

PhenoRobot

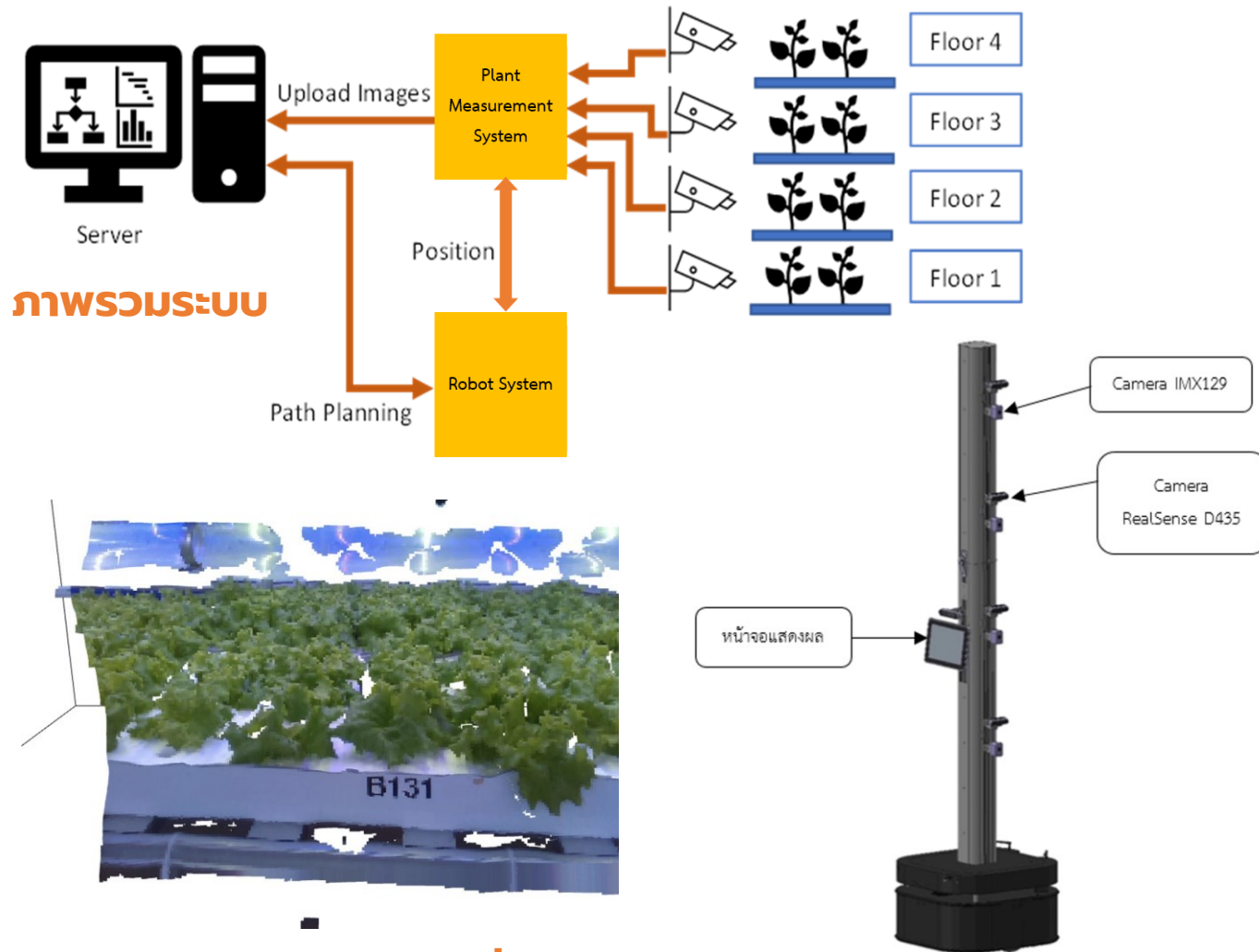
Smart Agri Days 2025

Teera Phatrapornnant

Digital Agriculture Technology Research Team
National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC)
National Science and Technology Development Agency (NSTDA)

Thailand Science Park Convention Center
28 August 2025

Phenotyping Robot



ตัวอย่างภาพ 3D ของพืชที่ตรวจวัด

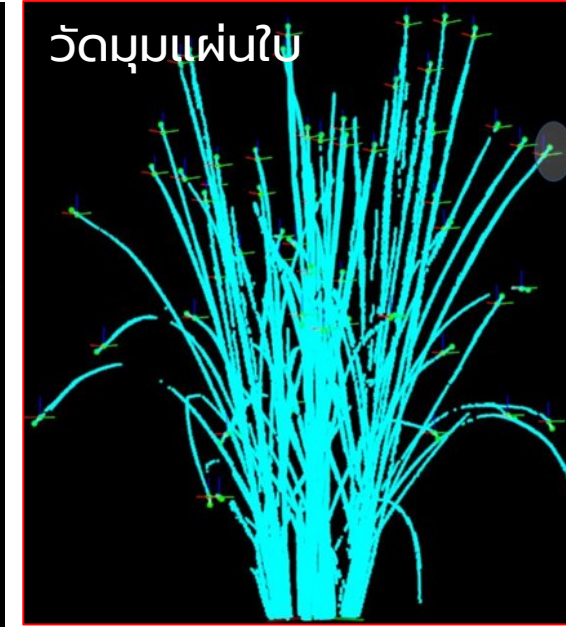
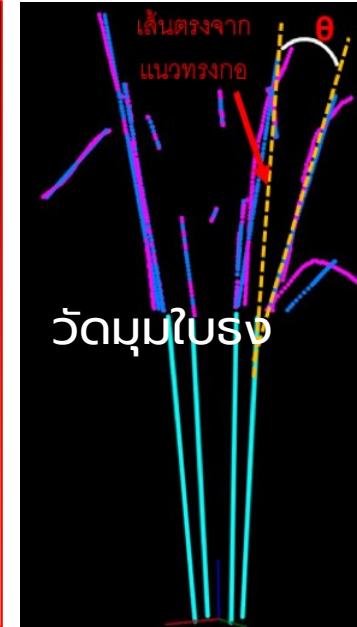
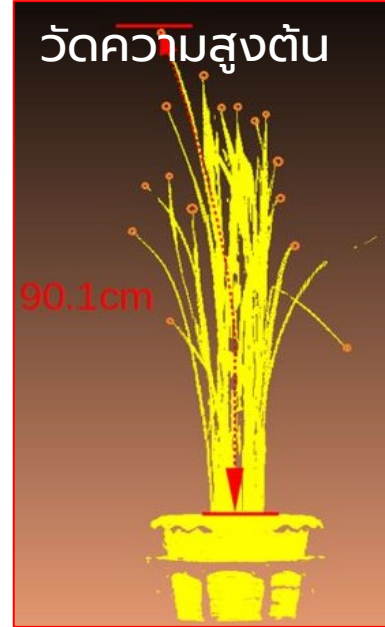
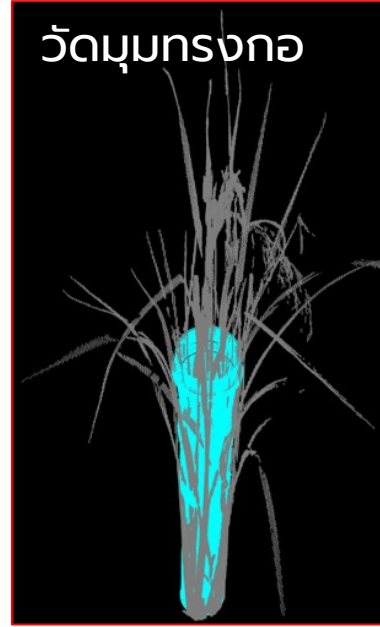
โครงสร้างหุ่นยนต์



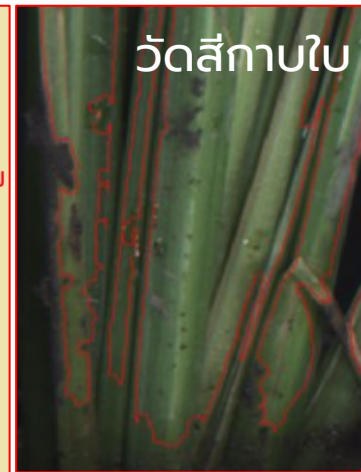
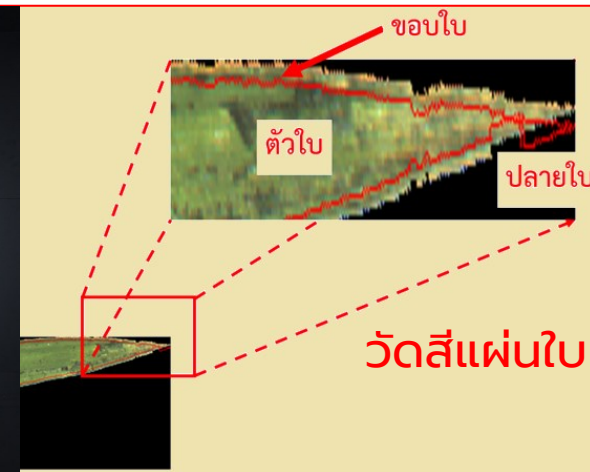
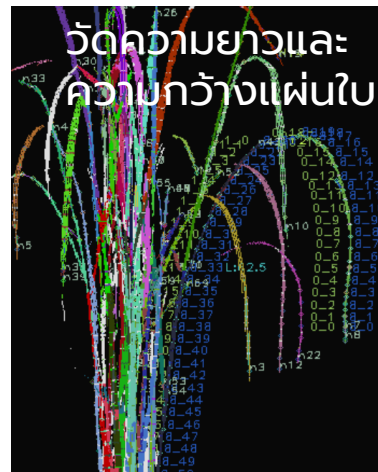
การทำงานในโรงงานผลิตพืช

Plant Phenotyping

Phenotyping – Plant Traits Measurement



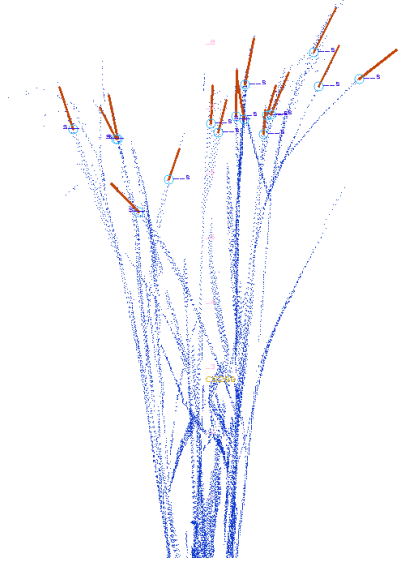
- ประเมินลักษณะวิทยา (morphology)
- ตรวจวัด Traits ของต้นข้าว
- เพื่อใช้ศึกษาการตอบสนองของพืชต่อสภาพแวดล้อม
- เทคโนโลยี Computer Vision ถ่ายและวิเคราะห์ข้อมูลภาพ 2 มิติ และ 3 มิติ



