชีวิตของประชาชนอย่างมาก จัดเป็นสวนแห่งครอบครัวสำหรับทำกิจกรรมร่วมกัน มีศูนย์กีฬา เช่น สระว่ายน้ำ เทนนิส ฟิตเนส ฟุตบอล และปั่นจักรยาน เป็นต้น ที่สำคัญยังเป็นสวนป่าในเมืองโดยภายในสวนประกอบด้วยพันธุ์ไม้สำคัญ เช่น กระถินณรงค์ ชมพูพันธุ์ทิพย์ จามจุรี สनประดิพัทธ์ หางนกยูง ช่อย และมะฮอกกานีใบใหญ่ เป็นต้น

7.2 สวนลุมพินี

สวนลุมพินีเป็นสวนสาธารณะที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานครชั้นใน ตั้งอยู่ที่แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน ที่ละติจูด $13^{\circ}43'51.90''\text{N}$ ลองจิจูด $100^{\circ}32'30.02''\text{E}$ โดยด้านทิศเหนือติดถนนสารสิน ทิศตะวันออกติดถนนวิบูลย์ ทิศตะวันตกติดถนนราชดำริ และทิศใต้ติดถนนพระราม 4 จัดเป็นสวนขนาด

ใหญ่ มีพื้นที่ 360-0-0 ไร่ นับเป็นสวนสาธารณะที่มีบทบาทและความสำคัญมากเป็นทั้งสถานที่ออกกำลังกาย พักผ่อนหย่อนใจ และทำกิจกรรมในครอบครัว มีพันธุ์ไม้ที่สำคัญ เช่น จามจุรี ปาล์ม และประดู่ เป็นต้น

7.3 สวนเบญจกิติ

ตั้งอยู่ที่ถนนรัชดาภิเษก เขตคลองเตย ที่ละติจูด $13^{\circ}43'45.42''\text{N}$ ลองจิจูด $100^{\circ}33'31.51''\text{E}$ โดยด้านทิศเหนือและทิศตะวันตกติดโรงงานยาสูบ ทิศตะวันออกติดถนนรัชดาภิเษกตัดใหม่ และทิศใต้ติดศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ มีพื้นที่ 130-0-0 ไร่ ลักษณะของสวนเป็นสวนน้ำแห่งแรกของกรุงเทพมหานคร พื้นที่ 2 ใน 3 จำนวน 86 ไร่ บริเวณด้านหน้าสวนจึงถูกสร้างให้เป็นบึงน้ำขนาดใหญ่ ภายใต้แนวคิด ป่ารักษน้ำ ทั้งนี้ เพื่อเชื่อมโยงเข้ากับพื้นที่ด้านหลัง ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นสวนป่าที่จำลองลักษณะทางธรรมชาติของป่าไม้ในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย มีพันธุ์ไม้ที่สำคัญ เช่น กระถินณรงค์ กัลปพฤกษ์ คุณ แดสด จามจุรี พุทธรักษา นนทรี ชมพูพันธุ์ทิพย์ ตะแบก ทองหลางลาย ไทรย้อยใบแหลม ประดู่แดง ประดู่บ้าน ประดู่ป่า โพธิ์ สนประดิพัทธ์ สะเดา สัก สุพรรณิการ์ หลิว หูกวาง หางนกยูงฝรั่ง เหลืองอินเดีย เป็นต้น

สวนสาธารณะในพื้นที่ศึกษาสามารถแสดงได้ดังตาราง 7 และประเภทของพันธุ์ไม้ในสวนสาธารณะในพื้นที่ศึกษาสามารถแสดงดังตาราง 8

ตาราง 7 สวนสาธารณะในพื้นที่ศึกษา

ลำดับที่	ชื่อสวนสาธารณะ	จำนวนเนื้อที่ (ไร่)	ที่ตั้ง
1	สวนวชิรเบญจทัศ	375-0-0	ถนนกำแพงเพชร3 แขวงลาดยาวเขตจตุจักร
2	สวนลุมพินี	360-0-0	ถนนพระราม4 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน
3	สวนเบญจกิติ	130-0-0	ถนนรัชดาภิเษกเขตคลองเตย

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานสวนสาธารณะ สำนักสิ่งแวดล้อม. (2556).

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ข้อมูลขอบเขตการปกครองของกรุงเทพมหานคร

เป็นข้อมูลแสดงขอบเขตการปกครองของกรุงเทพมหานครทั้ง 50 เขต อยู่ในรูปแบบพื้นที่รูปปิด (Polygon) และมีข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute) ประกอบ ซึ่งข้อมูลขอบเขตการปกครองนี้อยู่ในรูปแบบ (Format) Shape file บนระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System: GCS)

1.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต

ดาวเทียมไทยโชต (Thaichote) เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรขนาดเล็ก มีอายุการใช้งานอย่างน้อย 5 ปี ทำงานโดยอาศัยแหล่งพลังงานจากดวงอาทิตย์สามารถบันทึกภาพได้ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก ติดตั้งอุปกรณ์ถ่ายภาพแบบออปติคัล (Optical imagery) ทำให้สามารถบันทึกข้อมูลภาพในช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น (Visible band) จนถึงช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near infrared) ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบช่วงคลื่นของดาวเทียมไทยโชตกับดาวเทียมอื่นๆ พบว่า 3 ช่วงคลื่นของดาวเทียมไทยโชตมีความคล้ายคลึงกับช่วงคลื่นของดาวเทียม SPOT ยกเว้นช่วงคลื่นสีน้ำเงิน ที่มีเพิ่มมากกว่าของดาวเทียม SPOT และมีความคล้ายคลึงกันกับช่วงคลื่นของดาวเทียม Landsat ระบบ TM (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. 2553: 10) คุณลักษณะดาวเทียมไทยโชตแสดงดังตาราง 9 และอุปกรณ์การถ่ายภาพของดาวเทียมไทยโชตแสดงดังตาราง 10

ตาราง 9 คุณสมบัติดาวเทียมไทยโชต

คุณสมบัติ	รายละเอียด
น้ำหนัก	715 กิโลกรัม
ขนาด	2.1 เมตร x 2.1 เมตร x 2.4 เมตร
แผงรับแสงอาทิตย์	840 วัตต์
เชื้อเพลิงและความจุของถังเชื้อเพลิง (Hydrazine)	80 กก.
วงโคจร	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (Sun Synchronous)
ความสูงของวงโคจร	822 กิโลเมตร จากพื้นโลก
ความเอียงของแนวการโคจร	98.7 องศา
จำนวนวงโคจรต่อวัน	14+5/26 วงโคจรต่อวัน
เวลาท้องถิ่นที่โคจรผ่าน	10:00 น.
ระยะเวลาโคจรรอบโลก 1 รอบ	101.4 นาที
การโคจรกลับมาแนวเดิม	ทุก 26 วัน (369 วงโคจร)
ความเร็วเมื่อเทียบกับพื้นโลก	6.6 กิโลเมตร/วินาที
ความจุของอุปกรณ์เก็บข้อมูล	40 Gbit solid-state memory
การประมวลผลข้อมูลบนดาวเทียม	อัตราส่วนของการบีบอัดข้อมูล 2.80 or 3.75 for PAN 2.95 or 3.75 for MS
อัตราการส่งข้อมูลภาพ (Image Telemetry)	120 Mbit/s (X band)
ช่องว่างระหว่างแนวโคจร (ที่เส้นศูนย์สูตร)	108 กิโลเมตร ระหว่างแนวการโคจร 2 แนวที่ใกล้ที่สุดที่ ดาวเทียมผ่าน 2,800 กิโลเมตร ระหว่างแนวโคจร 2 วงที่ต่อเนื่องกัน
ขอบเขตการบันทึกข้อมูล	ทั่วทั้งโลก
ขอบเขตการรับสัญญาณ	รัศมีมากกว่า 2,000 กิโลเมตร จากสถานีรับภาคพื้นดิน (ที่มุมเงย 5 องศา)
เวลาในการโคจรมาถึงเป้าหมาย	2 วัน เมื่อดาวเทียมเอียงถึง 50 องศา 5 วัน เมื่อดาวเทียมเอียงถึง 30 องศา

ตาราง 9 (ต่อ)

คุณสมบัติ	รายละเอียด
อุปกรณ์บันทึกข้อมูล	Panchromatic (ช่วงคลื่นเดี่ยว) รายละเอียด ภาพ 2 เมตร ความกว้างแนวภาพ 22 กิโลเมตร Multispectral (หลายช่วงคลื่น) รายละเอียด ภาพ 15 เมตร ความกว้างแนวภาพ 90 กิโลเมตร
อายุการใช้งาน	อย่างน้อย 5 ปี

ที่มา: ดัดแปลงจากคุณลักษณะดาวเทียมธีออส. (2553). โครงการนำร่อง THEOS Pilot Project ภายใต้โครงการดาวเทียม THEOS. หน้า 10.

ตาราง 10 อุปกรณ์การถ่ายภาพของดาวเทียมไทยโชต

	Panchromatic	Multispectral
ช่วงคลื่น	P : 0.45 - 0.90 ไมครอน	B0 (น้ำเงิน) : 0.45 - 0.52 ไมครอน B1 (เขียว) : 0.53-0.60 ไมครอน B2 (แดง) : 0.62-0.69 ไมครอน B3 (อินฟราเรดใกล้) : 0.77-0.90 ไมครอน
รายละเอียดภาพ	2 เมตร	15 เมตร
ความกว้างแนวภาพ	22 กิโลเมตร (ในแนวตั้ง)	90 กิโลเมตร (ในแนวตั้ง)
จำนวน Pixel ต่อแถว	12,000 Pixels	6,000 Pixels
ความกว้างของแนว	1,000 กิโลเมตร	1,100 กิโลเมตร (มุมเอียง ± 30
บันทึกภาพ	(มุมเอียง ± 30 องศา)	องศา)

ที่มา: ดัดแปลงจากอุปกรณ์การถ่ายภาพของดาวเทียมธีออส. (2553). โครงการนำร่อง THEOS Pilot Project ภายใต้โครงการดาวเทียม THEOS. หน้า 11.

1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับสวนสาธารณะ

ข้อมูลเกี่ยวกับสวนสาธารณะ ประกอบด้วยชื่อสวนสาธารณะ ตำแหน่งที่ตั้ง ขนาดพื้นที่ และปีที่จัดตั้งสวนเพื่อใช้ประกอบในการวิจัย โดยในการเลือกสวนสาธารณะในการศึกษาได้ใช้ปัจจัยในการเลือกคือ ปีที่จัดตั้ง ขนาดพื้นที่ และตำแหน่งที่ตั้งโดยตำแหน่งที่ตั้งต้องอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ชั้นใน จากการพิจารณาเลือกบนพื้นฐานของปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วทำให้ได้พื้นที่ศึกษาทั้งหมด 3 แห่ง คือ สวนวชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือสำหรับจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

1. โปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์
2. โปรแกรมทางด้านรีโมทเซนซิง
3. ข้อมูลเกี่ยวกับสมการแอลโลเมตรี
4. คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ต่อพ่วง

2.2 เครื่องมือสำหรับการสำรวจภาคสนาม

1. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS
2. เทปวัดระยะทาง
3. เทปวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นไม้
4. เครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้ Clinometer
5. อุปกรณ์บันทึกข้อมูลสนาม

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

3.1.1 ข้อมูลขอบเขตการปกครองของกรุงเทพมหานคร เป็นข้อมูลที่ได้รับความสะดวกจากบริษัท สเปเชียล ไดเมนชัน โซลูชันส์ จำกัด

3.1.2 ข้อมูลสวนสาธารณะ เป็นข้อมูลที่ได้จากเว็บไซต์สำนักสวนสาธารณะ กรุงเทพมหานคร จากข้อมูลปี พ.ศ. 2556 พบว่า มีสวนสาธารณะในความรับผิดชอบของสำนักสวนสาธารณะกรุงเทพมหานคร ทั้งหมด 31 แห่ง สามารถแบ่งตามพื้นที่การปกครองของกรุงเทพมหานคร 3 พื้นที่ แบ่งเป็น สวนสาธารณะชั้นใน 17 แห่ง สวนสาธารณะชั้นกลาง 9 แห่ง และสวนสาธารณะชั้นนอก 5 แห่ง

3.1.3 ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต เป็นภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดปานกลาง ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษา ซึ่งภาพที่ใช้บันทึกเมื่อวันที่ 14 มกราคม พ.ศ. 2557

3.1.4 สมการแอลโลเมตรี (Allometry equation) เป็นสมการที่ใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพ เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนที่สะสมในเนื้อไม้ ความสัมพันธ์ดังกล่าวอยู่ในรูปสมการเชิงเส้นระหว่างน้ำหนักแห้งของต้นไม้ (B) เส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูง 1.30 เมตร (D) ความสูง (H) ความหนาแน่นของเนื้อไม้ (ρ)

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ

การเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาคสนาม เป็นการเก็บข้อมูลเพื่อให้ทราบถึงความถูกต้องของการแปลภาพถ่ายดาวเทียมและปริมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนของสวนสาธารณะประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.2.1 สำรวจและนับจำนวนต้นไม้ในพื้นที่สวนสาธารณะ โดยต้นไม้ที่อยู่ในความสนใจคือต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่กลางระดับ 1.30 เมตร (DBH) ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป และใช้เครื่องรับสัญญาณ GPS (GPS Receiver) บันทึกค่าพิกัดของต้นไม้ พร้อมทั้งบันทึกชนิดของต้นไม้ในพื้นที่ให้ตรงกับพิกัดนั้นๆ โดยการเก็บข้อมูลภาคสนามของสวนสาธารณะในพื้นที่ศึกษาเก็บในช่วงเวลาดังนี้

สวนลุมพินี เก็บข้อมูลช่วงวันที่ 20 กรกฎาคม 2556 - 29 กันยายน 2556

สวนวชิรเบญจทัศ เก็บข้อมูลช่วงวันที่ 31 ตุลาคม 2556 - 30 พฤศจิกายน 2556

สวนเบญจกิติ เก็บข้อมูลช่วงวันที่ 03 พฤศจิกายน 2556 - 14 ธันวาคม 2556

3.2.2 วัดความเจริญเติบโตของต้นไม้ โดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นไม้ที่ระดับ 1.30 เมตร (DBH) โดยเฉพาะต้นไม้ที่มี DBH ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปโดยใช้สายวัดและประมาณความสูงของต้นไม้ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป ด้วยเครื่องมือวัดความสูงของต้นไม้ Clinometer

4. การจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนในการวิจัยออกเป็นการจัดทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 การจัดทำข้อมูล

4.1.1 การเตรียมการก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

1) การตรึงภาพ (Rectification) เป็นการใส่ค่าพิกัดให้กับภาพถ่ายดาวเทียมในกรณีที่ภาพถ่ายดาวเทียมไม่มีค่าพิกัด โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (GCS) เพราะข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงที่ใช้ในการอ้างอิงในการตรึงภาพเป็นระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ซึ่งเป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่อยู่ในรูปแบบ (Format) นามสกุล ECW โดยในการตรึงภาพจะใช้โปรแกรม SuperMap ซึ่งเป็นโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2) การสร้างขอบเขตพื้นที่สวนสาธารณะทั้ง 3 แห่งให้อยู่ในรูปแบบ Shape file จากภาพถ่ายดาวเทียม

3) การตัดภาพโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมตัดกับขอบเขตสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง จะได้เป็นภาพเฉพาะพื้นที่ศึกษา

4) การแปลงข้อมูลหลักเลข (Digital number: DN) กระบวนการแปลงข้อมูลหลักเลข (DN) ไปเป็นข้อมูลค่าการสะท้อนจริงจากพื้นผิวโลก (Reflectance) เป็นกระบวนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของการสะท้อนช่วงคลื่นเนื่องจากชั้นบรรยากาศ ไปเป็นข้อมูลค่าการสะท้อนจริงจากพื้นผิวโลก (Reflectance) ซึ่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตมี 3 ขั้นตอน นฤมล ผ่องอักษร และคนอื่นๆ (Phongaksorn, N.; et al 2012: 359-361) ได้อธิบายขั้นตอนการแปลงข้อมูลหลักเลขซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การแปลงค่า DN เป็นค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่น (Radiance) โดยนำค่า Gains ของดาวเทียมไทยโชต ที่ได้จากข้อมูล Metada ของแต่ละแบนด์มาทำการแทนค่าลงในสมการที่ (1) ดังนี้

$$L_{\lambda}^{i, \text{Thaichote}} = \frac{DN^i}{G^i} \dots \dots \dots (1)$$

เมื่อ L_{λ}^i = ค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่น (Spectral radiance) ($\text{W/m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$)

DN^i = ค่าเลขหลัก (DN) ของแต่ละแบนด์

G^i = ค่า Gain จากข้อมูล Metada ของแต่ละแบนด์ของดาวเทียมไทยโชต ($\text{W/m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1}$)

ขั้นตอนที่ 2 การแปลงค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่น (Spectral radiance) ไปเป็นค่าพลังงานสะท้อนแสงรวมของพื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศ (Reflectance) โดยนำค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่นที่ได้จากสมการที่ (2) และค่ามุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับพื้นผิวโลก (θ_s) ค่าระยะห่างจากดวงอาทิตย์ถึงโลก (d) ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (ESUNy) แทนค่าลงในสมการที่ (2) ซึ่งมีรูปแบบสมการดังนี้

$$\rho_{TOA}^i = \pi L_{\lambda}^i d^2 / ESUN^i \cos \theta_s \dots \dots \dots (2)$$

เมื่อ ρ_{TOA}^i = ค่าพลังงานสะท้อนแสงรวมของพื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศ
(Spectral radiance)

L_{λ}^i = ค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่น (Spectral radiance) ($W/m^2 \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$)

d = ค่าระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์

$ESUN_{\lambda}^i$ = ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ($W/m^2 \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$)

θ_s = มุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับพื้นผิวโลก

π = ตัวปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 3 การแปลงค่าพลังงานสะท้อนแสงรวมของพื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศ (ρ_{TOA}) ไปเป็นค่าการสะท้อนบนพื้นผิวโลกจริง (ρ_{λ}) ซึ่งมีรูปแบบสมการดังสมการที่ (3)

$$\rho_{\lambda}^i = x a^i (L_{\lambda}^i - x b^i) / 1 + x c^i (x a^i (L_{\lambda}^i - x b^i)) \dots\dots\dots(3)$$

เมื่อ ρ_{λ}^i = ค่าพลังงานสะท้อนแสงพื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศ

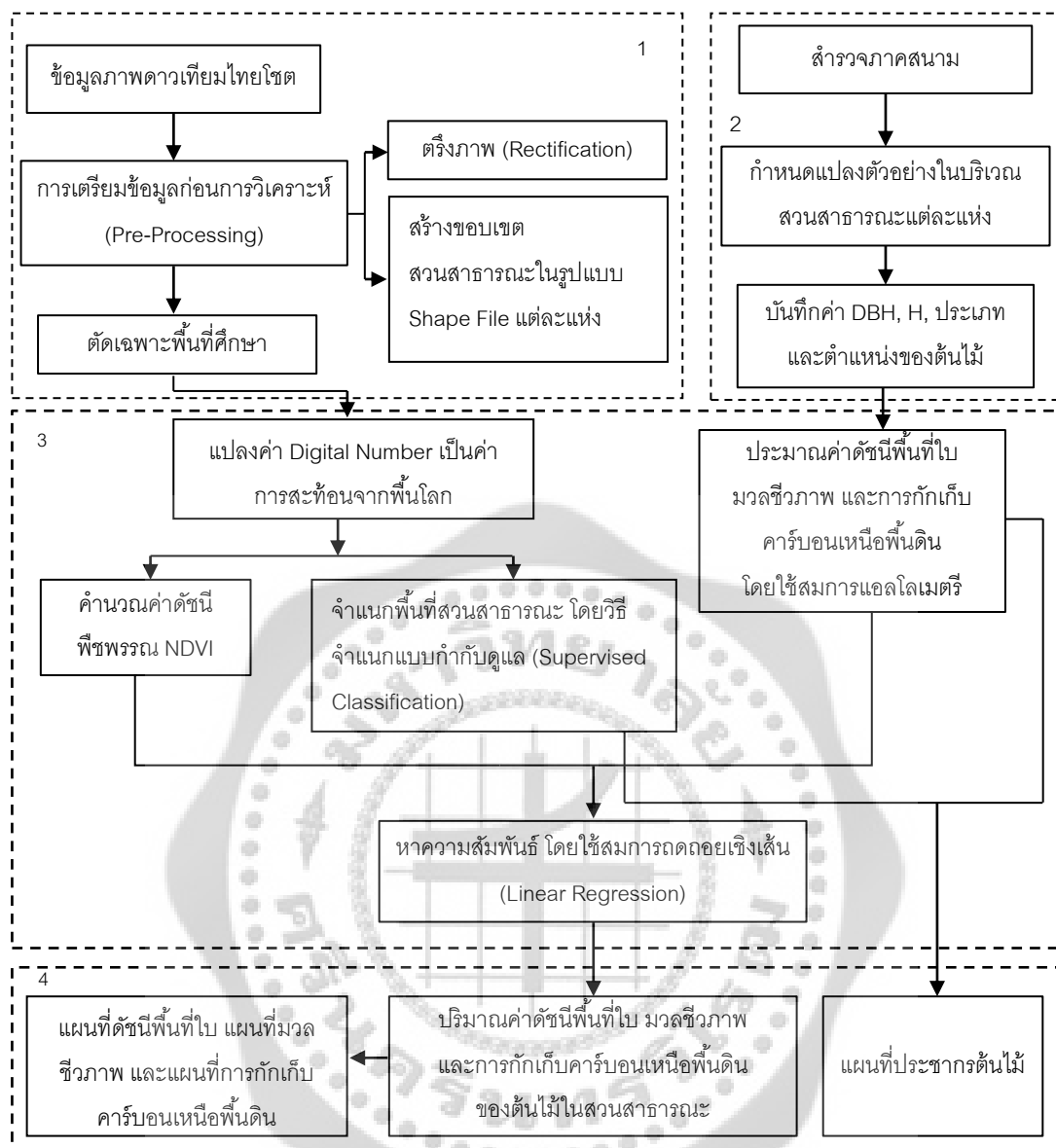
L_{λ}^i = ค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่น (Spectral radiance) ($W/m^2 \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$)

$x a^i, x b^i, x c^i$ = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากแบบจำลอง 6S

4.1.2 การเตรียมข้อมูลสำหรับการสำรวจภาคสนาม

1) การเลือกสวนสาธารณะได้เลือกตามปัจจัย คือ ปีที่จัดตั้ง ขนาดพื้นที่ และตำแหน่งที่ตั้งสวนสาธารณะ ได้พื้นที่ศึกษาทั้งหมด 3 แห่ง ประกอบด้วยสวนลุมพินี สวนวชิรเบญจทัศ และสวนเบญจกิติ

2) การวางแผนการสำหรับสำรวจภาคสนาม ประกอบไปด้วย การเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ การทำดัชนีรายชื่อต้นไม้ และการทำแบบฟอร์มสำรวจภาคสนาม โดยในการสำรวจภาคสนามจะสำรวจต้นไม้ทั้งพื้นที่สวนสาธารณะ ซึ่งแสดงเป็นกระบวนการวิจัยได้ดังภาพประกอบ 9



หมายเหตุ

1. คือ การเตรียมการก่อนการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม
2. คือ การสำรวจภาคสนาม
3. คือ การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลภาคสนาม
4. คือ ส่วนของผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัย

ภาพประกอบ 9 กระบวนการวิจัย

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการหาค่าดัชนีพืชพรรณ ซึ่งดัชนีพืชพรรณ (Vegetation index) คือ ค่าที่บอกถึงสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิวโดยคำนวณจากการนำช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณมาทำสัดส่วนซึ่งกันและกันประกอบไปด้วย การวิเคราะห์ดัชนีความต่างของพืชพรรณ และดัชนีพื้นที่ผิวใบ

4.2.1 ดัชนีความต่างของพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)

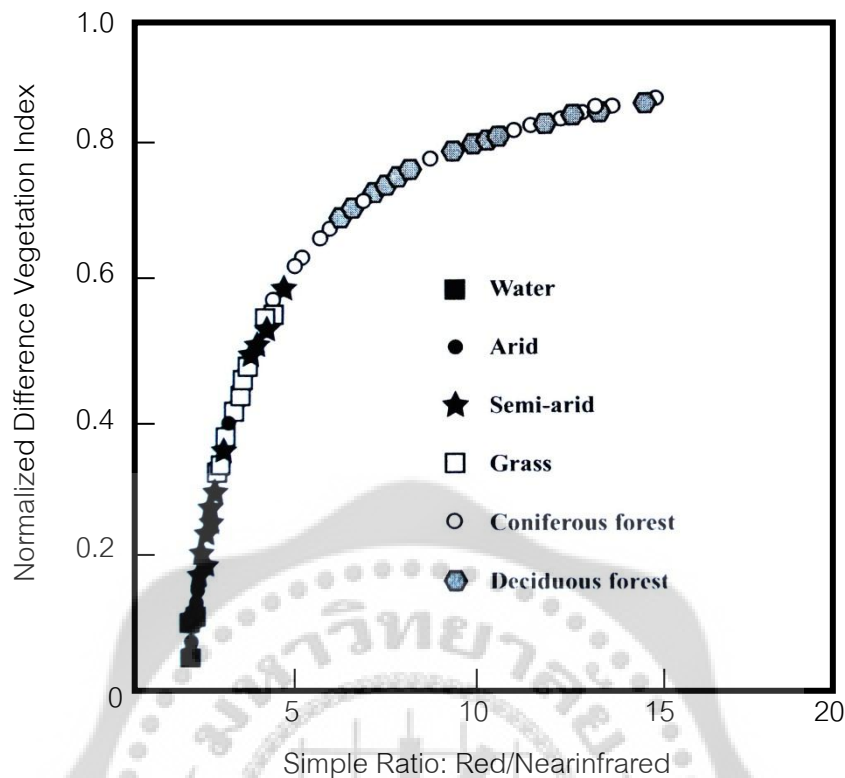
ดัชนีความต่างของพืชพรรณ (NDVI) เป็นการนำค่าความแตกต่างของการสะท้อนแสงของพื้นผิวต่างๆระหว่างช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้กับช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดงมาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกของทั้งสองช่วงคลื่นเพื่อปรับให้เป็นลักษณะการกระจายแบบปกติ ซึ่ง ราวส์ และคนอื่นๆ (Rouse; et al. 1974: 48-62) ได้พัฒนาสมการ NDVI ดังสมการที่ (3) ซึ่งค่าของ NDVI จะอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 โดยถ้าค่า NDVI เข้าใกล้ 1 แสดงว่าพื้นที่นั้นมีความเป็นพืชพรรณมาก ค่าที่เข้าใกล้ -1 แสดงว่าพื้นที่นั้นมีความเป็นพืชพรรณน้อยหรือไม่มีเลย เพราะพื้นผิวที่มีพืชพรรณปกคลุมจะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้สูงกว่าช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดงทำให้ NDVI มีค่าเป็นบวกในขณะที่พื้นผิวที่เป็นดินจะมีค่าการสะท้อนระหว่างสองช่วงคลื่นใกล้เคียงกันทำให้ NDVI มีค่าใกล้เคียงกับศูนย์และในพื้นที่ที่เป็นน้ำจะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ต่ำกว่าช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดงทำให้ NDVI มีค่าติดลบโดยปกติค่านี้จะมีค่าอยู่ระหว่างประมาณ 0.1 ถึง 0.7

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \dots\dots\dots (3) \text{ (Rouse; et al. 1974)}$$

โดย NIR = การสะท้อนในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด (%)

RED = การสะท้อนในช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (%)

ดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็นฟังก์ชันที่คล้ายกับดัชนีอัตราส่วนอย่างง่าย (Simple Ratio: SR) นั่นคือ จะไม่มีการกระจายในการพล็อต (Plot) ระหว่าง SR กับ NDVI และเฉพาะค่า SR จะถูกกำหนดด้วยค่า NDVI เมื่อนำค่ากลาง (Mean) NDVI และ SR ของพื้นผิวต่างๆ มาพล็อตด้วยสมการที่ไม่ใช่สมการเชิงเส้น (Nonlinear) จะพบว่าค่าของ NDVI ใกล้เคียงกับค่า SR (Jensen. 2005: 311-314) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI และ SR แสดงดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 ความสัมพันธ์ระหว่าง SR และ NDVI

ที่มา: John R. Jensen. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. p. 312.

