การพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาคด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ

น.ส.วราภรณ์ เพชรปฐมชล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอักษรศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ ภาควิชาภูมิศาสตร์
คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Development of A Data Retrieval System for Non-revenue Water Management of the Provincial Waterworks Authority Using Web-based GIS

Miss Waraporn Phetpathomchon

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Arts in Geography and Geoinformatics
Department of Geography
Faculty of Arts
Chulalongkorn University
Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาคด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ
โดย	น.ส.วราภรณ์ เพชรปฐมชล
สาขาวิชา	ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี ชีวินศิริวัฒน์

คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอักษรศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะอักษรศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.กิ่งกาญจน์ เทพกาญจนา)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.เอกกมล วรรณเมธี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี ชีวินศิริวัฒน์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์พันโท ดร.สรวิศ สุภเวชย์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วราภรณ์ เพชรปฐมชล : การพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาคด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ. (Development of A Data Retrieval System for Non-revenue Water Management of the Provincial Waterworks Authority Using Web-based GIS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.พรรณี ชีวินศิริวัฒน์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสืบค้นสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่แสดงผลบนเว็บเพื่อสนับสนุนการวางแผนและจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาค โดยเลือกใช้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของการประปาส่วนภูมิภาคสาขามวกเหล็ก และซอฟต์แวร์รหัสเปิดในการพัฒนาระบบซึ่งสามารถทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ระบบสืบค้นฯ ประกอบด้วยสถาปัตยกรรม 3 ส่วน ได้แก่ ส่วน client ส่วน web server และส่วน database server ผู้ใช้งานสามารถโต้ตอบกับระบบด้วยการคลิกเลือกเครื่องมือที่ต้องการ ประกอบด้วยเครื่องมือจัดการแผนที่ เครื่องมือระบุข้อมูล (identify) เครื่องมือสอบถามข้อมูล (ad-hoc query) เครื่องมือสืบค้นข้อมูลตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ก่อนหน้า (pre-defined query) ได้แก่ ข้อมูลแนวท่อ ข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ ข้อมูลจุดซ่อมท่อ ข้อมูลการใช้น้ำภายในขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย และข้อมูลน้ำสูญเสีย ซึ่งสามารถส่งออกผลลัพธ์ในรูปแบบตารางได้

ผลการศึกษาพบว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บที่พัฒนาขึ้นนี้ ผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาคได้เป็นอย่างดี บุคลากรในหน่วยงานสามารถเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้โดยง่าย โดยที่ผู้ใช้งานไม่ต้องมีความเชี่ยวชาญทางด้านคอมพิวเตอร์หรือระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นพื้นฐาน ทำให้ช่วยลดระยะเวลาในการดำเนินงาน และมีความสะดวกมากขึ้นในการดำเนินงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6080307522 : MAJOR GEOGRAPHY AND GEOINFORMATICS

KEYWORD: Web-based GIS, non-revenue water management, open source software

Waraporn Phetpathomchon : Development of A Data Retrieval System for Non-revenue Water Management of the Provincial Waterworks Authority Using Web-based GIS. Advisor: Assoc. Prof. PANNEE CHEEWINSIRIWAT, Ph.D.

This research aims to develop a data retrieval system using Web-based GIS for non-revenue water management of the provincial waterworks authority by using geographic information of the Provincial Waterworks Authority (PWA), Muak Lek Branch and open source software for developing systems that works on web browsers over the internet. There are 3 system architectures: client, web server and database server. Users interact with the system by clicking on the tools provided including map management tool, identify tool, query tool, data retrieval tool include pipe meter leakpoint water usage data within district metering area: DMA and non-revenue water data can be exported in a table format.

The result of Web-based GIS showed that users can utilize the information to support their decision for non-revenue water management of the provincial waterworks. In addition, PWA Staff can easily access geographic information without having basic computer skills, which helps reducing operating time and increasing convenience.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Geography and Geoinformatics	Student's Signature .....
Academic Year:	2018	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงจากรองศาสตราจารย์ ดร. พรรณี ชีวินศิริวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยติดตาม ให้คำปรึกษา คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาตลอดจนช่วยตรวจสอบและปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.เอกกมล วรรณเมธี และอาจารย์ ดร.สรวิศ สุภเวชย์ ที่สละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนช่วยตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะในการปรับแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาภูมิศาสตร์ ที่ให้ความรู้และคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ตลอดหลักสูตรการศึกษา รวมถึงคุณวัลลี ภูมิพงศ์ไทย เจ้าหน้าที่ภาควิชาที่ได้ช่วยเหลือติดต่อประสานงาน เอกสารต่างๆ เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการกองระบบจำหน่าย หัวหน้างาน พนักงานงานน้ำสูญเสีย กองระบบจำหน่าย การประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลในการวิจัย ให้ความร่วมมืออย่างดีในทุกๆ ด้าน ขอขอบพระคุณพนักงานงานแผนที่แนวท่อทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะ และส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างเต็มที่

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัว บิดามารดา พี่สาว น้องชาย เพื่อนๆ ที่คอยให้ความสนับสนุนและช่วยเหลือมาโดยตลอด ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศที่คอยให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อย

ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในกำลังใจและความช่วยเหลือจากทุกท่าน จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

วราภรณ์ เพชรปฐมชล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญรูปภาพ ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา 3

1.3.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา 3

1.3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย 3

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 5

1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย 5

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 7

2.1 น้ำสูญเสีย (non-revenue water) 7

2.2 พื้นที่ระบบจ่ายน้ำย่อย (district metering area: DMA) 10

2.3 การสนับสนุนจัดการน้ำสูญเสียด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 12

2.4 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ (Web-based GIS) 13

2.5 มาตรฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศโดยองค์กรความร่วมมือข้อมูลภูมิศาสตร์ระบบเปิด 15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6 ซอฟต์แวร์รหัสเปิด (open source software) 18
2.7 ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ 25
บทที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ 28
3.1 การศึกษาและรวบรวมความต้องการของผู้ใช้งาน (user requirements) 29
3.2 การวิเคราะห์ระบบ (system analysis) 32
3.3 การออกแบบระบบ (system design) 36
บทที่ 4 การพัฒนาและทดสอบระบบ 48
4.1 การพัฒนาระบบ 48
4.2 การทดสอบระบบ 75
4.3 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน 92
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 94
5.1 สรุปผลการวิจัย 94
5.2 ข้อจำกัดของระบบ 97
5.3 ข้อเสนอแนะ 97
บรรณานุกรม 98
ภาคผนวก 100
ภาคผนวก ก. พจนานุกรมข้อมูล (data dictionary) 101
ภาคผนวก ข. แบบประเมินผลความพึงพอใจ 109
ภาคผนวก ค. คู่มือการใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บสำหรับสืบค้นข้อมูล
การจัดการลดน้ำสูญเสียการประปาส่วนภูมิภาค 111
ประวัติผู้เขียน 125

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รายละเอียดชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของการประปาส่วนภูมิภาค.....36
ตารางที่ 2 รายละเอียดชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการลดน้ำสูญเสีย.....37
ตารางที่ 3 รายละเอียดการแสดงข้อมูลอรรถาธิบายของชั้นข้อมูลท่อประปา มาตรวัดน้ำ และจุดซ่อมท่อ.....42
ตารางที่ 4 รายละเอียดการจัดการแผนที่บนเว็บโดยการใช้เม้าส์.....55
ตารางที่ 5 รายละเอียดการจัดการแผนที่บนเว็บโดยการคลิกที่ไอคอน.....56
ตารางที่ 6 คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือสืบค้นข้อมูลแนวท่อ.....64
ตารางที่ 7 คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ.....66
ตารางที่ 8 คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ.....68
ตารางที่ 9 คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ.....70
ตารางที่ 10 คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย...73
ตารางที่ 11 รายละเอียดการทดสอบความถูกต้องการทำงานของฟังก์ชัน.....82
ตารางที่ 12 สรุปผลการเปรียบเทียบจำนวนข้อมูลที่ได้จากทดสอบความถูกต้องการทำงานของฟังก์ชัน.....88
ตารางที่ 13 สรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย.....89
ตารางที่ 14 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบกระบวนการทำงานแบบเดิมและกระบวนการทำงานแบบใหม่ 92
ตารางที่ 15 ผลการประเมินความพึงพอใจจากบุคลากรภายในการประปาส่วนภูมิภาคทั้งหมด 20 คน.....93

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แผนที่แนวท่อการประปาส่วนภูมิภาคสาขามวกเหล็ก 4

ภาพที่ 2 การใช้เครื่องมือหาจุดที่น้ำรั่วไหล (ศักดิ์ชัย หอมกระแจะ, ม.ป.ป.) 9

ภาพที่ 3 ตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ระบบจ่ายน้ำย่อย (district metering area: DMA) บริเวณพื้นที่การประปาส่วนภูมิภาคสาขารังสิต (ชั้นพิเศษ) 11

ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บกับส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง (Fu P. and Sun J, 2011) 13

ภาพที่ 5 รูปแบบสถาปัตยกรรมอย่างง่ายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ 14

ภาพที่ 6 รูปแบบสถาปัตยกรรมพื้นฐานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ ประกอบด้วย 3 ส่วน (Fu P. and Sun J, 2011) 15

ภาพที่ 7 รูปแบบสถาปัตยกรรมพื้นฐานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ ในลักษณะ mashup (Fu P. and Sun J, 2011) 15

ภาพที่ 8 ตัวอย่าง การร้องขอบริการในรูปแบบ Web Map Service (WMS) 16

ภาพที่ 9 ตัวอย่าง การร้องขอบริการในรูปแบบ Web Feature Service (WFS) 17

ภาพที่ 10 รูปแบบและฟังก์ชันที่สนับสนุนในซอฟต์แวร์ Geoserver (Andrea A. and Simone G, 2016) 20

ภาพที่ 11 ตัวอย่างการเก็บระบบพิกัดของวัตถุเชิงพื้นที่ในตารางคุณลักษณะ 23

ภาพที่ 12 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลในรูปแบบ WKT (Well Known Text) (Consulting Center Geographic Information Systems, 2008) 23

ภาพที่ 13 ขั้นตอนการดำเนินงานในการพัฒนาระบบ 28

ภาพที่ 14 กระบวนการทำงานในปัจจุบัน 30

ภาพที่ 15 กระบวนการทำงานแบบใหม่ 35

ภาพที่ 16 สถาปัตยกรรมของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย 38