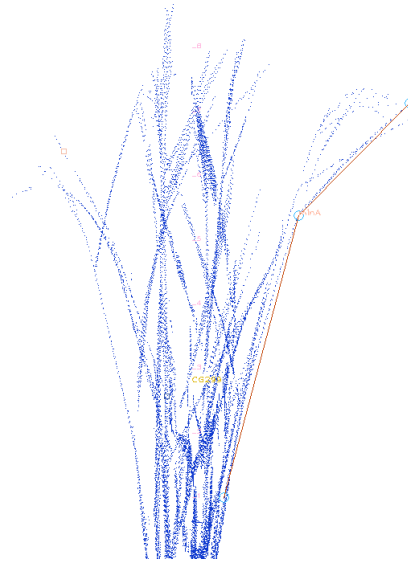
3D Plant Traits Analysis



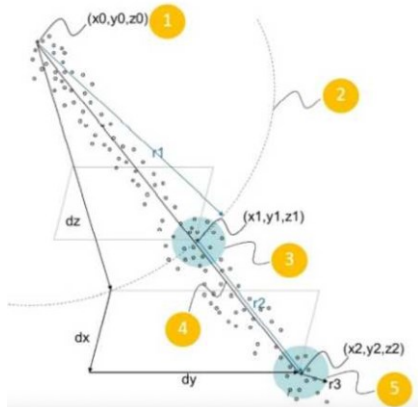
Plant length



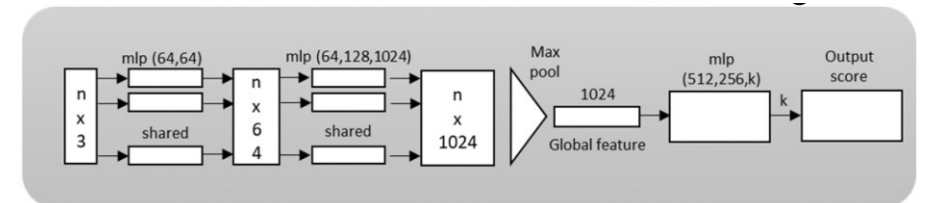
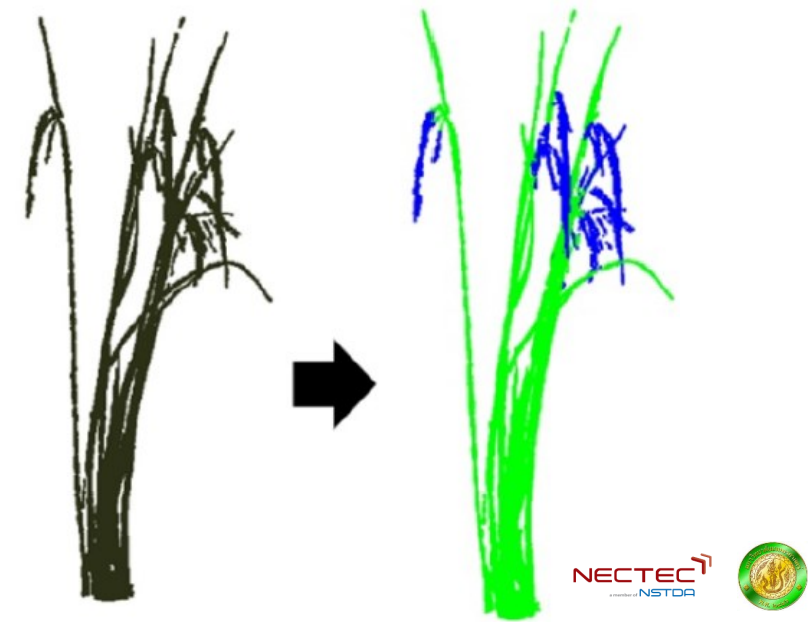
Tip angle



Leaf angle



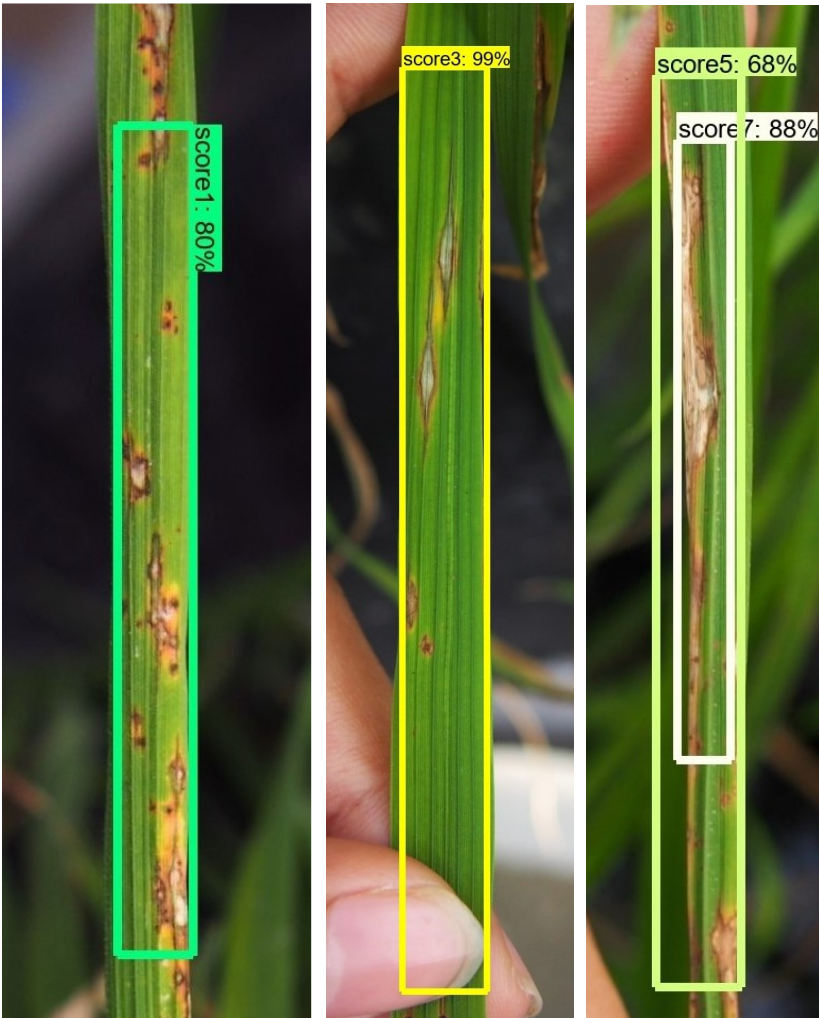
- ประมวลผล Point Cloud
- หาโครงสร้าง (skeleton) ของต้นข้าว
- หาส่วนประกอบของต้นข้าว
- งานประยุกต์ : วัดการตั้งตรงของต้นกล้า, องศามุมใบเปลี่ยนเมื่อขาดน้ำ



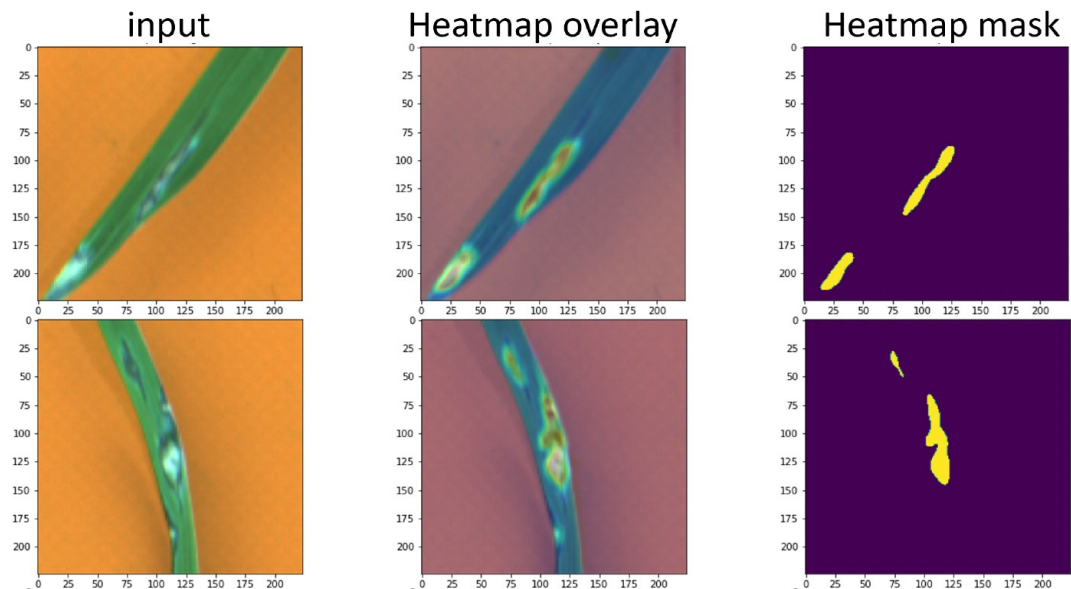
3D object detection

- จำแนกรวงและใบข้าว
- วิเคราะห์ Point Cloud (PointNet Architecture)

จำแนกโรคและความรุนแรง



- ประยุกต์ใช้ Deep Learning (Faster R-CNN, Class Activation Map, YOLO)
- ประเมินระดับความรุนแรง
- จำแนกชนิดของโรค
- ระบุตำแหน่งแผล



