การพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจวัดและส่งข้อมูลปริมาณน้ำในดินราคาประหยัด

Development of Prototype for Low-Cost Soil Moisture Monitoring System

มารุต สังข์น้อย
ศิษฏ์ พลราชม
ศุภณัฐ ตั้งตน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

การพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจวัดและส่งข้อมูลปริมาณน้ำในดิน ราคาประหยัด

มารุต สังข์น้อย
ศิษฏ์ พลราชม
ศุภณัฐ ตั้งตน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of Prototype for Low-Cost Soil Moisture Monitoring System

MARUT SANGNOI
SIT PONRACHOM
SUPANUT TANGTON

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ การพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจวัดและส่งข้อมูลปริมาณน้ำในดินราคา ประหยัด
Development of Prototype for Low-Cost Soil Moisture Monitoring System

นักศึกษา นายมารุต สังข์น้อย รหัสนักศึกษา 58011014
นายศิษฏ์ พลราชม รหัสนักศึกษา 58011228
นายศุภณัฐ ตั้งตน รหัสนักศึกษา 58011242

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วิรุฬห์ คำชุม

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ธนาดล คงสมบูรณ์	
อ.อุบะ ศิริแก้ว	
ดร.ศลิษา ไชยพุทธ	
ดร.วิรุฬห์ คำชุม	
ดร.ประทีป หลือประเสริฐ	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา รับรองแล้ว

(ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
วันที่ .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจวัดและส่งข้อมูลปริมาณน้ำในดินราคาประหยัด

นายมารุต สังข์น้อย รหัสนักศึกษา 58011014
นายศิษฏ์ พลราชม รหัสนักศึกษา 58011228
นายศุภณัฐ ตั้งตน รหัสนักศึกษา 58011242
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วิรุฬห์ คำชุม
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

การเสียเสถียรภาพของคันดินเนื่องจากฝนตกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระบบเตือนภัยล่วงหน้าจึงมีความสำคัญมากขึ้นสำหรับการบรรเทาและการอพยพ โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องต้นแบบราคาประหยัดสำหรับตรวจวัดและส่งข้อมูลปริมาณน้ำในดินระบบที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ประกอบด้วยสององค์ประกอบหลักคือเซ็นเซอร์วัดความชื้นและตัวบันทึกข้อมูลแบบอาดุยโน่ การซึมของฝนลงสู่คันดินมีผลทำให้แรงดึงของน้ำในดินและกำลังรับแรงแรงเฉือนของดินลดลงและอาจจนำไปสู่การเสียเสถียรภาพของคันดินอย่างไรก็ตามการวัดแรงดึงของน้ำในดินในสนามนั้นทำได้ลำบากการใช้เซ็นเซอร์วัดความชื้นนี้ช่วยให้สามารถตรวจสอบแรงดึงของน้ำในดินแบบทันทีโดยผ่านการสอบเทียบระหว่างแรงดึงของน้ำและปริมาณน้ำในดินนอกจากนี้โครงงานนี้ยังพัฒนาเครื่องบันทึกข้อมูลจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์คุณสมบัติที่สำคัญของเครื่องบันทึกข้อมูลนี้เพื่อบันทึกและแสดงการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินแบบทันที เครื่องบันทึกข้อมูลนี้ยังสามารถประมวลผลโอกาสการเสียเสถียรภาพของคันดิน(ขึ้นกับความหนาแน่นของดินและปริมาณน้ำ)และสามารถส่งสัญญาณเตือนภัยแบบไร้สายไปยังแอปพลิเคชันไลน์เครื่องต้นแบบนี้สามารเป็นแนวทางสำหรับระบบเตือนภัยราคาประหยัดในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of Prototype for Low-Cost Soil Moisture Monitoring System

Marut	Sangnoi	student id 58011014
Sit	Ponrachom	student id 58011228
Supanut	Tangton	student id 58011242

Advisor: Dr. Viroon kamchoom

Academic Year 2018

Abstract

More rainfall-induced slope failures are expected due to negative impacts from climate change. Early warning system is thus increasingly important for the mitigation and evacuation. This project aims to develop a prototype for low-cost soil moisture monitoring system. This new system consists of two main components; moisture sensor and Arduino-based datalogger. The rainfall infiltration to the slope can reduce soil suction and shear strength, leading to slope failure. However, measuring soil suction in the field is not convenient. By using moisture sensor, this allow soil suction to be investigated real-time, through the calibration between soil suction and water content. In addition, a low-cost datalogger was developed from Arduino microcontroller. Key features of this datalogger are to record and display the real-time soil moisture variations. The datalogger also process the chance of slope failure (i.e., depending on in-situ soil density and water content) and then forward the warning signal wirelessly to line application. This prototype system provided the way for future low-cost warning system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร.วิรุฬห์ คำชุมที่กรุณาให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องอีกทั้งสละเวลาเพื่อให้คำปรึกษากับคณะผู้จัดทำตลอดจนให้ความรู้ เอาใจใส่ ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการแก้ปัญหา ให้ประสบการณ์ที่ดี อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับงานวิจัยนี้ พวกเราผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุก ๆรายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน อันเป็นประโยชน์ยิ่งในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วง ตลอดจนอาจารย์ประจำภาควิชาท่านต่าง ๆที่ให้คำแนะนำและ กำลังใจอย่างดียิ่ง

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและให้กำลังใจ ในการสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

นายมารุต สังข์น้อย
นายศิษฏ์ พลราชม
นายศุภณัฐ ตั้งตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูป	VI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตทำการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	
2.1 แผ่นดินถล่ม	3
2.2 สาเหตุและปัจจัยที่เสี่ยงก่อนการเกิดดินถล่ม	4
2.3 ปริมาณความชื้นในมวลดิน	6
2.4 Soil Moisture Sensor	7
2.5 Soil Suction Sensor	9
2.6 Arduino Board	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	
3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย Calibration soil moisture sensor	15
3.1.1 Soil Moisture Sensor	15
3.1.2 Soil Suction Sensor	17
3.1.3 Columns Test	18
3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัยผ่าน โปรแกรม Arduino	20
บทที่ 4 ผลการศึกษา	
4.1 ผลการ Calibrate Soil Moisture Sensor	21
4.2 ผลการ Calibrate Soil Moisture Sensor	24
4.3 ผลการทดสอบ Drying Process	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดสอบ Wetting Process 29
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Soil moisture กับ Soil suction 30
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา
5.1 สรุปผลการทดลอง 31
5.2 ข้อเสนอแนะ 32
เอกสารอ้างอิง 33
ภาคผนวก 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลระหว่าง ความชื้น กับ ความดันน้ำในมวลดิน	32
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการ Calibrate Soil Suction Sensor	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

เรื่อง		หน้า
รูปที่ 2.1	แสดงการต่อวงจร	7
รูปที่ 2.2	Soil Suction Sensor	9
รูปที่ 2.3	Arduino Board	10
รูปที่ 2.4	Arduino Software	11
รูปที่ 2.5	การเชื่อมข้อมูลระหว่าง Computer กับ Arduino Board	13
รูปที่ 2.6	หน้าจอ LCD	14
รูปที่ 2.7	Line notify	14
รูปที่ 3.1	Soil Moisture Sensor	15
รูปที่ 3.2	วิธีการทดลอง Calibration Soil Moisture Sensor	16
รูปที่ 3.3	Soil Suction Sensor	17
รูปที่ 3.4	Vacuum Pump	17
รูปที่ 3.5	วิธีการทดลอง Calibration Soil Suction Sensor	17
รูปที่ 3.5	Soil Columns Test	18
รูปที่ 3.7	Wetting Process และ Head น้ำ	19
รูปที่ 3.8	Drying Process	19
รูปที่ 3.9	Chart วิธีการดำเนินงานวิจัย	20
รูปที่ 4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ (%) และ ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า (Volt) ของSoil Sensor A,B,CและD	23
รูปที่ 4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน (kPa) และ ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า (Volt) ของ Soil Suction Sensor 1, 2, 3 และ4	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จากงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจวัดและส่งข้อมูลปริมาณน้ำในดินราคาประหยัด (Development of Prototype for Low-Cost Soil Moisture Monitoring System) โดย ดินถล่มหรือโคลนถล่มคือ การเคลื่อนที่ของดินและหินลงมาตามแนวราบด้วยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงโลก และจะมีความชื้นเข้ามาเกี่ยวข้องในการทำให้มวลดินและหินเคลื่อนตัวด้วยเสมอ โดยดินถล่มมักเกิดตามมาหลังจากเกิดน้ำป่าไหลหลากในขณะที่เกิดพายุฝนตกหนักรุนแรงต่อเนื่อง หรือหลังจากการเกิดแผ่นดินไหว โดยดินถล่มมีสาเหตุการเกิดมาจาก

- เมื่อฝนตกหนัก น้ำจะซึมลงไปในดินอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ดินอุ้มน้ำจนอิ่มตัวแรงยึดเกาะ ระหว่างมวลดินจะลดลง
- ระดับน้ำใต้ดินจะสูงขึ้นทำให้แรงต้าน (Shear strength) การเลื่อนไหลของดินลดลง
- เมื่อน้ำใต้ดินระดับสูงก็จะไหลไปตามช่องว่างของดินลงมาตามความชันของลาดเขา
- เมื่อมีการเปลี่ยนความชันก็จะเป็นน้ำผุดและเป็นจุดแรกที่มีการเลื่อนไหลของดิน
- เมื่อเกิดดินเลื่อนไหลแล้วมักจะเกิดต่อเนื่องไปตามความชัน

โดย กำลังรับแรงเฉือน (Shear strength) ของดินเป็นหัวใจสำคัญในการประเมินโอกาส เกิดดินถล่ม ในพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งความชื้นในมวลดิน (water content) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกำลังรับแรงเฉือนในมวลดิน ที่มีความชื้นต่ำหรือสภาวะแห้ง กำลังรับแรงเฉือนของดินจะมีค่าสูง แต่กำลังรับแรงเฉือนของดินจะลดลงเมื่อมวลดินมีความชื้นมากขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นได้ไปทำลายแรงตึงผิวของอากาศในดินทำให้แรงยึดเหนี่ยวในดินลดลงและปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นยังลดแรงเสียดทานระหว่างเม็ดดินด้วย เมื่อกำลังรับแรงเฉือนของดินลดลงจะส่งผลต่อเสถียรภาพของลาดดิน ยกตัวอย่างเช่นในงานก่อสร้างที่มี การตัดลาดดินในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งความชื้นในมวลดินต่ำทำให้กำลังรับแรงเฉือนในดินสูง แต่เมื่อเวลาผ่านไปเข้าสู่ฤดูฝนความชื้นในมวลดินสูงทำให้กำลังรับแรงเฉือนในดินต่ำอาจเกิด ภัยพิบัติ

จึงทำให้กลุ่มของข้าพเจ้าสนใจที่จะทำโครงงานเรื่อง ระบบเตือนภัยราคาประหยัดเพื่อป้องกันการเกิดดินถล่ม (Low cost early warning system for landslide system) เพื่อเผยแพร่ความรู้ในเรื่องระบบเตือนภัยการเกิดแผ่นดินถล่มและการเกิดแผ่นดินถล่ม ให้เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อสร้างกราฟความสัมพันธ์ความสัมพันธ์ระหว่าง Soil suction กับ Soil moisture

