

ระบบการเตือนภัยน้ำท่วมอัตโนมัติสำหรับชุมชนเมือง

Automatic Flood Warning System for Urban Area

สรินทรทิพย์ แทนธานี¹ และ อัครพันธ์ วงศ์กังแห²

¹ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 65000 Email: sarintipt@nu.ac.th

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 65000 Email: akaraphuntv@nu.ac.th

บทคัดย่อ : การพัฒนาระบบการเตือนภัยน้ำท่วมอัตโนมัติสำหรับชุมชน (Automatic Flood Warning System for Urban Area, AFWU) เป็นการพัฒนาระบบที่ได้หลักการของเครื่องมือที่มีลักษณะไม่ยุ่งยากและใช้งานได้ง่าย เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานสำหรับหน่วยงานท้องถิ่นในประเทศ การศึกษานี้เป็นการตอบสนองความต้องการของประเทศ ในการจัดการน้ำสำหรับชุมชนเมืองให้มีประสิทธิภาพ ด้วยการผสมผสานงานทั้งงานทางด้านวิศวกรรมโยธาและวิศวกรรมไฟฟ้า AFWU ประกอบด้วย เครื่องวัดระดับน้ำที่มีตัวรับรู้ตรวจวัดระดับอัตโนมัติ ระบบส่งข้อมูล และระบบการเตือนภัย ในการศึกษาได้เลือกพื้นที่ชุมชนในเขตเทศบาลนครพิษณุโลกเป็นพื้นที่ทดสอบ ขั้นตอนการศึกษาและพัฒนา AFWU ประกอบด้วย (1) ขั้นตอนการกำหนดเกณฑ์และคัดเลือกตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือ (2) ขั้นตอนการสร้างเครื่องวัดน้ำ (3) ขั้นตอนการพัฒนาการส่งข้อมูล ประมวลผลและเตือนภัยอัตโนมัติ และ (4) ขั้นตอนการทดสอบและประเมินผล เนื่องจาก AFWU ที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบที่ใช้งานได้ง่ายจึงเหมาะกับการใช้งานในหน่วยงานท้องถิ่น หลังจากได้ทำการตรวจสอบการทำงานและประเมินผลแล้ว ในขั้นตอนต่อไปควรจัดให้มีการเผยแพร่ โดยการฝึกอบรมให้แก่เจ้าหน้าที่ของหน่วยงานท้องถิ่นที่รับผิดชอบดูแลการจัดการน้ำชุมชนเพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย

Abstract : Automatic flood warning system for urban area (AFWU) was developed upon the concept of simple equipment and user friendly for officers of local organizations in Thailand. The study is to serve the demand of efficient urban water management by integration of the civil and electrical

engineering works. The system comprises of the water detector equipment with the sensor, the transmitting system and the warning system. In order to develop AFWU, the urban area of Phitsanulok municipality was selected to be the pilot area. The development process consisted of (1) criteria and site selection for equipment installation, (2) water detector construction, (3) data transmitting, data acquisition and warning system development, and (4) testing and evaluation process. In order to make AFWU, which is the simple and easily operated system widely used, the further task after the process of evaluation is to distribute the concept of AFWU to the officer who are responsible for the water management in the local organization.

Keywords : การจัดการน้ำสำหรับชุมชน ระบบเตือนภัยน้ำท่วม Flood warning system

1. บทนำ

ผลของการพัฒนาพื้นที่ให้กลายเป็นชุมชนเมือง ทำให้รูปแบบของการใช้พื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งการที่มนุษย์ได้ใช้ทรัพยากรธรรมชาติโดยเฉพาะป่าไม้ โดยไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อสภาพของลักษณะการแปรเปลี่ยนของรูปแบบทางอุทกวิทยา ทำให้ในปัจจุบันหลายชุมชนต้องประสบปัญหาน้ำท่วม ซึ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกปี โดยเฉพาะในพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ที่เศรษฐกิจก่อให้เกิดความสูญเสียจากการประสบปัญหาน้ำท่วมมากขึ้นตามลำดับ [1] ดังตัวอย่างเหตุการณ์น้ำท่วมชุมชนเมืองเชียงใหม่ในปี 2548 ซึ่งก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจเป็นมูลค่ามหาศาล แต่อย่างไรก็ตามปัญหาลักษณะนี้มิได้เกิดเฉพาะในประเทศไทย