ภาพที่ 17 ลักษณะโครงสร้างหน้าเว็บในการวิจัย 39

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 18 ฟังก์ชันหลักและฟังก์ชันย่อยของเว็บ....41
ภาพที่ 19 ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบ....47
ภาพที่ 20 ขั้นตอนการพัฒนาส่วนต่างๆ ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ....49
ภาพที่ 21 ส่วนต่างๆของหน้าเว็บที่พัฒนาขึ้น....50
ภาพที่ 22 คำอธิบายสัญลักษณ์แผนที่บนส่วน legend....51
ภาพที่ 23 การเรียกใช้งาน Bootstrap Front-end Framework....52
ภาพที่ 24 การเรียกใช้งาน Leaflet JavaScript library....52
ภาพที่ 25 การเรียกใช้งาน Datatables Jquery JavaScript....52
ภาพที่ 26 คำสั่งภาษา JavaScript ในการแสดงรายการชั้นข้อมูลแผนที่ส่วน Table of Content ..52
ภาพที่ 27 การใช้คำสั่ง Application Programming Interface ในการแสดง ข้อมูลแผนที่ฐานแต่ละรูปแบบ....53
ภาพที่ 28 การใช้คำสั่งแสดงผลข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในรูปแบบ WMS จากโปรแกรม Geoserver....54
ภาพที่ 29 (ก) คำสั่งภาษา JavaScript ในการเรียกข้อมูลอรรถาธิบายของชั้นข้อมูลท่อประปา (ข) ตัวอย่างหน้าต่างที่แสดงข้อมูลอรรถาธิบายเมื่อผู้ใช้งานคลิกที่ท่อประปา....57
ภาพที่ 30 (ก) คำสั่งภาษา JavaScript ในการเรียกข้อมูลอรรถาธิบายของชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำ (ข) ตัวอย่างหน้าต่างที่แสดงข้อมูลอรรถาธิบายเมื่อผู้ใช้งานคลิกที่มาตรวัดน้ำ....58
ภาพที่ 31 (ก) คำสั่งภาษา JavaScript ในการเรียกข้อมูลอรรถาธิบายของชั้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ (ข) ตัวอย่างหน้าต่างที่แสดงข้อมูลอรรถาธิบายเมื่อผู้ใช้งานคลิกที่จุดซ่อมท่อ....59
ภาพที่ 32 การใช้คำสั่งภาษา HTML สร้างหน้าเว็บสำหรับส่วนเครื่องมือการสอบถามข้อมูล....60
ภาพที่ 33 ตัวอย่างข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ถูกจัดเก็บภายในโปรแกรม PostgreSQL....62
ภาพที่ 34 คำสั่งภาษา PHP ในการแปลงข้อมูลจากรูปแบบ Database ให้เป็นรูปแบบ GeoJSON .62
ภาพที่ 35 ตัวอย่างการแสดงผลลัพธ์ตารางโดยอาศัย Datatables Jquery JavaScript....63
ภาพที่ 36 การใช้คำสั่งภาษา HTML สร้างฟังก์ชันเครื่องมือสืบค้นข้อมูลแนวท่อบนหน้าเว็บ....64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 37 การใช้คำสั่งภาษา HTML สร้างฟังก์ชันเครื่องมือสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติบนหน้าเว็บ 66

ภาพที่ 38 การใช้คำสั่งภาษา HTML สร้างฟังก์ชันเครื่องมือสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ 68

ภาพที่ 39 การใช้คำสั่งภาษา HTML สร้างฟังก์ชันเครื่องมือสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ 69

ภาพที่ 40 การสร้างฟอร์มด้วยคำสั่งภาษา HTML เพื่อส่งค่าไปยังระบบของฟังก์ชันข้อมูลน้ำสูญเสีย 72

ภาพที่ 41 คำสั่งภาษา PHP ในการควบคุมการทำงานการรับข้อมูลของฟังก์ชันข้อมูลน้ำสูญเสีย 73

ภาพที่ 42 การทำงานของฟังก์ชันสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย 74

ภาพที่ 43 (ก) การทดสอบการแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ Google Chrome (ข) การทดสอบการแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ Internet Explorer (ค) การทดสอบการแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ Mozilla Firefox (ง) การทดสอบการแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ Microsoft Edge 76

ภาพที่ 44 แสดงการทดสอบการแสดงผลชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแผนที่ฐาน รูปแบบแผนที่ถนน OpenStreetMAP แบบสี 77

ภาพที่ 45 แสดงการทดสอบการแสดงผลชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแผนที่ฐานรูปแบบแผนที่ถนน OpenStreetMAP แบบขาวดำ 78

ภาพที่ 46 แสดงการทดสอบการแสดงผลชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแผนที่ฐาน รูปแบบแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียมไทยโชติ 79

ภาพที่ 47 การทดสอบการควบคุมการทำงานของแผนที่โดยใช้เม้าส์ 80

ภาพที่ 48 การทดสอบการควบคุมการทำงานของแผนที่เมื่อคลิกที่ไอคอน 81

ภาพที่ 49 การทดสอบฟังก์ชันการสอบถามข้อมูล (ก) ผลลัพธ์การค้นหาข้อมูลจากหน้าเว็บ (ข) ผลลัพธ์การค้นหาข้อมูลจากโปรแกรมแมพอินโฟ 83

ภาพที่ 50 ตัวอย่างการทดสอบฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลแนวท่อ (ก) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากหน้าเว็บ (ข) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมแมพอินโฟ 84

ภาพที่ 51 ตัวอย่างการทดสอบฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ (ก) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากหน้าเว็บ (ข) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมแมพอินโฟ 85

ภาพที่ 52 ตัวอย่างการทดสอบฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ (ก) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากหน้าเว็บ (ข) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมแมพอินโฟ 86

ภาพที่ 53 ตัวอย่างการทดสอบฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ (ก) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากหน้าเว็บ (ข) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมแมพอินโฟ 87

ภาพที่ 54 แสดงผลลัพธ์บนหน้าเว็บเมื่อใช้ฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย โดยกำหนดให้ขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย คือ DMA-02-หน้าปั๊มแก๊ส TPI NGV และปริมาณน้ำเข้าพื้นที่ เท่ากับ 30,000 ลบ.ม./เดือน 89

ภาพที่ 55 แสดงผลลัพธ์บนโปรแกรมแมพอินโฟเมื่อกำหนดให้ขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย คือ DMA-02-หน้าปั๊มแก๊ส TPI NGV และปริมาณน้ำเข้าพื้นที่ เท่ากับ 30,000 ลบ.ม./เดือน (ก) ผลการคำนวณตัวเลขจำนวนผู้ใช้น้ำและปริมาณการใช้น้ำปัจจุบัน (ข) ผลการคำนวณตัวเลขปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย (ค) ผลการคำนวณตัวเลขความยาวท่อรวม 91

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในการดำเนินกิจการน้ำประปานั้น น้ำสูญเสีย (non-revenue water) หมายถึง น้ำที่รั่วไหลจากท่อประปาในขณะจ่ายน้ำ ดังนั้น น้ำสูญเสียจึงเป็นน้ำที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้ การสูญเสียดังกล่าวเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้เสียทรัพยากรน้ำไปโดยไม่จำเป็นและยังทำให้การประปาส่วนภูมิภาคสูญเสียรายได้มูลค่ารวมสูงกว่า 8,600 ล้านบาทต่อปี (งานน้ำสูญเสีย การประปาส่วนภูมิภาคเขต 9, 2560) ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา การประปาส่วนภูมิภาคจึงให้ความสำคัญและมีความพยายามในการบริหารจัดการเพื่อลดน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีการกำหนดมาตรการและหาวิธีการเพื่อควบคุมให้มีน้ำสูญเสียในจำนวนน้อยที่สุด เช่น การแบ่งพื้นที่จ่ายน้ำย่อย เพื่อให้สามารถดูแล ตรวจสอบ และเข้าถึงจุดรั่วได้เร็วขึ้น การซ่อมท่อแตกท่อรั่ว เป็นต้น มีการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information system: GIS) ในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจบริหารจัดการลดน้ำสูญเสีย เนื่องจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) และข้อมูลอรรถาธิบาย (attribute data) ทำให้เห็นความสัมพันธ์ด้านพื้นที่ของข้อมูลได้เป็นอย่างดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของการประปาส่วนภูมิภาคจัดเก็บข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จำนวน 16 ชั้นข้อมูล ประกอบด้วย ชั้นข้อมูลแผนที่ฐาน 9 ชั้นข้อมูล ได้แก่ เส้นชั้นความสูง ถนน ขอบถนน ทางรถไฟ ขอบทางรถไฟ เส้นทางน้ำ แหล่งน้ำ เขตการปกครอง แนวรั้ว และชั้นข้อมูลเฉพาะของการประปาส่วนภูมิภาคจำนวน 7 ชั้นข้อมูล ได้แก่ ท อประปา ประตูน้ำ หัวดับเพลิง อาคารสิ่งก่อสร้าง มาตรวัดน้ำ การซ่อมท่อรั่ว และที่ตั้งสำนักงานประปา ข้อมูลเหล่านี้ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการใน 234 สาขาทั่วประเทศ ช่วงเวลาที่ผ่านมาการประปาส่วนภูมิภาคได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ในส่วนงานต่างๆ ได้แก่ การวางแผนขยายเขตท่อจ่ายน้ำ การออกแบบเส้นทางอ่านมาตรวัดน้ำเพื่อเก็บเงินค่าน้ำ การตรวจสอบแนวท่อจ่ายน้ำเมื่อมีผู้ใช้น้ำมาขอติดตั้งมาตรวัดน้ำ สำหรับในด้านการบริหารจัดการลดน้ำสูญเสีย ได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อแสดงชั้นข้อมูลต่างๆ ประกอบการพิจารณาและเรียงลำดับความจำเป็นในการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ

คำนวณสถิติการซ่อมท่อแต่ละเส้น สืบค้นข้อมูลอายุเส้นท่อ รวมถึงมาตรวัดน้ำที่มีปริมาณการใช้น้ำผิดปกติในแต่ละเดือน เป็นต้น (การประปาส่วนภูมิภาค, ม.ป.ป.)

อย่างไรก็ตาม การนำข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้งานในเวลาที่ผ่านมานั้น ยังไม่สามารถทำได้เต็มประสิทธิภาพมากเท่าที่ควร เนื่องจากซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นซอฟต์แวร์เฉพาะด้าน มีเครื่องมือหรือฟังก์ชันการใช้งานหลากหลาย ผู้ใช้งานต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม เพื่อให้ผลลัพธ์ของข้อมูลมีความถูกต้อง และแม่นยำ ประกอบกับกระบวนการการสืบค้นข้อมูลมีความซับซ้อนหลายขั้นตอน จึงต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานมาก จากข้อจำกัดต่างๆ ทำให้การดำเนินงานต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดการข้อมูล นับเป็นอุปสรรคสำคัญสำหรับผู้ต้องการข้อมูล และหากผู้ต้องการข้อมูล ไม่สามารถใช้งานซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ จะต้องร้องขอข้อมูลข้ามส่วนงานมายังแผนกงานผู้ดูแลข้อมูล ทำให้กระบวนการทำงานต้องเพิ่มระยะเวลามากขึ้นอีก ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้มีผลกระทบกับบุคลากรในหน่วยงานทั้งในแผนกงานน้ำสูญเสีย ซึ่งเป็นผู้ต้องการข้อมูล และบุคลากรแผนกงานแผนที่แนวท่อ ซึ่งเป็นผู้ดูแลข้อมูล และยังส่งผลให้การนำข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีอยู่ไปใช้ประโยชน์กับหน่วยงานได้ไม่มากเท่าที่ควร