2.2 พัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับการตรวจวัดและส่งข้อมูลปริมาณความชื้นในมวลดิน แบบไร้สาย ส่งไปยัง แอปพริเคชันไลน์

1.3 วิธีทำการวิจัย

3.1 การพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจวัดและส่งข้อมูลปริมาณน้ำในดินราคาประหยัดโดยการใช้โปรแกรม Arduino ในการพัฒนา ตัวรับ censor และใช้การ calibrate ตัวอย่างดินที่นำมาทำการทดลอง

1.4ผลที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 สามารถวัด Soil Suction โดย การอ่านกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Water content และ Soil suction

4.2 มีระบบที่สามารถ เก็บข้อมูล แสดงผล และ ส่งข้อมูลขึ้นอินเตอร์เน็ตโดยผ่านไลน์แอพริเคชั่น

1.5ประโยชน์และคุณค่าที่คาดว่าจะได้รับ

5.1 สามารถพัฒนาการพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจวัดและส่งข้อมูลปริมาณน้ำในดินราคาประหยัด เพื่อเป็นต้นแบบให้พัฒนาต่อเนื่อง จนสามารถนำไปใช้งานในสถานการณ์จริงได้

1.6ขอบเขตทำการวิจัย

6.1 ระยะเวลาทำการทดลอง

- วันที่ 9 สิงหาคม 2561 ถึง 11 ธันวาคม 2561 ทำบทที่ 1 - 3
- วันที่ 11 ธันวาคม 2561 ถึง วันที่ 22 เมษายน 2561 ทำบทที่ 4 - 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการทำโครงงาน เรื่อง การพัฒนาเครื่องต้นแบบสำหรับตรวจวัดและส่งข้อมูลปริมาณน้ำในดินราคาประหยัด (Development of Prototype for Low-Cost Soil Moisture Monitoring System)กลุ่มผู้ศึกษาได้รวบรวมแนวคิดทฤษฎีและหลักการต่าง ๆ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 แผ่นดินถล่ม

แผ่นดินถล่มเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ ของการสึกกร่อนชนิดหนึ่งที่ก่อให้เกิดความเสียหาย ต่อบริเวณพื้นที่ที่เป็นเนินสูงหรือภูเขาที่มีความลาดชันมาก เนื่องจากขาดความสมดุลในการทรงตัวบริเวณดังกล่าว ทำให้เกิดการปรับตัวของพื้นดินต่อแรงดึงดูดของโลก และเกิดการเคลื่อนตัวขององค์ประกอบธรณีวิทยาบริเวณนั้นจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ แผ่นดินถล่มมักเกิดในกรณีที่มีฝนตกหนักมาก บริเวณภูเขาและภูเขานั้นอุ้มน้ำไว้จนเกิดการอิ่มตัว จนทำให้เกิดการพังทลายตามลักษณะการเคลื่อนตัวได้ 3 ชนิดคือ

1. แผ่นดินถล่มที่เคลื่อนตัวอย่างแผ่นดินถล่มที่เคลื่อนตัวอย่างช้า ๆ เรียกว่า Creep

2. แผ่นดินถล่มที่เคลื่อนตัวอย่างรวดเร็วเรียกว่า Slide หรือ Flow เช่น Surficial Slide
3. แผ่นดินถล่มที่เคลื่อนตัวอย่างฉับพลัน เรียกว่า Fall Rock Fall

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะของวัสดุที่ล่วงหล่นลงมาได้ 3 ชนิด คือ

แผ่นดินถล่มที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของผิวหน้าดินของภูเขา
แผ่นดินถล่มที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ยังไม่แข็งตัว
แผ่นดินถล่มที่เกิดจาการเคลื่อนตัวของชั้นหิน

แผ่นดินถล่มในประเทศไทย มักเกิดขึ้นเมื่อไร และบริเวณใด

แผ่นดินถล่มในประเทศไทย ส่วนใหญ่มักเกิดภายหลังฝนตกหนักมากบริเวณภูเขาซึ่งเป็นต้นน้ำลำธารบริเวณตอนบนของประเทศ โดยเฉพาะในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีโอกาสเกิดแผ่นดินถล่มเนื่องมาจากพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนผ่านในระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม ในขณะที่ภาคใต้จะเกิดในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 สาเหตุหรือปัจจัยที่ทำให้พื้นที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม

แบ่งเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่

1. สาเหตุตามธรรมชาติ
2. สาเหตุจากการกระทำของมนุษย์

สาเหตุตามธรรมชาติ

- ความแข็งแรงของดิน
- โครงสร้างของแผ่นดิน ความแตกต่างกันของชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ กับชั้นที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ ที่จะทำให้น้ำขังใต้ดินมากจนดินเหลวบนที่ลาดเอียง ทำให้เกิดการไหลได้
- ความลาดเอียงของพื้นที่
- ปริมาณน้ำฝน มีฝนตกมากเป็นเวลานาน ๆ (มากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน)
- ฤดูกาล
- ต้นไม้ถูกทำลายโดยไฟป่าหรือความแล้ง
- แผ่นดินไหว
- คลื่นสึนามิ
- ภูเขาไฟระเบิด
- การเปลี่ยนแปลงของน้ำใต้ดิน
- การสึกกร่อนของชั้นหินใต้ดิน
- การกัดเซาะของฝั่งแม่น้ำ ฝั่งทะเล และไหล่ทวีป

สาเหตุจากการกระทำของมนุษย์

- การขุดดินบริเวณไหล่เขา ลาดเขาหรือเชิงเขา เพื่อการเกษตร การสร้างถนน การขยายที่ราบในการพัฒนาที่ดิน การทำเหมือง เป็นต้น
- การดูดทรายจากแม่น้ำ หรือบนแผ่นดิน
- การขุดดินลึกๆ เพื่อการก่อสร้างห้องใต้ดินของอาคาร
- การบดอัดที่ดิน เพื่อการก่อสร้าง ทำให้เกิดการเคลื่อนของดินในบริเวณใกล้เคียง
- การสูบน้ำใต้ดิน น้ำบาดาล ที่มากเกินไป หรือการอัดน้ำลงใต้ดิน
- การถมดิน เพื่อการก่อสร้าง ทำให้เพิ่มน้ำหนักบนภูเขา หรือสันเขา
- การตัดไม้ทำลายป่า เพื่อขยายพื้นที่การเพาะปลูก
- การทำอ่างเก็บน้ำ ซึ่งเป็นการเพิ่มน้ำหนักบนภูเขา และทำให้น้ำซึมลงใต้ดินมากจนเกินสมดุล
- การเปลี่ยนแปลงทางน้ำธรรมชาติ ทำให้ระบบน้ำใต้ดินเสียสมดุล
- น้ำทิ้งจากอาคาร บ้านเรือน สวนสาธรณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมพร้อมและการป้องกันก่อนเกิดเหตุ ก่อนเกิดเหตุให้สังเกตว่า

- มีฝนตกหนักถึงหนักมาก (มากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน)
- ระดับน้ำในห้วยสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว
- น้ำในลำห้วยขุ่นมาก หรือมีสีแดงขุ่น แสดงว่าจะมีตะกอนไหลมาตามลาดเขา
- เวลาฝนตกนาน ๆ มีเสียงดัง อื้ออึง ผิดปกติดังมาจากภูเขาและลำห้วย

ระหว่างเกิดเหตุ

- ถ้าฝนตกหนักแบบไม่หยุดติดต่อกันหลายวัน ดินบนภูเขาอาจถล่ม ควรอพยพ หรือให้หนีไปอยู่ที่สูงๆ และรีบแจ้งเรื่องให้ทราบทั่วกันโดยเร็ว
- ถ้าพลัดตกไปในกระแสน้ำห้ามว่ายน้ำหนีเป็นอันขาด เพราะอาจจะโดนซากต้นไม้ หรือก้อนหินที่ไหลมากับโคลนกระแทกจนตายได้ และหาต้นไม้ใหญ่ที่ใกล้ที่สุดเกาะไว้แล้วปีนหนีน้ำให้ได้

หลังเกิดเหตุ

- อย่าปลูกสร้างอาคารบ้านเรือน ขวางทางน้ำหรือใกล้ลำห้วยมากเกินไป
- อย่าตัดไม้ทำลายป่า และช่วยกันปลูกต้นไม้เพื่อช่วยดูดซับน้ำ
- จัดเวรยามเพื่อเดินตรวจตาดูสถานการณ์รอบ ๆ หมู่บ้าน เพื่อสังเกตสิ่งผิดปกติยามค่ำคืน
- ติดตามสถานการณ์และข่าวการพยากรณ์อากาศทางสถานีวิทยุกระจายเสียงท้องถิ่น เสียงตามสาย หอกระจายข่าวประจำหมู่บ้าน อย่างใกล้ชิด
- สำรองอาหาร น้ำดื่ม ยารักษาโรค และ อุปกรณ์ฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ปริมาณความชื้นในมวลดิน

มวลดินประกอบไปด้วยเม็ดดิน (soil particles) และช่องว่างระหว่างเม็ดดิน (voids) น้ำที่มีอยู่ในมวลดินจะอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน มวลดินที่ไม่มีน้ำในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เรียกว่า ดินแห้ง (dry soil) และมวลดินที่มี น้ำอยู่เต็มช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เรียกว่า มวลดินอิ่มตัว (saturated soil) ในมวลดินทั่วไป ช่องว่างระหว่างเม็ด ดินอาจมีน้ำอยู่เป็นบางส่วน ที่ว่างที่เหลือเป็นช่องว่างอากาศ (air voids) มวลดินลักษณะนี้ เรียกว่า มวลดินไม่ อิ่มตัว (partially saturated soil) ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในมวลดิน มีผลกระทบต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของมวลดิน นั้นเป็นอย่างมาก มวลดินชนิดเดียวกันและมีช่องว่างระหว่างเม็ดดินเท่ากัน แต่มีปริมาณน้ำในช่องว่างไม่เท่ากัน จะ มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ก้อนดินเหนียวแห้งจะมีความแข็งแรงสูง ไม่สามารถบีบหรือ ปั้นให้เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ แต่ถ้าน าก้อนดินเหนียวก้อนนั้นไปแช่น้ำจนอยู่ในสภาพอิ่มตัว (saturated) ความ แข็งแรงของก้อนดินเหนียวจะลดลง สามารถบีบหรือปั้นให้เป็นรูปร่างต่าง ๆได้ การบ่งบอกปริมาณน้ำที่มีอยู่ใน มวลดิน ที่ใช้อยู่ในวิชา Soil Mechanics มีอยู่ 2 วิธี คือ

ก. บอกปริมาณน้ำทางด้านปริมาตร โดยการเปรียบเทียบปริมาตรน้ำในมวลดิน เป็นสัดส่วนของปริมาตรช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ในมวลดินนั้น ค่าที่ได้ เรียกว่า degree of saturation; Sr

ข. บ่งบอกปริมาณน้ำทางด้านมวล โดยการเปรียบเทียบมวลของน้ำในมวลดิน เป็นสัดส่วนของมวล ของเม็ดดิน (soil solids) ในมวลดินนั้น ค่าที่ได้ เรียกว่า ค่าความชื้น (moisture content; m, หรือ water content; w)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