ประโยชน์ที่สำคัญของค่าดัชนีพืชพรรณสามารถอธิบายได้เป็น 4 ลักษณะ คือ

- 1) ศึกษาการกระจายตัวและความสมบูรณ์ของพืชพรรณโดยรวม
- 2) จำแนกประเภทของพืชพรรณรวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาของปริมาณพืชพรรณ
- 3) ศึกษาภาวะความแห้งแล้งและความสมบูรณ์ของพื้นที่ในช่วงเวลา
- 4) ใช้ในการคำนวณค่ามวลชีวภาพสัมพัทธ์ (Relative biomass)

4.2.2 การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index: LAI)

ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) เป็นตัวแปรที่สำคัญในพื้นที่ผิวดิน พืช และแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ ในการจำลองวัฏจักรคาร์บอน และวัฏจักรน้ำ (Liang; Li; & Wang. 2012: 348) ดัชนีพื้นที่ใบมีความสำคัญในการประมาณค่าผลผลิตทางการเกษตรเบื้องต้นซึ่งดัชนีพื้นที่ใบเป็นอัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ผิวดิน ซึ่งเป็นตารางเมตรต่อตารางเมตร เป็นลักษณะทางชีวกายภาพที่ใช้ทั่วไปของพืชพันธุ์ (Inge, Jonckheere; et al. n.d: 2; อ้างอิงจาก Watson. 1947: *Comparative Physiological*

Studies in the Growth of Field Crops 41-76) ดัชนีพื้นที่ใบคือพื้นที่ผิวใบสีเขียวทั้งหมด 1 ด้าน (หรือครึ่งหนึ่งของจำนวนด้านทั้งหมด) ต่อหน่วยพื้นที่ผิวดิน ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญทางชีวภาพเพราะพื้นที่ผิวใบได้ถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่ที่มีปฏิสัมพันธ์กับรังสีดวงอาทิตย์และเป็นพื้นที่ที่สัญญาณจากการสำรวจระยะไกลตกกระทบมากที่สุด และพื้นที่ผิวใบเป็นพื้นที่ผิวที่ตอบสนองต่อการดูดซึมและการแลกเปลี่ยนคาร์บอนในชั้นบรรยากาศ (Inge, Jonckheere; et al. n.d: 2; อ้างอิงจาก Chen and Black. 1992: *Defining Leaf-Area Index for Non-Flat Leaves*. 421-429)

การคำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) โดยใช้สมการแอลโลเมตรี (Allometry equation) เพื่อคำนวณหาพื้นที่ผิวใบทั้งหมดของต้นไม้และเพื่อนำไปคำนวณหาดัชนีพื้นที่ใบ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้สมการของโอกาวา และคนอื่นๆ (สุริย์พร นิพัทธ์วิทยา; และ กัลยาณี กุลชัย. 2555: 33; อ้างอิงจาก Ogawa; et al. 1961. *A Preliminary Survey on the Vegetation of Thailand. Nat. Life in Southeast Asia*) ดังสมการที่ (5)

$$U = 0.5101(D^2H)^{0.5912} \dots\dots\dots(5) \text{ Ogawa; et al. (1961)}$$

โดยที่ U = พื้นที่ผิวใบทั้งหมดของต้นไม้หนึ่งต้น (ตารางเมตร)
 D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นมากกว่า 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปโดยวัดที่ระดับความสูง 1.30 เมตร จากพื้นดิน (เซนติเมตร)
 H = ความสูงของต้นไม้ (เมตร)

จากค่าพื้นที่ผิวใบทั้งหมดของต้นไม้หนึ่งต้นสามารถนำมาคำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่ใบโดยใช้สมการของ โอกาวา และคนอื่นๆ (สุริย์พร นิพัทธ์วิทยา; และ กัลยาณี กุลชัย. 2555: 33; อ้างอิงจาก Ogawa; et al. 1961. *A Preliminary Survey on the Vegetation of Thailand. Nat. Life in Southeast Asia*) ดังสมการที่ (6)

$$\text{ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)} = \frac{\text{พื้นที่ผิวใบทั้งหมดของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง}}{\text{พื้นที่แปลงตัวอย่าง}} \dots\dots\dots(6)$$

4.2.3 การประมาณค่ามวลชีวภาพ

การประมาณค่ามวลชีวภาพของต้นไม้ เป็นการคำนวณผลผลิตมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ในแปลงตัวอย่างจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงเป็นรายต้นแล้วจึงหาผลรวมของผลผลิตมวล

ชีวภาพทุกต้นในแปลงตัวอย่าง ซึ่งใช้สมการแอลโลเมตรี แบ่งเป็นการหาค่ามวลชีวภาพของใบ ลำต้น และกิ่ง ซึ่งสมการแอลโลเมตรี เป็นสมการที่สร้างขึ้นสำหรับพืช และป่าแต่ละชนิด ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาพื้นที่สวนสาธารณะในพื้นที่เมืองซึ่งประเภทของต้นไม้ในสวนสาธารณะส่วนใหญ่จะเป็น ต้นไม้ในป่าผลัดใบ หรือป่าเบญจพรรณ ดังนั้นสมการที่ใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพ จึงใช้สมการ แอลโลเมตรีจากผลการศึกษาของโอกาวา และคนอื่นๆ (Terakunpisut, J.; Gajasen, N.; and Ruankawe, N. 2006: 95 อ้างอิงจาก Ogawa; et al. 1965: 49-80) ดังสมการที่ (7)

$$W_s = 0.0396(D^2 H)^{0.9326} \dots\dots\dots(7) \text{ Ogawa; et al. (1965)}$$

$$W_b = 0.003487(D^2 H)^{1.027}$$

$$W_l = ((28.0/ W_s + W_b) + 0.025)^{-1}$$

โดยที่

H = ความสูงของต้นไม้(เมตร)

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นมากกว่า 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปโดยวัดที่ ระดับความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน (เซนติเมตร)

W_s = มวลชีวภาพลำต้น (กิโลกรัม)

W_b = มวลชีวภาพกิ่ง (กิโลกรัม)

W_l = มวลชีวภาพใบ (กิโลกรัม)

4.2.4 การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากค่าดัชนีพื้นที่ใบ

สามารถคำนวณได้โดยนำข้อมูลปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้มาคำนวณหา ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บอยู่ในต้นไม้ที่เป็นดัชนีของสังคมป่าและพันธุ์ไม้ของสังคมป่าแต่ละประเภท โดยนำหนักคาร์บอนในมวลชีวภาพมีค่าเป็นครึ่งหนึ่ง (ร้อยละ 50) ของมวลชีวภาพ (สนธิยา จำปานิล; และ นันทนา คชเสนี. 2547: 5; อ้างอิงจาก Dixon et al.,1994. *Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystem*) กล่าวคือ ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในต้นไม้จะเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาณมวลชีวภาพที่หาได้ หรือเอาค่าคงที่ 0.5 คูณเข้ากับค่ามวลชีวภาพที่หาได้จะได้ค่าการกักเก็บคาร์บอนที่อยู่ในต้นไม้หรือป่าไม้

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่อยู่เหนือพื้นดินกับค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ได้จากข้อมูลภาคสนามในตำแหน่งพิกัดแปลงตัวอย่างเดียวกันโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบ

เส้นตรงเชิงเดียว (Linear Regression Analysis) (สุรเชษฐ์ สีแดง. 2551: 42) ซึ่งมีรูปแบบสมการดังสมการที่ (8)

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (8)$$

เมื่อ Y = ค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่อยู่เหนือพื้นดินได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม
X = ค่าดัชนีพื้นที่ใบ
a = ค่าที่เส้นสมการถดถอยตัดแกน y (y-Intercept)
b = ค่าความลาดชัน (Slope) ของเส้นการถดถอยเรียกว่า สัมประสิทธิ์ของการถดถอย (Coefficient of regression)

4.2.5 การประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่อยู่เหนือพื้นดินจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชติ มีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่อยู่เหนือพื้นดิน (ตัวแปรตาม) กับค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณได้แก่ แบนด์ 2 (G) แบนด์ 3 (R) แบนด์ 4 (IR) และค่าดัชนีที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณได้แก่ NDVI โดยใช้จุดภาพ (Pixel) บริเวณเดียวกันกับตำแหน่งแปลงตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูลภาคสนามโดย GPS ใช้การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ (สุรเชษฐ์ สีแดง. 2551: 45)

4.2.6 การทำแผนที่ข้อมูลต้นไม้

การทำแผนที่ข้อมูลต้นไม้นี้ประกอบด้วยแผนที่ประชากรต้นไม้ แผนที่ดัชนีพื้นที่ใบ แผนที่มวลชีวภาพ และแผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของแต่ละสวน โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนามซึ่งประกอบไปด้วย ชื่อของต้นไม้ ตำแหน่งของต้นไม้ ค่าดัชนีพื้นที่ใบ ค่ามวลชีวภาพ และค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมาทำการวางจุดพิกัดตำแหน่งของต้นไม้ โดยใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จัดรูปแบบและองค์ประกอบของแผนที่ แล้วส่งออกเป็นภาพแผนที่สำหรับนำไปใช้ในการวางแผนจัดการต้นไม้นี้ในสวนสาธารณะในด้านต่างๆ ต่อไป

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ในการศึกษานี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในสวนสาธารณะ 3 แห่ง ประกอบด้วย สวนวชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ ซึ่งอยู่ในพื้นที่ชั้นในของกรุงเทพมหานคร และอยู่ในความรับผิดชอบของกรุงเทพมหานคร พร้อมทั้งจัดทำเป็นแผนที่ข้อมูลต้นไม้ โดยการประยุกต์ภูมิสารสนเทศ และภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ผลการศึกษแบ่งได้ตามหัวข้อดังนี้

1. ผลการสำรวจภาคสนามของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง
2. ผลการศึกษาด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
3. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากสนามกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง

1. ผลการสำรวจภาคสนามของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง

1.1 ผลการศึกษาวชิรเบญจทัศ

จากการศึกษาวชิรเบญจทัศซึ่งเป็นสวนสาธารณะที่อยู่ในพื้นที่ชั้นในของกรุงเทพมหานคร มีเนื้อที่ทั้งหมด 375 ไร่ โดยพบไม้ยืนต้นในพื้นที่สำรวจทั้งหมด 68 ชนิด ทั้งหมด 4,534 ต้น โดยความหนาแน่นของต้นไม้ต่อพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 12 ต้นต่อไร่ ซึ่งจะพบไม้ยืนต้นที่มีจำนวนมากที่สุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ประดู่ พบ 783 ต้น คิดเป็นร้อยละ 17.27 ของจำนวนไม้ยืนต้นทั้งหมด รองลงมาเป็น ชมพูพันธุ์ทิพย์ พบ 565 ต้น คิดเป็นร้อยละ 12.46 นนทรี พบ 492 ต้น คิดเป็นร้อยละ 10.85 กระถินณรงค์ พบ 405 ต้น คิดเป็นร้อยละ 8.93 และแคนา พบ 300 ต้น คิดเป็นร้อยละ 6.62 รายละเอียดชนิดของไม้ยืนต้นในสวนวชิรเบญจทัศแสดงดังตารางภาคผนวก ก-1

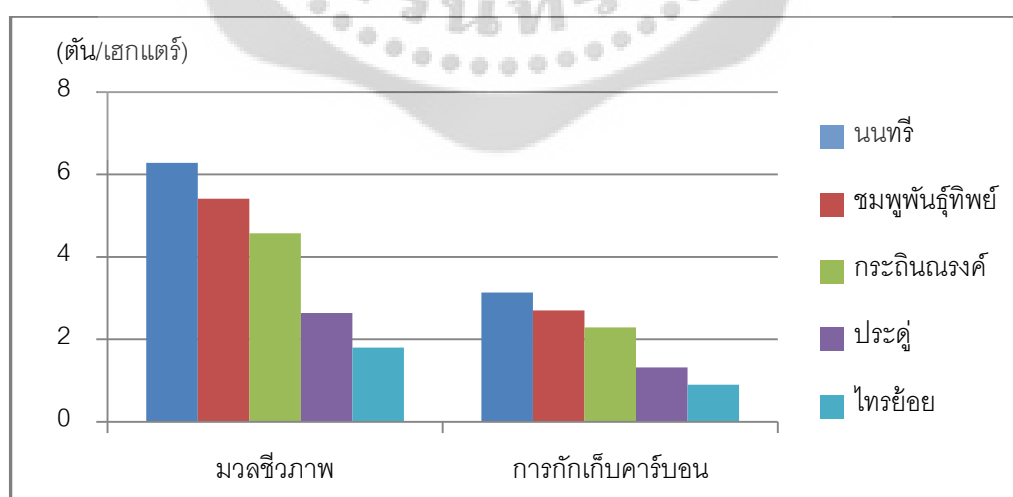
1.1.1 การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในสวนวชิรเบญจทัศ

การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน พบค่าดัชนีพื้นที่ใบของไม้ยืนต้นในสวนวชิรเบญจทัศจากการสำรวจภาคสนามทั้งหมดเท่ากับ 1.01 มวลชีวภาพทั้งหมดเท่ากับ 1,894,250.79 กิโลกรัม คิดเป็น 5.05 ต้นต่อไร่ หรือ 31.57 ต้นต่อเฮกเตอร์ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 947,125.39 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็น 2.53 ต้นคาร์บอนต่อไร่ หรือ 15.79 ต้นคาร์บอนต่อเฮกเตอร์ โดยสามารถสรุปได้ดังตาราง 1

ตาราง 11 มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนวชิรเบญจทัศ

ข้อมูลการศึกษา	มวลรวม (กิโลกรัม)	ตัน/ไร่	ตัน/เฮกแตร์
มวลชีวภาพ	1,894,250.79	5.05	31.57
การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตันคาร์บอน)	947,125.39	2.53	15.79

มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น แยกตามประเภทของพันธุ์ไม้ โดยพบว่าไม้ยืนต้น 5 ชนิดแรกที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด ได้แก่ นนทรี ชมพูพันธุ์ทิพย์ กระถินณรงค์ ประดู่ และไทรย้อย โดยมีค่าเท่ากับ 377,027.45, 310,455.61, 274,233.45, 158,615.70 และ 108,209.06 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 1.01, 0.83, 0.73, 0.42 และ 0.29 ตันต่อไร่ หรือ 6.28, 5.17, 4.57, 2.64 และ 1.80 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ และไม้ยืนต้น 5 ประเภทแรกที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด ได้แก่ นนทรี ชมพูพันธุ์ทิพย์ กระถินณรงค์ ประดู่ และไทรย้อย โดยมีค่าเท่ากับ 188,513.72, 155,227.81, 137,116.72, 79,307.85 และ 54,104.53 กิโลกรัมคาร์บอน หรือคิดเป็น 0.50, 0.41, 0.37, 0.21 และ 0.14 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือ 3.14, 2.59, 2.29, 1.32 และ 0.90 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในสวนวชิรเบญจทัศ แยกตามประเภทของพันธุ์ไม้ รายละเอียดดังตารางภาคผนวก ข-1 และแสดงเป็นกราฟเปรียบเทียบมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น 5 ชนิดแรกของสวนวชิรเบญจทัศ ได้ดังภาพประกอบ 11



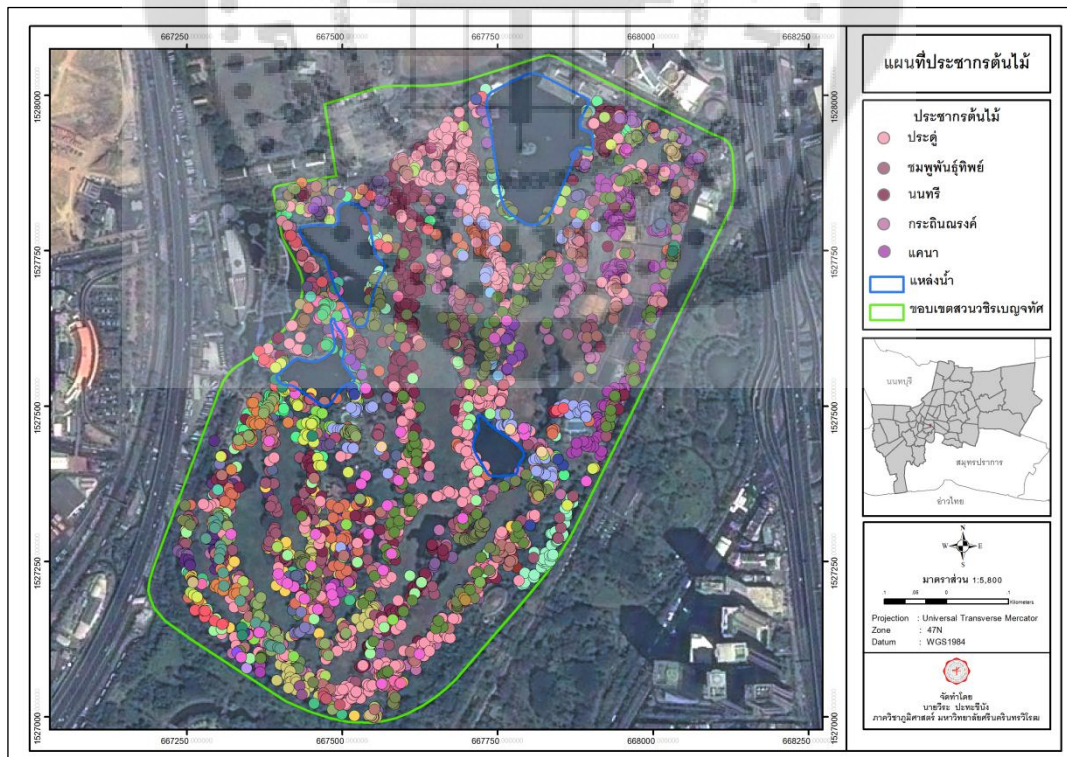
ภาพประกอบ 11 การเปรียบเทียบมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นที่มากที่สุด 5 ชนิดแรกของสวนวชิรเบญจทัศ

1.1.2 แผนที่ข้อมูลต้นไม้

จากการสำรวจภาคสนามพื้นที่สวนวชิรเบญจทัศพบว่ามีประเภท และจำนวนของไม้ยืนต้นที่หลากหลาย ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามประกอบไปด้วย ประเภทของต้นไม้ ความสูงของต้นไม้ ความสูงเรือนพุ่ม ความสูงลำต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.30 เมตร สามารถนำมาสร้างเป็นแผนที่ประชากรต้นไม้ แผนที่ดัชนีพื้นที่ใบ แผนที่มวลชีวภาพ และแผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ โดยใช้กระบวนการทางวิชาการแผนที่และภูมิสารสนเทศ ได้ดังนี้

1) แผนที่ประชากรต้นไม้

แผนที่ประชากรต้นไม้ เป็นแผนที่แสดงจำนวน และชนิดของพันธุ์ไม้ยืนต้น โดยพบไม้ยืนต้นในพื้นที่สวนวชิรเบญจทัศทั้งหมด 68 ชนิด จำนวน 4,534 ต้น โดยความหนาแน่นของต้นไม้ต่อพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 12 ต้นต่อไร่ ซึ่งจะพบพันธุ์ไม้เด่นในสวนลุมพินี เช่น ประดู่ นนทรี ชมพูพันธุ์ทิพย์ นนทรีกระถินณรงค์ และแคนา ในการแสดงประชากรต้นไม้ในแผนที่จะใช้จุดพิกัดของตำแหน่งต้นไม้ขึ้นๆ โดยใช้สีที่แตกต่างกันในแต่ละชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้น ซึ่งในแผนที่จะแสดงสัญลักษณ์ของไม้ยืนต้น 5 ชนิดแรกที่มีจำนวนมากที่สุดแสดงเป็นตัวอย่าง โดยสัญลักษณ์ของไม้ยืนต้นทั้งหมดของสวนวชิรเบญจทัศแสดงดังตาราง 12 รายละเอียดแผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนวชิรเบญจทัศ แสดงดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 แผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนวชิรเบญจทัศ

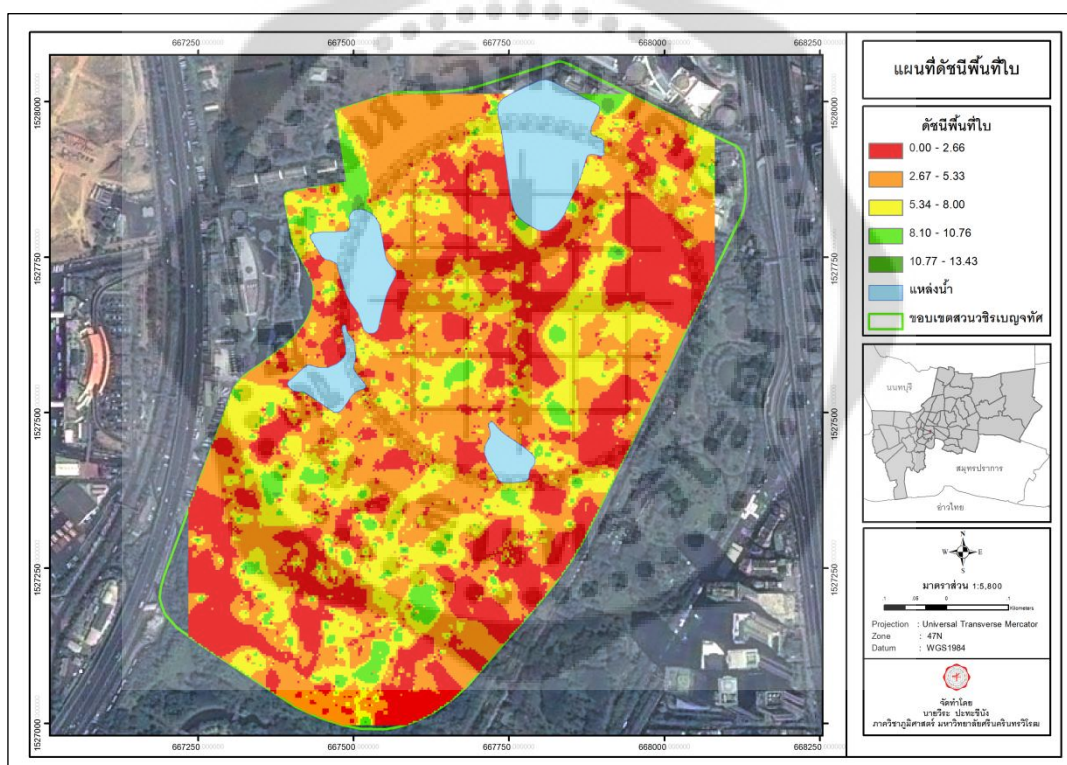
จากภาพประกอบ 12 พบว่าพันธุ์ไม้ยืนต้นบางชนิดมีตำแหน่งพิกัดเป็นกลุ่ม เช่น กระจิน ฅรงศ์ ซึ่งแทนด้วยวงกลมสีม่วง ประดู่ แทนด้วยวงกลมสีชมพูอ่อน เป็นต้น บางชนิดมีตำแหน่งพิกัด กระจายกระจาย เช่น ป๊อบ ซึ่งแทนด้วยสี่เหลี่ยมสีเหลืองอ่อน เป็นต้น

ตาราง 12 สัญลักษณ์แผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนวชิรเบญจทัศ

สัญลักษณ์	ชื่อต้นไม้	สัญลักษณ์	ชื่อต้นไม้	สัญลักษณ์	ชื่อต้นไม้
	กระจินฅรงศ์		พิกุล		หูกระจง
	ขนุน		โพธิ์		หูกวาว
	ช่อย		โพธิ์ศรี		เหลืองปรีดียาธร
	ซี่เหล็ก		มะขาม		กระโดน
	คูน		มะขามเทศ		กระจิน
	แคนนา		มะหาด		กระทุ่มน้ำ
	จันทน์		มะม่วง		กระพี้จั่น
	จามจุรี		มะยม		ช่อยหนาม
	ชมพูพันธุ์ทิพย์		มะรุม		ค้อ
	ตะแบก		มะฮอกกานีใบใหญ่		ตะขบ
	ต้นหยง		โมก		ตะเคียนทอง
	ตีนเป็ดน้ำ		ยางนา		ทองหลางลาย
	ทองกวาว		ยูคาลิปตัส		พระเจ้าห้าพระองค์
	ไทรย้อย		สนประดิพัทธ์		มะกล่ำต้น
	นนทรี		ส้มโอง		มะกอก
	น้ำเต้าต้น		สะเดา		มะขามป้อม
	ประดู่		สัก		มะค่าแต้
	ประดู่แดง		สาเก		มะม่วงหิมพานต์
	ป๊อบ		เสลา		โมง
	ป๊อบทอง		หนามแท่ง		ลำดวน
	แปรงล้างขวด		อ้อยช้าง		ตะโก
	พญาสัตบรรณ		หว่า		ลำไย
	พฤษะ		หางนกยูงฝรั่ง		

2) แผนที่ดัชนีพื้นที่ไ้

สวนวชิรเบญจทัศ พบดัชนีพื้นที่ไ้เฉลี่ยเท่ากับ 1.01 โดยสีเขียวเข้มจะแทนด้วยดัชนีพื้นที่ไ้มากที่สุด สีเขียวอ่อนแทนพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้มากที่สุด สีเหลืองแทนพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้ปานกลาง สีส้มแทนพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้ไ้ และสีแดงจะแทนพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้ไ้ โดยพบว่าพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้มากที่สุด มาก ปานกลาง ไ้ และพื้นที่ดัชนีพื้นที่ไ้ไ้ มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 1,104.03, 25,830.94, 122,427.78, 232,356.78 และ 163,672.26 ตารางเมตร ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 0.18, 4.31, 20.40, 38.73 และ 27.28 ของพื้นที่สวนวชิรเบญจทัศทั้งหมด ตามลำดับ โดยพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้มากที่สุด และมาก จะพบพันธุ์ไ้ยืนต้น เช่น ไ้ไ้ย้อย นนทรี และจามจุรี เป็นต้น แผนที่ดัชนีพื้นที่ไ้ของสวนวชิรเบญจทัศ แสดงดังภาพประกอบ 13

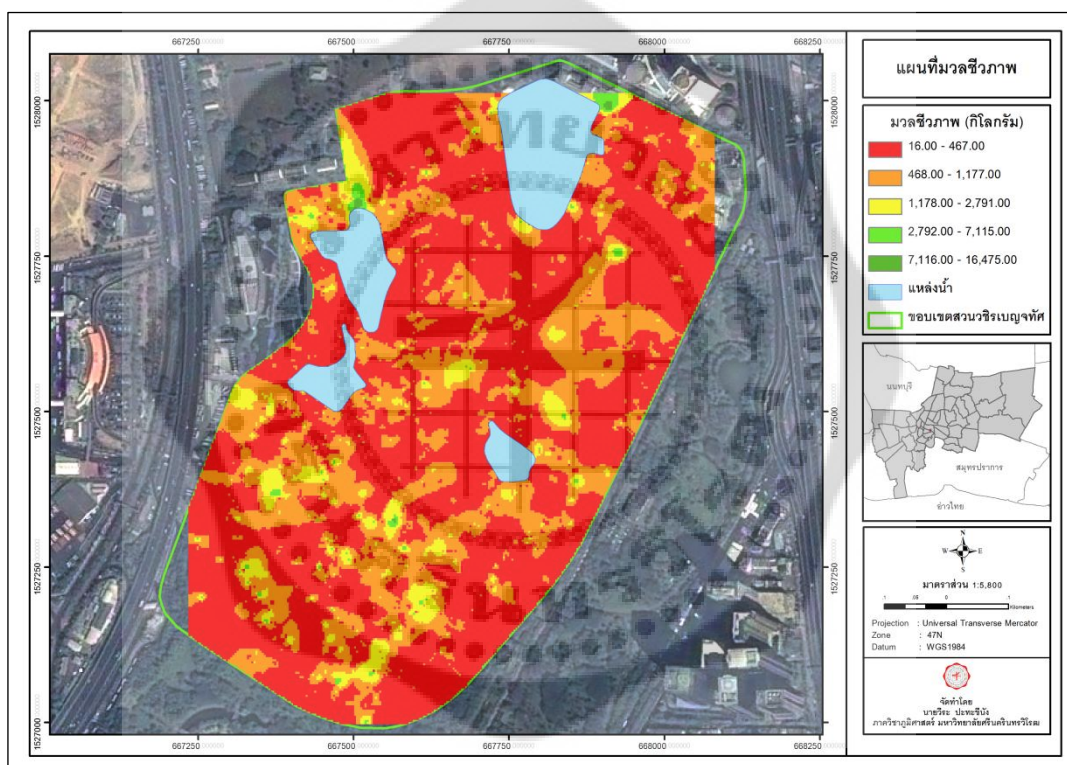


ภาพประกอบ 13 แผนที่ดัชนีพื้นที่ไ้ของสวนวชิรเบญจทัศ

3) แผนที่มวลชีวภาพ

แผนที่มวลชีวภาพ เป็นแผนที่แสดงปริมาณมวลชีวภาพของไ้ยืนต้นในพื้นที่ศึกษา สวนวชิรเบญจทัศพบมวลชีวภาพรวมของพันธุ์ไ้ยืนต้นแต่ละชนิด มีค่า 22.69-377,027.45 กิโลกรัม (0.00-1.01 ต้นต่อไร่ หรือ 0.00-6.28 ต้นต่อเฮกแตร์) โดยแผนที่มวลชีวภาพ ใช้สีเขียวเข้มแทนพื้นที่ที่มี

มวลชีวภาพมากที่สุด สีเขียวอ่อนที่มีพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพมาก สีเหลืองแทนบริเวณที่มีมวลชีวภาพปานกลาง สีส้มแทนพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพน้อย และสีแดงแทนพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพน้อยที่สุด พบว่าพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 368.44, 2,769.33, 30,416.91, 168,419.62 และ 343,601.11 ตารางเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.06, 0.46, 5.07, 28.07 และ 57.27 ของพื้นที่ทั้งหมดของสวนวชิรเบญจทัศ ตามลำดับ โดยพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด และมาก จะพบพันธุ์ไม้ยืนต้น เช่น ไทรย้อย นนทรี และจามจุรี เป็นต้น ส่วนพื้นที่ที่ไม่มีมวลชีวภาพ หรือน้อย เช่น พื้นที่แหล่งน้ำ สนามหญ้า และอาคารต่างๆ เป็นต้น รายละเอียดแผนที่มวลชีวภาพของสวนวชิรเบญจทัศ แสดงดังภาพประกอบ 14

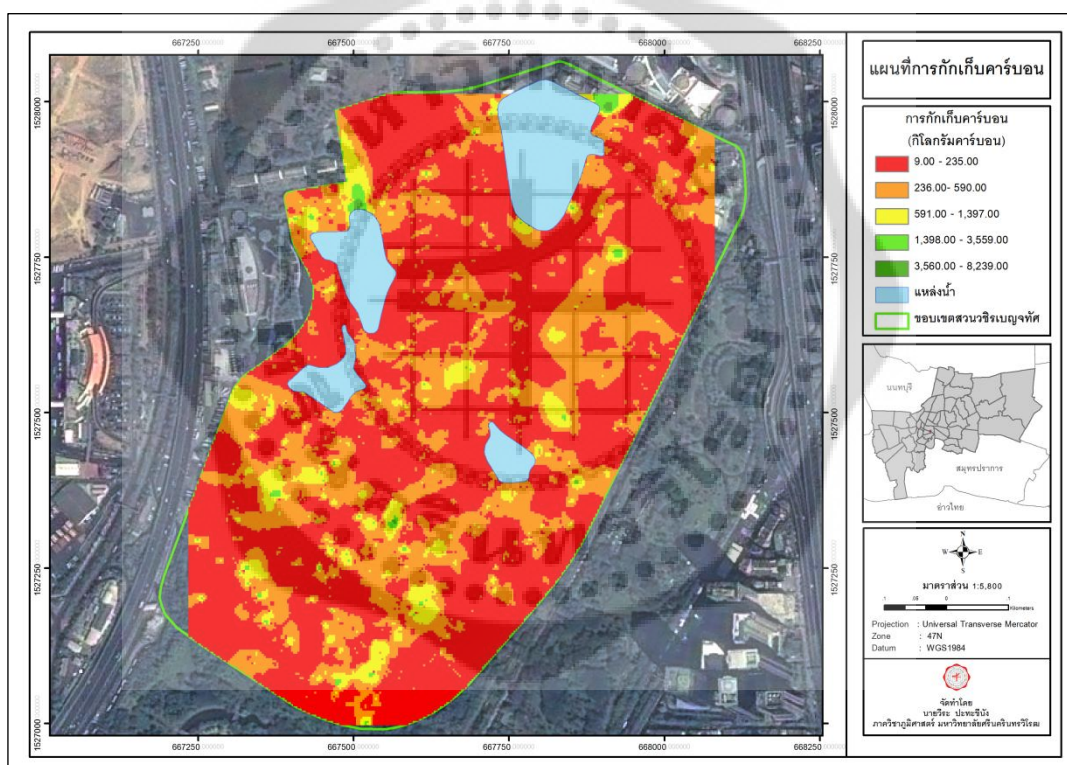


ภาพประกอบ 14 แผนที่มวลชีวภาพของสวนวชิรเบญจทัศ

4) แผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

แผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เป็นแผนที่แสดงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ของไม้ยืนต้น สวนวชิรเบญจทัศพบการกักเก็บคาร์บอนรวมของพันธุ์ไม้ยืนต้นแต่ละชนิดตั้งแต่ 11.34-118,851.72 กิโลกรัม คิดเป็น 0.00-0.50 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือ 0.00-3.14 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ โดยแผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ใช้สีเขียวเข้มแทนพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือ

พื้นดินมากที่สุด สีเขียวอ่อนแทนพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด สีเหลืองแทนบริเวณที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินปานกลาง และสีส้มแทนพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินน้อย และสีแดงแทนพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนน้อยที่สุด จากการศึกษาสวนวชิรเบญจทัศ พบว่าพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด จะมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 366.44, 2,749.33, 30,416.91, 167,319.62 และ 343,651.11 ตารางเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.06, 0.46, 5.07, 27.89 และ 57.28 ของพื้นที่สวนวชิรเบญจทัศทั้งหมด ซึ่งจะพบพันธุ์ไม้ยืนต้น เช่น ไทรย้อย นนทรี และจามจุรี เป็นต้น ส่วนพื้นที่ที่ไม่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เช่น พื้นที่แหล่งน้ำ สนามหญ้า และอาคารสิ่งปลูกสร้างต่างๆ เป็นต้น รายละเอียดแผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนวชิรเบญจทัศ แสดงดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 แผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนวชิรเบญจทัศ

1.2 ผลการศึกษาสวนลุมพินี

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามสวนลุมพินี ซึ่งเป็นสวนสาธารณะที่อยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครชั้นใน มีเนื้อที่ทั้งหมด 360 ไร่ พบพันธุ์ไม้ยืนต้นทั้งหมด 79 ชนิด จำนวน 3,082 ต้น โดยความหนาแน่นของต้นไม้ต่อพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 9 ต้นต่อไร่ ซึ่งพบพันธุ์ไม้ยืนต้นที่มีจำนวนมากที่สุด

5 ลำดับแรก ได้แก่ ประดู่ พบ 743 ต้น คิดเป็นร้อยละ 24.11 ของจำนวนไม้ยืนต้นทั้งหมด รองลงมาคือ นนทรี พบ 283 ต้น คิดเป็นร้อยละ 9.18 จามจุรี พบ 187 ต้น คิดเป็นร้อยละ 6.07 สนประดิพัทธ์ พบ 121 ต้น คิดเป็นร้อยละ 3.93 และตะแบก พบ 114 ต้น คิดเป็นร้อยละ 3.70 กระจายอยู่ทั่วบริเวณสวน ลุมพินี และในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดรหัสประจำต้นไม้ขึ้นเพื่อความสะดวกในการใช้กับโปรแกรม ทางด้านภูมิสารสนเทศ รายละเอียดไม้ยืนต้นในพื้นที่สวนลุมพินีทั้งหมดแสดงดังตารางภาคผนวก ก-2

1.2.1 การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของ ไม้ยืนต้นในสวนลุมพินี

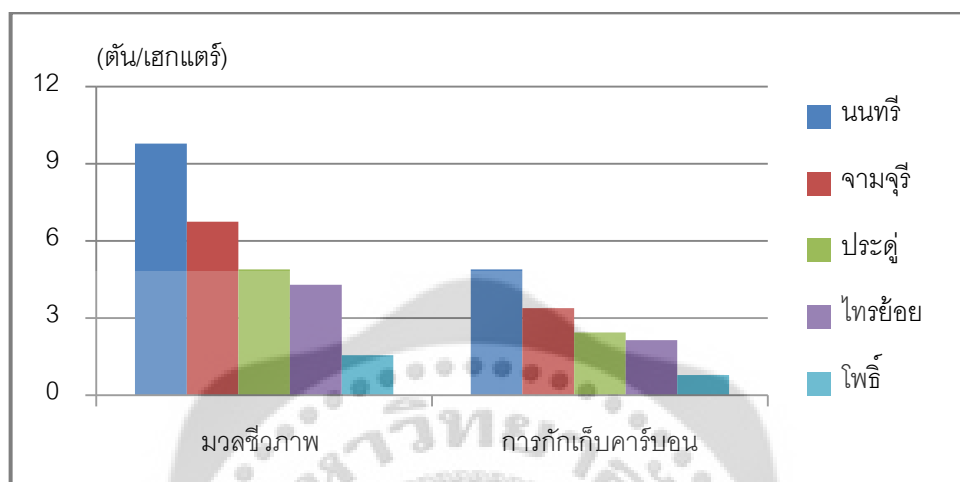
การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของ ไม้ยืน ต้น ในพื้นที่สวนลุมพินี จากการสำรวจภาคสนามซึ่งประกอบไปด้วย ชื่อของต้นไม้ ความสูงต้นไม้ ความสูงลำต้น และความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวล ชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน โดยใช้สมการแอลโลเมตรี พบว่าค่าดัชนีพื้นที่ใบของไม้ ยืนต้นในสวนลุมพินีจากการสำรวจภาคสนามทั้งหมดเท่ากับ 0.92 มวลชีวภาพทั้งหมดเท่ากับ 2,137,652.96 กิโลกรัม คิดเป็น 5.94 ตันต่อไร่ หรือ 37.11 ตันต่อเฮกเตอร์ และการกักเก็บคาร์บอน เหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 1,068,826.48 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็น 2.97 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือ 18.56 ตันคาร์บอนต่อเฮกเตอร์ โดยสามารถสรุปได้ดังตาราง 13

ตาราง 13 มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนลุมพินี

ข้อมูลที่ศึกษา	มวลรวม (กิโลกรัม)	ตันต่อไร่	ตันต่อเฮกเตอร์
มวลชีวภาพ	2,137,652.96	5.94	37.11
การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตันคาร์บอน)	1,068,826.48	2.97	18.56

มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น แยกตามประเภทของชนิด พันธุ์ไม้ พบว่าไม้ยืนต้น 5 ชนิดแรกที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด ได้แก่ นนทรี จามจุรี ประดู่ ไทรย้อย และ โพธิ์ โดยมีค่าเท่ากับ 563,155.03, 389,018.09, 281,606.07, 246,954.58 และ 89,882.18 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 1.56, 1.08, 0.78, 0.69 และ 0.25 ตันต่อไร่ หรือ 9.78, 6.75, 4.89, 4.29, และ 1.56 ตันต่อ เฮกเตอร์ ตามลำดับ และไม้ยืนต้น 5 ชนิดแรก ที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด ได้แก่ นนทรี จามจุรี ประดู่ ไทรย้อย และโพธิ์ โดยมีค่าเท่ากับ 281,577.51, 194,509.05, 140,803.03, 123,477.29, และ 44,941.09 กิโลกรัมคาร์บอน หรือคิดเป็น 0.78, 0.54, 0.39, 0.34 และ 0.12 ตัน คาร์บอนต่อไร่ หรือ 4.89, 3.38, 2.44, 2.14 และ 0.78 ตันคาร์บอนต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ รายละเอียด

มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในสวนลุมพินี แยกตามประเภทของพันธุ์ไม้รายละเอียด แสดงดังตารางภาคผนวก ข-2 และแสดงเป็นกราฟเปรียบเทียบปริมาณมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น 5 ชนิดแรกของสวนลุมพินี ได้ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 การเปรียบเทียบมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นที่มากที่สุด 5 ชนิดแรกของสวนลุมพินี

1.2.2 แผนที่ข้อมูลต้นไม้

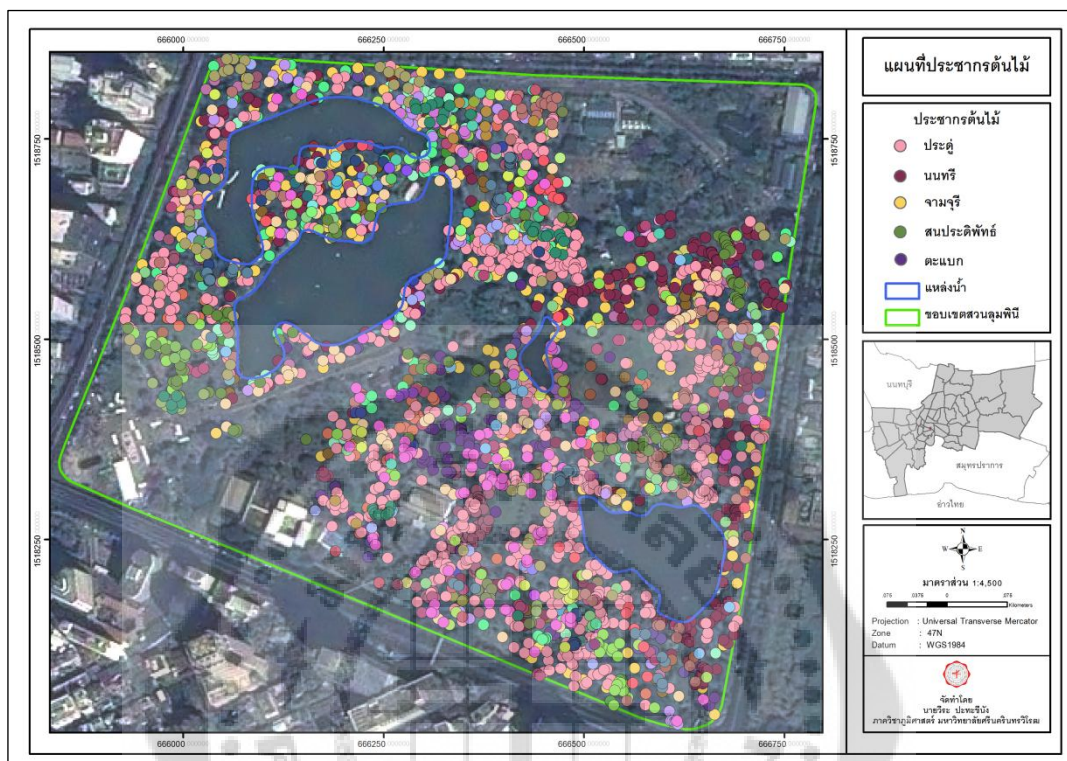
จากการสำรวจภาคสนามพื้นที่สวนลุมพินีพบว่าไม้มีประเภท และจำนวนของไม้ยืนต้นที่หลากหลาย ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม และจากการวิเคราะห์ นำมาสร้างเป็นแผนที่ประชากรต้นไม้ แผนที่ดัชนีพื้นที่ใบ แผนที่มวลชีวภาพ และแผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ โดยใช้กระบวนการทางวิชาการแผนที่ และภูมิสารสนเทศ ซึ่งใช้สัญลักษณ์และสีในการสื่อความหมายแผนที่ได้ดังนี้

1) แผนที่ประชากรต้นไม้

แผนที่ประชากรต้นไม้ เป็นแผนที่แสดงจำนวน และชนิดของพันธุ์ไม้ยืนต้น โดยพบไม้ยืนต้นในพื้นที่สำรวจทั้งหมด 79 ชนิด จำนวน 3,082 ต้น โดยความหนาแน่นของต้นไม้ต่อพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 9 ต้นต่อไร่ ซึ่งจะพบพันธุ์ไม้เด่นในสวนลุมพินี เช่น ประดู่ นนทรี จามจุรี สนประดิพัทธ์ และตะแบก ในการแสดงประชากรต้นไม้ในแผนที่จะใช้จุดพิคัดของตำแหน่งต้นไม้ต่างๆ โดยใช้สีที่ต่างกันในแต่ละชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้น ซึ่งในแผนที่จะแสดงสัญลักษณ์ของไม้ยืนต้น 5 ชนิดแรกที่มีจำนวนมากที่สุดแสดงเป็นตัวอย่าง โดยสัญลักษณ์ของไม้ยืนต้นทั้งหมด โดยสัญลักษณ์ของไม้ยืนต้นทั้งหมดของ

สวนลุมพินีแสดงดังตาราง 14 รายละเอียดแผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนลุมพินี แสดงดังภาพประกอบ

17



ภาพประกอบ 17 แผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนลุมพินี

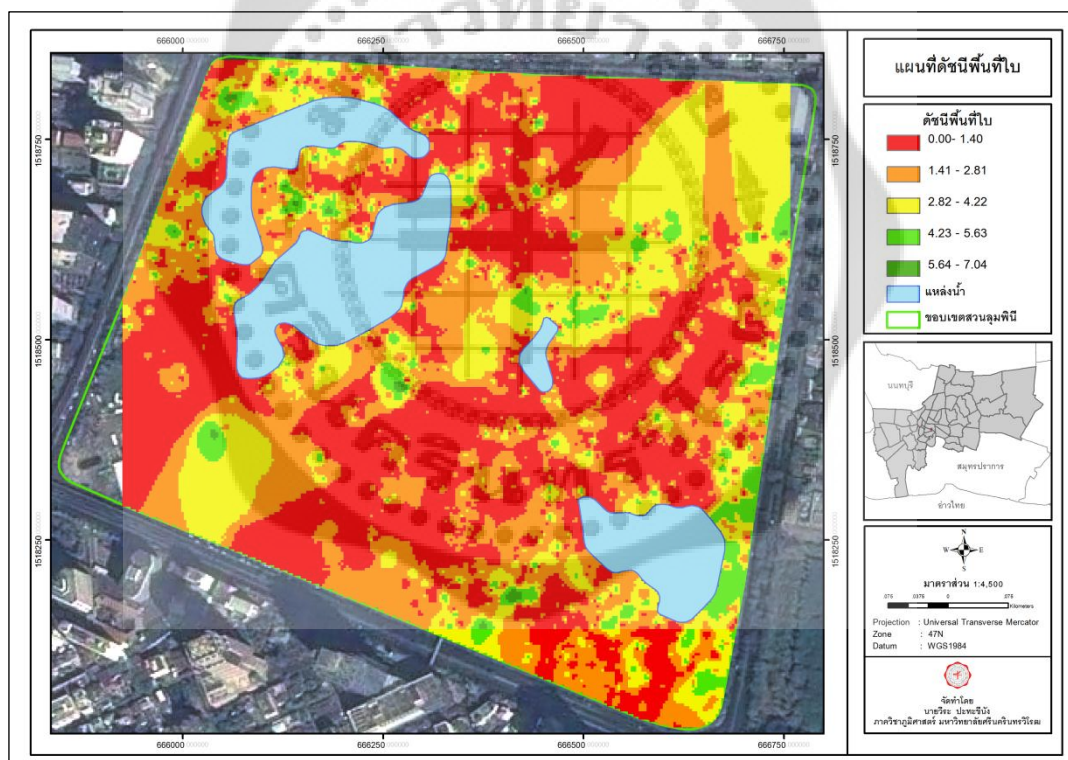
จากภาพประกอบ 17 พบว่าประดู่ ซึ่งแทนด้วยวงกลมสีชมพู และจามจุรี แทนด้วยวงกลมสีเหลือง มีตำแหน่งพิกัดกระจายอยู่ทั่วบริเวณสวน ในขณะที่ชมพูพันธุ์ทิพย์ และมะฮอกกานีใบใหญ่ แทนด้วยสี่มวง และสี่เหลี่ยม ตามลำดับ มีตำแหน่งพิกัดกระจุกตัวอยู่บางพื้นที่ เป็นต้น

ตาราง 14 สัญลักษณ์แผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนลุมพินี

สัญลักษณ์	ชื่อต้นไม้	สัญลักษณ์	ชื่อต้นไม้	สัญลักษณ์	ชื่อต้นไม้
	โพธิ์ทะเล		ประดู่แดง		สาเก
	กระดังงา		ปีบ		เสลา
	กระถินณรงค์		ปีบทอง		แสงจันทร์
	กระท้อน		แปรงล้างขวด		หลิว
	กุ่มแดง		พญาสัตบรรณ		หว่า
	กันเกรา		พฤกษ์		หางนกยูงไทย
	แก้ว		พะยุง		หางนกยูงฝรั่ง
	ขนุน		พิบูล		หูกระจง
	ข่อย		โพธิ์		หูกวาว
	ขี้เหล็ก		โพธิ์ศรี		เหลืองปรีดียาธร
	คำมอกหลวง		มะเกลือ		อโศกอินเดีย
	คูณ		มะขาม		บุหงาส่าหรี
	แคนา		มะขามเทศ		กระโดน
	แคฝรั่ง		มะม่วง		ทองหลาง
	จันทน์		มะยม		ทองหลางลาย
	จามจุรี		มะรุ้ม		มะกล่ำต้น
	ชงโค		มะฮอกกานีใบใหญ่		มะค่าแต้
	ชมพูพันธุ์ทิพย์		โมก		โมก
	ตะแบก		ยางนา		ประยงค์
	ต้นหยง		ยูคาลิปตัส		จิกทะเล
	ตีนเป็ดน้ำ		กระทิง		โมกราชินี
	ทองกวาว		ลำปำ		เข็มต้น
	เทียนทอง		สนฉัตร		ทองกาหลง
	ไทรย้อย		สนประดิพัทธ์		มะหาด
	นนทรี		ส้มโอง		เลี่ยน
	น้ำเต้าต้น		สะเดา		
	ประดู่		สัก		

2) แผนที่ดัชนีพื้นที่ไ้

แผนที่ดัชนีพื้นที่ไ้เป็นแผนที่แสดงค่าดัชนีพื้นที่ไ้ โดยค่าดัชนีพื้นที่ไ้สวนลุมพินี เฉลี่ยเท่ากับ 0.92 ต่อตารางเมตร โดยสีเขียวเข้มจะแทนด้วยดัชนีพื้นที่ไ้มากที่สุด สีเขียวอ่อนแทนพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้มากที่สุด สีเหลืองแทนพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้ปานกลาง สีส้มแทนพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้น้อย และสีแดงเข้มจะแทนพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้น้อยที่สุด โดยพบว่าพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้มากที่สุด ปานกลาง น้อย และพื้นที่ดัชนีพื้นที่ไ้น้อยที่สุด มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 927.61, 20,953.39, 106,829.37, 158,433.72 และ 189,240.20 ตารางเมตร ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 0.16, 3.64, 18.55, 27.51 และ 32.85 ของพื้นที่สวนลุมพินีทั้งหมดตามลำดับ โดยพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้มากที่สุด จะพบพันธุ์ไม้ยืนต้น เช่น ไทรย้อย จามจุรี ประดู่ และโพธิ์ เป็นต้น แผนที่ดัชนีพื้นที่ไ้ของสวนลุมพินี แสดงดังภาพประกอบ 18

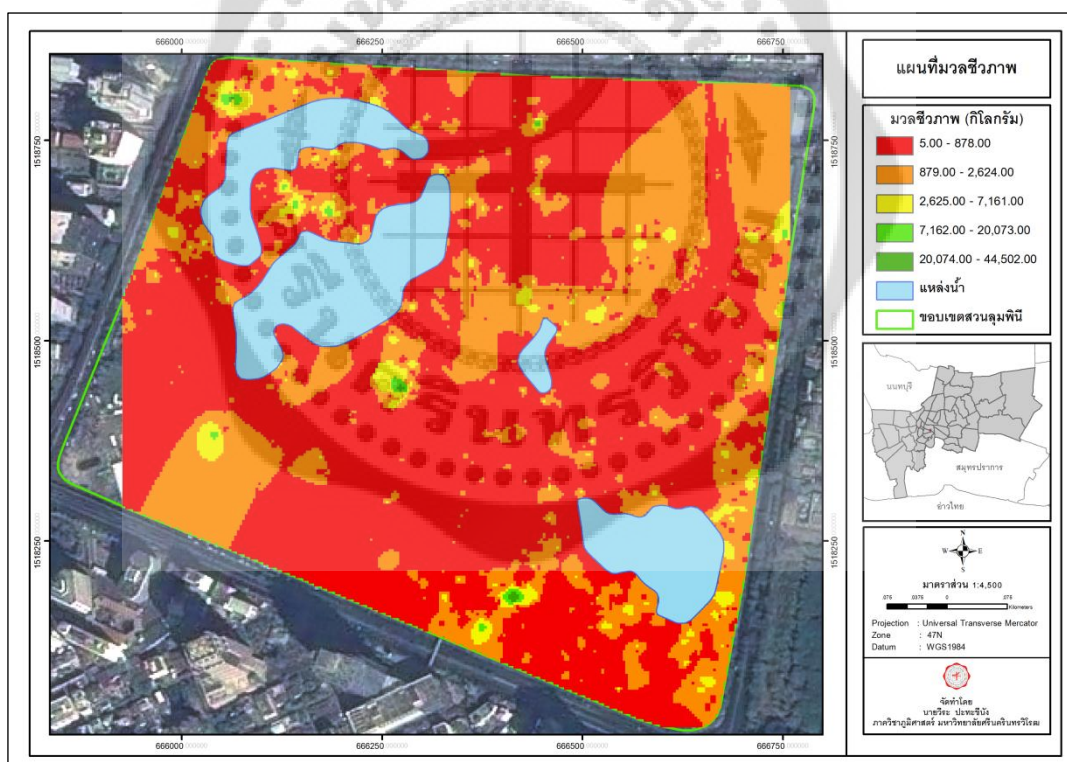


ภาพประกอบ 18 แผนที่ดัชนีพื้นที่ไ้ของสวนลุมพินี

3) แผนที่มวลชีวภาพ

แผนที่มวลชีวภาพเป็นแผนที่แสดงมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นในพื้นที่ศึกษา จากการศึกษาสวนลุมพินีพบว่ามวลชีวภาพรวมของพันธุ์ไม้ยืนต้นแต่ละชนิดมีค่าตั้งแต่ 14.23-563,155.03 กิโลกรัม

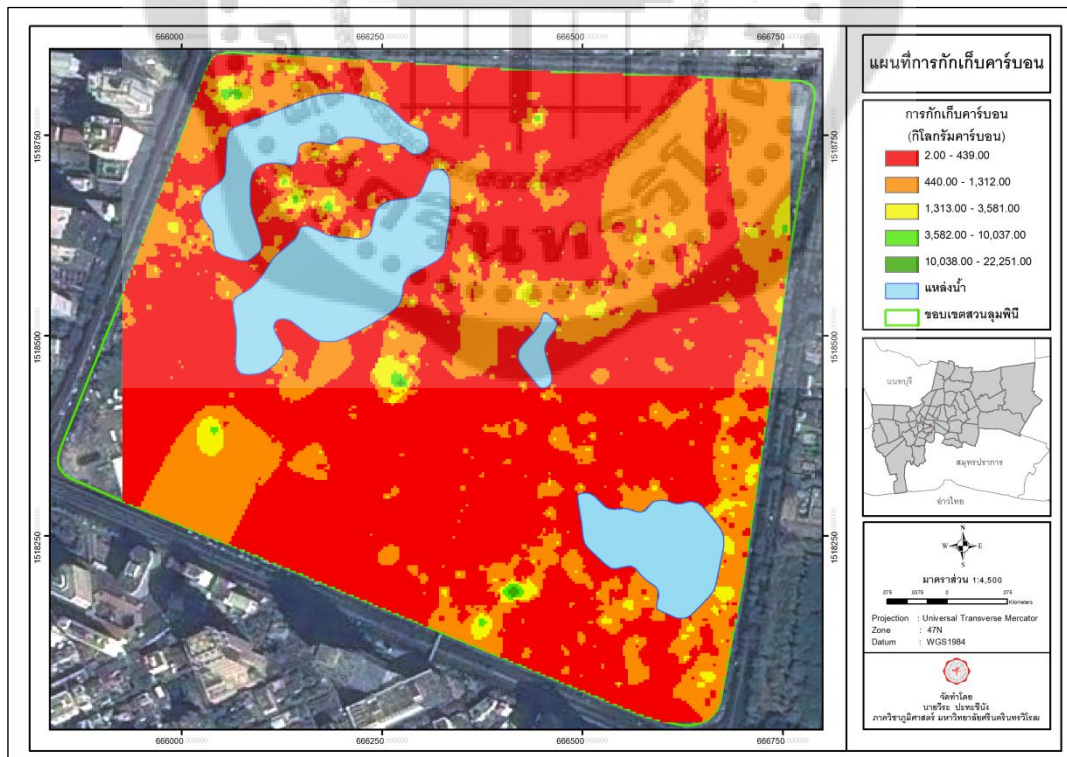
คิดเป็น 0.00-1.56 ตันต่อไร่ หรือ 0.00-9.78 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ โดยแผนที่มวลชีวภาพใช้สีเขียวเข้มแทนพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด สีเขียวอ่อนแทนพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพมาก สีเหลืองแทนบริเวณที่มีมวลชีวภาพปานกลาง สีส้มแทนพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพน้อย และสีแดงแทนพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพน้อยที่สุด พบว่าพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 213.57, 71.76, 12,600.79 153,080.95, 309,659.68 ตารางเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.04, 0.01, 2.19, 26.58 และ 53.76 ของพื้นที่สวนลุมพินีทั้งหมด ตามลำดับ โดยพบว่าบริเวณที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด จะพบพันธุ์ไม้ยืนต้น ได้แก่ ไทรย้อย จามจุรี ประดู่ และ โพธิ์ เป็นต้น ส่วนบริเวณที่มีมวลชีวภาพหรือไม่มี ได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำ สนามหญ้า และอาคารต่างๆ จากการศึกษาพบความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นกับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน กล่าวคือถ้าพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพมาก จะมีการกักเก็บคาร์บอนมากตามไปด้วยรายละเอียดแผนที่มวลชีวภาพของสวนลุมพินี แสดงดังภาพประกอบ 19



ภาพประกอบ 19 แผนที่มวลชีวภาพของสวนลุมพินี

4) แผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

แผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เป็นแผนที่แสดงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น จากการศึกษาสวนลุมพินี พบว่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของพันธุ์ไม้รวมแต่ละชนิดมีค่าตั้งแต่ 7.11-281,577.51 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็น 0.00-0.78 กิโลกรัมคาร์บอนต่อไร่ หรือ 0.00-4.89 กิโลกรัมคาร์บอนต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ ซึ่งแผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ใช้สีเขียวเข้มแทนพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด สีเขียวอ่อนแทนพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมาก สีเหลืองแทนบริเวณที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินปานกลาง สีส้มแทนพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินน้อย และสีแดงแทนพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนน้อยที่สุด จากการศึกษาสวนลุมพินี พบว่าพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด จะมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 259.27, 3,699.90, 44,547.78, 137,802.66 และ 290,558.07 ตารางเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.05, 0.64, 7.73, 23.92 และ 50.44 ของพื้นที่สวนลุมพินีทั้งหมด ซึ่งจะพบพันธุ์ไม้ยืนต้น เช่น ไทรย้อย จามจุรี และโพธิ์ เป็นต้น ส่วนพื้นที่ที่ไม่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน หรือมีน้อย เช่น พื้นที่แหล่งน้ำ สนามนหญ้า และอาคารสิ่งปลูกสร้างต่างๆ เป็นต้น รายละเอียดแผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนลุมพินี แสดงดังภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 แผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนลุมพินี

1.3 ผลการศึกษาสวนเบญจกิติ

จากการสำรวจภาคสนาม สวนเบญจกิติมีเนื้อที่ประมาณ 130 ไร่ พบไม้ยืนต้นในพื้นที่สำรวจทั้งหมด 75 ชนิด จำนวน 1,045 ต้น โดยความหนาแน่นของต้นไม้ต่อพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 8 ต้นต่อไร่ ซึ่งจะพบไม้ยืนต้นที่มีจำนวนมากที่สุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ประดู่ พบ 127 ต้น คิดเป็นร้อยละ 12.15 ของจำนวนไม้ยืนต้นทั้งหมด รองลงมาคือ เสลา พบ 110 ต้น คิดเป็นร้อยละ 10.53 แปรงลำงหวด พบ 98 ต้น คิดเป็นร้อยละ 9.40 ตะแบก พบ 95 ต้น คิดเป็นร้อยละ 9.10 และนนทรีพบ 93 ต้น คิดเป็นร้อยละ 8.90 รายละเอียดชนิดของไม้ยืนต้นในสวนเบญจกิติแสดงดังตารางภาคผนวก ก-3

1.3.1 ประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นของสวนเบญจกิติ

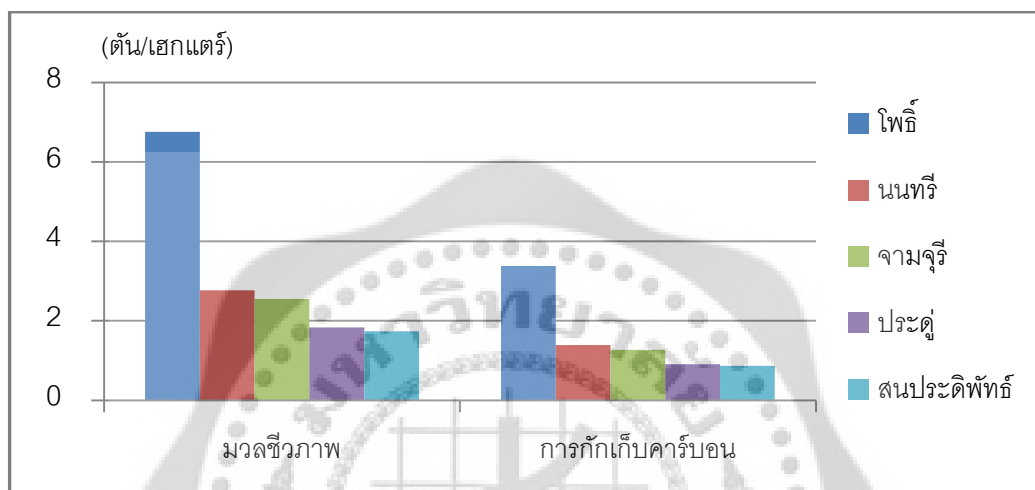
การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น ในพื้นที่สวนเบญจกิติ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามซึ่งประกอบไปด้วย ชื่อของต้นไม้ ความสูงต้นไม้ ความสูงลำต้น และความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน โดยใช้สมการแอลโลเมตรี พบว่าค่าดัชนีพื้นที่ใบของไม้ยืนต้นในสวนเบญจกิติ จากการสำรวจภาคสนามเฉลี่ยเท่ากับ 0.61 มวลชีวภาพทั้งหมดเท่ากับ 449,889.23 กิโลกรัม คิดเป็น 3.46 ต้นต่อไร่ หรือ 21.63 ต้นต่อเฮกเตอร์ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 224,944.62 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็น 1.73 ต้นคาร์บอนต่อไร่ หรือ 10.81 ต้นคาร์บอนต่อเฮกเตอร์ โดยสามารถสรุปได้ดังตาราง 15

ตาราง 15 มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนเบญจกิติ

ข้อมูลที่ศึกษา	มวลรวม (กิโลกรัม)	ต้นต่อไร่	ต้นต่อเฮกเตอร์
มวลชีวภาพ	449,889.23	3.46	21.63
การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ต้นคาร์บอน)	224,944.62	1.73	10.81

มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น แยกตามประเภทของพันธุ์ไม้ โดยพบว่าไม้ยืนต้น 5 ชนิดแรกที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด ได้แก่ โพธิ์ นนทรี จามจุรี ประดู่ และสนประดิพัทธ์ โดยมีค่าเท่ากับ 140,692.09, 57,701.19, 52,975.01, 38,049.39 และ 36,263.24 กิโลกรัม คิดเป็น 1.08, 0.44, 0.41, 0.29 และ 0.28 ต้นต่อไร่ หรือ 6.76, 2.77, 2.55, 1.83 และ 1.74 ต้นต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ และไม้ยืนต้น 5 ชนิดแรกที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด ได้แก่ โพธิ์ นนทรี จามจุรี ประดู่ และสนประดิพัทธ์ โดยมีค่าเท่ากับ 70,346.05, 28,850.60, 26,487.51,

