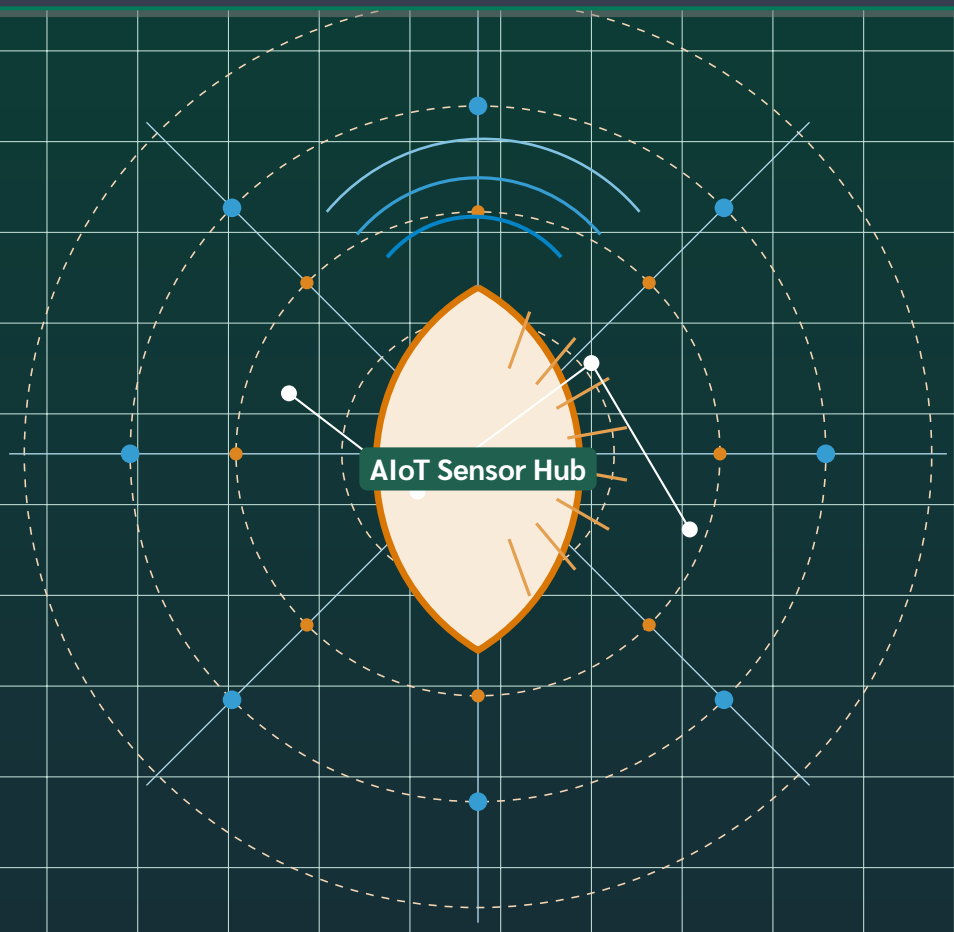
โครงการตำราวิชาการเฉลิมพระเกียรติ
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAMBHAI BARNI RAJABHAT UNIVERSITY ACADEMIC TEXTBOOK SERIES • 2026

PRECISION AGRICULTURE & AIoT
SMART ORCHARD & SOIL ANALYTICS

เกษตรอัจฉริยะและปัญญาประดิษฐ์
เพื่อการจัดการสวนทุเรียนและคุณภาพดิน

Smart Agriculture and AIoT for Precision Durian Farming and Soil Analytics

AIoT Systems • Durian Physics • Smart Irrigation • SoilAI Vision Analytics



ผศ.ดร.ชีวะ ทัศนา • ทีมวิจัยเกษตรอัจฉริยะ
วท.บ., วท.ม., ปร.ด. (ฟิสิกส์ประยุกต์) • ผู้เชี่ยวชาญเทคโนโลยี AIoT และเซนเซอร์สิ่งแวดล้อม
สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

พ.ศ. 2569
Masterclass Edition
First Edition

เกษตรอัจฉริยะและปัญญาประดิษฐ์

เพื่อการจัดการสวนทุเรียนและคุณภาพดิน

Smart Agriculture and AIoT for Precision Durian Farming and Soil Analytics

AIoT
Smart Farming

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

โครงการตำราวิชาการเฉลิมพระเกียรติ พุทธศักราช 2569
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คำนำ

ตำราวิชาการเรื่อง **"เกษตรอัจฉริยะและปัญญาประดิษฐ์เพื่อการจัดการสวนทุเรียนและคุณภาพดิน" (Smart Agriculture and AIoT for Precision Durian Farming and Soil Analytics)** เล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นเอกสารวิชาการหลักสำหรับการเรียนการสอน การวิจัย และการบริการวิชาการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรชาวสวนไม้ผล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในภาคตะวันออก ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญอันดับหนึ่งของประเทศไทย

การเพาะปลูกทุเรียนในปัจจุบันกำลังเผชิญกับความท้าทายอย่างรุนแรงจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ปัญหาโรครากเน่าโคนเน่า การขาดแคลนแรงงานและต้นทุนปัจจัยการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น การบริหารจัดการสวนแบบดั้งเดิมที่พึ่งพาเพียงประสบการณ์ไม่เพียงพอต่อการรักษาคุณภาพผลผลิตอีกต่อไป การบูรณาการองค์ความรู้ทางด้านฟิสิกส์เกษตร เครือข่ายเซนเซอร์อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT), สถาปัตยกรรมสื่อสารระยะไกลกำลังต่ำ (LoRaWAN), และปัญญาประดิษฐ์เพื่อการประเมินสุขภาพดินจากภาพถ่ายดิจิทัล (SoilAI) จึงเป็นกุญแจสำคัญสู่การทำเกษตรแม่นยำสูง (High-Precision Agriculture)

เนื้อหาภายในเล่มแบ่งออกเป็น 8 บท ครอบคลุมตั้งแต่หลักการพื้นฐานสถาปัตยกรรมระบบ ฟิสิกส์การเจริญเติบโตของผลทุเรียน การตรวจวัดสภาพแวดล้อม การควบคุมการให้น้ำอัจฉริยะ การวิเคราะห์คุณสมบัติดิน จนถึงกรณีศึกษาการนำไปใช้งานจริงในแปลงวิจัยและสวนเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรี ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าตำราเล่มนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อนักศึกษา นักวิชาการ และเกษตรกรยุคใหม่ในการยกระดับภาคการเกษตรไทยสู่ความยั่งยืนในระดับสากล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
พุทธศักราช 2569

กิตติกรรมประกาศ

ตำราวิชาการเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ด้วยการสนับสนุนอย่างดียิ่งจากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการตำราวิชาการเฉลิมพระเกียรติ ซึ่งได้จัดสรรงบประมาณสนับสนุนการจัดพิมพ์และการพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบองค์รวม

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเครือข่ายวิจัยและผู้ร่วมพัฒนาเทคโนโลยี ได้แก่ วิทยาลัยการศึกษาตลอดชีวิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในโครงการพัฒนานวัตกรเกษตรอัจฉริยะ (AIoT for Precision Farming), คณะทำงานโครงการประณีตวิทยาคม และทีมงานสวนพ่อรวย จังหวัดจันทบุรี ที่ได้เอื้อเฟื้อพื้นที่แปลงทดลองจริงและให้ความร่วมมือในการติดตั้งและเก็บข้อมูลระบบเซนเซอร์ภาคสนาม

ขอขอบคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์ สาขาวิชาจุลชีววิทยา และสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ได้ร่วมแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นเชิงวิชาการ บูรณาการข้ามศาสตร์ระหว่างฟิสิกส์ ปฐพีวิทยา และเทคโนโลยีดิจิทัล

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนเสมอมา และขออุทิศคุณค่าทางวิชาการของตำราเล่มนี้แด่เกษตรกรไทยทุกคนผู้เป็นกระดูกสันหลังของชาติ

ผศ.ดร.ชีวะ ทัศนา

ประมวลรายวิชา

รหัสและชื่อรายวิชา: เกษตรอัจฉริยะและปัญญาประดิษฐ์ในสวนไม้ผล (Smart Agriculture and AIoT for Orchard Systems)

จำนวนหน่วยกิต: 3 (2-2-5) หน่วยกิต (ทฤษฎี 2 คาบ ปฏิบัติการ 2 คาบ ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง 5 คาบต่อสัปดาห์)

อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา

สาขา วิชา และ คณะ: สาขา วิชา ฟิสิกส์ คณะ วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คำอธิบายรายวิชา

หลักการและสถาปัตยกรรมของระบบเกษตรอัจฉริยะ การประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งทางการเกษตร (AIoT) เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ชีววิทยา และเคมีในดินและบรรยากาศ สถาปัตยกรรมเครือข่ายสื่อสารไร้สายระยะไกลกำลังต่ำ (LoRaWAN) ฟิสิกส์ทุเรียนและการสะสมชีวมวล ระบบการชลประทานอัจฉริยะแบบแม่นยำสูง การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์และการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลสมาร์ทโฟนเพื่อการวิเคราะห์คุณภาพดิน (SoilAI) การบูรณาการแดชบอร์ดข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ และกรณีศึกษาการจัดการแปลงไม้ผลเศรษฐกิจในจังหวัดจันทบุรี

วัตถุประสงค์ การ เรียน รู้ (Course Learning Outcomes; CLOs)

เมื่อนักศึกษาได้ศึกษาตามหลักสูตรรายวิชานี้แล้ว จะต้องมีความรู้ความสามารถดังนี้:

1. อธิบาย หลัก การ ทำงาน ของ เซนเซอร์ เกษตร เครือ ข่าย ไร้ สาย LoRaWAN และสถาปัตยกรรม AIoT ได้อย่างถูกต้อง

2. วิเคราะห์พารามิเตอร์ทางกายภาพ ความชื้นในดิน อุณหภูมิ และแสงอาทิตย์ที่มีผลต่อพัฒนาการของผลทุเรียนได้

3. ติดตั้ง กำหนดค่า และสอบเทียบอุปกรณ์เซนเซอร์วัดค่าในดินและบรรยากาศตามมาตรฐานวิชาการได้
4. ใช้งานระบบปัญญาประดิษฐ์วิเคราะห์คุณภาพดินจากภาพถ่ายสมาร์ทโฟน และแปลผลการวินิจฉัยเพื่อการจัดการธาตุอาหารพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. ออกแบบผังระบบชลประทานอัตโนมัติและแดชบอร์ดแสดงผลข้อมูลสำหรับการจัดการสวนทุเรียนอัจฉริยะได้

แผนการประเมินผลการเรียนรู้

กิจกรรมการประเมินผล	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนคะแนน
1. การมีส่วนร่วมในชั้นเรียนและการตรงต่อเวลา	ตลอดภาคการศึกษา	10%
2. รายงาน ปฏิบัติ การ ทดลอง และ การ สอบ เทียบเซนเซอร์	สัปดาห์ที่ 3, 5, 7, 10	30%
3. โครงงานออกแบบระบบ AIoT และแปลงทดสอบสวนทุเรียน	สัปดาห์ที่ 13–14	20%
4. การสอบวัดผลกลางภาค	สัปดาห์ที่ 8	20%
5. การสอบวัดผลปลายภาค	สัปดาห์ที่ 16	20%
รวมทั้งสิ้น		**100%**

สารบัญ

คำนำ i

กิตติกรรมประกาศ ii

ประมวลรายวิชา iii

1 บทนำสู่เกษตรอัจฉริยะและสถาปัตยกรรม AIoT สำหรับไม้ผลเมืองร้อน 1

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1 1

1.1 วิวัฒนาการของการเกษตรและแนวคิดเกษตรแม่นยำสูง 3

1.2 สถาปัตยกรรม 4 ชั้นของระบบ AIoT ทางการเกษตร 3

1.3 ความท้าทายเฉพาะทางในการจัดการสวนทุเรียนภาคตะวันออก 4

1.4 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง 4

1.4.1 การสำรวจพื้นที่และวางแผนจุดติดตั้งโครงข่าย AIoT ในสวนทุเรียน 5

1.4.2 การตรวจสอบการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างโหนดเซนเซอร์และคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ 5

1.4.3 การตั้งค่าเงื่อนไขการแจ้งเตือนฉุกเฉินผ่าน Line Messaging API . 6

1.5 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล 6

1.6 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท 6

2 ฟิสิกส์ทุเรียนและพลศาสตร์การเจริญเติบโต 7

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2 7

2.1 กฎฟิสิกส์และเทอร์โมไดนามิกส์ในระบบต้นทุเรียน 9

2.2 ชีวกลศาสตร์ของขั้วผลและการกระจายแรงโน้มถ่วง 9

2.3 จลนพลศาสตร์การสะสมเนื้อแห้งและเกณฑ์การเก็บเกี่ยว 10

2.4 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง 10
2.4.1 การวัดรังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิผิวผลทุเรียนด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน 11
2.4.2 การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งของทุเรียนด้วยวิธีอบความร้อน 11
2.4.3 การทดสอบแรงดึงของขั้วผลทุเรียนด้วยเครื่องวัดแรงดิจิทัล 11
2.5 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล 12
2.6 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท 12

3 ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อมทางการเกษตรและเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย 13
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3 13
3.1 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศและจุลภูมิอากาศ . . . 15
3.2 โพรบวัดความชื้น อุณหภูมิ และค่าการนำไฟฟ้าในดิน 15
3.3 สถาปัตยกรรมเครือข่ายสื่อสารไร้สายระยะไกลกำลังต่ำ 16
3.4 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง 16
3.4.1 ขั้นตอนการติดตั้งและสอบเทียบโพรบวัดดิน FDR ใต้ทรงพุ่มทุเรียน 17
3.4.2 การประกอบและติดตั้งชุดโหนด LoRaWAN พลังงานแสงอาทิตย์ . 17
3.4.3 การทดสอบสัญญาณครอบคลุมและการสูญเสียแพ็กเก็ต 17
3.5 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล 18
3.6 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท 18