NECTEC
NSTDA



ควบคุมระบบให้น้ำอัตโนมัติ - พื้นที่ใบ

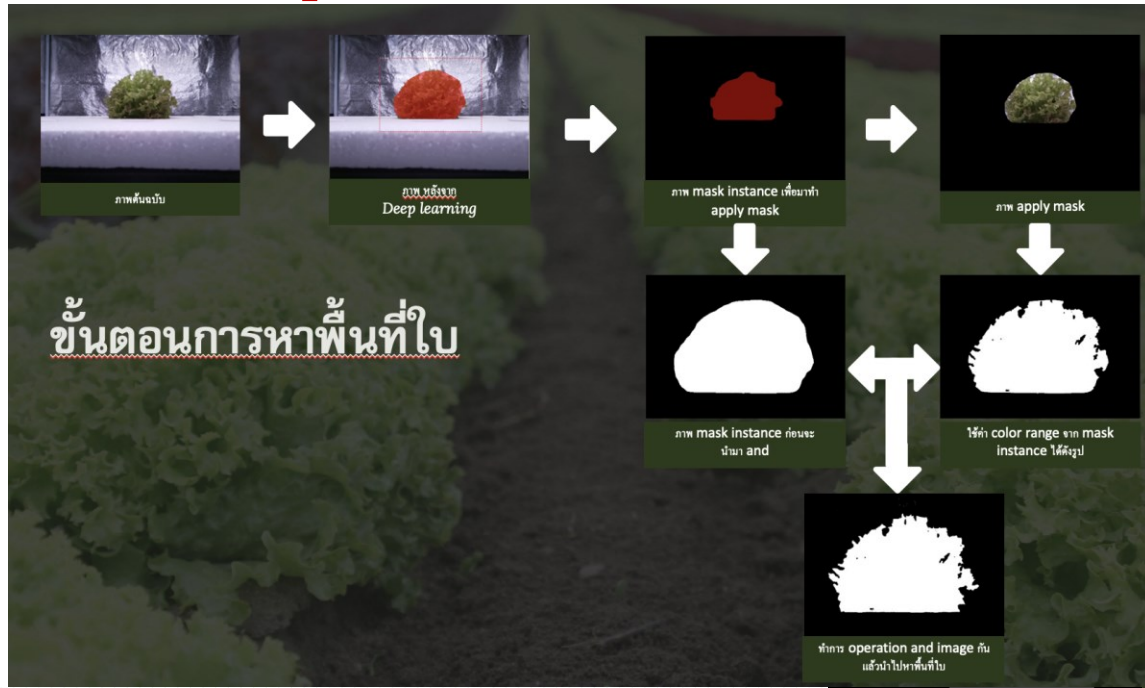
20220202 16:40:00



TIME LAPSE VDO

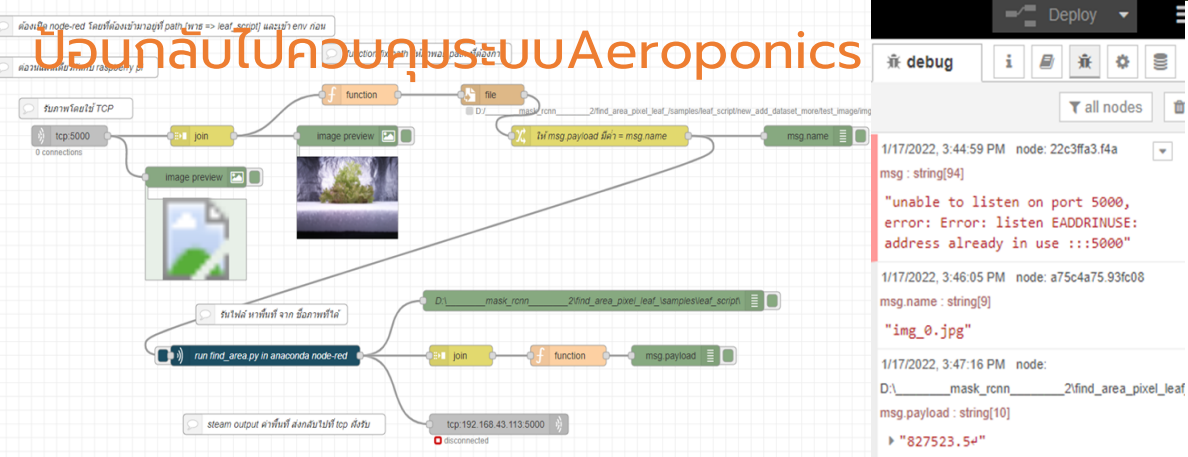
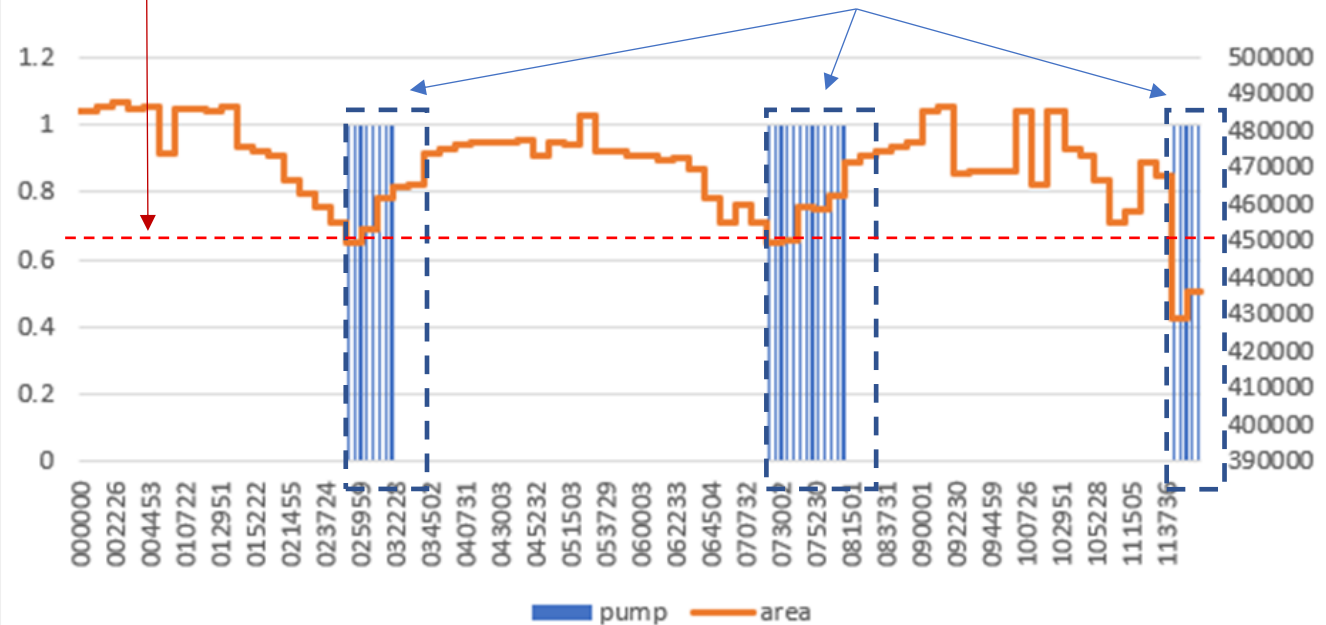
การสร้างความสำเร็จจากขาดน้ำให้พืช

ควบคุมระบบให้น้ำอัตโนมัติ - พื้นที่ใบ



พื้นที่ใบลดลงจนถึงค่าที่กำหนด

สั่งระบบ Aeroponics ให้น้ำ

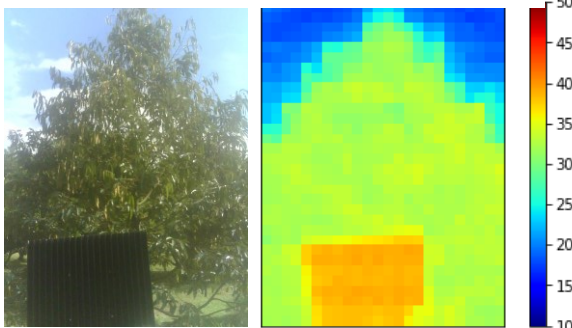


ความเครียดจากการขาดน้ำ - อุณหภูมิใบ

Thermal IR Camera



Canopy Temperature



To reduce water consumption in Durian orchards by improving irrigation system using thermal images

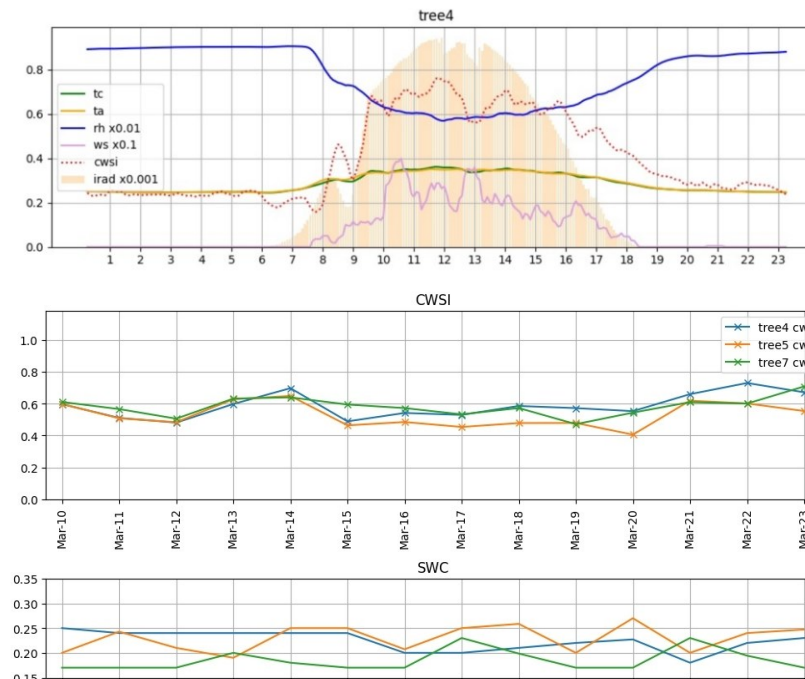
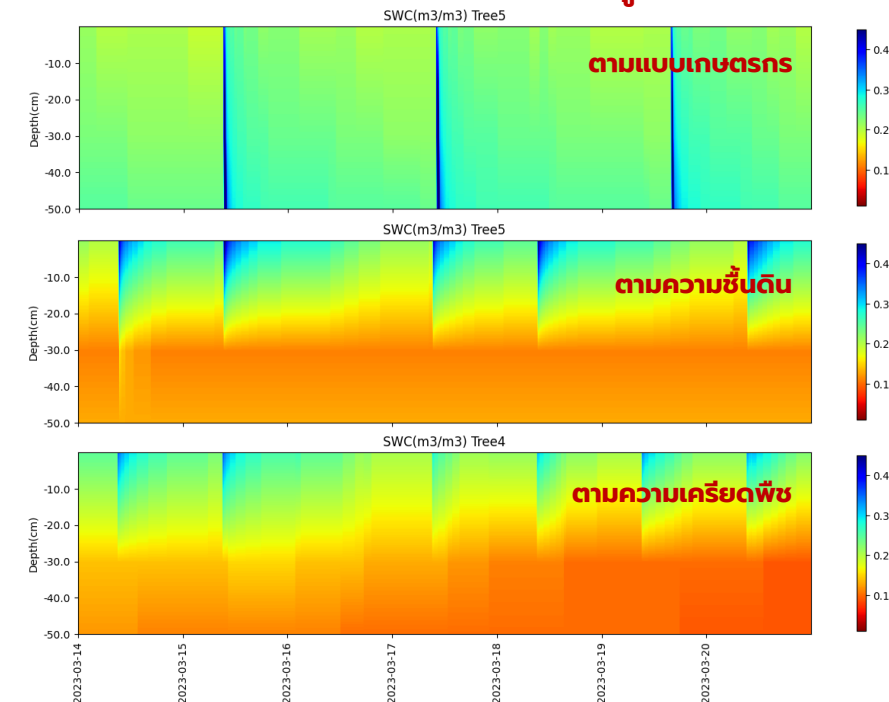
ET- & Soil-Moisture-based Irrigation Sys.



Canopy Temp.