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ (Web-based GIS) สามารถนำมาใช้ในการสืบค้นปริมาณน้ำสูญเสีย และตำแหน่งที่คาดว่าจะเกิดน้ำสูญเสีย สำหรับนำไปใช้สนับสนุนการบริหารจัดการลดน้ำสูญเสียต่อไป โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ถือว่ามีความสำคัญ เพราะระบบบนเว็บมีความสะดวกต่อการใช้งาน ลดเวลาในการดำเนินงาน และสามารถช่วยสนับสนุนการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้โดยง่าย ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์และการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต เป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการของหน่วยงาน และบุคลากรที่มีหน้าที่รับผิดชอบทั้งทางตรงและทางอ้อม สามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลสารสนเทศที่มีอยู่ได้เป็นอย่างดี งานวิจัยนี้เลือกใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิดในการพัฒนาระบบ ซึ่งมีตัวเลือกที่ค่อนข้างหลากหลาย และมีประสิทธิภาพสูงเทียบเท่ากับซอฟต์แวร์ที่ต้องจ่ายค่าสิทธิ์การใช้ สามารถช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพได้เช่นกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา

พัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บสำหรับสนับสนุนการจัดการลดน้ำสูญเสีย สำหรับใช้งานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

1.3.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลพื้นที่จ่ายน้ำประปาในความดูแลของการประปาส่วนภูมิภาคสาขามวกเหล็ก ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 4 อำเภอ ดังนี้ อำเภอเมืองสระบุรี อำเภอแก่งคอย อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี และอำเภอกลางดง จังหวัดนครราชสีมา ข้อมูลสิ้นเดือนกันยายน 2561 มีจำนวนผู้ใช้น้ำ 14,161 ราย ความยาวท่อรวม 502,660 เมตร ปริมาณน้ำผลิต 665,839 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ปริมาณน้ำผลิตจ่าย 651,882 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ปริมาณน้ำจำหน่าย 433,282 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน มีขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย จำนวน 8 ขอบเขต ได้แก่ MM01 สถานีผลิตน้ำกปภ.ข.2 300 มม. MM02 สถานีผลิตน้ำกปภ.ข.2 200 มม. MM03 สถานีผลิตน้ำทับกวาง 150 มม. MM04 สถานีผลิตน้ำทับกวาง 200 มม. MM05สถานีผลิตน้ำมวกเหล็ก MM06 สถานีผลิตน้ำกลางดง DMA01 สถานีจ่ายน้ำถนนโค้ง และDMA02 หน้าปั๊มทีพีไอแก๊สเอ็นจีวี ดังภาพที่ 1

1.3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

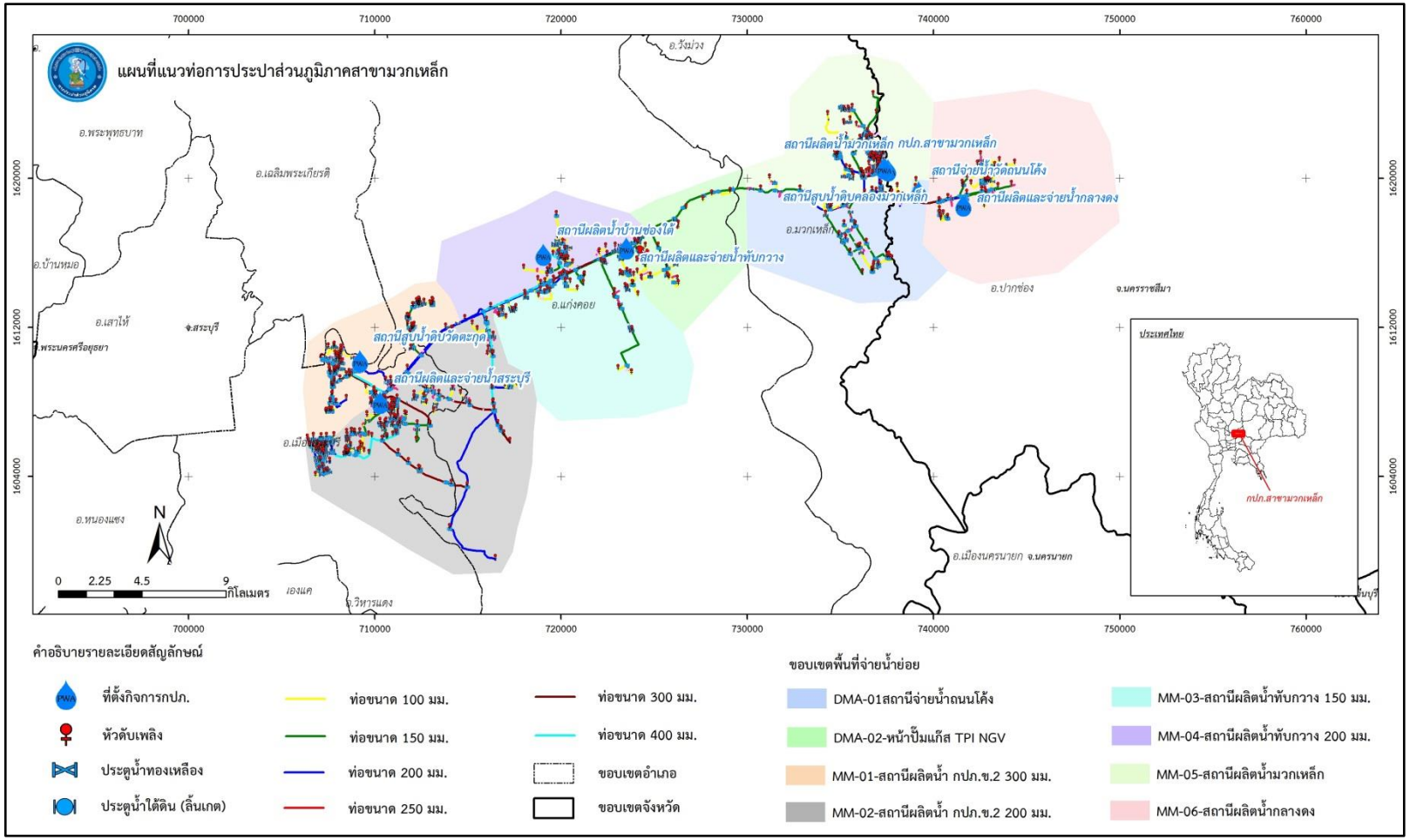
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาและพัฒนาระบบในครั้งนี้ ประกอบด้วย

1.3.3.1 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของการประปาส่วนภูมิภาค ได้แก่ ชั้นข้อมูลท่อ ชั้นข้อมูลประตูน้ำ ชั้นข้อมูลหัวดับเพลิง ชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำ ชั้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ และชั้นข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสำนักงานประปา

1.3.3.2 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการลดน้ำสูญเสีย ได้แก่ ชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย และชั้นข้อมูลตำแหน่งตู้ขอบเขตจ่ายน้ำย่อย

1.3.3.3 ข้อมูลการเรียกเก็บเงิน (billing)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 1 แผนที่แนวท่อการประปาส่วนภูมิภาคสาขามวกเหล็ก

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1.4.1 โปรแกรม GeoServer ทำหน้าที่ในการบริการแผนที่ตามมาตรฐานขององค์กรความร่วมมือข้อมูลภูมิศาสตร์ระบบเปิด (Open Geospatial Consortium: OGC) ทั้งในรูปแบบ Web Map Service (WMS) Web Feature Service (WFS) และ Style Layer Descriptor (SLD) เป็นต้น

1.4.2 โปรแกรม Brackets สำหรับสร้าง และแก้ไข source code

1.4.3 โปรแกรม PostgreSQL/PostGIS สำหรับการจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุสัมพันธ์ (object-relational) แบบ ORDBMS โดยใช้รูปแบบคำสั่งของภาษา SQL

1.4.4 โปรแกรม Quantum GIS สำหรับจัดการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์

1.4.5 โปรแกรม Apache สำหรับจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์

1.4.6 ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ ได้แก่

1.4.6.1 ภาษา HTML และ CSS สำหรับกำหนดการแสดงผลส่วน front-end ของเว็บ

1.4.6.2 ภาษา JavaScript ด้วย Leaflet library สำหรับสร้างและพัฒนาส่วนติดต่อกับผู้ใช้

1.4.6.3 ภาษา PHP สำหรับส่วนติดต่อกับฐานข้อมูล เพื่อนำไปแสดงผลบนหน้าเว็บ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ศึกษา รวบรวมข้อมูล จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 ศึกษาและรวบรวมความต้องการจากบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการลดน้ำสูญเสีย (user requirements)

1.5.3 การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ (system analysis)

1.5.4 การออกแบบระบบ (system design)

1.5.5 การพัฒนาระบบ (system development)

1.5.6 การทดสอบระบบ (system test)

1.5.7 การประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

1.5.8 สรุปผลการวิจัย และจัดทำรายงานเรียบเรียงวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำข้อมูลไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาคและบุคลากรในหน่วยงานสามารถเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้โดยง่าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

ในการพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาค ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ดังจะกล่าวต่อไปในบทนี้ โดยเริ่มจากความรู้เกี่ยวกับน้ำสูญเสีย พื้นที่ระบบจ่ายน้ำย่อยของการประปาส่วนภูมิภาค การสนับสนุนจัดการน้ำสูญเสียด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จากนั้น เป็นเรื่องเกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ มาตรฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศโดยองค์กรความร่วมมือข้อมูลภูมิศาสตร์ระบบเปิด ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

2.1 น้ำสูญเสีย (non-revenue water)

2.1.1 ความหมายและคำนิยาม

น้ำสูญเสีย คือ น้ำที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้ สามารถคำนวณได้โดยนำปริมาณน้ำสูบจ่ายหักด้วยปริมาณน้ำที่ออกบิลและน้ำใช้ในกิจกรรมต่างๆ เช่น น้ำใช้เพื่อสาธารณะประโยชน์ ซึ่งสามารถวัดหรือคำนวณได้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ปริมาณน้ำสูญเสียที่ถูกต้องตามกฎหมาย ประกอบด้วย น้ำที่ใช้ดับเพลิงและบริการสาธารณะ น้ำรั่วในระบบท่อจ่ายน้ำ การอ่านและจดบันทึกมาตรวัดน้ำผิด น้ำล้นจากถังเก็บน้ำ และปริมาณน้ำสูญเสียที่ไม่ถูกต้องตามกฎหมาย ประกอบด้วย การขโมยใช้น้ำ การประสานท่อโดยไม่ผ่านมาตรวัดน้ำ ท่อแตกจากการกระทำของบุคคลภายนอกและไม่มีการแจ้ง ซึ่งน้ำสูญเสียส่วนใหญ่เป็นน้ำสูญเสียที่ถูกต้องตามกฎหมาย มีผลต่อการจ่ายน้ำโดยตรง การควบคุมน้ำสูญเสีย เป็นกิจกรรมที่ต้องทำอย่างต่อเนื่อง เพื่อควบคุมให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (การประปาส่วนภูมิภาค, 2552)

2.1.2 การวัดปริมาณน้ำสูญเสีย

การวัดปริมาณน้ำสูญเสียสามารถทำได้โดยการหาอัตราการใช้น้ำต่ำสุดในเวลากลางคืน (minimum night flow: MNF) ซึ่งเป็นช่วงที่ผู้ใช้น้ำมีการใช้น้ำน้อยที่สุด หรือไม่ได้ใช้น้ำเลย สามารถดำเนินการได้ 3 วิธี (งานน้ำสูญเสีย การประปาส่วนภูมิภาคเขต 2, ม.ป.ป.) คือ