เท่านั้น ในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วก็ประสบปัญหาเช่นเดียวกัน จึงได้มีการพัฒนาแนวคิดในการวางระบบเตือนภัยน้ำท่วมขึ้น เพื่อเป็นการเตือนล่วงหน้า ให้ประชาชนมีเวลาที่จะเตรียมรับสถานการณ์ได้ อันจะช่วยลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้ การพัฒนาระบบเตือนภัยรูปแบบต่างๆ ในต่างประเทศ ได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างมากในช่วงสองสามปีที่ผ่านมา ทั้งนี้ระบบดังกล่าวมักจะออกแบบให้มีความเหมาะสมกับสภาพของรูปแบบการเกิดอุทกภัยและต้นทุนอุปกรณ์ตลอดจนความเหมาะสมของระบบสื่อสารเตือนภัย ซึ่งโดยทั่วไปมักมีราคาค่อนข้างสูงสำหรับการใช้งานในชุมชนเมืองท้องถิ่น

การศึกษานี้ จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วมสำหรับชุมชนเมืองในท้องถิ่นที่มีราคาไม่สูง และสามารถติดตั้งใช้งานได้ง่าย อีกทั้งบุคลากรท้องถิ่นสามารถดูแลระบบได้อย่างไม่ยุ่งยาก โดยระบบที่จะพัฒนาขึ้นจะอาศัยหลักการเตือนภัยจากระดับน้ำวิกฤต ณ จุดตรวจวัดที่สำคัญในชุมชนเพื่อส่งข้อมูลเตือนภัยไปยังไปยังเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบหรือศูนย์เตือนภัยต่อไป

2. การเตือนภัยน้ำท่วม

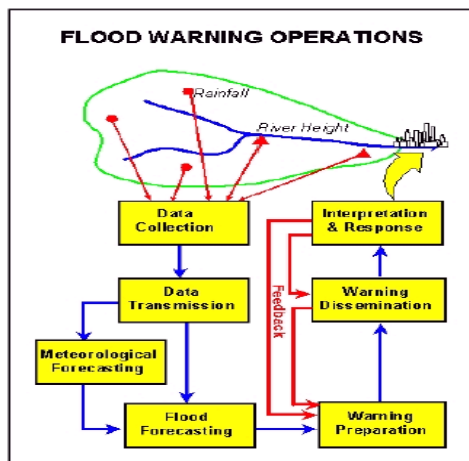
ในการจัดการภัยพิบัติทางธรรมชาติ ได้กำหนดการจัดการเป็นสามขั้นตอนคือ บรรเทาความรุนแรง (Mitigate) เตรียมรับสถานการณ์ (Preparation) และ ขจัดปัญหา (Relief) ในแต่ละขั้นตอนมีความต้องการในการจัดการ วิเคราะห์ วิจัยที่แตกต่างกัน สำหรับการเตือนภัยเป็นขั้นตอนที่อยู่ในระดับเตรียมรับสถานการณ์ จะเห็นว่าสำหรับภัยพิบัติด้านน้ำท่วมมีความต้องการข้อมูลสำรวจระยะไกล (Space Remote Sensing) ด้านอุทกภัยโดยเฉพาะข้อมูลฝนเป็นอย่างมาก [2] สำหรับระบบการเตือนภัยสำหรับน้ำท่วม โดยทั่วไปมักจะควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ด้านการทำนายฝนและน้ำท่า ร่วมกับการประเมินค่า น้ำท่าซึ่งเป็นการประเมินโดยอาศัยข้อมูลฝนร่วมกับข้อมูลสภาพพื้นที่ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำท่าโดยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model) [3] ปริมาณน้ำท่าเป็นพารามิเตอร์สำคัญที่ทำให้ระดับน้ำในลำน้ำสูงขึ้นอันส่งผลให้เกิดน้ำท่วม ซึ่งการวัดระดับน้ำในลำน้ำก็เป็นองค์ประกอบหลักในการพัฒนาระบบเตือนภัยน้ำท่วมได้

