

# การพัฒนาเครื่องวัดระดับน้ำแบบแจ้งเตือนผ่านข้อความสั้นสำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก

## Development of a Short-text Alarm Water Level Meter for Small Reservoirs with Ultrasonic Sensors

ธวัชชัย ชาญสูงเนิน, วศ.ม. (Tawatchai Chansungnoen, M.Eng.)<sup>1\*</sup>

พิสิฐพงษ์ แป้นทอง, วศ.ม. (Pisitpong Pantong, M.Eng.)<sup>2</sup>

ทัศนัพล ฉัตรเกาะ, วศ.บ. (Thatsaphon Chatkoh, B.Eng.)<sup>3</sup>

วศิน ฤทธิสินธุ์, วศ.บ. (Wasin Ritthison, B.Eng.)<sup>4</sup>

Received : November 11, 2020

Revised : December 7, 2020

Accepted : December 8, 2020

### บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องวัดระดับน้ำแบบแจ้งเตือนผ่านข้อความสั้น (SMS) สำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก

**วิธีการวิจัย:** ดำเนินการพัฒนาเครื่องวัดระดับน้ำแบบแจ้งเตือนผ่านข้อความสั้น (SMS) สำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก โดยการอาศัยคลื่นอัลตราโซนิกในการวัดระดับน้ำ โดยส่งสัญญาณที่วัดได้เข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลและทำการส่งสัญญาณไปยังชุด SMS เพื่อส่งข้อความสั้นผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ให้เกษตรกรรับทราบข้อมูลของน้ำที่วัดได้ให้เป็นปัจจุบัน ในการทดสอบจะวัดระดับน้ำโดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ จาก 1,3,5,7 และ 10 เซนติเมตร โดยแบ่งการทดสอบเป็นครั้งละระดับ ระดับละ 10 ครั้งบันทึกผลทั้งระดับที่วัดได้และการส่งข้อความ SMS แล้วนำมาวิเคราะห์หาความแม่นยำในการวัด

**ผลการวิจัย:** พบว่าการวัดระดับน้ำโดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกสามารถวัดระดับน้ำในช่วงระดับที่ 1 เซนติเมตร คือ 1.002 - 0.988 เซนติเมตร ระดับที่ 3 เซนติเมตร คือ 3.031 - 2.963 เซนติเมตร ระดับที่ 5 เซนติเมตร คือ 4.993 - 4.960 เซนติเมตร ระดับที่ 7 เซนติเมตร คือ 7.003 - 6.973 เซนติเมตรและระดับที่ 10 เซนติเมตร คือ 10.000 - 9.974 เซนติเมตร ซึ่งอยู่ในระดับที่เพียงพอที่จะยอมรับได้ว่าเครื่องวัดระดับน้ำแบบแจ้งเตือนผ่านข้อความสั้น (SMS) สำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีความแม่นยำและถูกต้องในการส่งสัญญาณในการแจ้งเตือน

**คำสำคัญ:** วัดระดับน้ำ, อัลตราโซนิก, อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก, ข้อความสั้น

<sup>1,2</sup>อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

(Lecturer, Mechanical Engineering Branch, Faculty of Engineering, Vongchavalitkul University)

<sup>3</sup>วิศวกรออกแบบ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ส.ใจรัก ตำบลมะค่า อำเภอโนนไทย จังหวัดนครราชสีมา

(Design engineer, S. Jai Rak Limited Partnership, Makha District, Non Thai District, Nakhon Ratchasima Province)

<sup>4</sup>นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

(Student, Mechatronic Engineering Branch, Faculty of Engineering, Vongchavalitkul University)

\*ผู้เขียนหลัก (Corresponding author)

E-mail: tawatchai\_cha@vu.ac.th

## Abstract

**Objective:** The aim of this research was to develop a short-text alarm water level meter for small reservoirs with ultrasonic sensors.