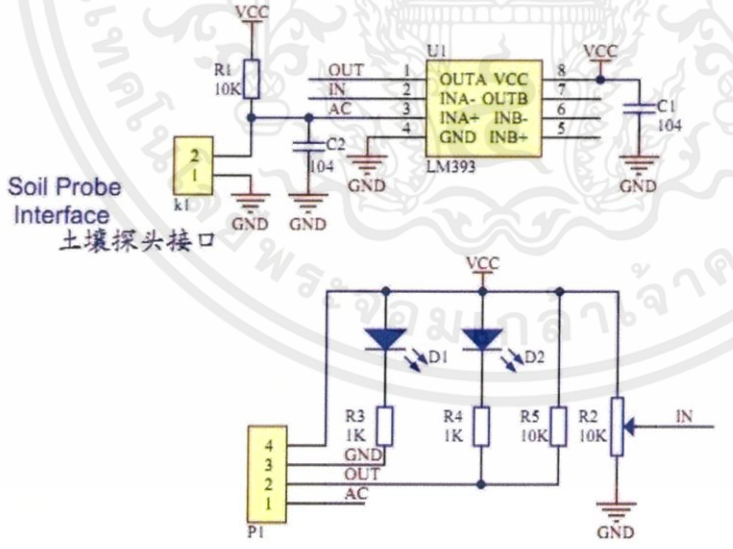
2.4 Soil moisture sensor

หลักการทำงาน

เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน โดยใช้หลักการทำงานในการวัดค่าความต้านทานระหว่างขาอิเล็กโทรดชุบโลหะกันการสึกหรอ จากนั้นจะมีวงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยใช้ออปแอมป์ LM393 เทียบแรงดัน สามารถให้ output ในแบบ digital โดยปรับการส่งข้อมูลโดยใช้ Trimpot หากความชื้นในดินมีมากก็จะให้ Logic 1 เหมาะสำหรับนำไปเป็นโปรเจครดน้ำอัตโนมัติ หรืองาน IoT ต่าง ๆสามารถใช้ได้กับไมโครคอนโทรเลอร์หลายประเภท NodeMCU Arduino Raspberry Pi Orange Pi

การใช้งาน จะต้องเสียบแผ่น PCB สำหรับวัดลงดิน เพื่อให้วงจรแบ่งแรงดันทำงานได้ครบวงจร จากนั้นจึงใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยใช้ไอซีออปแอมปเบอร์ LM393 เพื่อวัดแรงดันเปรียบเทียบกันระหว่างแรงดันดันที่วัดได้จากความชื้นในดิน กับแรวดันที่วัดได้จากวงจรแบ่งแรงดันปรับค่าโดยใช้ Trimpot หากแรงดันที่วัดได้จากความชื้นของดิน มีมากกว่า ก็จะทำให้วงจรปล่อยลอจิก 1 ไปที่ขา D0 แต่หากความชื้นในดินมีน้อย ลอจิก 0 จะถูกปล่อยไปที่ขา D0

ขา A0 เป็นขาที่ต้อโดยตรงกับวงจรที่ใช้วงความชื้นในดิน ซึ่งให้ค่าแรงดันออกมาตั้งแต่ 0 - 5V (ในทางอุดมคติ) โดยหากความชื้นในดินมีมาก แรงดันที่ปล่อยออกไปก็จะน้อยตามไปด้วย ในลักษณะของการแปรผันกลับ



รูปที่ 2.1 แสดงการต่อวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำไปใช้งาน

หากนำไปใช้งานด้านการวัดความชื้นแบบละเอียด แนะนำให้ใช้งานขา A0 ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อวัดค่าแรงดันที่ได้ ซึ่งจะได้ออกมาใช้เปรียบเทียบค่าความชื้นได้ หากมีความชื้นน้อย แรงดันจะใกล้ 5V มาก หากความชื้นมาก แรงดันก็จะลดต่ำ ลงมา

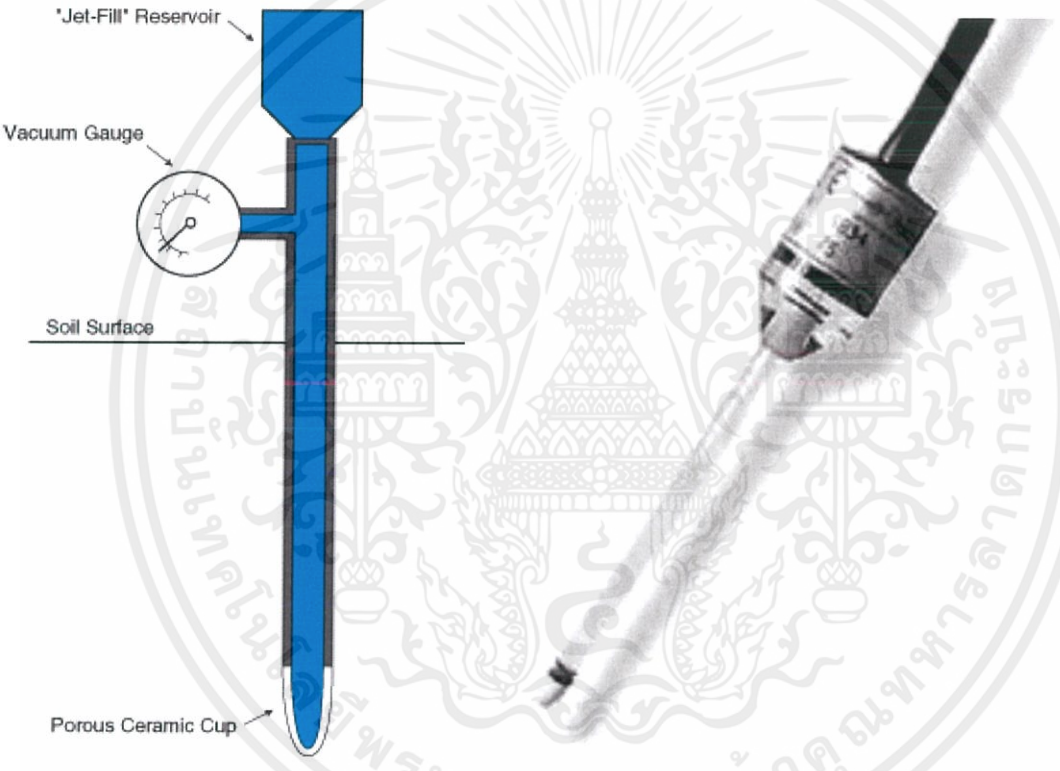
หากต้องการนำไปใช้ในโปรเจคที่ไม่ต้องใช้วัดละเอียด เช่น โปรเจครดน้ำต้นไม้ ใช้ควบคุมปั๊มน้ำให้รดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ สามารถนำขา D0 ต่อเข้ากับทรานซิสเตอร์กำลังเพื่อสั่งให้ปั๊มน้ำ หรือโซลินอยให้ทำงานเพื่อให้มีน้ำไหลมารดต้นไม้ได้เลย เมื่อความชื้นในดินมีมากพอ จะปล่อยลอจิก 0 แล้วทรานซิสเตอร์จะหยุดนำกระแส ทำให้ปั๊มน้ำหยุดปล่อยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Soil suction sensor

Suction คือ แรงดันน้ำในดินที่เป็นค่าติดลบ หรือ การดูด โดยหลักการทำงานของเซนเซอร์คือ การวันแรงดันน้ำในดินโดย อาศัยสมดุลของน้ำภายในตัวเซนเซอร์ และภายในดิน เมื่อน้ำในมวลดินเพิ่มขึ้น น้ำในดินก็จะพยายามซึมผ่านเข้าไปในตัวเซนเซอร์ โดยมีเซรามิกเป็นตัวกรอง และจะทำให้ความดันในตัวเซนเซอร์เพิ่มขึ้น

ในทางกลับกันเมื่อปริมาณน้ำในมวลดินลดลง น้ำในตัวเซนเซอร์ก็จะพยายามซึมผ่านเซรามิก ออกมา และทำให้ความดันน้ำในตัวเซนเซอร์ลดลง



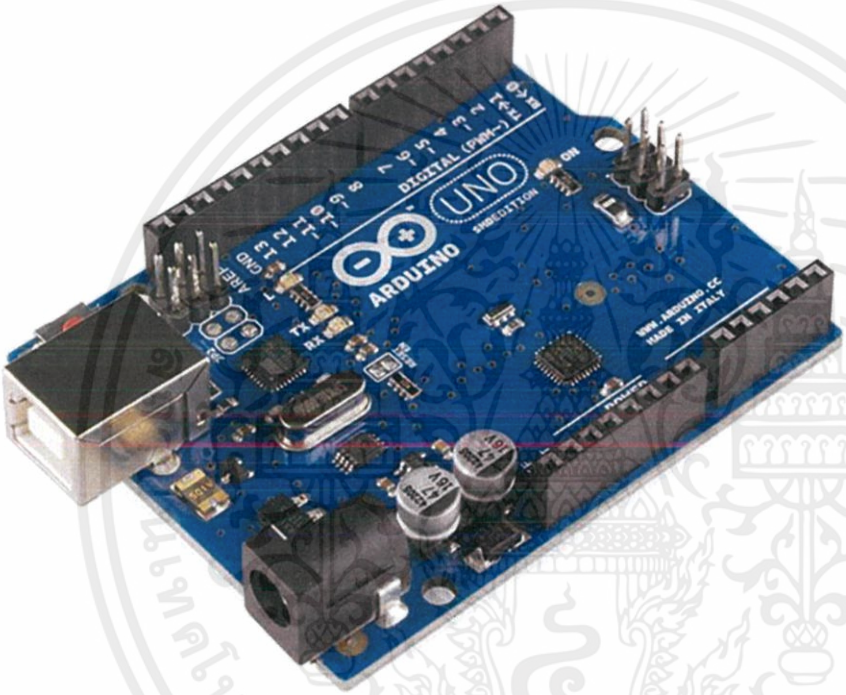
รูปที่ 2.2 Soil Suction Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 Arduino คืออะไร

1. ส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ (Hardware)

- **บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก** ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU) เป็นชิ้นส่วนหลัก ถูกนำมาประกอบร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน หรือที่เรียกกันว่า **บอร์ด Arduino**, โดยบอร์ด **Arduino** เองก็มีหลายรุ่นให้เลือกใช้ โดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดของบอร์ด เช่น จำนวนของขารับส่งสัญญาณ, แรงดันไฟที่ใช้, ประสิทธิภาพของ MCU เป็นต้น

