

How to Measure Trees with a Drone

การวัดต้นไม้โดยใช้โดรน

First make a 3D
forest model

สร้างโมเดลป่า 3 มิติ

STRUCTURE FROM MOTION
TECHNOLOGY - Height/crown
of every tree can be

ความสูง/ทรง
พุ่ม สามารถวัด

จากโมเดล
โดยใช้
โปรแกรม
Litchi flight planner + Pix4D



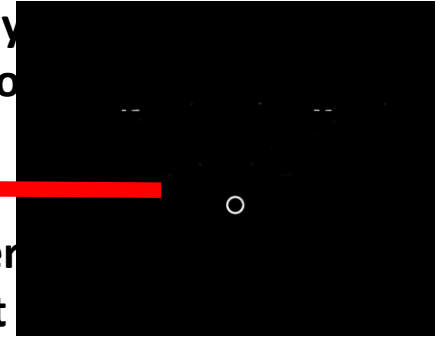
Structure from Motion Technology

- Structure from motion (SfM) is a [photogrammetric range imaging](#) technique for deriving three-dimensional structure from sequences of two-dimensional images that are coupled with position and motion data.
- To construct a 3D forest model, images must overlap by 85%.
- เทคนิคการสร้างรังวัดจากภาพถ่าย เพื่อให้ได้โครงสร้าง 3 มิติ จากการซ้อนทับกันของภาพสองมิติ โดยแต่ละภาพจะต้องมีการซ้อนทับอย่างน้อย 85%.

Near points move more rapidly than distant ones do



So the position shift of a point between overlapping photos can be used to calculate that point's distance from the drone.



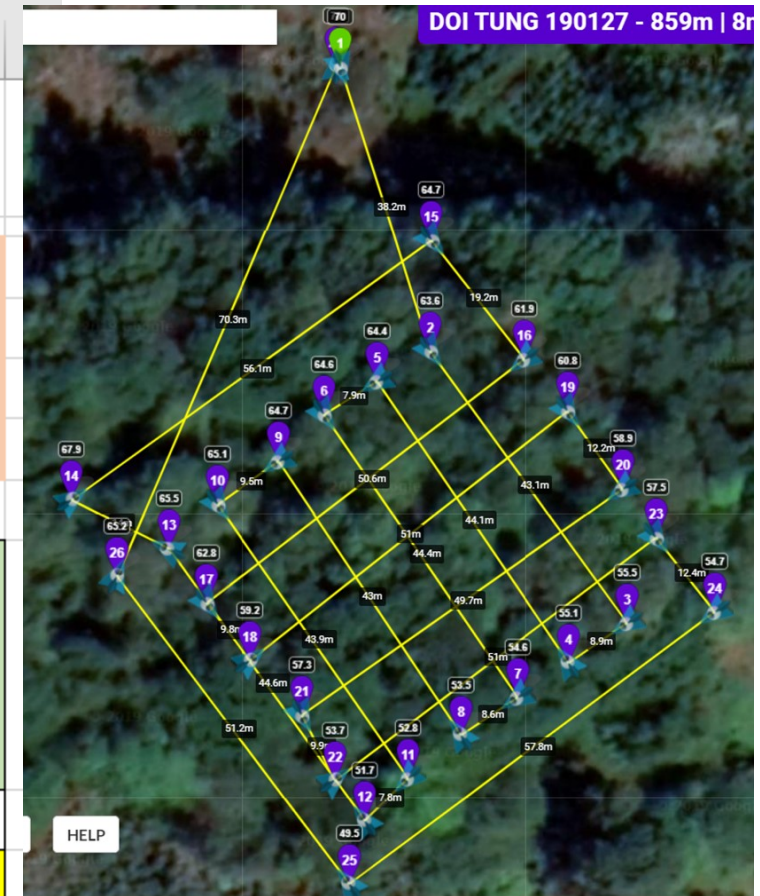
FAST

ตำแหน่งวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละรูปถูกนำมาใช้คำนวณระยะห่าง

SLOW



	A	B	C	D	E	F
1	TO CALCULATE PHOTO FREQUENCY AND DISTANCE BETWEEN LINES TO ACHIEVE A GIVEN DEGREE OF OVERLAP AT CONSTANT SPEED/HEIGHT					
3	PARAMETERS (CONSTANTS) HERE					
4	OVERLAP/SIDELAP REQUIRED	85 %		ASSUMING OL=SL		
5	Height above FOREST canopy	50 m				
6	Speed	7 km/h				
7						
8	Photo size in pixels*	Pixels in 1 m at height X m	Distance to achieve set overlap in pixels	Distance to achieve set overlap in metres	Speed in m/s	Seconds between photos**
9	5,472	72	821	11.4	1.9	5.85
10	3,078	72	462	6.4	1.9	3.29
11						
12		Moving forwards, take photos every			3.3 seconds	
13		Space between parallel lines should be about			11.4 metres	
14						
15	*standard size with P4P camera DO NOT CHANGE RESOLUTION IN APP					
16	**you can't take pictures faster than 1 every 3 seconds, so alter parameters until this number is >3					



ก่อนบินต้องคำนวณความถี่ในการถ่ายภาพ และระยะห่างระหว่างเส้นทางบินของโดรน

เพื่อให้ได้ภาพที่มีการซ้อนทับถึง 85%

In mission settings, select **FIXED ALTITUDE ABOVE THE GROUND**



Litchi automated flight planner for drones 800 THB



WAYPOINT 1 SETTINGS

Delete Insert

Latitude 20.351894

Longitude 99.823613

Altitude 70m Ground Elevation: 1282.4m (0m below first waypoint)

Above Ground

Speed Cruising

Curve Size 0m

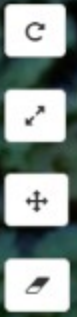
Heading 162°

POI None

Gimbal Pitch Disabled Focus POI Interpolate

Actions

+ < > + -



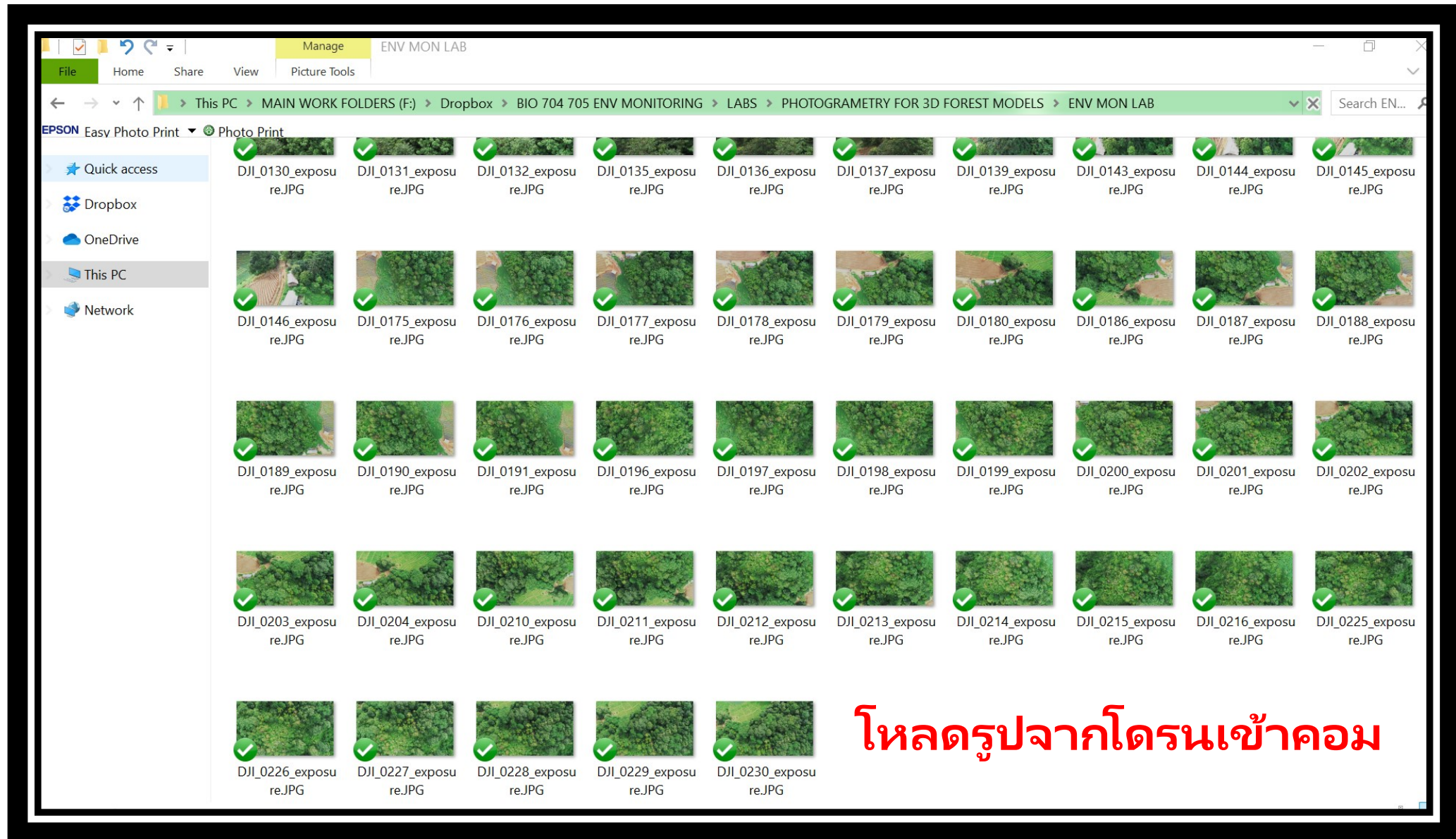
1. In the field, load mission.
1. ในภาคสนาม โหลดข้อมูลเข้าโปรแกรม
2. In camera settings, select “time lapse” capture mode - set required interval between photos.
2. ตั้งค่าความถี่ในการถ่ายภาพ
3. Set shutter speed to faster than 1/800.
3. ปรับความเร็วชัตเตอร์ให้สูงกว่า 1/800
4. Upon take off – ascend drone to 5 m.
4. บินโดรนขึ้น 5 เมตร
5. Point camera directly down.
5. แพนกล้องลง 90 องศา
6. Start the camera.
6. เริ่มถ่ายภาพ