เปรียบเทียบค่าความชื้นดินกับการให้น้ำรูปแบบต่างๆ



NECTEC
a member of NSTDA

JÜLICH
FORSCHUNGSZENTRUM

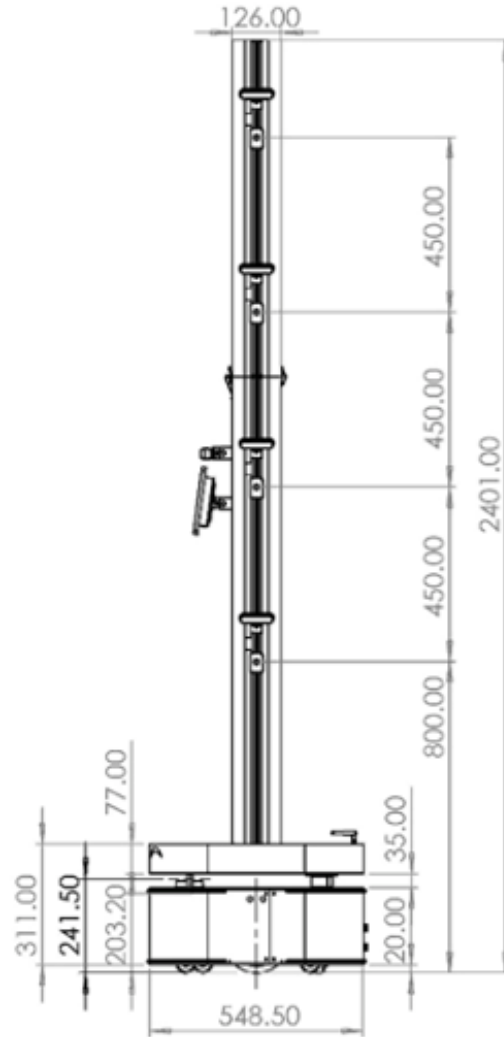


NECTEC
a member of NSTDA

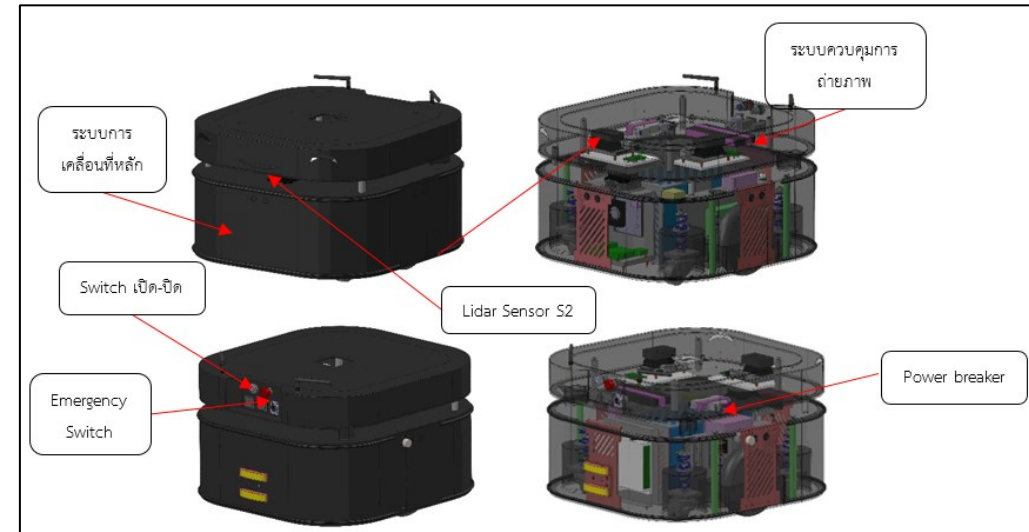
Ready to be proud
TOGETHER

Robot

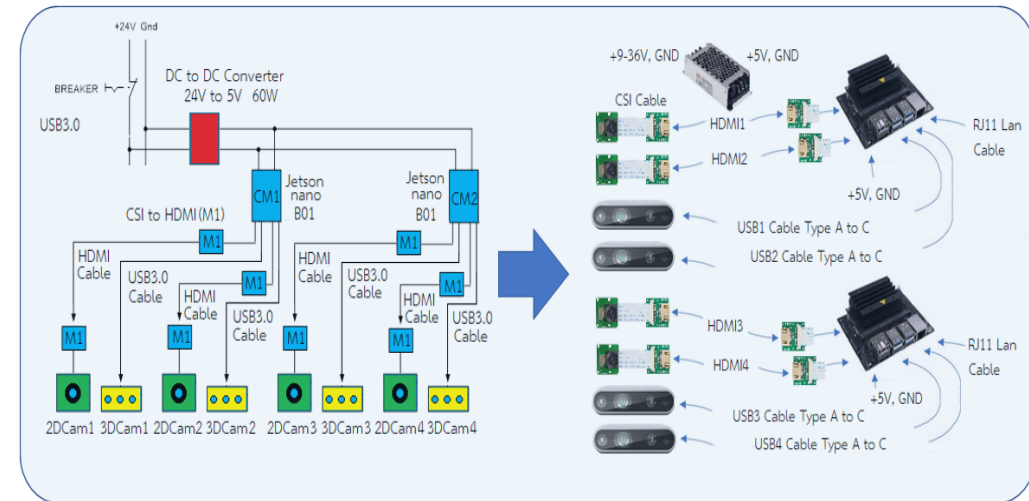
PhenoRobot



ระบบควบคุมและขับเคลื่อน

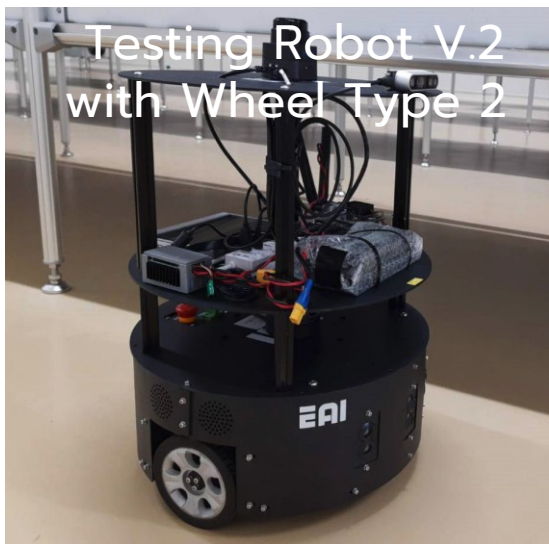
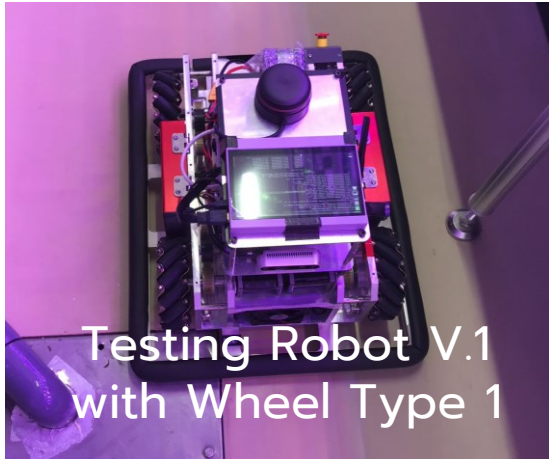


โมดูลถ่ายภาพ

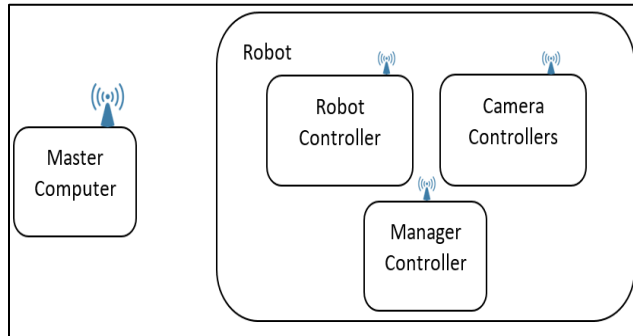


PhenoRobot - การพัฒนา

ทีมวิจัย Smart Machine and Mixed Reality (SMR) พัฒนาหุ่นยนต์

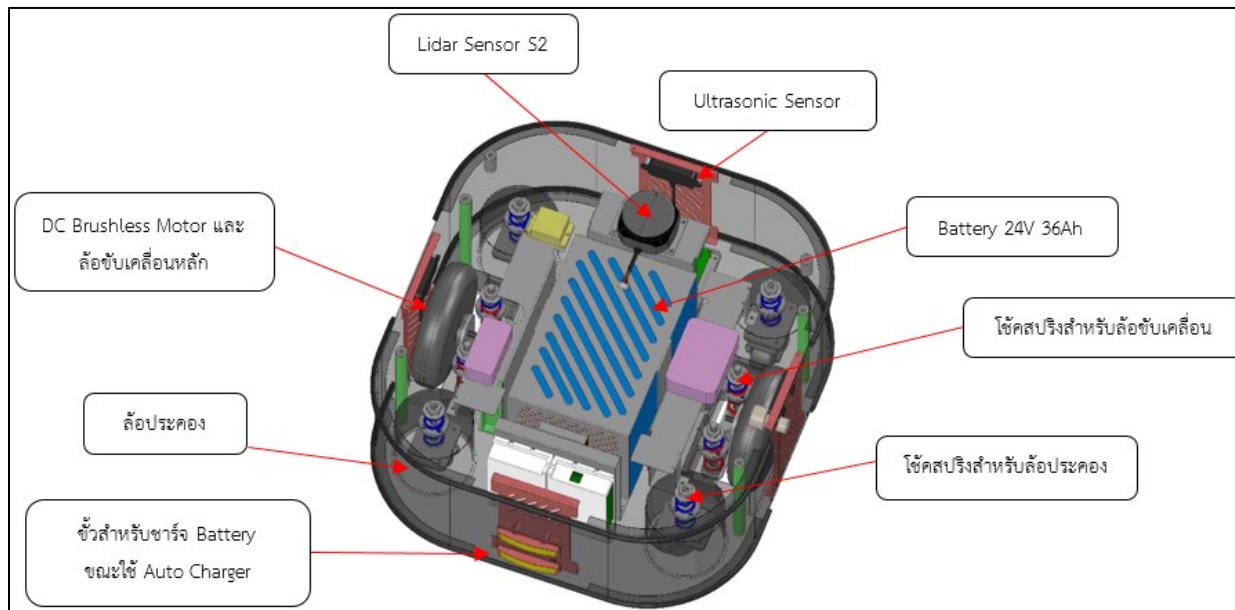


PhenoRobot - ระบบควบคุมและขับเคลื่อน

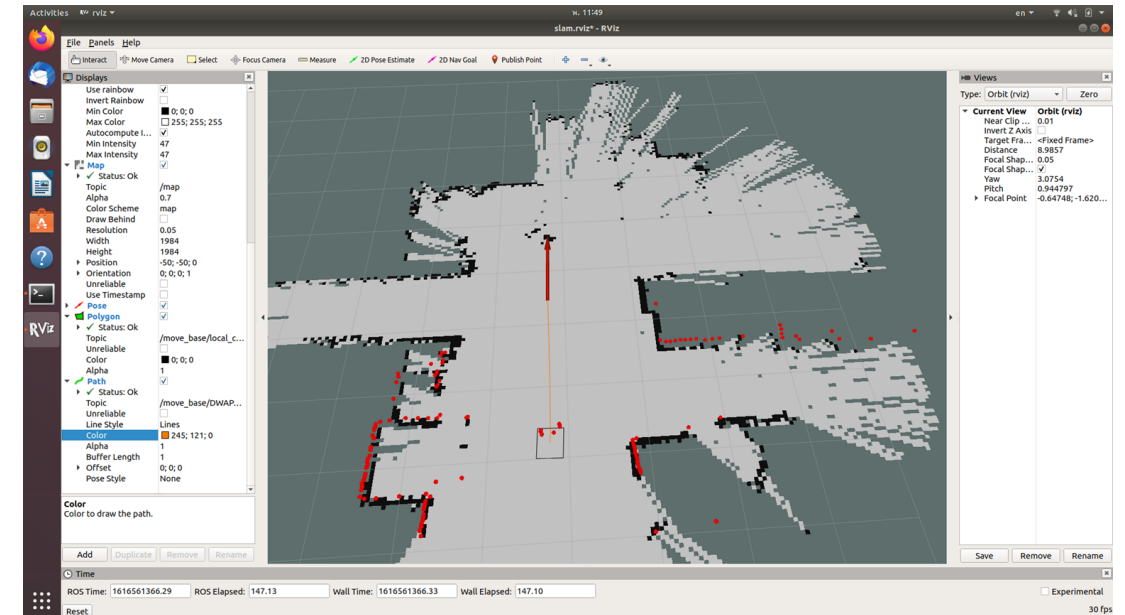


Specification :

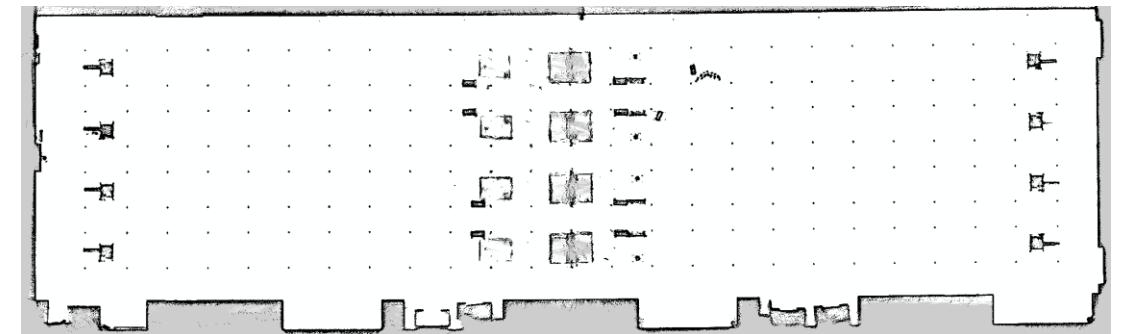
- 2 Active and 4 Support Wheels
- 4 cultivation-level cameras
- Lithium Phosphate LiFePO4 24V 36Ah
- Weight ~ 50 kg
- WLH : 520 x 550 x 2,400 mm