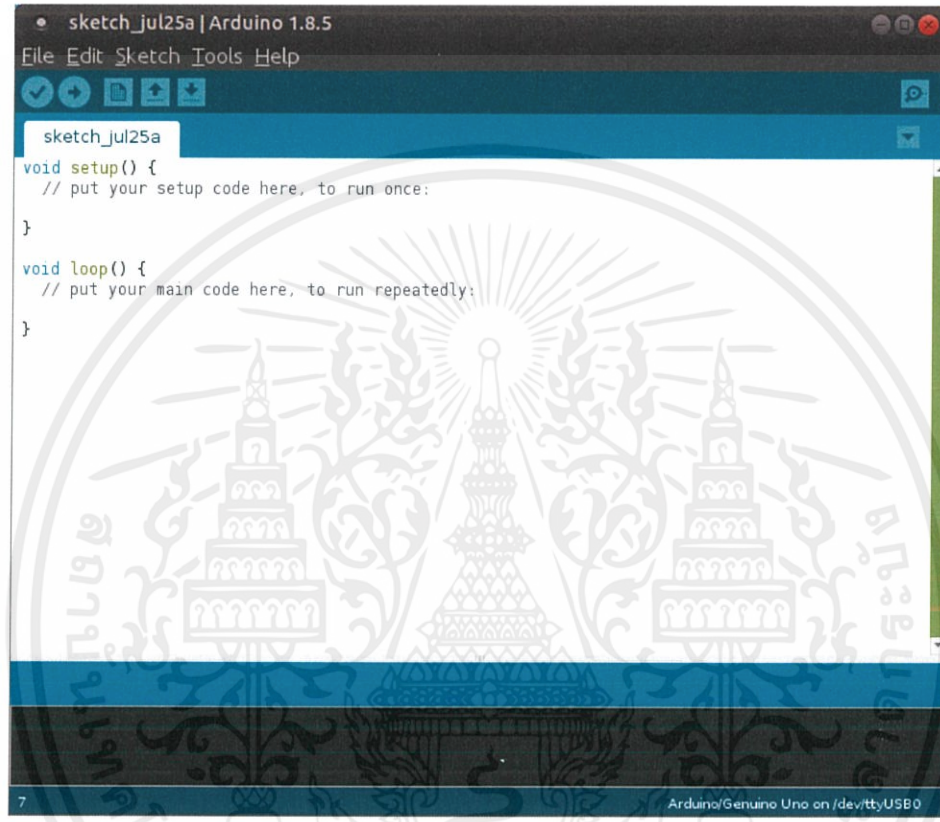


รูปที่ 2.3 Arduino Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนที่เป็นซอฟต์แวร์ (Software)

- ภาษา Arduino (ซึ่งจริง ๆ แล้วก็คือ ภาษา C/C++) ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุม MCU
- Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino, คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และโหลดโปรแกรมลงบอร์ด (Upload)



รูปที่ 2.4 Arduino Software

Arduino ทำอะไรได้?

Arduino ถูกใช้ประโยชน์ในลักษณะเดียวกับ MCU คือ ใช้ติดต่อสื่อสารและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ด้วยการเขียนโปรแกรมให้กับ MCU เพื่อควบคุมการรับส่งสัญญาณทางไฟฟ้าตามเงื่อนไขต่าง ๆ
ตัวอย่าง การประยุกต์ใช้ Arduino ในชีวิตประจำวัน เช่น ระบบเปิด/ปิดไฟในบ้านอัตโนมัติ, ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ, ระบบเปิด/ปิดประตูอัตโนมัติ, ระบบเครื่องซักผ้าหยอดเหรียญ หรือ ใช้ควบคุมความเร็ว และทิศทางการหมุนของคุมมอเตอร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arduino Official Board กับ Compatible Board ต่างกันอย่างไร?

Arduino เป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ที่ Open-Source ฮาร์ดแวร์นั่นคือเปิดเผยแบบแปลนในการผลิตทำให้ใครๆ ก็สามารถผลิต หรือสร้างบอร์ด Arduino ขึ้นมาจำหน่ายได้ (แต่มีข้อแม้ว่าห้ามใช้ชื่อบอร์ดว่า Arduino) ดังนั้น บอร์ด Arduino จึงมีผู้ผลิตออกมาจำหน่ายมากมาย โดยแบ่งประเภทของบอร์ด Arduino จากแหล่งที่มาที่ต่างกันได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. **Official Board** หรือ บอร์ดที่ผลิตโดยต้นตำรับ ผลิตจากประเทศอิตาลี
2. **Compatible Board** หรือ บอร์ดที่เข้ากันได้ (ใช้แทน Official Board ได้) ซึ่งไม่ได้ถูกผลิตโดยต้นตำรับ แต่อาจถูกผลิตขึ้นมาตามแบบแปลนแป๊ะๆ หรืออาจผลิตให้ใกล้เคียงกับแบบแปลนจากต้นตำรับ โดยอาจมีการปรับนู่นนิด ปรับนี่หน่อยบ้าง เพื่อลดต้นทุน หรือเพื่อเพิ่มความสามารถ บอร์ดประเภทนี้ส่วนมากผลิตที่จีนครับ คุณภาพใช้ได้ และราคาถูก เหมาะกับการเอามาศึกษาในระดับผู้เริ่มต้น ซึ่งถ้าเทียบราคากันในรุ่น Arduino UNO R3 ราคาของ Official Board จะอยู่ที่ราว ๆ 800 บาท ส่วน Compatible Board จะอยู่ที่ราว ๆ 200 บาท เท่านั้นเองครับ

สิ่งที่ทำให้ Arduino น่าสนใจ ?

- Arduino กำลังเป็นที่นิยม และเป็นที่สนใจ สำหรับนักอิเล็กทรอนิกส์ทั้งมือใหม่ และมือเก่า ทำให้เราสามารถหาอ่านคู่มือ วิธีใช้ วิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ง่ายบนอินเทอร์เน็ต
- Arduino พร้อมใช้งานทันที เพราะบอร์ด Arduino ติดตั้งอุปกรณ์จำเป็นพื้นฐานมาให้หมดแล้ว (ต่างจาก MCU เปล่าๆ ที่ต้องซื้ออุปกรณ์จำเป็นอื่น ๆ มาติดตั้งเพิ่มเติม)
- Arduino สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานด้วยไวยากรณ์ภาษา C/C++ ซึ่งง่ายสำหรับผู้ที่มีพื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรมอยู่บ้างแล้ว แต่สำหรับผู้ที่ไม่เคยเขียนโปรแกรมมาก่อนเลย ก็สามารถเริ่มต้นศึกษาและหาหนังสืออ่านได้ไม่ยาก นอกจากนี้ยังมีไลบรารี (Library) ให้เลือกใช้มากมาย ทำให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่าย และรวดเร็วขึ้นครับ
- Arduino ราคาไม่แพงเกินไปสำหรับผู้ที่อยากจะเริ่มต้นใช้งาน
- การอัปโหลดโปรแกรมที่เขียนบนคอมพิวเตอร์ลงไปที่ Arduino ก็ทำได้โดยง่าย แค่ใช้สาย USB ต่อบอร์ด Arduino เข้ากับคอมพิวเตอร์ แล้วอัปโหลดด้วยโปรแกรม Arduino IDE เท่านั้นเองครับ

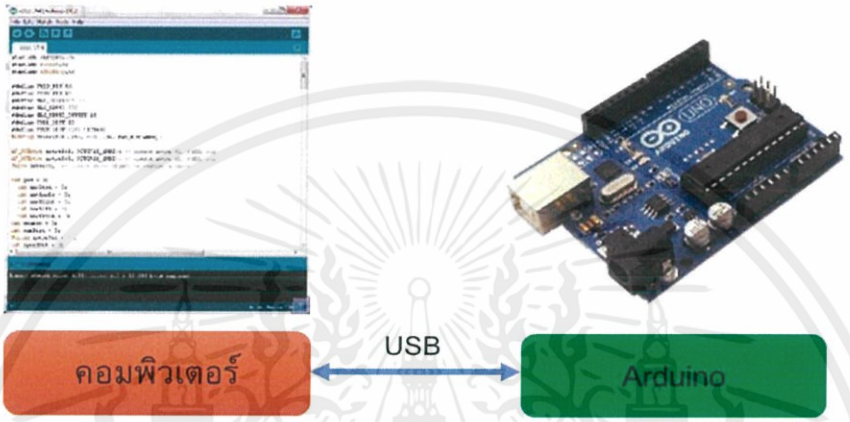
บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจร Electronics จาก ภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด (ดูตัวอย่างรูปที่ 1) หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่าง ๆ (ดูตัวอย่างรูปที่ 2) เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
- มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแรง
- Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
- ราคาไม่แพง
- Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้



รูปที่ 2.5 การเชื่อมข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับArduino

หลักการทำงาน

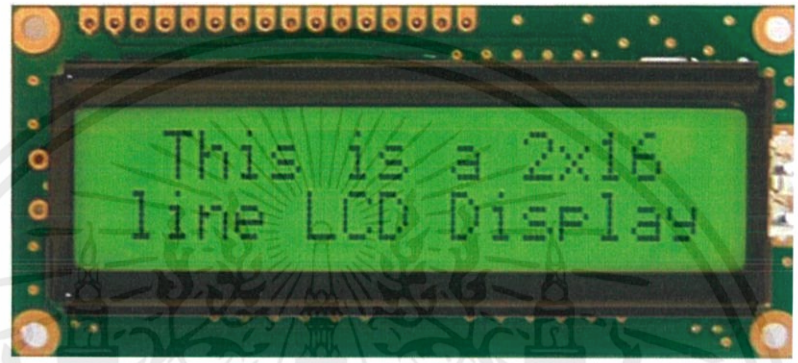
Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดุยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจร Electronic จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด (ดูตัวอย่างรูปที่ 1) หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่าง ๆ (ดูตัวอย่างรูปที่ 2) เช่น Arduino XBEE Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LCD

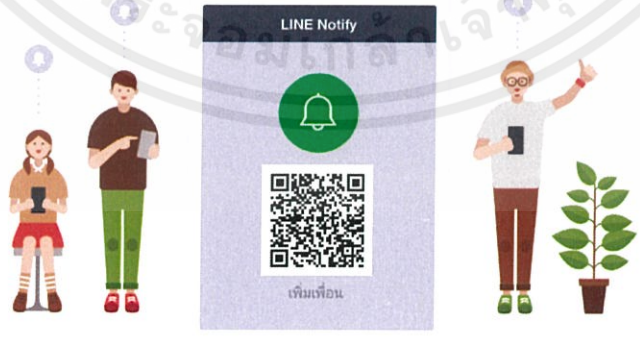
เทคโนโลยีมอนิเตอร์ LCD ย่อมาจาก Liquid Crystal Display ซึ่งเป็นจอแสดงผลแบบ (Digital) โดยภาพที่ปรากฏขึ้นเกิดจากแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากหลอดไฟด้านหลังของจอภาพ (Black Light) ผ่านชั้นกรองแสง (Polarized filter) แล้ววิ่งไปยัง คริสตัลเหลวที่เรียงตัวด้วยกัน 3 เซลล์คือ แสงสีแดง แสงสีเขียวและแสงสีน้ำเงิน กลายเป็น Pixel ที่สว่างสดใสเกิดขึ้น



รูปที่ 2.6 หน้าจอแสดงผล LCD

Internet (Line notify)

LINE Notify คือ บริการที่ใช้สำหรับรับการแจ้งเตือนจากบัญชีทางการที่ให้บริการโดย LINE ที่ชื่อ "LINE Notify" เมื่อเชื่อมต่อเว็บ service ต่าง ๆ ท่านสามารถตรวจสอบรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่นี่ ต้องการเพิ่มบัญชีทางการที่ของLINE Notify เป็นเพื่อน



