แบบรายงานสรุปผลการเข้ารับการฝึกอบรม/สัมมนา/ประชุม (หน่วยงานภายนอก)

เรียน หัวหน้าส่วนภูมิสารสนเทศ (ผู้บังคับบัญชาตามลำดับชั้น)

ด้วยข้าพเจ้า 1. สมสิทธิ์ วงศรี ตำแหน่ง หัวหน้างาน ระดับ 6

2. ศรันยา สุนทอง ตำแหน่ง พนักงาน ระดับ 5

งาน สำรวจ **ส่วน** ภูมิสารสนเทศ **ฝ่าย** ฝ่ายสารสนเทศ **สำนัก** สำนักวิจัยพัฒนาและสารสนเทศ **ได้เข้ารับการ** ☑ **ฝึกอบรม** ☐ **สัมมนา** ☐**ประชุม ในหลักสูตร/เรื่อง** การประเมินการกักเก็บคาร์บอนด้วยเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ **ระหว่างวันที่** 23 มิถุนายน 2568 **ถึงวันที่** 27 มิถุนายน 2568 **เป็นเวลารวมทั้งสิ้น** 5 **วัน** ณ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) **จัดโดย** สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) **มีค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นเป็นเงิน** 30,000 บาท .

บัดนี้ ข้าพเจ้าได้เข้ารับการฝึกอบรมเรื่องดังกล่าวเรียบร้อยแล้ว จึงขอรายงานสรุปผลฯ ให้ทราบ ดังนี้

1. วัตถุประสงค์ของการรับการฝึกอบรมเรื่องดังกล่าวข้างต้นเพื่อ

เรียนรู้การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนและคาร์บอนเครดิตจากภาพถ่ายดาวเทียม และการใช้เครื่องมือ ต่างๆ ที่ใช้ในการวางแปลง การวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลข้อมูล เพื่อให้รู้จักเครื่องมือที่ใช้สามารถวางแปลง วิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลข้อมูล รวมถึงดัชนีที่เกี่ยวข้อง โดยสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้ได้จริง และหลักสูตรนี้จะเป็นหลักสูตรภาคบังคับเชื่อมโยงหลักสูตร การพัฒนาผู้ตรวจสอบความใช้ได้และผู้ทวนสอบ สำหรับผู้ประเมินภายนอก สำหรับโครงการภาคสมัครใจ (VVB) ภาคป่าไม้และการเกษตร เพื่อใช้ในการขอขึ้นทะเบียนผู้ประเมินภายนอก สำหรับโครงการภาคสมัครใจ (VVB)

2. เนื้อหาและหัวข้อวิชาของหลักสูตรที่เข้ารับการฝึกอบรม มีดังนี้

หัวข้อที่ 1 1. เครื่องมือที่ใช้ในงานวัดต้นไม้

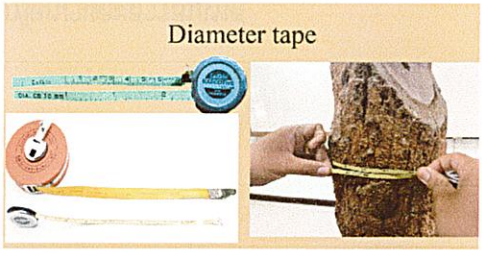
การวัดความโต (เส้นผ่านศูนย์กลางอก หรือ DBH: Diameter at Breast Height)

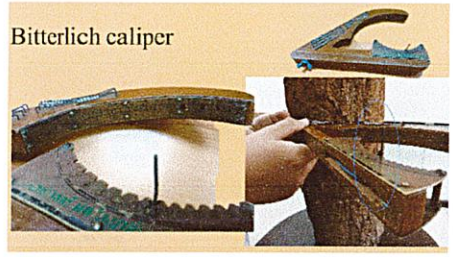
-เส้นวัดเส้นรอบวง (Diameter tape) เทปวัดที่ใช้พันรอบต้นไม้ เพื่อคำนวณเส้นผ่านศูนย์กลางโดยอัตโนมัติ (อ่านค่าตรงเป็น DBH หน่วยเป็นซม.)

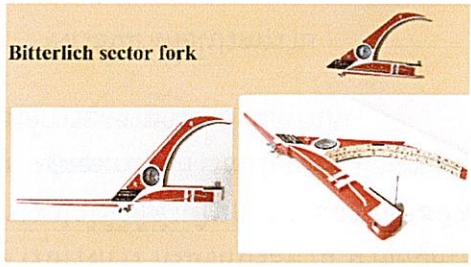
-วงเวียนวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Caliper) ใช้วัดความโตของต้นไม้โดยตรงในกรณีที่ลำต้นกลมและไม่ใหญ่มาก

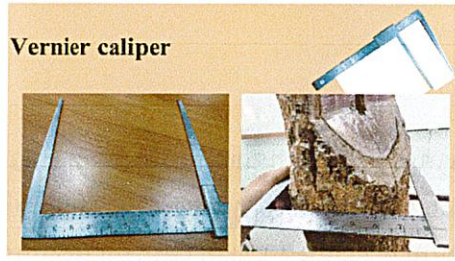
-ไม้เมตร (Measuring stick) ใช้คู่กับการหาความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน เพื่อกำหนดจุดวัด DBH

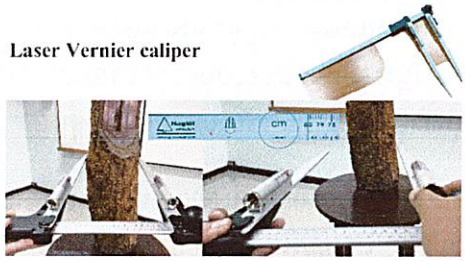
ตัวอย่างเครื่องวัดความโต

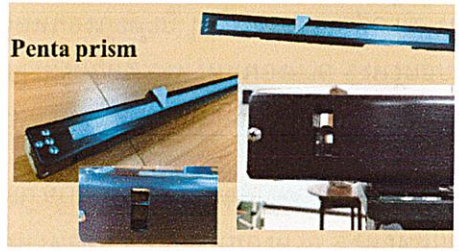












<u>การวัดความสูงของต้นไม้</u>

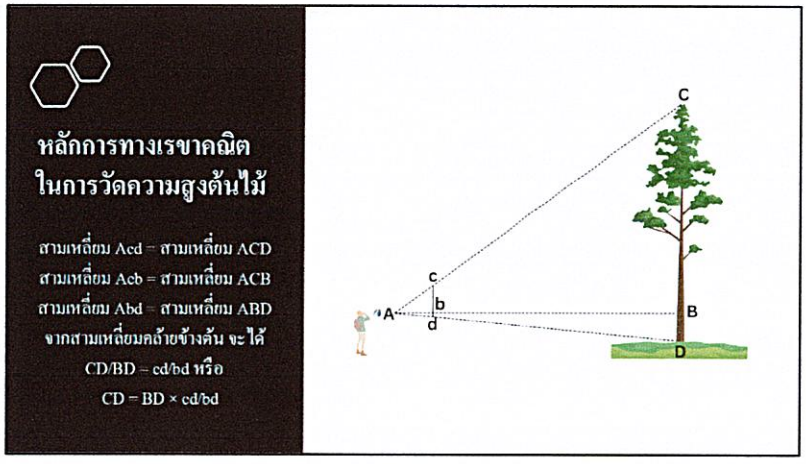
-ไม้สตาฟ หรือไม้เมตร ใช้วัดต้นไม้ขนาดเล็กหรือใช้เป็นสเกลเปรียบเทียบ