1) วิธีวัดโดยตรง (direct measuring method) เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีผู้ใช้น้ำรายใหญ่มาก มีผู้ใช้น้ำรายย่อยน้อย และตำแหน่งติดตั้งมาตรวัดน้ำของผู้ใช้น้ำสามารถเปิดปิดได้ง่าย โดยจะดำเนินการในช่วงเวลาที่มีอัตราการใช้น้ำต่ำสุด หากพื้นที่จ่ายน้ำไม่กว้างขวางมากจะสามารถปฏิบัติงานได้ทันที แต่ถ้าหากพื้นที่จ่ายน้ำมีบริเวณกว้างจำเป็นจะต้องแบ่งพื้นที่จ่ายน้ำออกเป็นพื้นที่ย่อย แล้วทำการปิดประตูน้ำควบคุมแต่ละพื้นที่ (boundary valve) จากนั้นดำเนินการปิดประตูน้ำบริเวณหน้ามาตรวัดน้ำของผู้ใช้น้ำในพื้นที่ที่จะดำเนินการทุกราย แล้ววัดปริมาณน้ำที่เข้าพื้นที่ด้วยมาตรวัดน้ำ (waste metering) ปริมาณน้ำที่วัดได้ คือ จำนวนน้ำที่รั่วไหล หรือน้ำสูญเสียในพื้นที่การดำเนินการ วิธีนี้มีข้อดีคือ ค่าน้ำสูญเสียที่ได้มีความถูกต้องและแม่นยำ แต่มีข้อเสีย คือ กระทบกระเทือนต่อผู้ใช้น้ำ ใช้พนักงานปฏิบัติงานเป็นจำนวนมาก และต้องใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานนาน

2) วิธีวัดโดยอ้อม (indirect measuring method) วิธีการนี้มีสมมติฐานว่าในเวลากลางคืนผู้ใช้น้ำจะใช้น้ำน้อยที่สุดหรือไม่ได้ใช้น้ำเลย ดังนั้น หากใช้ประตูน้ำควบคุมพื้นที่ (boundary valve) วัดปริมาณน้ำที่เข้าพื้นที่ในเวลากลางคืน (minimum night flow) โดยไม่ต้องปิดประตูน้ำหน้ามาตรวัดน้ำ ค่าปริมาณน้ำที่วัดได้จึงเป็นปริมาณน้ำสูญเสียในพื้นที่นั้น ความถูกต้องของวิธีนี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ใช้น้ำและ ลักษณะการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำเวลากลางคืนในพื้นที่นั้น มีข้อดีคือ ใช้พนักงานในการปฏิบัติงานน้อยและใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานไม่มาก แต่มีข้อเสีย คือ ค่าน้ำสูญเสียที่ได้ไม่แม่นยำเท่ากับวิธีวัดโดยตรง เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) วิธีการตั้งสมมติฐาน (assumption method) วิธีนี้ใช้การตั้งสมมติฐานหาปริมาณน้ำสูญเสีย โดยใช้ข้อมูลที่มีอยู่ ณ ปัจจุบัน ซึ่งได้มาจากการจดบันทึกไว้มาพิจารณา ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำผลิตจ่ายรายชั่วโมง ข้อมูลจำนวนผู้ใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ ข้อมูลแรงดันน้ำที่ปลายท่อจ่ายน้ำ เป็นต้น โดยนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับสถิติย้อนหลัง วิธีนี้เหมาะสำหรับใช้แก้ปัญหาเมื่อเกิดเหตุการณ์ท่อแตกรั่ว เร่งด่วน มีข้อดีคือ สามารถคำนวณได้รวดเร็ว แต่มีข้อจำกัดคือ ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวัดปริมาณน้ำสูญเสียอีกวิธีหนึ่ง คือ วัดด้วยวิธี step test เป็นการตรวจสอบด้วยสายตา หาจุดที่น้ำรั่วไหลสามารถมองเห็นได้จากการสังเกต (passive control) หรือโดยวิธีหาจุดรั่วไหลโดยใช้เครื่องมือฟังเสียง (regular sounding) หรือโดยวิธีใช้เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์หาจุด

รั่วไหล (leak noise correlator) ในการหาจุดรั่วไหล ดังภาพที่ 2 โดยวิธีที่กล่าวมานี้ ถ้าปฏิบัติการในพื้นที่ที่เป็นระบบประปาขนาดใหญ่ อาจจะต้องใช้ระยะเวลาในการปฏิบัติงานนาน และในบางครั้งไม่สามารถจะตรวจสอบงานได้ ดังนั้นจึงต้องแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซนย่อยแล้วตรวจสอบจุดรั่วไหลตามวิธีการข้างต้น

ภาพที่ 2 การใช้เครื่องมือหาจุดที่น้ำรั่วไหล (ศักดิ์ชัย หอมกระแจะ, ม.ป.ป.)

2.1.3 มาตรการลดน้ำสูญเสีย มีการกำหนดมาตรการออกเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย (การประปานครหลวง, 2551)

มาตรการพื้นฐาน (fundamental measures) ได้แก่ ศึกษาหาสถิติข้อมูลต่างๆ ตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ตรวจสอบสภาพที่แท้จริงของแต่ละพื้นที่ โดยการหาปริมาณหรืออัตราการรั่วไหลในระบบจ่ายน้ำและวัดแรงดันน้ำรอบพื้นที่ รวมถึงศึกษาเทคนิควิธีการและเทคโนโลยีที่ทันสมัย เพื่อนำมาปรับปรุงการดำเนินงาน ลดน้ำสูญเสียให้เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ศึกษาวิธีการและเทคนิคในการตรวจหาท่อแตกรั่ว วิธีการซ่อมท่อ และขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อปรับปรุงเส้นท่อ เป็นต้น

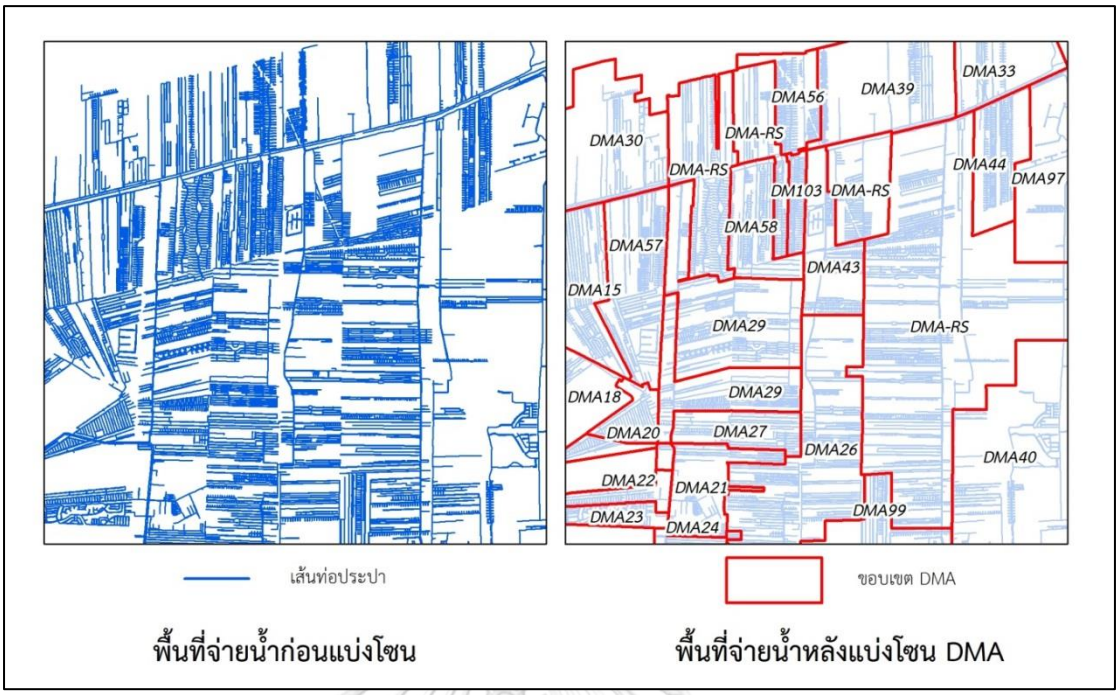
มาตรการแก้ไข (symptomatic measures) ได้แก่ สำรวจหาท่อรั่ว ทั้งบนพื้นดินและใต้ดิน โดยใช้เครื่องมือและบุคลากรที่มีประสิทธิภาพ ดำเนินการซ่อมท่อและอุปกรณ์ท่อที่ชำรุด

มาตรการปรับปรุงป้องกัน (preventive measures) ได้แก่ ปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงระบบท่อที่ชำรุดหมดสภาพการใช้งานนออกจากระบบ ควบคุมการสูบจ่ายน้ำให้

สอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำที่แท้จริงในแต่ละช่วงเวลา จัดทำแบบจำลองระบบโครงข่ายระบบท่อประปา (network model) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ปริมาณ แรงดัน และทิศทางการไหลของระบบท่อประปาในขอบเขตพื้นที่ดำเนินงาน เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการจ่ายน้ำในอนาคต ติดตั้งระบบเฝ้าระวังและตรวจสอบน้ำสูญเสียแบบพื้นที่ย่อย รวมทั้งประตูน้ำลดแรงดัน (pressure reducing valve: PRV) ในจุดที่เหมาะสม ตรวจสอบมาตรผู้ใช้น้ำ ปรับปรุงข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อช่วยในการวางแผนและดำเนินงานลดน้ำสูญเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ และฝึกอบรมพนักงานให้มีความรู้ความเข้าใจในการลดน้ำสูญเสีย

2.2 พื้นที่ระบบจ่ายน้ำย่อย (district metering area: DMA)

พื้นที่ระบบจ่ายน้ำย่อย (district metering area: DMA) คือ การกำหนดพื้นที่ย่อยในระบบจ่ายน้ำให้เป็นอิสระต่อกัน ดังภาพที่ 3 เพื่อเฝ้าระวังการเกิดน้ำสูญเสียโดยในแต่ละพื้นที่ย่อย ติดตั้งมาตรวัดน้ำ (flow meter) และอุปกรณ์วัดแรงดัน (pressure sensor) อย่างถาวรทำให้สามารถเฉพาะเจาะจงตำแหน่งที่ทำให้เกิดน้ำสูญเสียจากการสำรวจหาท่อรั่วได้แม่นยำ ตรวจสอบน้ำสูญเสียในแต่ละพื้นที่ได้ถูกต้องและรวดเร็วเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการทรัพยากร และเป็นพื้นฐานในการควบคุมแรงดันน้ำให้เพียงพอในแต่ละพื้นที่ เมื่อเราทราบสภาพของแต่ละพื้นที่ เราจึงตัดสินใจเลือกพื้นที่ที่จะทำการปรับปรุงทั้งการปรับปรุงระบบท่อประปาและปรับปรุงแรงดันน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (งานน้ำสูญเสีย การประปาส่วนภูมิภาคเขต 2, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 3 ตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ระบบจ่ายน้ำย่อย (district metering area: DMA) บริเวณพื้นที่การประปาส่วนภูมิภาคสาขารังสิต (ชั้นพิเศษ)