**Methods:** A water level alarm meter via short message (SMS) for a small reservoir was developed. The water level was measured by ultrasonic wave and sending the measured signal to a microcontroller for processing. The short message (SMS) was sent to the farmers in a real time. The test procedure began by dividing the measured water level into 5 levels as 1,3,5,7 and 10 centimeter. The water levels were measured by 10 times per level. The measured results were recorded together with the received short message (SMS) for analyzing the accuracy of the measurement.

**Results:** The ultrasonic wave sensors could measure the water level at 1 centimeter with the results of 1.002 – 0.988 centimeter, 3.031-2.963 centimeter for the 3 centimeter, 4.993-4.960 centimeter for the 5 centimeter, 7.003-6.973 centimeter for the 7 centimeter, and 10.000-9.974 centimeter for the 10 centimeter. This was an adequate result to accept that the short-text alarm water level meter for small reservoirs is accurate in measuring and sending an alarm signal.

**Keywords:** water level measurement, Ultrasonic, small reservoir, SMS

### 1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันภัยแล้งเป็นปัญหาที่สำคัญที่เกิดจากสภาพโลกร้อนและส่วนที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือด้านเกษตรกรรม (ปวีณรัตน์ สิงสิน, รุจ ศิริสัญลักษณ์, บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล และแสงทิวา สุริยงค์, 2562) ซึ่งน้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีพของมนุษย์โดยรวมทั้งภาคเกษตรกรรมและ อุตสาหกรรม ปัจจัยสำคัญในการบริหารจัดการเรื่องน้ำ คือการบริหารจัดการให้ปริมาณน้ำในอ่างที่กักเก็บน้ำมีให้ใช้ได้ตลอดทั้งปี (Sally, Levite, & Cour, 2011; Scola, Takahashi, & Cerqueira, 2014) การตรวจสอบระดับน้ำเพื่อให้ทราบปริมาณน้ำ เต็มที่ผู้ที่รับผิดชอบจะใช้วิธีการไปตรวจวัดเฉลี่ยวันละครั้งโดยทำการวัดระดับน้ำจากแผ่นวัดระดับน้ำ (Staff gauge) จึงยากที่จะได้รับข้อมูลแบบแม่นยำและรวดเร็ว เช่น การเพิ่มของน้ำในกรณีที่ฝนตกหนัก หรือการลดระดับของน้ำในกรณีที่เกิดจากการระเหยของน้ำที่มาจากสภาวะโลกร้อน หรือการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่รวดเร็ว ทำให้ยากต่อการบริหารจัดการน้ำของหน่วยงานที่รับผิดชอบ และ

ที่เกี่ยวข้องทั้งยังพบว่ากรณีที่เกษตรกรไม่ได้รับทราบถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่อย่างทันที่นั้นทำให้เกษตรกรประสบปัญหาในการให้น้ำแก่ผลผลิตทำให้ต้องแก้ปัญหาโดยวิธีการต่างๆ เช่น นนท์ ชูตินันท์, ศรีปริญญา รูปกระจ่าง และพูลศักดิ์ โกสิยะวัฒน์ (2562) พบว่า 1) ภูมิปัญญาท้องถิ่น มีอิทธิพลต่อการบริหารจัดการแหล่งน้ำถาวร โดยการขุดบ่อน้ำตื้น มากที่สุด รองลงมา คือ ยุทธศาสตร์ การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ บริบทปัญหาจากภัยแล้ง และการมีส่วนร่วมของประชาชน 2) ตัวแบบที่เหมาะสมของการบริหารจัดการแหล่งน้ำถาวร คือ บริบทปัญหาจากภัยแล้ง ภูมิปัญญาท้องถิ่น การมีส่วนร่วมของประชาชนและยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ และ 3) ในด้านผลการปฏิบัติงานของการบริหารจัดการแหล่งน้ำถาวรโดยการขุดบ่อน้ำตื้น พบว่า ขาดการบูรณาการและความร่วมมือในการทำงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และพบปัญหาและอุปสรรคในด้านงบประมาณที่ไม่เพียงพอ สิริพงษ์ กุลพงษ์ (2552) พบว่าปริมาณน้ำมีผลต่อการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืน ประพิศ จันทร์มา (2563) กล่าวถึงการ