-คลิโนมิเตอร์ (Clinometer) ใช้หลักการวัดมุมจากระยะห่างแนวนอนกับยอดต้นไม้

-ไฮโปมิเตอร์ (Hypsometer) วัดมุมและระยะทาง เพื่อคำนวณความสูง

-Laser rangefinder / Vertex เครื่องวัดด้วยเลเซอร์ทันสมัย แม่นยำสูง ใช้วัดได้ทั้งระยะทางและมุม

-App มือถือ / UAV-LiDAR เทคโนโลยีใหม่ ใช้ภาพจากมือถือ โดรน หรือ LiDAR เพื่อคำนวณความสูงอัตโนมัติ

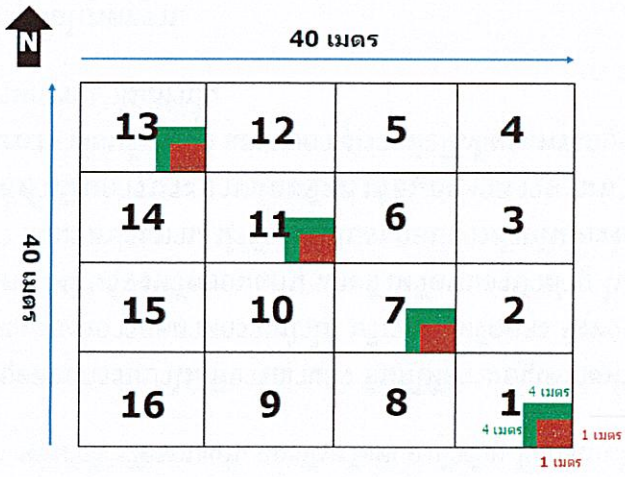


<u>การวางแปลงเพื่อการวัด</u> ประเภทของแปลงสำรวจ ได้แก่

แปลงถาวร (Permanent Plot) 20×20 ม., 40×40 ม. ใช้วัดซ้ำในระยะยาว เช่น ทุก 5 ปี

แปลงชั่วคราว (Temporary Plot) 10×10 ม., 20×20 ม. ใช้วัดเพียงครั้งเดียวเพื่อเก็บข้อมูลเบื้องต้น

แปลงแนวเส้น (Line transect) กว้าง 10 ม. ยาว 100 ม. ใช้ในการสำรวจพื้นที่กว้างและวิเคราะห์ความหนาแน่น



<u>ขั้นตอนการวางแปลง</u>

1.กำหนดจุดศูนย์กลางหรือจุดเริ่มต้นของแปลง

2.ใช้ เข็มทิศ และ เทปวัด เพื่อกำหนดขอบเขตของแปลง

3.ตอกหมุดหลักทั้ง 4 มุม (หากเป็นแปลงสี่เหลี่ยม)

4.บันทึกพิกัด GPS ของแปลงเพื่อใช้อ้างอิงภายหลัง

5.ทำแผนผังต้นไม้ในแปลง (Mapping) โดยใช้เทปวัด, เข็มทิศ และไม้เมตร

<u>วิธีวัดความโต (DBH)</u>

1.หาความสูงจากพื้นดินที่ 1.30 เมตร (สำหรับไม้ทั่วไป)

2.ใช้ Diameter tape พันรอบลำต้น (ในแนวขนานกับพื้น)

3.อ่านค่าที่แสดงเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางโดยตรง

4.หากต้นมีรากพูพอนหรือปุ่มปม ต้องปรับจุดวัดให้สูงขึ้นเล็กน้อยจนพ้นจุดบิดเบี้ยวเครื่องมือและการวางแปลง

หัวข้อที่ 2 หลักการพื้นฐานของการรับรู้จากระยะไกล

ความหมายการสำรวจข้อมูลระยะไกล การสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) คือ กระบวนการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับพื้นผิวโลกหรือวัตถุ โดยไม่ต้องสัมผัสโดยตรงกับพื้นที่หรือวัตถุนั้นๆ โดยอาศัยการตรวจวัดพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (เช่น แสง หรือคลื่นไมโครเวฟ) ที่สะท้อนหรือแผ่ออกมาจากวัตถุผ่านเซนเซอร์ ที่ติดตั้งบน ดาวเทียม อากาศยาน โดรน หรือเครื่องบิน

ประเภทและประโยชน์ของดาวเทียม

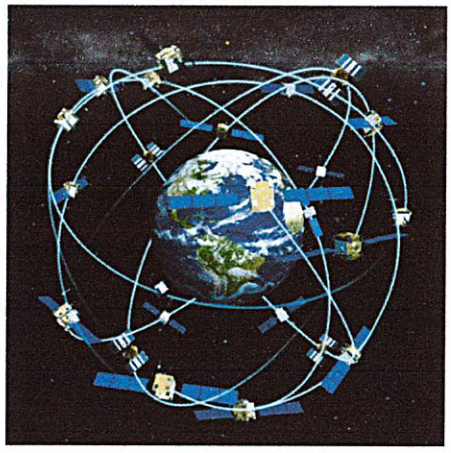
ข้อมูลเชิงแสง (Optical Remote Sensing) เช่น ภาพจากดาวเทียม Landsat, Sentinel, Google Earth ใช้แสงที่มองเห็น อินฟราเรด

ข้อมูลเรดาร์ (Radar Remote Sensing) เช่น ดาวเทียม Sentinel-1, ALOS ใช้คลื่นไมโครเวฟวัดความชื้น รูปร่างภูมิประเทศได้แม้มีเมฆ

ข้อมูลเชิงความร้อน (Thermal Infrared) ใช้วัดอุณหภูมิของพื้นผิว เช่น เมืองร้อนจัด พื้นที่ไฟป่า

ประโยชน์ของการสำรวจระยะไกล

ด้านป่าไม้ ตรวจสอบพื้นที่ป่าไม้ เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงป่า
ด้านเกษตรกรรม ประเมินพื้นที่เพาะปลูก วิเคราะห์ผลผลิต
ด้านทรัพยากรธรรมชาติ สำรวจแร่ธาตุ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ
ด้านภัยพิบัติ ตรวจสอบน้ำท่วม ไฟป่า แผ่นดินไหว
ด้านผังเมือง วางผังการใช้ที่ดิน การขยายตัวของเมือง



วงโคจรดาวเทียมคือ เส้นทางที่ดาวเทียมเคลื่อนที่รอบโลก โดยลักษณะของวงโคจรจะมีผลโดยตรงต่อประเภทของการใช้งาน เช่น การถ่ายภาพ, การสื่อสาร, การสำรวจข้อมูลระยะไกล เป็นต้น

ประเภทของเครื่องวัด/เครื่องรับรู้ (Sensor) ในการสำรวจข้อมูลระยะไกล

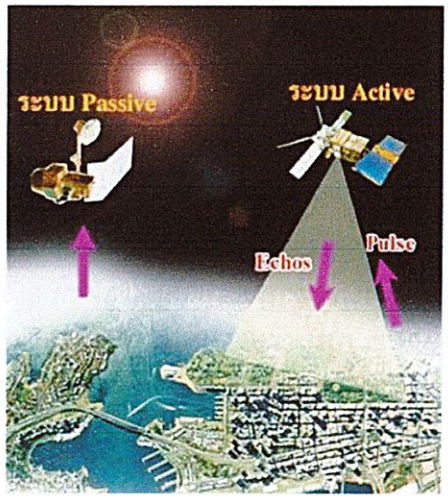
Sensor คือ อุปกรณ์ที่ใช้รับพลังงานที่สะท้อนหรือแผ่มาจากวัตถุบนพื้นโลก เช่น แสง หรือคลื่นไมโครเวฟ แล้วแปลงพลังงานเหล่านั้นให้เป็นข้อมูลภาพหรือค่าต่างๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่ แบ่งตามแหล่งพลังงาน