2.1 ระบบการเตือนภัยน้ำท่วม

ในการวางระบบการเตือนภัยน้ำท่วม จะต้องทำการกำหนดเงื่อนไขรูปแบบของน้ำท่วมที่เกิดขึ้นให้ชัดเจนก่อน จากนั้นจึงจะสามารถเลือกตำแหน่งตรวจวัด (Monitoring Components) ที่เหมาะสมได้ การกำหนดรูปแบบชนิดของน้ำท่วมในพื้นที่ โดยทั่วไปมักจะต้องประกอบไปพร้อมกับการพิจารณาพื้นที่ลุ่มน้ำ (Watershed) ในบริเวณที่ศึกษา ในการเตือนภัยมักจะใช้กับรูปแบบของอุทกภัยใน 2 ลักษณะคือ น้ำท่วมฉับพลัน (Flash flood) ซึ่งระดับน้ำจะสูงสุดในระยะเวลาอันสั้นกว่า 6 ชั่วโมง และน้ำท่วมที่เกิดจากระดับน้ำในแม่น้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Rapid Riverrine Flood) ที่ระดับน้ำจะขึ้นสูงสุดใน 6-48 ชั่วโมง ในการกำหนดพื้นที่ที่ได้รับความเสียหายจะต้องมีข้อมูลครอบคลุมในด้านต่างๆ ดังนี้คือ ความรุนแรงของน้ำท่วมที่เกิดในอดีต ความลึกของน้ำท่วม ความเร็วของน้ำ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเตือนภัยล่วงหน้า จำนวน ชนิดและความสูงของอาคาร ลักษณะการใช้ที่ดินว่าเป็นที่พื้กอาศัย พาณิชยกรรม หรือพื้นที่ว่างเปล่า ข้อมูลเหล่านี้จะช่วยให้เราสามารถกำหนดเกณฑ์การเตือนภัย และกำหนดพื้นที่ที่จะได้รับความเสียหายจากการเกิดน้ำท่วมได้อย่างถูกต้อง [4] สำหรับลักษณะน้ำท่วมในชุมชนเมืองมักเกิดในชุมชนเมืองที่มีการพัฒนาจากพื้นที่ริมฝั่งแม่น้ำซึ่งตามธรรมชาติแล้วพื้นที่ดังกล่าวมีลักษณะเป็นพื้นที่น้ำท่วม (Flood Plain) อยู่แล้ว แต่เนื่องจากในอดีตมีความจำเป็นต้องอาศัยลำน้ำธรรมชาติในการสัญจร และขนส่งสินค้าทำให้รูปแบบชุมชนมักเติบโตในพื้นที่ริมฝั่งแม่น้ำ อีกทั้งเมื่อการพัฒนาชุมชนมากขึ้น ลักษณะการใช้ที่ดินเปลี่ยนแปลง พื้นที่ผิวดินเปลี่ยนรูปแบบเป็นคอนกรีตมากขึ้นทำให้เพิ่มพื้นผิวที่ไม่สามารถให้น้ำซึมออกได้ (Impermeable surface) เพิ่มความเร็วในการระบายน้ำ อีกทั้งลดความสามารถในการชะลอหรือกักน้ำในผิวดินด้วย ผลกระทบเหล่านี้ทำให้เกิดน้ำท่วมในชุมชนบ่อยและทวีความรุนแรงขึ้น [5]

ระบบเตือนภัยสมบูรณ์แบบจะต้องประกอบด้วย (1) ระบบการวัดข้อมูล ซึ่งอาจเป็นข้อมูลในสนาม ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม หรือแม้แต่ภาพถ่ายดาวเทียม (2) ระบบการทำนายและประเมินน้ำท่าที่ทำให้เกิดน้ำท่วม ในส่วนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ถึงสภาพพื้นที่ลุ่มน้ำ ครอบคลุมถึงการทำนายน้ำฝนและน้ำท่า ที่อาจจะใช้วิธีวิเคราะห์ต่างกันขึ้นกับวิธีการและข้อมูล ตลอดจน