7. Tap “play button” to upload mission to drone.
7. **กดปุ่ม “play button” เพื่ออัปโหลดข้อมูลไปยังโดรน**
8. Tap “GO” - the drone will automatically fly the flight plan autonomously, even if “signal lost”.
8. **กดปุ่ม “GO” โดรนจะบินอัตโนมัติตามเส้นทางที่กำหนดไว้ แม้ว่าสัญญาณขาดหายก็ตาม**
9. When finished, the drone will hover above the home point. Land manually.
9. **เมื่อเสร็จสิ้น โดรนจะบินกลับมาเหนือจุดออกตัว จากนั้นควบคุมโดรนให้ลงจอดแบบแมนนวล**
10. Repeat mission with camera angle set to 45 degrees.
10. **ทำซ้ำโดยปรับมุมกล้องให้ได้ 45 องศา**



Remove memory card from drone and upload photos to laptop





PIX4D

[Click for Trial](#)

Project

Process



Home



Map View



rayCloud



Volumes

Mosaic
EditorIndex
Calculator

Processing



Log Output

Processing
Options

Projects

Help

Demo Project



New Project...

Follow the wizard to create a new project with your own dataset.



Open Project...

Open an existing project.



ML2019AMR 90 DEGREES 120MAG.p4d

155 images

Last modified: Sat Sep 14 2019



STUDENT DEMO 2.p4d

23 images

Last modified: Thu Feb 14 2019



DT STUDENT DEMO 3.p4d

23 images

Last modified: Thu Feb 14 2019



HIGH RES MODEL MISSION 1.p4d

318 images

Last modified: Thu Jun 27 2019

News

Tips

New Project

This wizard creates a new project.
Choose a name, a directory location and a type for your new project.

Name:

Create In:

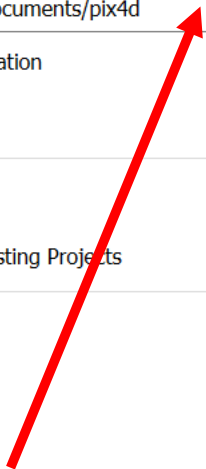
Use As Default Project Location

Project Type

New Project
 Project Merged from Existing Projects

1.p4d

SELECT THE FOLDER WHERE THE PHOTOS ARE STORED



Project Process

Home

Map View

rayCloud

Volumes

Mosaic Editor

Index Calculator

Processing

Log Output

Processing Options

New Project

Select Images

Enough images are selected: press Next to proceed.

12 image(s) selected.

Add Images... Add Directories... Add Video... Remove Selected Clear List

```

F:/D/STEVE'S STUFF/STEVE/DRONE STUFF/190914 ML2017 PINE/ANR/DJI_0049.JPG
F:/D/STEVE'S STUFF/STEVE/DRONE STUFF/190914 ML2017 PINE/ANR/DJI_0050.JPG
F:/D/STEVE'S STUFF/STEVE/DRONE STUFF/190914 ML2017 PINE/ANR/DJI_0051.JPG
F:/D/STEVE'S STUFF/STEVE/DRONE STUFF/190914 ML2017 PINE/ANR/DJI_0052.JPG
F:/D/STEVE'S STUFF/STEVE/DRONE STUFF/190914 ML2017 PINE/ANR/DJI_0053.JPG
F:/D/STEVE'S STUFF/STEVE/DRONE STUFF/190914 ML2017 PINE/ANR/DJI_0054.JPG
F:/D/STEVE'S STUFF/STEVE/DRONE STUFF/190914 ML2017 PINE/ANR/DJI_0055.JPG
F:/D/STEVE'S STUFF/STEVE/DRONE STUFF/190914 ML2017 PINE/ANR/DJI_0056.JPG
F:/D/STEVE'S STUFF/STEVE/DRONE STUFF/190914 ML2017 PINE/ANR/DJI_0057.JPG
F:/D/STEVE'S STUFF/STEVE/DRONE STUFF/190914 ML2017 PINE/ANR/DJI_0058.JPG
F:/D/STEVE'S STUFF/STEVE/DRONE STUFF/190914 ML2017 PINE/ANR/DJI_0059.JPG
F:/D/STEVE'S STUFF/STEVE/DRONE STUFF/190914 ML2017 PINE/ANR/DJI_0060.JPG

```

Help < Back Next > Cancel

Click for Trial

1.p4d

Project

News

New Project

Image Properties

Image Geolocation

Coordinate System

Datum: World Geodetic System 1984; Coordinate System: WGS 84 (EGM 96 Geoid)

Edit...

Geolocation and Orientation

Geolocated Images: 12 out of 12

Clear From EXIF From File... To File...

Geolocation Accuracy: Standard Low Custom

Selected Camera Model

FC6310_8.8_5472x3078 (RGB)

Edit...

Enabled	Image	Group	Latitude [degree]	Longitude [degree]	Altitude [m]	Accuracy Horz [m]	Accuracy Vert [m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0049.JPG	group1	18.92027653	98.83451056	1534.895	5.000	10.000	0.09922	0.01244	7.14633
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0050.JPG	group1	18.92029911	98.83450567	1535.095	5.000	10.000	0.02122	0.09772	77.74632
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0051.JPG	group1	18.92030703	98.83442094	1531.695	5.000	10.000	0.00916	0.09958	84.74631
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0052.JPG	group1	18.92031664	98.83433667	1528.295	5.000	10.000	0.00985	0.09951	84.34628
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0053.JPG	group1	18.92032008	98.83430192	1526.895	5.000	10.000	0.00000	0.00000	60.04627
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0054.JPG	group1	18.92036328	98.83424306	1522.895	5.000	10.000	0.06095	0.07928	52.44621
<input checked="" type="checkbox"/>	DJI_0055.JPG	group1	18.92039919	98.83419050	1519.395	5.000	10.000	0.00000	0.00000	52.44624

Help

< Back Next > Cancel

- Home
- Map View
- rayCloud
- Volumes
- Mosaic Editor
- Index Calculator
- Processing
- Log Output
- Processing Options

Select Output Coordinate System

Don't mess with this page

Selected Coordinate System



Datum: World Geodetic System 1984
Coordinate System: WGS 84 / UTM zone 47N (EGM 96 Geoid)

Output/GCP Coordinate System

Unit:

m ▾

- Arbitrary Coordinate System [m]
- Auto Detected: WGS 84 / UTM zone 47N
- Known Coordinate System [m]



Search Coordinate System

Advanced Coordinate Options

Processing Options Template

Standard

- 3D Maps
- 3D Models
- Ag Multispectral

Rapid

- 3D Maps - Rapid/Low Res
- 3D Models - Rapid/Low Res
- Ag Modified Camera - Rapid/Low Res
- Ag RGB - Rapid/Low Res

Advanced


- Ag Modified Camera
- Ag RGB
- Thermal Camera
- ThermoMAP Camera

Run "standard" models over night to achieve high quality.
 "Rapid" generates a model in a few minutes but quality is low.