1. Active Sensor มีแหล่งพลังงานในตัว ส่งพลังงานไปยังวัตถุ และวัดพลังงานที่สะท้อนกลับ ข้อดี: ทำงานได้ทั้งกลางวัน/กลางคืน, เจาะผ่านเมฆ ฝน หมอก ได้

ตัวอย่าง:RADAR (Radio Detection and Ranging) LiDAR (Light Detection and Ranging) SAR (Synthetic Aperture Radar)

2. Passive Sensor รับพลังงานจากแหล่งธรรมชาติ (โดยเฉพาะแสงจากดวงอาทิตย์) วัดพลังงานที่วัตถุสะท้อนหรือแผ่ออกมา ข้อจำกัด: ต้องพึ่งแสงธรรมชาติ ใช้ไม่ได้เวลากลางคืนหรือเมื่อมีเมฆมาก

ตัวอย่าง:Multispectral scanner (เช่น Landsat, Sentinel-2) Hyperspectral sensors (เช่น AVIRIS, Hyperion) Thermal sensors (เช่น MODIS, ASTER)



ประเภทวงโครจร	ความสูง (โดยประมาณ)	ลักษณะเด่น	การใช้งาน
LEO (Low Earth Orbit)	160–2,000 กม.	ใกล้โลก, โคจรรอบโลกหลายรอบ/วัน	ดาวเทียมสำรวจโลก, ถ่ายภาพ, ดาวเทียมสื่อสาร LEO เช่น Starlink
MEO (Medium Earth Orbit)	2,000–35,786 กม.	โคจรช้ากว่า LEO, ครอบคลุมพื้นที่กว้าง	GPS, GLONASS, ระบบนำทาง
GEO (Geostationary Orbit)	35,786 กม.	อยู่กับที่เหนือเส้นศูนย์สูตร, หมุนเท่ากับโลก	ดาวเทียมโทรคมนาคม, พยากรณ์อากาศ
SSO (SunSynchronous Orbit)	600–800 กม.	ผ่านจุดเดิมในเวลาเดียวกันทุกวัน	ใช้ในการถ่ายภาพสำรวจโลก เช่น Landsat, Sentinel

ประเภทเซนเซอร์	ช่วงคลื่น	คุณสมบัติ	ตัวอย่าง
Optical Sensor	แสงที่ตามองเห็น (Visible), NIR	ใช้แสงธรรมชาติ วิเคราะห์พืช น้ำ เมฆ	Landsat, Sentinel-2
Infrared Sensor	ใกล้อินฟราเรด, ความร้อน	วัดอุณหภูมิผิวโลก, ความชื้น	MODIS, ASTER
Microwave Sensor	คลื่นไมโครเวฟ	ทะลุผ่านเมฆ ใช้ได้เวลากลางคืน	Sentinel-1, RADARSAT
Thermal Sensor	รังสีความร้อน	วัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	Landsat (Thermal Band)

ประเภทเซนเซอร์ แบ่งตามช่วงคลื่นที่ตรวจจับ

ทฤษฎีเบื้องต้นของดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI))

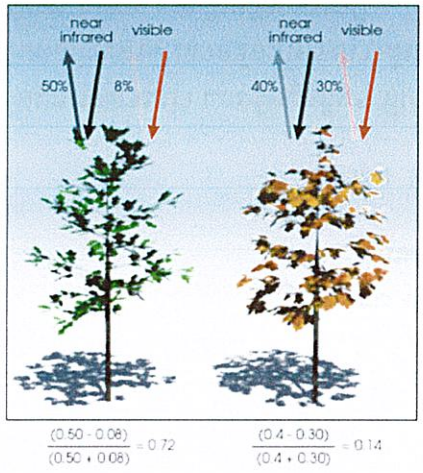
ดัชนีพืชพรรณ หรือ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) เป็นดัชนีที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากระยะไกลเพื่อประเมินปริมาณและความสมบูรณ์ของพืชพรรณในพื้นที่ โดยอาศัยค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (visible light) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (near-infrared) ค่า NDVI มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 โดยค่าที่สูงบ่งชี้ถึงพืชพรรณที่มีความหนาแน่นและแข็งแรง ส่วนค่าที่ต่ำบ่งชี้ถึงพื้นที่ที่ไม่มีพืชพรรณหรือพืชพรรณที่อ่อนแอ

NDVI คำนวณจากสมการ

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

โดยที่: NIR คือค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

Red คือค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีแดง

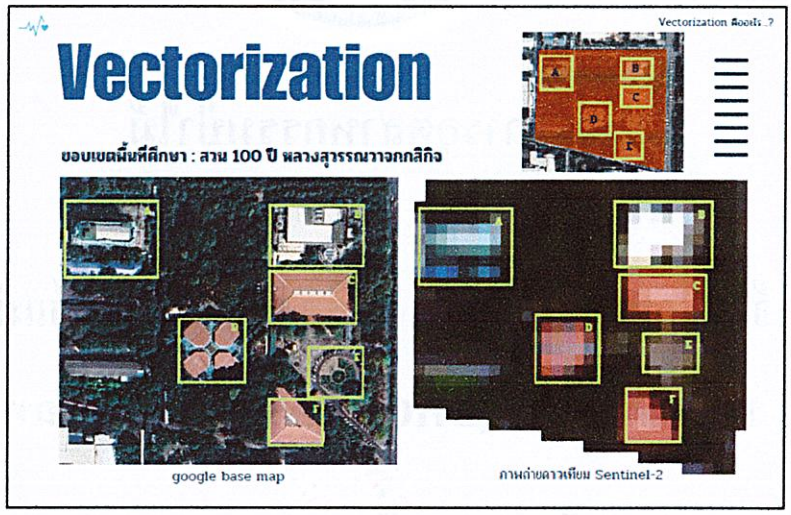


(ขอบคุณภาพประกอบจาก https://go.nasa.gov/2Eqj8UL)

หัวข้อที่ 3 Vectorization และ Rasterization

3.1. Vectorization (การแปลงภาพเป็นข้อมูลเวกเตอร์) คือ กระบวนการแปลงข้อมูลจากรูปแบบแรสเตอร์ (Raster) เช่น ภาพถ่ายดาวเทียมหรือแผนที่สแกน ไปเป็นรูปแบบเวกเตอร์ (Vector) เช่น เส้นขอบเขต, เส้นทาง, จุดหรือตำแหน่งของวัตถุ

ข้อมูลเวกเตอร์ คือ ข้อมูลที่แสดงตำแหน่งในเชิงเรขาคณิต เช่น จุด (Point), เส้น (Line), พื้นที่ (Polygon) ข้อมูลเวกเตอร์มักเก็บเป็นไฟล์รูปแบบ Shapefile (.shp), GeoJSON, หรือในฐานข้อมูล GIS



การใช้ Vectorization

ประโยชน์	รายละเอียด
การวิเคราะห์พื้นที่	คำนวณพื้นที่ ความยาว ความสำพันธ์เชิงพื้นที่
การแปลงข้อมูลแผนที่	แปลงจากภาพ --> ข้อมูลใช้ในระบบ GIS ได้
การออกแบบผังและแผน	ใช้กับงานเมือง งานสิ่งแวดล้อม วิศวกรรม
ความยืดหยุ่น	แก้ไขข้อมูลเฉพาะจุดได้สะดวก
การจัดการข้อมูล	เชื่อมกับตารางข้อมูล และใช้วิเคราะห์ในระดับลึกได้