วิเคราะห์ระยะเวลาที่จะเกิดน้ำท่วม เพื่อกำหนดเกณฑ์ด้านเวลาที่ เหมาะสมในการเตือนภัย (3) ระบบการส่งข้อมูลเพื่อเตือนภัยใน ระบบนี้มีความหลากหลายแตกต่างกัน ตามวิธีการที่ผู้วางระบบ จะเลือกใช้ตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ ความพร้อมของ ระบบรองรับ เช่นระบบไฟฟ้า สื่อสาร เป็นต้น และ (4) ระบบ การเตือนภัยและการเตรียมรับ (Response) โดยรูปแบบการเตือน ภัยอาจอยู่ในรูปของการเตือนในระบบอินเทอร์เน็ต การเตือน ด้วยเสียง หรือโทรศัพท์ เป็นต้น ในกระบวนการเตือนภัยอาจ พัฒาร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ที่จะสามารถ วิเคราะห์หาพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบน้ำท่วมได้ด้วยรูปแบบการ เตือนภัยน้ำท่วมดังแสดงในรูปที่ 1 [6]



รูปที่ 1 ระบบการเตือนภัยน้ำท่วม

ที่มา : <http://www.bom.gov.au/hydro/flood>

การเลือกระบบในการส่งข้อมูลเพื่อเตือนภัยนั้นมัก คัดเลือกตามความเหมาะสมของสภาพความพร้อมของระบบ รองรับดังแสดงเป็นแนวทางในตารางที่ 1 [7]

ตารางที่ 1 แนวทางการเลือกระบบส่งข้อมูลที่เหมาะสม

System configurations.						
Land-line power and standard phone service	No land-line power, standard phone service	Land-line power, no standard phone service	No land-line power or standard phone service			
			Cellular telephone	RF	Wireless Ethernet	Satellite transceiver
Pressure transducer	Pressure transducer	Pressure transducer	Pressure transducer	Pressure transducer	Pressure transducer	Pressure transducer
Data acquisition device	Data acquisition device	Data acquisition device	Data acquisition device	Data acquisition device	Data acquisition device	Data acquisition device
Notification device	Notification device	Notification device	Notification device	Radio telemetry	Wireless Ethernet	Satellite transceiver
Data transfer modem	Data transfer modem	Data transfer modem	Data transfer modem			
Battery backup	Battery	Cellular telephone	Battery	Battery	Battery	Battery
	Charge controller	Battery backup	Charge controller	Charge controller	Charge controller	Charge controller
	Solar panel		Solar panel	Solar panel	Solar panel	Solar panel

ที่มา : ERDC/CRREL Technical Note 03-2, Apr 2003. U.S. Army

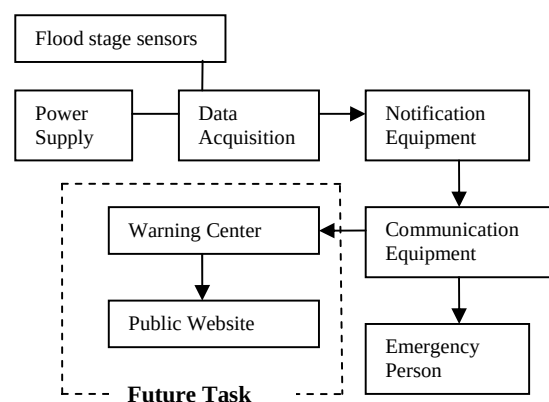
Engineer Research and Development Center