ขาดฐานข้อมูลและองค์ความรู้ในการพัฒนาทรัพยากรน้ำเป็นปัญหาที่สำคัญ กรมชลประทานซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีภารกิจสำคัญในการขับเคลื่อนงานพัฒนาแหล่งน้ำและบริหารจัดการน้ำของประเทศไทย ได้กำหนดยุทธศาสตร์กรมชลประทาน 20 ปี ให้สอดคล้องและเชื่อมโยงกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 แผนยุทธศาสตร์การบริหารทรัพยากรน้ำ 20 ปี และแผนยุทธศาสตร์กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยวางแผนที่จะให้มีการพัฒนาแหล่งน้ำและการบริหารจัดการน้ำให้บังเกิดผลสัมฤทธิ์อย่างบูรณาการ (สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา, 2563) ซึ่งการที่เกษตรกรได้รับทราบสถานการณ์น้ำอย่างทันทั่วทั้งนับเป็นส่วนสำคัญในการบริหารจัดการน้ำ

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาเครื่องมือวัดระดับน้ำและแจ้งเตือนผ่านข้อความสั้น (SMS) โดยใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกยิงคลื่นความถี่ไปตรวจวัดที่ผิวน้ำและส่งข้อมูลไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังรับข้อมูลจะแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือด้วยข้อความสั้น หรือ SMS ทันที โดยผู้ที่รับผิดชอบเรื่องการตรวจวัดระดับน้ำไม่จำเป็นต้องไปตรวจวัด ถึงจุดวัดยังอ่างเก็บน้ำ และยังสามารถรับข้อความสั้นทันทีที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำอีกด้วย

## 2. วัตถุประสงค์การวิจัย

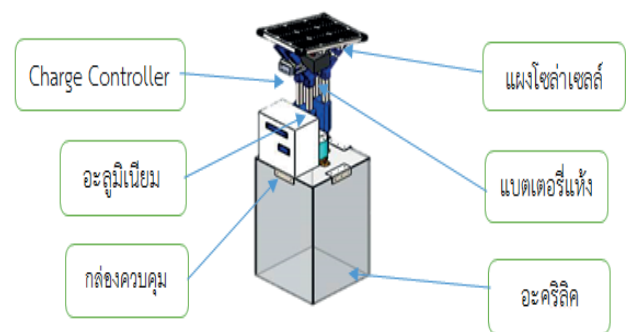
เพื่อพัฒนาเครื่องวัดระดับน้ำแบบแจ้งเตือนผ่านข้อความสั้น (SMS) สำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก

## 3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

### 3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

ในการพัฒนาเครื่องวัดระดับน้ำแบบแจ้งเตือนผ่านข้อความสั้น (SMS) สำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิกนั้น วัสดุที่จะนำมาใช้ในการสร้างหรือประกอบเป็นตัวเครื่องได้พิจารณาให้มีความเหมาะสมกับการใช้งาน มีความคงทน และน้ำหนักเบา สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ดังนั้นในส่วนของโครงสร้างเกือบทั้งหมดจึงเลือกใช้

อะลูมิเนียมกับอะคริลิกเป็นวัสดุหลักในการประกอบเป็นตัวเครื่อง เพราะเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา แข็งแรง และไม่เป็นสนิมดังแสดงในภาพที่ 1 โดยการทำงานของเครื่องจะอาศัยคลื่นอัลตราโซนิกใช้ในการวัดระดับน้ำ และส่งสัญญาณที่วัดได้เข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผลและจะส่งสัญญาณไปยังชุด SMS เพื่อส่งข้อความสั้นผ่านทางโทรศัพท์ เคลื่อนที่ให้เกษตรกรรับทราบข้อมูลของระดับน้ำที่วัดได้ซึ่งเป็นปัจจุบัน ภาพที่ 2 แสดงการติดตั้งเครื่องมือเพื่อทำการทดสอบการวัดระดับน้ำและส่งข้อความสั้น