2.2.1 หลักเกณฑ์การออกแบบพื้นที่ระบบจ่ายน้ำย่อย

การออกแบบพื้นที่ระบบจ่ายน้ำย่อยจะกำหนดให้มีจำนวนผู้ใช้น้ำอยู่ระหว่าง 500 ถึง 3,000 ราย ในแต่ละขอบเขตพื้นที่ หลีกเลี่ยงการออกแบบพื้นที่ระบบจ่ายน้ำย่อยซ้อนทับกัน ออกแบบพื้นที่ให้มีทิศทางน้ำเข้าน้อยที่สุด มักนิยมออกแบบให้มีน้ำเข้าทางเดียว ยกเว้นกรณีจำเป็นอาจให้น้ำเข้าได้มากกว่าหนึ่งช่องทาง การระบุขอบเขตของพื้นที่ระบบจ่ายน้ำย่อย ควรให้มีการตัดผ่านโดนท่อจ่ายน้ำน้อยที่สุด เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งประตูน้ำ การตรวจสอบ และการบำรุงรักษา นอกจากนี้ยังต้องเลือกตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ DMA ต่างๆ ให้มีความเหมาะสม ได้แก่ meter Data logger และ pressure guage

2.3 การสนับสนุนจัดการน้ำสูญเสียด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีความสามารถในการนำเข้า จัดการ จัดเก็บ วิเคราะห์ แสดงผลข้อมูลและมีการเชื่อมโยงกันระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) และข้อมูลอรรถาธิบาย (attribute data) ซึ่งข้อมูลภูมิศาสตร์ที่จำลองลงในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถแสดงเป็นรูปแบบของแบบจำลองได้ 2 รูปแบบ (พรรณี ชีวินศิริวัฒน์, 2561) คือ แบบจำลองข้อมูลเวกเตอร์ หมายถึง การระบุตำแหน่งหรือที่ตั้งสิ่งต่างๆ ที่อยู่บนพื้นโลก โดยใช้สัญลักษณ์แทนข้อมูล 3 แบบ ได้แก่ จุด เส้น พื้นที่ และแบบจำลองข้อมูลแรสเตอร์ คือ ข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นตารางกริด ประกอบด้วยช่องกริด เรียกว่า เซลล์ (cell) หรือ พิกเซล (pixel) เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเท่ากัน ในแต่ละพิกเซลจะแทนข้อมูล ณ ตำแหน่งนั้นบนพื้นโลก ด้วยลักษณะของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ดังกล่าว มีประโยชน์สามารถนำมาประยุกต์เพื่อคำนวณและสืบค้นข้อมูลสำหรับนำไปใช้ในการจัดการน้ำสูญเสียในด้านต่างๆ (ธนพล อัตถวิบูลย์กุล, 2555) ดังนี้

1) ใช้สำหรับสืบค้นข้อมูล เช่น สืบค้นอายุการใช้งานเส้นท่อ สำหรับวางแผนงานและกำหนดงบประมาณในการเปลี่ยนท่อใหม่แทนท่อเดิมเพื่อปรับปรุงระบบท่อจ่ายน้ำ สืบค้นประตูน้ำที่ควบคุมเส้นท่อและวิเคราะห์ผลกระทบจากการหยุดจ่ายน้ำ เมื่อมีท่อแตกรั่ว สืบค้นหาพฤติกรรมการใช้น้ำที่ผิดปกติ เพื่อจัดทำแผนการบำรุงรักษามาตรวัดน้ำ

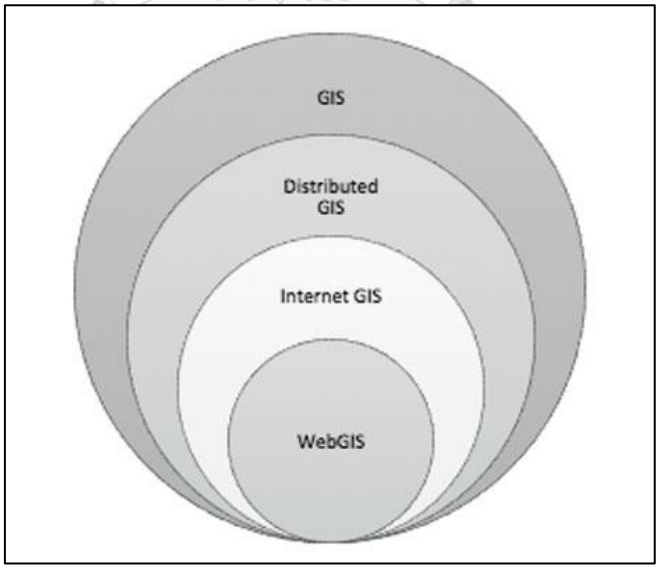
2) ใช้คำนวณหาปริมาณการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ เพื่อวางแผนควบคุมแรงดันน้ำ ให้มีความสอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำในพื้นที่

3) ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อออกแบบและจัดทำแผนงานในด้านต่างๆ เช่น การออกแบบจัดแบ่งพื้นที่ระบบจ่ายน้ำย่อย การจัดทำแผนการวัดปริมาณน้ำสูญเสียด้วยวิธี step test และออกแบบและปรับปรุงเส้นทางการอ่านมาตรวัดน้ำ เป็นต้น

4) สามารถนำข้อมูลไปสร้างแบบจำลองทางชลศาสตร์เพื่อวิเคราะห์การไหลของน้ำประปาในท่อได้

2.4 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ (Web-based GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วตั้งแต่ปี 2536 เป็นต้นมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคที่เรียกว่า Web 2.0 ซึ่งเป็นยุคที่มีการพัฒนาเว็บให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับระบบได้ เป็นการกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ ทำให้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้รับการถ่ายทอดและมีการเผยแพร่อย่างแพร่หลาย ถือเป็นก้าวสำคัญในประวัติศาสตร์ของ GIS ทั้งนี้ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ มีความเกี่ยวข้องกับคำ 2 คำ คือ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนอินเทอร์เน็ต (Internet GIS) และ Geospatial Web ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนอินเทอร์เน็ต หมายถึง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ให้บริการผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เช่น แอปพลิเคชันแผนที่ที่พัฒนาบนระบบแอนดรอยด์ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ ดังแสดงในภาพที่ 4 อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก World Wide Web (WWW) ซึ่งใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์เป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายบนอินเตอร์เน็ต ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บจึงถือเป็นรูปแบบที่แพร่หลายมากที่สุดของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนอินเทอร์เน็ต ส่วนเว็บส่วนใหญ่ในปัจจุบันที่มีการผสมผสานข้อมูลเชิงพื้นที่กับข้อมูลลักษณะอื่น เช่น เว็บเพจ รูปภาพ วีดีโอ และข่าวสาร จะเรียกว่า Geospatial Web หรือ GeoWeb (Fu P. and Sun J, 2011)

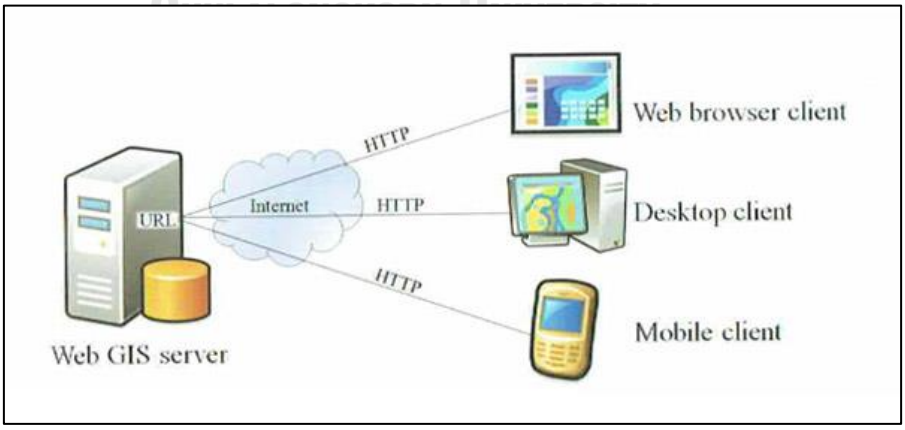


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บกับส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง (Fu P. and Sun J, 2011)

รูปแบบสถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ ประกอบด้วยอย่างน้อย 2 ส่วน คือ ส่วนลูกข่าย (client) และส่วนแม่ข่าย (web server) ดังแสดงในภาพที่ 5 ส่วนลูกข่ายและส่วนแม่ข่ายจะติดต่อสื่อสารกันผ่าน HTTP ซึ่งเป็นโปรโตคอลหลักที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน โดยที่ลูกข่ายจะใช้ HTTP เพื่อส่งคำขอไปยังแม่ข่าย และแม่ข่ายจะทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ไปยังลูกข่ายอีกครั้งผ่านทาง HTTP เช่นกัน ซึ่งรูปแบบของการแสดงผลลัพธ์อาจเป็น HTML ที่แสดงด้วยเว็บเบราว์เซอร์ หรืออาจอยู่ในรูปแบบอื่นๆ เช่น ภาพ แผนที่ เป็นต้น โดยส่วนมากรูปแบบสถาปัตยกรรมของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บจะมีส่วนของฐานข้อมูลเป็นองค์ประกอบเพิ่มขึ้นมาด้วย ดังแสดงในภาพที่ 6 และในขณะนี้มีการขยายวิธีการให้บริการของ Web services ในลักษณะ mashup คือ การที่เว็บเพจหรือแอปพลิเคชันมีการรวมเนื้อหาหรือฟังก์ชันต่างๆจากหลากหลายเว็บไซต์ ทำให้รูปแบบสถาปัตยกรรมของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ มีมากขึ้นมากกว่า 3 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งส่วนต่างๆ เหล่านี้สามารถกระจายอยู่ในหลากหลายที่ตั้งบนระบบอินเทอร์เน็ต

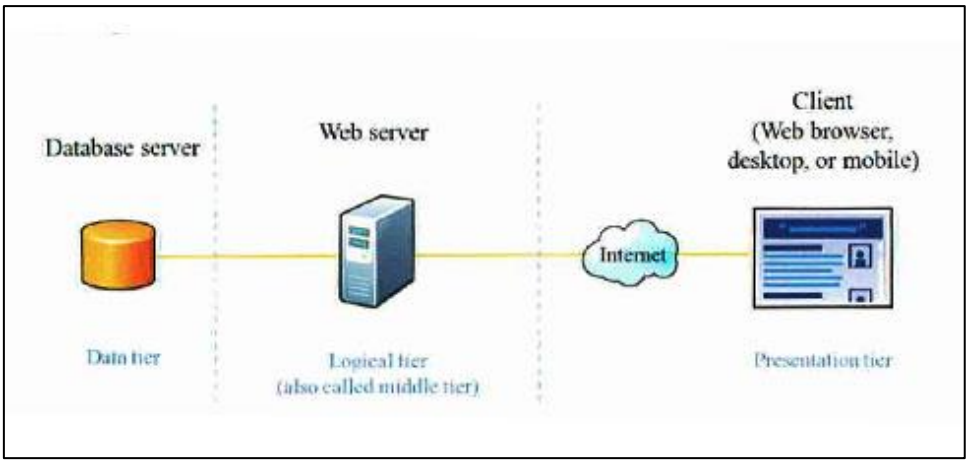
ในปัจจุบันระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บและเดสก์ท็อป GIS มีความเกี่ยวพันกันมากขึ้น ซึ่งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บจะต้องอาศัยเดสก์ท็อป GIS ในการสร้างแหล่งข้อมูล และในส่วนเดสก์ท็อป GIS ก็ได้มีการขยายฟังก์ชั่นการทำงานเพื่อให้สามารถรองรับการใช้งานจากแหล่งข้อมูลบนเว็บได้ เช่น ผู้ใช้เดสก์ท็อป ArcGIS สามารถใช้แผนที่ฐานที่อยู่บนเว็บจากผู้ให้บริการของ USGS หรือ Microsoft Bing Maps ได้โดยไม่ต้องทำการสำเนาข้อมูลลงมาไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ของตัวเอง เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