2.2 เครื่องมือวัดระดับน้ำ

เครื่องมือวัดระดับน้ำที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน มีอยู่หลาย ประเภท การเลือกที่จะติดตั้งเครื่องมือประเภทไหนขึ้นอยู่กับ ลักษณะของข้อมูลระดับน้ำที่ต้องการใช้ และความเหมาะสมของ พื้นที่ที่จะติดตั้ง เครื่องมือวัดระดับน้ำที่มีใช้ในปัจจุบันมี 2 ประเภท คือเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบธรรมดา และเครื่องมือวัด ระดับน้ำแบบบันทึกข้อมูลต่อเนื่อง สำหรับเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบ ธรรมดา มีทั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบตั้ง (Vertical Staff Gauge) และเครื่องมือวัดระดับน้ำแบบเอียง (Slope Gauge) ส่วนเครื่องมือ วัดระดับน้ำแบบบันทึกข้อมูลต่อเนื่องมีอยู่หลายชนิดเช่น เครื่องวัด ระดับน้ำแบบลูกลอย (Float Gauge) เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบ (Bubble Gauge) เครื่องมือวัดระดับน้ำอัตโนมัติแบบอาศัยความดัน (Pressure Gauge หรือ Pressure Transducers) เครื่องมือวัดระดับน้ำ อัตโนมัติแบบตรวจจับระดับน้ำ (Water Surface Detector)

3. ขั้นตอนการศึกษา

ในการพัฒนา AFWU ได้กำหนดกระบวนการทำงาน ของระบบไว้ดังรูปที่ 2 ในการศึกษาพัฒนานี้ได้วางกรอบการ ทำงานของระบบการเตือนภัยไว้อย่างกระชับ เป็นระบบที่ใช้การ ตรวจวัดระดับน้ำที่จุดวิกฤตตามเกณฑ์ที่ผู้ดูแลพื้นที่สามารถ กำหนดได้จากประสบการณ์หรือข้อมูลน้ำท่วมในอดีต โดยอาศัย ระดับน้ำวิกฤตเป็นข้อมูลเตือนภัยแก่เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบเท่านั้น ไม่ได้รวมถึงระบบการทำนาย และประเมินน้ำท่าซึ่งต้องอาศัย ข้อมูลสภาพของพื้นที่ ข้อมูลอุตุฯ ทลอดจนแบบจำลองทาง ชลศาสตร์ที่ซับซ้อนที่เจ้าหน้าที่ของท้องถิ่นอาจไม่สามารถ ดำเนินการได้



รูปที่ 2 กระบวนการทำงานของ AFWU

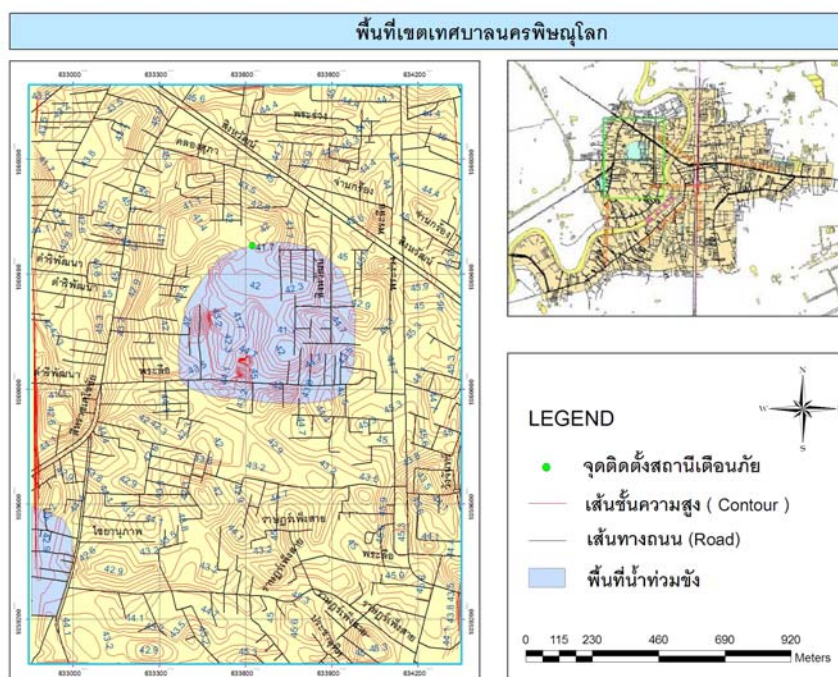
เมื่อทำการพิจารณาคัดเลือกระบบส่งข้อมูลที่เหมาะสมในการศึกษาได้เลือกระบบส่งข้อมูลผ่านโทรศัพท์มือถือ เนื่องจากเป็นช่องทางสื่อสารที่สะดวก และส่งข้อมูลการเตือนภัย ผู้รับผิดชอบได้โดยตรง ในการศึกษาพัฒนานี้ได้กำหนด ขั้นตอนการศึกษาพัฒนาไว้ 4 ขั้นตอน คือ **ขั้นตอนที่ 1** การกำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกตำแหน่งที่จะติดตั้งจุดวัดเพื่อเตือนภัย รายละเอียดในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย การวิเคราะห์พื้นที่ในเขตเทศบาลนครพิษณุโลกจากฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ตลอดจนประสานกับวิศวกรของเทศบาลฯ เพื่อประเมินพื้นที่ที่ประสบปัญหาน้ำท่วม ทำการคัดเลือกพื้นที่ทดสอบ และสำรวจภาคสนามเพื่อหาระดับของพื้นที่ทดสอบเพื่อกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมที่จะติดตั้งเครื่องมือเตือนภัย **ขั้นตอนที่ 2** การสร้างเครื่องวัดระดับน้ำต้นแบบสำหรับทดสอบ เป็นขั้นตอนสร้างเครื่องมือเตือนภัยน้ำท่วมที่อาศัยหลักการไม่ซับซ้อน เป็นการปรับเครื่องมือมาตรฐานในการวัดระดับน้ำให้มีระบบตรวจจับระดับน้ำ (Water Surface Detection) อัตโนมัติตามตำแหน่งระดับน้ำที่วิกฤตที่สามารถกำหนดได้โดยใช้ตัวรับรู้ (Sensor) ตลอดจนอาศัยระบบส่งจ่ายไฟฟ้าแบบอิสระ คือระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เพื่อให้สามารถติดตั้งได้ในทุกที่โดยไม่มี ความยุ่งยากในการเดินสายไฟ **ขั้นตอนที่ 3** การพัฒนาระบบส่งข้อมูลและการเตือนภัย ในขั้นตอนนี้จะทำการพัฒนาวงจร