ภาพที่ 1 โครงสร้างของเครื่อง



ภาพที่ 2 การติดตั้งที่อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก

## 4. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการทดสอบจะจำลองการวัดระดับน้ำเพื่อทดสอบความแม่นยำของเซนเซอร์อัลตราโซนิก โดยใช้วิธีการนำตัวเครื่องติดตั้งไว้ในอ่างภาชนะบรรจุแล้วทำการใส่น้ำลงไปเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ เซนเซอร์อัลตราโซนิกจะวัดระดับน้ำ หลักการทำงานจะประกอบไปด้วยตัว รับ-ส่ง

เซนเซอร์อัลตราโซนิก ตัวส่งจะส่งคลื่นความถี่ 40 kHz ออกไปในอากาศด้วยความเร็วประมาณ 346 เมตรต่อวินาที และตัวรับจะคอยรับสัญญาณที่สะท้อนกลับจากวัตถุ เมื่อทราบความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่น เวลาที่ใช้ในการเดินทางไป กลับ ก็จะสามารถคำนวณหาระยะห่างของวัตถุ และส่งสัญญาณที่วัดได้เข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์หรือบอร์ด Arduino (MCU) เป็นอุปกรณ์หลัก และเขียนคำสั่งควบคุมด้วยภาษาซีเพื่อทำการประมวลผลและจะส่งสัญญาณไปยังชุดบอร์ด SIM900 เพื่อส่งข้อความสั้น (SMS) ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยภาพที่ 3 แสดงเครื่องวัดระดับน้ำแบบแจ็งเตื่อนผ่านข้อความสั้นสำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก

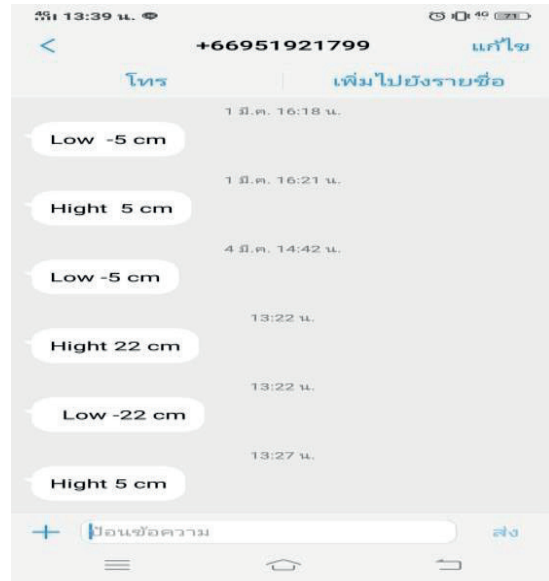


ภาพที่ 3 เครื่องวัดระดับน้ำแบบแจ็งเตื่อนผ่านข้อความสั้นสำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิก

#### 4.1 การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผล

การทดสอบได้ทำการวัดระดับน้ำโดยแบ่งออกเป็นความสูงน้ำที่ 1,3,5,7 และ 10 cm ตามลำดับ รวมทั้งหมด 5 ระดับ ซึ่งแบ่งการทดสอบออกเป็นทีละระดับ จำนวน 10 ครั้งต่อระดับ เพื่อให้ได้ค่าการทดสอบที่ถูกต้องและแม่นยำ การทดสอบเริ่มต้นโดยการเติมน้ำใส่ลงไปยังอ่างภาชนะบรรจุที่มีความสูงน้ำ 5 cm เพื่อจำลองเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กและมีสเกลวัดระดับน้ำที่ถูกติดตั้งไว้ในอ่างภาชนะบรรจุเพื่อค่าที่อ่านได้ด้วยสายตาจะถูกเปรียบเทียบกับข้อความสั้น (SMS) ที่แจ็งเตื่อนเข้ายังโทรศัพท์เคลื่อนที่