รูปที่ 2.7 แจ้งเตือนผ่าน Line notify

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
แผนการทดลองและดำเนินงานวิจัย

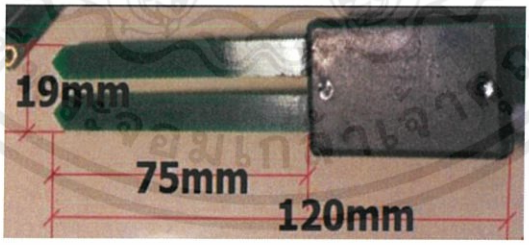
ในการทำโครงงาน เรื่อง การพัฒนาระบบเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับการตรวจสอบดินถล่มต้นทุนต่ำ (Development of low cost early warning system for landslide monitoring) กลุ่มผู้ศึกษามีวิธีการดำเนินโครงงานแบ่งเป็น 2 ส่วนดังต่อไปนี้

3.1วิธีการดำเนินงานวิจัยโดยการ Calibrate sensor

3.1.1Soil Moisture Sensor

อุปกรณ์

1. ดิน(ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์10) 2 kg.
2. mold ขนาดเล็ก
3. ค้อนยางสำหรับอัด
4. ถาดรอง
5. เตาอบ
6. เครื่องชั่งหยาบ
7. เครื่องชั่งละเอียด 0.01g
8. น้ำกลั่น
9. บีกเกอร์
10. เกรียงปาดหน้า
11.moisture sensor



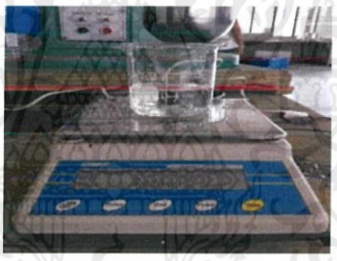
รูปที่ 3.1 Soil Moisture Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. เตรียมดินโดยการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 ปริมาณ 2 kg
2. นำดินที่ได้จากกข้อ1. ไปอบที่อุณหภูม 163 องศาเป็นเวลา 24ชม.
3. ใช้ moisture sensor วัดความชื้นทรายหลังการอบบันทึกค่า volt ที่ ความชื้น 0 percent เทียบกับความชื้นในอากาศ
4. เตรียมน้ำกลั่น 6 percentโดยเทียบจากน้ำหนักทราย(W/W)
5 .ผสมน้ำกลั่นจากข้อเข้ากับทรายให้ทั่ว
6. นำดินชื้นแบ่งใส่ mold โดยแบ่งเป็น 3 layer แต่ละlayer โดยกำหนดแต่ละ layer มีน้ำหนัก 500 กรัม และใช้ค้อนยางอัดทรายให้แน่นจนครบทั้ง 3 layer
7. ใช้เกรียงปาดหน้าให้เรียบ แล้วทำการเสียบ soil moisture tester ทิ้งไว้ประมาณ 30 วินาที ให้ค่าคงที่แล้วอ่านค่าvolt
8. บันทึกค่าที่อ่านได้และทำการเพิ่มปริมาณความชื้นทรายเป็น 8 10 12 14 16 18 20 ตามลำดับ และทำซ้ำ ข้อ6-8
9. นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง volt และ ปริมาณน้ำในดิน (w/w) เพื่อหา สมการความสัมพันธ์และ r^2

ร่อนทรายผ่านตะแกรง#10

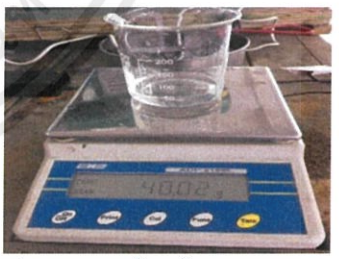


เตรียมน้ำกลั่น ที่6%(W/W)

ผสมน้ำกลั่นกับดิน

บดอัดดินชื้นลงใน mold

อ่านและบันทึกค่าที่ได้จาก sensor



เพิ่มปริมาณน้ำครั้งละ 2% และทำซ้ำจนปริมาณน้ำถึง 20%

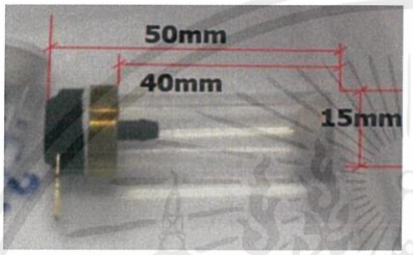
รูปที่3.2 วิธีการทดลองการ Calibrate Soil Moisture Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2Soil Suction Sensor

อุปกรณ์

1. Suction Sensor
2. Vacuum pump
3. Pressure gage
4. น้ำกลั่น
5. ถาดรอง

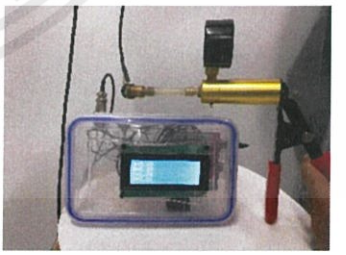


รูปที่ 3.3 Soil Suction Sensor

รูปที่ 3.4 Vacuum Pump

วิธีการทดลอง

1.เชื่อมต่อ Vacuum pump เข้ากับ soil suction sensor
2.ทำการลดความดันครั้งละ 10 kPa
3.อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จาก Soil Suction sensor
4.ทำซ้ำข้อที่ (1). – (3). จนกระทั่งความดันลดลงไปที่ -70 kPa
5.นำค่าที่ได้จากการอ่านค่ามาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัน(kPa) และแรงดันไฟฟ้า(Volt)

		
ต่อ Vacuum pump เข้ากับ Soil Suction Sensor	ลดความดันครั้งละ 10 kPa	อ่านและบันทึกค่าและทำซ้ำจนความดันลดลงถึง-70 kPa

รูปที่3.5 วิธีการทดลองการ Calibrate Soil Suction Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3Soil Columns Test

อุปกรณ์

1. ดิน 25 kg.
2. ตะแกรง เบอร์4
3. Soil Columns
4. น้ำกลั่น
5. ค้อนอัด
6. เครื่องชั่ง
7. กรวด
8. กระดาษกรอง
9. Soil Moisture Sensor
10. Soil Suction Sensor

วิธีการทดลอง

การเตรียมกระบอกตัวอย่าง

1.วางกระดาษกรองและกรวดให้ได้1/3ของก้นกระบอกตัวอย่าง

2.ร่อนดินผ่านตะแกรงเบอร์4

3.ทำการบดอัดดินที่ได้จาก (2). โดยใช้ 70% density จากการทดลอง Compaction test

4.ต่อกรบอกตัวอย่างแล้วทำการบดอัดซ้ำจนครบทุกชั้น

5.ต่อ soil moisture sensor และ soil suction sensor เข้ากับกระบอกตัวอย่างและ Arduino board

รูปที่ 3.6 Soil Columns Test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

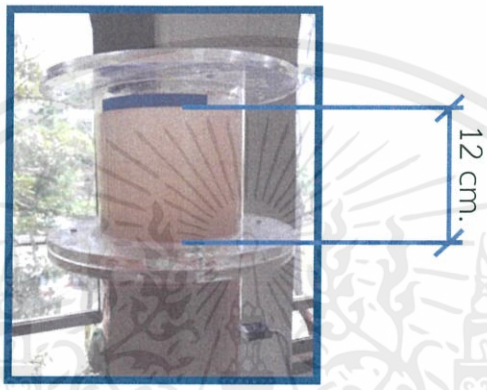
Wetting Process

1.ทำการอ่านค่าจาก_soil moisture sensor และ soil suction sensor เป็นค่าเริ่มต้น

2.ทำการใส่น้ำ ในกระบอกตัวอย่างอย่างคงที่

3.ทำการบันทึกค่าทุก ๆ 30 นาทีจนหว่าความดันจะลงไปที่ -30 kPa

4.เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง soil moisture และ soil suction เป็นช่วง wetting process



รูปที่ 3.7 Wetting Process และ Head น้ำ

Drying Process

1.ปล่อยให้น้ำระเหยจากกระบอกตัวอย่างตามธรรมชาติ

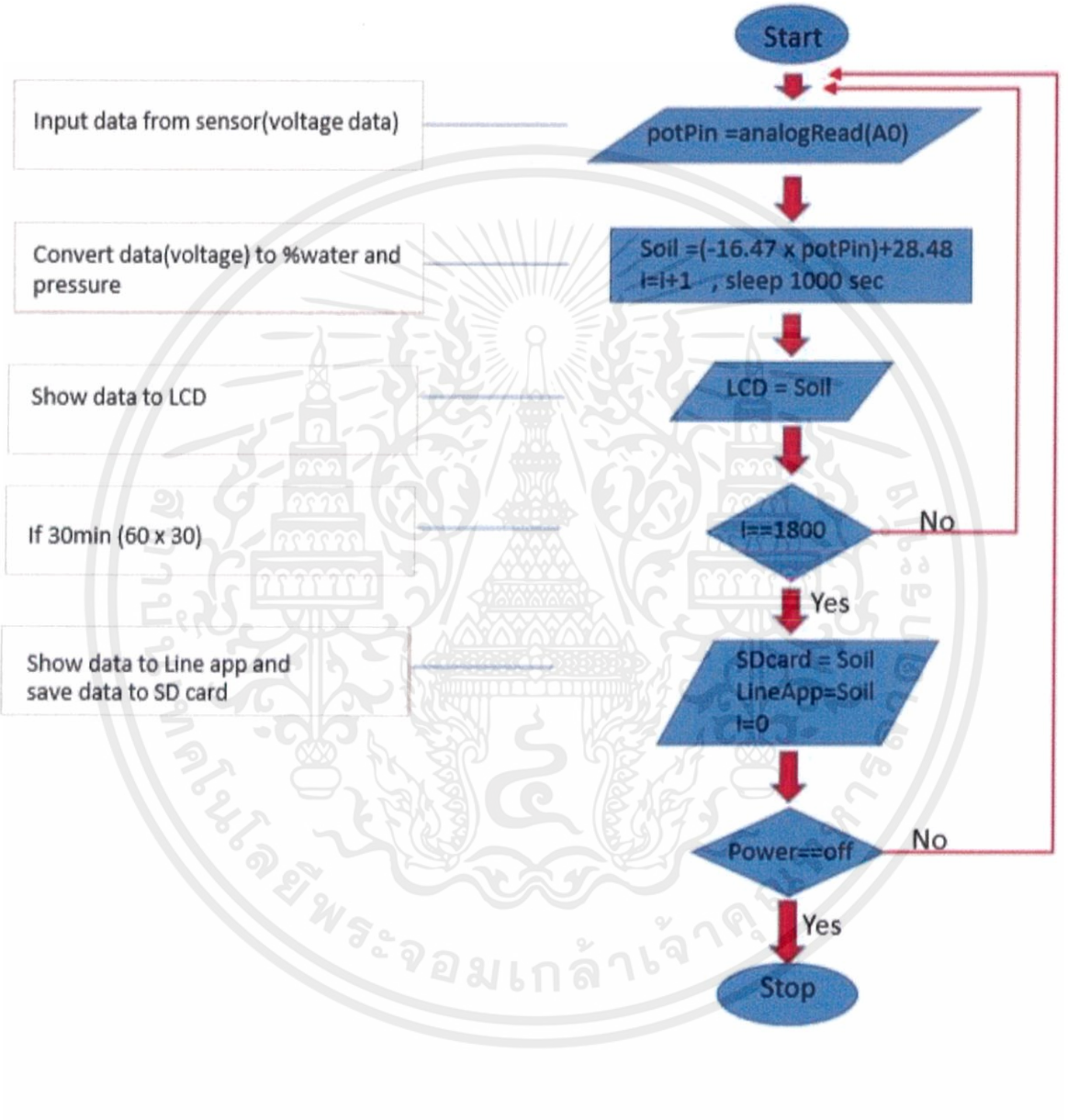
2.ทำการบันทึกค่าทุก ๆ 30 นาที จนกว่าความดันจะลดลงไปถึง -70 kPa