อิเล็กทรอนิกส์ ที่จะทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และ โปรแกรมประมวลผล โดยชุดโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งต่ออยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านระบบสื่อสารมาตรฐาน RS232 จะทำหน้าที่สื่อสารกับโทรศัพท์ ส่งข้อความสั้น (Short Message Service, SMS) ไปยังผู้เฝ้าดูระดับน้ำ หรือไปยังศูนย์เก็บข้อมูลเมื่อต้องการใช้งานเตือนน้ำท่วมแบบระบบแจ้งเตือนแบบรวมศูนย์ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการเตือนภัยแก่สาธารณชน ในรูปของเว็บไซต์ (Website) ต่อไป และ **ขั้นตอนที่ 4** การทดสอบและประเมินผล ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการทดสอบการทำงานของเครื่องมือ ว่าตรงตามวัตถุประสงค์การใช้งานหรือไม่ โดยในการทำงานระยะต่อไปจะเป็นการพัฒนาศูนย์เตือนภัยที่สามารถเผยแพร่ข้อมูลการเตือนภัยต่อสาธารณชนได้

4. ผลการศึกษาพัฒนา AFWU

4.1 ตำแหน่งที่จะติดตั้งจุดวัดเพื่อเตือนภัย

เมื่อทำการวิเคราะห์พื้นที่วิกฤตน้ำท่วมขังวิกฤตของเทศบาลนครพิษณุโลก ตลอดจนสำรวจระดับพื้นที่ภาคสนาม ทำให้สามารถเลือกจุดติดตั้งเครื่องมือเตือนภัยอัตโนมัติได้ดังรูปที่ 3