3D Models

Generate a 3D Model from any set of overlapping images.

Image Acquisition




oblique flight terrestrial

Outputs Quality/Reliability



Low High

Processing Speed



Slow Fast

Input Image Recommendations

i Any images with a high amount of overlap such as images taken from the ground or oblique aerial images (free flight).

Start Processing Now

Help

< Back

Finish

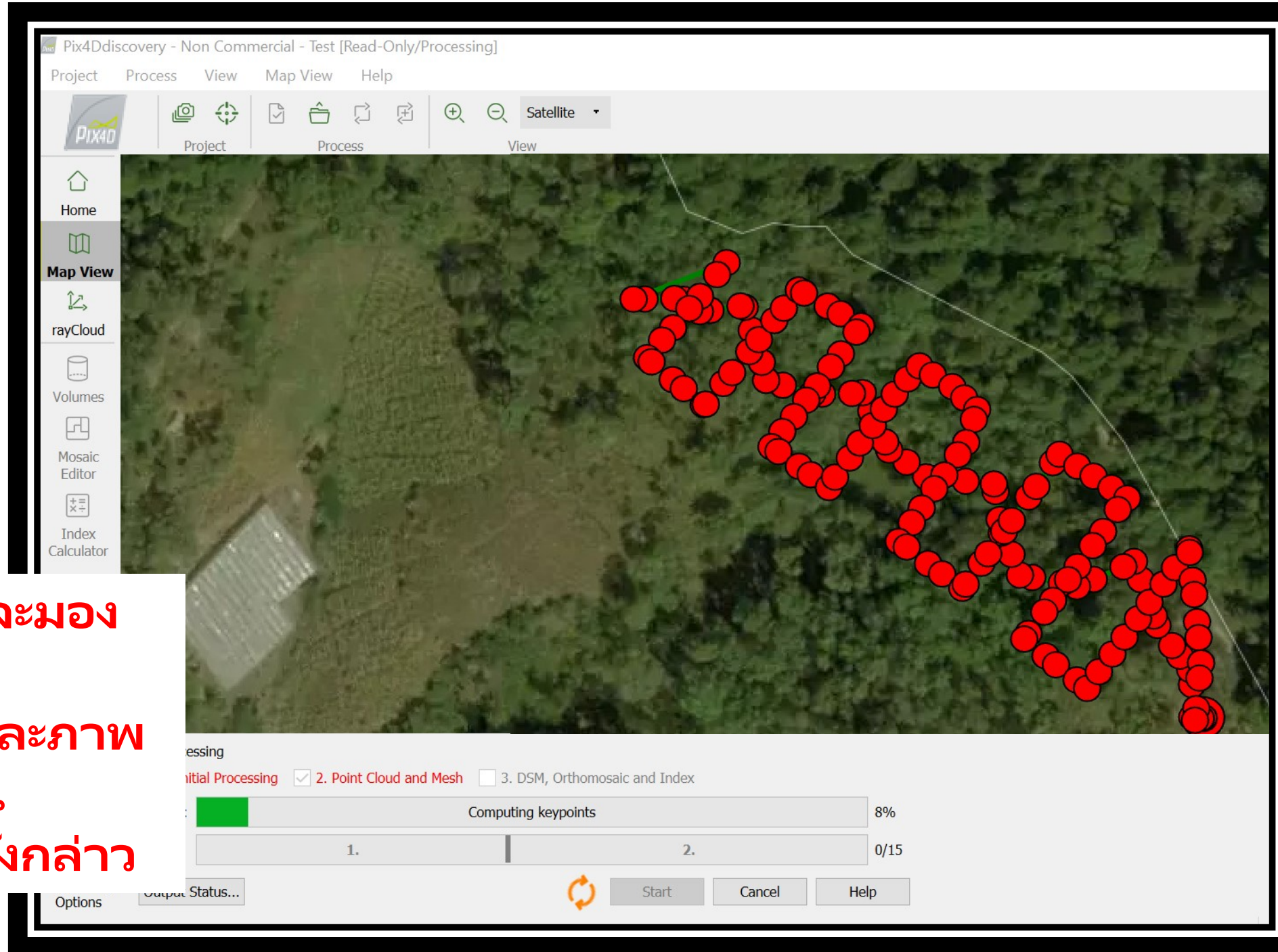
Cancel

"standard" ใช้เวลาราวหนึ่งคืนเพื่อให้ได้โมเดลที่มี

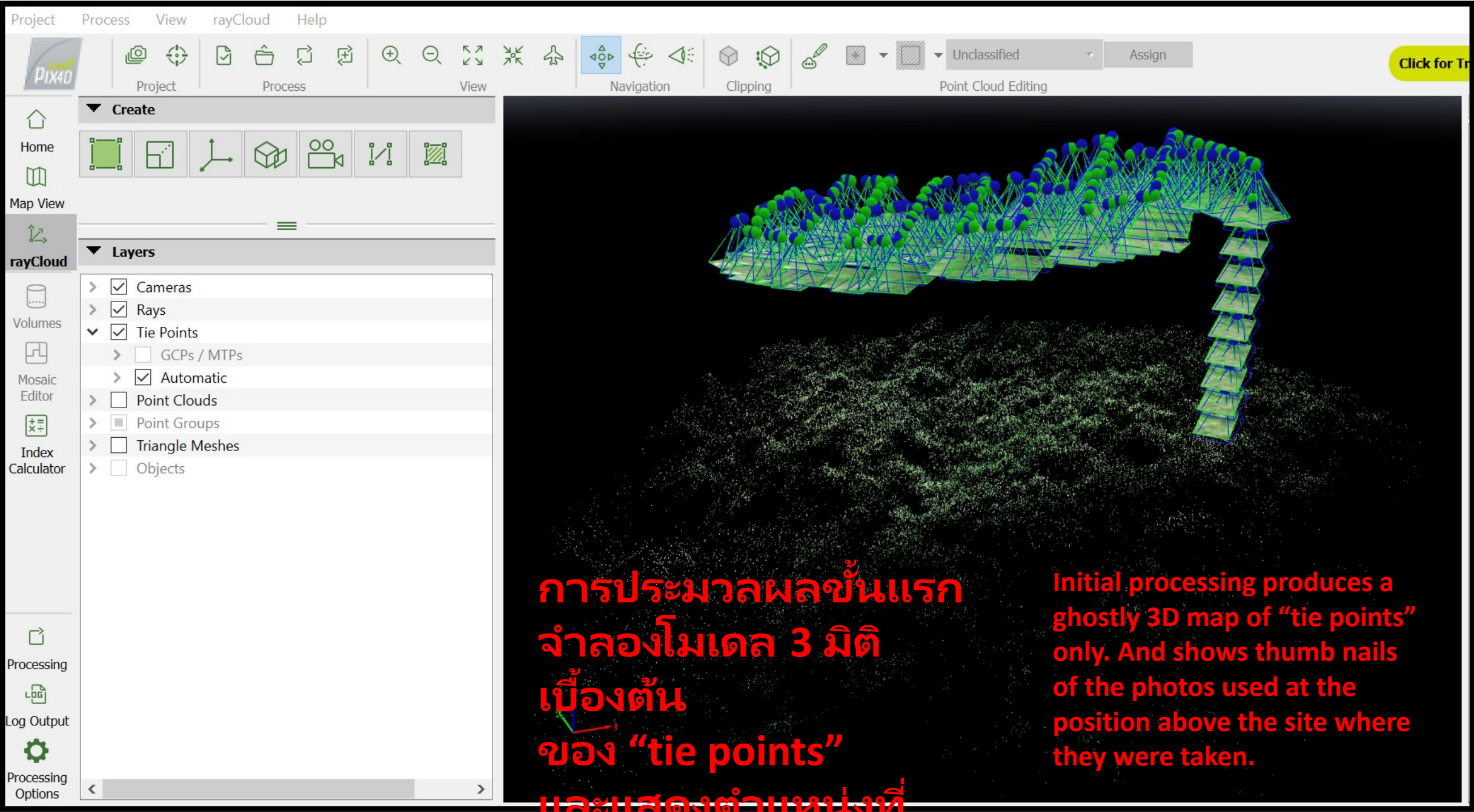
คุณภาพสูง

"Rapid" ใช้เวลาไม่นาน แต่ได้โมเดลที่มีคุณภาพต่ำ

PIX4D looks for identical points that occur in multiple photos. It measures the shift in position of those points between pairs of photos to calculate the distance of each point from the drone.