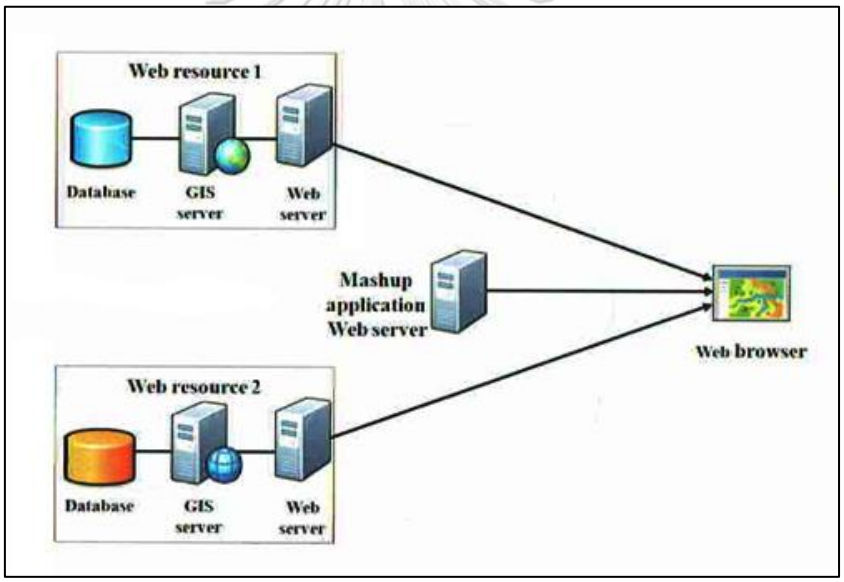


ภาพที่ 5 รูปแบบสถาปัตยกรรมอย่างง่ายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ

(Fu P. and Sun J, 2011)



ภาพที่ 6 รูปแบบสถาปัตยกรรมพื้นฐานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ ประกอบด้วย 3 ส่วน (Fu P. and Sun J, 2011)



ภาพที่ 7 รูปแบบสถาปัตยกรรมพื้นฐานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บในลักษณะ mashup (Fu P. and Sun J, 2011)

2.5 มาตรฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศโดยองค์กรความร่วมมือข้อมูลภูมิศาสตร์ระบบเปิด

องค์กรความร่วมมือข้อมูลภูมิศาสตร์ระบบเปิด (Open Geospatial Consortium: OGC) เป็นองค์กรระหว่างประเทศก่อตั้งขึ้นโดยไม่มุ่งหวังผลกำไร เกิดขึ้นจากการรวมตัวกันของกลุ่มบริษัทซอฟต์แวร์ด้าน GIS บริษัทซอฟต์แวร์ด้านฐานข้อมูล บริษัทคอมพิวเตอร์ หน่วยงานสื่อสาร

โทรคมนาคม มหาวิทยาลัย หน่วยงานผู้ผลิตข้อมูล รวมทั้งองค์กรของรัฐ มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดมาตรฐานเทคโนโลยีระบบเปิด (open system) ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ทั่วโลก รวมถึงสนับสนุนและส่งเสริมการแบ่งปันข้อมูลภูมิสารสนเทศในรูปแบบการบริการผ่านเครือข่ายออนไลน์ มาตรฐานต่างๆ ที่ประกาศโดย OGC (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2551) ได้แก่

2.5.1 การให้บริการแผนที่ออนไลน์ในรูปแบบ Web Map Service (WMS)

เป็นการแสดงข้อมูลภูมิศาสตร์ในรูปแบบของข้อมูลภาพดิจิตอลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะผลิตแผนที่ให้เป็นรูปภาพในรูปแบบ PNG GIF หรือ JPEG ถ้าเป็นข้อมูลเวกเตอร์จะอยู่ในรูปแบบ scalable vector graphic (SVG) โดยที่ผู้ใช้สามารถเรียกข้อมูลแผนที่จากหลายๆ แหล่งที่อยู่ในพิกัดเดียวกัน มาซ้อนทับกันได้มากกว่าหนึ่งชั้นข้อมูล โดยมีเงื่อนไขว่า รูปแบบของข้อมูลภาพต้องสนับสนุนการทำงานของพื้นหลังแบบโปร่งใส ซึ่งจะทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ เพื่อรับการร้องขอจากผู้ใช้ ผ่าน URL (uniform resource locators) ดังตัวอย่างในภาพที่ 8 โดยมีมาตรฐานในการรองรับการร้องขอบริการใน 3 ลักษณะ ดังนี้

2.5.1.1 GetCapabilities: ส่งค่าการให้บริการ ในส่วนของ metadata ซึ่งเป็นตัวอธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดของข้อมูลที่มีให้บริการรวมถึงการดำเนินงานและพารามิเตอร์ที่สนับสนุนและรายการชั้นข้อมูลที่พร้อมใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5.1.2 GetMap: ส่งภาพแผนที่ตามขอบเขตที่ผู้ร้องขอกำหนด

2.5.1.3 GetFeatureInfo: ส่งค่าการให้บริการ ในการร้องขอข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของข้อมูลในแผนที่ โดยใช้ตำแหน่งพิกเซลบนแผนที่

```
http://localhost:8080/geoserver/wms?
service=WMS&
version=1.1.0&
request=GetMap&
layers=thesis:meter&
styles=&bbox=100.913688659668,14.5098085403442,101.271598815918,14.6795043945313&width=768&
height=364&
srs=EPSG:4326&
 format=image%2Fjpeg
```

ภาพที่ 8 ตัวอย่าง การร้องขอบริการในรูปแบบ Web Map Service (WMS)

2.5.2 การให้บริการแผนที่ออนไลน์ในรูปแบบ Web Feature Service (WFS)

เป็นข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับสร้าง แก้ไข และแลกเปลี่ยนข้อมูลทางภูมิศาสตร์ในรูปแบบเวกเตอร์จากผู้ให้บริการข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่ง WFS จะเข้ารหัสและถ่ายโอนข้อมูลในลักษณะของ Geography Markup Language (GML) ซึ่งเป็นเซตย่อยของภาษา XML การร้องขอ WFS ดังตัวอย่างในภาพที่ 9 ประกอบด้วย 3 ลักษณะ ดังนี้

2.5.2.1 GetCapabilities คือ การตรวจสอบคุณสมบัติ ความสามารถของชั้นข้อมูลที่มีให้บริการ รูปแบบการตอบกลับที่สามารถทำงานได้ มักจะเรียกใช้เป็นคำสั่งแรกเพื่อสร้างเป็น user interface

2.5.2.2 Describe Feature Type คือ การบรรยายโครงสร้างของฟีเจอร์ที่จะให้บริการ เช่น รายละเอียดของข้อมูล attribute ที่ประกอบอยู่ด้วยกัน

2.5.2.3 GetFeature คือ การเรียกดูข้อมูลคุณลักษณะหรือการเข้าถึงข้อมูล attribute ซึ่งผลลัพธ์ของข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบ GML

```
1  http://localhost:8080/geoserver/ows?
2  service=WFS&
3  version=1.0.0&
4  request=GetFeature&
5  typeName=thesis:meter&
6  maxFeatures=50&
7  outputFormat=application%2Fjson
```

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 9 ตัวอย่าง การร้องขอบริการในรูปแบบ Web Feature Service (WFS)

2.5.3 การกำหนดรูปแบบสัญลักษณ์แผนที่ด้วยมาตรฐาน Style Layer Description (SLD)

SLD เป็นภาษา markup สำหรับใช้เป็นเครื่องมือสร้างรูปแบบสัญลักษณ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อแสดงภาพแผนที่ของ WMS โดยกำหนดรายละเอียดสัญลักษณ์ในรูปแบบเอกสาร XML สนับสนุนการจัดสร้างสัญลักษณ์ทั้งรูปแบบ point line และ polygon โดยมีโครงสร้างลำดับชั้น ดังนี้

2.5.3.1 Header เป็นส่วนหัวของ SLD ประกอบด้วย metadata ที่เกี่ยวข้องกับ XML namespaces

2.5.3.2 FeatureTypeStyle เป็นกลุ่มของการจัดรูปแบบของ rules

2.5.3.3 Rule เป็นกฎคำสั่งการจัดแต่งสไตล์ของข้อมูล สามารถใช้ได้กับทุกชั้นข้อมูล หรือ feature type และสามารถเพิ่มตรรกะที่เกี่ยวข้องได้ เพื่อให้มีการใช้กฎตามเงื่อนไข ซึ่งเงื่อนไขต่างๆ สามารถขึ้นอยู่กับข้อมูลอรรถาธิบาย หรือขึ้นอยู่กับระดับการขยายข้อมูลที่แสดงผล

2.5.3.4 Symbolizer คือ คำแนะนำในสไตล์ของข้อมูล มีสัญลักษณ์ 5 ประเภท คือ PointSymbolizer LineSymbolizer PolygonSymbolizer RasterSymbolizer และ TextSymbolizer

2.6 ซอฟต์แวร์รหัสเปิด (open source software)

ซอฟต์แวร์รหัสเปิด หมายถึง ซอฟต์แวร์ที่ให้เสรีภาพในการใช้งาน ติดตั้ง แก้ไข ปรับปรุง เผยแพร่ โดยไม่มีเงื่อนไขเพิ่มเติม และมีการเปิดเผยซอฟต์แวร์ต้นฉบับ (source code) ที่แสดงหลักการทำงานของโปรแกรมโดยละเอียดทั้งหมด เพื่อให้บุคคลอื่นที่นำไปใช้งาน หรือนักพัฒนาโปรแกรมสามารถศึกษาและพัฒนาต่อไปได้ ปัจจุบันมีการกำหนดคำนิยามเงื่อนไขเกี่ยวกับซอฟต์แวร์รหัสเปิด 10 ประการ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์กรุงเทพมหานคร, 2558) คือ

1) ต้องไม่จำกัดให้ผู้ใดผู้หนึ่งทำการจำหน่ายหรือแจกจ่ายซอฟต์แวร์ให้เป็นส่วนใดส่วนหนึ่งแบบแยกส่วนที่จะประกอบด้วยซอฟต์แวร์จากหลายแหล่ง และต้องไม่มีการกำหนดเกี่ยวกับค่าใช้สิทธิ์หรือข้อกำหนดใดๆ