Lidar ขณะกำลังสแกนสร้างแผนที่



แผนที่ที่สร้างเสร็จ

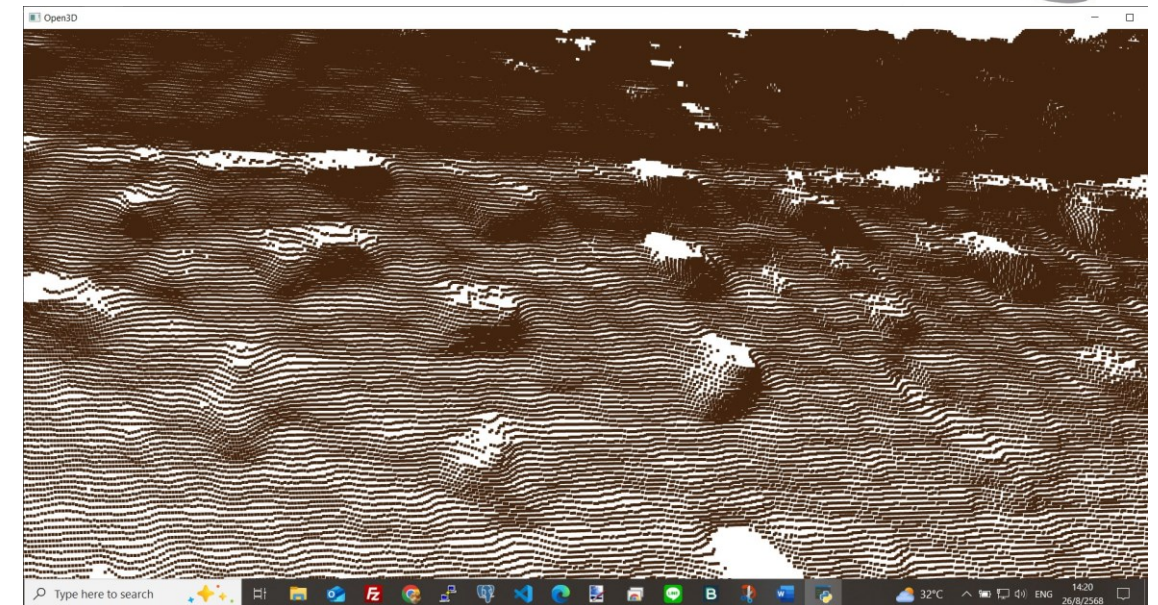
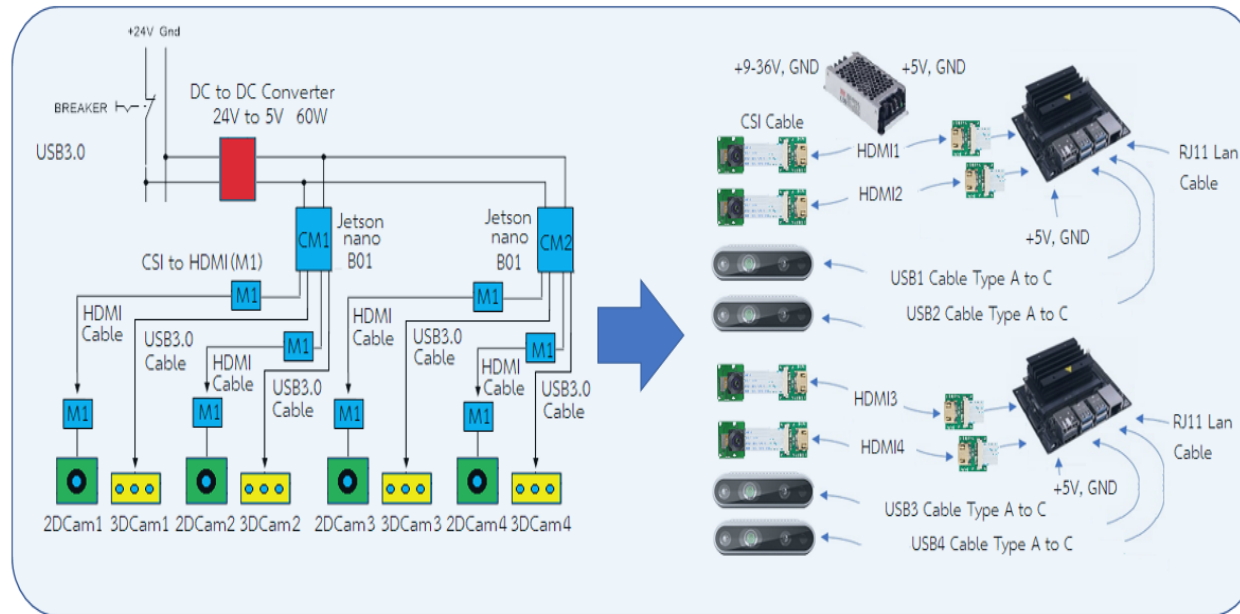


PhenoRobot – โมดูลถ่ายภาพ

Specification :

- 2D/3D camera modules
 - 4 8-Mpixels RGB cameras
 - 4 3D-cameras, 1280x720 pixels
 - 2 NVIDIA Jetson Nano boards
- "Active Stereoscopic" หรือ "Active IR Stereo Vision" ในการคำนวณหาความลึก 3 มิติ ใช้หลักการทางเรขาคณิตที่เรียกว่า "Triangulation" หรือ "การหาตำแหน่งด้วยสามเหลี่ยม" เพื่อคำนวณหาระยะทาง (ความลึก) ของจุดนั้นๆ จากกล้อง
 - กล้องอินฟราเรด (IR Cameras) สองตัว
 - เครื่องฉายแสงอินฟราเรด (IR Projector)
 - หน่วยประมวลผล (Vision Processor)