โปรแกรม PIX4D จะมองหาจุดที่เหมือนกันในแต่ละภาพโดยวัดการเปลี่ยนตำแหน่งของจุดดังกล่าวในภาพ



การประมวลผลขั้นแรก
จำลองโมเดล 3 มิติ
เบื้องต้น
ของ "tie points"
และแสดงตำแหน่งที่

Initial processing produces a ghostly 3D map of "tie points" only. And shows thumb nails of the photos used at the position above the site where they were taken.

Pix4Ddiscovery - Non Commercial - ML2019AMR 90 DEGREES 120MAG

Project Process View rayCloud Help

Project Process

Create

Home

Map View

rayCloud

Volumes

Mosaic Editor

Index Calculator

Processing

Log Output

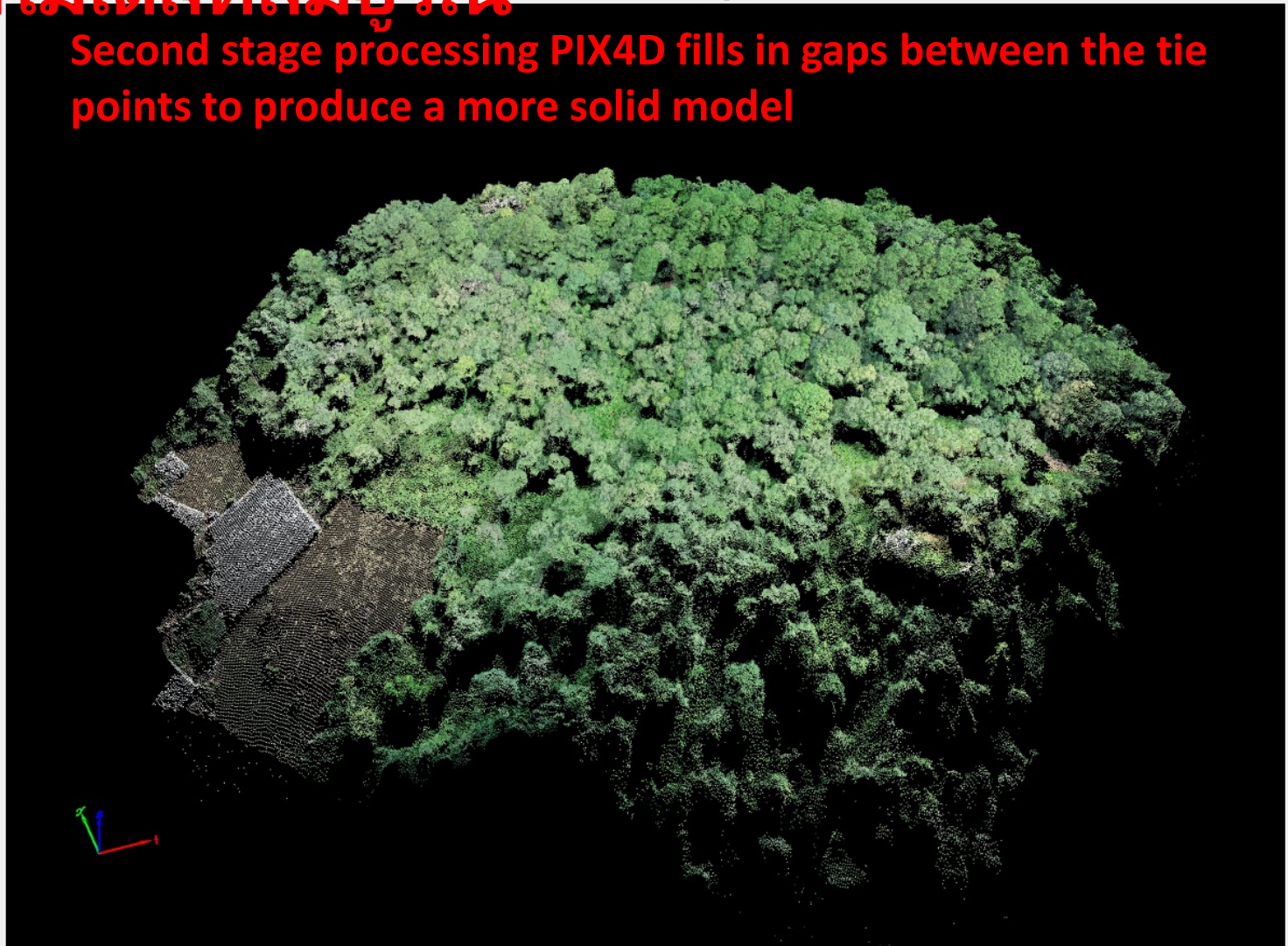
Processing Options

Layers

- Cameras
- Rays
- Tie Points
 - GCPs / MTPs
 - Automatic
- Point Clouds
 - Densified Point Cloud
 - Display Properties
 - ML2019AMR 90 DEGREES 120MAG_group
- Point Groups
 - Display Properties
 - Unclassified
 - Disabled
 - Ground
 - Road Surface
 - High Vegetation
 - Building
 - Human Made Object
 - Triangle Meshes
 - Objects

ขั้นตอนมา โปรแกรมจะเติมเต็มช่องว่างเพื่อให้ได้โมเดลที่สมบูรณ์

Second stage processing PIX4D fills in gaps between the tie points to produce a more solid model



Prop...