2) ต้องเผยแพร่ซอฟต์แวร์ต้นฉบับและยินยอมให้มีการแจกจ่ายโปรแกรมต้นฉบับ ถ้าไม่สามารถแจกจ่ายได้พร้อมโปรแกรมต้นฉบับ จะต้องมีสถานที่ในการแจกจ่ายแบบสาธารณะ เพื่อให้ผู้อื่นสามารถเข้าถึงโปรแกรมต้นฉบับได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนอื่นๆ ซึ่งโปรแกรมต้นฉบับต้องไม่อยู่ในลักษณะที่เป็นการสับสนโดยเจตนา ต้องไม่มีโครงสร้างการทำงานที่มีตัวแปลภาษาเฉพาะ

(translator) หรือมีส่วนที่ต้องนำเข้าโปรแกรมในรูปแบบของโปรแกรมที่แปลงสภาพแล้ว (preprocessor)

3) โปรแกรมต้นฉบับจะต้องอยู่ในรูปแบบที่นักพัฒนาโปรแกรมสามารถแก้ไข และพัฒนาต่อยอดได้ ภายใต้เงื่อนไขการแจกจ่ายเดียวกันกับโปรแกรมฉบับเริ่มต้น

4) การวางเงื่อนไขข้อกำหนดในการเผยแพร่โปรแกรมต้นฉบับฉบับที่แก้ไขแล้ว จะวางได้ก็ต่อเมื่อเงื่อนไขนั้นได้ยินยอมให้มีการแจกจ่ายแพตช์ไฟล์ (patch file) พร้อมกับโปรแกรมต้นฉบับ และยินยอมให้มีการแจกจ่ายโดยสามารถแก้ไขโปรแกรมต้นฉบับได้ แต่อาจจะกำหนดให้โปรแกรมฉบับต่อยอดใช้ชื่อหรือใช้รุ่นที่แตกต่างจากโปรแกรมฉบับเริ่มต้นได้

5) การวางเงื่อนไขข้อกำหนดจะต้องไม่จำกัดเฉพาะบุคคลหรือกลุ่มใดๆ

6) การวางเงื่อนไขข้อกำหนดจะต้องไม่จำกัดการใช้งานของโปรแกรมรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งเป็นการเฉพาะ

7) การวางเงื่อนไขข้อกำหนดจะต้องใช้ได้กับทุกคนที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมนั้นๆ

8) สิทธิของโปรแกรมนั้น จะต้องไม่มีเงื่อนไขข้อกำหนดที่เฉพาะเจาะจงกับสินค้าใดสินค้าหนึ่ง

9) เงื่อนไขข้อกำหนดต้องไม่กำหนดข้อจำกัดในการใช้ร่วมกันกับโปรแกรมอื่น เช่น มีการกำหนดให้ต้องใช้โปรแกรมดังกล่าวกับโปรแกรมโอเพนซอร์ซเท่านั้น

10) เงื่อนไขข้อกำหนดต้องไม่มีข้อกำหนดใดๆ ที่กำหนดให้ใช้เทคโนโลยีของใครหรือเทคโนโลยีแบบใดเป็นการเฉพาะ

ซอฟต์แวร์รหัสเปิดที่ใช้ในการพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาคด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ ได้แก่

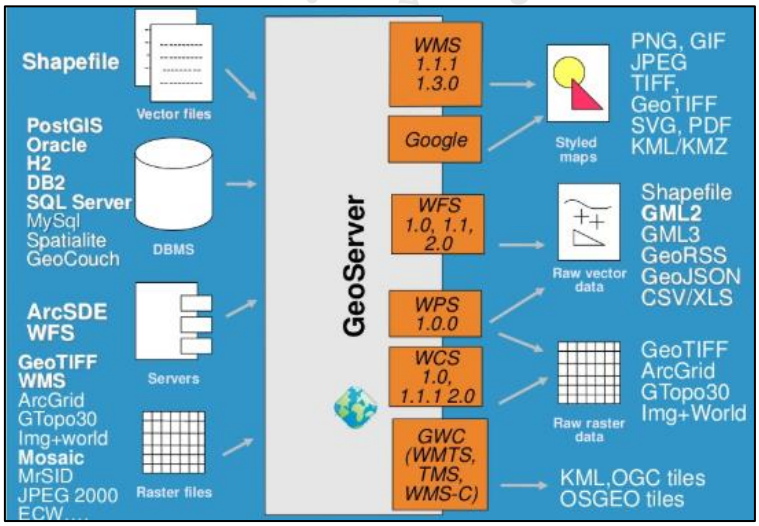
2.6.1 โปรแกรม Geoserver

โปรแกรม Geoserver ทำหน้าที่สำหรับให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ถูกพัฒนาด้วยภาษา Java จึงสามารถใช้งานได้กับระบบปฏิบัติการทุกประเภท ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Windows Linux และ UNIX มีเครื่องมืออำนวยความสะดวกให้กับผู้ดูแลระบบซึ่งจะสามารถกำหนดค่าต่างๆ ผ่านทางหน้าเว็บได้ มีการพัฒนาโมดูลจำนวนมากเพื่อรองรับรูปแบบข้อมูลที่หลากหลาย และได้พัฒนาเครื่องมือเพื่อสนับสนุนการให้บริการโดยรองรับมาตรฐานจากองค์กรความร่วมมือข้อมูลภูมิศาสตร์ระบบเปิด ประกอบด้วย Web Map Service (WMS) Web Feature Service (WFS) Web Coverage Service (WCS) และ Web Layer Map Services (WMTS) และมีส่วนขยายเพิ่มเติมสามารถเรียกใช้บริการได้จาก Catalogue Service (CSW) และ Web Processing Service (WPS)

คุณลักษณะที่สำคัญของโปรแกรม Geoserver คือ สามารถสนับสนุนการใช้งานข้อมูลเวกเตอร์ของโปรแกรม PostGIS ArcSDE DB2 Oracle และรูปแบบข้อมูลประเภท Shapefile ได้ สำหรับข้อมูลราสเตอร์สนับสนุนข้อมูลประเภท ArcGrid GeoPackage (mosaic) GeoTIFF Gtopo30 ImageMosaic และ WorldImage ซึ่งสามารถแปลงค่าพิกัดได้อัตโนมัติในขณะที่ทำงานผ่าน WMS และ WFS โดยมีระบบพิกัดสนับสนุนมากกว่า 100 ระบบโดยระบบได้ถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูล EPSG ของ Geoserver ผลลัพธ์ของภาพแผนที่ผ่าน WMS สามารถส่งออกได้หลายรูปแบบไฟล์ ได้แก่ GIF GeoRSS GeoTiff JPEG KML PDF PNG SVG Tiff ในส่วนข้อมูลเวกเตอร์ผ่าน WFS สนับสนุนรูปแบบไฟล์ CSV GML GeoJSON KML และ shapefile ดังภาพที่ 10 (ภาณุวัฒน์ อังคสุรักษ์, 2554)



ภาพที่ 10 รูปแบบและฟังก์ชันที่สนับสนุนในซอฟต์แวร์ Geoserver

(Andrea A. and Simone G, 2016)

2.6.2 โปรแกรม Brackets

โปรแกรม Brackets สำหรับเขียนและแก้ไข source code สร้างขึ้นโดย Adobe Systems เป็นโปรแกรม code editor ที่เน้นไปทางการทำเว็บไซต์ สนับสนุนภาษา HTML CSS JavaScript สามารถทำงานได้บนแพลตฟอร์ม Windows Mac และ Linux ลักษณะเด่นของโปรแกรม Brackets (กิตติสิทธิ์ สมบัติตรา, 2560) คือ ผู้ใช้สามารถดูมุมมองเว็บไซต์ที่กำลังแก้โค้ดได้ทันที (live preview) ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ Google Chrome โดยไม่ต้องรีเฟรชเว็บเบราว์เซอร์ ผู้ใช้สามารถแก้ไขโค้ด CSS ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งโปรแกรมจะแสดงเครื่องมือในการเลือกสี (color picker) และการไล่สี (gradient) ขึ้นมาให้ มีเครื่องมือ preprocessor support ช่วยให้สามารถ ค้นหา เพิ่ม และแก้ไข class ระหว่างไฟล์ HTML และไฟล์ CSS ได้ นอกจากนี้ ยังมีระบบการควบคุมการเปิดปิดแท็ก วงเล็บต่างๆ มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน และมีเครื่องมือเสริมการทำงานหลายประเภท

2.6.3 โปรแกรม PostgreSQL และ PostGIS

โปรแกรม PostgreSQL คือ ระบบจัดการฐานข้อมูล ที่สามารถนำไปใช้งานได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย มีการพัฒนามาจาก POSTGRES 4.2 โดยมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย (Berkeley Computer Science department, University of California) ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1977 สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการได้ทั้ง Windows Linux และ UNIX (AIX BSD HP-UX SGI Irix Mac OS X Solaris Tru64) ปัจจุบันโปรแกรม PostgreSQL ไม่อยู่ภายใต้การควบคุมขององค์กรใดโดยเฉพาะแต่มีผู้ร่วมพัฒนาจากทั่วโลกทำให้โปรแกรม PostgreSQL มีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (สิทธิชัย ชูสำโรง, 2559)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โปรแกรม PostgreSQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุสัมพันธ์ (object-relational database management system :ORDBMS) คือ ผู้ใช้งานสามารถใช้งานฐานข้อมูลด้วยการใช้คำถาม (query) เพื่อสืบค้นข้อมูลภายในฐานข้อมูลนั้นได้ โดยที่ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องทราบถึงโครงสร้างภายในของฐานข้อมูล ระบบสามารถใช้รูปแบบคำสั่งของภาษา SQL ได้เกือบทั้งหมด รวมถึงมีชนิดข้อมูลที่ผู้ใช้กำหนดขึ้น (user define data type) ได้แก่ integer numeric boolean char varcher date interval และ timestamp

ส่วนประกอบของระบบ PostgreSQL มี 5 ส่วน คือ

1) tablespaces คือ ที่เก็บออปเจ็กต์ต่างๆ ของ database ในทางกายภาพ

2) databases คือ ส่วนที่เป็นออปเจ็กต์หลักของฐานข้อมูลในโปรแกรม PostgreSQL เป็นส่วนที่จะเก็บข้อมูลทั้งหมดที่จะใช้ในระบบ เมื่อผู้ใช้เชื่อมต่อกับ database server จะเป็นการเชื่อมต่อกับ database objects และเข้าถึงออปเจ็กต์ทั้งหมดในฐานข้อมูล ซึ่งฐานข้อมูลแต่ละตัวจะประกอบด้วยออปเจ็กต์ 4 ชนิด คือ catalogs language replications และ schemas