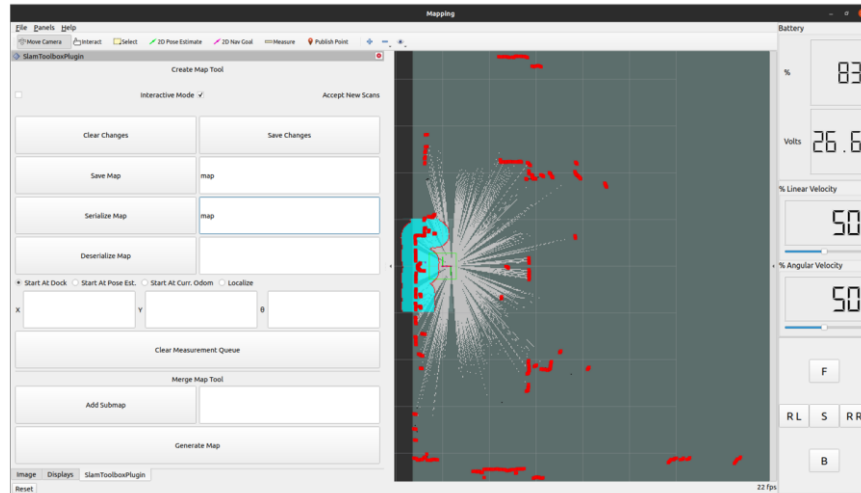
3D Camera Module Intel Realsense D435



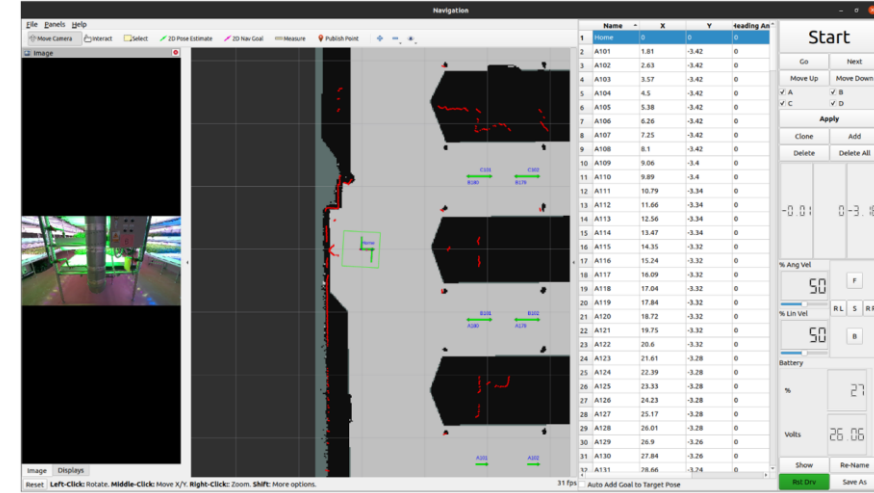
3D Point Cloud

PhenoRobot - ซอฟต์แวร์ควบคุมหุ่นยนต์

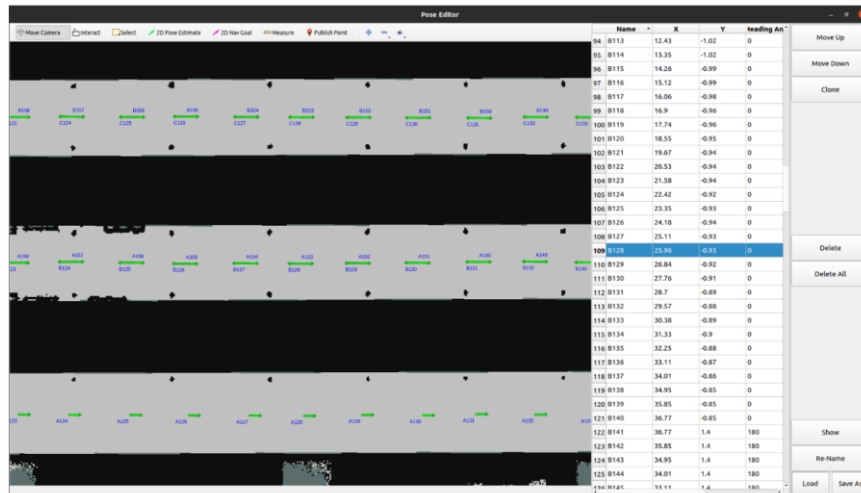
โปรแกรม Mapping



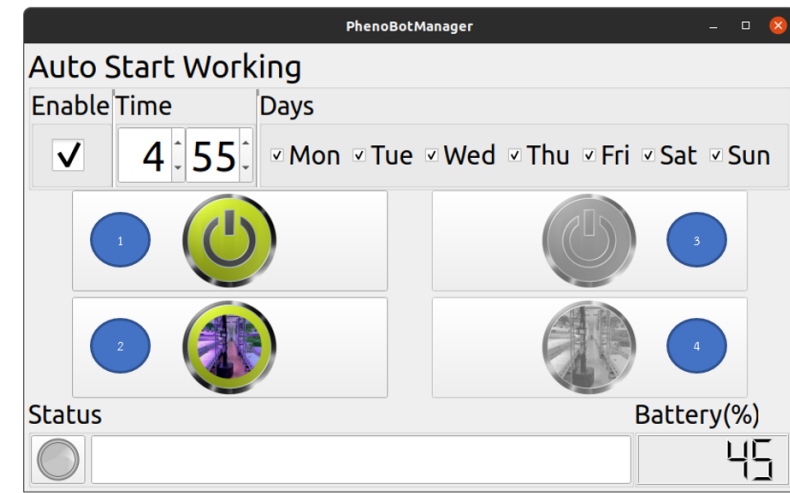
โปรแกรม Navigation



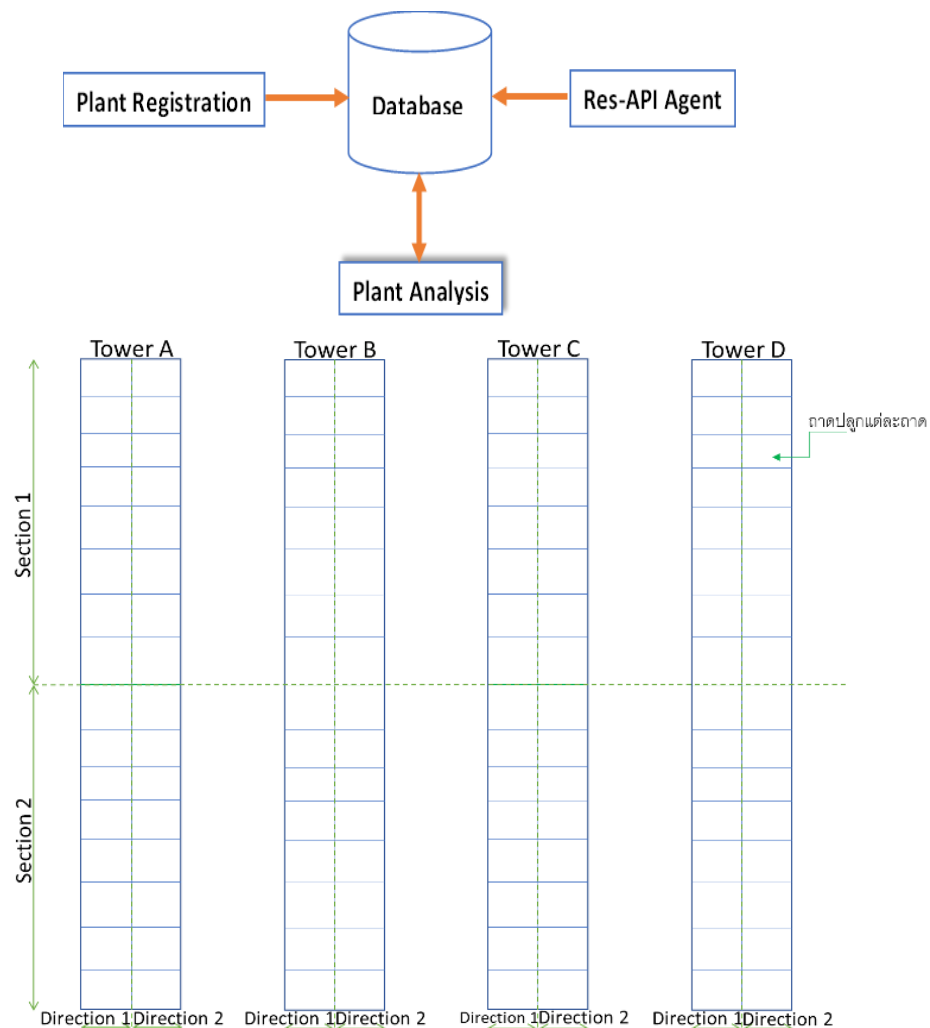
โปรแกรม Pose Editor



PhenoRobot Manager

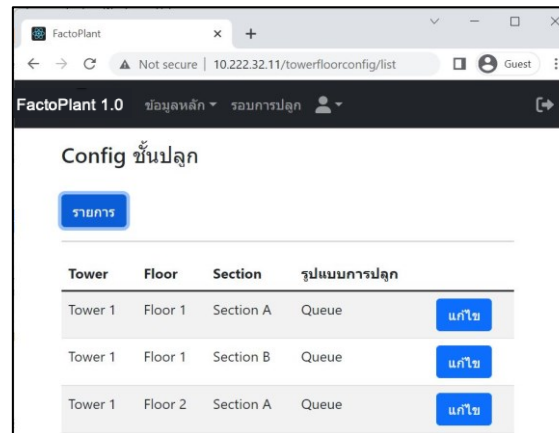


PhenoRobot – ระบบฐานข้อมูล



ผังโครงสร้างชั้นปลูก

โปรแกรมลงทะเบียน



public.cropregisterfixed/factory/postgres@plant fact

Data Output	Explain	Messages	Query Editor	Query History	Notifications
towerid	floorid	sectionid	directionid	trayid	cropid
[PK] integer	[PK] integer	[PK] integer	[PK] integer	[PK] integer	[PK] character varying (8)
1	4	4	2	2	20 D42220
2	4	4	2	2	19 D42219
3	4	4	2	2	18 D42218
4	4	4	2	2	17 D42217
5	4	4	2	2	16 D42216
6	4	4	2	2	15 D42215
7	4	4	2	2	14 D42214
8	4	4	2	2	13 D42213
9	4	4	2	2	12 D42212
10	4	4	2	2	11 D42211
11	4	4	2	2	10 D42210
12	4	4	2	2	9 D42209
13	4	4	2	2	8 D42208
14	4	4	2	2	7 D42207
15	4	4	2	2	6 D42206
16	4	4	2	2	5 D42205
17	4	4	2	2	4 D42204
18	4	4	2	2	3 D42203
19	4	4	2	2	2 D42202
20	4	4	2	2	1 D42201

ตัวอย่างข้อมูลในฐานข้อมูล

Data Output Explain Messages Notifications

plantid	plantname	plantnameen
[PK] character varying (8)	character varying (256)	character varying (256)
1	เรดโอ๊ค	RED OAK LETTUCE
2	กรีนโอ๊ค	GREEN OAK LETTUCE
3	บัตเตอร์เฮด	BUTTERHEAD LETTUCE
4	เรดโครล	RED CORAL LETTUCE
5	ผักกาดแก้ว	ICEBERG LETTUCE
6	คอส	COS LETTUCE
7	ไวลด์ร็อคเก็ต	WILD ROCKET LETTUCE
8	เบบี้ ร็อคเก็ต	BABY ROCKET LETTUCE
9	มิซึนา	MIZUNA
10	แรดิชิโอ	RADICCHIO
11	ฟริลลี่ ไอซ์เบิร์ก	FRILLICE ICEBERG LETTU...
12	ผักโรเมน	BABY SPINACH
13	เคล	KALE
14	ผักกาดหอม	GREEN CORAL LETTUCE

</

PhenoRobot – แดชบอร์ดแสดงผล

Plant Factory

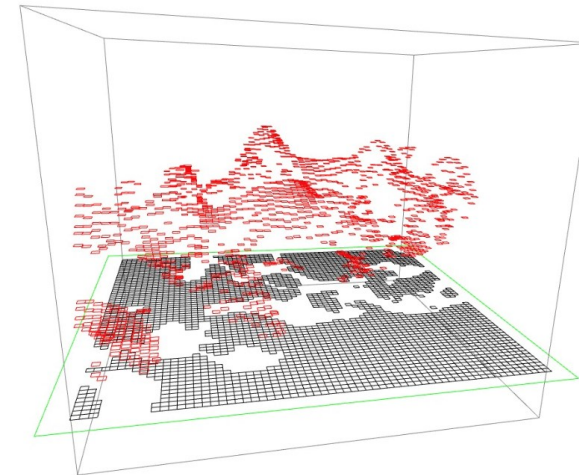
	Crop ID	Tower	Floor	Section	Direction	Tray	Start Date	End Date
0	A21118	A	2	1	1	18	2024-02-13	2024-03-04

	index	cropid	measures	high_mean	high_max	hi
☐	0	A21118	13/02/2024 05:09	3.8896875	5.19	
☐	1	A21118	15/02/2024 05:42	3.8246875	5.36	
☐	2	A21118	16/02/2024 05:09	3.91578125	5.58	
☐	3	A21118	19/02/2024 05:09	4.5103125	7.36	
☐	4	A21118	20/02/2024 05:21	5.143281249999999	6.92	
☐	5	A21118	21/02/2024 05:10	5.26515625	7.48	
☐	6	A21118	22/02/2024 05:09	6.44296875	8.15	
☐	7	A21118	23/02/2024 05:09	6.909531250000001	10.31	
☐	8	A21118	26/02/2024 05:09	12.1478125	14.51	
☐	9	A21118	27/02/2024 05:09	14.81921875	19.69	
☐	10	A21118	28/02/2024 05:09	18.18296875	22.77	

1 to 11 of 13 I< < Page 1 of 2 > >I

ฐานข้อมูลภาพถ่าย

ค่าความสูง (กริด 64x64)



กราฟค่าความสูงรายวัน

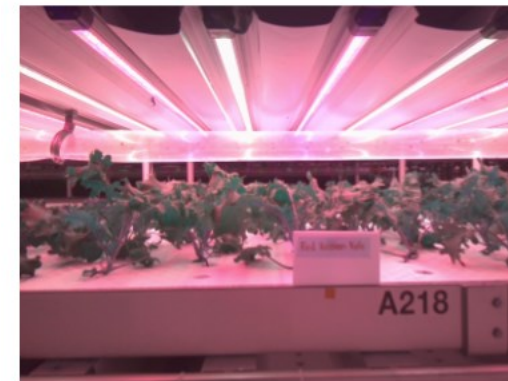
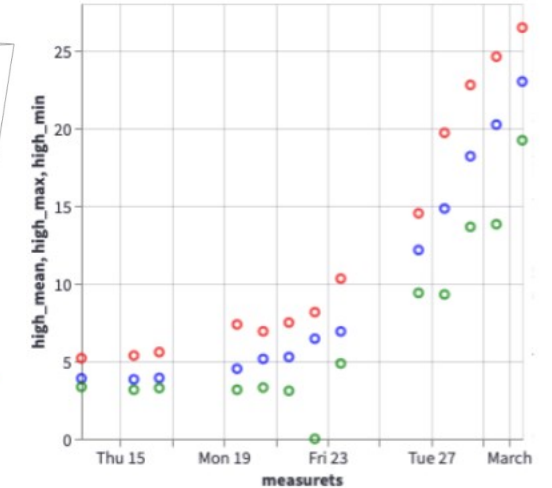