4 การจัดการระบบน้ำอัจฉริยะและการควบคุมการชลประทานแบบแม่นยำสูง 19
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 4 19
4.1 สรีรวิทยาความต้องการน้ำของทุเรียนในแต่ละระยะฟีโนโลยี 21
4.2 การคำนวณการใช้น้ำของพืชตามแบบจำลอง 21
4.3 สถาปัตยกรรมระบบควบคุมน้ำอัตโนมัติด้วยโซลินอยด์วาล์ว 22
4.4 การประหยัดน้ำและพลังงานด้วยเทคโนโลยีอัตโนมัติ 22
4.5 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง 23
4.5.1 การคำนวณความต้องการน้ำของต้นทุเรียนอายุ 8 ปี 23
4.5.2 การติดตั้งและทดสอบโซลินอยด์วาล์วไฟฟ้า 24VAC ประจำแปลง . 23
4.5.3 การเขียนฟังก์ชันป้องกันความผิดพลาดของระบบน้ำ 23

4.6 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล 24
4.7 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท 24

5 สถาปัตยกรรมการวิเคราะห์คุณภาพดินระดับดิจิทัลและตัวแปรทางชีวกายภาพ 25

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 5 25
5.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเนื้อดินในสวนทุเรียนภาคตะวันออก 27
5.2 คุณสมบัติทางเคมี ดัชนีความอุดมสมบูรณ์ และค่า pH ดิน 27
5.3 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีวิเคราะห์ดินในห้องแล็บกับเซนเซอร์ดิจิทัล . . . 28
5.4 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง 28
5.4.1 การ เก็บ ตัวอย่าง ดิน สวน ทุเรียน ตาม หลัก ปฐพีวิทยา เพื่อ ส่ง วิเคราะห์แล็บ 28
5.4.2 การตรวจวัดค่า pH และ EC ดินภาคสนามด้วยเครื่องวัดดิจิทัลแบบพกพา 29
5.4.3 การประเมินเนื้อสัมผัสของดินภาคสนามด้วยวิธีสัมผัส 29
5.5 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล 29
5.6 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท 30

6 ปัญญา ประดิษฐ์ และ การ ประมวล ผล ภาพ ถ่าย สมา ร์ท โฟน เพื่อ การ ประเมิน สุขภาพดิน 31

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 6 31
6.1 หลักการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลและปริภูมิสีของดิน 33
6.2 การเทียบค่าสีมาตรฐานด้วย Color Calibration Card 33
6.3 สถาปัตยกรรมโมเดล Deep Learning สำหรับการทำนายคุณภาพดิน . . . 34
6.4 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง 34
6.4.1 ขั้นตอนการถ่ายภาพดินด้วยสมาร์ทโฟนตามระเบียบวิธีมาตรฐาน SoilAI 34
6.4.2 การรันโมเดลทำนายคุณภาพดินบนเว็บแอปพลิเคชัน SoilAI . . . 35
6.4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลด้วยชุดข้อมูลทดสอบ 35
6.5 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล 35
6.6 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท 35

7 แพลตฟอร์มการจัดการสวนทุเรียนอัจฉริยะและการเชื่อมต่อแดชบอร์ดข้อมูล 37

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 7 37

7.1 สถาปัตยกรรมแดชบอร์ดและการรวมศูนย์ข้อมูลฟาร์ม 39

7.2 การประมวลผลที่ขอบเครือข่ายและการตัดสินใจอัตโนมัติ 39

7.3 การบูรณาการภาพถ่ายโดรนและดัชนีพืชพรรณ NDVI 40

7.4 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง 40

7.4.1 การสร้างและกำหนดค่าหน้าจอแสดงผลบน ThingsBoard IoT Platform 40

7.4.2 การบินโดรนสำรวจแปลงทุเรียนและประมวลผลแผนที่ NDVI . . . 41

7.4.3 การตั้งค่าระบบแจ้งเตือนผ่าน Telegram Bot อัตโนมัติ 41

7.5 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล 41

7.6 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท 42

8 กรณีศึกษาภาคสนาม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AIoT ในสวนทุเรียน จังหวัดจันทบุรี 43

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 8 43

8.1 บริบทแปลงทดสอบจริงและผลลัพธ์จากโครงการสวนพ่อรวย จันทบุรี . . . 45

8.2 โครงการทุเรียนประณีตวิทยาคมและการถ่ายทอดสู่เยาวชนและชุมชน . . 45

8.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินและผลตอบแทนการลงทุน 46

8.4 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง 46

8.4.1 ขั้นตอนการออกแบบผังการวางระบบ AIoT สำหรับสวนทุเรียนขนาด 20 ไร่ 47

8.4.2 การฝึกอบรมเกษตรกรและนักเรียนในการอ่านค่าแดชบอร์ดและการบำรุงรักษา 47

8.4.3 การเก็บข้อมูลและประเมินผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการใช้เทคโนโลยี 47

8.5 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล 48

8.6 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท 48

คู่มือการติดตั้งและสอบเทียบระบบเซนเซอร์วัดดินและสภาพอากาศ 49

8.7 ข้อกำหนดมาตรฐานการติดตั้งโพรบวัดความชื้นดิน 49

8.8 ขั้นตอนการสอบเทียบความถูกต้อง (Calibration Protocol) 49

ข้อกำหนดทางเทคนิคสถาปัตยกรรมเครือข่าย LoRaWAN สำหรับสวนไม้ผล **50**

8.9 ตารางค่าพารามิเตอร์คลื่นวิทยุย่านความถี่ AS923 50

บรรณานุกรม **51**

ดัชนีสืบค้นคำสำคัญ **52**

ประวัติผู้เขียน **53**

ประวัติผู้เขียน **53**

สารบัญภาพ

สารบัญตาราง

1.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 1 6

2.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 2 12

3.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 3 18

4.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 4 24

5.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 5 29

6.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 6 35

7.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 7 41

8.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 8 48

บทที่ 1

บทนำสู่เกษตรอัจฉริยะและสถาปัตยกรรม AIoT สำหรับไม้ผลเมืองร้อน

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. วิวัฒนาการของการเกษตรและแนวคิดเกษตรแม่นยำสูง
2. สถาปัตยกรรม 4 ชั้นของระบบ AIoT ทางการเกษตร
3. ความท้าทายเฉพาะทางในการจัดการสวนทุเรียนภาคตะวันออก

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการ ทฤษฎี และสถาปัตยกรรมเทคโนโลยีประจำบทที่ 1 ได้อย่างถูกต้อง
2. ประยุกต์ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์เซนเซอร์ และระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อการจัดการสวนทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. วิเคราะห์ สรุปผลข้อมูล และแก้ไขปัญหาเชิงฟิสิกส์เกษตรและคุณภาพดินได้อย่างเป็นระบบ

การวัดและประเมินผล

เกณฑ์การประเมินผล	เครื่องมือวัดผล	สัดส่วนคะแนน
1. ทักษะการปฏิบัติงานและการใช้อุปกรณ์	แบบประเมินทักษะภาคสนาม	40%
2. รายงานข้อมูลและการวิเคราะห์ผล	การตรวจสมุดบันทึกและดาต้าชีท	30%
3. แบบฝึกหัดและคำถามท้ายบท	แบบ ทดสอบ ท้าย บทเรียน	20%
4. การมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบ	การเข้าเรียนและการตรงต่อเวลา	10%
รวมทั้งสิ้น		**100%**

1.1 วิวัฒนาการของการเกษตรและแนวคิดเกษตรแม่นยำสูง

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิวัฒนาการของการเกษตรและแนวคิดเกษตรแม่นยำสูง (Evolution of Agriculture and Precision Farming) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

การเกษตรกรรมของมนุษยชาติได้พัฒนาผ่าน 4 ยุคสมัยหลัก เริ่มจากการทำเกษตรแบบยังชีพ (Agriculture 1.0) ในยุคโบราณ ต่อเนื่องสู่ยุคการใช้เครื่องจักรกลหนักและสารเคมี (Agriculture 2.0) ในช่วงปฏิวัติเขียว และยุคเกษตรกรรมอัตโนมัติ (Agriculture 3.0) ที่เริ่มนำระบบอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์มาช่วยควบคุม

ในยุคปัจจุบัน การเกษตรได้ก้าวเข้าสู่ยุคเกษตรกรรม 4.0 หรือ เกษตรอัจฉริยะ (Smart Agriculture) ซึ่งขับเคลื่อนด้วยข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data), การผสานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT) เข้ากับปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence; AI) จนเกิดเป็นแนวคิด AIoT (Artificial Intelligence of Things)

เกษตรแม่นยำสูง (Precision Agriculture) มีเป้าหมายเพื่อการจัดการปัจจัยการผลิต ได้แก่ น้ำ ปุ๋ย แสงแดด และสารชีวภัณฑ์ ให้สอดคล้องกับความต้องการของพืชอย่างจำเพาะเจาะจงในแต่ละจุดของแปลงปลูก (Site-specific management) ช่วยลดการสูญเสียทรัพยากร เพิ่มผลตอบแทนต่อไร่ และรักษาดุลยภาพสิ่งแวดล้อม

1.2 สถาปัตยกรรม 4 ชั้นของระบบ AIoT ทางการเกษตร

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับสถาปัตยกรรม 4 ชั้นของระบบ AIoT ทางการเกษตร (Four-Layer AIoT Architecture in Agriculture) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

ระบบ AIoT สำหรับสวนไม้ผลเมืองร้อนได้รับการออกแบบโครงสร้างการทำงานแบบเป็นลำดับชั้น 4 ระดับ (Four-Layer Architecture):

1. ชั้นการรับรู้และการตรวจวัด (Perception Layer): ประกอบด้วยชุดเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมทางฟิสิกส์และเคมี เช่น เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ เซนเซอร์วัดรังสีแสงอาทิตย์ และโพรบวัดความชื้นรวมถึงค่าการนำไฟฟ้าในดิน 2. ชั้นเครือข่ายการส่งผ่านข้อมูล (Network Layer): ทำหน้าที่ส่งสัญญาณข้อมูลจากเซนเซอร์ภาคสนามเข้าสู่ระบบเครือข่าย โดยใช้โพรโทคอลไร้สายกำลังต่ำระยะไกล เช่น LoRaWAN, NB-IoT และ Wi-Fi Long Range 3. ชั้นการประมวลผลเอดจ์และคลาวด์ (Edge and Cloud Processing Layer): นำข้อมูลดิบมาผ่านการกรอง ประมวลผลล่วงหน้า และวิเคราะห์เชิงลึกด้วยอัลกอริทึมปัญญาประดิษฐ์ เช่น แบบจำลองคำนวณการคายระเหยน้ำ และโครงข่าย

ประสาทเทียมตรวจวินิจฉัยสุขภาพดิน 4. ชั้นการประยุกต์ใช้งานและควบคุม (Application Layer): หน้าจอแดชบอร์ดแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ ระบบสั่งการเปิด-ปิดวาล์วน้ำอัตโนมัติ และการแจ้งเตือนสภาวะวิกฤตผ่านสมาร์ทโฟนของเกษตรกร

ข้อกำหนดทางเทคนิคสถาปัตยกรรม AIoT

การเชื่อมต่อระบบเซนเซอร์ไร้สายต้องรักษาความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล มีการเข้ารหัสระดับ AES-128 และบริหารจัดการพลังงานให้โหนดเซนเซอร์ทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 3 ปี

1.3 ความท้าทายเฉพาะทางในการจัดการสวนทุเรียนภาคตะวันออก

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับความท้าทายเฉพาะทางในการจัดการสวนทุเรียนภาคตะวันออก (Tropical Durian Orchard Challenges) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

ทุเรียน (Durio zibethinus L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความอ่อนไหวสูงต่อสภาพแวดล้อมอย่างยิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาสำคัญในจังหวัดจันทบุรีและภาคตะวันออก: - การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างฉับพลัน ฝนตกนอกฤดูกาลทำให้เกิดการแตกใบอ่อนแทนการสะสมตาดอก - โรครากเน่าโคนเน่าจากเชื้อราไฟทอปธอรา (Phytophthora palmivora) เมื่อดินมีความชื้นแฉะสะสมเกินเกณฑ์ - ปัญหาน้ำต้นทุนขาดแคลนในช่วงพัฒนาการของผล (ระยะผลโตถึงผลแก่) ซึ่งหากขาดน้ำจะทำให้ทุเรียนสลัดผลทิ้งหรือเกิดอาการไส้ซึมเต่าเผา - การตรวจวัดและจัดการด้วยเทคโนโลยี AIoT จึงเป็นทางออกเชิงโครงสร้างที่สามารถแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้อย่างตรงจุด

1.4 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง

1.4.1 การสำรวจพื้นที่และวางแผนจุดติดตั้งโครงข่าย AIoT ในสวนทุเรียน

การสำรวจพื้นที่และวางแผนจุดติดตั้งโครงข่าย AIoT ในสวนทุเรียน

1. สำรวจแผนผังแปลงสวนทุเรียน ระดับความสูงต่ำของพื้นที่ (Elevation) และตำแหน่ง แหล่ง น้ำ 2. ตรวจ สอบ ระยะ พิกัด สัญญาณ และ จุด อับ สัญญาณ โดยใช้ เครื่อง มือ ทดสอบ การ ครอบคลุม ของ คลื่นวิทยุ LoRaWAN (Field Tester) 3. กำหนดตำแหน่งติดตั้งสถานีตรวจอากาศหลัก (Weather Station) ในจุดที่เปิดโล่งไม่ถูกเงาต้นไม้บัง 4. วางจุดติดตั้งโพรบวัดดิน (Soil Probe Nodes) ใต้ทรงพุ่มของต้นทุเรียนต้นแบบตามระดับความสูงของดิน 5. ติดตั้งเกตเวย์รับส่งสัญญาณ (LoRaWAN Gateway) ณ ตำแหน่งอาคารศูนย์ปฏิบัติการที่มีเสาสูง

1.4.2 การตรวจสอบการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างโหนดเซนเซอร์และคลาวด์เซิร์ฟเวอร์

การตรวจสอบการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างโหนดเซนเซอร์และคลาวด์เซิร์ฟเวอร์

1. จ่ายไฟเลี้ยงให้โหนดเซนเซอร์ด้วยแผงโซลาร์เซลล์และแบตเตอรี่ LiFePO4 2. ตรวจ สอบ การ ส่ง แพ็ก เก็ต ข้อมูล ดิบ (Payload Uplink) ผ่าน คลื่น ความถี่ AS923 (มาตรฐานประเทศไทย) 3. เข้าสู่คอนโซลของ The Things Network (TTN) ตรวจดูค่า RSSI (Signal Strength) และ SNR (Signal-to-Noise Ratio) 4. เขียนสคริปต์ถอดรหัสเพย์โหลด (Payload Decoder) แปลงข้อมูลไบนารีเป็นค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าแรงดันไฟฟ้า 5. ทดสอบส่งต่อข้อมูลไปยังแดชบอร์ดผ่านโพรโทคอล MQTT