3.เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง soil moisture และ soil suction เป็นช่วง drying process

รูปที่ 3.8 Drying Process

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2วิธีการดำเนินงานวิจัยโดย ผ่านโปรแกรม Arduino



รูปที่ 3.9 Chart วิธีการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการศึกษา

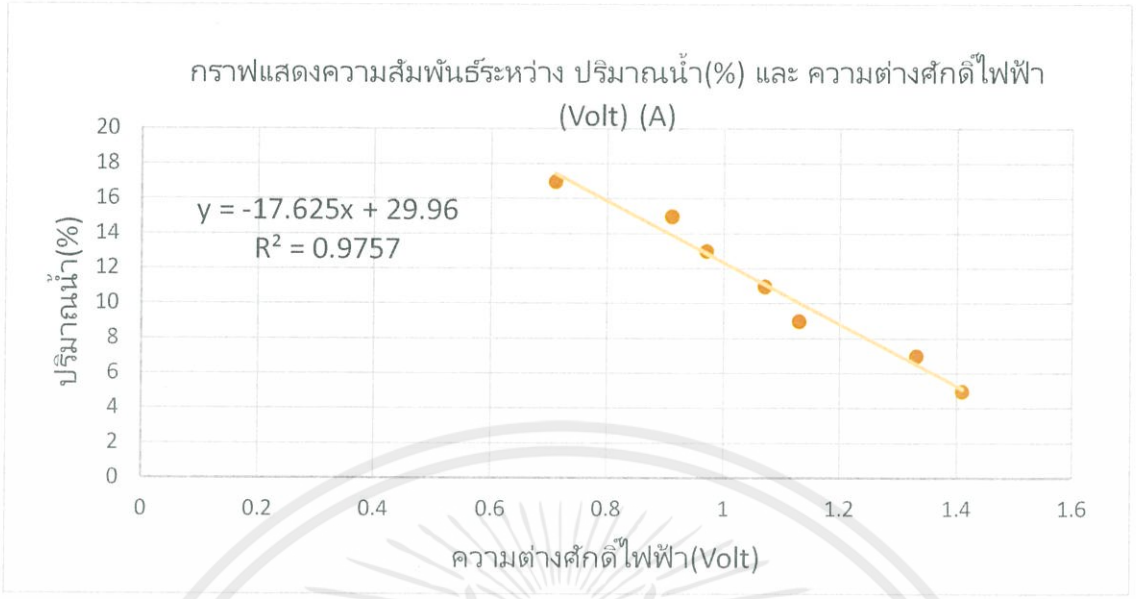
4.1 Soil Moisture Sensor Calibration

จากการ Calibrate Soil Moisture Sensor ได้ผลลัพธ์ดังตาราง และเมื่อนำค่าจากตารางไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณความชื้นในดิน(%water content) และ แรงดันไฟฟ้า(Volt) ของ sensor แต่ละตัวได้ดังรูปที่

№ / Water(%)	A (volt)	B (volt)	C (volt)	D (volt)
5	1.41	1.42	1.46	1.4
7	1.33	1.39	1.37	1.31
9	1.13	1.07	1.11	1.1
11	1.07	1.02	1.05	1
13	0.97	0.97	0.98	0.88
15	0.91	0.83	0.84	0.84
17	0.71	0.71	0.62	0.79

ตาราง4.1 แสดงผลการ Calibrate Soil Moisture Sensor

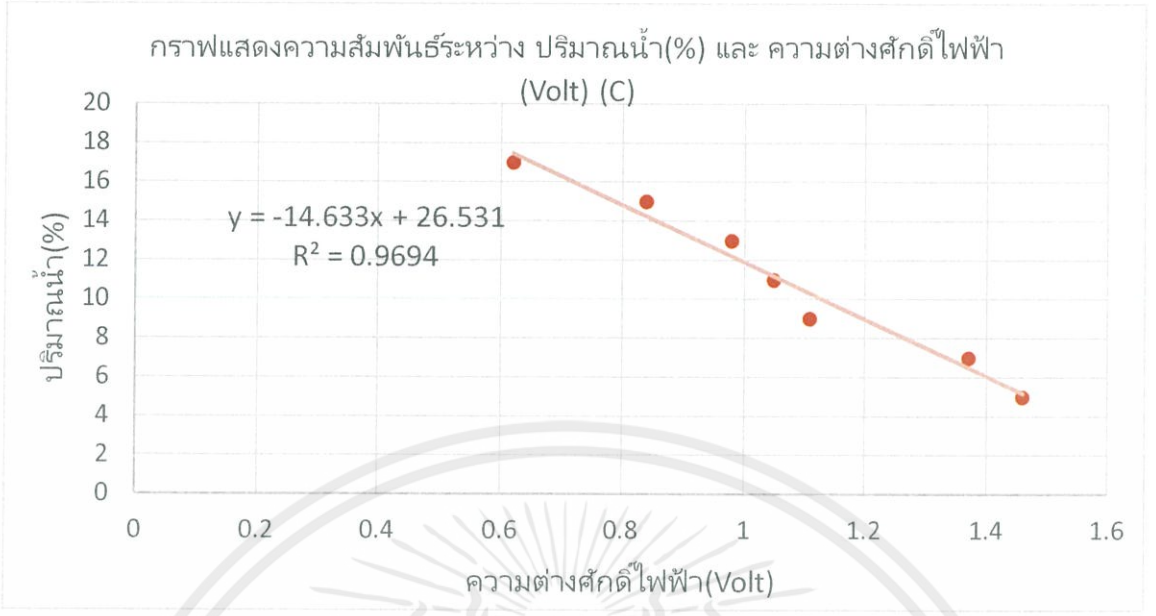
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



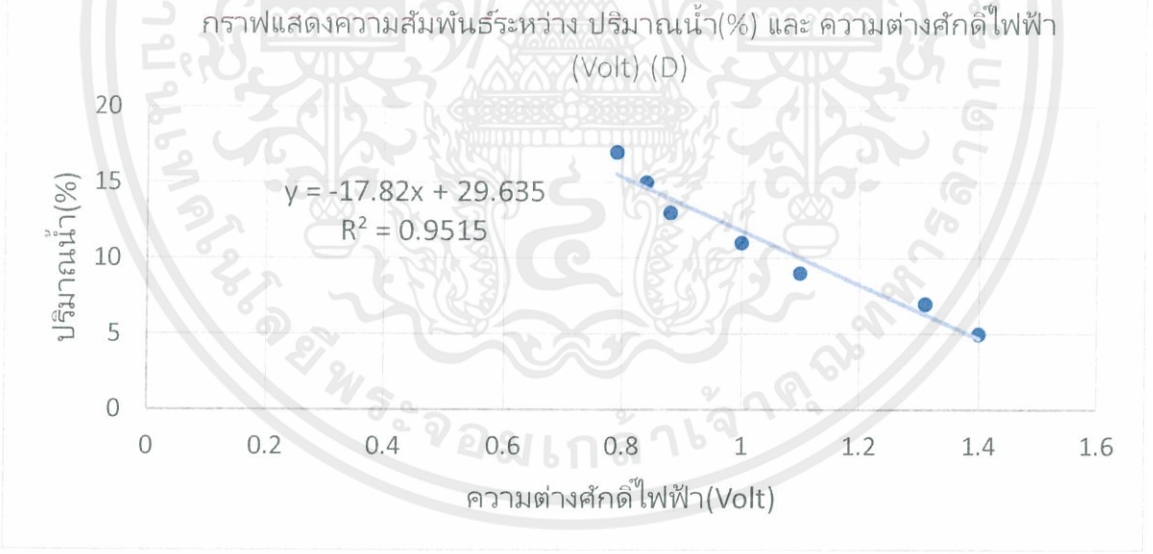
(A)

(B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(C)



(D)

รูป4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ (%) และความต่างศักดิ์ไฟฟ้า (Volt) ของ Soil Moisture Sensor A, B, C และD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ(Water content, %)และความต่างศักดิ์ไฟฟ้า (Volt, V)จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ของทั้งสองเป็นลักษณะเส้นตรงดังนั้นเราสามารถใช้สมการกำลังสองหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมารน้ำในดิน(Water content, %)และความต่างศักดิ์ไฟฟ้า(Volt, V)ได้ดังนี้

	A	B	C	D
สมการ(Y)	-17.625x +29.96	-15.814x +27.74	-14.633x +26.531	-17.82x + 29.635
r^2	0.9757	0.946	0.969	0.952

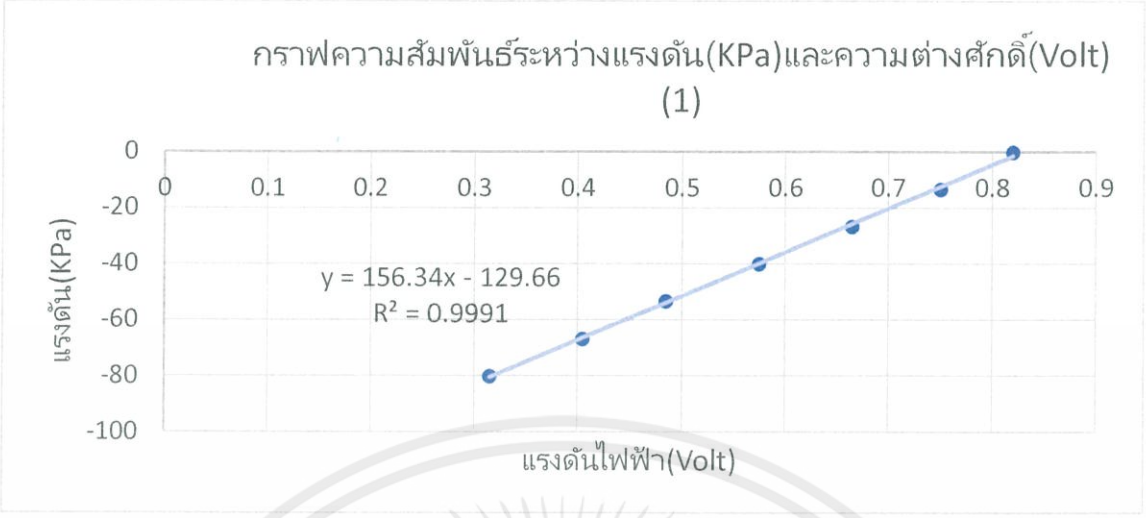
4.2Soil Suction Sensor Calibration

จากการ Calibrate Soil Suction Sensor ได้ผลลัพธ์ดังตาราง และเมื่อนำค่าจากตารางไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดัง(kPa) และ ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า(Volt) ของ sensor แต่ละตัวได้ดังรูปที่