19,024.69 และ 18,131.62 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็น 0.54, 0.22, 0.20, 0.15 และ 0.14 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ หรือ 3.38, 1.39, 1.27, 0.91 และ 0.87 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ รายละเอียดมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นในสวนเบญจกิติ แยกตามประเภทของพันธุ์ไม้แสดงดังตารางภาคผนวก ข-3 และกราฟเปรียบเทียบมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น 5 ชนิดแรกของสวนเบญจกิติได้ดังภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 21 การเปรียบเทียบมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นที่มากที่สุด 5 ชนิดแรกของสวนเบญจกิติ

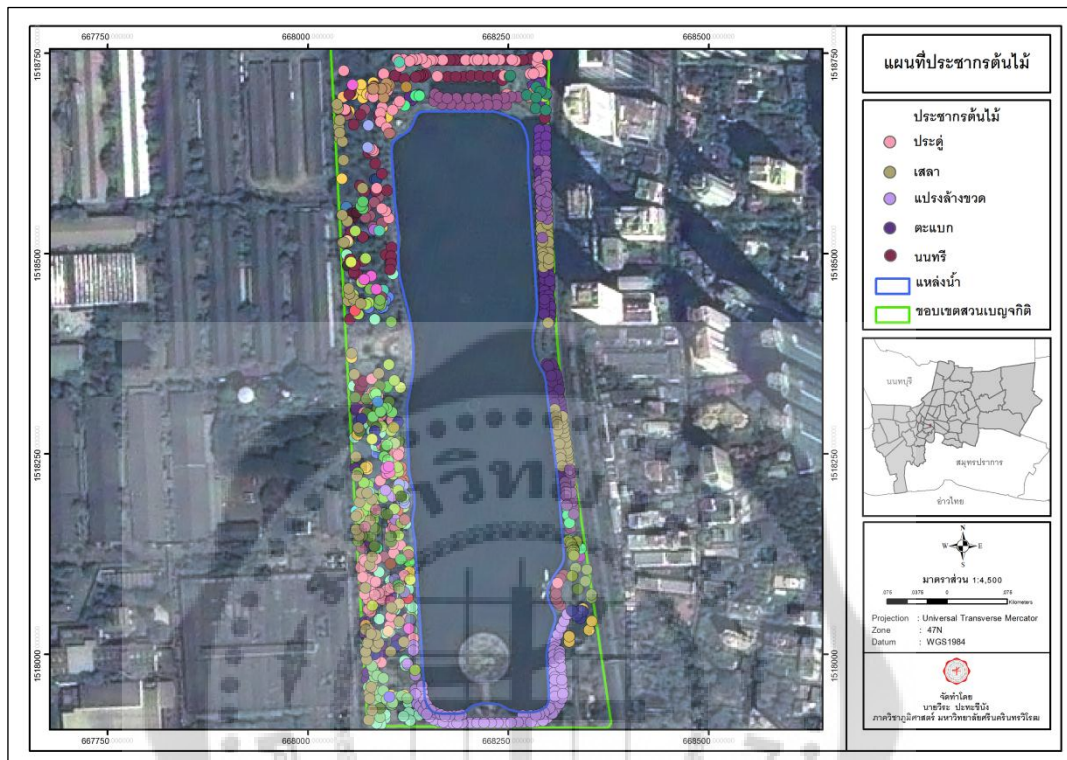
1.3.2 แผนที่ข้อมูลต้นไม้

จากการสำรวจภาคสนามพื้นที่สวนเบญจกิติพบว่าไม้มีประเภท และจำนวนของไม้ยืนต้นที่หลากหลาย ซึ่งข้อมูลที่ได้ สามารถนำมาสร้างเป็นแผนที่ประชากรต้นไม้ แผนที่ดัชนีพื้นที่ใบ แผนที่มวลชีวภาพ และแผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินได้ โดยใช้กระบวนการทางวิชาการแผนที่ และภูมิสารสนเทศ ได้ดังนี้

1) แผนที่ประชากรต้นไม้

แผนที่ประชากรต้นไม้ เป็นแผนที่แสดงจำนวน และชนิดของพันธุ์ไม้ยืนต้น โดยจากการศึกษาสวนเบญจกิติพบไม้ยืนต้นในพื้นที่สำรวจทั้งหมด 75 ชนิด จำนวน 1,045 ต้น ความหนาแน่นของต้นไม้ต่อพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 8 ต้นต่อไร่ ซึ่งจะพบพันธุ์ไม้เด่น ได้แก่ ประดู่ เสลา แปรงล่างขาว ตะแบก และนนทรี และในการแสดงประชากรต้นไม้ในแผนที่จะใช้จุดพิกัดของตำแหน่งต้นไม้ต่างๆ โดยใช้สีที่แตกต่างกันในแต่ละชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้น ซึ่งในแผนที่จะแสดงสัญลักษณ์ของไม้ยืนต้น 5 ชนิดแรก

มีจำนวนมากที่สุดแสดงเป็นตัวอย่างโดยสัญลักษณ์ของไม้ยืนต้นทั้งหมดของสวนเบญจกิติ แสดงดังตาราง 16 รายละเอียดแผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนเบญจกิติแสดงดังภาพประกอบ 22



ภาพประกอบ 22 แผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนเบญจกิติ

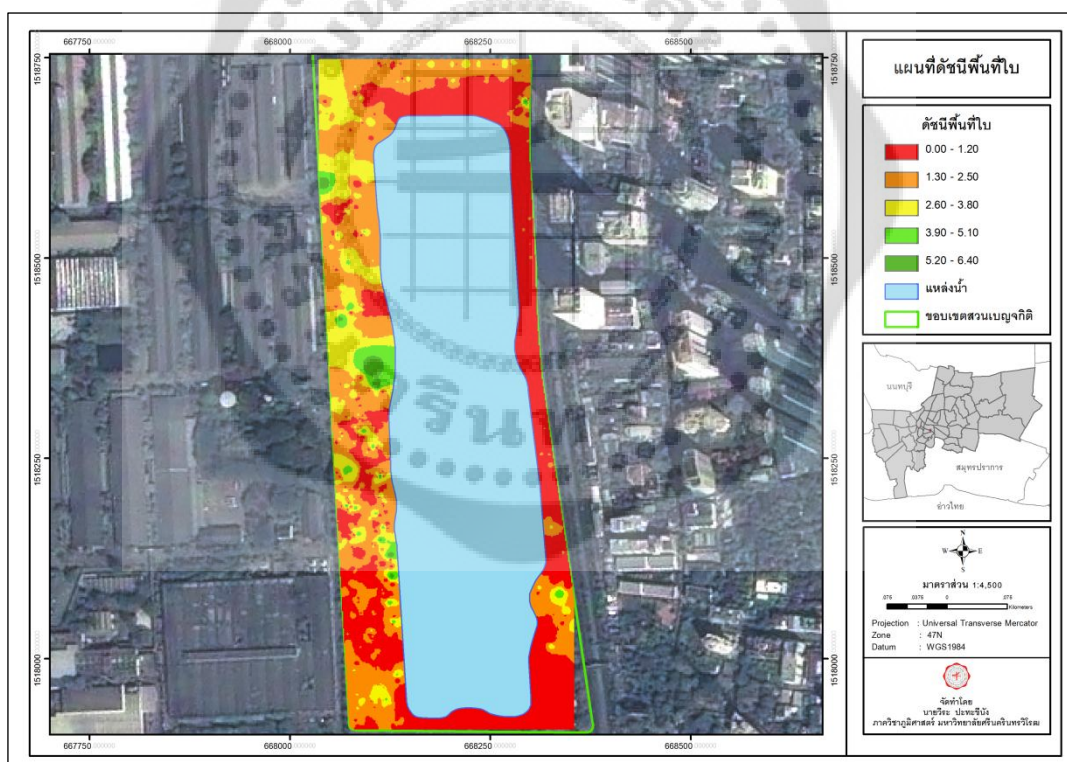
จากภาพประกอบ 22 พบว่า แปรงล้างขวด ตะแบก เสลา และอินทนิล ซึ่งแทนด้วยวงกลมสีม่วงอ่อน ม่วงเข้ม เขียวซีม้า และม่วง ตามลำดับ มีพิกัดตำแหน่งที่เป็นระเบียบ และอยู่เป็นกลุ่ม ในขณะที่ ป๊อบ และคูน ซึ่งแทนด้วยวงกลมสีเขียวอ่อน และฟ้าอ่อน ตามลำดับ มีตำแหน่งที่กระจายไม่เป็นกลุ่ม

ตาราง 16 สัญลักษณ์แผนที่ประชากรต้นไม้ของสวนเบญจกิติ

สัญลักษณ์	ชื่อต้นไม้	สัญลักษณ์	ชื่อต้นไม้	สัญลักษณ์	ชื่อต้นไม้
	กัลปพฤกษ์		มะขาม		ลำดวน
	คอรีเดีย		มะขามเทศ		แคแสด
	กระดังงา		มะม่วง		จำปี
	กระถินณรงค์		มะรุม		จิกทะเล
	กระท้อน		มะฮอกกานีใบใหญ่		ชัยพฤกษ์
	กันเกรา		ยางนา		เชียด
	ขนุน		กระทิง		ชิลเวอร์โอ๊ค
	คูณ		สนฉัตร		นิโครธ
	แคนา		สนประดิพัทธ์		บุญนาคร
	จามจุรี		สะเดา		พุทรา
	ขงโค		สัก		โมกราชินี
	ชมพูพันธุ์ทิพย์		สาเก		ไม้แดง
	ตะแบก		เสลา		ยางอินเดีย
	ตีนเป็ดน้ำ		แสงจันทร์		ละมุด
	ทองกวาว		หลิว		ศรีตรัง
	ไทรย้อย		ห้ว		ศุภโชค
	นนทรี		หางนกยูงไทย		สนหนาม
	ประดู่		หางนกยูงฝรั่ง		สาละลังกา
	ปีบ		หูกระจง		สุพรรณิการ์
	แปรงล้างขวด		เหลืองปรีดียาธร		เสี้ยวดอกขาว
	พญาสัตบรรณ		บุหงาส่าหรี		โสกเหลือง
	พฤษะ		ทองกลางลาย		หลิวทอง
	พิกุล		มะกล่ำต้น		เหลืองอินเดีย
	โพธิ์		มะกอก		อินทนิล
	มะเกลือ		มะขามป้อม		กาลพฤกษ์

2) แผนที่ดัชนีพื้นที่ไ้

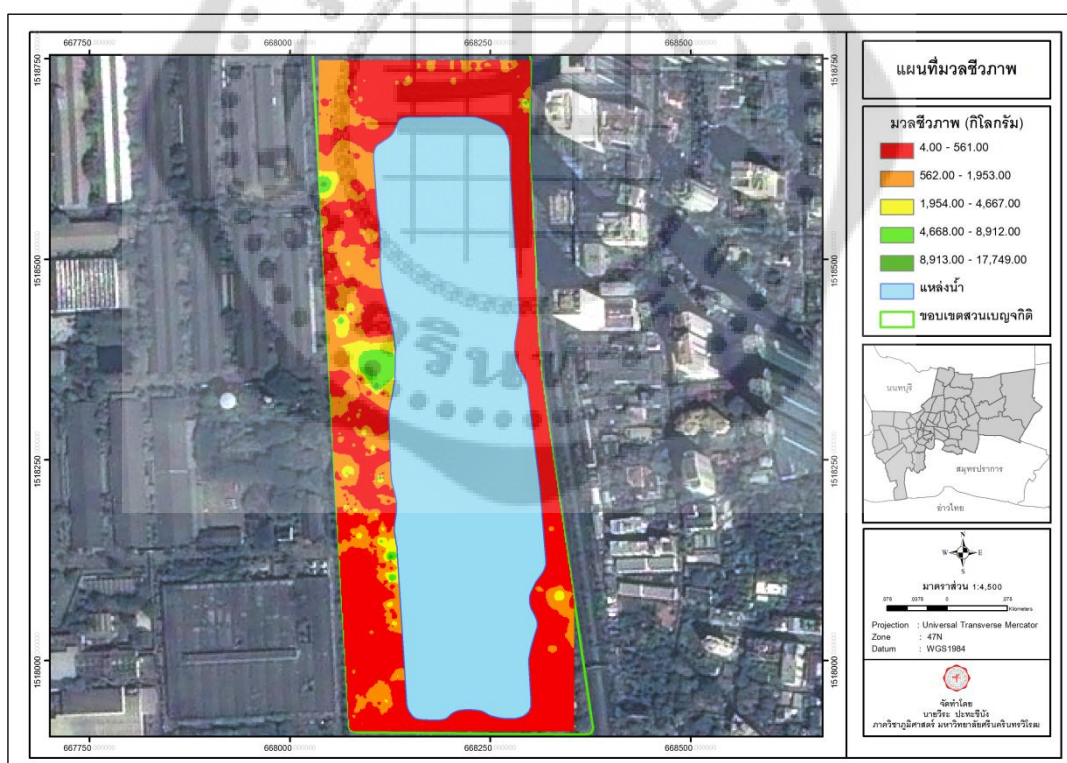
แผนที่ดัชนีพื้นที่ไ้เป็นแผนที่แสดงค่าดัชนีพื้นที่ไ้ต่อพื้นที่ศึกษา โดยค่าดัชนีพื้นที่ไ้ได้จากการหาอัตราส่วนพื้นที่ไ้ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาต่อพื้นที่ศึกษาทั้งหมด โดยสวนเบญจกิติพบดัชนีพื้นที่ไ้เฉลี่ยเท่ากับ 0.61 ต่อตารางเมตร สีเขียวเข้มจะแทนด้วยดัชนีพื้นที่ไ้มากที่สุด สีเขียวอ่อนแทนพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้มากที่สุด สีเหลืองแทนพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้ปานกลาง สีส้มแทนพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้น้อย และสีแดงจะแทนพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้น้อยที่สุด โดยพบว่าพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และพื้นที่ดัชนีพื้นที่ไ้น้อยที่สุด มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 926.13, 2,919.37, 15,882.09, 40,264.25 และ 43,082.33 ตารางเมตร ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 0.45, 1.40, 7.64, 19.36 และ 20.71 ของพื้นที่สวนเบญจกิติทั้งหมด ตามลำดับ โดยพื้นที่ที่มีค่าดัชนีพื้นที่ไ้มากที่สุด จะพบพันธุ์ไม้ยืนต้น เช่น โพธิ์ นนทรี จามจุรี เสลา สนประดิพัทธ์ และ ปับ เป็นต้น แผนที่ดัชนีพื้นที่ไ้ของสวนเบญจกิติ แสดงดังภาพประกอบ 23



ภาพประกอบ 23 แผนที่ดัชนีพื้นที่ไ้ของสวนเบญจกิติ

3) แผนที่มวลชีวภาพ

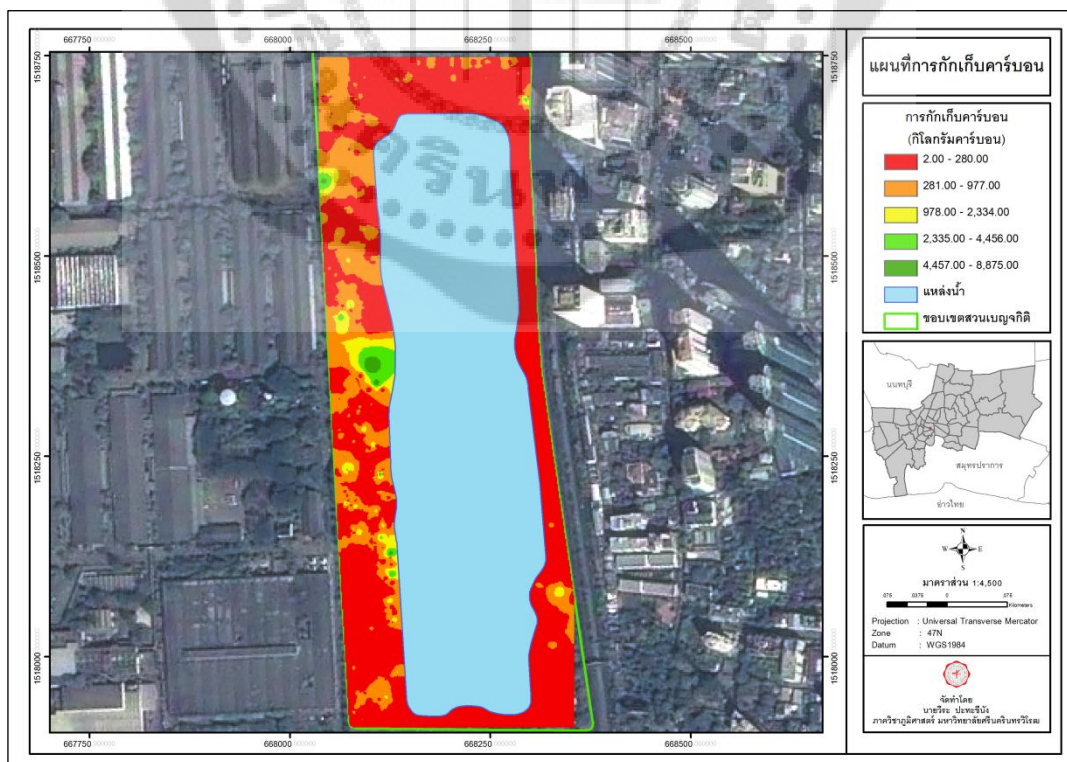
แผนที่มวลชีวภาพเป็นแผนที่แสดงปริมาณมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นในพื้นที่ศึกษา จากการศึกษาพบว่า สวนเบญจกิติมีมวลชีวภาพรวมของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดตั้งแต่ 4.56-140,692.09 กิโลกรัม คิดเป็น 0.00-1.08 ต้นต่อไร่ หรือ 0.00-6.76 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ โดยแผนที่มวลชีวภาพใช้สีเขียวเข้มแทนพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด สีเขียวอ่อนแทนพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพมาก สีเหลืองแทนบริเวณที่มีมวลชีวภาพปานกลาง สีส้มแทนพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพน้อย และสีแดงแทนพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพน้อยที่สุด พบว่าพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 452.71, 1,832.81, 3,555.41, 24,698.18 และ 72,532.98 ตารางเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.22, 0.88, 1.71, 11.87 และ 34.87 ของพื้นที่สวนเบญจกิติทั้งหมด ตามลำดับ โดยพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด จะพบพันธุ์ไม้ยืนต้น ได้แก่ โพธิ์ จามจุรี เสลา ประดู่ และสนประดิพัทธ์ เป็นต้น ส่วนพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพน้อยหรือไม่มี ได้แก่ พื้นที่แหล่งน้ำ และอาคารต่างๆ เป็นต้น รายละเอียดแผนที่มวลชีวภาพของสวนเบญจกิติ แสดงดังภาพประกอบ 24



ภาพประกอบ 24 แผนที่มวลชีวภาพของสวนเบญจกิติ

4) แผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

แผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เป็นแผนที่แสดงปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น จากการศึกษาสวนเบญจกิติ พบว่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินรวมของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีค่าตั้งแต่ 2.28-70,346.05 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็น 0.00-0.54 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือ 0.00-3.38 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ซึ่งแผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ใช้สีเขียวเข้มแทนพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด สีเขียวอ่อนแทนพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมาก เหลืองแทนบริเวณที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินปานกลาง สีส้มแทนพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินน้อย และสีแดงแทนพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนน้อยที่สุด จากการศึกษาสวนเบญจกิติ พบว่าพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด จะมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 452.71, 1,832.81, 3,555.41, 24,698.60 และ 72,532.56 ตารางเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.22, 0.88, 1.71, 11.87 และ 34.87 ของพื้นที่สวนเบญจกิติ ทั้งหมด ตามลำดับ ซึ่งจะพบพันธุ์ไม้ยืนต้น เช่น โพธิ์ จามจุรี ประดู่ และสนประดิพัทธ์ เป็นต้น ส่วนพื้นที่ที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินน้อย หรือไม่มี เช่น พื้นที่แหล่งน้ำ สนาบหญ้า และอาคารสิ่งปลูกสร้างต่างๆ เป็นต้น รายละเอียดแผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนเบญจกิติ แสดงดังภาพประกอบ 25



ภาพประกอบ 25 แผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนเบญจกิติ

2. ผลการศึกษาด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต

การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ ค่ามวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของต้นไม้ในสวนวนิธรเบญจทัศ สวนลุมพินี สวนเบญจกิติ จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต โดยในการประมาณค่านี้ใช้วิธีการกำหนดแปลงตัวอย่างขนาด 15x15 เมตร ได้พื้นที่ขนาด 225 ตารางเมตร เพื่อให้สอดคล้องกับขนาดพิกเซล (Pixel) ของภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ซึ่งมีขนาด 15x15 เมตร ครอบคลุมทั้งพื้นที่ของสวนสาธารณะแต่ละแห่ง ในการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ ค่ามวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของต้นไม้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต โดยแปลงค่าเลขหลัก (DN) เป็นค่าการสะท้อน (Reflectance) ของวัตถุนบนพื้นผิวโลก จากนั้นจึงนำภาพที่ได้มาหาค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ตำแหน่งเดียวกันกับข้อมูลในที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม แล้วนำค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้มาหาความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ที่ได้จากการใช้สมการแอลโลเมตรี และสร้างเป็นสมการความสัมพันธ์ พร้อมทั้งจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล

2.1 สวนวนิธรเบญจทัศ

สวนวนิธรเบญจทัศมีพื้นที่ทั้งหมด 375 ไร่ หรือ 600,000 ตารางเมตร โดยกำหนดแปลงตัวอย่างขนาด 15x15 เมตร ทั้งสวนได้จำนวนแปลงทั้งหมด 2,886 แปลง และได้ทำการสุ่มแปลงตัวอย่างสำหรับศึกษาทั้งหมด 30 แปลง กระจายทั่วทั้งบริเวณสวน ครอบคลุมพื้นที่ 6,750 ตารางเมตร คิดเป็น 4.22 ไร่ หรือ 0.68 เฮกแตร์ หรือคิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 1.13 ของพื้นที่สวนวนิธรเบญจทัศทั้งหมด จากการศึกษาพบค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ปริมาณมวลชีวภาพ (Biomass) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามคำนวณโดยใช้สมการแอลโลเมตรี และค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต รายละเอียดแสดงดังตาราง 17

ตาราง 17 ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จาก
สมการแอลโลเมตรีตามตำแหน่งแปลงตัวอย่าง และค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จาก
ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนวนิชเบญจทัศ

: ขนาดแปลง 225 ตร.ม.

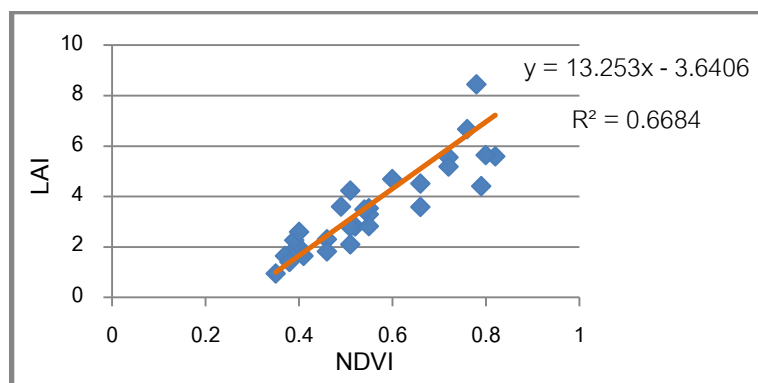
แปลงที่	ตำแหน่งพิกัดแปลง		ดัชนี	ปริมาณ	ปริมาณการกักเก็บ	ดัชนี
	ระบบ UTM		พื้นที่ใบ	มวลชีวภาพ	คาร์บอน	พืชพรรณ
	ตะวันออก	เหนือ	เฉลี่ย	กิโลกรัม	กิโลกรัมคาร์บอน	NDVI
W1	667465	1527673	4.22	1,665.64	832.81	0.51
W2	667600	1527658	5.55	3,714.34	1,857.18	0.72
W3	667855	1527658	2.09	1,613.00	806.94	0.51
W4	667765	1527613	2.80	1,748.45	874.22	0.52
W5	667990	1527613	4.50	2637.80	1318.90	0.66
W6	667585	1527538	5.17	3,723.51	1,861.75	0.72
W7	667720	1527508	2.29	1,180.98	590.49	0.46
W8	667375	1527493	1.97	912.28	456.13	0.40
W9	667510	1527463	13.30	7,833.32	3,916.63	0.82
W10	667915	1527448	0.94	299.33	149.68	0.38
W11	667615	1527433	8.44	5,191.55	2,595.78	0.78
W12	667375	1527373	5.58	8,191.73	4,095.87	0.82
W13	667705	1527358	1.63	956.41	478.21	0.41
W14	667525	1527328	4.40	5,308.75	2,654.37	0.79
W15	667585	1527268	3.52	1,867.60	933.80	0.55
W16	667825	1527253	1.68	662.75	331.38	0.38
W17	667300	1527253	1.63	570.42	285.21	0.37
W18	667465	1527238	3.57	2,663.11	1,331.56	0.66
W19	667690	1527178	4.68	2,352.78	1,176.40	0.60
W20	667360	1527148	2.78	1,598.96	799.48	0.51
W21	667510	1527118	6.66	3,993.13	1,996.57	0.76
W22	667420	1527058	3.28	1,870.50	935.25	0.55
W23	667555	1526998	2.26	806.59	403.31	0.39

ตาราง 17 (ต่อ)

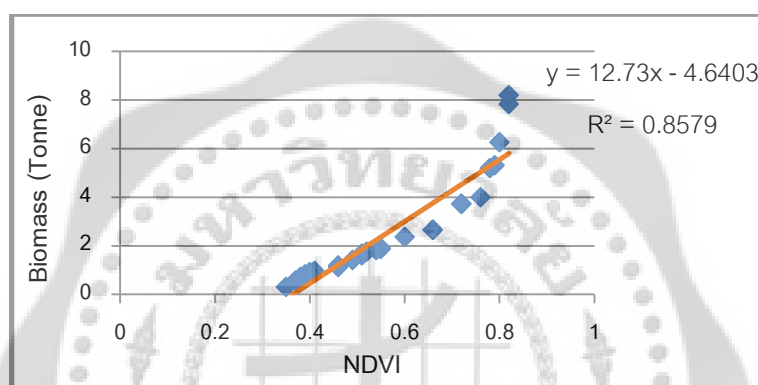
แปลงที่	ตำแหน่งพิกัดแปลง		ดัชนี	ปริมาณ	ปริมาณการกักเก็บ	ดัชนี
	ระบบ UTM		พื้นที่ใบ	มวลชีวภาพ	คาร์บอน	พืชพรรณ
	ตะวันออก	เหนือ	เฉลี่ย	กิโลกรัม	กิโลกรัมคาร์บอน	NDVI
W24	668035	1527943	1.39	714.61	357.31	0.38
W25	667690	1527928	2.81	1,909.83	954.91	0.55
W26	667960	1527823	3.59	1,412.89	706.44	0.49
W27	667405	1527808	5.63	6,248.44	3,124.23	0.80
W28	667735	1527778	3.47	1,808.28	904.15	0.54
W29	667555	1527763	1.81	1,124.96	562.49	0.46
W30	667930	1527718	2.58	851.43	425.72	0.40

2.1.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS)

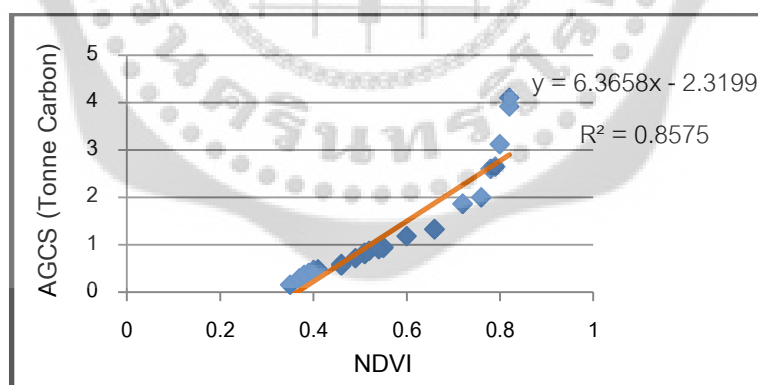
นำค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต จากตาราง 17 มาทำ Scatter plot เพื่อดูความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ที่ได้จากการใช้สมการแอลโลเมตรีจากตาราง 17 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยเส้นตรง (Linear regression analysis) โดยกำหนดให้ค่า ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เป็นตัวแปรตาม (y) และค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็นตัวแปรอิสระ (x) เพื่อดูความสัมพันธ์กันของข้อมูล ดังภาพประกอบ 26



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพประกอบ 26 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) (ข) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ มวลชีวภาพ (Biomass) และ (ค) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนวนิชเบญจทัศ

จากภาพประกอบ 26 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ ดัชนีพื้นที่ใบ ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับมวลชีวภาพ และดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ของสวนวชิรเบญจทัศ จากผลการวิเคราะห์สมการถดถอยเส้นตรง แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เป็นไปในทิศทางที่เป็นบวก หมายความว่า เมื่อดัชนีพืชพรรณ NDVI (ตัวแปรอิสระ) มีค่าเพิ่มขึ้น ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตัวแปรตาม) จะเพิ่มตามด้วย ซึ่งสมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับค่า ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนวชิรเบญจทัศ แสดงดังตาราง 18

ตาราง 18 สมการความสัมพันธ์ที่ได้อยู่ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนวชิรเบญจทัศ

ตัวแปรอิสระ (x)	ตัวแปรตาม (y)	สมการความสัมพันธ์	ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2)
NDVI	LAI	$y = 13.253x - 3.6406$	$R^2 = 0.6684$
NDVI	Biomass	$y = 12.73x - 4.6403$	$R^2 = 0.8579$
NDVI	AGCS	$y = 6.3658x - 2.3199$	$R^2 = 0.8575$

การหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) โดยกำหนดให้ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็นตัวแปรอิสระ (x) และดัชนีพื้นที่ใบ เป็นตัวแปรตาม (y) ในรูปแบบสมการถดถอยเส้นตรง มีรูปแบบสมการคือ $y = 13.253x - 3.6406$ มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2) = 0.6684 นำดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ที่ได้ โดยการตั้งสมมติฐานอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ดังต่อไปนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ LAI (y) ไม่มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ LAI (y) มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

ผลการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยตัวทดสอบสถิติแบบ F ได้ผลดัง ตาราง 19 โดยให้ค่าตัวทดสอบสถิติ $F = 50.41$ หมายความว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ $CR : F \geq F_{0.05} (1, 58) = 4.01$ ซึ่งค่า F จากการทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่าค่าในช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 หมายความว่าดัชนีพืชพรรณ NDVI (x) สามารถอธิบายความผันแปรของดัชนีพื้นที่ใบ (y) ได้