1.4.3 การตั้งค่าเงื่อนไขการแจ้งเตือนฉุกเฉินผ่าน Line Messaging API

การตั้งค่าเงื่อนไขการแจ้งเตือนฉุกเฉินผ่าน Line Messaging API

1. สร้าง Line Notify Token หรือเชื่อมต่อผ่าน Line Official Account Developer Console 2. กำหนดเกณฑ์แจ้งเตือน: หากความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำกว่า 40% ร่วมกับอุณหภูมิสูงกว่า 38°C ให้แจ้งเตือนภาวะเสี่ยงใบไหม้ 3. ทดสอบจำลองค่าวิกฤตและตรวจสอบความเร็วในการส่งข้อความเตือนเข้าสู่กลุ่มผู้ดูแลสวน

1.5 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล

ตารางที่ 1.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 1

พารามิเตอร์ / การทดสอบ	ค่าที่ตรวจวัดได้	การแปลผลและการวิเคราะห์
จุดตรวจวัดที่ 1 (บริเวณดินดอน)	ค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ปกติ	ปริมาณน้ำเพียงพอต่อการเจริญ
จุดตรวจวัดที่ 2 (บริเวณที่ลุ่ม)	มีการสะสมความชื้นสูง	ควรชะลอการให้น้ำเพื่อป้องกันรากเน่า
สถานะสัญญาณโครงข่าย	RSSI: -85 dBm, SNR: +8 dB	คุณภาพสัญญาณ LoRaWAN ยอดเยี่ยม

1.6 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงอธิบายความแตกต่างระหว่างระบบเกษตรอัจฉริยะ (Smart Agriculture) กับการทำเกษตรแบบดั้งเดิม
2. เหตุใดเทคโนโลยี LoRaWAN จึงเหมาะสมกับการใช้งานในสวนไม้ผลพื้นที่กว้างมากกว่าสัญญาณ Wi-Fi ทั่วไป
3. จงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการแตกใบอ่อนของทุเรียนกับความผันผวนของความชื้นในดินและปริมาณฝน

บทที่ 2

ฟิสิกส์ ทุเรียน และ พลศาสตร์ การ เจริญเติบโต

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. กฎฟิสิกส์และเทอร์โมไดนามิกส์ในระบบต้นทุเรียน
2. ชีวกลศาสตร์ของขั้วผลและการกระจายแรงโน้มถ่วง
3. จลนพลศาสตร์การสะสมเนื้อแห้งและเกณฑ์การเก็บเกี่ยว

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการ ทฤษฎี และสถาปัตยกรรมเทคโนโลยีประจำบทที่ 2 ได้อย่างถูกต้อง
2. ประยุกต์ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์เซนเซอร์ และระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อการจัดการสวนทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. วิเคราะห์ สรุปผลข้อมูล และแก้ไขปัญหาเชิงฟิสิกส์เกษตรและคุณภาพดินได้อย่างเป็นระบบ

การวัดและประเมินผล

เกณฑ์การประเมินผล	เครื่องมือวัดผล	สัดส่วนคะแนน
1. ทักษะการปฏิบัติงานและการใช้อุปกรณ์	แบบประเมินทักษะภาคสนาม	40%
2. รายงานข้อมูลและการวิเคราะห์ผล	การตรวจสมุดบันทึกและดาต้าชีท	30%
3. แบบฝึกหัดและคำถามท้ายบท	แบบ ทดสอบ ท้าย บทเรียน	20%
4. การมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบ	การเข้าเรียนและการตรงต่อเวลา	10%
รวมทั้งสิ้น		**100%**

2.1 กฎฟิสิกส์และเทอร์โมไดนามิกส์ในระบบต้นทุเรียน

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับกฎฟิสิกส์และเทอร์โมไดนามิกส์ในระบบต้นทุเรียน (Thermodynamics and Heat Budget in Durian Canopy) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

ต้นทุเรียนจัดเป็นระบบอุณหพลศาสตร์เปิด (Open thermodynamic system) ที่มีการแลกเปลี่ยนทั้งมวลสาร (น้ำ, คาร์บอนไดออกไซด์, สารอาหาร) และพลังงานกับสิ่งแวดล้อมรอบตัว

สมดุลความร้อนของทรงพุ่มทุเรียน (Canopy Energy Budget) อธิบายได้ด้วยสมการ:

$$R_n = H + \lambda E + G + S$$

โดยที่ R_n คือรังสีสุทธิจากดวงอาทิตย์ (Net radiation), H คือฟลักซ์ความร้อนสัมผัส (Sensible heat flux), λE คือฟลักซ์ความร้อนแฝงจากการคายระเหยน้ำ (Latent heat flux of transpiration), G คือฟลักซ์ความร้อนลงสู่ผิวดิน (Soil heat flux), และ S คืออัตราการสะสมความร้อนในชีวมวลของลำต้นและผล

ในวันที่อากาศร้อนจัด หากต้นทุเรียนขาดน้ำ กระบวนการคายน้ำเพื่อระบายความร้อนแฝง (Transpirational cooling) จะหยุดชะงัก ส่งผลให้อุณหภูมิใบพุ่งสูงเกิน 40°C และเกิดความเสียหายต่อระบบสังเคราะห์แสง (Photoinhibition)

มโนทัศน์สำคัญทางฟิสิกส์เกษตร

กฎการอนุรักษ์พลังงานและสมดุลความร้อนของทรงพุ่มเป็นตัวแปรสำคัญที่กำหนดอัตราการคายน้ำและการสังเคราะห์แสงของต้นทุเรียน การควบคุมปัจจัยแวดล้อมจึงต้องสอดคล้องกับหลักการทางฟิสิกส์

2.2 ชีวกลศาสตร์ของขั้วผลและการกระจายแรงโน้มถ่วง

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับชีวกลศาสตร์ของขั้วผลและการกระจายแรงโน้มถ่วง (Biomechanics of Durian Fruit Stalk and Mass Distribution) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

ผลทุเรียนเมื่อพัฒนาจนเติบโตเต็มที่อาจมีน้ำหนักตั้งแต่ 2.5 ถึง 6.0 กิโลกรัม การแขวนลอยของผลบนกิ่งต้องอาศัยโครงสร้างทางชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ที่แข็งแรงเป็นพิเศษ

ขั้วผลทุเรียน (Pedicel) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อไซเลมและเส้นใยสเกลอเรนไคมา (Sclerenchyma fibers) ที่มีความทนทานต่อแรงดึง (Tensile stress) สูงมาก แรงกระทำ

ต่อขั้วผลคำนวณตามกฎของนิวตัน:

$$F = m(g + a)$$

โดยที่ m คือมวลของผลทุเรียน, g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (9.81 m/s^2), และ a คือความเร่งพลศาสตร์ที่เกิดจากแรงลมพัดโยกกิ่ง หากแรงลมกระโชก (a) มีค่าสูง แรงดึงรวมอาจเกินขีดจำกัดความเหนียวของเนื้อเยื่อขั้วผล ทำให้ผลร่วงหล่นก่อนกำหนด การเข้าใจหลักฟิสิกส์นี้ช่วยในการออกแบบการโยงกิ่งและผูกเชือกพยุงลูกทุเรียนอย่างถูกต้องตามหลักวิศวกรรม

2.3 จลนพลศาสตร์ การ สะสม เนื้อ แห้ง และ เกณฑ์ การ เก็บเกี่ยว

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับจลนพลศาสตร์การสะสมเนื้อแห้งและเกณฑ์การเก็บเกี่ยว (Dry Matter Kinetics and Harvesting Standards) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

คุณภาพความอร่อยของทุเรียนขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์เนื้อแห้ง (Dry Matter Percentage; %DM) ซึ่งสะท้อนการสะสมแป้งและน้ำตาลในเนื้อทุเรียน

เกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ. 9003-2556) กำหนดเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งขั้นต่ำสำหรับการเก็บเกี่ยว: - พันธุ์กระดุมทอง: ไม่น้อยกว่า 27% - พันธุ์ชะนี: ไม่น้อยกว่า 30% - พันธุ์พวงมณี: ไม่น้อยกว่า 30% - พันธุ์หมอนทอง: ไม่น้อยกว่า 32%

การสะสมเนื้อแห้งสามารถจำลองได้ด้วยสมการซิกมอยด์ (Sigmoidal curve) ซึ่งอัตราการสะสมแป้งจะเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วง 90 ถึง 110 วันหลังดอกบานเต็มที่ (Days After Anthesis; DAA)

2.4 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง

2.4.1 การวัดรังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิผิวผลทุเรียนด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน

การวัดรังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิผิวผลทุเรียนด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน

1. ติดตั้งเซนเซอร์วัดรังสีดวงอาทิตย์ (Pyranometer) เหนือทรงพุ่มทุเรียน บันทึกค่า Irradiance (W/m^2) 2. ใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนอินฟราเรด (Thermal Imaging Camera) บันทึกภาพผลทุเรียนในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก 3. ตรวจวัดอุณหภูมิผิวเปลือกทุเรียน (Surface temperature) เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศรอบข้าง 4. วิเคราะห์จุดเสี่ยงการเกิดอาการแดดเผา (Sunburn) บนเปลือกทุเรียนเมื่ออุณหภูมิผิวสูงเกิน 42°C

2.4.2 การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งของทุเรียนด้วยวิธีอบความร้อน

การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเนื้อแห้งของทุเรียนด้วยวิธีอบความร้อน

1. สุ่มกรีดเจาะเนื้อทุเรียนบริเวณกึ่งกลางพู น้ำหนักสดประมาณ 10-15 กรัม 2. หั่นเนื้อทุเรียนเป็นแผ่นบางความหนาประมาณ 1-2 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนักสดเริ่มต้น (W_1) ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง 3. อบเนื้อทุเรียนในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ 4. นำออกมาผึ่งในโถดูดความชื้น (Desiccator) จนเย็น ชั่งน้ำหนักแห้ง (W_2) 5. คำนวณเปอร์เซ็นต์เนื้อแห้งตามสมการ: $\%DM = (W_2/W_1) \times 100$

2.4.3 การทดสอบแรงดึงของขั้วผลทุเรียนด้วยเครื่องวัดแรงดิจิทัล

การทดสอบแรงดึงของขั้วผลทุเรียนด้วยเครื่องวัดแรงดิจิทัล

1. ยึดขั้วผลทุเรียนเข้ากับแท่นจับทดสอบแรงดึงดิจิทัล (Digital Force Gauge) 2. เพิ่มแรงดึงในแนวดิ่งอย่างสม่ำเสมอด้วยความเร็วคงที่ 5 มม./นาที 3. บันทึกค่าแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Force; N) ณ จุดที่ขั้วผลเริ่มปริขาด 4. เปรียบเทียบค่าความเหนียวของขั้วผลในทุเรียนที่ได้รับแคลเซียม-โบรอนตามโปรแกรมปุ๋ยกับชุดควบคุม

2.5 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล

ตารางที่ 2.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 2

พารามิเตอร์ / การทดสอบ	ค่าที่ตรวจวัดได้	การแปลผลและการวิเคราะห์
จุด ตรวจ วัด ที่ 1 (บริเวณดินดอน)	ค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ปกติ	ปริมาณ น้ำ เพียง พอ ต่อ การเจริญ
จุดตรวจวัดที่ 2 (บริเวณที่ลุ่ม)	มีการสะสมความชื้นสูง	ควรชะลอการให้น้ำเพื่อป้องกันรากเน่า
สถานะสัญญาณโครงข่าย	RSSI: -85 dBm, SNR: +8 dB	คุณภาพ สัญญาณ LoRaWAN ยอดเยี่ยม

2.6 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงอธิบายผลกระทบของอุณหภูมิสูงและรังสีแสงอาทิตย์จัดต่อการทำงานของปากใบ (Stomatal Conductance) ในต้นทุเรียน

2. เหตุใดการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์เนื้อแห้ง (%DM) จึงเป็นตัวชี้วัดความสุกแก่ของทุเรียนที่แม่นยำกว่าการนับอายุวันเพียงอย่างเดียว

3. หากเกิดพายุฤดูร้อนที่มีความเร็วลมกระโชก 50 km/h จงคำนวณแรงพลศาสตร์ที่กระทำต่อผลทุเรียนน้ำหนัก 3.5 kg

บทที่ 3

ระบบ ตรวจ วัด สภาพ แวดล้อม ทางการเกษตรและเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศและจุลภูมิอากาศ
2. โพรบวัดความชื้น อุณหภูมิ และค่าการนำไฟฟ้าในดิน
3. สถาปัตยกรรมเครือข่ายสื่อสารไร้สายระยะไกลกำลังต่ำ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการ ทฤษฎี และสถาปัตยกรรมเทคโนโลยีประจำบทที่ 3 ได้อย่างถูกต้อง
2. ประยุกต์ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์เซนเซอร์ และระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อการจัดการสวนทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. วิเคราะห์ สรุปผลข้อมูล และแก้ไขปัญหาเชิงฟิสิกส์เกษตรและคุณภาพดินได้อย่างเป็นระบบ

การวัดและประเมินผล

เกณฑ์การประเมินผล	เครื่องมือวัดผล	สัดส่วนคะแนน
1. ทักษะการปฏิบัติงานและการใช้อุปกรณ์	แบบประเมินทักษะภาคสนาม	40%
2. รายงานข้อมูลและการวิเคราะห์ผล	การตรวจสมุดบันทึกและดาต้าชีท	30%
3. แบบฝึกหัดและคำถามท้ายบท	แบบ ทดสอบ ท้าย บทเรียน	20%
4. การมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบ	การเข้าเรียนและการตรงต่อเวลา	10%
รวมทั้งสิ้น		**100%**

3.1 หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศและจุลภูมิอากาศ

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศและจุลภูมิอากาศ (Agricultural Weather Sensors and Microclimate) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