ดังแสดงในภาพที่ 4 เมื่อทำการทดลองครบ 10 ครั้งต่อระดับ ก็จะเพิ่มปริมาณน้ำเข้าไปจนครบทั้ง 5 ระดับ



ภาพที่ 4 ข้อความสั้น (SMS) ที่แจ็งเตื่อน

การวิเคราะห์ผลจากการทดสอบวัดซ้ำ ๆ จำนวน 10 ครั้งต่อระดับ ด้วยวิธีการเชิงสถิติ โดยหาตัวเลขแทนที่ดีที่สุดหรือค่าเฉลี่ย (Mean) ของชุดข้อมูลการทดสอบทั้งหมดและค่าความคลาดเคลื่อนหรือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N} \quad (1)$$

เมื่อ

$\bar{X}$  คือ ค่าเฉลี่ย

$X_i$  คือ ข้อมูลที่ได้จากการวัดครั้งที่  $i$

$N$  คือ จำนวนครั้งของการวัดทั้งหมด

และความคลาดเคลื่อนหรือความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง (Sample standard deviation ;  $\delta$ )

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (2)$$

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการทดสอบได้วัดระดับน้ำโดยแบ่ง  
ชั้นตอนออกเป็นความสูงของน้ำที่ 1,3,5,7 และ 10  
cm ตามลำดับ

โดยผลการทดสอบได้แสดงในตารางที่ 1 มีทั้งหมด 5  
ระดับ ซึ่งแบ่งการทดสอบออกเป็นทีละระดับ จำนวน  
10 ครั้งต่อระดับ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนผ่านข้อความสั้น (SMS)

ครั้งที่	ระดับความสูง	ระดับความสูง	ระดับความสูง	ระดับความสูง	ระดับความสูง
	1 cm	3 cm	5 cm	7 cm	10 cm
1	1.00	3.00	4.96	6.98	9.99
2	1.00	3.00	4.96	6.97	9.97
3	1.00	3.08	4.96	6.99	9.97
4	0.99	2.98	4.96	7.00	10.00
5	0.99	2.99	4.98	7.00	9.99
6	1.00	3.00	5.00	6.98	9.99
7	0.98	3.00	5.00	6.98	9.97
8	0.99	2.97	4.97	6.98	9.99
9	1.00	2.95	4.99	7.00	10.00
10	1.00	3.00	5.00	7.00	10.00

ค่าจากการอ่านข้อความสั้น (SMS) ในตาราง  
ที่ 1 ได้นำมาทำการหาค่าเฉลี่ยและเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ผล  
ดังนี้

1) การวัดระดับน้ำที่ 1 cm การกระจาย  
ข้อมูลอยู่ในช่วง  $0.995 \pm 0.007$  cm ( $\bar{X} \pm \delta$ ) ซึ่งค่าที่  
อยู่ในช่วง 1.002 – 0.988 cm มีทั้งหมด 10 ข้อมูล  
มีความผิดพลาดในการวัดเฉลี่ย 0.50 %

2) การวัดระดับน้ำที่ 3 cm การกระจาย  
ข้อมูลอยู่ในช่วง  $2.997 \pm 0.034$  cm มีค่าที่อยู่ในช่วง  
3.031 – 2.963 cm รวม 8 ข้อมูล คือ  
3.00, 3.00, 2.98, 2.99, 3.00, 3.00, 2.97 และ  
3.00 cm มีความผิดพลาดในการวัดเฉลี่ย 0.10%

3) การวัดระดับน้ำที่ 5 cm การกระจาย  
ข้อมูลอยู่ในช่วง  $4.978 \pm 0.018$  cm ค่าที่อยู่ในช่วง  
4.993 – 4.960 cm รวม 7 ข้อมูล คือ  
4.96, 4.96, 4.96, 4.96, 4.98, 4.97 และ  
4.99 cm มีความผิดพลาดในการวัดเฉลี่ย 0.44