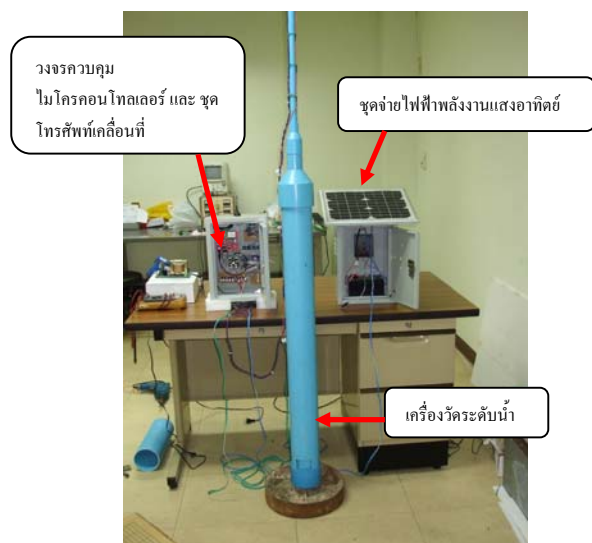
รูปที่ 3 ตำแหน่งทดสอบที่จะติดตั้งจุดวัดเพื่อเตือนภัย

เมื่อทำการสร้างเครื่องวัดระดับน้ำ และพัฒนาระบบการส่งข้อมูลเตือนภัยน้ำท่วมแล้วจึงเครื่องมือที่พัฒนาแสดงในรูปแบบที่ 7 จึงทำการทดสอบเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานก่อนที่จะนำไปติดตั้ง ณ จุดทดสอบภาคสนามตามตำแหน่งที่คัดเลือกไว้ ซึ่งพบว่าการทำงานของเครื่องมือทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ แต่เนื่องจากในช่วงฤดูฝนที่ผ่านมา ยังไม่มีเหตุการณ์วิกฤตจึงทำให้ไม่สามารถ

ตรวจสอบการทำงานจริงในภาคสนามได้ จึงต้องรอทดสอบในช่วงฤดูน้ำหลากต่อไป

5. สรุป

การพัฒนาระบบการเตือนภัยน้ำท่วมอัตโนมัติ สำหรับชุมชน (Automatic Flood Warning System for Urban Area, AFWU) เป็นการพัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้งานด้านการจัดการน้ำชุมชน โดยมุ่งเน้นที่ส่งเสริมการใช้อุปกรณ์ความรู้ด้านวิศวกรรมแก่องค์กรส่วนท้องถิ่นให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ หลักการของเครื่องมือที่มีพัฒนาขึ้นมีลักษณะไม่ยุ่งยากและใช้งานได้ง่ายเพื่อให้บุคลากรของหน่วยงานท้องถิ่นในประเทศสามารถนำไปใช้งานและพัฒนาต่อได้ด้วยตนเอง และหากได้ทำการตรวจสอบการทำงานและประเมินผลแล้ว แนวทางการดำเนินการขั้นต่อไปเพื่อเผยแพร่หลักการ และวิธีการพัฒนาระบบการเตือนภัยน้ำท่วมอัตโนมัติสำหรับชุมชน ควรจัดให้มีการอบรมให้ความรู้แก่เจ้าหน้าที่หรือวิศวกรที่รับผิดชอบด้านการจัดการน้ำชุมชนต่อไป



รูปที่ 7 ระบบการเตือนภัยน้ำท่วมอัตโนมัติสำหรับชุมชน (Automatic flood warning system for urban area, AFWU)

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการศึกษานี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนเพื่อการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2550 จาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Baumann D. D., I.L.Boland, and W.M. Haemann. URBAN WATER DEMAND MANAGEMENT AND PLANNING, Mc Graw-Hill, Inc, 1998.
- [2] UNISPACE III, DISASTER PREDICTION, WARNING AND MITIGATION (Background paper 2), The Third United Nations Conference on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space, 1999.
- [3] Walesh S.G., Urban Surface Water Management, John Wiley & Sons Inc., 1989.
- [4] Flood Control District of Maricopa County, GUIDELINES FOR DEVELOPING A COMPREHENSIVE FLOOD WARNING PROGRAM, 1997.
- [5] USGS, Fact sheet FS-076-03, 2003.
- [6] Roure D. D., FLOODNET A NEW FLOOD WARNING SYSTEM, School of Electronics and Computer Science University of Southampton, UK, 2004.
- [7] William C, and White K, Ice Engineering, Cold Regions Research And Engineering Laboratory (CRREL), U.S. Army Engineer Research and Development Center (ERDC), 2003