การทำเกษตรแม่นยำในสวนทุเรียนจำเป็นต้องตรวจวัดจุลภูมิอากาศ (Microclimate) ซึ่งเป็นสภาวะอากาศเฉพาะบริเวณใต้ทรงพุ่มและแปลงปลูก

เซนเซอร์สภาพอากาศหลักประกอบด้วย: 1. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Air Temperature & Relative Humidity): นิยมใช้เซนเซอร์สารกึ่งตัวนำแบบดิจิทัล เช่น Sensirion SHT35 หรือ SHT40 ที่มีความแม่นยำสูง ป้องกันละอองน้ำด้วยตัวครอบฟิลเตอร์เผาผนึก (Sintered filter cap) 2. เซนเซอร์วัดรังสีดวงอาทิตย์สังเคราะห์แสง (Photosynthetically Active Radiation; PAR): วัดโฟตอนแสงในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร มีหน่วยเป็น $\mu mol/(m^2 \cdot s)$ ซึ่งเป็นช่วงแสงที่คลอโรฟิลล์นำไปใช้สังเคราะห์แป้ง 3. เซนเซอร์วัดทิศทางและความเร็วลม (Anemometer & Wind Vane): ตรวจวัดกระแสลมเพื่อประเมินอัตราการคายระเหยน้ำและความเสี่ยงต่อแรงลมกระโชก 4. รางวัดปริมาณน้ำฝนแบบกาลักน้ำสองถ้วย (Tipping Bucket Rain Gauge): วัดปริมาณน้ำฝนสะสมละเอียดระดับ 0.2 มิลลิเมตร

3.2 โพรบวัดความชื้น อุณหภูมิ และค่าการนำไฟฟ้าในดิน

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับโพรบวัดความชื้น อุณหภูมิ และค่าการนำไฟฟ้าในดิน (Soil Moisture and Multi-Parameter Probes) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

การตรวจวัดสภาวะของดินใต้ทรงพุ่มทุเรียนเป็นหัวใจสำคัญของการควบคุมการให้น้ำและธาตุอาหาร

เทคโนโลยีโพรบวัดดินที่นิยมใช้: 1. เทคนิคสะท้อนโดเมนความถี่ (Frequency Domain Reflectometry; FDR): วัดค่าคงที่ไดอิเล็กทริกสัมพัทธ์ (Relative dielectric permittivity) ของดิน ซึ่งแปรผันตามปริมาตรน้ำในดิน (Volumetric Water Content; VWC) ที่ความถี่สูง 50-100 MHz มีความเสถียรและทนทานสูง 2. เซนเซอร์วัดค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายดิน (Pore Water Electrical Conductivity; EC): ตรวจวัดความเข้มข้นของไอออนเกลือและปุ๋ยเคมีที่ละลายอยู่ในดิน ป้องกันภาวะดินเค็มหรือปุ๋ยเกินเกณฑ์ 3. โพรบหลายระดับความลึก (Multi-depth Soil Probe): วัดค่าความชื้นพร้อมกันที่ความลึก 20, 40, และ 60 เซนติเมตร เพื่อติดตามการดูดกินน้ำของรากฝอยทุเรียนและการซึมลึกของน้ำ

3.3 สถาปัตยกรรมเครือข่ายสื่อสารไร้สายระยะไกลกำลังต่ำ

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมเครือข่ายสื่อสารไร้สายระยะไกลกำลังต่ำ (LoRaWAN Network Architecture for Orchards) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) เป็นมาตรฐานการสื่อสารไร้สายแถบความถี่แคบ (LPWAN) ที่ทำงานบนย่านความถี่สาธารณะ (ISM band) ความถี่ AS923 (920-925 MHz) สำหรับประเทศไทย

คุณสมบัติ เด่น ของ LoRaWAN สำหรับ สวน ไม้ ผล: - ระยะ ส่ง สัญญาณ ไกล: ครอบคลุมรัศมี 2 ถึง 5 กิโลเมตรในสวนทุเรียนที่มีใบไม้หนาแน่น และไกลกว่า 10 กิโลเมตรในแนวสายตาโล่ง (Line-of-Sight) - ประหยัดพลังงานระดับสูง: อุปกรณ์โหนดเซนเซอร์ใช้กระแสไฟต่ำกว่า 5 ไมโครแอมป์ในโหมดหลับ (Sleep mode) ทำให้ทำงานได้ยาวนานหลาย ปี ด้วย แบตเตอรี่ ขนาด เล็ก และ แผง โซ ลาร์ เซลล์ 5W - สถาปัตยกรรม แบบ Star Topology: โหนดเซนเซอร์ภาคสนามส่งข้อมูลตรงสู่เกตเวย์กลาง (Gateway) โดยไม่ต้องผ่านโหนดทวนสัญญาณซับซ้อน

ข้อกำหนดทางเทคนิคสถาปัตยกรรม AIoT

การเชื่อมต่อระบบเซนเซอร์ไร้สายต้องรักษาความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล มีการเข้ารหัสระดับ AES-128 และบริหารจัดการพลังงานให้โหนดเซนเซอร์ทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 3 ปี

3.4 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง

3.4.1 ขั้นตอนการติดตั้งและสอบเทียบโพรบวัดดิน FDR ใต้ทรงพุ่มทุเรียน

ขั้นตอนการติดตั้งและสอบเทียบโพรบวัดดิน FDR ใต้ทรงพุ่มทุเรียน

1. เลือกตำแหน่งติดตั้งใต้แนวรัศมีทรงพุ่มด้านใน ประมาณ 1/2 ถึง 2/3 ของรัศมีพุ่ม ซึ่งเป็นบริเวณที่มีรากหาอาหารหนาแน่น 2. ใช้สว่านเจาะดินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับตัวโพรบ เจาะลึกลงไป 30 เซนติเมตร โดยระวังไม่ให้ผนังหลุมร่วนแตก 3. ผสมดินที่ขุดขึ้นมากับน้ำเล็กน้อยให้เป็นโคลนเหลว เทลงก้นหลุมเพื่อช่วยให้หน้าสัมผัสระหว่างผิวเซนเซอร์กับเนื้อดินแนบสนิท ปราศจากช่องว่างอากาศ 4. เสียบโพรบวัดดินลงในแนวดิ่ง กลบดินอัดแน่นรอบสายสัญญาณ และร้อยสายผ่านท่อร้อยสายไฟ PE เพื่อป้องกันหนูและแมลงกัดแทะ 5. สอบเทียบค่า VWC ในห้องทดลองกับตัวอย่างดินแห้งอบ (0%) และดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Field Capacity)

3.4.2 การประกอบและติดตั้งชุดโหนด LoRaWAN พลังงานแสงอาทิตย์

การประกอบและติดตั้งชุดโหนด LoRaWAN พลังงานแสงอาทิตย์

1. ประกอบบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ร่วมกับโมดูลวิทยุ LoRa SX1262 ภายในกล่องกันน้ำมาตรฐาน IP67 2. เชื่อมต่อวงจรชาร์จแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์ MPPT เข้ากับแบตเตอรี่ LiFePO4 ขนาด 3.2V 6000mAh 3. ยึดแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 5W 6V ทำมุมเอียง 15 องศาหันไปทางทิศใต้ 4. ติดตั้งเสาอากาศไฟเบอร์กลาสเกนขยาย 3 dBi บนยอดเสาเหล็กสูง 3 เมตรเหนือผิวดิน 5. ตรวจสอบการส่งข้อมูลแพ็กเก็ตทุกๆ 15 นาทีเข้าสู่เกตเวย์

3.4.3 การทดสอบสัญญาณครอบคลุมและการสูญเสียแพ็กเก็ต

การทดสอบสัญญาณครอบคลุมและการสูญเสียแพ็กเก็ต

1. พกพาอุปกรณ์ทดสอบสัญญาณ LoRaWAN Field Tester เดินรอบขอบเขตของสวนทุเรียน 2. ส่งสัญญาณทดสอบทุกระยะห่าง 100 เมตร บันทึกค่าพิกัด GPS, ค่า RSSI และ SNR 3. ตรวจสอบบริเวณที่มีสัญญาณต่ำกว่า -115 dBm หรือ SNR ต่ำกว่า -10 dB เพื่อพิจารณาปรับตำแหน่งเสาอากาศเกตเวย์ 4. วิเคราะห์อัตราการสูญเสียแพ็กเก็ตข้อมูล (Packet Loss Rate) ให้อยู่ต่ำกว่า 2%

3.5 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล

ตารางที่ 3.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 3

พารามิเตอร์ / การทดสอบ	ค่าที่ตรวจวัดได้	การแปลผลและการวิเคราะห์
จุด ตรวจ วัด ที่ 1 (บริเวณดินดอน)	ค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ปกติ	ปริมาณ น้ำ เพียง พอ ต่อ การเจริญ
จุดตรวจวัดที่ 2 (บริเวณที่ลุ่ม)	มีการสะสมความชื้นสูง	ควรชะลอการให้น้ำเพื่อป้องกันรากเน่า
สถานะสัญญาณโครงข่าย	RSSI: -85 dBm, SNR: +8 dB	คุณภาพ สัญญาณ LoRaWAN ยอดเยี่ยม

3.6 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดระหว่างเทคโนโลยีเซนเซอร์วัดความชื้นดินแบบคาปาซิทีฟ (Capacitive) กับแบบความต้านทาน (Resistive)
2. เหตุใดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศใต้ทรงพุ่มทุเรียนจึงมักสูงกว่าบรรยากาศภายนอกสวนอย่างมีนัยสำคัญ
3. หากค่า SNR ของสัญญาณ LoRaWAN มีค่าติดลบ หมายความว่าอย่างไร และระบบยังสามารถถอดรหัสข้อมูลได้หรือไม่

บทที่ 4

การ จัดการ ระบบ น้ำ อัจฉริยะ และ การควบคุมการชลประทานแบบแม่นยำสูง

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 4

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. สรีรวิทยาความต้องการน้ำของทุเรียนในแต่ละระยะฟีโนโลยี
2. การคำนวณการใช้น้ำของพืชตามแบบจำลอง
3. สถาปัตยกรรมระบบควบคุมน้ำอัตโนมัติด้วยโซลินอยด์วาล์ว
4. การประหยัดน้ำและพลังงานด้วยเทคโนโลยีอัตโนมัติ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการ ทฤษฎี และสถาปัตยกรรมเทคโนโลยีประจำบทที่ 4 ได้อย่างถูกต้อง
2. ประยุกต์ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์เซนเซอร์ และระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อการจัดการสวนทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. วิเคราะห์ สรุปผลข้อมูล และแก้ไขปัญหาเชิงฟิสิกส์เกษตรและคุณภาพดินได้อย่างเป็นระบบ

การวัดและประเมินผล

เกณฑ์การประเมินผล	เครื่องมือวัดผล	สัดส่วนคะแนน
1. ทักษะการปฏิบัติงานและการใช้อุปกรณ์	แบบประเมินทักษะภาคสนาม	40%
2. รายงานข้อมูลและการวิเคราะห์ผล	การตรวจสมุดบันทึกและดาต้าชีท	30%
3. แบบฝึกหัดและคำถามท้ายบท	แบบ ทดสอบ ท้าย บทเรียน	20%
4. การมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบ	การเข้าเรียนและการตรงต่อเวลา	10%
รวมทั้งสิ้น		**100%**

4.1 สรีรวิทยาความต้องการน้ำของทุเรียนในแต่ละระยะฟีโนโลยี

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับสรีรวิทยาความต้องการน้ำของทุเรียนในแต่ละระยะฟีโนโลยี (Durian Water Requirements Across Phenological Stages) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

ทุเรียนเป็นไม้ผลที่มีความต้องการน้ำในปริมาณและจังหวะเวลาที่จำเพาะเจาะจงอย่างยิ่งในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (Phenological stages):

1. ระยะสะสมอาหารและเตรียมตาดอก (Resting & Floral induction): ต้องงดการให้น้ำ (กักน้ำ) เป็นเวลา 10-14 วัน จนกระทั่งดินแห้งสนิท ใบมีอาการสลดเล็กน้อย เพื่อกระตุ้นให้ต้นทุเรียนเกิดความเครียดจากการขาดน้ำ (Water stress) ผลักดันให้พัฒนาตาดอก 2. ระยะพัฒนาตาดอกถึงเหยียดตีนเป็ด (Flower development): เริ่มให้น้ำปริมาณน้อยแบบโชยๆ ประมาณ 1 ใน 3 ของปกติ แล้วค่อยๆ เพิ่มปริมาณน้ำอย่างช้าๆ 3. ระยะดอกบาน (Anthesis): ลดปริมาณน้ำลงเหลือประมาณ 50% เพื่อป้องกันการสลัดดอกและช่วยให้เกสรผสมติดสมบูรณ์ 4. ระยะพัฒนาการของผล (Fruit expansion): ทุเรียนต้องการน้ำในปริมาณสูงและสม่ำเสมอที่สุด การขาดน้ำในระยะนี้จะทำให้ผลแคระแกร็น หนามบิด เบี้ยว และสลัดผลทิ้ง 5. ระยะก่อนเก็บเกี่ยว 10-14 วัน: ลดปริมาณน้ำลงเล็กน้อยเพื่อช่วยให้เนื้อทุเรียนสะสมแป้งและน้ำตาลเต็มที่ ป้องกันอาการเนื้อแฉะเต่าเผา

4.2 การคำนวณการใช้น้ำของพืชตามแบบจำลอง

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการคำนวณการใช้น้ำของพืชตามแบบจำลอง (Crop Evapotranspiration and Water Budgeting) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

การคำนวณความต้องการน้ำของต้นทุเรียนต่อวันอาศัยสมการมาตรฐานของ FAO-56:

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

โดยที่ ET_c คือการคายระเหยน้ำของพืช (Crop evapotranspiration, mm/day), K_c คือสัมประสิทธิ์พืชทุเรียน (Crop coefficient ซึ่งแปรผันตามระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ 0.4 ถึง 0.85), และ ET_0 คือการคายระเหยน้ำอ้างอิงจากสถานีตรวจอากาศ คำนวณด้วยสมการ Penman-Monteith

ปริมาตรน้ำที่ต้องให้ต่อต้นต่อวัน (V, ลิตร/ต้น/วัน) คำนวณได้จาก:

$$V = ET_c \times A_\text{canopy} \times \frac{1}{E_i}$$

โดยที่ A_{canopy} คือ พื้นที่ทรงพุ่มทุเรียน (πr^2, ตารางเมตร) และ E_i คือ ประสิทธิภาพของระบบการให้น้ำแบบมินิสปริงเกลอร์ (ประมาณ 85-90%)