4) การวัดระดับน้ำที่ 7 cm การกระจาย  
ข้อมูลอยู่ในช่วง  $6.988 \pm 0.015$  cm ค่าที่อยู่ในช่วง  
7.003 – 6.973 cm รวม 10 ข้อมูลการวัดระดับน้ำ  
มีความผิดพลาดในการวัดเฉลี่ย 0.17 %

5) การวัดระดับน้ำที่ 10 cm การกระจาย  
ข้อมูลอยู่ในช่วง  $9.987 \pm 0.013$  cm ค่าที่อยู่ในช่วง  
10.000 – 9.974 cm รวม 10 ข้อมูล การวัด  
ระดับน้ำมีความผิดพลาดในการวัดเฉลี่ย 0.13 %

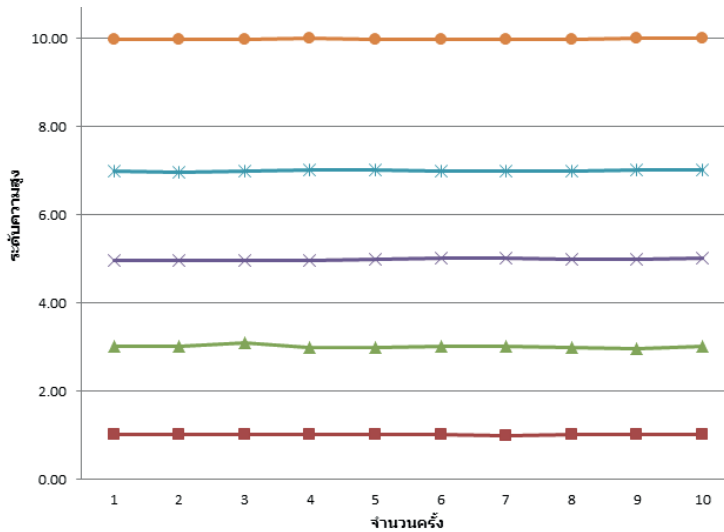
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ระดับความสูง (cm)	ค่าเฉลี่ย (cm)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (cm)	ค่าการวัดระดับที่ดีที่สุด (cm)
1.00	0.995	0.007	0.995 ± 0.007
3.00	2.997	0.034	2.997 ± 0.034
5.00	4.978	0.018	4.978 ± 0.018
7.00	6.988	0.015	6.988 ± 0.015
10.00	9.897	0.013	9.987 ± 0.013

ตารางที่ 2 เป็นผลที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากการใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกในการวัดระดับน้ำโดยอาศัยตัวส่งคลื่นความถี่ออกไปในอากาศด้วยความเร็วประมาณ 346 เมตรต่อวินาที และตัวรับจะคอยรับสัญญาณที่สะท้อนกลับจากผิวน้ำ ผลจากการทดสอบระดับการตรวจวัดที่ 1 cm

ถึง 10 cm นั้นถือว่าค่าความคลาดเคลื่อนนั้นมีไม่มากและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ภาพที่ 5 เป็นการเปรียบเทียบการวัดระดับน้ำด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิกกับสเกลวัดระดับ ซึ่งผลการทดลองทั้ง 5 ระดับนั้น กราฟจะมีความเป็นเส้นตรงจากการทดลองจำนวน 10 ครั้งต่อระดับ



ภาพที่ 5 ผลการเปรียบเทียบการทดสอบวัดระดับน้ำ

## 6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

### 6.1 สรุปผล

การนำเซนเซอร์อัลตราโซนิกมาใช้ในการวัดระดับน้ำแบบแจ่งเตื่อนผ่านข้อความสั้นสำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก โดยดำเนินการทดสอบวัดระดับน้ำโดยแบ่งชั้นตอนออกเป็น 1,3,5,7 และ 10 cm ตามลำดับ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับความแม่นยำในการส่งข้อความสั้นในการแจ่งเตื่อน จากการทดสอบพบว่า การนำเซนเซอร์อัลตราโซนิกมาวัดค่าระดับน้ำ ค่าการวัดระดับที่ดีที่สุดจะอยู่ในช่วง