3.2 Rasterization (การแปลงเวกเตอร์เป็นแรสเตอร์) คือ กระบวนการแปลงข้อมูลจากรูปแบบเวกเตอร์ (Vector) เช่น พิกัดเส้นถนน, แนวเขตที่ดิน ไปเป็นรูปแบบแรสเตอร์ (Raster) หรือภาพที่มี Pixels

แรสเตอร์คือ ตารางของพิกเซล (pixels) ที่แต่ละพิกเซล มีค่าที่แทนข้อมูล เช่น ค่าสี, ความสูง, NDVI ฯลฯ การแปลงเวกเตอร์เป็นแรสเตอร์มักใช้ในงานวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เช่น วิเคราะห์ความหนาแน่นของถนน, การซ้อนทับชั้นข้อมูล

ตัวอย่างการใช้ Rasterization

ข้อมูลเวกเตอร์	ผลลัพธ์หลัง Rasterization
ขอบเขตพื้นที่ป่า	แผนที่ Raster 0/1 (ป่า/ไม่ป่า)
เส้นทางถนน	แผนที่ความหนาแน่นของถนน
ข้อมูลประชากร	แผนที่ความหนาแน่นประชากรแบบพิกเซล

ตัวอย่างการใช้ Rasterization

ประโยชน์	รายละเอียด
ใช้ประมวลผลร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	ผสานข้อมูลเวกเตอร์กับภาพถ่ายดาวเทียมหรือข้มูลแรสเตอร์อื่นๆ
สร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่	ใช้สร้างแบบจำลอง เช่น แผนที่ความสูง (DEM) หรือแผนที่น้ำท่วม
วิเคราะห์และคำนวณทางสถิติ	ทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ เช่น คำนวณค่าเฉลี่ยหรือความหนาแน่นของข้อมูลในแต่ละพิกเซล

เปรียบเทียบ Vectorization&Rasterization

หัวข้อ	Vectorization	Rasterization
ความหมาย	แปลงข้อมูลจากแรสเตอร์ ⟶ เวกเตอร์	แปลงข้อมูลจากเวกเตอร์ ⟶ แรสเตอร์
ข้อมูลนำเข้า	Raster(ภาพพิกเซล,ภาพถ่ายดาวเทียม)	Vector (จุด,เส้น,พื้นที่)
ผลลัพธ์	Vector (ข้อมูลเป็นเส้น/จุด/พื้นที่)	Raster (Grid/Pixel ที่มีค่า)
ใช้ในกรณี	แยกวัตถุจากภาพถ่ายดาวเทียม	วิเคราะห์เชิงพื้นที่, ซ้อนทับ
ลักษณะข้อมูลผลลัพธ์	ข้อมูลเป็นรูปเรขาคณิตที่แม่นยำสูง	ข้อมูลเป็นตารางพิกเซล ขนาดคงที่
การใช้งานหลัก	วิเคราะห์ขอบเขต,สกัดรูปร่าง,ทำแผนที่เวกเตอร์	วิเคราะห์เชิงพิเซล,ทำโมเดลภาพ,การจำแนกพื้นที่
ข้อดี	แม่นยำ,ขนาดข้อมูลเล็ก,แก้ไขง่าย	ประมวลผลเร็ว,เหมาะกับข้อมูลต่อเนื่อง
ข้อจำกัด	ไม่เหมาะสมกับข้อมูลต่อเนื่อง เช่น ความสูง	สูญเสียความละเอียดของรูปร่าง
โปรแกรม	ArcScan, QGIS, ArcGIS	ArcGIS, QGIS, Erdas

หัวข้อที่ 4 การวิเคราะห์ความหนาแน่นเรือนยอดของป่า จากแบบจำลอง Forest Canopy Density: FCD

4.1 ความสำคัญของความหนาแน่นเรือนยอดหมู่ไม้ (FCD) ต่อการวางแปลงสำรวจ

FCD หรือ ความหนาแน่นของเรือนยอดหมู่ไม้ คือ ค่าที่แสดงถึง อัตราส่วนของพื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยเรือนยอดไม้ ต่อพื้นที่รวมในบริเวณหนึ่ง โดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

ค่าความหนาแน่นเรือนยอดสูง ⟶ ป่าทึบ

ค่าความหนาแน่นต่ำ ⟶ ป่าเสื่อมหรือพื้นที่โล่ง

ความสำคัญของ FCD ต่อการวางแปลงสำรวจคือการรู้ค่าความหนาแน่นของเรือนยอดหมู่ไม้ล่วงหน้า มีประโยชน์อย่างมากในการวางแผนงานภาคสนาม ดังนี้

1. กำหนดตำแหน่งแปลงสำรวจให้เหมาะสมกับประเภทป่า

ป่าที่มี FCD สูง (ป่าทึบ) ⟶ ต้องเลือกวิธีเข้าถึงที่เหมาะสม เช่น ใช้เส้นทางเดินป่าหรือโดรนช่วยสำรวจ

ป่าที่มี FCD ต่ำ (ป่าโปร่ง หรือฟื้นฟู) ⟶ ใช้เส้นทางเข้าถึงง่าย อาจใช้แปลงขนาดเล็กกระจาย

ตัวอย่างเช่น ใช้ภาพ NDVI หรือ FCD Map จากดาวเทียม Sentinel-2 เพื่อเลือกพื้นที่วางแปลงที่ครอบคลุมป่าหลากหลายระดับความหนาแน่น

2. ช่วยในการประมาณความหลากหลายของชนิดพรรณไม้

ป่าที่มี FCD สูง ⟶ มักมีชนิดไม้หลากหลาย ขนาดใหญ่ ⟶ ต้องใช้วิธีสุ่มตัวอย่างที่แม่นยำ

ป่าที่มี FCD ต่ำ ⟶ อาจมีชนิดไม้ไม่มาก ⟶ ใช้แปลงเล็กหรือสำรวจทั้งหมดได้

3. วางแผนการใช้ทรัพยากร (คน/เวลา/อุปกรณ์)

ป่าทึบ ⟶ ต้องใช้ทีมมากขึ้น, ใช้เครื่องมือวัดที่คล่องตัว เช่น GPS แบบแสดงภาพดาวเทียม

ป่าโปร่ง ⟶ ใช้เวลาน้อยลง อาจเก็บข้อมูลได้มากขึ้นในแต่ละวัน

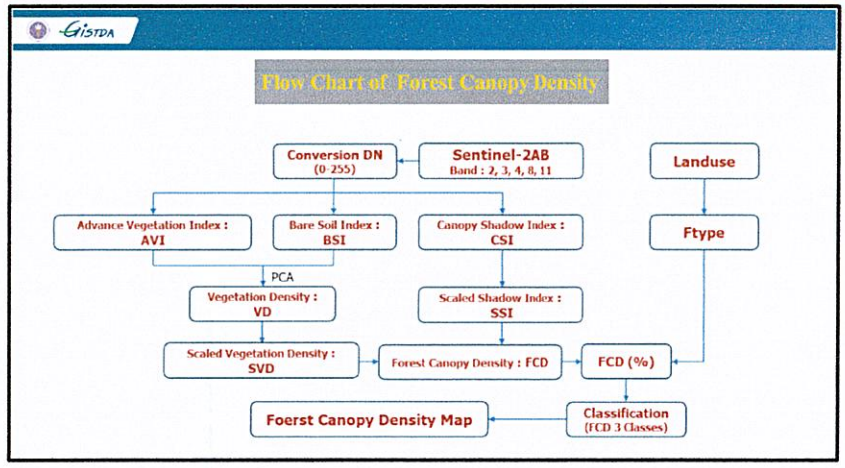
4. การสุ่มแปลงที่มีความหลากหลาย (Stratified Sampling)