4.3 สถาปัตยกรรมระบบควบคุมน้ำอัตโนมัติด้วยโซลินอยด์วาล์ว

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมระบบควบคุมน้ำอัตโนมัติด้วยโซลินอยด์วาล์ว (Automated Solenoid Valve Control Architecture) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

ระบบชลประทานอัจฉริยะผสานไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมหลัก (เช่น ESP32 หรือ Industrial PLC) ร่วมกับบอร์ดขับรีเลย์เพื่อสั่งการเปิด-ปิด โซลินอยด์วาล์วไฟฟ้า (Solenoid Valve 24VAC หรือ 12VDC Latching)

โหมดการทำงานของระบบ: 1. การควบคุมตามเวลา (Time-based scheduling): สั่งเปิด-ปิดน้ำตามกำหนดเวลาที่ตั้งล่วงหน้า 2. การควบคุมตามค่าเซนเซอร์ความชื้นในดิน (Sensor-based thresholding): สั่งเปิดน้ำอัตโนมัติเมื่อความชื้นในดินลดต่ำลงถึงจุดวิกฤต (Lower threshold) และหยุดให้น้ำเมื่อดินมีความชื้นถึงระดับความจุภาคสนาม (Field Capacity) 3. การควบคุมอิงการคำนวณสมดุลน้ำ (Evapotranspiration-based precision): ประมวลผลร่วมกับสถานีตรวจอากาศเพื่อให้น้ำชดเชยตามปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจริงในแต่ละวัน

ข้อกำหนดทางเทคนิคสถาปัตยกรรม AIoT

การเชื่อมต่อระบบเซนเซอร์ไร้สายต้องรักษาความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล มีการเข้ารหัสระดับ AES-128 และบริหารจัดการพลังงานให้โหนดเซนเซอร์ทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 3 ปี

4.4 การประหยัดน้ำและพลังงานด้วยเทคโนโลยีอัตโนมัติ

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการประหยัดน้ำและพลังงานด้วยเทคโนโลยีอัตโนมัติ (Water and Energy Efficiency Optimization) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

จากการทดสอบภาคสนามในสวนทุเรียนจังหวัดจันทบุรี การเปลี่ยนจากการให้น้ำตามความเคยชินของแรงงานมาเป็นระบบอัตโนมัติแบบแม่นยำสูง สามารถลดปริมาณการใช้น้ำลงได้ 25 ถึง 35% พร้อมทั้งลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องสูบน้ำ ส่งผลให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงได้มากกว่า 30% ในขณะที่คุณภาพผลผลิต

ทุเรียนสม่ำเสมอเพิ่มขึ้น

4.5 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง

4.5.1 การคำนวณความต้องการน้ำของต้นทุเรียนอายุ 8 ปี

การคำนวณความต้องการน้ำของต้นทุเรียนอายุ 8 ปี

1. วัดรัศมีทรงพุ่มทุเรียนเฉลี่ย $r = 3.5$ เมตร คำนวณพื้นที่ทรงพุ่ม: $A = \pi \times (3.5)^2 \approx 38.5$ ตารางเมตร 2. อ่านค่า ET_0 จากสถานีอากาศ AIoT ในวันแดดจัด ได้ค่า $ET_0 = 5.2$ mm/day 3. ในระยะผลขยายขนาด ค่าสัมประสิทธิ์พืช $K_c = 0.80$ คำนวณ: $ET_c = 0.80 \times 5.2 = 4.16$ mm/day 4. คำนวณปริมาตรน้ำที่ต้องให้: $V = 4.16 \times 38.5/0.85 \approx 188.4$ ลิตร/ต้น/วัน 5. กำหนดเวลาเปิดสปริงเกลอร์: หากมินิสปริงเกลอร์มีอัตราจ่ายน้ำรวม 120 ลิตร/ชั่วโมง ต้องเปิดน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 34 นาที

4.5.2 การติดตั้งและทดสอบโซลินอยด์วาล์วไฟฟ้า 24VAC ประจำแปลง

การติดตั้งและทดสอบโซลินอยด์วาล์วไฟฟ้า 24VAC ประจำแปลง

1. ติดตั้งโซลินอยด์วาล์วขนาด 2 นิ้วที่ท่อแยกเข้าสู่แต่ละโซนรดน้ำ หุ้มกล่องวาล์วกันดิน (Valve Box) 2. เดินสายไฟควบคุมทนน้ำ (UF Cable) ฝังดินร่วมกับท่อประปาเข้าสู่ตู้คอนโทรลเลอร์ 3. ทดสอบแรงดันน้ำก่อนเข้าและหลังผ่านวาล์ว ด้วยเกจวัดแรงดัน (Pressure Gauge) ให้อยู่ในช่วง 1.5 - 2.5 บาร์ 4. ทดสอบสั่งเปิด-ปิดวาล์วผ่านแอปพลิเคชันสมาร์ทโฟนและตรวจสอบกระแสไฟกระตุ้นคอยล์วาล์ว

4.5.3 การเขียนฟังก์ชันป้องกันความผิดพลาดของระบบน้ำ

การเขียนฟังก์ชันป้องกันความผิดพลาดของระบบน้ำ

1. ติดตั้งเซนเซอร์วัดการไหลของน้ำ (Water Flow Meter) ที่ท่อเมนหลัก 2. กำหนดเงื่อนไข Failsafe: หากระบบสั่งเปิดวาล์วแต่ Flow Meter ตรวจไม่พบการไหลภายใน 60 วินาที ให้สั่งตัดปั๊มน้ำทันทีเพื่อป้องกันปั๊มไหม้ (Dry-run protection) 3. หากตรวจพบอัตราการไหลสูงเกินปกติ 150% ให้แจ้งเตือนท่อเมนแตก (Pipe burst alert)

4.6 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 4

พารามิเตอร์ / การทดสอบ	ค่าที่ตรวจวัดได้	การแปลผลและการวิเคราะห์
จุด ตรวจ วัด ที่ 1 (บริเวณดินดอน)	ค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ปกติ	ปริมาณ น้ำ เพียง พอ ต่อ การเจริญ
จุดตรวจวัดที่ 2 (บริเวณที่ลุ่ม)	มีการสะสมความชื้นสูง	ควรชะลอการให้น้ำเพื่อป้องกันรากเน่า
สถานะสัญญาณโครงข่าย	RSSI: -85 dBm, SNR: +8 dB	คุณภาพ สัญญาณ LoRaWAN ยอดเยี่ยม

4.7 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงอธิบายเหตุผลทางสรีรวิทยาพืชว่าเหตุใดจึงต้องงดการให้น้ำทุเรียนเพื่อชักนำการออกดอก
2. หากเกิดฝนตกหนักวัดปริมาณได้ 35 mm ในช่วงเช้า อัลกอริทึมชลประทานอัจฉริยะควรปรับแผนการให้น้ำในวันนั้นอย่างไร
3. จงเปรียบเทียบการให้น้ำแบบครั้งเดียวต่อวันกับการแบ่งให้น้ำเป็น 2 ช่วง (เช้าและบ่าย) ในแง่การดูดซึมของรากและการระเหยสูญเสีย

บทที่ 5

สถาปัตยกรรม การ วิเคราะห์ คุณภาพ ดิน ระดับดิจิทัลและตัวแปรทางชีวกายภาพ

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 5

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. คุณสมบัติทางกายภาพและเนื้อดินในสวนทุเรียนภาคตะวันออก
2. คุณสมบัติทางเคมี ดัชนีความอุดมสมบูรณ์ และค่า pH ดิน
3. การเปรียบเทียบระหว่างวิธีวิเคราะห์ดินในห้องแล็บกับเซนเซอร์ดิจิทัล

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการ ทฤษฎี และสถาปัตยกรรมเทคโนโลยีประจำบทที่ 5 ได้อย่างถูกต้อง
2. ประยุกต์ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์เซนเซอร์ และระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อการจัดการสวนทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. วิเคราะห์ สรุปผลข้อมูล และแก้ไขปัญหาเชิงฟิสิกส์เกษตรและคุณภาพดินได้อย่างเป็นระบบ

การวัดและประเมินผล

เกณฑ์การประเมินผล	เครื่องมือวัดผล	สัดส่วนคะแนน
1. ทักษะการปฏิบัติงานและการใช้อุปกรณ์	แบบประเมินทักษะภาคสนาม	40%
2. รายงานข้อมูลและการวิเคราะห์ผล	การตรวจสมุดบันทึกและดาต้าชีท	30%
3. แบบฝึกหัดและคำถามท้ายบท	แบบ ทดสอบ ท้าย บทเรียน	20%
4. การมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบ	การเข้าเรียนและการตรงต่อเวลา	10%
รวมทั้งสิ้น		**100%**

5.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเนื้อดินในสวนทุเรียนภาคตะวันออก

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพและเนื้อดินในสวนทุเรียนภาคตะวันออก (Soil Physical Properties and Texture) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

ดินในพื้นที่ปลูกทุเรียนแถบจังหวัดจันทบุรีและระยองส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มดินชุดท่าใหม่ (Tha Mai series) และชุดสระแก้ว ซึ่งพัฒนามาจากหินบะซอลต์และหินตะกอน มีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วนปนดินเหนียวสีแดง

คุณสมบัติทางกายภาพวิกฤตของดินทุเรียน: - ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density, ρ_b): ดินที่ดีควรมีค่า ρ_b อยู่ในช่วง 1.1 ถึง 1.3 g/cm^3 หากดินแน่นทึบเกิน 1.5 g/cm^3 จะขัดขวางการแทงทะลุของรากแขนงและการถ่ายเทอากาศ - ความพรุนรวมของดิน (Total Soil Porosity): ควรมีสัดส่วนประมาณ 50% แบ่งเป็นช่องพรุนขนาดใหญ่ (Macropores สำหรับระบายน้ำและถ่ายเทอากาศ) 25% และช่องพรุนขนาดเล็ก (Micropores สำหรับกักเก็บน้ำ) 25% - อัตราการแทรกซึมของน้ำ (Infiltration Rate): ทุเรียนต้องการดินที่มีการระบายน้ำดีเยี่ยม น้ำต้องไม่ขังแฉะเกิน 24 ชั่วโมง

5.2 คุณสมบัติทางเคมี ดัชนีความอุดมสมบูรณ์ และค่า pH ดิน

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเคมี ดัชนีความอุดมสมบูรณ์และค่า pH ดิน (Soil Chemical Properties, pH and Fertility) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

ทุเรียนเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 5.5 ถึง 6.5

ผลกระทบของค่า pH ดินต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร: 1. ดินกรดรุนแรง (pH < 5.0): ฟอสฟอรัสจะถูกตรึงด้วยเหล็กและอะลูมิเนียม เกิดพิษจากอะลูมิเนียมและแมงกานีส ส่งผลให้ปลายรากทุเรียนกุดและหยุดเจริญเติบโต 2. ดินด่าง (pH > 7.5): จุลธาตุอาหาร เช่น เหล็ก สังกะสี และทองแดง จะตกตะกอน ทำให้ทุเรียนแสดงอาการใบเหลืองซีด 3. ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Soil EC): ค่า EC ของสารละลายอิ่มตัวในดินไม่ควรเกิน 1.5 dS/m เพื่อป้องกันแรงดันออสโมซิสดึงน้ำออกจากรากพืช

5.3 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีวิเคราะห์ดินในห้องแล็บกับเซนเซอร์ดิจิทัล

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเปรียบเทียบระหว่างวิธีวิเคราะห์ดินในห้องแล็บกับเซนเซอร์ดิจิทัล (Laboratory Soil Standards vs Digital Probes) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพดินตามมาตรฐานสากลและห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา: - ค่า pH ดิน: วัดด้วยวิธีสารแขวนลอยดินต่อน้ำกลั่น 1:1 หรือ 1:2.5 ด้วย pH Meter หัววัดกระจก - ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter; OM): วิเคราะห์ด้วยวิธี Walkley-Black Wet Oxidation - ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N): วิธี Semi-micro Kjeldahl - ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P): สกัดด้วยวิธี Bray II - โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K): สกัดด้วย 1N Ammonium acetate และวัดด้วย Flame Photometer

เซนเซอร์ดิจิทัลและโพรบภาคสนามช่วยให้เก็บข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว แต่ต้องผ่านกระบวนการสอบเทียบความถูกต้อง (Calibration) เทียบกับผลแล็บมาตรฐานเสมอเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (Systematic error)

5.4 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง

5.4.1 การเก็บตัวอย่างดินสวนทุเรียนตามหลักปฐพีวิทยาเพื่อส่งวิเคราะห์แล็บ

การเก็บตัวอย่างดินสวนทุเรียนตามหลักปฐพีวิทยาเพื่อส่งวิเคราะห์แล็บ

1. กำหนดจุดเก็บตัวอย่างแบบซิกแซก (Zig-zag) หรือตารางกริด (Grid sampling) 5-10 จุดต่อแปลง 2. กวาดเศษซากใบไม้แห้งและหญ้าบนผิวดินออก ใช้พลั่วขุดดินเป็นรูปตัว V ลึก 0-15 ซม. (ดินบน) และ 15-30 ซม. (ดินล่าง) 3. ปาดดินด้านข้างออก เหลือแถบดินตรงกลางกว้าง 1 นิ้ว ใส่ในถังพลาสติกสะอาด 4. คลุกเคล้าดินย่อยทั้งหมดให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียว แบ่งดินตัวอย่างรวมหนัก 1 กิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติก 5. ผึ่งลมในที่ร่มให้แห้ง บดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร พร้อมส่งวิเคราะห์

5.4.2 การตรวจวัดค่า pH และ EC ดินภาคสนามด้วยเครื่องวัดดิจิทัลแบบพกพา

การตรวจวัดค่า pH และ EC ดินภาคสนามด้วยเครื่องวัดดิจิทัลแบบพกพา

1. ชั่งดินแห้งที่ร่อนผ่านตะแกรง 20 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ 2. เติมน้ำกลั่นบริสุทธิ์ 20 มิลลิลิตร (อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1) 3. คนให้เข้ากันอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดสมดุลเคมี 4. สอบเทียบหัววัด pH ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4.01 และ 7.00 5. จุ่มหัววัดลงในส่วนของสารแขวนลอย อ่านค่า pH และบันทึกผลเมื่อตัวเลขนิ่ง