Select

Densified P

Help

Image

DJI 0023

DJI 0024

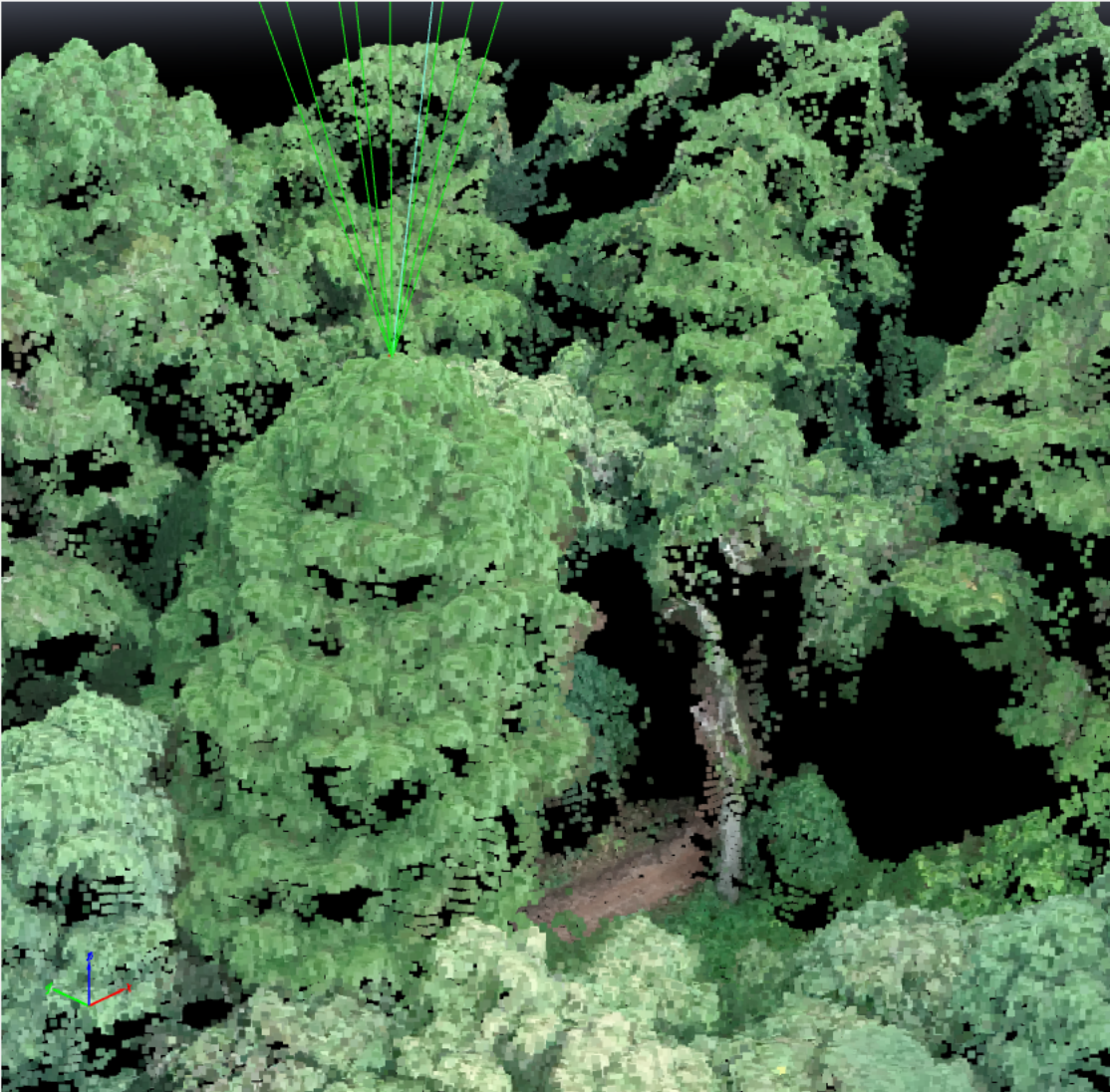
DJI 0025

DJI 0026



Click for Trial

- Home
- Map View
- rayCloud
- Volumes
- Mosaic Editor
- Index Calculator



Properties

Selection

Densified Point

Number of Images Visible In: 9

Computed Position [m]: 482569.37, 2092060.73, **1438.08**

Help

Images

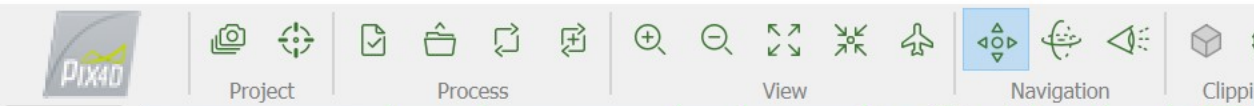
Image Size Zoom Level

DJI 0057.JPG	DJI 0058.JPG	DJI 0056.JPG	DJI 0055.JPG	DJI 0054.JPG	DJI 0053.JPG
DJI 0052.JPG	DJI 0051.JPG	DJI 0050.JPG			

**Zoom in with mouse wheel.
Click on the top of a tree and
read the altitude**

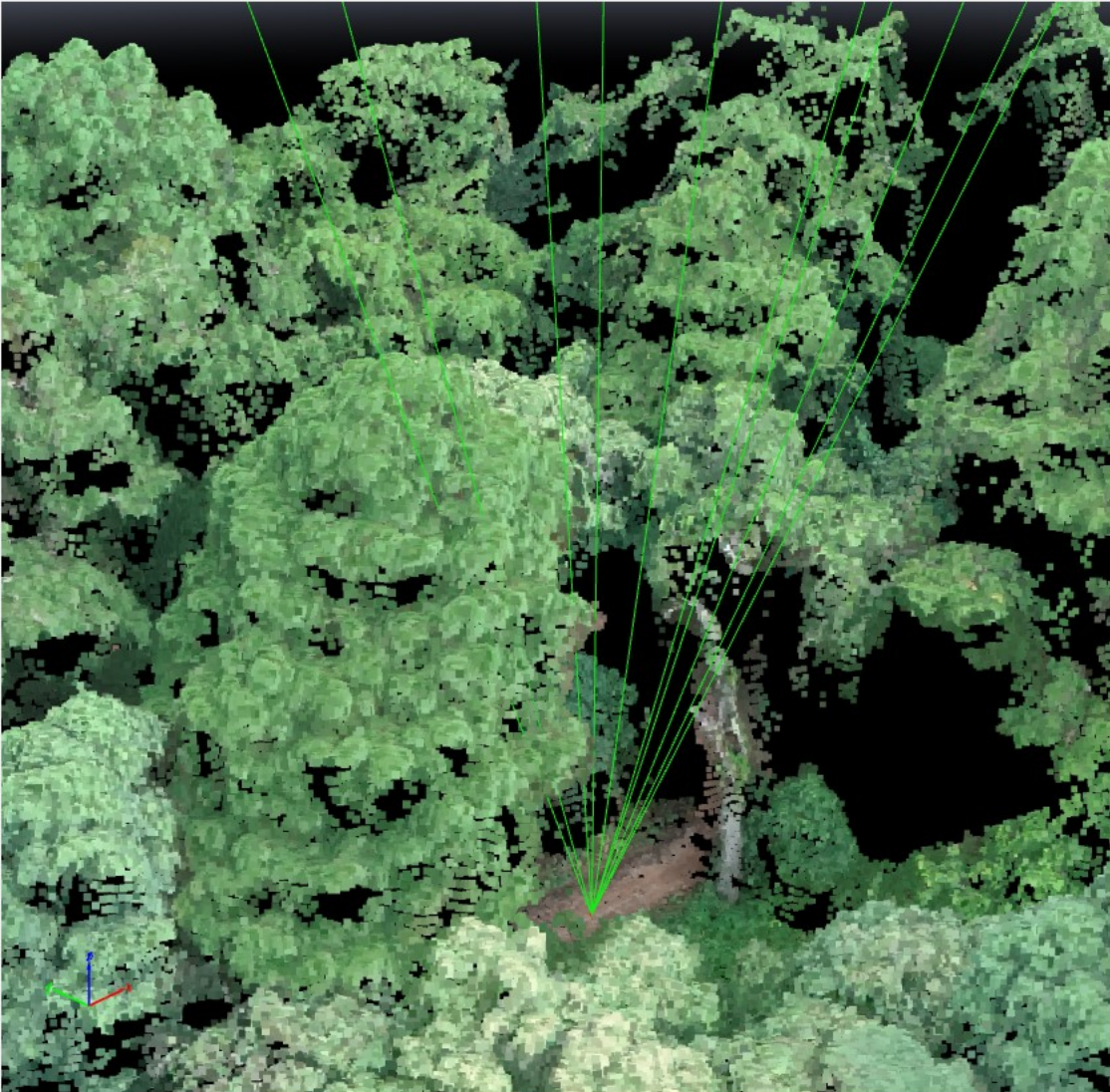
ดูยอดต้นไม้ และอ่านค่าความสูงจาก

ระดับน้ำทะเล



Click for Trial

- Home
- Map View
- rayCloud
- Volumes
- Mosaic Editor
- Index Calculator



Properties

Selection

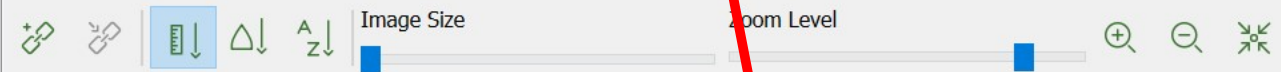
Densified Point

Number of Images Visible In: 10

Computed Position [m]: 482576.10, 2092060.15, 1416.18

Help

Images



Zoom in with mouse wheel. Click on the base of a tree and read the altitude

Processing

Processing Options

Processing 1. 2. 3. **1.** **2.** 15/15

Start Cancel

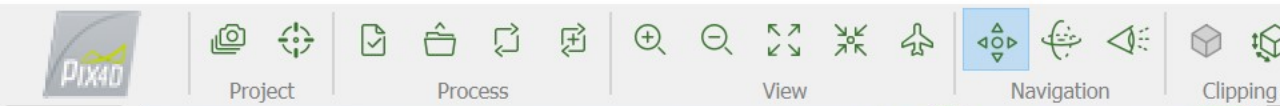
ดู โคนต้นไม้ และอ่านค่าความสูงจากระดับน้ำทะเล