หากรู้ FCD ล่วงหน้า ⟶ สามารถแบ่งชั้นข้อมูล (strata) เช่น ป่าทึบ/ป่าปานกลาง/ป่าเสื่อม แล้วสุ่มแปลงจากแต่ละชั้น ⟶ ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ทั้งภูมิภาค

5. เลือกขนาดแปลงที่เหมาะสมกับระดับความหนาแน่น

ระดับ FCD	ขนาดแปลงที่เหมาะสม	เหตุผล
สูง (>70%)	แปลงเล็ก (เช่น 20×20 ม.)	มีต้นไม้หนาแน่น ไม่ต้องการพื้นที่ใหญ่
กลาง (40–70%)	แปลงมาตรฐาน (40×40 ม.)	พืชพรรณหลากหลายปานกลาง
ต่ำ (<40%)	แปลงใหญ่ (50×50 ม. หรือมากกว่า)	ต้องครอบคลุมพื้นที่ให้พอมีข้อมูล

4.2 แผนผังขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นเรือนยอดหมู่ไม้ (FCD)



4.3 การวิเคราะห์ความหนาแน่นชั้นเรือนยอดของพื้นที่ป่าไม้ด้วยแบบจำลอง Forest Canopy Density: FCD

การวิเคราะห์ความหนาแน่นเรือนยอดของพื้นที่ป่าไม้ โดยนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดจากแบบจำลอง FCD ซึ่งประกอบไปด้วย

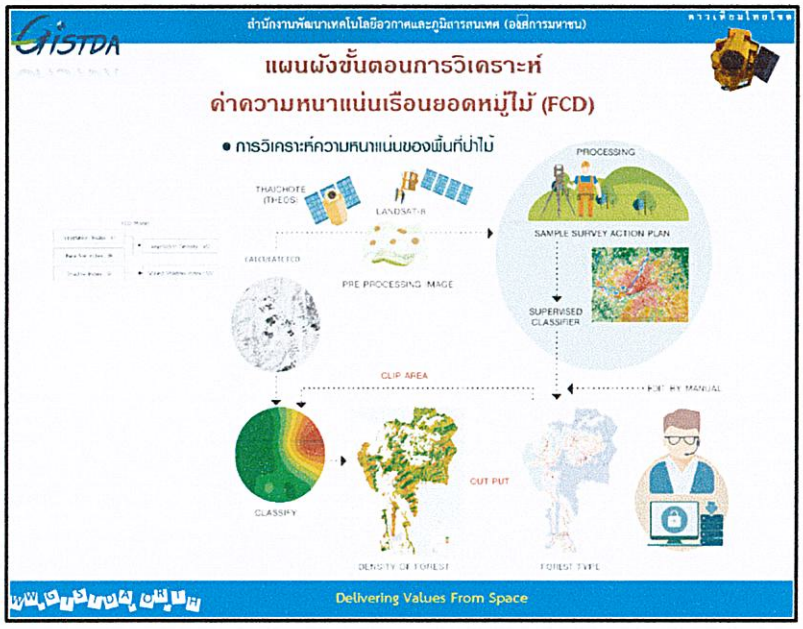
-ดัชนีความเป็นพืชพรรณ (Advanced Vegetation Index : AVI)

-ดัชนีความเป็นดิน (Bare Soil Index)

-ดัชนีความเป็นเงาต้นไม้ (Shadow Index)

-ดัชนีความร้อน (Thermal Index)

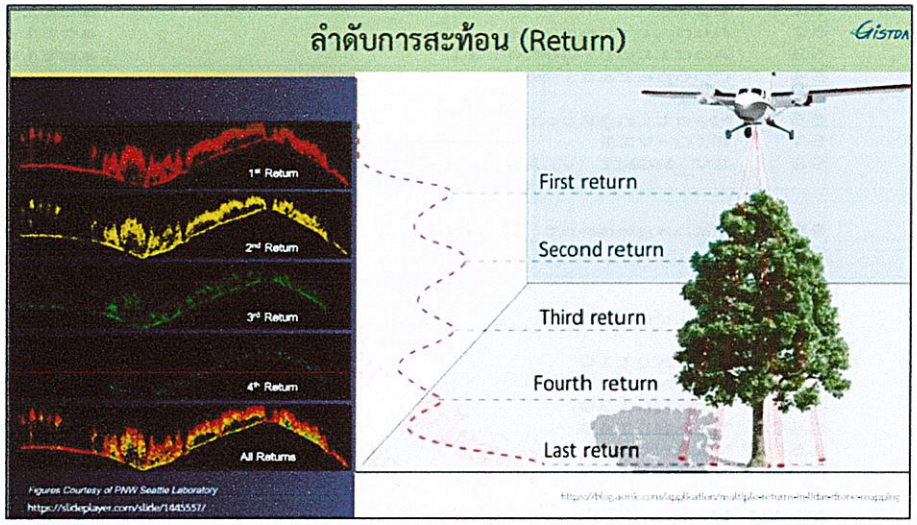
ในการอบรม ครั้งนี้ การประเมินเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของพื้นที่ป่าไม้ คำนวณจาก โปรแกรม FCD Mapper



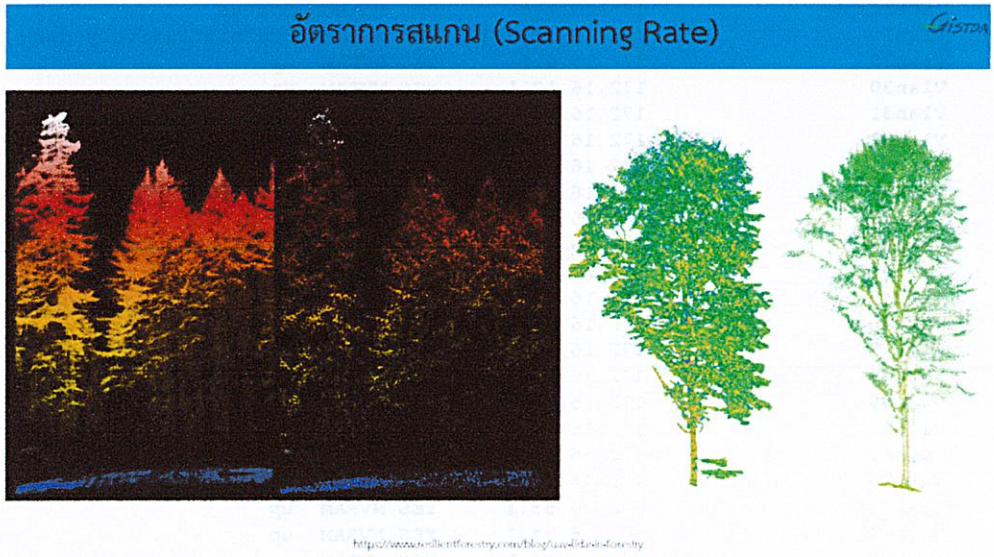
หัวข้อที่ 5 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้นของไลดาร์ (LiDAR)

ไลดาร์ (LiDAR) “Light Detection And Ranging” เป็นเทคโนโลยีของแสงเลเซอร์ เพื่อใช้วัดระยะทางหรือความสูงของวัตถุหลักการทำงานคือการส่งแสงเลเซอร์ไปกระทบวัตถุหรือพื้นผิวต่างๆ และบันทึกข้อมูลเก็บไว้ในรูปแบบ Point Cloud