5.4.3 การประเมินเนื้อสัมผัสของดินภาคสนามด้วยวิธีสัมผัส

การประเมินเนื้อสัมผัสของดินภาคสนามด้วยวิธีสัมผัส

1. หยิบดินตัวอย่างประมาณ 1 ช้อนโต๊ะ พรมน้ำให้อยู่ในสภาพดินชื้นพอปั้นได้ 2. คลึงดินบนฝ่ามือเป็นแท่งกลมเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-5 มิลลิเมตร 3. ดันดินเป็นเส้นยาว (Ribbon test): หากทำเส้นยาวได้เกิน 5 ซม. แสดงว่ามีดินเหนียวสูง 4. ขยี้ดินเปียกบนฝ่ามือเพื่อสัมผัสความสาก (ทราย), ความนุ่มลื่น (ทรายละเอียด/ทรายแป้ง), หรือความเหนียวเหนอะหนะ (ดินเหนียว)

5.5 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล

ตารางที่ 5.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 5

พารามิเตอร์ / การทดสอบ	ค่าที่ตรวจวัดได้	การแปลผลและการวิเคราะห์
จุด ตรวจ วัด ที่ 1 (บริเวณดินดอน)	ค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ปกติ	ปริมาณ น้ำ เพียง พอ ต่อ การ เจริญ
จุดตรวจวัดที่ 2 (บริเวณที่ลุ่ม)	มีการสะสมความชื้นสูง	ควรชะลอการให้น้ำเพื่อป้องกันรากเน่า
สถานะสัญญาณโครงข่าย	RSSI: -85 dBm, SNR: +8 dB	คุณภาพ สัญญาณ LoRaWAN ยอดเยี่ยม

5.6 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท

1. จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (OM) กับความจุในการกักเก็บน้ำของดินชุดท่าใหม่
2. เหตุใดการใส่ปุ๋ยเคมีปริมาณมากเกินไปจึงส่งผลให้ค่า EC ของดินพุ่งสูง และส่งผลเสียต่อรากทุเรียนอย่างไร
3. จงเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของการวิเคราะห์ดินด้วยเครื่องแล็บมาตรฐานกับการใช้เซนเซอร์ดิจิทัลวัดในแปลง

บทที่ 6

ปัญญาประดิษฐ์และการประมวลผลภาพถ่ายสมาร์ทโฟนเพื่อการประเมินสุขภาพดิน

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 6

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. หลักการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลและปริภูมิสีของดิน
2. การเทียบค่าสีมาตรฐานด้วย Color Calibration Card
3. สถาปัตยกรรมโมเดล Deep Learning สำหรับการทำนายคุณภาพดิน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการ ทฤษฎี และสถาปัตยกรรมเทคโนโลยีประจำบทที่ 6 ได้อย่างถูกต้อง
2. ประยุกต์ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์เซนเซอร์ และระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อการจัดการสวนทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. วิเคราะห์ สรุปผลข้อมูล และแก้ไขปัญหาเชิงฟิสิกส์เกษตรและคุณภาพดินได้อย่างเป็นระบบ

การวัดและประเมินผล

เกณฑ์การประเมินผล	เครื่องมือวัดผล	สัดส่วนคะแนน
1. ทักษะการปฏิบัติงานและการใช้อุปกรณ์	แบบประเมินทักษะภาคสนาม	40%
2. รายงานข้อมูลและการวิเคราะห์ผล	การตรวจสมุดบันทึกและดาต้าชีท	30%
3. แบบฝึกหัดและคำถามท้ายบท	แบบ ทดสอบ ท้าย บทเรียน	20%
4. การมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบ	การเข้าเรียนและการตรงต่อเวลา	10%
รวมทั้งสิ้น		**100%**

6.1 หลักการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลและปริภูมิสีของดิน

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลและปริภูมิสีของดิน (Digital Soil Image Processing and Color Spaces) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

สีของดิน (Soil Color) จัดเป็นตัวบ่งชี้ทางกายภาพที่สำคัญซึ่งสะท้อนถึงองค์ประกอบทางเคมีและแร่ธาตุ เช่น ปริมาณอินทรียวัตถุ (ดินสีคล้ำ/ดำ), ปริมาณสารประกอบเหล็กออกไซด์ (ดินสีแดง/เหลือง), และระดับการระบายน้ำของดิน

การถ่ายภาพดินด้วยกล้องสมาร์ทโฟนทั่วไปจะบันทึกข้อมูลในปริภูมิสี RGB (Red, Green, Blue) ซึ่งมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงธรรมชาติอย่างยิ่ง ดังนั้นในระบบประมวลผล SoilAI จึงต้องแปลงปริภูมิสีเข้าสู่ระบบที่มีความคงทนต่อแสง: 1. ระบบสี HSV/HSL: แยกค่า Hue (เนื้อสี), Saturation (ความอิ่มตัวสี), และ Value/Lightness (ความสว่าง) 2. ระบบสี CIE L*a*b*: ค่า L* แสดงความสว่าง (Lightness ซึ่งแปรผกผันกับปริมาณอินทรียวัตถุและความชื้นในดิน), ค่า a* แสดงความแดง-เขียว (สะท้อนแร่ฮีมาไทต์ Fe_2O_3), และค่า b* แสดงความเหลือง-น้ำเงิน (สะท้อนแร่เกอไทต์ FeOOH) 3. ระบบสี Munsell Soil Color: ระบบจำแนกสีดินมาตรฐานสากลตามค่า Hue, Value, และ Chroma

6.2 การเทียบค่าสีมาตรฐานด้วย Color Calibration Card

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเทียบค่าสีมาตรฐานด้วย Color Calibration Card (Color Calibration Using Reference Cards) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

เพื่อขจัดผลกระทบจากความแปรปรวนของแสงแดด เงาเมฆ และเซนเซอร์กล้องสมาร์ทโฟนแต่ละยี่ห้อ ระบบจำเป็นต้องใช้ การเทียบสีอ้างอิง (Color Calibration): - ใช้บัตรสีมาตรฐานที่มีแถบสีเทากลาง 18% (18% Neutral Gray Card) และแถบแม่สี RGB วางระนาบเดียวกับผิวดิน - อัลกอริทึม White Balance และ Color Constancy จะคำนวณเวกเตอร์แปลงค่าสี (Color Correction Matrix; CCM)

$$\begin{bmatrix} R_\text{corrected} \\ G_\text{corrected} \\ B_\text{corrected} \end{bmatrix} = \mathbf{M}_3 \times 3 \begin{bmatrix} R_\text{raw} \\ G_\text{raw} \\ B_\text{raw} \end{bmatrix}$$

ช่วยให้ภาพถ่ายดินที่ถ่ายในช่วงเวลาต่างกันหรือต่างสมาร์ทโฟนมีค่าสีดิจิทัลที่เสถียรและเทียบเคียงกันได้

6.3 สถาปัตยกรรม โมเดล Deep Learning สำหรับ การทำนายคุณภาพดิน

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมโมเดล Deep Learning สำหรับการทำนายคุณภาพดิน (Deep Learning Models for Soil Quality Prediction) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

ระบบ SoilAI ใช้สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network; CNN) ร่วมกับอัลกอริทึมการถดถอย (Regression Algorithms): - สถาปัตยกรรม Backbone: ใช้โครงข่ายน้ำหนักเบาประสิทธิภาพสูง เช่น MobileNetV3 หรือ EfficientNet-B0 ที่สามารถประมวลผลบนสมาร์ทโฟนได้โดยตรง (On-device Edge Inference) - การสกัดคุณลักษณะ (Feature Extraction): ดึงลักษณะพื้นผิวของเม็ดดิน (Soil texture), การรวมตัวของก้อนดิน (Aggregate structure), และการกระจายตัวของโทนสี - ชั้นทำนายค่าต่อเนื่อง (Multi-output Regression Head): ทำนายค่าพารามิเตอร์คุณภาพดินพร้อมกัน ได้แก่ ค่าความชื้นในดิน (Moisture %), ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), และค่าปริมาณอินทรียวัตถุ (OM %) - การประเมินความแม่นยำของโมเดล: วัดด้วยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2 > 0.85$) และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMSE ต่ำ) เทียบกับผลแล็บจริง

ข้อกำหนดทางเทคนิคสถาปัตยกรรม AIoT

การเชื่อมต่อระบบเซนเซอร์ไร้สายต้องรักษาความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล มีการเข้ารหัสระดับ AES-128 และบริหารจัดการพลังงานให้โหนดเซนเซอร์ทำงานได้อย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 3 ปี

6.4 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง

6.4.1 ขั้นตอนการถ่ายภาพดินด้วยสมาร์ทโฟนตามระเบียบวิธีมาตรฐาน SoilAI

ขั้นตอนการถ่ายภาพดินด้วยสมาร์ทโฟนตามระเบียบวิธีมาตรฐาน SoilAI

1. เกลี่ยผิวดินบริเวณที่จะถ่ายให้เรียบสม่ำเสมอในพื้นที่สี่เหลี่ยมขนาด 15x15 เซนติเมตร 2. วางบัตรสีอ้างอิงมาตรฐาน (Calibration Card) บนผิวดินบริเวณขอบภาพ 3. ถือสมาร์ทโฟนขนานกับผิวดินในแนวดิ่ง (Top-down view) ที่ระยะห่างคงที่ 20-25 เซนติเมตร 4. ปิดแฟลชกล้องและหลีกเลี่ยงการทอดเงาของผู้ถ่ายลงบนผิวดิน 5. บันทึกภาพในโหมดความละเอียดสูง บันทึกพิกัด GPS อัตโนมัติ

6.4.2 การรันโมเดลทำนายคุณภาพดินบนเว็บแอปพลิเคชัน SoilAI

การรันโมเดลทำนายคุณภาพดินบนเว็บแอปพลิเคชัน SoilAI

1. เปิดเว็บแอปพลิเคชัน Soil Analysis AI ผ่านเบราว์เซอร์สมาร์ทโฟน 2. อัปโหลดไฟล์ภาพถ่ายดินเข้าสู่ระบบ 3. อัลกอริทึมตรวจจับบัตรสีอัตโนมัติและปรับเทียบสี (Auto Color Normalization) 4. โมเดล Deep Learning ประมวลผลภาพภายในเวลาไม่เกิน 3 วินาที 5. หน้าจอแสดงผลการวินิจฉัย: ค่าความชื้นในดิน, ระดับความเป็นกรด-ด่าง, และระดับปริมาณอินทรียวัตถุ พร้อมคำแนะนำการปรับปรุงดิน

6.4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลด้วยชุดข้อมูลทดสอบ

การตรวจสอบความถูกต้องของโมเดลด้วยชุดข้อมูลทดสอบ

1. รวบรวม ภาพถ่าย ดิน จำนวน 100 ตัวอย่าง ที่ ทราบ ผล วิเคราะห์ จาก แล็บปฐพีวิทยา 2. ป้อนภาพเข้าสู่โมเดลเพื่อคำนวณค่าทำนาย (y_{pred}) 3. เปรียบเทียบกับค่าจริงจากห้องแล็บ (y_{true}) 4. พล็อตเส้นตรงความสัมพันธ์ (Scatter plot) และคำนวณค่า R^2 และ Mean Absolute Error (MAE) 5. หากค่า MAE ของ pH ต่ำกว่า 0.35 หน่วย ถือว่าโมเดลมีความแม่นยำยอมรับได้ในระดับการจัดการแปลง

6.5 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล

ตารางที่ 6.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 6

พารามิเตอร์ / การทดสอบ	ค่าที่ตรวจวัดได้	การแปลผลและการวิเคราะห์
จุด ตรวจ วัด ที่ 1 (บริเวณดินดอน)	ค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ปกติ	ปริมาณ น้ำ เพียง พอ ต่อ การเจริญ
จุดตรวจวัดที่ 2 (บริเวณที่ลุ่ม)	มีการสะสมความชื้นสูง	ควรชะลอการให้น้ำเพื่อป้องกันรากเน่า
สถานะสัญญาณโครงข่าย	RSSI: -85 dBm, SNR: +8 dB	คุณภาพ สัญญาณ LoRaWAN ยอดเยี่ยม

6.6 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท

1. เหตุใดการปรับเทียบสีด้วยแผ่นเทียบสี (Color Calibration Card) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ภาพถ่ายดิน

2. จงอธิบายว่าค่าความสว่าง L^* ในระบบสี CIE L*a*b* มีความสัมพันธ์เชิงตัวเลขกับปริมาณความชื้นและอินทรียวัตถุในดินอย่างไร

3. หากสภาพแสงขณะถ่ายภาพมีเงาตกทอดครึ่งหนึ่งของภาพ จะส่งผลต่อความแม่นยำของโมเดล Deep Learning อย่างไร และมีวิธีแก้ไขในขั้นตอน Pre-processing อย่างไร

บทที่ 7

แพลตฟอร์มการจัดการสวนทุเรียนอัจฉริยะและการเชื่อมต่อแดชบอร์ดข้อมูล

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 7

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. สถาปัตยกรรมแดชบอร์ดและการรวมศูนย์ข้อมูลฟาร์ม
2. การประมวลผลที่ขอบเครือข่ายและการตัดสินใจอัตโนมัติ
3. การบูรณาการภาพถ่ายโดรนและดัชนีพืชพรรณ NDVI

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการ ทฤษฎี และสถาปัตยกรรมเทคโนโลยีประจำบทที่ 7 ได้อย่างถูกต้อง
2. ประยุกต์ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์เซนเซอร์ และระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อการจัดการสวนทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. วิเคราะห์ สรุปผลข้อมูล และแก้ไขปัญหาเชิงฟิสิกส์เกษตรและคุณภาพดินได้อย่างเป็นระบบ

การวัดและประเมินผล

เกณฑ์การประเมินผล	เครื่องมือวัดผล	สัดส่วนคะแนน
1. ทักษะการปฏิบัติงานและการใช้อุปกรณ์	แบบประเมินทักษะภาคสนาม	40%
2. รายงานข้อมูลและการวิเคราะห์ผล	การตรวจสมุดบันทึกและดาต้าชีท	30%
3. แบบฝึกหัดและคำถามท้ายบท	แบบ ทดสอบ ท้าย บทเรียน	20%
4. การมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบ	การเข้าเรียนและการตรงต่อเวลา	10%
รวมทั้งสิ้น		**100%**