№ / Pressure(kPa)	1 (volt)	2 (volt)	3 (volt)	4 (volt)
0	0.82	0.82	0.83	0.82
-13.33	0.75	0.74	0.76	0.75
-26.66	0.665	0.67	0.675	0.665
-39.99	0.575	0.58	0.59	0.575
-53.32	0.485	0.49	0.495	0.485
-66.64	0.405	0.4	0.41	0.405
-79.97	0.315	0.31	0.325	0.315

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการ Calibrate Soil Suction Sensor

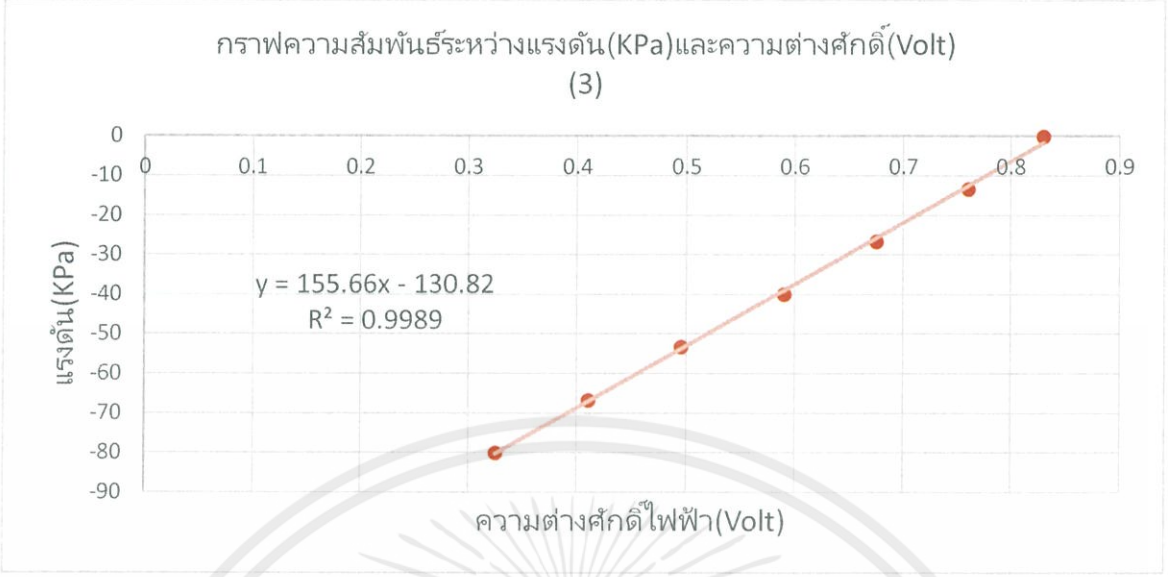
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



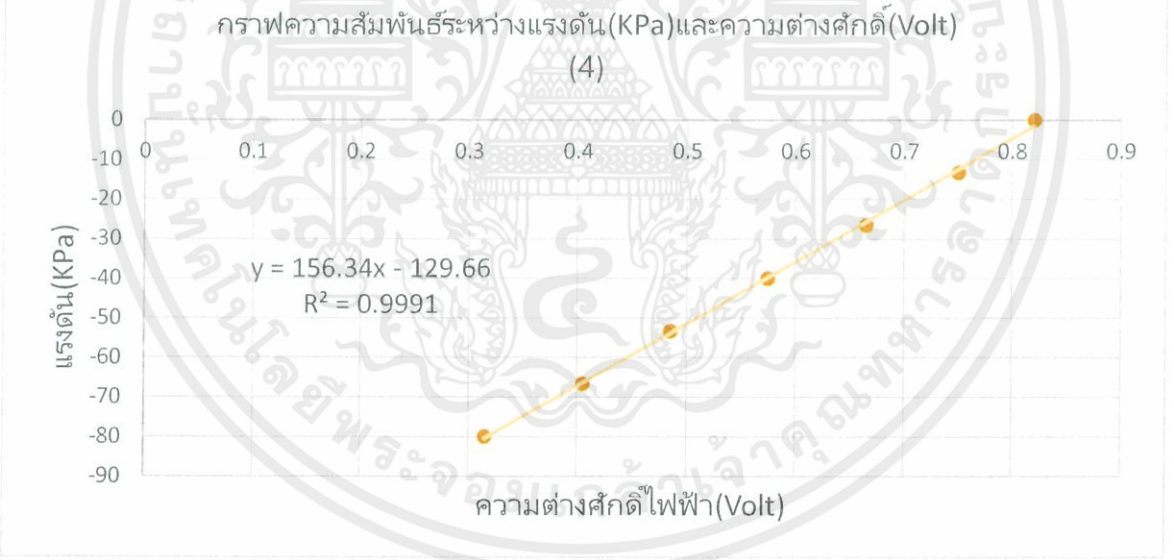
(1)

(2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(3)



(4)

รูป4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน (kPa) และความต่างศักดิ์ไฟฟ้า (Volt) ของ Soil Suction Sensor 1, 2, 3 และ4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน(Pressure, kPa)และความต่างศักดิ์ไฟฟ้า(Volt, V) จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ของทั้งสองเป็นลักษณะเส้นตรงดังนั้นเราสามารถใช้สมการกำลังสองหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน(Pressure, kPa)และความต่างศักดิ์ไฟฟ้า(Volt, V)ได้ดังนี้

	1	2	3	4
สมการ(Y)	156.34x - 129.66	155.9x - 129.29	155.66x - 130.82	156.34x - 129.66
r^2	0.999	0.998	0.999	0.999

4.3ผลการทดสอบ Drying Process

Suction(kPa)	Water Content (%)
6.1514	18.1
7.7148	18.1
7.7148	18.1
7.7148	18.1
9.2782	18.02
9.2782	17.93
10.8416	17.85
10.8416	17.85
12.405	17.77
12.405	17.69
12.405	17.61
13.9684	17.61
13.9684	17.53
15.5318	17.45
15.5318	17.45
15.5318	17.37
17.0952	17.37
17.0952	17.29
18.6586	17.29
18.6586	17.21
20.222	17.13
20.222	17.13
21.7854	17.13
21.7854	17.05
21.7854	17.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Suction(kPa)	Water Content (%)
23.3488	17.05
23.3488	16.97
24.9122	16.97
24.9122	16.97
24.9122	16.97
24.9122	16.97
24.9122	16.97
26.4756	16.97
26.4756	16.97
26.4756	16.97
28.039	16.97
28.039	16.97
28.039	16.97
29.6024	16.89
31.1658	16.89
31.1658	16.89
32.7292	16.81
34.2926	16.81
35.856	16.73
38.9828	16.73
40.5462	16.65
42.1096	16.65
43.673	16.57
45.2364	16.49
46.7998	16.49
48.3632	16.41
51.49	16.41
51.49	16.32
53.0534	16.24
54.6168	16.24
56.1802	16.24
57.7436	16.24
59.307	16.16
59.307	16.16
60.8704	16.08
62.4338	16.08
62.4338	16.08
62.4338	16
63.9972	16
65.5606	16
67.124	16
67.124	15.92
68.6874	15.92

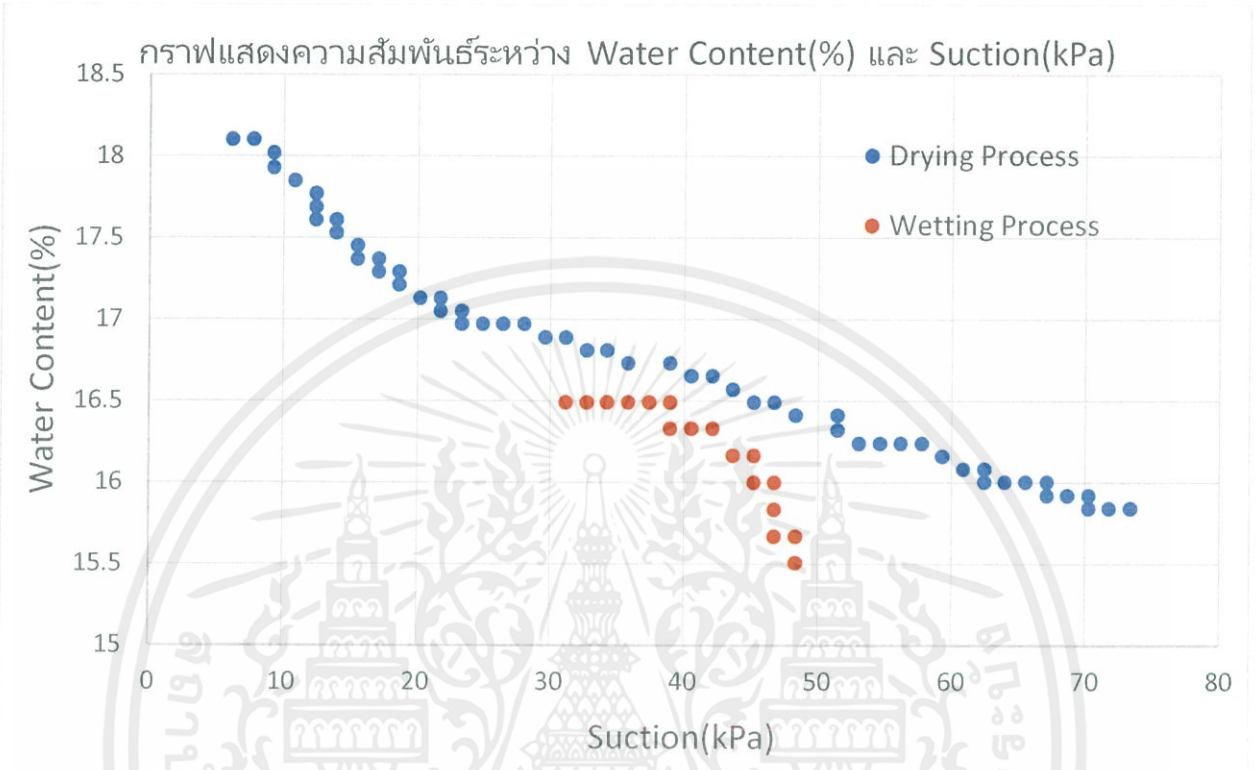
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4ผลการทดสอบ Wetting Process

Suction(kPa)	Water Content(%)
48.3632	15.5035
48.3632	15.6682
48.3632	15.6682
48.3632	15.6682
46.7998	15.6682
46.7998	15.6682
46.7998	15.8329
46.7998	15.8329
46.7998	15.8329
46.7998	15.9976
46.7998	15.9976
45.2364	15.9976
45.2364	16.1623
43.673	16.1623
43.673	16.1623
43.673	16.1623
42.1096	16.327
42.1096	16.327
40.5462	16.327
38.9828	16.327
38.9828	16.4917
37.4194	16.4917
35.856	16.4917
34.2926	16.4917
32.7292	16.4917
31.1658	16.4917