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ของสวนวนิชโรเบญจทัศ

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	157.98	1	157.98	50.41
Within Groups	181.75	58	3.13	
Total	339.73	59		

หมายเหตุ : $F_{0.05}(1,58) = 4.01$

การหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับมวลชีวภาพ (Biomass) โดยกำหนดให้ดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็นตัวแปรอิสระ (x) และมวลชีวภาพ เป็นตัวแปรตาม (y) ในรูปแบบสมการถดถอยเส้นตรง มีรูปแบบสมการคือ $y = 12.73x - 4.6403$ มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2) = 0.8579 นำดัชนีพืชพรรณ NDVI กับมวลชีวภาพ มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ที่ได้ โดยการตั้งสมมติฐานอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ดังต่อไปนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ Biomass (y) ไม่มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ Biomass (y) มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

ผลการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยตัวทดสอบสถิติแบบ F ได้ผลดังตาราง 20 โดยให้ค่าตัวทดสอบสถิติ $F = 25.33$ หมายความว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ $CR : F \geq F_{0.05} (1, 58) = 4.01$ ซึ่งค่า F จากการทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่าค่าในช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 หมายความว่าดัชนีพืชพรรณ NDVI (x) สามารถอธิบายความผันแปรของมวลชีวภาพ (y) ได้

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์
ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และมวลชีวภาพ (Biomass) ของสวนวนิชเบญจทัศ

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	57.13	1	57.13	25.33
Within Groups	130.84	58	2.25	
Total	187.97	59		

หมายเหตุ : $F_{0.05}(1,58) = 4.01$

การหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) โดยกำหนดให้ดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็นตัวแปรอิสระ (x) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) เป็นตัวแปรตาม (y) ในรูปแบบสมการถดถอยเส้นตรง มีรูปแบบสมการคือ $y = 6.3658x - 2.3199$ มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2) = 0.8575 นำดัชนีพืชพรรณ NDVI กับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ที่ได้ โดยการตั้งสมมติฐานอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ดังต่อไปนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ AGCS (y) ไม่มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ AGCS (y) มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

ผลการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยตัวทดสอบสถิติแบบ F ได้ผลดังตาราง 21 โดยให้ค่าตัวทดสอบสถิติ $F = 12.66$ หมายความว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ $CR : F \geq F_{0.05}(1, 58) = 4.01$ ซึ่งค่า F จากการทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่าค่าในช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 หมายความว่าดัชนีพืชพรรณ NDVI (x) สามารถอธิบายความผันแปรของการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (y) ได้

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนวนรเบญจทัศ

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	7.259282	1	7.259282	12.66
Within Groups	33.25422	58	0.573349	
Total	40.51	59		

หมายเหตุ : $F_{0.05(1,58)} = 4.01$

2.1.2 การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนวนรเบญจทัศจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต

การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต โดยนำสมการเส้นตรงที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ดังนี้

1) การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) จากสมการ

$$y = 13.253x - 3.6406 \quad R^2 = 0.6684$$

เมื่อกำหนดให้ x คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
 y คือค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)

2) การประมาณค่ามวลชีวภาพ (Biomass) จากสมการ

$$y = 12.73x - 4.6403 \quad R^2 = 0.8579$$

เมื่อกำหนดให้ x คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
 y คือค่ามวลชีวภาพ (Biomass) (กิโลกรัม)

3) การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากสมการ

$$y = 6.3658x - 2.3199 \quad R^2 = 0.8575$$

เมื่อกำหนดให้	x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จาก ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
	y	คือการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) (กิโลกรัมคาร์บอน)

ดัชนีพื้นที่ใบ ปริมาณมวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ของสวน
วชิรเบญจทัศจากการประมาณค่า จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต โดยพบค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ
3.82 ปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมดเท่ากับ 75,800.70 กิโลกรัม คิดเป็น 17.96 ตันต่อไร่ หรือ 111.47 ตัน
ต่อเฮกแตร์ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 37,921.36 กิโลกรัมคาร์บอน
คิดเป็น 8.99 ตันต่อไร่ หรือ 55.77 ตันต่อเฮกแตร์ รายละเอียดแสดงดังตาราง 22

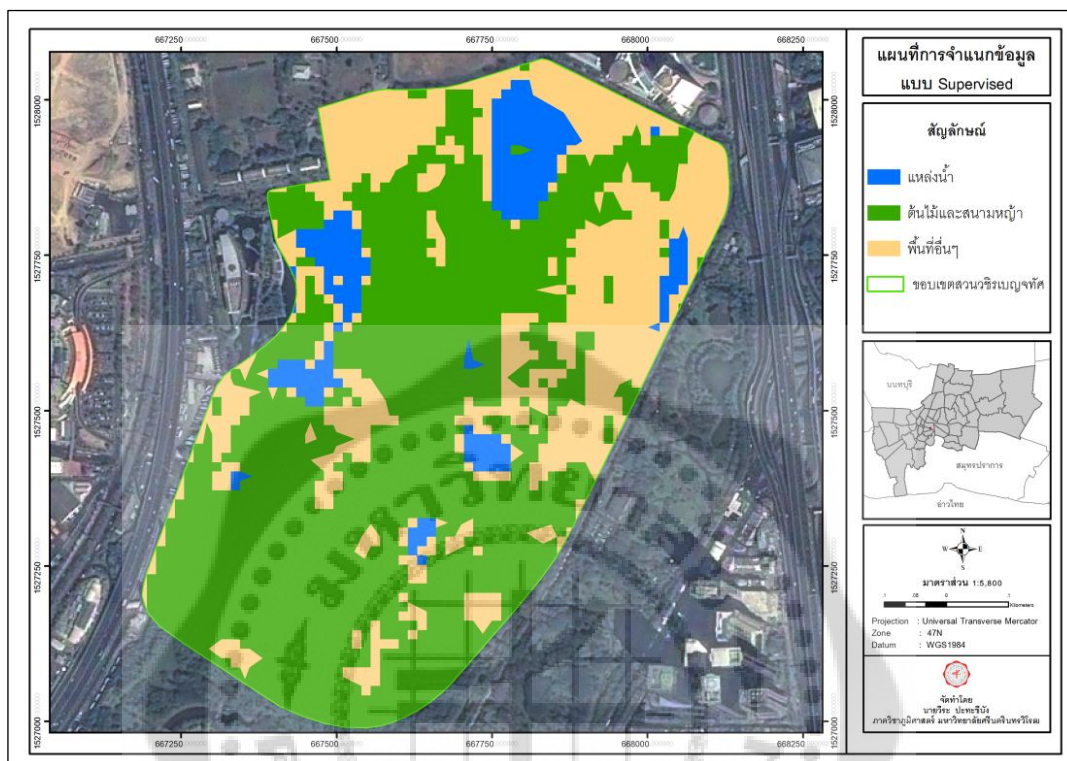
ตาราง 22 การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ค่ามวลชีวภาพ (Biomass) และค่าการกักเก็บคาร์บอน
เหนือพื้นดิน (AGCS) จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนวชิรเบญจทัศ

ข้อมูลที่ศึกษา	LAI เฉลี่ย	มวลรวม (กิโลกรัม)	ตันต่อไร่	ตันต่อเฮกแตร์
LAI	3.82			
Biomass		75,800.70	17.96	111.47
AGCS (กิโลกรัมคาร์บอน)		37,921.36	8.99	55.77

2.1.3 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต สวนวชิรเบญจทัศ

การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้วิธีการจำแนกแบบ
กำกับดูแล (Supervised Classification) เป็นวิธีหลักในการจำแนกข้อมูลภาพ และใช้วิธีการจำแนก
ภาพด้วยสายตาเป็นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากที่สุด โดยการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised
Classification) ใช้สถิติในการจัดชั้นแบบ Maximum Likelihood ซึ่งได้กำหนดชนิดของพื้นที่ที่จะเป็น
ตัวแทน 3 ชนิด (Class) ได้แก่ พื้นที่ต้นไม้และสนามหญ้า แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ ผลการจำแนกพบ
พื้นที่สนามหญ้าและต้นไม้ แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ เท่ากับ 373,030.71, 50,155.90 และ 176,811.00

ตารางเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 62.17, 8.36 และ 29.47 ของพื้นที่สวนวนวิธเบญจทัศ ซึ่งแสดงเป็นแผนที่ในการจำแนกได้ดังภาพประกอบ 27



ภาพประกอบ 27 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนวนวิธเบญจทัศ

2.2 สวนลุมพินี

สวนลุมพินีมีพื้นที่ทั้งหมด 360 ไร่ หรือ 576,000 ตารางเมตร โดยกำหนดแปลงตัวอย่างขนาด 15x15 เมตร ทั้งสวนได้จำนวนแปลงทั้งหมด 2,614 แปลง และได้ทำการสุ่มแปลงตัวอย่างสำหรับศึกษาทั้งหมด 30 แปลง ทั้งทั้งบริเวณสวน ครอบคลุมพื้นที่ 6,750 ตารางเมตร คิดเป็น 4.22 ไร่ หรือ 0.68 เฮกเตอร์ หรือคิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 1.17 ของพื้นที่สวนลุมพินีทั้งหมด จากการศึกษาพบค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ปริมาณมวลชีวภาพ (Biomass) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามคำนวณโดยใช้สมการแอลโลเมตรี และค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต รายละเอียดแสดงดังตาราง 23

ตาราง 23 ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จาก
สมการแอลโลเมตรีตามตำแหน่งแปลงตัวอย่าง และค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพ
ดาวเทียมไทยโชตของสวนลุมพินี

: ขนาดแปลง 225 ตร.ม.

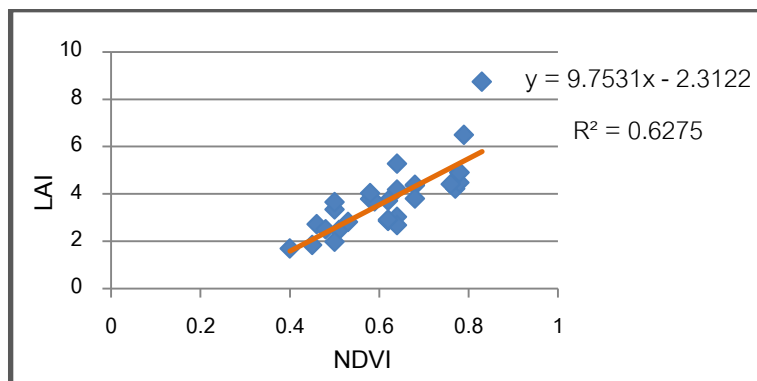
แปลงที่	ตำแหน่งพิกัดแปลง		ดัชนี	ปริมาณ	ปริมาณการกักเก็บ	ดัชนี
	ระบบ UTM		พื้นที่ใบ	มวลชีวภาพ	คาร์บอน	พืชพรรณ
	ตะวันออก	เหนือ	เฉลี่ย	กิโลกรัม	กิโลกรัมคาร์บอน	NDVI
L1	666303	1518471	2.47	1764.51	882.25	0.51
L2	666603	1518471	2.89	2411.12	1205.56	0.62
L3	666528	1518456	3.03	2835.46	1417.73	0.64
L4	666093	1518441	3.78	2225.43	1112.73	0.58
L5	666213	1518411	2.85	2411.11	1205.55	0.62
L6	666408	1518381	4.22	4298.10	2149.05	0.77
L7	666498	1518366	2.81	2006.51	1003.25	0.53
L8	666648	1518351	5.27	2927.81	1463.91	0.64
L9	666258	1518336	3.34	1652.32	826.16	0.50
L10	666453	1518276	2.67	2852.91	1426.46	0.64
L11	666333	1518246	3.70	2410.39	1205.20	0.62
L12	666678	1518216	4.9	5169.30	2584.65	0.78
L13	666408	1518156	6.48	5608.85	2804.43	0.79
L14	666588	1518111	3.64	1659.14	829.57	0.50
L15	666618	1518021	4.35	3027.89	1513.95	0.68
L16	666078	1518831	2.90	2570.39	1285.20	0.62
L17	666213	1518831	1.68	721.04	360.53	0.40
L18	666333	1518771	8.73	9490.73	4745.36	0.83
L19	666018	1518711	4.37	3035.62	1517.81	0.68
L20	666168	1518681	4.47	4807.24	2403.61	0.78
L21	666423	1518681	3.67	2349.38	1174.69	0.59
L22	666003	1518651	4.17	2800.62	1400.32	0.64
L23	666348	1518621	2.71	1251.79	625.90	0.46

ตาราง 23 (ต่อ)

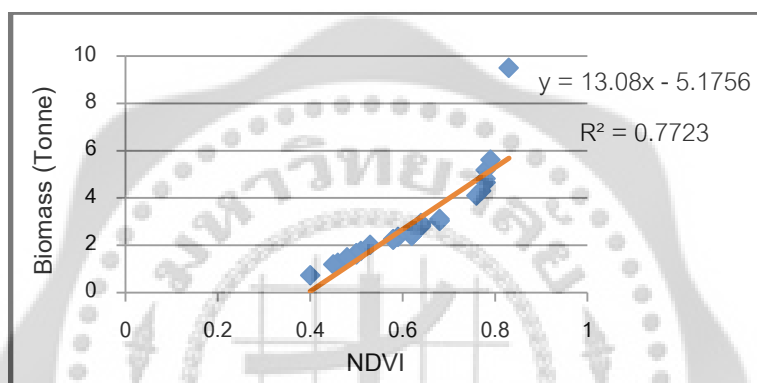
แปลงที่	ตำแหน่งพิกัดแปลง		ดัชนี	ปริมาณ	ปริมาณการกักเก็บ	ดัชนี
	ระบบ UTM		พื้นที่ใบ	มวลชีวภาพ	คาร์บอน	พืชพรรณ
	ตะวันออก	เหนือ	เฉลี่ย	กิโลกรัม	กิโลกรัมคาร์บอน	NDVI
L24	666753	1518621	1.97	1600.90	800.45	0.50
L25	666483	1518591	4.03	2248.08	1124.03	0.58
L26	666633	1518561	3.80	3106.38	1553.18	0.68
L27	666033	1518546	1.84	1194.17	597.08	0.45
L28	666423	1518516	4.89	4652.67	2326.33	0.78
L29	666723	1518486	4.40	4103.68	2051.83	0.76
L30	665973	1518486	2.50	1476.14	738.06	0.48

2.2.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS)

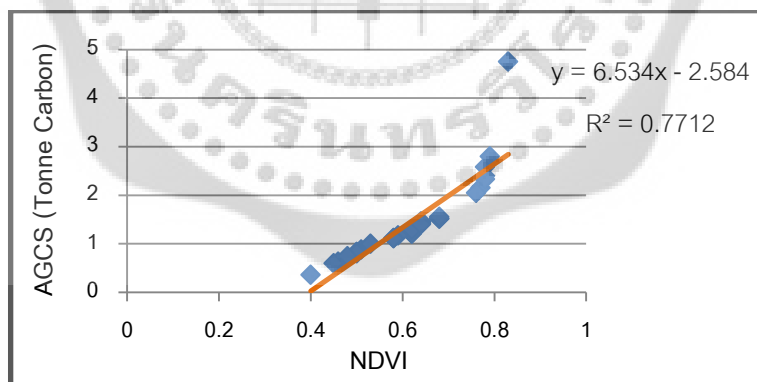
นำค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต จากตาราง 23 มาทำ Scatter plot เพื่อดูความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากการใช้สมการแอลโลเมตรีจากตาราง 23 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยเส้นตรง (Linear regression analysis) โดยกำหนดให้ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเป็นตัวแปรตาม (y) และดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็นตัวแปรอิสระ (x) เพื่อดูความสัมพันธ์กันของข้อมูล ดังภาพประกอบ 28



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพประกอบ 28 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) (ข) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ มวลชีวภาพ (Biomass) และ (ค) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนลุมพินี

จากภาพประกอบ 28 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับมวลชีวภาพ และดัชนีพืชพรรณ NDVI กับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนลุมพินี จากผลการวิเคราะห์สมการถดถอยเส้นตรง แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเป็นไปในทิศทางที่เป็นบวก หมายความว่า เมื่อดัชนีพืชพรรณ NDVI (ตัวแปรอิสระ) มีค่าเพิ่มขึ้น ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตัวแปรตาม) จะเพิ่มตามด้วย สมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนลุมพินี แสดงดังตาราง 24

ตาราง 24 สมการความสัมพันธ์ที่ได้ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนลุมพินี

ตัวแปรอิสระ (x)	ตัวแปรตาม (y)	สมการความสัมพันธ์	ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2)
NDVI	LAI	$y = 9.7531x - 2.3122$	$R^2 = 0.6275$
NDVI	Biomass	$y = 13.08x - 5.1756$	$R^2 = 0.7723$
NDVI	AGCS	$y = 6.534x - 2.584$	$R^2 = 0.7712$

การหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) โดยกำหนดให้ดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็นตัวแปรอิสระ (x) และดัชนีพื้นที่ใบ เป็นตัวแปรตาม (y) ในรูปแบบสมการถดถอยเส้นตรง มีรูปแบบสมการ $y = 9.7531x - 2.3122$ มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2) = 0.6275 นำดัชนีพืชพรรณ NDVI กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ที่ได้ โดยการตั้งสมมติฐานอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ดังต่อไปนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ LAI (y) ไม่มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ LAI (y) มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

ผลการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยตัวทดสอบสถิติแบบ F ได้ผลดังตาราง 25 โดยให้ค่าตัวทดสอบสถิติ $F = 141.62$ หมายความว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ CR : $F \geq F_{0.05}(1, 58) = 4.01$ ซึ่งค่า F จากการทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่าค่าในช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 หมายความว่าดัชนีพืชพรรณ NDVI (x) สามารถอธิบายความผันแปรของดัชนีพื้นที่ใบ (y) ได้

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ของสวนลุมพินี

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	146.89	1	146.89	141.62
Within Groups	60.15	58	1.03	
Total	207.04	59		

หมายเหตุ : $F_{0.05}(1,58) = 4.01$

การหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับมวลชีวภาพ (Biomass) โดยกำหนดให้ดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็นตัวแปรอิสระ (x) และมวลชีวภาพเป็นตัวแปรตาม (y) ในรูปแบบสมการถดถอยเส้นตรง มีรูปแบบสมการคือ $y = 13.08x - 5.1756$ มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2) = 0.7723 นำดัชนีพืชพรรณ NDVI กับมวลชีวภาพมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ที่ได้ โดยการตั้งสมมติฐานอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ดังต่อไปนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ Biomass (y) ไม่มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ Biomass (y) มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

ผลการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยตัวทดสอบสถิติแบบ F ได้ผลดังตาราง 26 โดยให้ค่าตัวทดสอบสถิติ $F = 54.03$ หมายความว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ CR : $F \geq F_{0.05}(1, 58) = 4.01$ ซึ่งค่า F จากการทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่าค่าในช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 หมายความว่าดัชนีพืชพรรณ NDVI (x) สามารถอธิบายความผันแปรของมวลชีวภาพ (y) ได้

ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และมวลชีวภาพ (Biomass) ของสวนลุมพินี

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	81.73668	1	81.73668	54.03
Within Groups	87.73374	58	1.512651	
Total	169.4704	59		

หมายเหตุ : $F_{0.05(1,58)} = 4.01$

การหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) โดยกำหนดให้ดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็นตัวแปรอิสระ (x) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเป็นตัวแปรตาม (y) ในรูปแบบสมการถดถอยเส้นตรง มีรูปแบบสมการคือ $y = 6.534x - 2.584$ มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2) = 0.7712 นำดัชนีพืชพรรณ NDVI กับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ที่ได้ โดยการตั้งสมมติฐานอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ดังต่อไปนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ AGCS (y) ไม่มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ AGCS (y) มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

ผลการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยตัวทดสอบสถิติแบบ F ได้ผลดังตาราง 27 โดยให้ค่าตัวทดสอบสถิติ $F = 28.71$ หมายความว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ CR : $F \geq F_{0.05} (1, 58) = 4.01$ ซึ่งค่า F จากการทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่าค่าในช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 หมายความว่าดัชนีพืชพรรณ NDVI (x) สามารถอธิบายความผันแปรของการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (y) ได้

ตาราง 27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนลุมพินี

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	10.99	1	10.9996	28.71
Within Groups	22.21	58	0.383043	
Total	33.20	59		

หมายเหตุ : $F_{0.05(1,58)} = 4.01$

2.2.2 การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนลุมพินีจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต

การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต โดยนำสมการเส้นตรงที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ดังนี้

1) การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) จากสมการ

$$y = 9.7531x - 2.3122 \quad R^2 = 0.6275$$

เมื่อกำหนดให้ x คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จาก
ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
y คือค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)

2) การประมาณค่ามวลชีวภาพ (Biomass) จากสมการ

$$y = 13.08x - 5.1756 \quad R^2 = 0.7723$$

เมื่อกำหนดให้ x คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จาก
ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
y คือมวลชีวภาพ (Biomass) (กิโลกรัม)

3) การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากสมการ

$$y = 6.534x - 2.584$$

$$R^2 = 0.7712$$

เมื่อกำหนดให้	x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จาก ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
	y	คือการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) (กิโลกรัมคาร์บอน)

ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ของสวนลุมพินีจากการประมาณค่า จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต โดยพบค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 3.75 ปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมดเท่ากับ 88,674.00 กิโลกรัม คิดเป็น 21.01 ตันต่อไร่ หรือ 130.40 ตันต่อเฮกแตร์ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้งหมด เท่ากับ 44,339.10 กิโลกรัมคาร์บอน หรือคิดเป็น 10.51 ตันต่อไร่ หรือ 65.20 ตันต่อเฮกแตร์ รายละเอียดแสดงดังตาราง 28

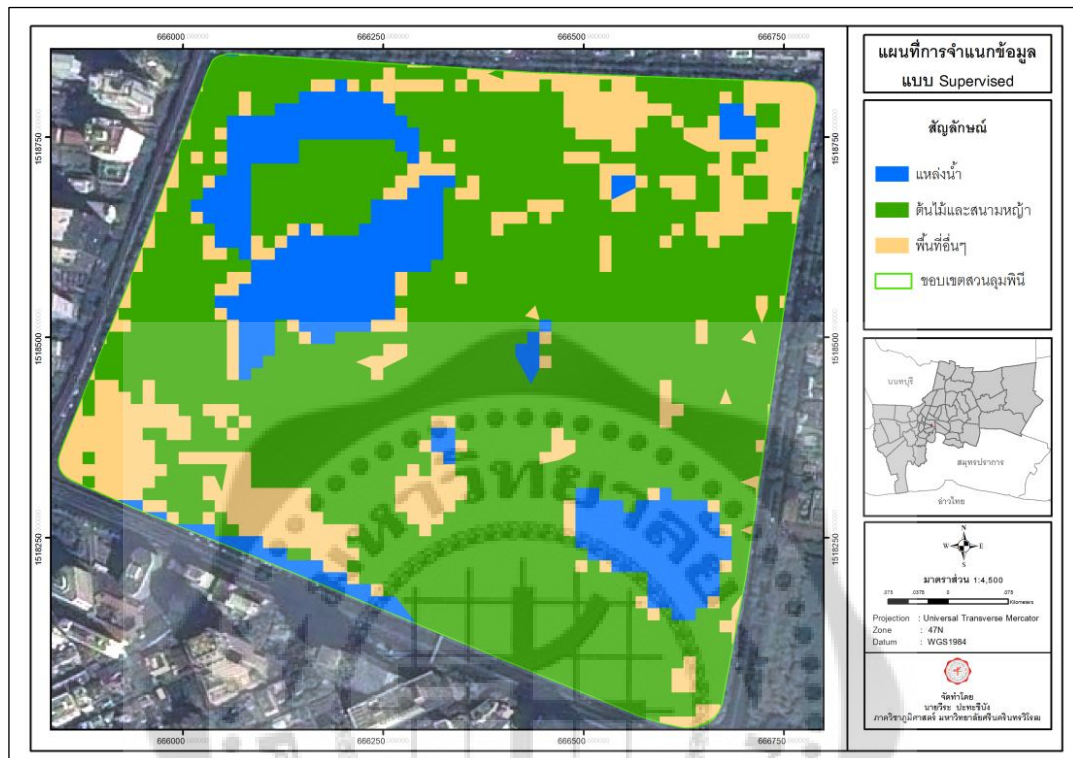
ตาราง 28 การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ค่ามวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนลุมพินี

ข้อมูลที่ศึกษา	LAI เฉลี่ย	มวลรวม (กิโลกรัม)	ตันต่อไร่	ตันต่อเฮกแตร์
LAI	3.75			
Biomass		88,674.00	21.01	130.40
AGCS (กิโลกรัมคาร์บอน)		44,339.10	10.51	65.20

2.2.3 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนลุมพินี

การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ในการศึกษาครั้งนี้ใช้การจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) เป็นวิธีหลักในการจำแนกข้อมูลภาพ และใช้วิธีการจำแนกภาพด้วยสายตาเป็นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากที่สุด โดยการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ใช้สถิติในการจัดชั้นแบบ Maximum Likelihood ซึ่งได้กำหนดชนิดของพื้นที่ที่จะเป็นตัวแทน 3 ชนิด (Class) ได้แก่ พื้นที่ต้นไม้และสนามหญ้า แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ ผลการจำแนกพบพื้นที่สนามหญ้าและต้นไม้ แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ เท่ากับ 422,580.4, 106,187.51 และ 47,195.87

ตารางเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 73.36, 18.44 และ 8.19 ของพื้นที่สวนลุมพินี ซึ่งแสดงเป็นแผนที่ในการจำแนกได้ดังภาพประกอบ 29



ภาพประกอบ 29 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนลุมพินี

2.3 สวนเบญจกิติ

สวนเบญจกิติมีพื้นที่ทั้งหมด 130 ไร่ หรือ 208,000 ตารางเมตร โดยกำหนดแปลงตัวอย่างขนาด 15x15 เมตร ทั้งสวนได้จำนวนแปลงทั้งหมด 1,130 แปลง และได้ทำการสุ่มแปลงตัวอย่างสำหรับศึกษาทั้งหมด 20 แปลง ทัวทั้งบริเวณสวนครอบคลุมพื้นที่ 4,500 ตารางเมตร (คิดเป็น 2.81 ไร่ หรือ 0.45 เฮกเตอร์) หรือคิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 2.16 ของพื้นที่สวนเบญจกิติ จากการศึกษาพบค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ปริมาณมวลชีวภาพ (Biomass) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามคำนวณโดยใช้สมการแอลโลเมตรี และค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต รายละเอียดแสดงดังตาราง 29

ตาราง 29 ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จาก
สมการแอลโลเมตรีตามตำแหน่งแปลงตัวอย่าง และค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพ
ดาวเทียมไทยโชตของสวนเบญจกิติ

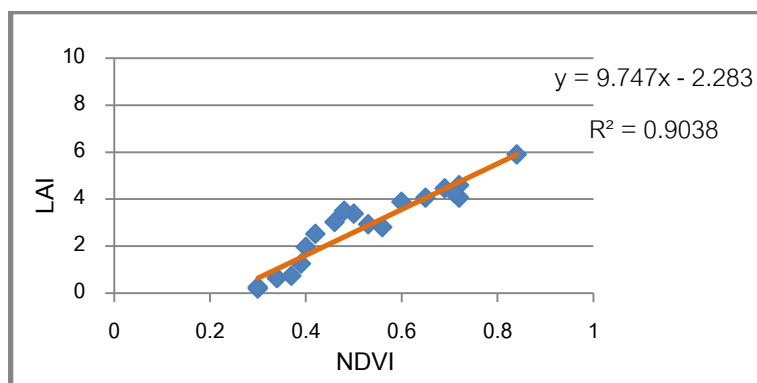
: ขนาดแปลง 225 ตร.ม.