Top of tree 1438.08 m above sea level

Minus

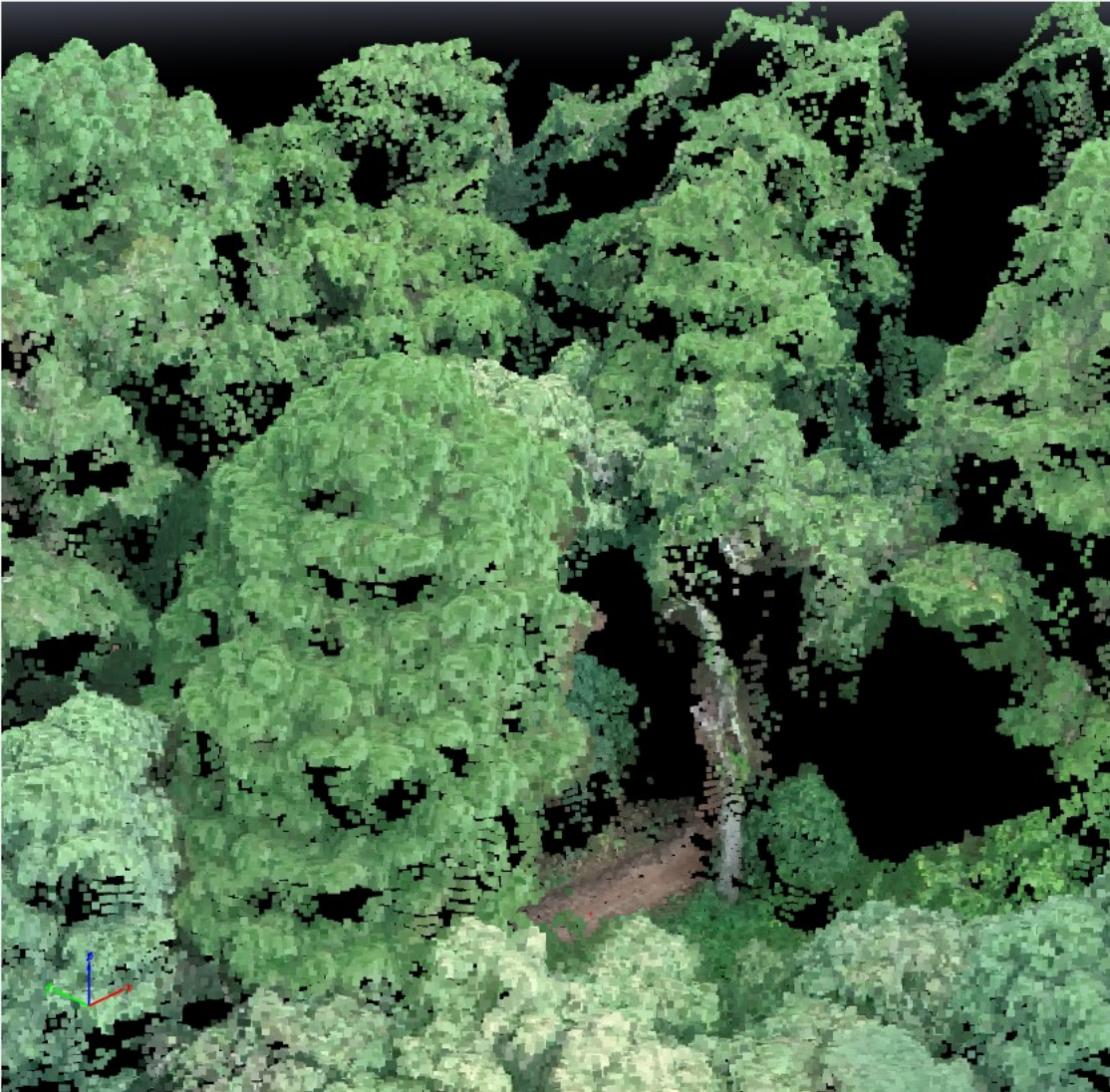
Ground 1416.18 m above sea level

= Tree height 21.90 m



Click for Trial

- Home
- Map View
- rayCloud
- Volumes
- Mosaic Editor
- Index Calculator



Properties

Selection

DJI_0050.JPG (Camera)

Camera Model: FC6310_8.8_5472x3078 (RGB)

Number of Marked MTPs and GCPs: 0

Number of Automatic Tie Points: 33008

Computed Position [m]: 482573.38, 2092016.72, 1534.82

Initial Position and Orientation

Initial Position [m]: 482573.44, 2092016.92, 1535.09

Initial Orientation (Omega, Phi, Kappa) [degree]: 0.02, 0.10, 77.75

Initial Accuracy (Horizontal, Vertical) [m]: 5.00, 10.00

Read the drone's altitude from the EXIF data



- Processing
- Log Output
- Processing Options

Processing 1. 2. 3. 15/15 Start Cancel

Images

ดับเบิลคลิกจุดที่อยู่ใกล้กึ่งกลางของทรงพุ่ม อ่านค่าความสูงจากโดรนเหนือ

Drone altitude 1535.09 m above sea level

Minus

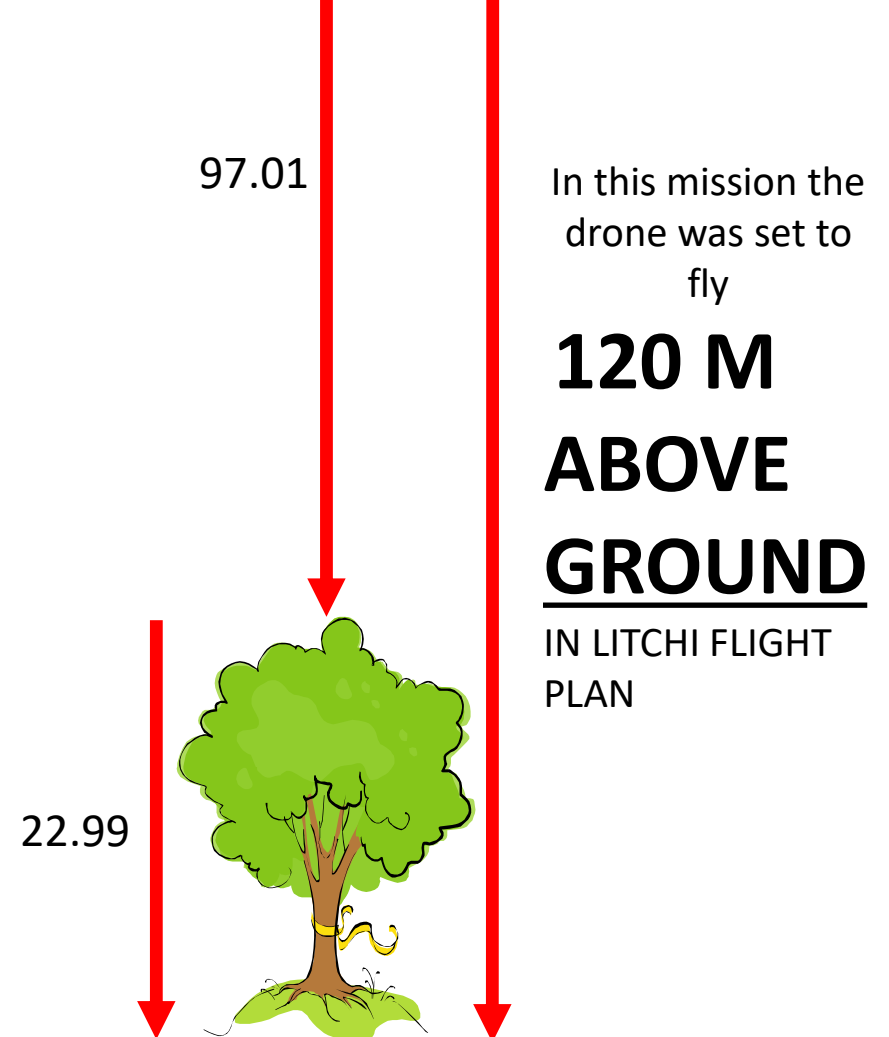
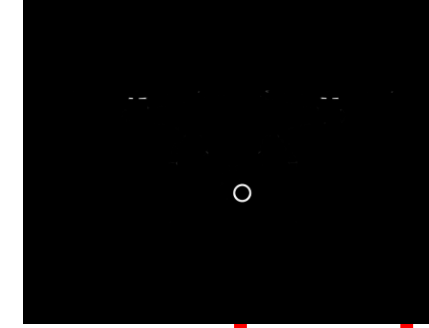
Tree top 1438.08 m above sea level