7.1 สถาปัตยกรรมแดชบอร์ดและการรวมศูนย์ข้อมูลฟาร์ม

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมแดชบอร์ดและการรวมศูนย์ข้อมูลฟาร์ม (Centralized Farm Management Dashboard Architecture) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

แพลตฟอร์ม การ จัดการ สวน ทุเรียน อัจฉริยะ ทำ หน้าที่ เป็น ศูนย์กลาง รวบรวม วิเคราะห์ และ นำ เสนอ ข้อมูล เชิง พื้นที่ (Spatial Data) และ ข้อมูล อนุกรม เวลา (Time-series Data) จากเซนเซอร์ภาคสนามทั้งหมด

องค์ประกอบของแดชบอร์ดอัจฉริยะ: 1. เครื่องมือแสดงผลภาพ (Visualization Widgets): แผนที่แปลงทุเรียนแบ่งโซน (GIS Farm Map), กราฟแนวโน้มความชื้นดินหลายระดับ ความ ลึก, มาตร วัด อุณหภูมิ และ ความชื้น อากาศ แบบ เข็ม ดิจิทัล, และ สถานะ การ ทำงานของปั๊มน้ำ 2. ฐานข้อมูลอนุกรมเวลา (Time-Series Database): นิยมใช้ InfluxDB หรือ TimescaleDB ซึ่งได้รับการปรับแต่งมาเป็นพิเศษสำหรับการบันทึกและสืบค้นข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT นับล้านจุดได้อย่างรวดเร็ว 3. แพลตฟอร์มแดชบอร์ดโอเพนซอร์ส: เช่น ThingsBoard, Grafana หรือ Node-RED Dashboard ซึ่ง รองรับ การ ปรับ แต่ง หน้า จอ ให้ เหมาะสมกับการดูผ่านสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต

ข้อกำหนดทางเทคนิคสถาปัตยกรรม AIoT

การเชื่อมต่อระบบเซนเซอร์ไร้สายต้องรักษาความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล มีการเข้า รหัส ระดับ AES-128 และ บริหาร จัดการ พลังงาน ให้ โหนด เซนเซอร์ ทำงาน ได้อย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 3 ปี

7.2 การ ประมวล ผล ที่ ขอบ เครือ ข่าย และ การ ตัดสิน ใจ อัตโนมัติ

การ ศึกษา และ ทำความ เข้าใจ เกี่ยว กับ การ ประมวล ผล ที่ ขอบ เครือ ข่าย และ การ ตัดสินใจอัตโนมัติ (Edge Computing and Automated Decision Making) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

ในพื้นที่ห่างไกลที่สัญญาณอินเทอร์เน็ตอาจขัดข้องเป็นครั้งคราว สถาปัตยกรรม Edge Computing มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง: - คอนโทรลเลอร์เกตเวย์ในสวนจะรันอัลกอริทึมการตัดสินใจเฉพาะที่ (Local Rule Engine) สามารถสั่งเปิด-ปิดวาล์วน้ำได้เองโดยไม่ต้องพึ่งพาคลาวด์ตลอดเวลา - เมื่ออินเทอร์เน็ตกลับมาเชื่อมต่อ ระบบจะทำการซิงโครไนซ์ข้อมูลย้อนหลัง (Store-and-Forward) ขึ้นสู่คลาวด์โดยอัตโนมัติ

7.3 การบูรณาการภาพถ่ายโดรนและดัชนีพืชพรรณ NDVI

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการบูรณาการภาพถ่ายโดรนและดัชนีพืชพรรณ NDVI (Multispectral Drone Imagery and NDVI Index) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

นอกจากการตรวจวัดระดับจุดด้วยเซนเซอร์ในดินแล้ว การใช้โดรนติดกล้องหลายช่วงคลื่น (Multispectral Camera) ช่วยให้มองเห็นสุขภาพของต้นทุเรียนทั้งสวนในมุมกว้าง

ดัชนีพืชพรรณผลต่างปกติ (Normalized Difference Vegetation Index; NDVI) คำนวณจาก:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}}$$

โดยที่ NIR คือการสะท้อนของคลื่นแสงใกล้อินฟราเรด (Near-Infrared: 840 nm) และ Red คือการสะท้อนของแสงสีแดง (660 nm) - ต้นทุเรียนสมบูรณ์แข็งแรง: คลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงสีแดงสูง และโครงสร้างเซลล์ใบสะท้อน NIR สูง ทำให้ค่า NDVI อยู่ในช่วง 0.7 ถึง 0.9 - ต้นทุเรียนเริ่มแสดงอาการป่วย ขาดน้ำ หรือถูกโรครากเน่าคุกคาม: ค่า NDVI จะลดต่ำลงเหลือ 0.3 ถึง 0.5 ก่อนที่ตามนุษย์จะมองเห็น ช่วยให้เกษตรกรเข้าแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที

7.4 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง

7.4.1 การสร้างและกำหนดค่าหน้าจอแสดงผลบน ThingsBoard IoT Platform

การสร้างและกำหนดค่าหน้าจอแสดงผลบน ThingsBoard IoT Platform

1. สมัครใช้งาน ThingsBoard Cloud หรือติดตั้งบนเซิร์ฟเวอร์ส่วนตัว 2. สร้าง Device Profile สำหรับชุดโหนดวัดสภาพแวดล้อมและโพรบวัดดิน 3. ตั้งค่า Rule Chain เพื่อประมวลผลข้อมูลขาเข้าและแปลงหน่วยอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียส 4. ออกแบบหน้า Dashboard: เพิ่ม Time-series Chart แสดงความชื้นดิน 3 ระดับ, เพิ่ม Card แสดงสถานะปั๊มน้ำ 5. สร้างปุ่มสวิตช์สั่งงานแบบ Manual Override สำหรับเปิดน้ำฉุกเฉิน

7.4.2 การ บิน โด รน สำรวจ แปลง ทุเรียน และ ประมวล ผล แผนที่ NDVI

การบินโดรนสำรวจแปลงทุเรียนและประมวลผลแผนที่ NDVI

1. วางแผน เส้น ทางการ บิน อัตโนมัติ (Mission Planning) ด้วย แอปพลิเคชัน กำหนด ความ สูง 50 เมตร เหนือ พื้น ดิน 2. ตั้ง ค่า ระยะ ซ้อน ทับ ของ ภาพ: ซ้อน ทับด้านหน้า 75% และซ้อนทับด้านข้าง 70% 3. ทำการบินเก็บภาพถ่ายหลายช่วง คลื่นในช่วงเวลา 10:00 - 14:00 น. เพื่อหลีกเลี่ยงเงายาว 4. นำภาพเข้าโปรแกรม ประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศ (Photogrammetry) สร้างภาพโมเสกออร์โธ (Orthomosaic) 5. สร้างแผนที่สีดัชนี NDVI และระบุพิกัดต้นทุเรียนที่มีความสมบูรณ์ ต่ำกว่าเกณฑ์

7.4.3 การตั้งค่าระบบแจ้งเตือนผ่าน Telegram Bot อัตโนมัติ

การตั้งค่าระบบแจ้งเตือนผ่าน Telegram Bot อัตโนมัติ

1. สนทนากับ BotFather บน Telegram เพื่อสร้างบอตใหม่และรับ API Token 2. ดึงค่า Chat ID ของกลุ่มผู้จัดการสวน 3. เขียนฟังก์ชันใน Node-RED เพื่อตรวจจับ เหตุการณ์ผิดปกติ (เช่น ปั๊มน้ำไม่ทำงานตามเวลา) 4. ส่งข้อความแจ้งเตือนพร้อม แนบภาพกราฟและพิกัดต้นที่เกิดปัญหาเข้าสู่กลุ่มทันที

7.5 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล

ตารางที่ 7.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 7

พารามิเตอร์ / การทดสอบ	ค่าที่ตรวจวัดได้	การแปลผลและการวิเคราะห์
จุด ตรวจ วัด ที่ 1 (บริเวณ ดินดอน)	ค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ปกติ	ปริมาณ น้ำ เพียง พอ ต่อ การ เจริญ
จุดตรวจวัดที่ 2 (บริเวณที่ลุ่ม)	มีการสะสมความชื้นสูง	ควรชะลอการให้น้ำเพื่อป้องกัน รากเน่า
สถานะสัญญาณโครงข่าย	RSSI: -85 dBm, SNR: +8 dB	คุณภาพ สัญญาณ LoRaWAN ยอดเยี่ยม

7.6 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท

1. จง อธิบาย ข้อดี ของ สถาปัตยกรรม Edge Computing เมื่อ เปรียบ เทียบ กับ ระบบ Cloud-only ในการควบคุมระบบชลประทานสวนทุเรียน
2. เหตุใดค่าดัชนี NDVI ของต้นทุเรียนจึงสามารถตรวจจับอาการผิดปกติของโรครากเน่าได้ล่วงหน้าก่อนที่มนุษย์จะสังเกตเห็นการเหี่ยวเฉาของใบ
3. จงออกแบบโครงสร้างแดชบอร์ดสำหรับผู้จัดการสวนทุเรียนขนาด 50 ไร่ โดยระบุวิดเจ็ตและข้อมูลสำคัญที่ต้องแสดงผล

บทที่ 8

กรณี ศึกษา ภาค สนาม การ ประยุกต์ ใช้ เทคโนโลยี AIoT ใน สวน ทุเรียน จังหวัด จันทบุรี

แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 8

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. บริบทแปลงทดสอบจริงและผลลัพธ์จากโครงการสวนพ่อรวย จันทบุรี
2. โครงการทุเรียนประณีตวิทยาคมและการถ่ายทอดสู่เยาวชนและชุมชน
3. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินและผลตอบแทนการลงทุน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายหลักการ ทฤษฎี และสถาปัตยกรรมเทคโนโลยีประจำบทที่ 8 ได้อย่างถูกต้อง
2. ประยุกต์ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์เซนเซอร์ และระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อการจัดการสวนทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. วิเคราะห์ สรุปผลข้อมูล และแก้ไขปัญหาเชิงฟิสิกส์เกษตรและคุณภาพดินได้อย่างเป็นระบบ

การวัดและประเมินผล

เกณฑ์การประเมินผล	เครื่องมือวัดผล	สัดส่วนคะแนน
1. ทักษะการปฏิบัติงานและการใช้อุปกรณ์	แบบประเมินทักษะภาคสนาม	40%
2. รายงานข้อมูลและการวิเคราะห์ผล	การตรวจสมุดบันทึกและดาต้าชีท	30%
3. แบบฝึกหัดและคำถามท้ายบท	แบบ ทดสอบ ท้าย บทเรียน	20%
4. การมีส่วนร่วมและความรับผิดชอบ	การเข้าเรียนและการตรงต่อเวลา	10%
รวมทั้งสิ้น		**100%**

8.1 บริบทแปลงทดสอบจริงและผลลัพธ์จากโครงการสวนพ่อรวย จันทบุรี

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับบริบทแปลงทดสอบจริงและผลลัพธ์จากโครงการสวนพ่อรวย จันทบุรี (Suan Por Ruay Commercial Orchard Case Study) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

สวนพ่อรวย ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลชากไทย อำเภอเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี เป็นแปลงปลูกทุเรียนพันธุ์หมอนทองเชิงพาณิชย์ขนาด 40 ไร่ ซึ่งได้รับเลือกเป็นแปลงทดสอบระบบ AIoT และการให้น้ำแม่นยำสูง

สภาวะก่อนการปรับปรุงเทคโนโลยี: - สวนใช้วิธีการให้น้ำโดยกะเวลาตามความรู้สึกของแรงงาน ทำให้บางบริเวณได้รับน้ำมากเกินไปจนดินแฉะและเกิดโรครากเน่า ในขณะที่บริเวณเนินสูงขาดแคลนน้ำ - ต้นทุนค่าน้ำมันและไฟฟ้าสำหรับสูบน้ำเฉลี่ยสูงถึง 18,000 บาทต่อเดือน - มีปัญหาผลแตกและอาการเต่าเผาในฤดูร้อนเนื่องจากความชื้นผันผวน

ผลลัพธ์หลังการติดตั้งระบบ AIoT และเซนเซอร์ควบคุมอัตโนมัติ: 1. การใช้น้ำลดลง 31.4% จากปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 12,000 ลบ.ม./เดือน เหลือ 8,230 ลบ.ม./เดือน 2. ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลดลง 28.5% 3. สัดส่วนผลผลิตทุเรียนเกรดส่งออก (AB Grade) เพิ่มขึ้นจาก 68% เป็น 84% 4. ลดการสูญเสียผลร่วงหล่นจากพายุฤดูร้อนด้วยการแจ้งเตือนสภาพอากาศล่วงหน้า

บทเรียนความสำเร็จจากการลงพื้นที่จริง

ความสำเร็จของการทำเกษตรอัจฉริยะมิได้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว หากแต่อยู่ที่ความเข้าใจบริบทของเกษตรกร ความง่ายในการใช้งาน และความทนทานต่อสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น

8.2 โครงการ ทุเรียน ประณีต วิทยาคม และ การ ถ่ายทอด สู่เยาวชนและชุมชน

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการทุเรียนประณีตวิทยาคมและการถ่ายทอดสู่เยาวชนและชุมชน (Praneet Witthayakhom Model School Project) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

โครงการ ขยาย ผล เทคโนโลยี AIoT สู่ สถาน ศึกษา ณ โรงเรียน ประณีต วิทยาคม อำเภอ เขาสมิง จังหวัด ตราด ภาย ใต้ การ สนับสนุน งบ ประมาณ วิจัย และ บริการ วิชาการ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

วัตถุประสงค์ และ กิจกรรม หลัก: - จัด สร้าง แปลง สาธิต ทุเรียน อัจฉริยะ (Smart Durian Learning Lab) ขนาด 5 ไร่ในโรงเรียน - พัฒนา หลักสูตร ท้องถิ่น "นวัต กร น้อย เกษตร อัจฉริยะ" สำหรับ นักเรียน ระดับ มัธยมศึกษา - ฝึก อบรม นักเรียน และ ชุมชน ให้ สามารถ ประกอบ ติด ตั้ง และ ซ่อม บำรุง ชุด เซนเซอร์ LoRaWAN และ ระบบ น้ำ อัตโนมัติ ได้ ด้วย ตนเอง - เกิด การ ถ่ายทอด องค์ ความ รู้ จาก นักเรียน สู่ แปลง สวน ของ ครอบครัว ใน ชุมชน เกิดความยั่งยืนทางเศรษฐกิจและสังคม