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

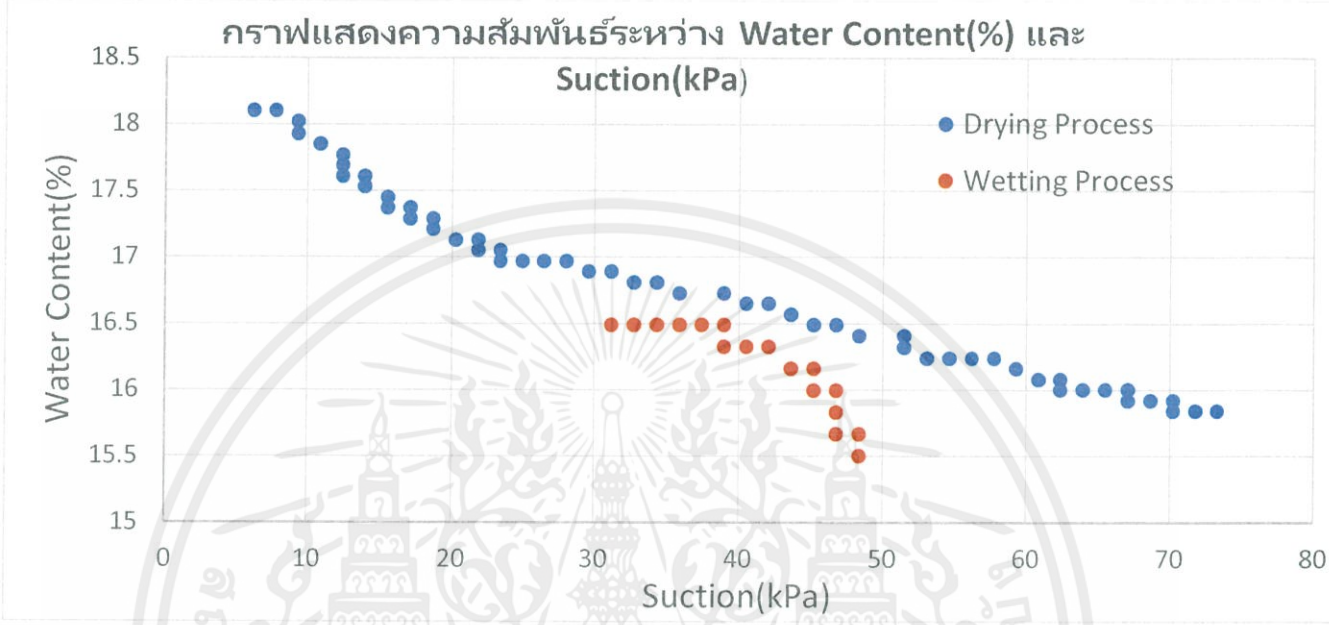
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Water Content(%) และ Suction(kPa) ของ Drying Process และ Wetting Process



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการทดลอง



1. จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Suction กับ Percent Water (เส้นบน) จะเห็นได้ว่าเมื่อ เปอร์เซ็นต์น้ำในมวลดินลดลง Suction จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากแรงตึงผิวของน้ำในมวลดิน และ เมื่อ Suction เพิ่มขึ้น ความแข็งแรงของดินจะเพิ่มขึ้นตาม เนื่องจากกำลังรับแรงเฉือนของดินเพิ่มขึ้น

2.จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Suction กับ Percent Water (เส้นล่าง) จะเห็นได้ว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์น้ำในมวลดินเพิ่มขึ้น Suction จะลดลงและ เมื่อ Suction ลดลง ความแข็งแรงของดินจะลดลงตาม เนื่องจากกำลังรับแรงเฉือนของดินลดลง

3. จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Suction กับ Percent Water จะเห็นว่าเส้นบน(ความชื้อลดลง)และ เส้นล่าง(ความชื้นเพิ่มขึ้น) ไม่ทับซ้อนเป็นเส้นเดียวกัน เนื่องจากเกิดปรากฏการณ์ hysteresis เป็นคุณสมบัติของระบบชีวภาพทางกายภาพและระบบอื่น ๆ ซึ่งการตอบสนองทันทีต่อผลกระทบขึ้นอยู่กับสถานะปัจจุบันของพวกเขาและในช่วงเวลาพฤติกรรมของระบบจะถูกกำหนดโดยประวัติของมัน ห่วง hysteresis เป็นกราฟที่แสดงคุณสมบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในอนาคตพวกเราสามารถวิเคราะห์หาความแข็งแรงของมวลดิน โดยการใช้ Soil moisture sensor เนื่องจากเราสามารถใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง Soil moisture sensor และ Soil Suction
2. เพิ่มจำนวนครั้งในการทดลอง
3. นำผลงานที่ได้ไปปรับใช้ กับสถานที่จริง
4. เปลี่ยนสภาพแวดล้อมของแบบทดลองให้เหมือนสภาพหน้างานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา. แผ่นดินถล่ม. สืบค้นจาก
https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=76
ปริมาณความชื้นในมวลดิน. สืบค้นจาก
https://civil.eng.cmu.ac.th/sites/default/files/372%20LAB1%20suriyah.pdf
ปรากฏการณ์ hysteresis. สืบค้นจาก
https://tha.topbrainscience.com/3292149-what-is-a-hysteresis-loop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sort code Soil Moisture Sensor

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 2);
int potPin =analogRead(A0); //input pin
float soil=0;
char ssid[] = "iPhone";
char pass[] = "sit110739";
void Line_Notify(String message) ;
void Line_Notify(String LINE_TOKEN) ;
String LINE_TOKEN = "aQTVrnqLrKNXu5V6uuIlxAQp28xitoJ0SQc1ETna2sX";
void setup () {
  //----------------------
 lcd.begin();
lcd.print("Voltages");
//-------------------------
  WiFi.begin(ssid, pass);
  Serial.begin(112500);
}
void loop ()
{
//-----------------------------------------
float soil = analogRead(A0)*3.27/1023.0 ;
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(soil);
lcd.print("                ");
delay(10);
//-------------------------------------------------
   Line_Notify(String(soil));
 Serial.println(soil);
 Serial.println(String(soil));
  }
void Line_Notify(String message) {

  String msg = String("message=") + message;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WiFiClientSecure lineclient;
if (!lineclient.connect("notify-api.line.me", 443)) {
  Serial.println("connection failed");
  return;
}
String req = "";
req += "POST /api/notify HTTP/1.1\r\n";
req += "Host: notify-api.line.me\r\n";
req += "Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\r\n";
req += "Authorization: Bearer " + String(LINE_TOKEN) + "\r\n";
req += "Content-Length: " + String(msg.length()) + "\r\n";
req += "\r\n";
req +=  msg;
lineclient.print(req);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sort code Soil Suction Sensor

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F, 16, 2);
int potPin =analogRead(A0); //input pin
float soil=0;
char ssid[] = "iPhone";
char pass[] = "sit110739";
void Line_Notify(String message) ;
void Line_Notify(String LINE_TOKEN) ;
String LINE_TOKEN = "aQTVrnqLrKNXu5V6uulxAQp28xitoJ0SQc1ETna2sX";
void setup () {
  //------------------------
 lcd.begin();
lcd.print("Voltages");
//-------------------------
  WiFi.begin(ssid, pass);
  Serial.begin(112500);
}
void loop ()
{
//-----------------------------------------------
float soil = analogRead(A0)*156.34 -129.66;
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(soil);
lcd.print("                ");
delay(10);
//------------------------------------------------------
   Line_Notify(String(soil));
 Serial.println(soil);
 Serial.println(String(soil));
  }
void Line_Notify(String message) {

  String msg = String("message=") + message;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WiFiClientSecure lineclient;
if (!lineclient.connect("notify-api.line.me", 443)) {
  Serial.println("connection failed");
  return;
}
String req = "";
req += "POST /api/notify HTTP/1.1\r\n";
req += "Host: notify-api.line.me\r\n";
req += "Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\r\n";
req += "Authorization: Bearer " + String(LINE_TOKEN) + "\r\n";
req += "Content-Length: " + String(msg.length()) + "\r\n";
req += "\r\n";
req +=  msg;
lineclient.print(req);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง Moister Content(%) และ Suction (kPa) ต่อเวลา(นาที)

Drying Process

Time(hr.)	Suction(kPa)	%water
0	6.1514	18.1
0.5	7.7148	18.1
1	7.7148	18.1
1.5	7.7148	18.1
2	9.2782	18.02
2.5	9.2782	17.93
3	10.8416	17.85
3.5	10.8416	17.85
4	12.405	17.77
4.5	12.405	17.69
5	12.405	17.61
5.5	13.9684	17.61
6	13.9684	17.53
6.5	15.5318	17.45
7	15.5318	17.45
7.5	15.5318	17.37
8	17.0952	17.37
8.5	17.0952	17.29
9	18.6586	17.29
9.5	18.6586	17.21
10	20.222	17.13
10.5	20.222	17.13
11	21.7854	17.13
11.5	21.7854	17.05
12	21.7854	17.05
12.5	23.3488	17.05
13	23.3488	16.97
13.5	24.9122	16.97
14	24.9122	16.97
14.5	24.9122	16.97
15	24.9122	16.97
15.5	24.9122	16.97
16	26.4756	16.97
16.5	26.4756	16.97
17	26.4756	16.97
17.5	28.039	16.97
18	28.039	16.97
18.5	28.039	16.97
19	29.6024	16.89
19.5	31.1658	16.89
20	31.1658	16.89
20.5	32.7292	16.81
21	34.2926	16.81
21.5	35.856	16.73
22	38.9828	16.73
22.5	40.5462	16.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Time(hr.)	Suction(kPa)	%water
23	42.1096	16.65
23.5	43.673	16.57
24	45.2364	16.49
24.5	46.7998	16.49
25	48.3632	16.41
25.5	51.49	16.41
26	51.49	16.32
26.5	53.0534	16.24
27	54.6168	16.24
27.5	56.1802	16.24
28	57.7436	16.24
28.5	59.307	16.16
29	59.307	16.16
29.5	60.8704	16.08
30	62.4338	16.08
30.5	62.4338	16.08
31	62.4338	16
31.5	63.9972	16
32	65.5606	16
32.5	67.124	16
33	67.124	15.92
33.5	68.6874	15.92
34	68.6874	15.92
34.5	70.2508	15.92
35	70.2508	15.84
35.5	71.8142	15.84
36	71.8142	15.84
36.5	73.3776	15.84
37	73.3776	15.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wetting Process

Time(hr.)	Suction(kPa)	%water
0	48.3632	15.5035
0.5	48.3632	15.6682
1	48.3632	15.6682
1.5	48.3632	15.6682
2	46.7998	15.6682
2.5	46.7998	15.6682
3	46.7998	15.8329
3.5	46.7998	15.8329
4	46.7998	15.8329
4.5	46.7998	15.9976
5	46.7998	15.9976
5.5	45.2364	15.9976
6	45.2364	16.1623
6.5	43.673	16.1623
7	43.673	16.1623
7.5	43.673	16.1623
8	42.1096	16.327
8.5	42.1096	16.327
9	40.5462	16.327
9.5	38.9828	16.327
10	38.9828	16.4917
10.5	37.4194	16.4917
11	35.856	16.4917
11.5	34.2926	16.4917
12	32.7292	16.4917
12.5	31.1658	16.4917

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้