ลำดับการสะท้อนของ LiDAR (LiDAR Return Sequence) หมายถึง ลำดับของคลื่นเลเซอร์ที่ถูกส่งออกไปจากเซนเซอร์ แล้วสะท้อนกลับมายังตัวรับสัญญาณ (receiver) ของระบบ LiDAR ซึ่งการสะท้อนเหล่านี้เกิดขึ้นเมื่อคลื่นเลเซอร์กระทบกับวัตถุในแนวดิ่ง เช่น เรือนยอดไม้ กิ่งไม้ ลำต้น พื้นดิน



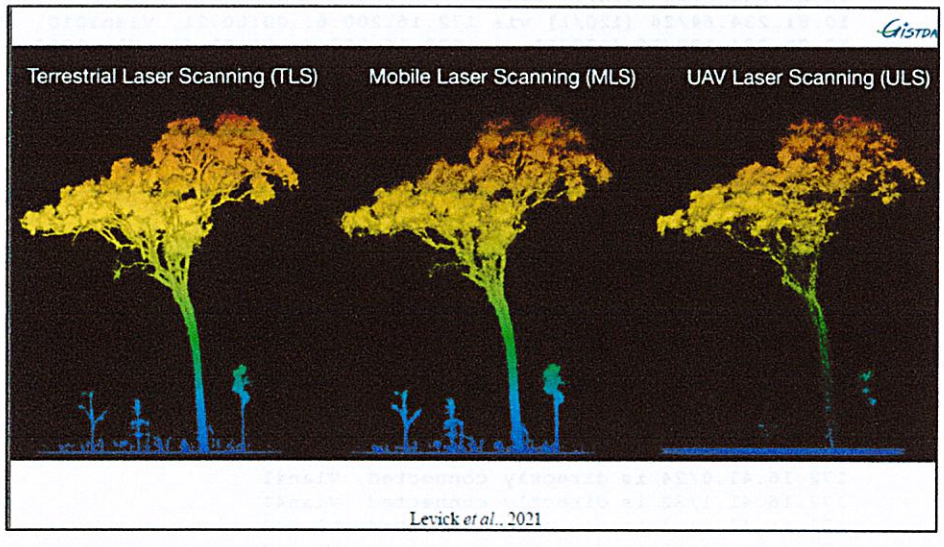
อัตราการสแกนของ LiDAR (LiDAR Scan Rate) คือ ความเร็วหรือจำนวนจุดข้อมูล (laser pulses หรือ point returns) ที่เซนเซอร์ LiDAR สามารถยิงหรือบันทึกได้ในระยะเวลาหนึ่ง เช่น ต่อวินาที หรือหน่วย Hz (เฮิรตซ์)



ระยะสแกนของ LiDAR (LiDAR Scanning Range) หมายถึง ระยะทางไกลสุดที่ระบบ LiDAR สามารถส่งลำแสงเลเซอร์ออกไป และรับสัญญาณสะท้อนกลับได้อย่างแม่นยำ โดยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น พลังงานของลำแสง, ความสามารถของตัวรับสัญญาณ, ความทึบของสิ่งกีดขวาง และสภาพอากาศ

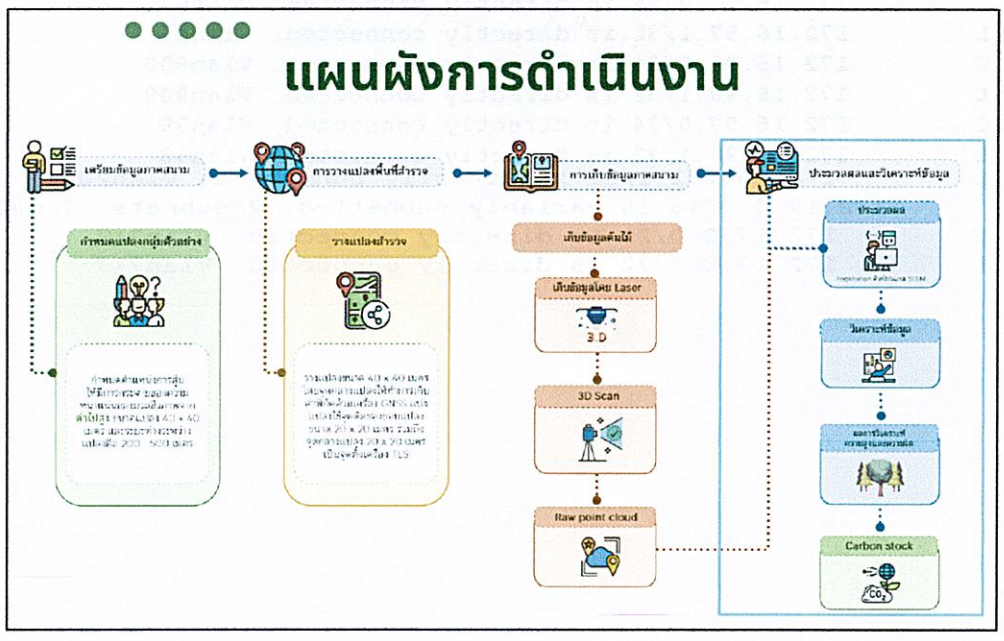
ในการอบรมครั้งนี้ใช้ FARO FOCUS PREMIUM ในการฝึกปฏิบัติ

ปัจจัย	อธิบาย
ความเร็วในการยิงพัลส์	ถ้ายิงพัลส์มาก จุดที่ได้ก็เยอะ
ความเร็วของแพลตฟอร์ม (เช่น UAV, เครื่องบิน)	บินเร็วเกินไป อาจได้ความหนาแน่นของข้อมูลน้อยลง
มุมการสแกนของเซนเซอร์	มุมกว้างเกินไปอาจทำให้ความหนาแน่นลดลงที่ขอบ
ความสูงของการบิน	ยิ่งสูง จุดที่ตกถึงพื้นยิ่งกระจาย
จำนวน return ต่อ pulse	Pulse เดียวอาจได้หลายจุดสะท้อน ถ้าเซนเซอร์รองรับ multi-return



Point Cloud ข้อมูลที่ได้จากการทำ งานของ LiDAR คือข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบจุด 3 มิติ หรือที่เรียกว่า Point Cloud โดยแต่ละจุดจะประกอบไปด้วยค่าพิกัด x, y, z รวมกันจนเป็นรูปร่าง 3 มิติของวัตถุนั้นๆและอีกองค์ประกอบหนึ่งคือค่าสีจริง (RGB) ที่ได้รับจากกล้องถ่ายภาพ 360 องศา ที่อยู่ติดในเครื่องมือ ซึ่งจะทำ ให้ข้อมูล 3 มิติ สมจริงมากขึ้น

การได้มาซึ่งข้อมูล จากเครื่อง FARO FOCUS มีการดำเนินงานดังนี้



1.กำหนดแปลงกลุ่มตัวอย่าง กำหนดตำแหน่งการสุ่มให้มีการกระจายของความหนาแน่นของมวลชีวภาพจากต่ำไปสูงขนาดแปลง 40 x 40 เมตร และระยะห่างระหว่างแปลงคือ 200 – 500 เมตร