บทเรียนความสำเร็จจากการลงพื้นที่จริง

ความสำเร็จของการทำเกษตรอัจฉริยะมิได้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว หากแต่อยู่ที่ความเข้าใจบริบทของเกษตรกร ความง่ายในการใช้งาน และความทนทานต่อสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น

8.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินและผลตอบแทนการลงทุน

การศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินและผลตอบแทนการลงทุน (Economic Feasibility and Return on Investment) มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบเกษตรอัจฉริยะ โดยมีรายละเอียดสาระสำคัญดังนี้

การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน (Return on Investment; ROI) ของการติดตั้งระบบ AIoT ในสวนทุเรียนขนาด 20 ไร่ (ประมาณ 400 ต้น):

1. ต้นทุนการลงทุนเริ่มต้น (Capital Expenditure; CapEx): - สถานีตรวจอากาศ AIoT และเกตเวย์ LoRaWAN: 25,000 บาท - โพรบวัดดินและโหนดเซนเซอร์ 4 จุด: 32,000 บาท - ชุดควบคุมวาล์วไฟฟ้าและท่อประปาแยกโซน: 38,000 บาท - รวมเงินลงทุนเริ่มต้น: 95,000 บาท 2. ผลประโยชน์ที่ได้รับต่อปี (Operational Benefits): - ประหยัดค่าน้ำมันและค่าไฟฟ้าสูบน้ำ: 24,000 บาท/ปี - ลดความเสียหายของผลผลิตทุเรียนจากโรครากเน่าและผลแตก: 80,000 บาท/ปี - รายได้เพิ่มขึ้นจากการได้ทุเรียนเกรดพรีเมียม: 120,000 บาท/ปี - รวมผลประโยชน์สุทธิต่อปี: 224,000 บาท/ปี 3. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period): ต่ำกว่า 6 เดือน ซึ่งยืนยันความคุ้มค่าเชิงพาณิชย์อย่างชัดเจน

8.4 ขั้นตอนและวิธีปฏิบัติการทดลอง

8.4.1 ขั้นตอนการออกแบบผังการวางระบบ AIoT สำหรับสวนทุเรียนขนาด 20 ไร่

ขั้นตอนการออกแบบผังการวางระบบ AIoT สำหรับสวนทุเรียนขนาด 20 ไร่

1. วัดพิกัดแปลงด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS นำเข้าโปรแกรม QGIS
2. แบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 โซนย่อยตามลักษณะความลาดชันและชนิดดิน 3. กำหนดตำแหน่งเกตเวย์กลางและเสาส่งสัญญาณบนหลังคาบ้านพักเจ้าของสวน
4. วางแผนแนวท่อเมนและตำแหน่งติดตั้งกล่องวาล์วไฟฟ้าประจำแต่ละโซน 5. คำนวณงบประมาณรายการวัสดุและอุปกรณ์ (Bill of Quantities; BOQ)

8.4.2 การฝึกอบรมเกษตรกรและนักเรียนในการอ่านค่าแดชบอร์ดและการบำรุงรักษา

การฝึกอบรมเกษตรกรและนักเรียนในการอ่านค่าแดชบอร์ดและการบำรุงรักษา

1. จัดการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการติดตั้งแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนของเกษตรกร
2. สอนการแปลความหมายของกราฟความชื้นดิน: จุดเตือนให้น้ำ (Wilting point) และจุดอิ่มตัว (Saturation) 3. สาธิตการทำความสะอาดแผงโซลาร์เซลล์และการตรวจเช็กขั้วต่อแบตเตอรี่ทุก 3 เดือน 4. ฝึกหัดการสั่งการเปิด-ปิดน้ำด้วยตนเองและการแก้ปัญหาเบื้องต้นเมื่อเซนเซอร์หยุดส่งข้อมูล

8.4.3 การเก็บข้อมูลและประเมินผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการใช้เทคโนโลยี

การเก็บข้อมูลและประเมินผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการใช้เทคโนโลยี

1. บันทึกปริมาณการใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตร) จากมาตรวัดน้ำทุกสัปดาห์ 2. บันทึกค่าใช้จ่ายพลังงานและจำนวนชั่วโมงการทำงานของปั๊มน้ำ 3. ตรวจนับจำนวนผลทุเรียนต่อต้น และสัดส่วนเกรดผลผลิต ณ จุดรับซื้อ 4. สรุปรายงานเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์และนำเสนอผลต่อกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

8.5 ตารางบันทึกผลการทดลองและการอภิปรายผล

ตารางที่ 8.1 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดและข้อมูลพารามิเตอร์ประจำบทที่ 8

พารามิเตอร์ / การทดสอบ	ค่าที่ตรวจวัดได้	การแปลผลและการวิเคราะห์
จุด ตรวจ วัด ที่ 1 (บริเวณดินดอน)	ค่าความชื้นอยู่ในเกณฑ์ปกติ	ปริมาณ น้ำ เพียง พอ ต่อ การเจริญ
จุดตรวจวัดที่ 2 (บริเวณที่ลุ่ม)	มีการสะสมความชื้นสูง	ควรชะลอการให้น้ำเพื่อป้องกันรากเน่า
สถานะสัญญาณโครงข่าย	RSSI: -85 dBm, SNR: +8 dB	คุณภาพ สัญญาณ LoRaWAN ยอดเยี่ยม

8.6 คำถามทบทวนและแบบฝึกหัดท้ายบท

1. จากกรณีศึกษาสวนพ่อรวย ปัจจัยใดส่งผลให้สัดส่วนทุเรียนเกรดส่งออกเพิ่มขึ้นจาก 68% เป็น 84%
2. จงคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ของโครงการ AIoT หากเงินลงทุนเริ่มต้นเท่ากับ 120,000 บาท และสร้างผลประโยชน์สุทธิได้ 180,000 บาทต่อปี
3. การขยายผลเทคโนโลยี AIoT สู่เยาวชนในโรงเรียนประณีตวิทยาคมมีคุณค่าเชิงยุทธศาสตร์ต่อการพัฒนาชุมชนเกษตรกรรมอย่างไร

คู่มือการติดตั้งและสอบเทียบระบบเซนเซอร์วัดดินและสภาพอากาศ

8.7 ข้อกำหนดมาตรฐานการติดตั้งโพรบวัดความชื้นดิน

1. ควรติดตั้งเซนเซอร์ให้ห่างจากหัวจ่ายน้ำสปริงเกลอร์ในระยะประมาณ 1.0 ถึง 1.5 เมตร เพื่อวัดปริมาณน้ำเฉลี่ยของทรงพุ่ม 2. ต้องหลีกเลี่ยงการติดตั้งใกล้รอยแตกของดินหรือบริเวณที่มีหินขนาดใหญ่ขวางกั้น 3. สายสัญญาณต้องร้อยผ่านท่อร้อยสายร้อยฝังดินลึกไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร ป้องกันการถูกจอบหรือรถแทรกเตอร์ตัดขาด

8.8 ขั้นตอนการสอบเทียบความถูกต้อง (Calibration Protocol)

1. สอบเทียบจุดแห้งสนิท (Dry Point Calibration): อบตัวอย่างดินในตู้อบที่ 105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจนแห้งสนิท เสียบโพรบวัดค่า VWC ต้องแสดงผล 0.0% 2. สอบเทียบจุดอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturation Point Calibration): เติมน้ำจนท่วมดินอิ่มตัว วัดค่า VWC และเปรียบเทียบกับค่าความจุสนามจริง

ข้อกำหนดทางเทคนิคสถาปัตยกรรมเครือข่าย LoRaWAN สำหรับสวนไม้ผล

8.9 ตารางค่าพารามิเตอร์คลื่นวิทยุย่านความถี่ AS923

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐานสำหรับประเทศไทย	หมายเหตุ
ย่านความถี่ (Frequency Band)	920.0 – 925.0 MHz	กสทช. กำหนด
Spreading Factor (SF)	SF7 ถึง SF12	SF7 สำหรับ โหนดใกล้, SF12 สำหรับ โหนดไกล
Bandwidth (BW)	125 kHz	ความ กว้าง ช่อง สัญญาณมาตรฐาน
กำลังส่งสูงสุด (Tx Power)	ไม่เกิน 16 dBm (40 mW)	เพื่อ ความ ปลอดภัย และอายุแบตเตอรี่
รอบการส่งข้อมูล (Duty Cycle)	ส่งทุก 10–15 นาที	ลด การ ชน กัน ของ สัญญาณ

บรรณานุกรม

[1] Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements* (FAO Irrigation and Drainage Paper 56). Rome: Food and Agriculture Organization.

[2] ชีวะ ทัศนา. (2568). *ฟิสิกส์กับทุเรียน: วิทยาศาสตร์เกษตรอัจฉริยะแบบองค์รวม*. จันทบุรี: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

[3] วิทยาลัยการศึกษาตลอดชีวิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2569). *หลักสูตรนวัตกรเกษตรอัจฉริยะ: AIoT สำหรับเกษตรแม่นยำ (Smart Agri-Innovator: AIoT for Precision Farming)*. เชียงใหม่.

[4] ชีวะ ทัศนา. (2569). *คู่มือนักวิจัยและมาตรฐานการวิเคราะห์ดินระบบดิจิทัลด้วยปัญญาประดิษฐ์และภาพถ่ายสมาร์ทโฟน (SoilAI)*. จันทบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.

[5] Poletti, M., & Casiraghi, D. (2020). Low-power wide-area networks for agriculture: A comprehensive survey on LoRaWAN applications. *Computers and Electronics in Agriculture*, 175, 105587.

ดัชนีสืบค้นคำสำคัญ

กฎฟิสิกส์และเทอร์โมไดนามิกส์ในระบบต้นทุเรียน, 9
การ คำนวณ การ ใช้ น้ำ ของ พืช ตาม แบบจำลอง, 21
การบูรณาการภาพถ่ายโดรนและดัชนีพืชพรรณ NDVI, 40
การ ประมวล ผล ที่ ขอบ เครือ ข่าย และ การตัดสินใจอัตโนมัติ, 39
การประหยัดน้ำและพลังงานด้วยเทคโนโลยีอัตโนมัติ, 22
การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินและผลตอบแทนการลงทุน, 46
การเทียบค่าสีมาตรฐานด้วย Color Calibration Card, 33
การเปรียบเทียบระหว่างวิธีวิเคราะห์ดินในห้องแล็บกับเซนเซอร์ดิจิทัล, 28
ขั้นตอนการทดลองประจำบทที่ 1, 4
ขั้นตอนการทดลองประจำบทที่ 2, 10
ขั้นตอนการทดลองประจำบทที่ 3, 16
ขั้นตอนการทดลองประจำบทที่ 4, 23
ขั้นตอนการทดลองประจำบทที่ 5, 28
ขั้นตอนการทดลองประจำบทที่ 6, 34
ขั้นตอนการทดลองประจำบทที่ 7, 40
ขั้นตอนการทดลองประจำบทที่ 8, 46
ความท้าทายเฉพาะทางในการจัดการสวนทุเรียนภาคตะวันออก, 4
คุณสมบัติทางกายภาพและเนื้อดินในสวนทุเรียนภาคตะวันออก, 27
คุณสมบัติทางเคมี ดัชนีความอุดมสมบูรณ์และค่า pH ดิน, 27
จลนพลศาสตร์การสะสมเนื้อแห้งและเกณฑ์การเก็บเกี่ยว, 10
ชีวกลศาสตร์ของขั้วผลและการกระจายแรงโน้มถ่วง, 9
บริบท แปลง ทดสอบ จริง และ ผลลัพธ์ จากโครงการสวนพ่อรวย จันทบุรี, 45
วิวัฒนาการ ของ การเกษตร และ แนวคิดเกษตรแม่นยำสูง, 3
สถาปัตยกรรม 4 ชั้น ของ ระบบ AIoT ทางการเกษตร, 3
สถาปัตยกรรมระบบควบคุมน้ำอัตโนมัติด้วยโซลินอยด์วาล์ว, 22
สถาปัตยกรรมเครือข่ายสื่อสารไร้สายระยะไกลกำลังต่ำ, 16
สถาปัตยกรรมแดชบอร์ดและการรวมศูนย์ข้อมูลฟาร์ม, 39
สถาปัตยกรรม โมเดล Deep Learning สำหรับการทำนายคุณภาพดิน, 34
สรีรวิทยา ความ ต้องการ น้ำ ของ ทุเรียน ในแต่ละระยะฟีโนโลยี, 21
หลักการทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศและจุลภูมิอากาศ, 15
หลัก การ ประมวล ผล ภาพถ่าย ดิจิทัล และปริภูมิสีของดิน, 33
โครงการ ทุเรียน ประณีต วิทยาคม และ การถ่ายทอดสู่เยาวชนและชุมชน, 45
โพรบวัดความชื้น อุณหภูมิ และค่าการนำไฟฟ้าในดิน, 15

ประวัติผู้เขียน

ผศ.ดร.ชีวะ ทัศนา

ผู้เชี่ยวชาญด้านฟิสิกส์และระบบ AIoT
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา

- **ตำแหน่ง ปัจจุบัน:** ผู้ ช่วย ศาสตราจารย์ สาขา วิชา ฟิสิกส์ คณะ วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
- **คุณวุฒิการศึกษา:**
  - ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาฟิสิกส์ประยุกต์
  - วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาฟิสิกส์
  - วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาฟิสิกส์
- **ความเชี่ยวชาญและผลงานเด่น:**
  - ผู้วิจัยหลักระบบปัญญาประดิษฐ์วิเคราะห์คุณภาพดินจากภาพถ่ายสมาร์ทโฟน (SoilAI)
  - ผู้ เชี่ยวชาญ การ ออกแบบ สถาปัตยกรรม ระบบ IoT ทางการ เกษตร และ เครือข่าย LoRaWAN สำหรับสวนไม้ผล
  - หัวหน้า โครงการ วิจัย และ บริการ วิชาการ พัฒนา นวัต กร เกษตร อัจฉริยะ ในจังหวัดจันทบุรีและตราด