Image 2D

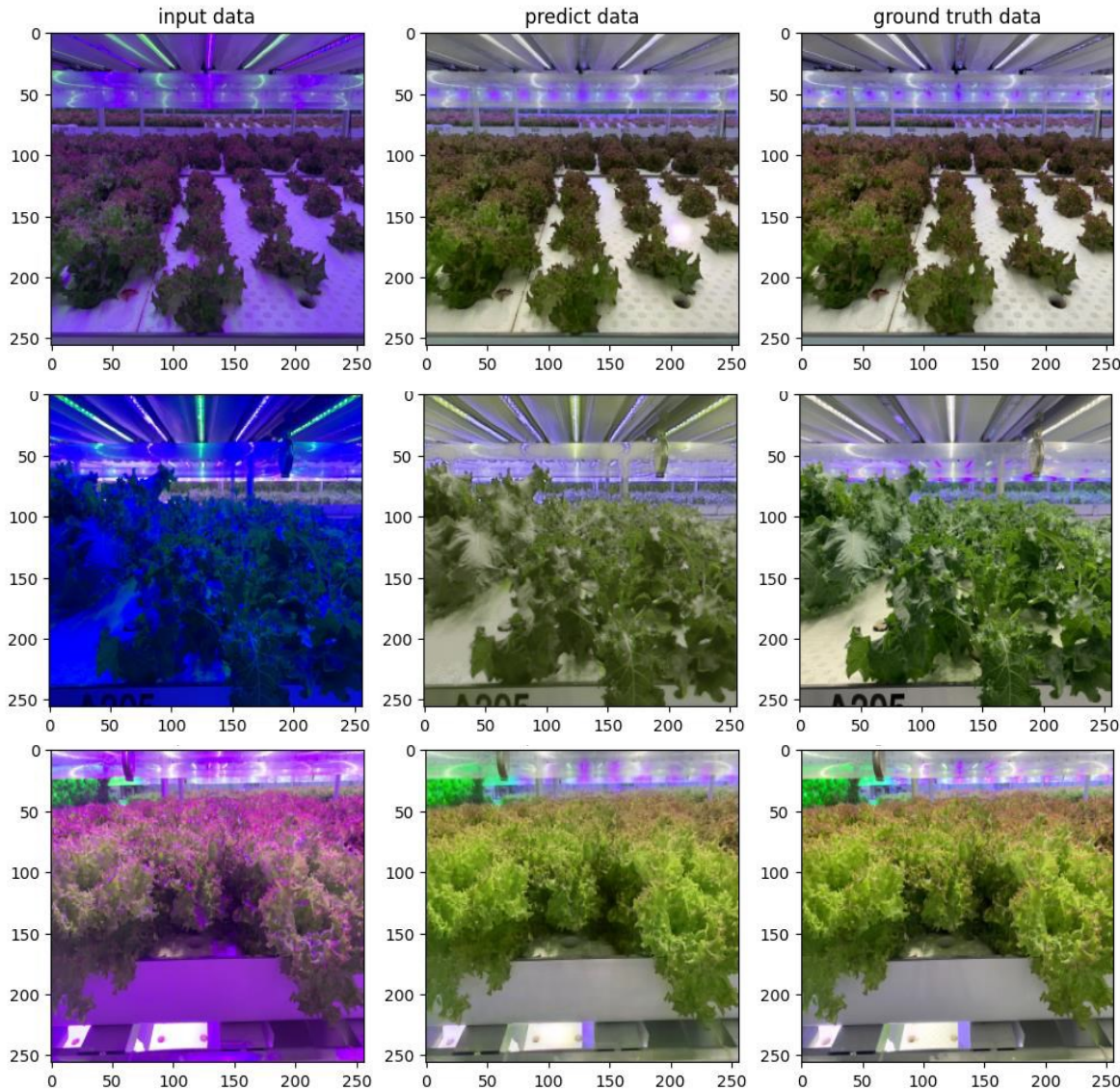
ภาพถ่ายต้นฉบับ



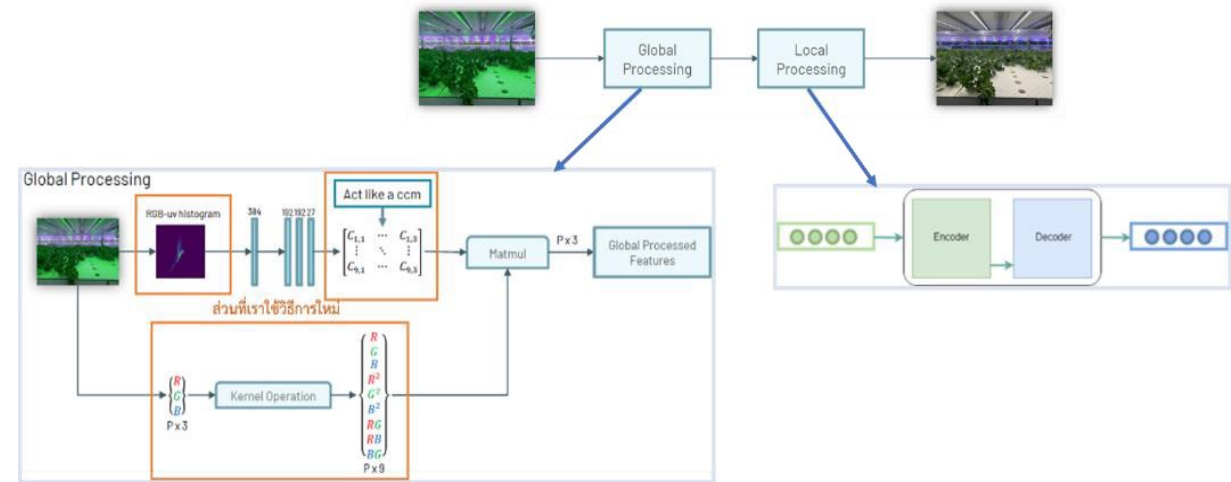
Prediction

ภาพถ่ายที่ปรับแก้สี

ปรับแก้สีเพี้ยนจากไฟแอลอีดี



- แสง LED ปลุกพืชทำให้สีของภาพที่บันทึกเกิดความผิดเพี้ยนไปจากธรรมชาติมาก
- สเปกตรัมแสงของ LED มีแค่บางช่วงคลื่น อาการสีเพี้ยนต่างจากแสงขาวไม่สมดุล
- ปรับแก้สีให้เหมือนธรรมชาติ เพื่อให้มนุษย์หรือระบบสามารถตรวจวัดได้ด้วยกระบวนการเดิม
- Deep learning สร้างโมเดลสำหรับปรับสีให้เป็นสีตามธรรมชาติ



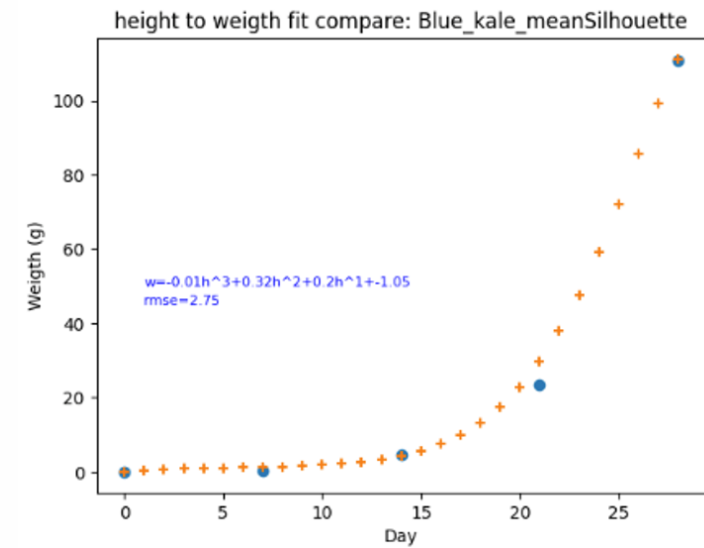
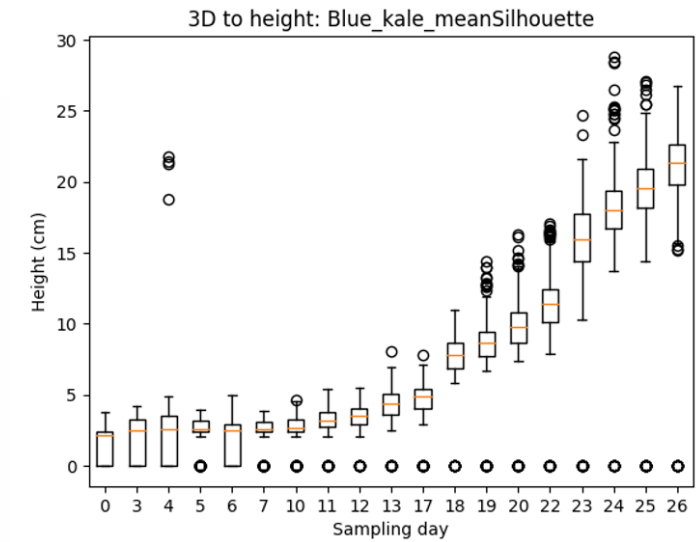
กระบวนการปรับแก้สี

ประเมินน้ำหนักด้วยภาพ



ภาพ 2 มิติและ 3 มิติของพัก

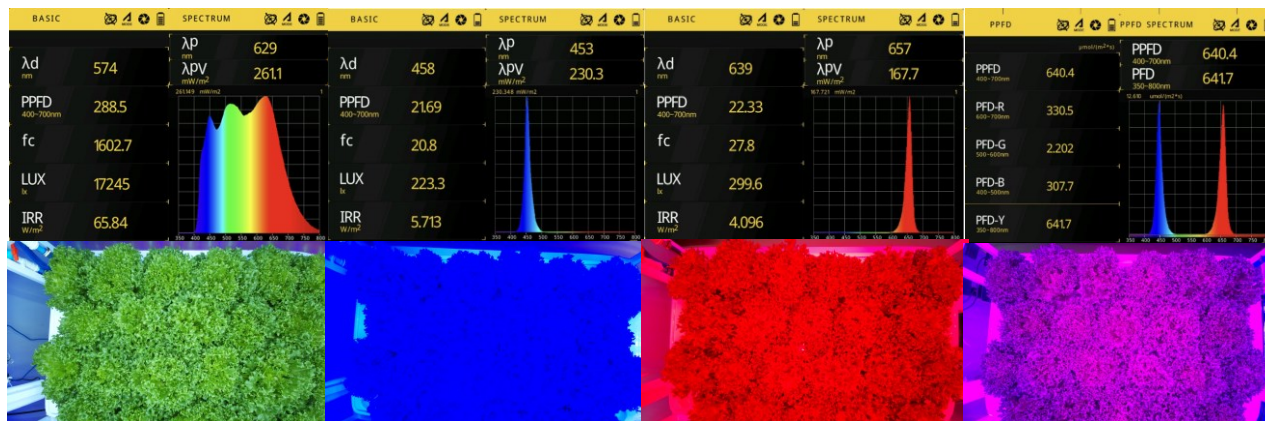
ค่าความสูงที่วัดได้



สมการทำนายน้ำหนักจากค่าความสูง

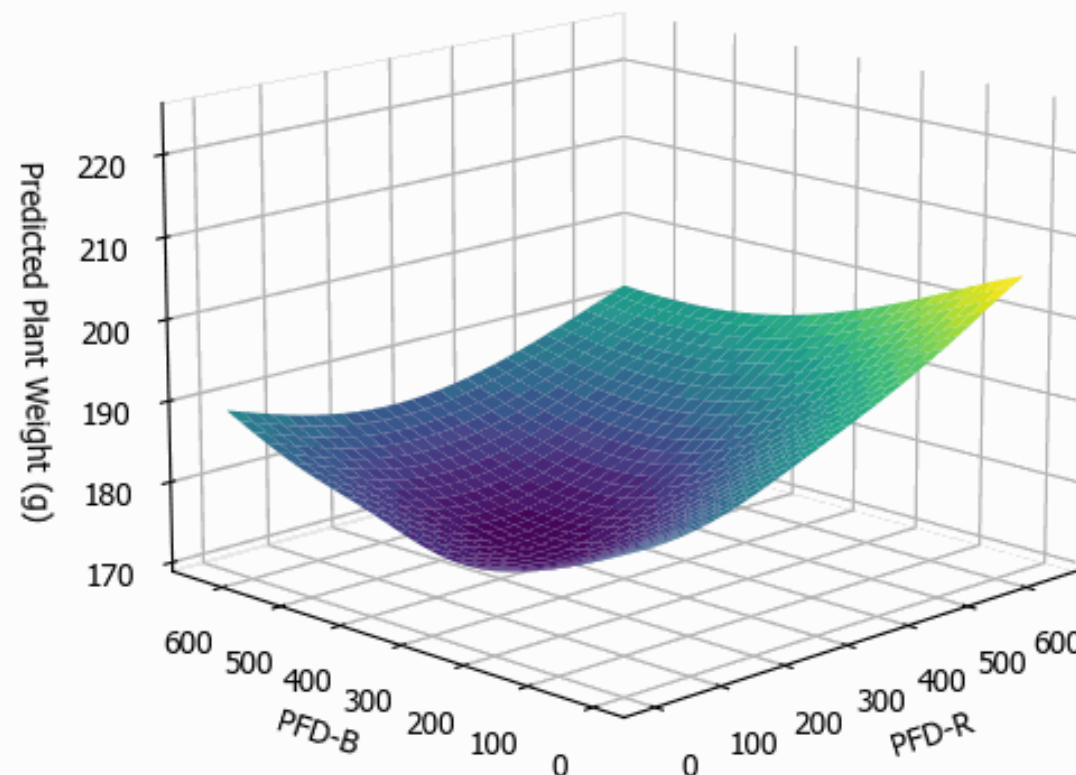
ใช้ประโยชน์ข้อมูล - สร้างโมเดลช่วยตัดสินใจ

- ใช้ประโยชน์ข้อมูลจำนวนมากที่ได้จากการตรวจวัด เพื่อสร้างโมเดล เช่น การหาสูตรควบคุมการผลิต เพื่อสร้างผลผลิตที่ต้องการ
- ปัจจัยการผลิต : ความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหาร, ความเข้มแสงสีน้ำเงิน, ความเข้มแสงสีแดง
- ผลผลิต : น้ำหนักสดของผัก
- การตรวจวัดแบบไม่ทำลาย สามารถได้ข้อมูลแบบต่อเนื่อง



สเปกตรัมแสงสีน้ำเงินและสีแดงที่ใช้

EC (fertilizer concentration, mg/kg) = 0.1



โมเดลทำนายผลผลิต(น้ำหนัก)