แปลงที่	ตำแหน่งพิกัดแปลง		ดัชนี	ปริมาณ	ปริมาณการกักเก็บ	ดัชนี
	ระบบ UTM		พื้นที่ใบ	มวลชีวภาพ	คาร์บอน	พืชพรรณ
	ตะวันออก	เหนือ	เฉลี่ย	กิโลกรัม	กิโลกรัมคาร์บอน	NDVI
B1	668066	1518335	3.88	2514.11	1257.07	0.60
B2	668096	1518305	3.38	1794.48	897.24	0.50
B3	668306	1518290	0.64	184.91	92.45	0.35
B4	668111	1518200	4.59	3861.21	1930.61	0.72
B5	668336	1518185	0.63	180.74	90.37	0.35
B6	668066	1518155	2.8	2330.32	1165.16	0.56
B7	668111	1518080	3.5	1584.53	792.27	0.48
B8	668336	1518050	3.02	1493.75	746.88	0.46
B9	668081	1518005	2.51	1267.71	633.84	0.42
B10	668126	1517945	4.06	3939.61	1969.79	0.72
B11	668276	1517915	0.19	37.51	18.76	0.36
B12	668186	1517915	1.25	681.54	340.77	0.39
B13	668186	1518740	1.95	1122.17	561.09	0.40
B14	668291	1518695	5.89	10181.22	5090.62	0.84
B15	668036	1518680	4.45	3593.98	1797	0.69
B16	668096	1518665	4.24	3826.49	1913.24	0.71
B17	668081	1518575	2.92	2232.67	1116.34	0.53
B18	668291	1518515	0.73	243.71	121.85	0.37
B19	668066	1518470	4.05	3304.91	1652.46	0.65
B20	668291	1518425	0.25	52.48	26.24	0.35

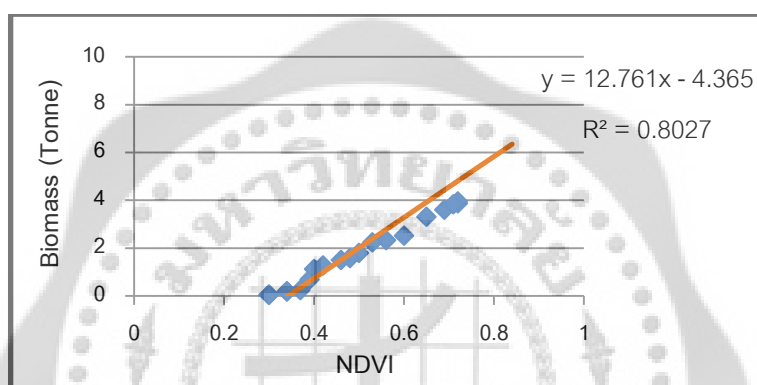
2.3.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS)

นำดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต จากตาราง 29 มาทำ Scatter plot เพื่อดูความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ที่ได้จากการใช้สมการแอลโลเมตรีจากตาราง 29 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยเส้นตรง (Linear Regression analysis) โดยกำหนดให้ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เป็นตัวแปรตาม และดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็นตัวแปรอิสระ เพื่อดูความสัมพันธ์กันของข้อมูล ดังภาพประกอบ 30

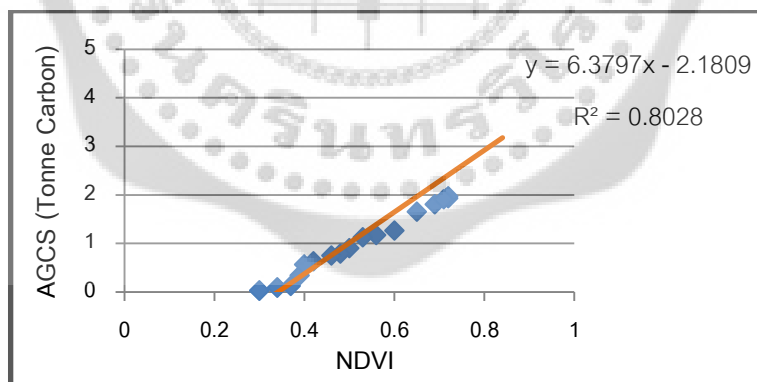




(ก)



(ข)



(ค)

ภาพประกอบ 30 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) (ข) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ มวลชีวภาพ (Biomass) และ (ค) ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนเบญจกิติ

จากภาพประกอบ 30 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ ดัชนีพืชพรรณ NDVI กับมวลชีวภาพ และดัชนีพืชพรรณ NDVI กับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนเบญจกิติ จากผลการวิเคราะห์สมการถดถอยเส้นตรง แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเป็นไปในทิศทางที่เป็นบวก หมายความว่า เมื่อดัชนีพืชพรรณ NDVI (ตัวแปรอิสระ) มีค่าเพิ่มขึ้น ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตัวแปรตาม) จะเพิ่มตามด้วย สมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนเบญจกิติแสดงดังตาราง 30

ตาราง 30 สมการความสัมพันธ์ที่ได้อยู่ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนเบญจกิติ

ตัวแปรอิสระ (x)	ตัวแปรตาม (y)	สมการความสัมพันธ์	ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2)
NDVI	LAI	$y = 9.747x - 2.283$	$R^2 = 0.9038$
NDVI	Biomass	$y = 12.761x - 4.365$	$R^2 = 0.8027$
NDVI	AGCS	$y = 6.3797x - 2.1809$	$R^2 = 0.8028$

การหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) โดยกำหนดให้ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็นตัวแปรอิสระ (x) และดัชนีพื้นที่ใบ เป็นตัวแปรตาม (y) ในรูปแบบสมการถดถอยเส้นตรง มีรูปแบบสมการ $y = 9.747x - 2.283$ มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2) = 0.9038 นำดัชนีพืชพรรณ NDVI กับค่า LAI มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ที่ได้ โดยการตั้งสมมติฐานอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ดังต่อไปนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ LAI (y) ไม่มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ LAI (y) มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

ผลการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยตัวทดสอบสถิติแบบ F ได้ผลดังตาราง 31 โดยให้ค่าตัวทดสอบสถิติ $F = 35.41$ หมายความว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ CR : $F \geq F_{0.05}(1, 38) = 4.10$ ซึ่งค่า F จากการทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่าค่าในช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 หมายความว่าดัชนีพืชพรรณ NDVI (x) สามารถอธิบายความผันแปรของดัชนีพื้นที่ใบ (y) ได้

ตาราง 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ของสวนเบญจกิติ

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	49.7513	1	49.7513	35.41
Within Groups	53.38294	38	1.404814	
Total	103.1342	39		

หมายเหตุ : $F_{0.05}(1,38) = 4.10$

การหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับมวลชีวภาพ (Biomass) โดยกำหนดให้ดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็นตัวแปรอิสระ (x) และมวลชีวภาพ เป็นตัวแปรตาม (y) ในรูปแบบสมการถดถอยเส้นตรง มีรูปแบบสมการคือ $y = 12.761x - 4.365$ มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2) = 0.8027 นำดัชนีพืชพรรณ NDVI กับมวลชีวภาพ มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาค่าความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ที่ได้ โดยการตั้งสมมติฐานอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังต่อไปนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ Biomass (y) ไม่มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ Biomass (y) มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

ผลการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยตัวทดสอบสถิติแบบ F ได้ผลดังตาราง 32 โดยให้ค่าตัวทดสอบสถิติ $F = 10.75$ หมายความว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ CR : $F \geq F_{0.05}(1, 38) = 4.10$ ซึ่งค่า F จากการทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่าค่าในช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 หมายความว่าดัชนีพืชพรรณ NDVI (x) สามารถอธิบายความผันแปรของมวลชีวภาพ (y) ได้

ตาราง 32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์
ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และมวลชีวภาพ (Biomass) ของสวนเบญจกิติ

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	29.01912	1	29.01912	10.75
Within Groups	102.5608	38	2.698968	
Total	131.5799	39		

หมายเหตุ : $F_{0.05}(1,38) = 4.10$

การหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) โดยกำหนดให้ดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็นตัวแปรอิสระ (x) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเป็นตัวแปรตาม (y) ในรูปแบบสมการถดถอยเส้นตรง มีรูปแบบสมการคือ $y = 6.3797x - 2.1809$ มีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกำหนด (R^2) = 0.8028 นำดัชนีพืชพรรณ NDVI กับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ที่ โดยการตั้งสมมติฐานอย่างง่ายจากตัวทดสอบสถิติแบบ F ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ดังต่อไปนี้

$H_0 : \beta_1 = 0$ คือ AGCS (y) ไม่มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

$H_1 : \beta_1 \neq 0$ คือ AGCS (y) มีความสัมพันธ์กับ NDVI (x) ในรูปแบบสมการเส้นตรง

ผลการทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยตัวทดสอบสถิติแบบ F ได้ผลดังตาราง 33 โดยให้ค่าตัวทดสอบสถิติ $F = 5.17$ หมายความว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha = 0.05$) มีช่วงวิกฤติ CR : $F \geq F_{0.05}(1, 38) = 4.10$ ซึ่งค่า F จากการทดสอบมีค่าทางสถิติมากกว่าค่าในช่วงวิกฤติ ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 หมายความว่าดัชนีพืชพรรณ NDVI (x) สามารถอธิบายความผันแปรของการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (y) ได้

ตาราง 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อหาความมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนเบญจกิติ

Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F
Between Groups	3.54025	1	3.54025	5.17
Within Groups	26.00666	38	0.684386	
Total	29.54691	39		

หมายเหตุ : $F_{0.05(1,38)} = 4.10$

2.3.2 การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนเบญจกิติจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต

การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต โดยนำสมการเส้นตรงที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ NDVI กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ดังนี้

1) การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) จากสมการ

$$y = 9.747x - 2.283 \quad R^2 = 0.9038$$

เมื่อกำหนดให้

x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
y	คือค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)

2) การประมาณค่ามวลชีวภาพ (Biomass) จากสมการ

$$y = 12.761x - 4.365 \quad R^2 = 0.8027$$

เมื่อกำหนดให้

x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
y	คือมวลชีวภาพ (Biomass) (กิโลกรัม)

3) การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากสมการ

$$y = 6.3797x - 2.1809 \quad R^2 = 0.8028$$

เมื่อกำหนดให้	x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จาก ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
	y	คือการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) (กิโลกรัมคาร์บอน)

ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ของสวนเบญจกิติ จากการประมาณค่า จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต โดยพบค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ยเท่ากับ 2.81 ปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมดเท่ากับ 46,052.45 กิโลกรัม หรือคิดเป็น 16.39 ต้นต่อไร่ หรือ 102.34 ต้นต่อเฮกแตร์ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้งหมดเท่ากับ 23,049.87 กิโลกรัมคาร์บอน หรือคิดเป็น 8.20 ต้นต่อไร่ หรือ 51.22 ต้นต่อเฮกแตร์ รายละเอียดแสดงดังตาราง 34

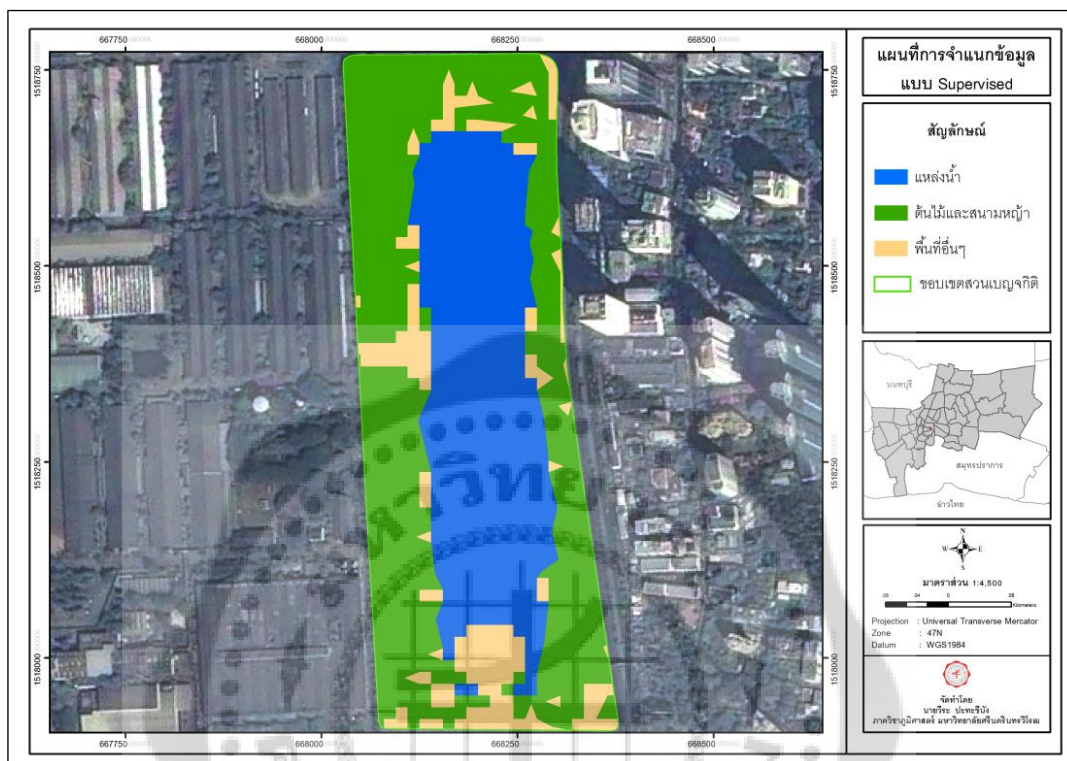
ตาราง 34 การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนเบญจกิติ

ข้อมูลที่ศึกษา	LAI เฉลี่ย	มวลรวม (กิโลกรัม)	ต้นต่อไร่	ต้นต่อเฮกแตร์
LAI	2.81			
Biomass		46,052.45	16.39	102.34
AGCS (กิโลกรัมคาร์บอน)		23,049.87	8.20	51.22

2.3.3 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนเบญจกิติ

การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ในการศึกษานี้ใช้การจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) เป็นวิธีหลักในการจำแนกข้อมูลภาพ และใช้วิธีการจำแนกภาพด้วยสายตาเป็นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากที่สุด โดยการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ใช้สถิติในการจัดชั้นแบบ Maximum Likelihood ซึ่งได้กำหนดชนิดของพื้นที่ที่จะเป็นตัวแทน 3 ชนิด (Class) ได้แก่ พื้นที่ต้นไม้และสนามหญ้า แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ ผลการจำแนกพบพื้นที่สนามหญ้าและต้นไม้ แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ เท่ากับ 102,381.76, 87,332.60 และ 18,277.54

ตารางเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละ 49.22, 41.99 และ 8.79 ของพื้นที่ของสวนวชิรเบญจทัศ ซึ่งแสดงเป็นแผนที่ในการจำแนกได้ดังภาพประกอบ 31



ภาพประกอบ 31 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนเบญจกิติ

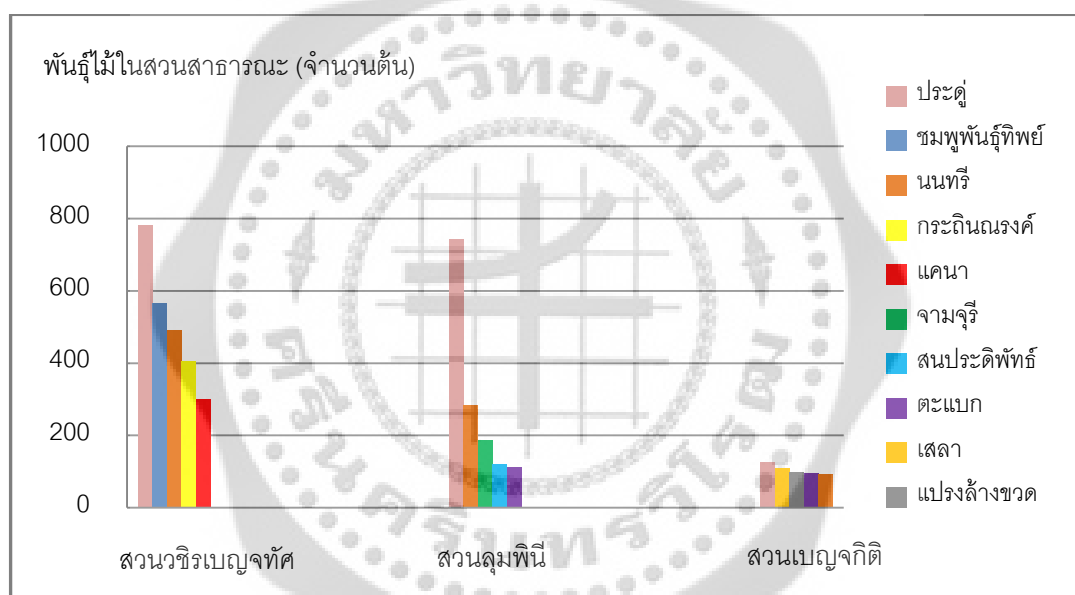
3. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากสแนมกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง

3.1 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากสแนมของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง

การเปรียบเทียบข้อมูลสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง จะเปรียบเทียบจำนวนต้นไม้ ค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง ที่มีจำนวนต้นไม้ ค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน มากที่สุด 5 ชนิดแรก โดยแสดงเป็นกราฟเปรียบเทียบดังนี้ กราฟจำนวนต้นไม้ กราฟค่าดัชนีพื้นที่ใบ กราฟมวลชีวภาพ และกราฟการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน แสดงดังภาพประกอบ 32-35 ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 จำนวนต้นไม้ของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง

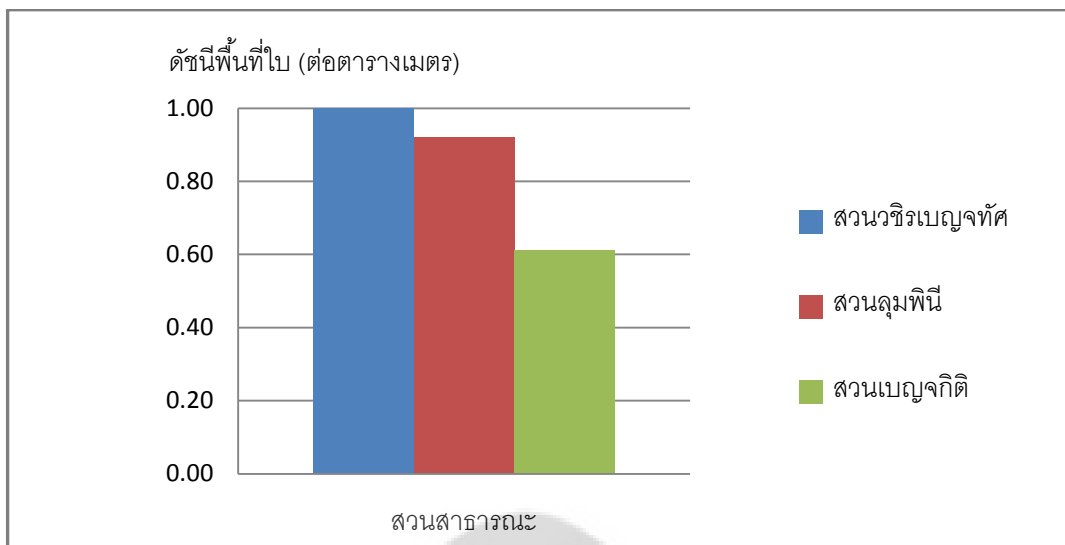
จำนวนพันธุ์ไม้ของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง พบว่าพันธุ์ไม้ยืนต้นในสวนวชิรเบญจทัศที่มีปริมาณต้นไม้มากที่สุด 5 ชนิดแรก ได้แก่ ประดู่ ชมพูพันธุ์ทิพย์ นนทรี กระถินณรงค์ และแคนา โดยพบชนิดพันธุ์ไม้เท่ากับ 783, 565, 492, 405 และ 300 ต้น ตามลำดับ สวนลุมพินีพบชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้นมากที่สุด 5 ชนิดแรก ได้แก่ ประดู่ นนทรี จามจุรี สนประดิพัทธ์ และตะแบก โดยพบชนิดพันธุ์ไม้เท่ากับ 743, 283, 187, 121 และ 114 ต้น ตามลำดับ สวนเบญจกิติพบชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้นมากที่สุด 5 ชนิดแรก ได้แก่ ประดู่ เสลา แปรงลำซด ตะแบก และนนทรี โดยพบชนิดพันธุ์ไม้เท่ากับ 127, 110, 98, 95 และ 93 ต้น ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า ชนิดของพันธุ์ไม้ที่มีจำนวนมากที่สุดของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง คือ ประดู่ รายละเอียดจำนวนพันธุ์ไม้ของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง แสดงดังภาพประกอบ 32



ภาพประกอบ 32 พันธุ์ไม้ในสวนสาธารณะที่มีมากที่สุด 5 ชนิดแรกของสวนวชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ

3.1.2 ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง

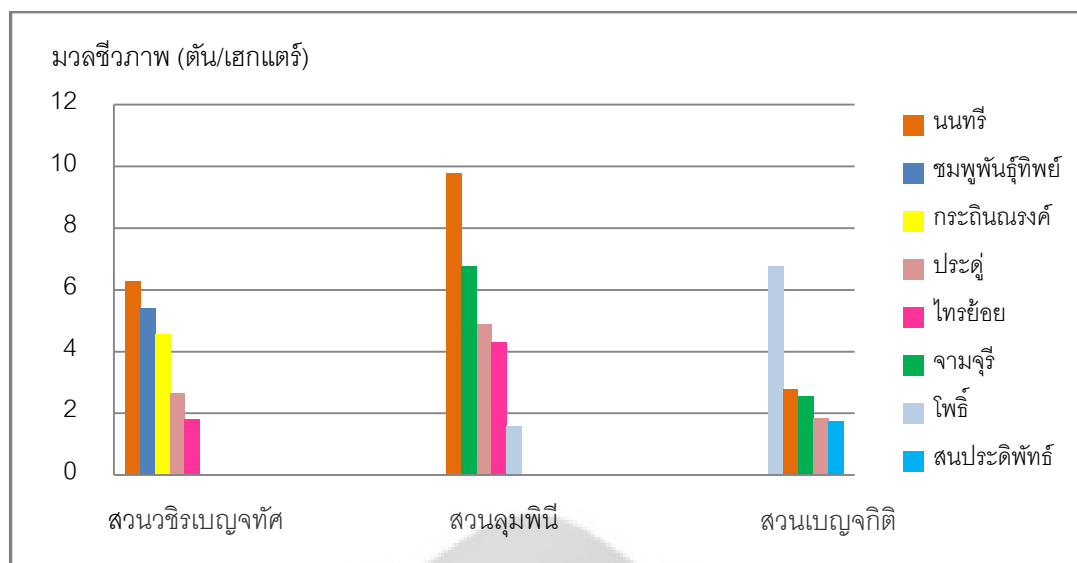
ดัชนีพื้นที่ใบทั้ง 3 แห่งพบว่าสวนวชิรเบญจทัศมีค่าดัชนีพื้นที่ใบต่อพื้นที่มากที่สุด รองลงมา คือ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ โดยมีค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 1.01, 0.92, และ 0.61 ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้น และค่าพื้นที่ผิวใบของสวนสาธารณะ โดยจากการศึกษาพบว่า สวนวชิรเบญจทัศมีจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้น และค่าพื้นที่ผิวใบมากกว่าสวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ ตามลำดับ รายละเอียดดัชนีพื้นที่ใบของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง แสดงดังภาพประกอบ 33



ภาพประกอบ 33 ค่าดัชนีพื้นที่ไปของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง

3.1.3 มวลชีวภาพ (Biomass) ของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง

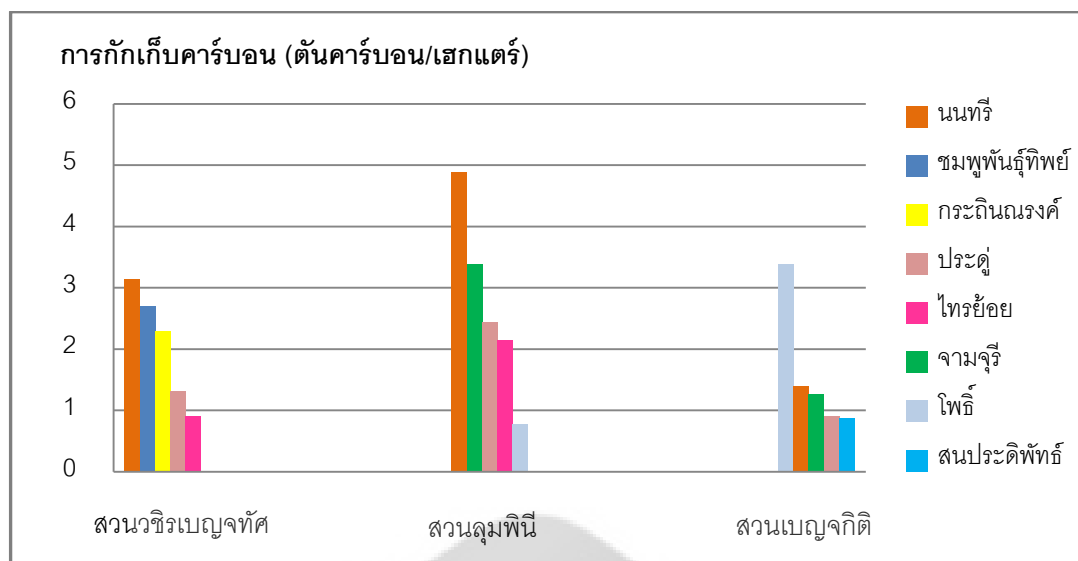
มวลชีวภาพของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง พบว่าสวนที่มีมวลชีวภาพรวมมากที่สุดคือ สวนลุมพินี สวนวชิรเบญจทัศ และสวนเบญจกิติ โดยมีมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 2,137,652.96, 1,908,202.37 และ 449,889.23 กิโลกรัม คิดเป็น 5.94, 5.09 และ 3.46 ตันต่อไร่ หรือ 37.11, 31.80 และ 21.63 ตันต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ โดยพันธุ์ไม้ยืนต้นที่มีมวลชีวภาพมากที่สุดของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง 5 ชนิดแรกได้แก่ นนทรี จามจุรี ประดู่ ไทรย้อย และ โพธิ์ โดยมีปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 997,883.67, 534,783.14, 478,271.15, 357,694.83 และ 274,757.32 กิโลกรัม คิดเป็น 1.15, 0.62, 0.55, 0.41 และ 0.32 ตันต่อไร่ หรือ 7.21, 3.86, 3.46, 2.58 และ 1.99 ตันต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ และพันธุ์ไม้ยืนต้นที่มีปริมาณมวลชีวภาพน้อยที่สุดคือ ไม้แดง มีปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 4.56 กิโลกรัม และความแตกต่างของปริมาณมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ยืนต้นที่มากที่สุด และน้อยที่สุดเท่ากับ 997,879.11 กิโลกรัม รายละเอียดพันธุ์ไม้ยืนต้นที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด 5 ชนิดแรกของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง แสดงดังภาพประกอบ 34



ภาพประกอบ 34 พันธุ์ไม้ยืนต้นที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด 5 ชนิดแรกของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง

3.1.4 การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง

การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง พบว่าสวนสาธารณะที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินรวมมากที่สุดคือ สวนลุมพินี สวนวชิรเบญจทัศ และสวนเบญจกิติ ตามลำดับ โดยมีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเท่ากับ 1,068,826.48, 954,101.18 และ 224,944.62 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็น 2.97, 2.54 และ 1.73 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือ 18.56, 15.90 และ 10.81 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ โดยพันธุ์ไม้ยืนต้นที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุดของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง 5 ลำดับแรก ได้แก่ นนทรี จามจุรี ประดู่ ไทรย้อย และโพธิ์ โดยมีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเท่ากับ 498,941.83, 267,391.57, 239,135.57, 178,847.41 และ 137,378.66 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็น 0.85, 0.31, 0.28, 0.21 และ 0.16 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือ 3.61, 1.93, 1.73, 1.29 และ 0.99 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ตามลำดับ และพันธุ์ไม้ยืนต้นที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินน้อยที่สุดคือ ไม้แดง โดยมีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเท่ากับ 2.28 กิโลกรัมคาร์บอน ความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของพันธุ์ไม้ยืนต้นที่มากที่สุด และน้อยที่สุดเท่ากับ 498,939.55 กิโลกรัมคาร์บอน รายละเอียดมวลชีวภาพของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง แสดงดังภาพประกอบ 35



ภาพประกอบ 35 พันธุ์ไม้ยืนต้นที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด 5 ชนิดแรกของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง

3.2 การเปรียบเทียบดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากข้อมูลจากสนามกับข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง

3.2.1 สวนวนชิรเบญจทัศ

ค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากการสำรวจภาคสนามเปรียบเทียบกับ ค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ของสวนวนชิรเบญจทัศ แสดงดังตาราง 35

ตาราง 35 เปรียบเทียบการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามกับภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนวนชิรเบญจทัศ

ข้อมูลที่ศึกษา	ข้อมูลจากภาคสนาม	ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต	ค่าผลต่าง (%)
LAI	3.81	3.82	0.26
Biomass (กิโลกรัม)	75,434.26	75,800.70	0.48
AGCS (กิโลกรัมคาร์บอน)	37,717.17	37,921.36	0.54

จากตาราง 35 พบว่าค่าประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ของสวนวชิรเบญจทัศ ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามมีค่าน้อยกว่า ค่าประมาณที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต โดยดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากการสำรวจภาคสนามเท่ากับ 3.81, 75,434.26 กิโลกรัม และ 37,717.17 กิโลกรัมคาร์บอน ตามลำดับ และค่าประมาณที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตเท่ากับ 3.82, 75,800.70 กิโลกรัม และ 37,921.36 กิโลกรัมคาร์บอน ซึ่งค่าผลต่างของค่าประมาณ ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและ ค่าประมาณที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตคิดเป็น ร้อยละ 0.26, 0.48 กิโลกรัม และ 0.54 กิโลกรัมคาร์บอน ตามลำดับ

3.2.2 สวนลุมพินี

ค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากการสำรวจภาคสนามเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ในบริเวณตำแหน่งเดียวกันของสวนลุมพินี แสดง ดังตาราง 36

ตาราง 36 เปรียบเทียบการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามกับภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ของสวนลุมพินี

ข้อมูลที่ศึกษา	ข้อมูลจากภาคสนาม	ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต	ค่าผลต่าง (%)
LAI	3.75	3.75	0.00
Biomass (กิโลกรัม)	88,669.68	88,674.00	0.00
AGCS (กิโลกรัมคาร์บอน)	44,334.83	44,339.10	0.00

จากตาราง 36 พบว่าค่าประมาณค่าประมาณดัชนีพื้นที่ใบ ของสวนลุมพินี ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามมีค่าเท่ากับค่าประมาณที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต เท่ากับ 3.75 ส่วนค่าประมาณมวลชีวภาพ และค่าประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามมีค่าเท่ากับ 88,669.68 กิโลกรัม และ 44,334.83 กิโลกรัมคาร์บอน ตามลำดับซึ่งน้อยกว่าค่าประมาณที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตเท่ากับ 88,674.00 กิโลกรัม และ 44,339.10 กิโลกรัมคาร์บอน ซึ่งค่าผลต่างของค่าประมาณมวลชีวภาพ และค่าประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ที่

ได้จากการสำรวจภาคสนามและ ค่าประมาณที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตคิดเป็นร้อยละ 0.00, 0.00 กิโลกรัม และ 0.00 กิโลกรัมคาร์บอน ตามลำดับ

3.3.3 สวนเบญจกิติ

ค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากการสำรวจภาคสนามเปรียบเทียบกับค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ในบริเวณตำแหน่งเดียวกันของสวนเบญจกิติ แสดงดังตาราง 37

ตาราง 37 เปรียบเทียบการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามกับภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ของสวนเบญจกิติ

ข้อมูลที่ศึกษา	ข้อมูลจากภาคสนาม	ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต	ค่าผลต่าง (%)
LAI	2.75	2.81	2.13
Biomass (กิโลกรัม)	44,428.05	46,052.45	3.53
AGCS (กิโลกรัมคาร์บอน)	22,214.05	23,049.87	3.63

จากตาราง 37 พบว่าค่าประมาณดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนเบญจกิติ ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามมีค่าน้อยกว่า ค่าประมาณที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต โดยค่าประมาณที่ได้จากการสำรวจภาคสนามเท่ากับ 2.75, 44,428.05 กิโลกรัม และ 22,214.05 กิโลกรัมคาร์บอน ตามลำดับ และค่าประมาณที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตเท่ากับ 2.81, 46,052.45 กิโลกรัม และ 23,049.87 กิโลกรัมคาร์บอน ซึ่งค่าผลต่างของค่าประมาณ ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและ ค่าประมาณที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตคิดเป็นร้อยละ 2.13, 3.53 กิโลกรัม และ 3.63 กิโลกรัมคาร์บอน ตามลำดับ

จากผลการศึกษา พบว่าไม้ยืนต้นที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุดของสวนสาธารณะทั้ง 3 แห่ง ได้แก่ นนทรี (498,941.83 กิโลกรัมคาร์บอน) รองลงมาคือ จามจุรี (267,391.57 กิโลกรัมคาร์บอน) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ชมพูนุช แสณภพ (2554) ที่ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ต้นในสวนสันติภาพ กรุงเทพมหานคร พบว่า สวนสันติภาพมีไม้ยืนต้นที่มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมากที่สุด คือ นนทรี (11,394.80 กิโลกรัมคาร์บอน) รองลงมาคือ

จามจุรี (4,525.00 กิโลกรัมคาร์บอน) โดยเฉพาะนนทรีซึ่งมีจำนวน 29 ต้น น้อยกว่า อโศกเซนคาเบียล ที่มีจำนวนต้นมากถึง 353 ต้น แต่กลับมีปริมาณมวลชีวภาพมากกว่าอโศกเซนคาเบียล

นำผลการศึกษาที่ได้มาพิจารณากับผลการศึกษาของ นวลปราง นวลอุไร (2548) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนสะสมที่อยู่เหนือพื้นดินของระบบนิเวศป่า จากการสำรวจด้านป่าไม้และการรับรู้จากระยะไกลบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ซึ่งใช้ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM และกำหนดขนาดแปลงตัวอย่างเท่ากับ 30x30 เมตร ซึ่งจะเปรียบเทียบเฉพาะผลจากการสำรวจจากระยะไกลของป่าเบญจพรรณ ได้ผลดังนี้