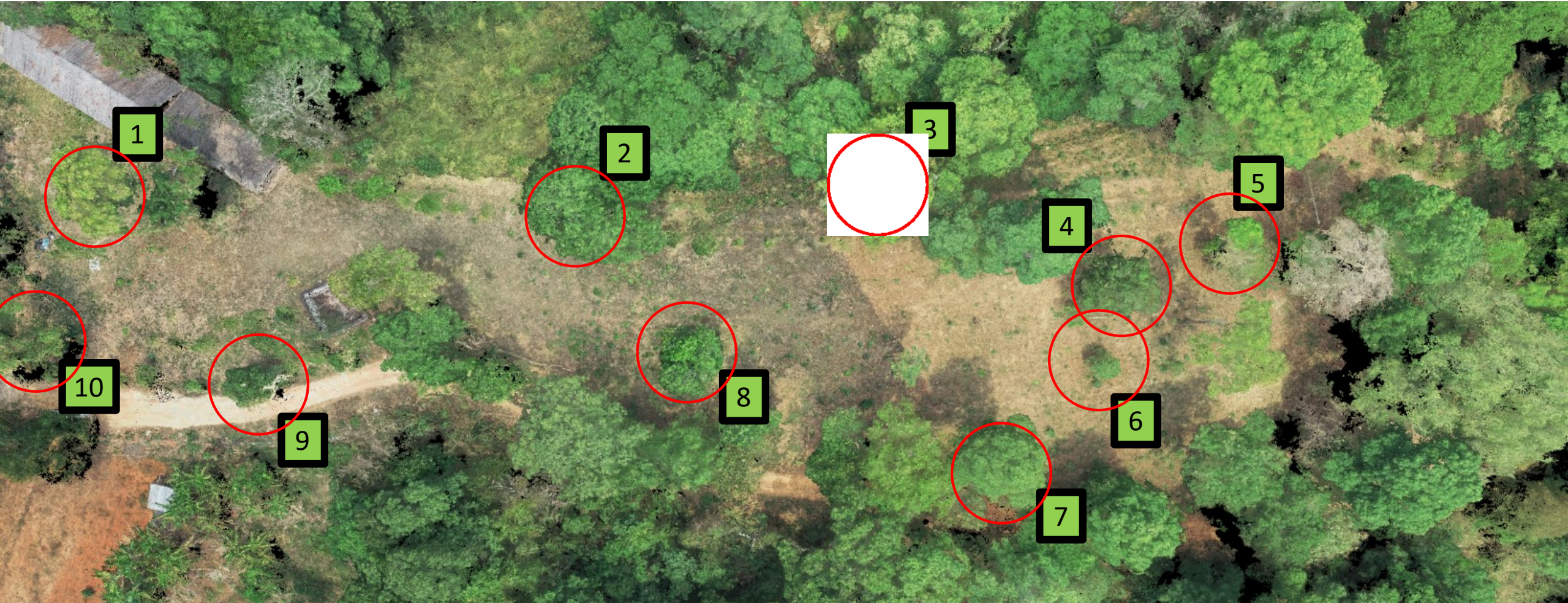
= distance drone to tree top 97.01 m

Tree height = $120 - 97.01 = 22.99$ m

Ground error 1.09 m

ค่า “ความคลาดเคลื่อนของ





1

2

3

5

4

10

8

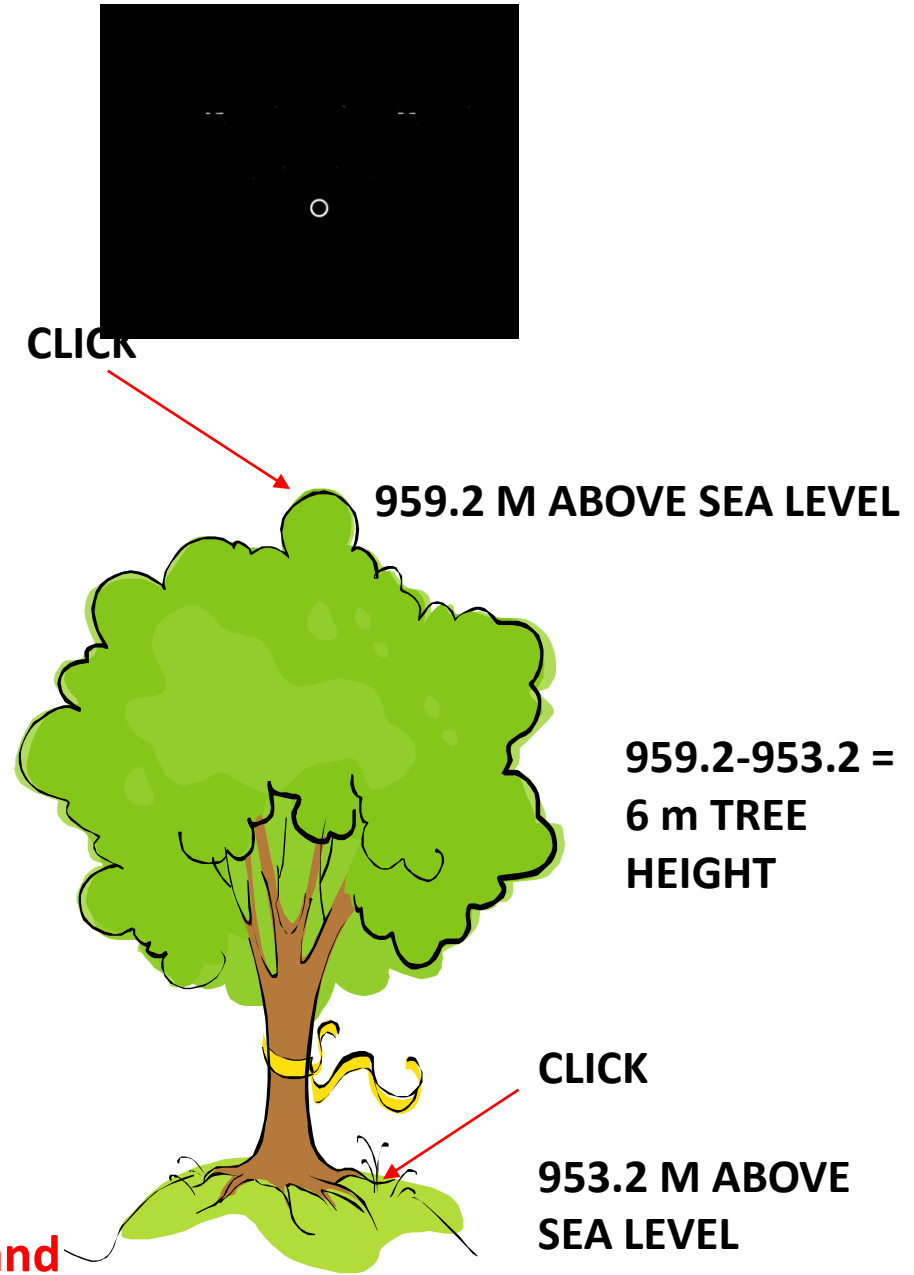
6

9

7

Click top and base

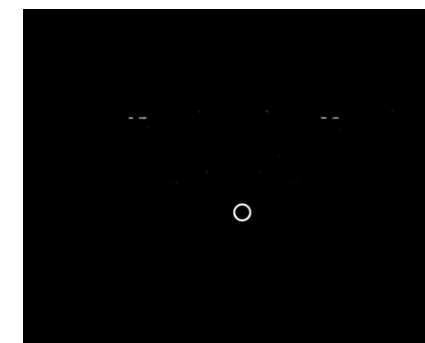
	FIELD MEASUREMENTS	MEASUREMENTS FROM 3D MODEL				
LOCAL NAME	TREE HEIGHT	TREE TOP ALTITUDE (M)	TREE BASE ALTITUDE (M)	TREE HEIGHT D MINUS E (M)	ABSOLUTE DIF. (M)	% DIF.
ทะโล้	5.8	959.2	953.2	5.9	-0.1	-2.6
จวงหอม	7.4	962.3	954.9	7.4	0.0	-0.3
เปล้าใหญ่	8.8	965.2	955.3	9.8	-1.0	-11.8
ทะโล้	12.4	966.2	953.8	12.4	0.0	0.0
ด้วขน	14.8	970.3	955.0	15.3	-0.5	-3.1
รักษาว	17.0	972.7	955.4	17.3	-0.3	-1.5
ทะโล้	19.8	972.1	954.0	18.1	1.7	8.5
มะกอกเกลื่อน	20.6	973.4	955.2	18.3	2.3	11.3
ทะโล้	23.4	976.4	950.0	26.4	-3.0	-12.7
ไทรย่อยใหญ่	24.7	978.7	955.6	23.1	1.6	6.4
				Mean	0.1	-0.6
				SD	1.5	7.9