Advanced Phenotyping System



โรงเรือนปลูกพืชพร้อมระบบสายพานลำเลียง
Phenomics Facility at NSTDA



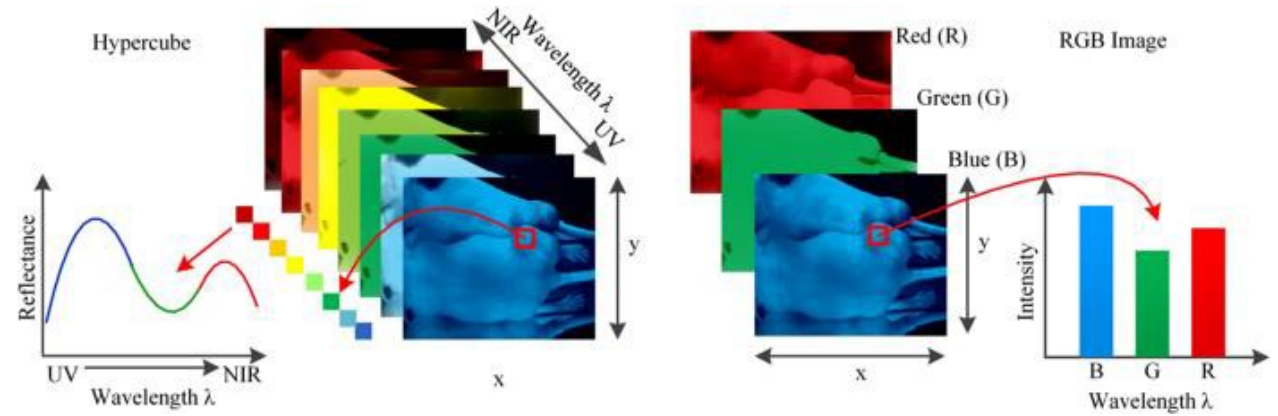
ระบบตรวจวัด: Hyperspectral Imaging, RGB/Morphometric Imaging,
Thermal Imaging, Chlorophyll Fluorescence Imaging

HyperSpectral Imaging

Hyperspectral Imaging Module

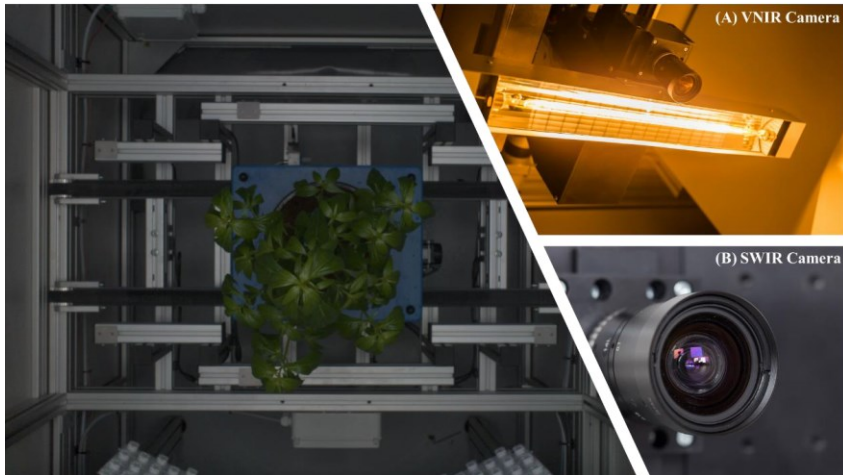
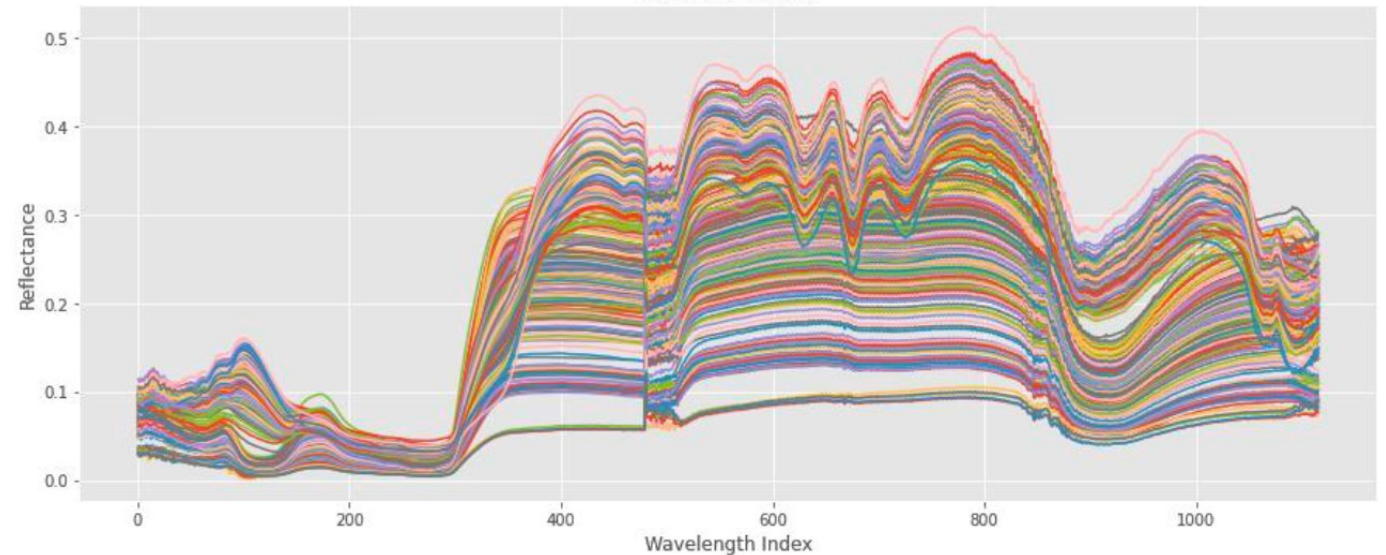


Hyperspectral vs RGB



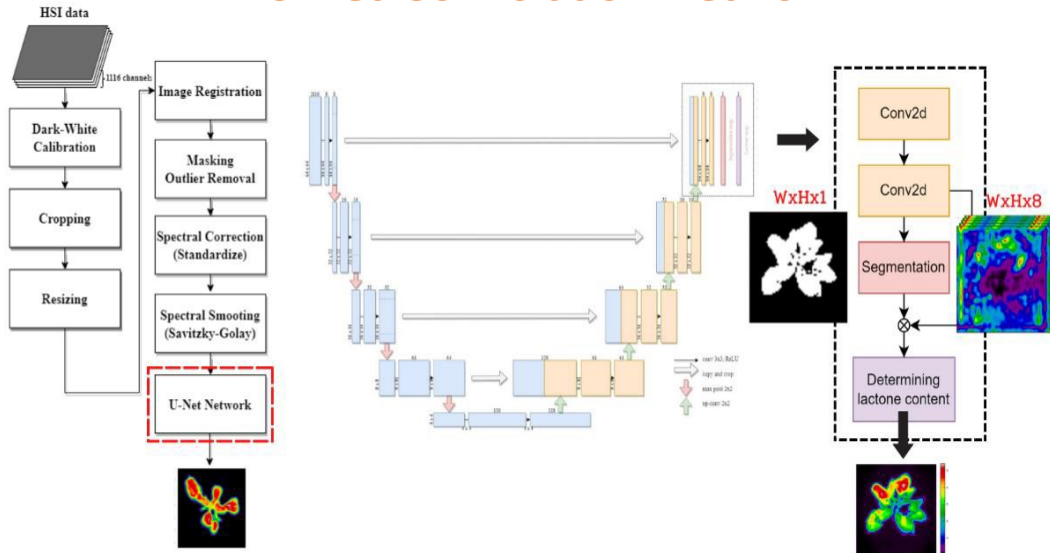
สเปกตรัมของต้นฟ้าทะลายโจร

Calibrated data

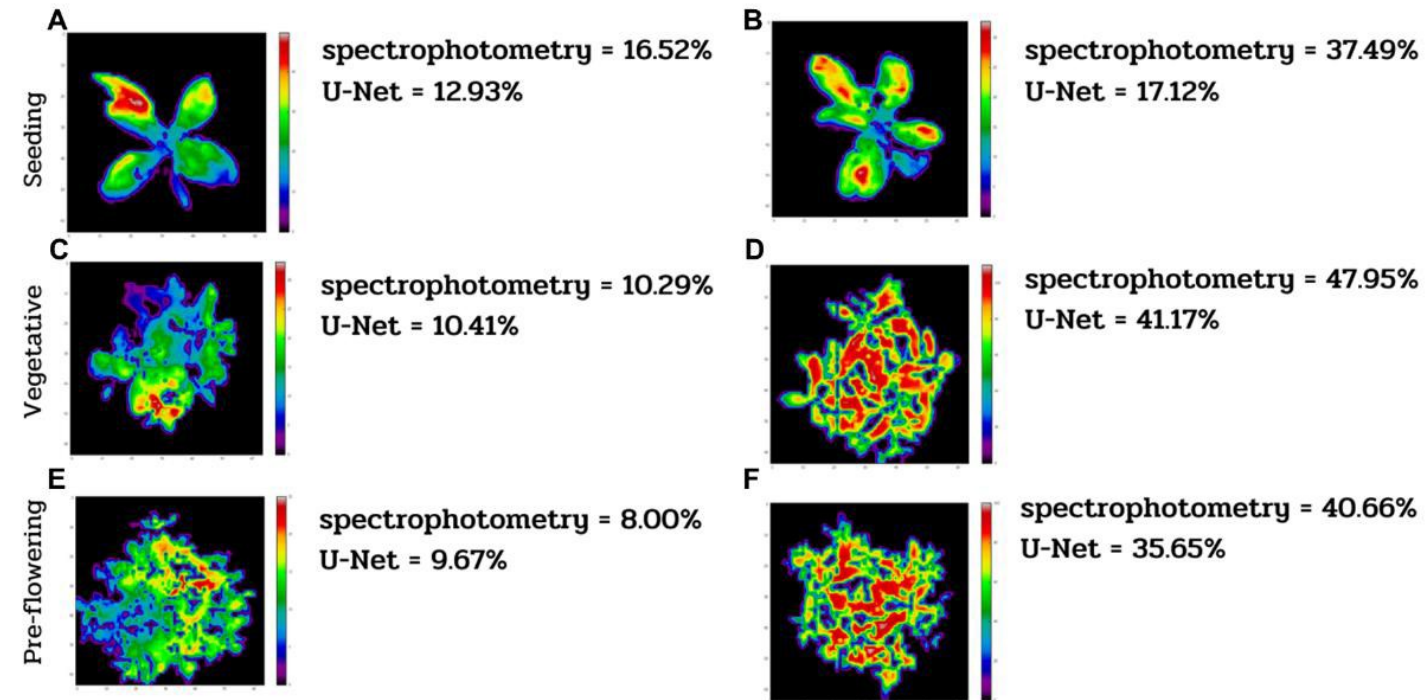


ทำนายความเข้มข้น Total Lactone ของฟัทะลายโจร

U-Net Convolution Network



ปริมาณสาร total lactone จากการทำนาย



- ใช้ข้อมูลสเปกตรัมย่าน VNIR และ SWIR ประเมินความเข้มข้นสาร Total Lactone
- ปรับปรุงโมเดล U-Net เพื่อทำนายความเข้มข้นสารสำหรับการประเมิน phenotyping แบบไม่ทำลาย

แนวโน้มในอนาคต

- ระบบตรวจวัดทางการเกษตรจะมีใช้งานแพร่หลายเพิ่มมากขึ้น ในหลายรูปแบบ เช่น บน Drone, รถแทรกเตอร์
- เซนเซอร์ตรวจวัดที่ก้าวหน้าจะถูกนำมาประยุกต์ใช้เพิ่มมากขึ้น เพื่อเข้าใจพฤติกรรมของพืชในเชิงลึก
- ข้อมูลการตรวจวัดจากแปลงจะมีเพิ่มมากขึ้น ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยการตัดสินใจมากขึ้น มีระบบช่วยตัดสินใจเพิ่มขึ้น
- AI จะถูกนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่เพิ่มมากขึ้น
- ระบบเก็บเกี่ยวอัตโนมัติจะถูกนำมาใช้แทนแรงงานเพิ่มมากขึ้น

Thank You