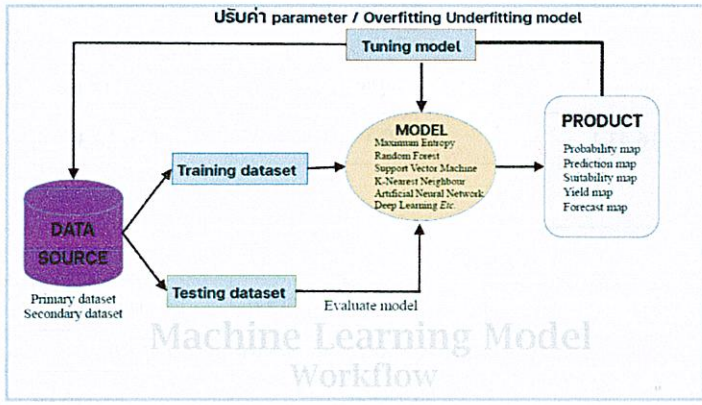
2.วางแปลงสำรวจ วางแปลงขนาด 40 x 40 เมตร โดยจุดตรงกลางแปลงให้ทำการเก็บค่าพิกัดด้วยเครื่อง GNSS แบ่งแปลงใช้จุดตัดของขอบแปลงขนาด 20 x 20 เมตร รวมถึงจุดกลางแปลงขนาด 20 x 20 เมตร เป็นจุดตั้งเครื่อง TLS

3.เก็บข้อมูลภาคสนาม เก็บข้อมูลต้นไม้ด้วยเครื่อง TLS ให้ครอบคลุมพื้นที่ ขนาดแปลง 40 x 40 เมตร โดยตั้งเครื่องสแกนจำนวน 41 -45 ตั้งสแกน (จำนวนตั้งสแกนขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของต้นไม้)

4.ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลประมวลผลข้อมูลที่ได้จากเครื่อง TLS ด้วยโปรแกรม SCENE จะได้ข้อมูล Point Cloud(.las) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความโตและความสูงของต้นไม้เพื่อนำไปประเมินการกักเก็บคาร์บอนต่อไป

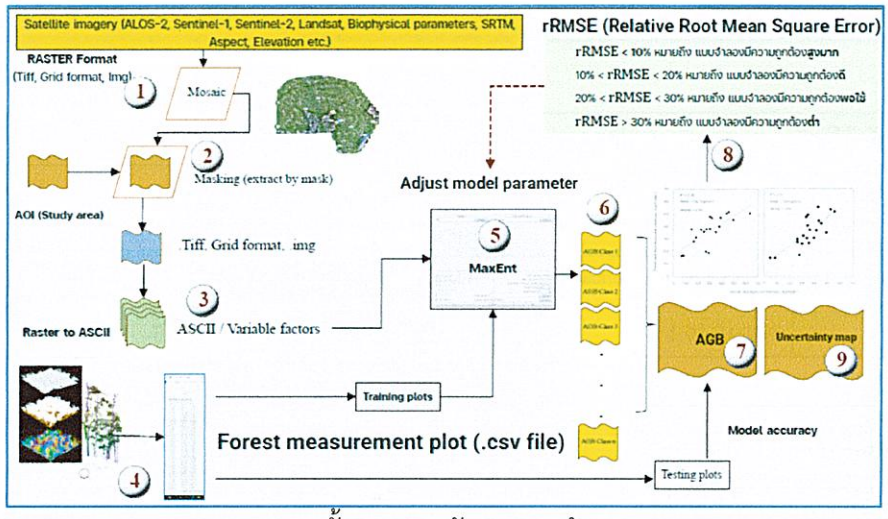
หัวข้อที่ 6 การคำนวณโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI)

จากแบบจำลอง Machine learning model หมายถึง การใช้ประสบการณ์หรือข้อมูลในอดีตที่มีการเก็บรวบรวมหรือผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการคาดคะเนเหตุการณ์ในอนาคต (Mohri, et al.,2018). Machinelearning ประยุกต์ได้หลากหลาย เช่น การดูถิ่นที่อยู่อาศัยของ พืช สัตว์ (Speciesdistribution model (SDM)) กระบวนการทำ interpolates หรือ extrapolates จากจุดที่มีการเก็บและรวมรวมข้อมูล และยังสามารถใช้ในการคาดคะเนในพื้นที่ที่ไม่มีการสุ่มข้อมูลได้อีกด้วย หรือใช้ในการคาดคะเนผลผลิตพืชต่างๆ



โปรแกรมที่ใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลอง

1. SNAP (https://step.esa.int/main/download/snap-download/)
2. ArcGIS/QGIS – เตรียมข้อมูล ให้มีขนาดเท่ากันทุกๆ factors/file format
3. Envi/ERDAS Imagine – Pre-processing image
4. Maximum entropy model (MaxEnt)/ ML Model (JAVA)
5. Excel / Origin / R– สำหรับการสร้างกราฟคำนวณความถูกต้อง



ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง

การประเมินความถูกต้องของแบบจำลอง

-ค่าสถิติที่ใช้ในการหาความแม่นยำ การยอมรับได้ของโมเดล

Variable factor	ใช้ข้อมูล Remote sensing หรือข้อมูลประกอบอื่นๆเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นปัจจัยในการประเมินค่า AGB หรือไม่
Model/Approach	ควรเป็นแบบจำลอง ML DP จะดีกว่าการใช้แบบจำลอง Regression model เนื่องจากการคาดการณ์ได้ดีเมื่อความสัมพันธ์ของปริมาณ biomass กับปัจจัยต่างๆ จากข้อมูล Remote sensing จะไม่อยู่ในลักษณะเส้นตรง
Accuracy assessment model	การตรวจแบบจำลองแยกตามชนิดป่า ใช้ค่า Relative Root Mean Square Error;rRMSE มีค่าต่ำกว่า 30% ตรวจสอบดูค่า RMSE/R^2
Training:Testing	80:20 กำหนดไว้ตามแนวทางของ อบก.
Uncertainty map	วิธีการคิดค่า Uncertaint map คิดอย่างไร
กราฟ ลักษณะ Pattern	ตรวจดูค่า Saturated value ของ Model เนื่องจากจะสัมพันธ์กับปัจจัยที่นำมาใช้ในการคำนวณ
Allometry model	ใช้สมการตามแนวทางของ อบก หรือไม่ ข้อมูลแปลงตัวอย่างเป็นป่าประเภทอะไรใช้สมการตรงตามชนิดป่าหรือไม่
Field sampling plot	Winrock Tool วิธีการคำนวณ/Stratification/Field inventory
Forest/non-forest	ใช้วิธีการอะไรจำแนกตามนิยาม/การกำหนดนิยามพื้นที่

หัวข้อที่ 7 สถิติเบื้องต้นของการสุ่มตัวอย่าง ในการอบรมครั้งนี้เป็นการใช้เครื่องมือในการคำนวณหาจำนวนแปลงตัวอย่างที่เหมาะสม จาก โปรแกรม Winrock

โปรแกรม Winrock เครื่องมือวางแผนแปลงสุ่มตัวอย่างในการประเมินคาร์บอน

Winrock คือชื่อเรียกโดยทั่วไปของชุดเครื่องมือหรือซอฟต์แวร์ที่พัฒนาโดย Winrock International ซึ่งเป็นองค์กรพัฒนาเอกชนของสหรัฐอเมริกา โปรแกรมนี้มุ่งเน้นการสนับสนุนการคำนวณทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคาร์บอนในพื้นที่ป่า (Forest Carbon Assessment) การวางแผนแปลงสุ่มตัวอย่าง (Sample Plot Design) การคำนวณคาร์บอนชีวมวลเหนือดิน (Aboveground Biomass) โครงการ REDD+, CDM และการชดเชยคาร์บอน (Carbon Offset Projects) หนึ่งในเครื่องมือเด่นที่ Winrock พัฒนาขึ้น คือ "Sample Plot Calculator" หรือ "Sample Design Tool"