1) สวนวนชिरเบญจทัศกับป่าเบญจพรรณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน

สวนวนชिरเบญจทัศมีค่าดัชนีพื้นที่ใบ เท่ากับ 3.82 ค่ามวลชีวภาพ เท่ากับ 75,800.70 กิโลกรัม และค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 37,921.36 กิโลกรัมคาร์บอน ต่างจากผลการศึกษาของนวลปราง นวลอุไร ซึ่งได้ค่าดัชนีพื้นที่ใบ เท่ากับ 3.27 ± 1.12 ค่ามวลชีวภาพ เท่ากับ 68.53 ± 40.61 กิโลกรัม และค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 34.27 ± 20.31 กิโลกรัมคาร์บอน

2) สวนลุมพินีกับป่าเบญจพรรณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน

สวนลุมพินีมีค่าดัชนีพื้นที่ใบ เท่ากับ 3.75 ค่ามวลชีวภาพ เท่ากับ 88,674.00 กิโลกรัม และค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 44,339.10 กิโลกรัมคาร์บอน ต่างจากผลการศึกษาของนวลปราง นวลอุไร ซึ่งได้ค่าดัชนีพื้นที่ใบ เท่ากับ 3.27 ± 1.12 ค่ามวลชีวภาพ เท่ากับ 68.53 ± 40.61 กิโลกรัม และค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 34.27 ± 20.31 กิโลกรัมคาร์บอน

3) สวนเบญจกิติกับป่าเบญจพรรณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน

สวนเบญจกิติมีค่าดัชนีพื้นที่ใบ เท่ากับ 2.81 ค่ามวลชีวภาพ เท่ากับ 46,052.45 กิโลกรัม และค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 23,049.87 กิโลกรัมคาร์บอน ต่างจากผลการศึกษาของนวลปราง นวลอุไร ซึ่งได้ค่าดัชนีพื้นที่ใบ เท่ากับ 3.27 ± 1.12 ค่ามวลชีวภาพ เท่ากับ 68.53 ± 40.61 กิโลกรัม และค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 34.27 ± 20.31 กิโลกรัมคาร์บอน

เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบ พบว่าค่าดัชนีพื้นที่ใบ มีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด แต่ปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมีค่าแตกต่างกันมากเนื่องจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา ขนาดแปลงตัวอย่าง และจำนวนแปลงตัวอย่างแตกต่าง จึงทำให้ผลการศึกษาที่ได้แตกต่างกัน

นำผลการศึกษาที่ได้ไปเปรียบเทียบกับระบบนิเวศป่าอื่นๆ พบว่าปริมาณมวลชีวภาพรวมของสวนลุมพินี สวนวนชिरเบญจทัศ และสวนเบญจกิติที่มีค่าเท่ากับ 37.11, 31.80 และ 21.63 ตันต่อเฮกเตอร์ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่ามวลชีวภาพของสวนที่เป็นลำดับ กิ่ง ใบ และส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมดของไม้ยืนต้นของป่าชายเลน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 65.02, 25.25, 14.12 และ 107.97 ตันต่อเฮกเตอร์ ที่ศึกษาโดย

ปฏิมาพร ผ่องสุขสวัสดิ์ (2545) เนื่องจากชนิดของป่า ขนาดแปลงตัวอย่าง และจำนวนแปลงตัวอย่างมีความแตกต่างกันทำให้ปริมาณมวลชีวภาพของป่าชายเลนมากกว่ามวลชีวภาพของสวนลุมพินี สวนวชิรเบญจทัศ และสวนเบญจกิติ ตามลำดับ



บทที่ 5

สรุป และอภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาการประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ของสวนสาธารณะในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ประกอบด้วยสวนวชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ โดยการประยุกต์ภูมิสารสนเทศ และการสำรวจภาคสนาม พร้อมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต และค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนที่อยู่เหนือพื้นดิน (AGCS) ที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อหาความสัมพันธ์สำหรับการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน และผลการศึกษาซึ่งประกอบด้วยค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมานำเสนอในรูปของแผนที่ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และแผนที่การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากการสำรวจภาคสนาม

1.1 สวนวชิรเบญจทัศ

ดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากการสำรวจภาคสนามของสวนวชิรเบญจทัศ พบค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย เท่ากับ 1.01 มวลชีวภาพเท่ากับ 1,894,250.79 กิโลกรัม คิดเป็น 5.05 ต่อไร่ หรือ 31.57 ตันต่อเฮกเตอร์ การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 947,125.39 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็น 2.53 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือ 15.79 ตันคาร์บอนต่อเฮกเตอร์

1.2 สวนลุมพินี

ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากการสำรวจภาคสนามของสวนลุมพินี พบค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย เท่ากับ 0.92 มวลชีวภาพเท่ากับ 2,137,652.96 กิโลกรัม คิดเป็น 5.94 ต่อไร่ หรือ 37.11 ตันต่อเฮกเตอร์ การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 1,068,826.48 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็น 2.97 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือ 18.56 ตันคาร์บอนต่อเฮกเตอร์

1.3 สวนเบญจกิติ

ดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากการสำรวจภาคสนามของสวนเบญจกิติ พบค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย เท่ากับ 0.61 มวลชีวภาพเท่ากับ 449,889.23

กิโลกรัม คิดเป็น 3.46 ต่อไร่ หรือ 21.63 ตันต่อเฮกแตร์ การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเท่ากับ 224,944.62 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็น 1.73 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือ 10.81 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์

สรุปการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากการสำรวจภาคสนาม พบว่าสวนสาธารณะที่มีดัชนีพื้นที่ใบมากที่สุดคือ สวนวชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 1.01, 0.92, และ 0.61 ตามลำดับ สวนสาธารณะที่มีมวลชีวภาพมากที่สุดคือ สวนลุมพินี สวนวชิรเบญจทัศ และสวนเบญจกิติ โดยมีค่าเท่ากับ 2,137,652.96, 1,894,250.79 และ 449,889.23 กิโลกรัม คิดเป็น 5.94, 5.05 และ 3.46 ต่อไร่ หรือคิดเป็น 37.11, 31.57 และ 21.63 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ และสวนสาธารณะที่มีการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุดคือ สวนลุมพินี สวนวชิรเบญจทัศ และสวนเบญจกิติ มีค่าเท่ากับ 1,068,826.48, 947,125.39 และ 224,944.62 กิโลกรัมคาร์บอน ตามลำดับ คิดเป็น 2.97, 2.53 และ 1.73 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือคิดเป็น 18.56, 15.79 และ 10.81 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI (ตัวแปรอิสระ) กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เพื่อหาสมการสำหรับการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

2.1 สวนวชิรเบญจทัศ

1) ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ได้สมการดังนี้

$$y = 13.253x - 3.6406 \quad R^2 = 0.6684$$

เมื่อกำหนดให้	x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
	y	คือค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)

2) ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับมวลชีวภาพ (Biomass) ได้สมการดังนี้

$$y = 12.73x - 4.6403 \quad R^2 = 0.8579$$

เมื่อกำหนดให้	x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
	y	คือค่ามวลชีวภาพ (Biomass) (กิโลกรัม)

3) ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ได้สมการดังนี้

$$y = 6.3658x - 2.3199 \quad R^2 = 0.8575$$

เมื่อกำหนดให้	x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
	y	คือค่ากับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) (กิโลกรัมคาร์บอน)

2.2 สวนลมพินิ

1) ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ได้สมการดังนี้

$$y = 9.7531x - 2.3122 \quad R^2 = 0.6275$$

เมื่อกำหนดให้	x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
	y	คือค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)

2) ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับมวลชีวภาพ (Biomass) ได้สมการดังนี้

$$y = 13.08x - 5.1756 \quad R^2 = 0.7723$$

เมื่อกำหนดให้	x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
	y	คือค่ามวลชีวภาพ (Biomass) (กิโลกรัม)

3) ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ได้สมการดังนี้

$$y = 6.534x - 2.584 \quad R^2 = 0.7712$$

เมื่อกำหนดให้

x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
y	คือค่ากับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) (กิโลกรัมคาร์บอน)

2.3 ส่วนเบี่ยงสถิติ

1) ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ได้สมการดังนี้

$$y = 9.747x - 2.283 \quad R^2 = 0.9038$$

เมื่อกำหนดให้

x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
y	คือค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)

2) ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับมวลชีวภาพ (Biomass) ได้สมการดังนี้

$$y = 12.761x - 4.365 \quad R^2 = 0.8027$$

เมื่อกำหนดให้

x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
y	คือค่ามวลชีวภาพ (Biomass) (กิโลกรัม)

3) ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ได้สมการดังนี้

$$y = 6.3797x - 2.1809 \quad R^2 = 0.8028$$

เมื่อกำหนดให้	x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
	y	คือค่ากับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) (กิโลกรัมคาร์บอน)

3. การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต

การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต โดยการกำหนดแปลงพื้นที่ศึกษาขนาด 15x15 เมตร ได้พื้นที่ 225 ตารางเมตร

3.1 สวนวชิรเบญจทัศ

สวนวชิรเบญจทัศ มีแปลงตัวอย่าง 30 แปลง คิดเป็นพื้นที่เท่ากับ 6,750 ตารางเมตร การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากการภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนวชิรเบญจทัศ พบค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย เท่ากับ 3.82 มวลชีวภาพเท่ากับ 75,800.70 กิโลกรัม คิดเป็น 17.96 ตันต่อไร่ หรือ 111.47 ตันต่อเฮกเตอร์ การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 37,921.36 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็น 8.99 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือ 55.77 ตันคาร์บอนต่อเฮกเตอร์

3.2 สวนลุมพินี

สวนลุมพินีมีแปลงตัวอย่าง 30 แปลง คิดเป็นพื้นที่เท่ากับ 6,750 ตารางเมตร การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนลุมพินี พบค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย เท่ากับ 3.75 มวลชีวภาพเท่ากับ 88,674.00 กิโลกรัม คิดเป็น 21.01 ตันต่อไร่ หรือ 130.40 ตันต่อเฮกเตอร์ การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 44,339.10 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็น 10.51 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือ 65.20 ตันคาร์บอนต่อเฮกเตอร์

3.3 สวนเบญจกิติ

สวนเบญจกิตีมีแปลงตัวอย่าง 20 แปลง คิดเป็นพื้นที่เท่ากับ 4,500 ตารางเมตร การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชตของสวนเบญจกิติ พบค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย เท่ากับ 2.81 มวลชีวภาพเท่ากับ 46,052.45

กิโลกรัม คิดเป็น 16.39 ตันต่อไร่ หรือ 102.34 ตันต่อเฮกแตร์ การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน เท่ากับ 23,049.87 กิโลกรัมคาร์บอน คิดเป็น 8.20 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือ 51.22 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์

สรุปการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต พบว่าสวนสาธารณะที่มีดัชนีพื้นที่ใบมากที่สุดคือ สวนวชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 3.82, 3.75 และ 2.81 ตามลำดับ สวนสาธารณะที่มีมวลชีวภาพมากที่สุดคือ สวนลุมพินี สวนวชิรเบญจทัศ และสวนเบญจกิติ โดยมีค่าเท่ากับ 88,674.00, 75,800.70 และ 46,052.45 กิโลกรัม คิดเป็น 21.01, 17.96 และ 16.39 ตันต่อไร่ หรือคิดเป็น 130.40, 111.47 และ 102.34 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ และสวนสาธารณะที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดคือ สวนลุมพินี สวนวชิรเบญจทัศ และสวนเบญจกิติ มีค่าเท่ากับ 44,339.10, 37,921.36 และ 23,049.87 กิโลกรัมคาร์บอน ตามลำดับ คิดเป็น 10.51, 8.99 และ 8.20 ตันคาร์บอนต่อไร่ หรือคิดเป็น 65.20, 55.77 และ 51.22 ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์

สมการความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI (ตัวแปรอิสระ) กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่

1) สมการสำหรับการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)

$$y = 9.747x - 2.283 \quad R^2 = 0.9038$$

เมื่อกำหนดให้

x คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI
ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
y คือค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI)

2) สมการสำหรับการประมาณค่ามวลชีวภาพ (Biomass)

$$y = 12.73x - 4.6403 \quad R^2 = 0.8579$$

เมื่อกำหนดให้

x คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI
ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
y คือค่ามวลชีวภาพ (Biomass) (กิโลกรัม)

3) สมการสำหรับการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS)

$$y = 6.3658x - 2.3199 \quad R^2 = 0.8575$$

เมื่อกำหนดให้	x	คือค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต
	y	คือค่ากับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS) (กิโลกรัมคาร์บอน)

4. แผนที่ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มวลชีวภาพ (Biomass) และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (AGCS)

ค่าดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ที่ได้สามารถนำมาสร้างเป็นแผนที่ประกอบไปด้วย แผนที่ดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย มวลชีวภาพ และแผนที่ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของแต่ละแห่ง

ผลจากการศึกษาพบว่า ค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน มีความสัมพันธ์กัน โดยไม้ยืนต้นที่มีค่าดัชนีพื้นที่ใบ ปริมาณมวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมากที่สุด 5 ลำดับแรกของสวนสาธารณะ ได้แก่ นนทรี จามจุรี ประดู่ ไทรย้อย และโพธิ์ แต่จากการสำรวจประชากรต้นไม้พบว่า มีจำนวนต้นประดู่มากที่สุดแต่กลับมีปริมาณมวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินน้อยกว่านนทรี และจามจุรี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิรนนท์ ธีระกุลพิศุทธิ์; นันทนา คชเสนี; และ นิพาดา เรือนแก้ว (Terakunpisut, J.; Gajasen, N.; & Ruankawe, N. 2006: 101) ซึ่งอธิบายว่ามวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้นจะแตกต่างกันตามปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิด อายุ และขนาดของไม้ยืนต้น เป็นต้น นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาทำเป็นแผนที่เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการบริหารจัดการพื้นที่สวนสาธารณะ โดยใช้กระบวนการทางด้านภูมิสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

ปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน มีความสอดคล้องกัน โดยเฉพาะปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน จะมีปริมาณเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาณมวลชีวภาพ ซึ่งสอดคล้องตามผลการศึกษาของ ครีดี และ วูร์ซบาเชอร์ (สนธยา จำปานิล; และนันทนา คชเสนี. 2547: 3 อ้างอิงจาก Creedy; & Wurzbacher. 2001) กล่าวคือ ปริมาณการเก็บกักคาร์บอน จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นรายปี

จากผลการศึกษานำข้อมูลค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน รวมทั้งแผนที่ดัชนีพื้นที่ใบเฉลี่ย แผนที่มวลชีวภาพ และแผนที่ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ของแต่ละแห่งที่ได้จากกระบวนการด้านภูมิสารสนเทศและสมการแอลโลเมตรี เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการบริหารจัดการพื้นที่สวนสาธารณะหรือวางแผนสร้างสวนสาธารณะแห่งใหม่ได้ โดยการวางแผนเลือกพันธุ์ไม้ในการปลูกในสวนสาธารณะควรเลือกประเภทของพันธุ์ไม้ที่เติบโตเร็วและมีอายุยืนนาน เพื่อให้ได้พันธุ์ไม้ในสวนสาธารณะที่มีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในอากาศ เช่น ประดู่ ราชพฤกษ์ และมะฮอกกานีใบใหญ่ เป็นต้น ซึ่งเป็นการลดภาวะโลกร้อนได้ดี

ข้อเสนอแนะ

1. ให้มีการใช้สมการแอลโลเมตรีที่ออกแบบมาโดยเฉพาะไม่ย่นต้นพันธุ์นั้นๆ เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ละเอียดและชัดเจนมากยิ่งขึ้น
2. การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินควรมีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างต่อเนื่องและควรศึกษาในช่วงฤดูกาลต่างๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการสวนสาธารณะ



บรรณานุกรม

- กองควบคุมและจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักปลัดกรุงเทพมหานคร. (2544). *ศูนย์ข้อมูล กรุงเทพมหานคร*. สืบค้นเมื่อ 26 เมษายน 2555, จาก <http://203.155.220.230/info/NowBMA/frame.asp>
- ชินษฐา เสถียรพีระกุล; เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง; และสมชาย นองเนื่อง. (ม.ป.ป). *การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสวนป่าสนสามใบพื้นที่ต้นน้ำภาคเหนือจังหวัดเชียงใหม่*. ถ่ายเอกสาร.
- คณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ. (2551). *ยุทธศาสตร์แห่งชาติว่าด้วยการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2551-2555*. สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2555, จาก <http://www.eppo.go.th/ccep/download/file2011feb21.pdf>
- ชมพูนุช แสนภพ. (2554). *การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ต้นในสวนสนติภาพ กรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (การบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. (2540). *การสำรวจข้อมูลระยะไกล*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชิงชัย วิริยะบัญชา. (2546). *คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหญ้าไม้*. กรุงเทพฯ: ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช. ถ่ายเอกสาร.
- นวลปราง นวลอุไร. (2548). *เปรียบเทียบค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนสะสมที่อยู่ในเนื้อพื้นดินของระบบนิเวศป่า จากการสำรวจด้านป่าไม้และการรับรู้จากระยะไกลบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สัตววิทยา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ปฎิมาพร ผ่องสุขสวัสดิ์. (2545). *การประมาณมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นในสวนศึกษาธรรมชาติวิทยาป่าชายเลน จังหวัดพังงา*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วนศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ไพโรจน์ วงศ์วุฒิวัฒน์. (2550). *หยุดโลกร้อน ภารกิจร่วมของมนุษยชาติ*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ศรีสยามการพิมพ์.
- รัชชาติ สุขสำราญ. (2548). *การประมาณปริมาตรไม้และมวลชีวภาพไม้ป่าชายเลน*. กรุงเทพฯ: เอกสารทางวิชาการสำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

วิษณุ ดำรงสัจศิริ. (2544). การประยุกต์ใช้การสำรวจจากระยะไกลเพื่อประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพของป่าที่อยู่เหนือพื้นดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย.

วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วนศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
ถ่ายเอกสาร.

สนธยา จำปานิล; และ นันทนาชเสนี. (2547). การประเมินการเก็บกักคาร์บอนผลผลิตและการย่อยสลายของเศษซากพืช ในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจานประเทศไทย. การประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. สิงหาคม 2547. กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช.

สมชาย ดิษฐศร. (2553). ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนและมูลค่าคาร์บอนเครดิต
ป่าชายเลนอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี. เอกสารวิชาการ. ฉบับที่ 1/2553: 10

สมชาย นองเนื่อง; และคนอื่นๆ. (ม.ป.ป). การประมาณปริมาตรไม้และมวลชีวภาพ
สวนป่าสนคาริเบีย. สืบค้นเมื่อ 21 กุมภาพันธ์ 2556, จาก
<http://forprod.forest.go.th/forprod/PDF/>

สรันยา เฮงพระพรหม. (2552). โลกร้อนกับโรคระบาด. ใน โลกร้อนกับสุขภาพ. สมชัย บวรกิตติ;
พรชัย สิทธิศรีธัญญกุล; และ ขวัญฤดี โชติชนาพิวงค์. หน้า 87-95. กรุงเทพฯ: กรุงเทพฯเวชสาร.

สาพิศ ดิลกสัมพันธ์. (2550). การกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้กับสภาวะโลกร้อน. วารสารอนุรักษ์ดิน
และน้ำ. 22(3): 40-49.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2547). ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ.
กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

----- (2552). ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์
พับลิชชิ่ง.

----- (2553). โครงการนำร่อง THOES Pilot Project ภายใต้โครงการดาวเทียม THEOS.
กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2548). รายงานการวิจัย การจัดการเรียนรู้ของแหล่งการเรียนรู้
ตลอดชีวิต : สวนสาธารณะ. กรุงเทพฯ: วี.ที.ซี. คอมมิวนิเคชั่น.

สำนักงานสวนสาธารณะ สำนักสิ่งแวดล้อม. (2556). สวนสาธารณะ. สืบค้นเมื่อ
10 พฤศจิกายน 2555, จาก <http://www.bangkok.go.th/publicpark/>

สำนักงานสวนสาธารณะ สำนักสิ่งแวดล้อม. (2555). พื้นที่สีเขียว. สืบค้นเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2555,
จาก <http://dailyplans.bangkok.go.th/parks/parks.pdf>.

- สุเพชร จิระจกุล. (2549). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการใช้โปรแกรม ArcGIS Desktop เวอร์ชัน 9.1.นนทบุรี: เอส.อาร์. ฟรินดิง แมสโปรดักส์.
- สุรเชษฐ์ สีแดง. (2551). การประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าชายเลน บริเวณเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ ด้วยเทคนิคการรับรู้ระยะไกลวิทยานิพนธ์ วท.ม. (วนศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- สุรกี อิงคากุล. (2548). การวิเคราะห์ข้อมูลระยะไกล. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรียพร นิธิฐวิทยา; และ กัลยาณี กุลชัย. (2555). การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าชายเลนในระบบเทคโนโลยีนำบัตน้ำเสียด้วยแปลงพืชป่าชายเลนด้วยการสำรวจจากระยะไกล. กรุงเทพฯ: ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. (2539). ป่าไม้กับสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: ดอกเบญ.
- Changfu Liu; & Xiaoma Li. (2012). Carbon Storage and Sequestration by Urban Forests in Shenyang, China. *Urban Forestry & Urban Greening*. 11(2): 121-128.
- Creedy, J.; & Wurzbacher, A. D. (2001). The Economic Value of a Forest Catchment with Timber, Water and Carbon Sequestration Benefits. *Ecological Economics*. 38(1): 71-83.
- Gao, Jay. (2009). *Digital Analysis of Remotely Sensed Imagery*. The United State of America: McGraw-Hill.
- Inge, Jonckheere; et al. (n.d). *Methods for Leaf Area Index Determination*. Retrieved January 01, 2013, from <http://w3.avignon.inra.fr/valeri/documents/JonckheereAFM2003Accepted.pdf>
- Jensen, John R. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. 3rd ed. United State of America: Pearson Prentice Hall.
- Liang, Shunlin; Li, Xiaowen; & Wang, Jindi. (2012). *Advanced Remote Sensing*. China: Elsevier Inc.
- McPherson, E. Gregory. (1998, July). Atmospheric Carbon Dioxide ductioneby Sacramento's Urban Forest. *Journal of Arboriculture*. 24(4): 215-223.
- Myeong, Soojeong; Nowak, David J.; & Duggin, Michael J. (2005). A Temporal Analysis of Urban Forest Carbon Storage Using Remote Sensing. *Remote Sensing of Environment*. 101(2): 277-282.
- Natural Resources Canada . (2007). *Fundamentals of Remote Sensing*. Tutorial. Copy

- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning (ONEP). Ministry of Natural Resources and Environment. (2009). *National Strategy on Climate Change Management B.E. 2551-2555 (A.D. 2008-2012)*. Nontaburi: Sahamit Printing & Publishing.
- Phongaksorn, N; et al. (2012). Inter-Sensor Comparison between THEOS and Landsat 5 TM Data in a Study of Two Crops Related to Biofuel in Thailand. *Remote Sensing*. 4(2): 354-376.
- Rouse, J. W; et al. (1974). Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings. Third Earth Resources Technology Satellite (ERTS) Symposium*. V. 1: 48-62.
- Stoffberg; et al. (2009). Carbon Sequestration Estimates of Indigenous Street Trees in the City of Tshwane, South Africa. *Urban Forestry & Urban Greening*. 9(1): 9-14.
- Terakunpisut, J.; Gajaseeni, N.; & Ruankawe, N. (2006). Carbon Sequestration Potential in Aboveground Biomass of Thong PhaPhum National Forest, Thailand. *Applied Ecology and Environment Research*. 5(2): 93-102.





ภาคผนวก ก

ประเภทพันธุ์ไม้ จำนวนไม้ยืนต้น ร้อยละของไม้ยืนต้น และรหัสไม้ยืนต้น
ของสวนวนิชิรเบญจทัศ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ

ตารางภาคผนวก ก-1 ประเภทพันธุ์ไม้ จำนวนไม้ยืนต้น ร้อยละของไม้ยืนต้น และรหัสไม้ยืนต้น
ของสวนพฤกษศาสตร์

ลำดับที่	ชื่อไม้ยืนต้น	จำนวนไม้ยืนต้น	ร้อยละของไม้ยืนต้น	รหัสไม้ยืนต้น
1	ประดู่	783	17.27	136
2	ชมพูพันธุ์ทิพย์	565	12.46	126
3	นนทรี	492	10.85	134
4	กระถินณรงค์	405	8.93	111
5	แคนา	300	6.62	121
6	ยางนา	186	4.10	156
7	ช่อย	141	3.11	117
8	สนประดิพัทธ์	139	3.07	161
9	ตีนเป็ดน้ำ	123	2.71	130
10	มะฮอกกานีใบใหญ่	118	2.60	154
11	จามจุรี	109	2.40	124
12	คูณ	100	2.21	120
13	พญาสัตบรรณ	98	2.16	141
14	สะเดา	79	1.74	163
15	ไทรย้อย	61	1.35	133
16	พฤษภ	49	1.08	142
17	หางนกยูงฝรั่ง	47	1.04	173
18	โมง	46	1.01	195
19	หว่า	44	0.97	171
20	กระพี้จั่น	39	0.86	182
21	ยูคาลิปตัส	36	0.79	157
22	ตะเคียนทอง	35	0.77	186
23	มะกล่ำต้น	34	0.75	190
24	มะขามเทศ	34	0.75	149
25	จันทน์	33	0.73	123
26	ตะขบ	33	0.73	185
27	มะกอก	31	0.68	191
28	มะขามป้อม	31	0.68	192
29	ปีบ	30	0.66	138

ตารางภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อไม้ยืนต้น	จำนวนไม้ยืนต้น	ร้อยละของไม้ยืนต้น	รหัสไม้ยืนต้น
30	ขี้เหล็ก	29	0.64	118
31	โพธิ์	29	0.64	145
32	กระท้อน	27	0.60	181
33	ตะแบก	22	0.49	128
34	หนามแท่ง	21	0.46	168
35	ส้มโอง	17	0.37	162
36	หูกวาว	17	0.37	175
37	อ้อยช้าง	16	0.35	169
38	เสลา	15	0.33	166
39	กระโดน	12	0.26	179
40	มะยม	11	0.24	152
41	เหลืองปรีดียาธร	11	0.24	176
42	ลำดวน	8	0.18	196
43	พิกุล	7	0.15	144
44	มะม่วง	7	0.15	151
45	ปีบทอง	6	0.13	139
46	โมก	6	0.13	155
47	ช่อยหนาม	5	0.11	183
48	มะขาม	5	0.11	148
49	มะรุม	5	0.11	153
50	มะหาด	5	0.11	150
51	ทองกวาว	4	0.09	131
52	ทองกลางลาย	4	0.09	188
53	พระเจ้าห้าพระองค์	4	0.09	189
54	ประดู่แดง	2	0.04	137
55	แปรงล้างขวด	2	0.04	140
56	โพธิ์ศรี	2	0.04	146
57	ลำไย	2	0.04	197
58	หูกะจิง	2	0.04	174
59	กระถิน	1	0.02	180

ตารางภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อไม้ยืนต้น	จำนวนไม้ยืนต้น	ร้อยละของไม้ยืนต้น	รหัสไม้ยืนต้น
60	ขนุน	1	0.02	117
61	ค้อ	1	0.02	184
62	ตะโก	1	0.02	127
63	ต้นหยง	1	0.02	129
64	น้ำเต้าต้น	1	0.02	135
65	มะค่าแต้	1	0.02	193
66	มะม่วงหิมพานต์	1	0.02	194
67	สัก	1	0.02	164
68	สาเก	1	0.02	165
รวม		4,534	100.00	136

ตารางภาคผนวก ก-2 ประเภทพันธุ์ไม้ จำนวนไม้ยืนต้น ร้อยละของไม้ยืนต้น และรหัสไม้ยืนต้น
ของสวนลุมพินี

ลำดับที่	ชื่อไม้ยืนต้น	จำนวนไม้ยืนต้น	ร้อยละของไม้ยืนต้น	รหัสไม้ยืนต้น
1	ประดู่	743	24.11	136
2	นนทรี	283	9.18	134
3	จามจุรี	187	6.07	124
4	สนประดิพัทธ์	121	3.93	161
5	ตะแบก	114	3.70	128
6	กระถินณรงค์	103	3.34	111
7	ชมพูพันธุ์ทิพย์	99	3.21	126
8	คูณ	96	3.11	120
9	มะฮอกกานีใบใหญ่	95	3.08	154
10	มะขาม	93	3.02	148
11	หางนกยูงฝรั่ง	87	2.82	173
12	พิกุล	75	2.43	144
13	ไทรย้อย	69	2.24	133
14	อโศกอินเดีย	68	2.21	177
15	ตีนเป็ดน้ำ	67	2.17	130
16	เสลา	62	2.01	166
17	ปีบ	60	1.95	138
18	แปรงล้างขวด	57	1.85	140
19	พฤษภ	45	1.46	142
20	แคฝรั่ง	44	1.43	122
21	เหลืองปรีดียาธร	42	1.36	176
22	ต้นหยง	41	1.33	129
23	มะขามเทศ	33	1.07	149
24	พญาสัตบรรณ	32	1.04	141
25	แก้ว	31	1.01	115
26	หว่า	30	0.97	171
27	โพธิ์	26	0.84	145
28	ลำป่าง	24	0.78	159
29	ช่อย	20	0.65	117

ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อไม้ยืนต้น	จำนวนไม้ยืนต้น	ร้อยละของไม้ยืนต้น	รหัสไม้ยืนต้น
30	น้ำเต้าต้น	16	0.52	135
31	ขี้เหล็ก	15	0.49	118
32	โมก	13	0.42	155
33	มะม่วง	12	0.39	151
34	สะเดา	12	0.39	163
35	หูกวาง	11	0.36	175
36	ยางนา	10	0.32	156
37	หูกระจ	10	0.32	174
38	หางนกยูงไทย	9	0.29	172
39	แคนา	8	0.26	121
40	พะยุง	8	0.26	143
41	จันทน์	7	0.23	123
42	มะยม	7	0.23	152
43	สัก	6	0.19	164
44	กระดังงา	5	0.16	110
45	กันเกรา	5	0.16	114
46	ขนุน	5	0.16	116
47	ทองกวาว	5	0.16	131
48	โพธิ์ทะเล	5	0.16	101
49	มะเกลือ	5	0.16	147
50	ยูคาลิปตัส	5	0.16	157
51	แสงจันทร์	5	0.16	167
52	กระทิง	4	0.13	158
53	ประยงค์	4	0.13	199
54	ส้มโอง	4	0.13	162
55	คำมอกหลวง	3	0.10	119
56	ทองหลาง	3	0.10	187
57	เข็มต้น	2	0.06	223
58	จิกทะเล	2	0.06	202
59	ชงโค	2	0.06	125

ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อไม้ยืนต้น	จำนวนไม้ยืนต้น	ร้อยละของไม้ยืนต้น	รหัสไม้ยืนต้น
60	ทองหลางลาย	2	0.06	188
61	โพธิ์ศรี	2	0.06	146
62	มะกลัดต้น	2	0.06	190
63	มะรุ้ม	2	0.06	153
64	มะหาด	2	0.06	225
65	สนฉัตร	2	0.06	160
66	สาเก	2	0.06	165
67	กระโดน	1	0.03	179
68	กระท้อน	1	0.03	112
69	ก้ามแดง	1	0.03	113
70	ทองกาหลง	1	0.03	224
71	เทียนทอง	1	0.03	132
72	บุหงาสำหรับ	1	0.03	178
73	ประดู่แดง	1	0.03	137
74	ปีบทอง	1	0.03	139
75	มะค่าแต้	1	0.03	193
76	โมกราชินี	1	0.03	209
77	โมง	1	0.03	195
78	เลี่ยน	1	0.03	226
79	หลิว	1	0.03	170
รวม		3,082	100	

ตารางภาคผนวก ก-3 ประเภทพันธุ์ไม้ จำนวนไม้ยืนต้น ร้อยละของไม้ยืนต้น และรหัสไม้ยืนต้น
ของสวนเบญจกิติ

ลำดับที่	ชื่อไม้ยืนต้น	จำนวนไม้ยืนต้น	ร้อยละของไม้ยืนต้น	รหัสไม้ยืนต้น
1	ประดู่	127	12.15	136
2	เสลา	110	10.53	166
3	แปรงล้างขวด	98	9.38	140
4	ตะแบก	95	9.09	128
5	นนทรี	93	8.90	134
6	คูณ	50	4.78	120
7	อินทนิล	36	3.44	222
8	โพธิ์	34	3.25	145
9	สนประดิพัทธ์	30	2.87	161
10	จามจุรี	28	2.68	124
11	แคแสด	23	2.20	200
12	ทองหลางลาย	23	2.20	188
13	พญาศรี	23	2.20	142
14	ชมพูพันธุ์ทิพย์	21	2.01	126
15	หางนกยูงไทย	21	2.01	172
16	สุพรรณิการ์	20	1.91	217
17	ปีบ	19	1.82	138
18	ไทรย้อย	17	1.63	133
19	ตีนเป็ดน้ำ	14	1.34	130
20	แสงจันทร์	12	1.15	167
21	หลิว	10	0.96	170
22	เหลืองปรีดียาธร	10	0.96	176
23	พญาสัตบรรณ	9	0.86	141
24	กันเกรา	8	0.77	114
25	สาละลังกา	8	0.77	216
26	หางนกยูงฝรั่ง	7	0.67	173
27	สะเดา	6	0.57	163
28	สัก	6	0.57	164
29	กระดังงา	5	0.48	110

ตารางภาคผนวก ก-3 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อไม้ยืนต้น	จำนวนไม้ยืนต้น	ร้อยละของไม้ยืนต้น	รหัสไม้ยืนต้น
30	คอรีเดีย	4	0.38	103
31	ชัยพฤกษ์	4	0.38	203
32	สนฉัตร	4	0.38	160
33	หว่า	4	0.38	171
34	แคนา	3	0.29	121
35	ชงโค	3	0.29	125
36	มะขาม	3	0.29	148
37	มะขามเทศ	3	0.29	149
38	มะม่วง	3	0.29	151
39	มะฮอกกานีใบใหญ่	3	0.29	154
40	ยางนา	3	0.29	156
41	ลำดวน	3	0.29	196
42	กระถินณรงค์	2	0.19	111
43	จิกทะเล	2	0.19	202
44	พิкул	2	0.19	144
45	มะขามป้อม	2	0.19	192
46	ละมุด	2	0.19	212
47	ศรีตรัง	2	0.19	213
48	ศุภโชค	2	0.19	214
49	หลิวทอง	2	0.19	220
50	กระท้อน	1	0.10	112
51	กระทิง	1	0.10	158
52	กัลปพฤกษ์	1	0.10	102
53	กาลพฤกษ์	1	0.10	227
54	ขนุน	1	0.10	116
55	จำปี	1	0.10	201
56	เสียด	1	0.10	204
57	ซิลเวอร์โอ๊ค	1	0.10	205
58	ทองกวาว	1	0.10	131
59	นิโครธ	1	0.10	206

ตารางภาคผนวก ก-3 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อไม้ยืนต้น	จำนวนไม้ยืนต้น	ร้อยละของไม้ยืนต้น	รหัสไม้ยืนต้น
60	บุญนาคน	1	0.10	207
61	บุหงาส่าหรี	1	0.10	178
62	พุทรา	1	0.10	208
63	มะกล่ำต้น	1	0.10	190
64	มะกอก	1	0.10	191
65	มะเกลือ	1	0.10	147
66	มะรุ้ม	1	0.10	153
67	โมกราชินี	1	0.10	209
68	ไม้แดง	1	0.10	210
69	ยางอินเดีย	1	0.10	211
70	สนหนาม	1	0.10	215
71	สาเก	1	0.10	165
72	เสี้ยวดอกขาว	1	0.10	218
73	โศกเหลือง	1	0.10	219
74	หูกระจง	1	0.10	174
75	เหลืองอินเดีย	1	0.10	221
รวม		1,045	100.00	

ภาคผนวก ข

ปริมาณมวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น
แยกตามประเภทของพันธุ์ไม้ ของสวนพฤกษศาสตร์ สวนลุมพินี และสวนเบญจกิติ

ตารางภาคผนวก ข-1 ปริมาณมวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น
แยกตามประเภทของพันธุ์ไม้ ของสวนวนิชเบญจทัศ

ลำดับที่	ชื่อต้นไม้	จำนวนต้นไม้	มวลชีวภาพ		การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน			
			กิโลกรัม	ตันต่อไร่	ตันต่อเฮกแตร์	กิโลกรัมคาร์บอน	ตันคาร์บอนต่อไร่	ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์
1	นนทรี	492	377,027.45	1.01	6.28	188,513.72	0.50	3.14
2	ชมพูพันธุ์ทิพย์	565	310,455.61	0.83	5.17	155,227.81	0.41	2.59
3	กระถินณรงค์	405	274,233.45	0.73	4.57	137,116.72	0.37	2.29
4	ประดู่	783	158,615.70	0.42	2.64	79,307.85	0.21	1.32
5	ไทรย้อย	61	108,209.06	0.29	1.80	54,104.53	0.14	0.90
6	สนประดิพัทธ์	139	108,054.49	0.29	1.80	54,027.24	0.14	0.90
7	จามจุรี	109	92,790.03	0.25	1.55	46,395.02	0.12	0.77
8	พฤษภ	49	60,556.52	0.16	1.01	30,278.26	0.08	0.50
9	โพธิ์	29	44,183.05	0.12	0.74	22,091.52	0.06	0.37
10	แคนนา	300	42,944.48	0.11	0.72	21,472.24	0.06	0.36
11	มะฮอกกานีใบใหญ่	118	39,467.41	0.11	0.66	19,733.71	0.05	0.33
12	พญาสัตบรรณ	98	33,215.02	0.09	0.55	16,607.51	0.04	0.28
13	ช่อย	141	31,050.31	0.08	0.52	15,525.15	0.04	0.26
14	มะขามเทศ	34	23,710.66	0.06	0.40	11,855.33	0.03	0.20
15	ยูคาลิปตัส	36	22,546.26	0.06	0.38	11,273.13	0.03	0.19
16	หางนกยูงฝรั่ง	47	18,942.54	0.05	0.32	9,471.27	0.03	0.16
17	สะเดา	79	17,117.20	0.05	0.29	8,558.60	0.02	0.14
18	คูณ	100	12,564.95	0.03	0.21	6,282.48	0.02	0.10
19	มะกอก	31	12,492.19	0.03	0.21	6,246.09	0.02	0.10
20	हुกวาง	17	11,004.16	0.03	0.18	5,502.08	0.01	0.09
21	กระทุ่มน้ำ	27	10,856.35	0.03	0.18	5,428.18	0.01	0.09
22	ตีนเป็ดน้ำ	123	10,278.16	0.03	0.17	5,139.08	0.01	0.09

ตารางภาคผนวก ข-1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อต้นไม้	จำนวนต้นไม้	มวลชีวภาพ		การกักเก็บคาร์บอน			
			กิโลกรัม	ตันต่อไร่	ตันต่อเฮกแตร์	เหนือพื้นดิน		
						กิโลกรัมคาร์บอน	ตันคาร์บอนต่อไร่	ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์
23	หว่า	44	9,819.79	0.03	0.16	4,909.90	0.01	0.08
24	ยางนา	186	8,558.20	0.02	0.14	4,279.10	0.01	0.07
25	ปีบ	30	6,789.00	0.02	0.11	3,394.50	0.01	0.06
26	เสลา	15	4,321.11	0.01	0.07	2,160.56	0.01	0.04
27	ทองกวาว	4	3,766.08	0.01	0.06	1,883.04	0.01	0.03
28	กระพี้จั่น	39	3,685.26	0.01	0.06	1,842.63	0.00	0.03
29	มะกล่ำต้น	34	3,582.55	0.01	0.06	1,791.28	0.00	0.03
30	จันทน์	33	3,070.00	0.01	0.05	1,535.00	0.00	0.03
31	อ้อยช้าง	16	2,705.47	0.01	0.05	1,352.73	0.00	0.02
32	โมง	46	2,686.80	0.01	0.04	1,343.40	0.00	0.02
33	ขี้เหล็ก	29	2,571.94	0.01	0.04	1,285.97	0.00	0.02
34	มะขามป้อม	31	1,989.07	0.01	0.03	994.53	0.00	0.02
35	มะขาม	5	1,904.15	0.01	0.03	952.07	0.00	0.02
36	หนามแท่ง	21	1,737.56	0.00	0.03	868.78	0.00	0.01
37	ตะแบก	22	1,615.44	0.00	0.03	807.72	0.00	0.01
38	ตะขบ	33	1,312.93	0.00	0.02	656.46	0.00	0.01
39	ตะเคียนทอง	35	1,280.62	0.00	0.02	640.31	0.00	0.01
40	กระโดน	12	1,139.52	0.00	0.02	569.76	0.00	0.01
41	พิบูล	7	1,127.45	0.00	0.02	563.73	0.00	0.01
42	ส้มโอง	17	1,092.02	0.00	0.02	546.01	0.00	0.01
43	มะม่วง	7	1,072.38	0.00	0.02	536.19	0.00	0.01
44	ปีบทอง	6	912.83	0.00	0.02	456.41	0.00	0.01
45	มะรุ้ม	5	867.13	0.00	0.01	433.56	0.00	0.01
46	ทองหลางลาย	4	828.13	0.00	0.01	414.07	0.00	0.01

ตารางภาคผนวก ข-1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อต้นไม้	จำนวนต้นไม้	มวลชีวภาพ		การกักเก็บคาร์บอน			
			กิโลกรัม	ตันต่อไร่	ตันต่อเฮกตาร์	เหนือพื้นดิน		
						กิโลกรัมคาร์บอน	ตันคาร์บอนต่อไร่	ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์
47	เหลืองปรีดียาธร	11	786.82	0.00	0.01	393.41	0.00	0.01
48	มะยม	11	634.58	0.00	0.01	317.29	0.00	0.01
49	แปรงล้างขวด	2	537.97	0.00	0.01	268.99	0.00	0.00
50	ลำดวน	8	536.80	0.00	0.01	268.40	0.00	0.00
51	มะหาด	5	530.04	0.00	0.01	265.02	0.00	0.00
52	ลำไย	2	388.75	0.00	0.01	194.38	0.00	0.00
53	โมก	6	372.75	0.00	0.01	186.38	0.00	0.00
54	ช่อยหนาม	5	354.77	0.00	0.01	177.39	0.00	0.00
55	พระเจ้าห้าพระองค์	4	195.12	0.00	0.00	97.56	0.00	0.00
56	โพธิ์ศรี	2	178.03	0.00	0.00	89.02	0.00	0.00
57	ตะโก	1	173.68	0.00	0.00	86.84	0.00	0.00
58	ประดู่แดง	2	166.12	0.00	0.00	83.06	0.00	0.00
59	มะม่วงหิมพานต์	1	154.25	0.00	0.00	77.12	0.00	0.00
60	หูกะจิง	2	145.34	0.00	0.00	72.67	0.00	0.00
61	มะค่าแต้	1	78.72	0.00	0.00	39.36	0.00	0.00
62	กระถิน	1	46.82	0.00	0.00	23.41	0.00	0.00
63	ขนุน	1	45.92	0.00	0.00	22.96	0.00	0.00
64	สาเก	1	44.31	0.00	0.00	22.15	0.00	0.00
65	น้ำเต้าต้น	1	43.55	0.00	0.00	21.78	0.00	0.00
66	ค้อ	1	35.45	0.00	0.00	17.73	0.00	0.00
67	สัก	1	27.81	0.00	0.00	13.91	0.00	0.00
68	ต้นหยง	1	22.69	0.00	0.00	11.34	0.00	0.00
รวม		4,534	1,908,202.37	5.09	31.80	954,101.18	2.54	15.90

ตารางภาคผนวก ข-2 ปริมาณมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น แยกตามประเภทของพันธุ์ไม้ ของสวนลุมพินี

ลำดับที่	ชื่อต้นไม้	จำนวนต้นไม้	มวลชีวภาพ		การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน			
			กิโลกรัม	ตันต่อไร่	ตันต่อเฮกแตร์	กิโลกรัมคาร์บอน	ตันคาร์บอนต่อไร่	ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์
1	นนทรี	283	563,155.03	1.56	9.78	281,577.51	0.78	4.89
2	จามจุรี	187	389,018.09	1.08	6.75	194,509.05	0.54	3.38
3	ประดู่	743	281,606.07	0.78	4.89	140,803.03	0.39	2.44
4	ไทรย้อย	69	246,954.58	0.69	4.29	123,477.29	0.34	2.14
5	โพธิ์	26	89,882.18	0.25	1.56	44,941.09	0.12	0.78
6	หางนกยูงฝรั่ง	87	67,231.92	0.19	1.17	33,615.96	0.09	0.58
7	สนประดิพัทธ์	121	60,881.24	0.17	1.06	30,440.62	0.08	0.53
8	มะขามเทศ	33	60,422.32	0.17	1.05	30,211.16	0.08	0.52
9	มะขาม	93	54,677.31	0.15	0.95	27,338.66	0.08	0.47
10	ชมพูพันธุ์ทิพย์	99	44,524.63	0.12	0.77	22,262.31	0.06	0.39
11	กระถินณรงค์	103	38,966.19	0.11	0.68	19,483.10	0.05	0.34
12	พญาศรี	45	22,324.48	0.06	0.39	11,162.24	0.03	0.19
13	แปลงลำางหวด	57	15,395.74	0.04	0.27	7,697.87	0.02	0.13
14	ปีบ	60	14,370.27	0.04	0.25	7,185.13	0.02	0.12
15	ตะแบก	114	13,335.68	0.04	0.23	6,667.84	0.02	0.12
16	เสลา	62	12,786.29	0.04	0.22	6,393.14	0.02	0.11
17	ลำป่าง	24	12,093.43	0.03	0.21	6,046.72	0.02	0.10
18	มะฮอกกานีใบใหญ่	95	11,750.33	0.03	0.20	5,875.17	0.02	0.10
19	พญาสัตบรรณ	32	11,724.11	0.03	0.20	5,862.06	0.02	0.10
20	หว่า	30	10,464.28	0.03	0.18	5,232.14	0.01	0.09
21	ช่อย	20	10,148.99	0.03	0.18	5,074.49	0.01	0.09
22	พิบูล	75	8,859.11	0.02	0.15	4,429.56	0.01	0.08
23	แคฝรั่ง	44	8,802.41	0.02	0.15	4,401.20	0.01	0.08

ตารางภาคผนวก ข-2 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อต้นไม้	จำนวนต้นไม้	มวลชีวภาพ		การกักเก็บคาร์บอน			
			กิโลกรัม	ตันต่อไร่	ตันต่อเฮกแตร์	กิโลกรัมคาร์บอน	ตันคาร์บอนต่อไร่	ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์
24	หูกวาง	11	6,914.75	0.02	0.12	3,457.37	0.01	0.06
25	คูณ	96	5,833.62	0.02	0.10	2,916.81	0.01	0.05
26	จิกทะเล	2	5,457.52	0.02	0.09	2,728.76	0.01	0.05
27	พะยุง	8	5,099.11	0.01	0.09	2,549.55	0.01	0.04
28	ต้นหยง	41	4,860.38	0.01	0.08	2,430.19	0.01	0.04
29	ยูคาลิปตัส	5	4,326.73	0.01	0.08	2,163.36	0.01	0.04
30	มะเกลือ	5	4,285.11	0.01	0.07	2,142.56	0.01	0.04
31	ส้มโอง	4	3,991.83	0.01	0.07	1,995.91	0.01	0.03
32	ขี้เหล็ก	15	3,767.15	0.01	0.07	1,883.57	0.01	0.03
33	อโศกอินเดีย	68	3,588.40	0.01	0.06	1,794.20	0.00	0.03
34	มะม่วง	12	3,031.19	0.01	0.05	1,515.60	0.00	0.03
35	ตีนเป็ดน้ำ	67	2,582.26	0.01	0.04	1,291.13	0.00	0.02
36	โพธิ์ทะเล	5	2,558.93	0.01	0.04	1,279.46	0.00	0.02
37	น้ำเต้าน้ำ	16	2,209.09	0.01	0.04	1,104.54	0.00	0.02
38	แคนา	8	2,196.36	0.01	0.04	1,098.18	0.00	0.02
39	ยางนา	10	2,097.71	0.01	0.04	1,048.86	0.00	0.02
40	สะเดา	12	2,053.31	0.01	0.04	1,026.65	0.00	0.02
41	มะหาด	2	1,965.13	0.01	0.03	982.57	0.00	0.02
42	ประดู่แดง	1	1,959.95	0.01	0.03	979.97	0.00	0.02
43	เหลืงปรีดียาร	42	1,578.60	0.00	0.03	789.30	0.00	0.01
44	กระทิง	4	1,515.01	0.00	0.03	757.51	0.00	0.01
45	หางนกยูงไทย	9	1,514.22	0.00	0.03	757.11	0.00	0.01
46	ขนุน	5	1,451.10	0.00	0.03	725.55	0.00	0.01
47	ทองหลางลาย	2	1,070.01	0.00	0.02	535.00	0.00	0.01

ตารางภาคผนวก ข-2 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อต้นไม้	จำนวนต้นไม้	มวลชีวภาพ			การกักเก็บคาร์บอน		
			เหนือพื้นดิน			เหนือพื้นดิน		
			กิโลกรัม	ตันต่อไร่	ตันต่อเฮกตาร์	กิโลกรัมคาร์บอน	ตันคาร์บอนต่อไร่	ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์
48	สัก	6	954.54	0.00	0.02	477.27	0.00	0.01
49	ปีบทอง	1	928.92	0.00	0.02	464.46	0.00	0.01
50	ทองกวาว	5	917.40	0.00	0.02	458.70	0.00	0.01
51	ทองหลาง	3	845.01	0.00	0.01	422.51	0.00	0.01
52	โมก	13	827.57	0.00	0.01	413.78	0.00	0.01
53	มะกล่ำต้น	2	790.72	0.00	0.01	395.36	0.00	0.01
54	จันทน์	7	740.91	0.00	0.01	370.45	0.00	0.01
55	เลี่ยน	1	716.63	0.00	0.01	358.31	0.00	0.01
56	แก้ว	31	644.42	0.00	0.01	322.21	0.00	0.01
57	หูกระจง	10	517.61	0.00	0.01	258.81	0.00	0.00
58	แสงจันทร์	5	512.36	0.00	0.01	256.18	0.00	0.00
59	ทองกาหลง	1	453.22	0.00	0.01	226.61	0.00	0.00
60	มะค่าแต้	1	446.09	0.00	0.01	223.05	0.00	0.00
61	หลิว	1	354.49	0.00	0.01	177.24	0.00	0.00
62	กระโดน	1	330.83	0.00	0.01	165.42	0.00	0.00
63	ชงโค	2	283.73	0.00	0.00	141.86	0.00	0.00
64	กระดังงา	5	269.12	0.00	0.00	134.56	0.00	0.00
65	มะยม	7	262.05	0.00	0.00	131.03	0.00	0.00
66	โพธิ์ศรี	2	250.36	0.00	0.00	125.18	0.00	0.00
67	เข็มต้น	2	240.28	0.00	0.00	120.14	0.00	0.00
68	สาเก	2	209.36	0.00	0.00	104.68	0.00	0.00
69	สนฉัตร	2	189.18	0.00	0.00	94.59	0.00	0.00
70	กันเกรา	5	167.45	0.00	0.00	83.72	0.00	0.00
71	คำมอกหลวง	3	119.50	0.00	0.00	59.75	0.00	0.00

ตารางภาคผนวก ข-2 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อต้นไม้	จำนวนต้นไม้	มวลชีวภาพ			การกักเก็บคาร์บอน เหนือพื้นดิน		
			กิโลกรัม	ตันต่อไร่	ตันต่อเฮกแตร์	กิโลกรัมคาร์บอน	ตันคาร์บอนต่อไร่	ตันคาร์บอนต่อเฮกแตร์
72	มะรุม	2	99.71	0.00	0.00	49.85	0.00	0.00
73	กระท้อน	1	80.31	0.00	0.00	40.15	0.00	0.00
74	บุหงาส่าหรี	1	54.56	0.00	0.00	27.28	0.00	0.00
75	ประยงค์	4	53.12	0.00	0.00	26.56	0.00	0.00
76	เทียนทอง	1	36.69	0.00	0.00	18.34	0.00	0.00
77	โมกราชินี	1	36.09	0.00	0.00	18.05	0.00	0.00
78	โมง	1	24.38	0.00	0.00	12.19	0.00	0.00
79	กุ่มแดง	1	14.23	0.00	0.00	7.11	0.00	0.00
รวม		3,082	2,137,652.96	5.94	37.11	1,068,826.48	2.97	18.56

ตารางภาคผนวก ข-3 ปริมาณมวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้ยืนต้น
แยกตามประเภทของพันธุ์ไม้ ของสวนเบญจกิติ

ลำดับที่	ชื่อต้นไม้	จำนวนต้นไม้	มวลชีวภาพ		การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน			
			กิโลกรัม	ตันต่อไร่	ตันต่อเฮกตาร์	กิโลกรัมคาร์บอน	ตันคาร์บอนต่อไร่	ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์
1	โพธิ์	34	140,692.09	1.08	6.76	70,346.05	0.54	3.38
2	นนทรี	93	57,701.19	0.44	2.77	28,850.60	0.22	1.39
3	จามจุรี	28	52,975.01	0.41	2.55	26,487.51	0.20	1.27
4	ประดู่	127	38,049.39	0.29	1.83	19,024.69	0.15	0.91
5	สนประดิพัทธ์	30	36,263.24	0.28	1.74	18,131.62	0.14	0.87
6	เสลา	110	32,180.21	0.25	1.55	16,090.10	0.12	0.77
7	คูณ	50	14,379.68	0.11	0.69	7,189.84	0.06	0.35
8	พญาศรี	23	12,245.03	0.09	0.59	6,122.52	0.05	0.29
9	ชมพูพันธุ์ทิพย์	21	8,631.92	0.07	0.41	4,315.96	0.03	0.21
10	ตะแบก	95	8,514.30	0.07	0.41	4,257.15	0.03	0.20
11	สัก	6	6,265.17	0.05	0.30	3,132.59	0.02	0.15
12	มะขามเทศ	3	5,360.72	0.04	0.26	2,680.36	0.02	0.13
13	สุพรรณิการ์	20	3,692.34	0.03	0.18	1,846.17	0.01	0.09
14	หางนกยูงฝรั่ง	7	3,656.67	0.03	0.18	1,828.33	0.01	0.09
15	แปรงล้างขวด	98	3,261.39	0.03	0.16	1,630.69	0.01	0.08
16	ไทรย้อยใบแหลม	17	2,531.19	0.02	0.12	1,265.60	0.01	0.06
17	พญาสัตบรรณ	9	2,214.42	0.02	0.11	1,107.21	0.01	0.05
18	อินทนิล	36	1,830.79	0.01	0.09	915.40	0.01	0.04
19	ทองหลวงลาย	23	1,706.84	0.01	0.08	853.42	0.01	0.04
20	ปีบ	19	1,698.43	0.01	0.08	849.22	0.01	0.04
21	นิโครธ	1	1,540.85	0.01	0.07	770.42	0.01	0.04
22	แคแสด	23	1,500.49	0.01	0.07	750.24	0.01	0.04

ตารางภาคผนวก ข-3 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อต้นไม้	จำนวนต้นไม้	มวลชีวภาพ			การกักเก็บคาร์บอน		
			กิโลกรัม	ตันต่อไร่	ตันต่อเฮกตาร์	กิโลกรัมคาร์บอน	ตันคาร์บอนต่อไร่	ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์
23	กระถินณรงค์	2	1,218.34	0.01	0.06	609.17	0.00	0.03
24	ตีนเป็ดน้ำ	14	1,160.61	0.01	0.06	580.31	0.00	0.03
25	หว่า	4	1,091.81	0.01	0.05	545.90	0.00	0.03
26	กระดังงา	5	1,015.73	0.01	0.05	507.87	0.00	0.02
27	มะเกลือ	1	904.78	0.01	0.04	452.39	0.00	0.02
28	เหลียงปริตียาธร	10	875.35	0.01	0.04	418.01	0.00	0.02
29	สะเดา	6	831.32	0.01	0.04	415.66	0.00	0.02
30	กระทิง	1	621.76	0.00	0.03	310.88	0.00	0.01
31	แสงจันทร์	12	420.19	0.00	0.02	210.10	0.00	0.01
32	หางนกยูงไทย	21	396.57	0.00	0.02	198.28	0.00	0.01
33	ชงโค	3	383.16	0.00	0.02	191.58	0.00	0.01
34	มะกอก	1	357.65	0.00	0.02	178.83	0.00	0.01
35	ชัยพฤกษ์	4	351.84	0.00	0.02	175.92	0.00	0.01
36	มะม่วง	3	249.45	0.00	0.01	124.72	0.00	0.01
37	ยางนา	3	236.05	0.00	0.01	118.02	0.00	0.01
38	มะฮอกกานีใบใหญ่	3	223.47	0.00	0.01	111.74	0.00	0.01
39	สาละลังกา	8	204.71	0.00	0.01	102.35	0.00	0.00
40	หลิว	10	202.12	0.00	0.01	101.06	0.00	0.00
41	จิกทะเล	2	192.33	0.00	0.01	96.17	0.00	0.00
42	มะขาม	3	190.42	0.00	0.01	95.21	0.00	0.00
43	ทองกวาว	1	189.02	0.00	0.01	94.51	0.00	0.00
44	แคนา	3	164.34	0.00	0.01	82.17	0.00	0.00
45	สาเก	1	141.38	0.00	0.01	70.69	0.00	0.00
46	กัลปพฤกษ์	1	114.15	0.00	0.01	57.08	0.00	0.00

ตารางภาคผนวก ข-3 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อต้นไม้	จำนวนต้นไม้ม	มวลชีวภาพ			การกักเก็บคาร์บอน		
			กิโลกรัม	ตันต่อไร่	ตันต่อเฮกตาร์	กิโลกรัมคาร์บอน	ตันคาร์บอนต่อไร่	ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์
47	บุหงาส่าหรี	1	113.76	0.00	0.01	56.88	0.00	0.00
48	มะกล่ำต้น	1	107.48	0.00	0.01	53.74	0.00	0.00
49	กาลพฤกษ์	1	107.28	0.00	0.01	53.64	0.00	0.00
50	กันเกรา	8	94.74	0.00	0.00	47.37	0.00	0.00
51	ซิลเวอร์โอ๊ค	1	83.33	0.00	0.00	41.66	0.00	0.00
52	สนฉัตร	4	63.77	0.00	0.00	31.88	0.00	0.00
53	กระถ่อน	1	61.78	0.00	0.00	30.89	0.00	0.00
54	ลำดวน	3	51.34	0.00	0.00	25.67	0.00	0.00
55	พิกุล	2	50.03	0.00	0.00	25.01	0.00	0.00
56	จำปี	1	49.69	0.00	0.00	24.84	0.00	0.00
57	มะรุ้ม	1	49.10	0.00	0.00	24.55	0.00	0.00
58	สนหนาม	1	41.84	0.00	0.00	20.92	0.00	0.00
59	โมกราชินี	1	38.90	0.00	0.00	19.45	0.00	0.00
60	เหลืองอินเดีย	1	37.14	0.00	0.00	18.57	0.00	0.00
61	คอรีเดีย	4	37.11	0.00	0.00	18.56	0.00	0.00
62	หลิวทอง	2	33.42	0.00	0.00	16.71	0.00	0.00
63	มะขามป้อม	2	31.82	0.00	0.00	15.91	0.00	0.00
64	ละมุด	2	31.64	0.00	0.00	15.82	0.00	0.00
65	เหี้ยด	1	31.55	0.00	0.00	15.78	0.00	0.00
66	ยางอินเดีย	1	31.33	0.00	0.00	15.67	0.00	0.00
67	ขนุน	1	26.87	0.00	0.00	13.43	0.00	0.00
68	โศกเหลือง	1	25.80	0.00	0.00	12.90	0.00	0.00
69	ศุภโชค	2	23.38	0.00	0.00	11.69	0.00	0.00
70	เสี้ยวดอกขาว	1	7.77	0.00	0.00	3.88	0.00	0.00

ตารางภาคผนวก ข-3 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อต้นไม้	มวลชีวภาพ				การกักเก็บคาร์บอน เหนือพื้นดิน		
		จำนวนต้นไม้	กิโลกรัม	ตันต่อไร่	ตันต่อเฮกตาร์	กิโลกรัมคาร์บอน	ตันคาร์บอนต่อไร่	ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์
71	ศรีตรัง	2	7.68	0.00	0.00	3.84	0.00	0.00
72	บุญนาคน	1	6.65	0.00	0.00	3.32	0.00	0.00
73	หูกกระจง	1	6.34	0.00	0.00	3.17	0.00	0.00
74	พุทรา	1	5.24	0.00	0.00	2.62	0.00	0.00
75	ไม้แดง	1	4.56	0.00	0.00	2.28	0.00	0.00
รวม		1,045	449,889.23	3.46	58.31	224,944.95	1.73	10.81



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	วีระ ปะทะชีนัง
วัน เดือน ปีเกิด	30 เมษายน 2527
สถานที่เกิด	บ้านบัวขาว ตำบลสระบัว อำเภอปทุมรัตน์ จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	11/16 บ้านบัวขาว ตำบลสระบัว อำเภอปทุมรัตน์ จังหวัดร้อยเอ็ด
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการแผนที่ภาพถ่ายปฏิบัติการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ศูนย์สารสนเทศ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2543	มัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนปทุมรัตน์พิทยาคม
พ.ศ. 2546	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนปทุมรัตน์พิทยาคม
พ.ศ. 2550	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ภูมิศาสตร์) จากมหาวิทยาลัยรามคำแหง
พ.ศ. 2557	ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