Click tree top and base – error is low

Click top and use drone altitude at fixed height above the ground

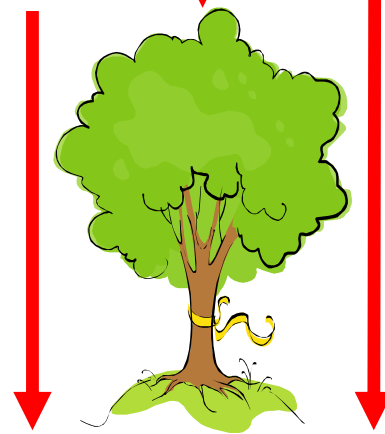
	FIELD MEASUREMENTS	FROM DRONE HEIGHT				
LOCAL NAME	TREE HEIGHT	ALTITUDE DRONE CAMERA (M)	DIST. DRONE TO TOP (M)	TREE HEIGHT 70 MINUS J (M)	ABSOLUTE DIF. (M)	% DIF.
ทะโล้	5.8	1,017.8	58.7	11.3	-5.5	95.5
จวงหอม	7.4	1,020.3	57.9	12.1	-4.7	63.9
เปล้าใหญ่	8.8	1,021.8	56.6	13.4	-4.6	52.4
ทะโล้	12.4	1,014.9	48.6	21.4	-9.0	72.4
ตีวชน	14.8	1,018.1	47.8	22.2	-7.4	50.0
รักขาว	17.0	1,016.5	43.8	26.2	-9.2	54.1
ทะโล้	19.8	1,016.7	44.5	25.5	-5.7	28.7
มะกอกเกลื่อน	20.6	1,016.7	43.2	26.8	-6.2	30.0
ทะโล้	23.4	1,019.3	42.9	27.1	-3.7	15.9
ไทรย้อยใหญ่	24.7	1,018.0	39.3	30.7	-6.0	24.2
				Mean	-6.2	48.7
				SD	1.8	24.6



58.7

SET DRONE TO FLY
70 M
ABOVE
GROUND
IN LITCHI FLIGHT
PLAN

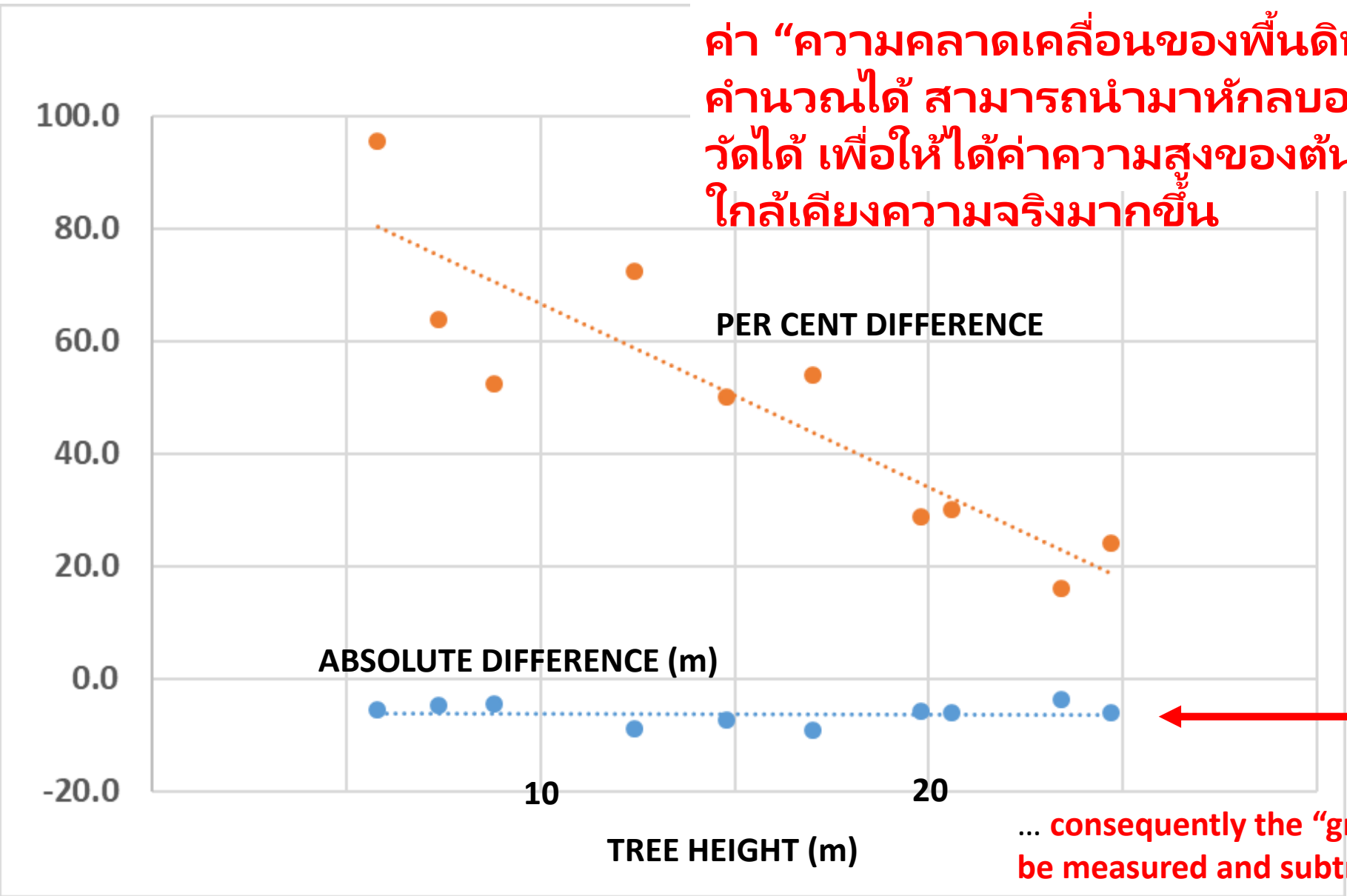
11.3



Using drone height – error is larger but fairly constant, and always in the same direction – due to the model (or Google Earth) placing the ground too high or too low

การวัดความสูงจากโดรน แม้จะมีความคลาดเคลื่อนสูง แต่มีค่าคงที่ และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

ค่า “ความคลาดเคลื่อนของพื้นดิน” ที่คำนวณได้ สามารถนำมาหักลบออกจากค่าที่วัดได้ เพื่อให้ได้ค่าความสูงของต้นไม้ที่ใกล้เคียงความจริงมากขึ้น



... consequently the “ground error” can be measured and subtracted from all measurements to get a closer estimate of tree height

Best approach

ข้อเสนอแนะ

๕

1. Select 10 **calibration** trees with clearly visible bases. Measure their height in the field (using clinometer, range finder etc.).

1. เลือกต้นไม้ 10 ต้น ที่สามารถเห็นโคนต้นได้ชัดเจน จากนั้นวัด

2. **ความสูงในภาคสนาม** Measure their height, using drone height above ground.

2. **วัดความสูงของต้นไม้โดยใช้ความสูงของโดรน** Calculate tree height above ground. Check for low variance

3. **คำนวณค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนของพื้นดิน ตรวจสอบให้**
แน่ใจว่าความแปรปรวนมีค่าต่ำ

Best approach

4. Measure other trees, using drone height.

4. วัดความสูงของต้นไม้อื่นๆ โดยใช้ความสูงของโดรน

5. Subtract the mean ground-error – to get closer approximation of tree height.

5. นำมาลบด้วยค่าความคลาดเคลื่อนของพื้นดิน เพื่อให้ได้ค่าความสูงที่ใกล้เคียงค่า

ความเป็นจริงมากขึ้น

6. Where the base of the tree is visible – click top and base.

หากเห็นโคนต้นไม้ในโมเดล ให้ใช้วิธีการคลิกยอดและโคนต้นไม้

... so that's how you
measure trees with a
drone.

... และนี่คือวิธีการวัดต้นไม้โดยใช้โด
รน