ฟังก์ชันหลักของโปรแกรม Winrock ด้านการคำนวณแปลงสุ่มตัวอย่าง

1. กำหนดข้อมูลเบื้องต้น

- ขนาดพื้นที่ทั้งหมด (Total Area) ความแปรปรวนของข้อมูลคาร์บอน (Variance หรือ Standard Deviation)
- ระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ (Confidence Level เช่น 90%, 95%)
- ค่าความแม่นยำที่ต้องการ (Desired Precision เช่น ±10%)

2. คำนวณจำนวนแปลงที่เหมาะสม

- โปรแกรมจะใช้สูตรการสุ่มตัวอย่างทางสถิติเพื่อคำนวณจำนวน "แปลงสุ่มตัวอย่าง" ที่จำเป็นต้องวาง
- คำนวณจากสูตร

$$n = \left(\frac{t^2 \cdot s^2}{E^2}\right)$$

โดยที่

- n = **จำนวนแปลงสุ่มตัวอย่าง**
- t = **ค่า t จากตารางสถิติ (ขึ้นอยู่กับระดับความเชื่อมั่น)**
- s = **ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน** (Standard deviation)
- E = **ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้** (Error **หรือ** Precision)

3. การจำลองแบบ (Stratification) หากพื้นที่มีลักษณะหลายแบบ เช่น ป่าดิบ ป่าเต็งรัง ฯลฯ โปรแกรมสามารถแบ่งพื้นที่เป็น ชั้นเชิงพื้นที่ (Strata) และคำนวณแปลงสุ่มในแต่ละชั้น

4. ผลลัพธ์ที่ได้ จำนวนแปลงที่ต้องวางในแต่ละพื้นที่/ชั้นเชิง พื้นที่ครอบคลุมของแต่ละแปลงรูปแบบการวางแปลง เช่น แปลงวงกลม, สี่เหลี่ยม อัตราความเชื่อมั่นและความแม่นยำของการประเมิน

หัวข้อที่ 8 การประมวลผลและการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

การใช้เทคโนโลยี LiDAR (Light Detection and Ranging) เพื่อประเมินปริมาณคาร์บอนชีวมวลในป่า เป็นหนึ่งในวิธีการที่มีความแม่นยำและทันสมัย เนื่องจากสามารถให้ข้อมูลเชิงโครงสร้างของเรือนยอดและความสูงของต้นไม้ได้อย่างละเอียดในระดับจุด (point cloud)

การประเมินปริมาณคาร์บอนด้วย LiDAR ต้องผ่านกระบวนการ ประมวลผลข้อมูล (Data Processing) และ การตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือและมีมาตรฐานสากล

ในที่นี้ความถูกต้องของแต่ละชนิดป่า อยู่ที่ว่าหน่วยงานหรือองค์กรจะสามารถยอมรับค่าความถูกต้องได้ที่เท่าไร

3. แนวทางการนำความรู้ ทักษะ ที่ได้รับจากการเข้ารับการฝึกอบรม ครั้งนี้ ไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์

➢**ต่อตนเอง ได้แก่** ได้รับความรู้เข้าใจหลักการพื้นฐานของการรับรู้จากระยะไกล เข้าใจและสามารถทวนสอบ Shapefile ได้ เข้าใจดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) เข้าใจการวิเคราะห์ความหนาแน่นเรือนยอดของป่า จากแบบจำลอง Forest Canopy Density: FCD เข้าใจหลักการและทฤษฎีเบื้องต้นของไลดาร์ (Light Detection and Ranging: LiDAR) เข้าใจการคำนวณโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) เบื้องต้น สามารถประมวลผลและการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลระยะไกล เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการคำนวนปริมาตรไม้ การหาคาร์บอนเครดิต การทำโมเดล 3 มิติ จาก Lidar และภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อนำมาพัฒนาในการทำงานต่อไป ด้านการสำรวจสวนป่าต่อไป

➢**ต่อหน่วยงาน ได้แก่** เมื่อมีการใช้ LiDAR เป็นข้อมูลภาคสนามจะสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน อุปกรณ์ และเวลาในการเดินป่าลงได้ โดยใช้เพียงแปลงตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง (validation) เท่านั้น ทำให้สามารถบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้แบบมีข้อมูลอิงหลักฐาน และหน่วยงานสามารถใช้ข้อมูลที่ได้ในการตัดสินใจวางแผนฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรม การวางแผนการปลูกป่า หรือการรักษาป่าต้นน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เสริมสร้างความน่าเชื่อถือในระดับสากล การใช้ LiDAR และการตรวจสอบความถูกต้องตามมาตรฐานสากล ช่วยให้หน่วยงานสามารถส่งข้อมูลให้กับองค์กรต่างประเทศ หรือใช้ในการขอรับเงินสนับสนุนจากโครงการคาร์บอนเครดิตและสามารถใช้ข้อมูลซ้ำได้หลายวัตถุประสงค์ ข้อมูล LiDAR สามารถนำไปใช้ต่อในการประเมินความหลากหลายทางชีวภาพ, การจำแนกพื้นที่ป่า, การวางแนวทางอนุรักษ์ และการวางผังพื้นที่ใช้สอยอื่นๆ ได้โดยไม่ต้องบินสำรวจใหม่

4. ความต้องการให้ผู้บังคับบัญชาสนับสนุนให้พัฒนาตนเอง เพื่อส่งเสริมให้สามารถนำความรู้และทักษะ ที่ได้รับไปปรับใช้ในการปฏิบัติงานให้สัมฤทธิ์ผล

สนับสนุนให้พนักงานได้เข้ารับการอบรม เฉพาะด้านที่เกี่ยวข้องหรืองานที่สนใจเกี่ยวกับการทำงานจากสถาบันหรือหน่วยงานของเอกชนหรือรัฐบาล ที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ ด้านนั้นๆ โดยบางโครงการอาจจะมีค่าใช้จ่ายในการฝึกอบรม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความคิดเห็นผู้บังคับบัญชาจะเห็นสมควร เพื่อเป็นการเพิ่มพูนความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆในการทำงานด้านที่รับผิดชอบเป็นการเพิ่มทักษะ ความชำนาญ โดยเฉพาะเพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ลงชื่อ .....

(นางสาวศรันยา สุนทอง)
พนักงานงาน (ระดับ 5) งานสำรวจ
ส่วนภูมิสารสนเทศ ฝ่ายสารสนเทศ

ลงชื่อ .....

(นายสมสิทธิ์ วงศรี)
หัวหน้างาน (ระดับ 6) งานสำรวจ
ส่วนภูมิสารสนเทศ ฝ่ายสารสนเทศ

■ **ความเห็นของผู้บังคับบัญชา**

ปฏิบัติงานได้พัฒนาทักษะได้อย่างเหมาะสม และรู้จะตรงกับงานที่รับผิดชอบ
ควรส่งเสริมให้ได้พัฒนางานต่อไป

(ลงชื่อ) .....
(นายพนัส ศรีนวลแก้ว)
(.....หัวหน้าส่วน (ระดับ 7) ส่วนภูมิสารสนเทศ
ฝ่ายสารสนเทศ สำนักวิจัยพัฒนาและสารสนเทศ

21 ก.ค. 2568

หมายเหตุ : ส่งรายงานพร้อมทั้งเอกสารที่เกี่ยวข้องให้ผู้บังคับบัญชาตามลำดับชั้น ภายใน 1 เดือน หลังสิ้นสุดการเข้ารับการฝึกอบรม/สัมมนา/ประชุม