ระดับที่ 1 cm คือ 1.002 – 0.988 cm ระดับที่ 3 cm คือ 3.031 – 2.963 cm ระดับที่ 5 cm คือ 4.993 – 4.960 cm ระดับที่ 7 cm คือ 7.003 – 6.973 cm และระดับที่ 10 cm คือ 10.000 – 9.974 cm โดยเครื่องวัดระดับน้ำนี้มีค่าความผิดพลาดในการวัดเฉลี่ย 0.27 % ซึ่งมีความถูกต้องในเกณฑ์ที่ยอมรับมาใช้ในงานวัดระดับน้ำสำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กได้

## 6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 เพื่อหาความคงทนของเครื่องมือควรมีการทดสอบการใช้งานจริงในสนาม

6.2.2 การสอบเทียบเครื่องมือ (Calibration) เพื่อความถูกต้องในวัดระดับน้ำสำหรับเครื่องวัดระดับน้ำแบบแจ็งเตอนผ่านข้อความสั้นสำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ควรดำเนินการก่อนการนำไปใช้ในสนาม

6.2.3 เซนเซอร์อัลตราโซนิกต้องมีความแม่นยำในการตรวจวัดระดับน้ำให้ตรงตามข้อเท็จจริงกับระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก เนื่องจากอ่างเก็บน้ำจริงนั้นมีปัจจัยภายนอกค่อนข้างมาก ยากต่อการควบคุมเพื่อหาค่าแม่นยำของระบบ อาทิเช่น การเกิดคลื่นของน้ำที่เกิดจากกระแสน้ำ เป็นต้น เมื่อได้ค่าการวัดที่ถูกต้องก็สามารถนำไปติดตั้งในอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กได้

6.2.4 เพื่อความสะดวกในการพัฒนาฐานข้อมูลต่อไปสามารถพัฒนา Application ส่งข้อมูลขึ้นระบบ Cloud

## 7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุลสำหรับการเอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณบุคลากรสาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ช่วยเหลือในการพัฒนาเครื่องวัดระดับน้ำแบบแจ็งเตอนผ่านข้อความสั้นสำหรับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กด้วยเซนเซอร์อัลตราโซนิกจนสำเร็จ

## 8. เอกสารอ้างอิง

1. นนท์ ชูตินันท์, ศรีปริญญา ฐประจ่าง และพูลศักดิ์ โกสียะวัฒน์. (2562). การบริหารจัดการแหล่งน้ำถาวรโดยการขุดบ่อน้ำตื้น. *วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มจร*, 7(4), 1112-1125.

2. ประพิศ จันทร์มา. (2563). การขับเคลื่อนงานพัฒนาแหล่งน้ำและบริหารจัดการน้ำของกรมชลประทาน. *วารสารรัฐราษฎร์*, 62(1), 113-124.
3. ปวีณรัตน์ สิงสิน, รุจ ศิริสัญลักษณ์, บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล และแสงทิวา สุริยงค์. (2562). การปรับตัวของผู้ปลูกข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอำเภอตอยสะแกต จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารเกษตร*, 35(1), 125-136.
4. สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา. (2563). *แผนการจัดสรรน้ำและเพาะปลูกพืชฤดูฝนในเขตชลประทาน พ.ศ.2563*. สืบค้น 7 พฤศจิกายน 2563, จาก <http://water.rid.go.th/hwm/wmoc/planing/wet/management2563.pdf>
5. สิริพงษ์ กุลพงษ์. (2552). *การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืน โครงการอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอภูซาง จังหวัดพะเยา* (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
6. Scola, L. A, Takahashi, R. H. C., & Cerqueira, S. A. A. G. (2014). Multipurpose water reservoir management: an evolutionary multiobjective optimization approach. *Mathematical Problems in Engineering*, 14 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/638259>
7. Sally, H., Levite, H., & Cour, J. (2011). Local water management of small reservoirs: Lessons from two case studies in Burkina Faso. *Water Alternatives*, 4(3): 365-382.