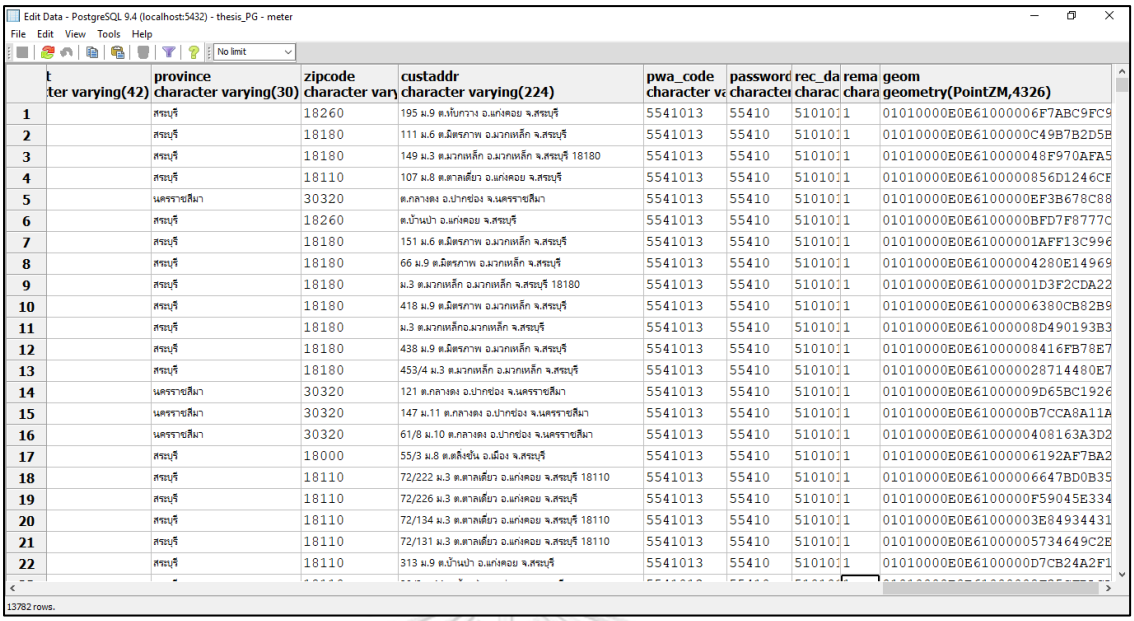
3) schemas เป็นออปเจ็กต์ที่สำคัญที่สุดในฐานข้อมูล ซึ่งจะเป็นส่วนที่เก็บออปเจ็กต์อื่น ๆ อีกหลายชนิดเพื่อเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล เช่น table view

4) group roles ใช้เพื่อกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงแบบกลุ่มของ user โดยจะทำหน้าที่ควบคุมการเข้าถึงในระดับเซิร์ฟเวอร์

5) login roles หรือ user account คือ ผู้ใช้ฐานข้อมูล โดยผู้ดูแลฐานข้อมูลจะเป็นผู้สร้างให้กับผู้ใช้แต่ละคน

PostGIS เป็นส่วนขยายเพิ่มเติม (extensions) ที่ทำให้ระบบ PostgreSQL สามารถรองรับและบริหารจัดการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ คือ สนับสนุนข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ โดยการเพิ่มเติมจากส่วนฐานข้อมูลเชิงวัตถุสัมพันธ์ให้เป็นฐานข้อมูลแผนที่ทางภูมิศาสตร์ (สิทธิชัย ชูสำโรง, 2559)มีรูปแบบการใช้งานตรงตามมาตรฐานองค์กรความร่วมมือข้อมูลภูมิศาสตร์ระบบเปิด สำหรับข้อกำหนดมาตรฐาน SQL ได้แก่ การแทรก (insert) การสืบค้น (query) การจัดการ (manipulate) และการลบวัตถุเชิงพื้นที่ (spatial objects) ระบบพิกัดของวัตถุเชิงพื้นที่จะถูกจัดเก็บไว้ในตารางคุณลักษณะ (feature tables) ดังภาพที่ 11 และในตารางคุณลักษณะหนึ่งรายการสามารถมีเรขาคณิตได้เพียงหนึ่งประเภท (จุด เส้น รูปหลายเหลี่ยม) เท่านั้น ลักษณะการเก็บพิกัดของแต่ละออปเจ็กต์จะมีการเก็บไว้ในฟิลด์พิเศษรูปแบบ WKT (Well Known Text) ดังภาพที่ 12 นอกจากนี้ยังมี metadata สำหรับแต่ละตารางคุณลักษณะเพื่อรวบรวมประเภทและระบบพิกัดของเรขาคณิต ซึ่งจะถูกเก็บไว้ในฟิลด์ geometry อีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



Edit Data - PostgreSQL 9.4 (localhost:5432) - thesis_PG - meter

File Edit View Tools Help

No limit

	ter varying(42)	province character varying(30)	zipcode character var	custaddr character varying(224)	pwa_code character va	password character	rec_da charac	rema chara	geom geometry(PointZM,4326)
1		สระบุรี	18260	195 ม.9 ต.หับกวาง อ.แก่งคอย จ.สระบุรี	5541013	55410	5101011		01010000E0E61000006F7ABC9FC9
2		สระบุรี	18180	111 ม.6 ต.มิตรภาพ อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี	5541013	55410	5101011		01010000E0E6100000C49B7B2D5E
3		สระบุรี	18180	149 ม.3 ต.มวกเหล็ก อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี 18180	5541013	55410	5101011		01010000E0E610000048F970AFA5
4		สระบุรี	18110	107 ม.8 ต.ตาลเตี้ยว อ.แก่งคอย จ.สระบุรี	5541013	55410	5101011		01010000E0E6100000856D1246CE
5		นครราชสีมา	30320	ต.กลางดง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	5541013	55410	5101011		01010000E0E6100000EF3B678C88
6		สระบุรี	18260	ต.บ้านป่า อ.แก่งคอย จ.สระบุรี	5541013	55410	5101011		01010000E0E6100000BFD7F8777C
7		สระบุรี	18180	151 ม.6 ต.มิตรภาพ อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี	5541013	55410	5101011		01010000E0E61000001AFF13C996
8		สระบุรี	18180	66 ม.9 ต.มิตรภาพ อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี	5541013	55410	5101011		01010000E0E61000004280E14969
9		สระบุรี	18180	ม.3 ต.มวกเหล็ก อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี 18180	5541013	55410	5101011		01010000E0E61000001D3F2CDA22
10		สระบุรี	18180	418 ม.9 ต.มิตรภาพ อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี	5541013	55410	5101011		01010000E0E61000006380CB82B9
11		สระบุรี	18180	ม.3 ต.มวกเหล็กอ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี	5541013	55410	5101011		01010000E0E61000008D490193B3
12		สระบุรี	18180	438 ม.9 ต.มิตรภาพ อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี	5541013	55410	5101011		01010000E0E61000008416FB78E7
13		สระบุรี	18180	453/4 ม.3 ต.มวกเหล็ก อ.มวกเหล็ก จ.สระบุรี	5541013	55410	5101011		01010000E0E61000028714480E7
14		นครราชสีมา	30320	121 ต.กลางดง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	5541013	55410	5101011		01010000E0E61000009D65BC1926
15		นครราชสีมา	30320	147 ม.11 ต.กลางดง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	5541013	55410	5101011		01010000E0E6100000B7CCA8A11A
16		นครราชสีมา	30320	61/8 ม.10 ต.กลางดง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	5541013	55410	5101011		01010000E0E6100000408163A3D2
17		สระบุรี	18000	55/3 ม.8 ต.ตลิ่งชัน อ.เมือง จ.สระบุรี	5541013	55410	5101011		01010000E0E61000006192AF7BA2
18		สระบุรี	18110	72/222 ม.3 ต.ตาลเตี้ยว อ.แก่งคอย จ.สระบุรี 18110	5541013	55410	5101011		01010000E0E61000006647BD0B35
19		สระบุรี	18110	72/226 ม.3 ต.ตาลเตี้ยว อ.แก่งคอย จ.สระบุรี	5541013	55410	5101011		01010000E0E6100000F59045E334
20		สระบุรี	18110	72/134 ม.3 ต.ตาลเตี้ยว อ.แก่งคอย จ.สระบุรี 18110	5541013	55410	5101011		01010000E0E61000003E84934431
21		สระบุรี	18110	72/131 ม.3 ต.ตาลเตี้ยว อ.แก่งคอย จ.สระบุรี 18110	5541013	55410	5101011		01010000E0E61000005734649C2E
22		สระบุรี	18110	313 ม.9 ต.บ้านป่า อ.แก่งคอย จ.สระบุรี	5541013	55410	5101011		01010000E0E6100000D7CB24A2F1

13782 rows.

ภาพที่ 11 ตัวอย่างการเก็บระบบพิกัดของวัตถุเชิงพื้นที่ในตารางคุณลักษณะ

```
POINT(2572292.2 5631150.7)


LINESTRING (2566006.4 5633207.9,  2566028.6 5633215.1, 2566062.3 5633227.1)


MULTILINESTRING((2566006.4 5633207.9,  2566028.6 5633215.1),  (2566062.3
5633227.1,  2566083 5633234.8))


POLYGON (2568262.1 5635344.1,  2568298.5 5635387.6, 2568261.04 5635276.15,
2568262.1 5635344.1);


MULTIPOLYGON(((2568262.1 5635344.1,  2568298.5 5635387.6, 2568261.04 5635276.15,
 2568262.1 5635344.1), (2568194.2 5635136.4,  2568199.6 5635264.2, 2568200.8
5635134.7,  2568194.2 5635136.4 )))
```

ภาพที่ 12 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลในรูปแบบ WKT (Well Known Text) (Consulting Center Geographic Information Systems, 2008)

2.6.4 โปรแกรม QuantumGIS

โปรแกรม QuantumGIS หรือนิยมเรียกว่า โปรแกรม QGIS คือ โปรแกรมเดสก์ท็อป GIS สำหรับจัดการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถนำไปใช้งานได้โดยไม่มีข้อจำกัด และสามารถนำโค้ดไปพัฒนาต่อได้ การพัฒนาใช้ภาษา C++ เป็นหลัก สามารถใช้งานได้บนแพลตฟอร์ม Windows Mac และ Linux มีการพัฒนาให้รองรับการทำงานร่วมกับข้อมูลในรูปแบบตามมาตรฐานสากล Open Geospatial Consortium รวมถึงในเรื่องของการแสดงผลทั้งในส่วนของข้อมูล GDAL Raster Formats และ OGR Vector Formats (หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบจัดการแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555)

โปรแกรม QuantumGIS มีลักษณะการใช้งานผ่านส่วนประสานงานกับผู้ใช้ (graphic user interface) ทำให้สามารถใช้งานได้สะดวก ทั้งในการเรียกใช้ข้อมูลภาพ ตาราง การแสดงผลตารางและกราฟ ตลอดจนการสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบแผนที่ตามความต้องการได้ สามารถเรียกใช้และแก้ไขข้อมูลเวกเตอร์ แรสเตอร์ในรูปแบบที่เป็นมาตรฐานต่างๆ ได้มากมาย เช่น ESRI shapefile Mapinfo file GeoTIFF JPEG Erdas Imagine Images เป็นต้น นอกจากนี้ ยังสนับสนุนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (spatial analysis) และการแสดงผลข้อมูลเชิงตำแหน่งในรูปแบบของแผนที่ การสร้างและการแก้ไขข้อมูลเชิงข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) และข้อมูลอรรถาธิบาย (attribute data) สามารถจัดการข้อมูลได้ง่ายโดยใช้เครื่องมือตาม GUI ที่มีอยู่ นอกจากนี้ ยังสามารถเชื่อมต่อกับรูปแบบการจัดการฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial RDBMS) ได้ เช่น PostgreSQL และ PostGIS สามารถอ่านและเขียนข้อมูลที่เก็บใน PostGIS ได้โดยตรง

2.6.5 โปรแกรม Apache

โปรแกรม Apache ทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ โดยให้บริการโปรโตคอล HTTP ที่พอร์ต 80 สามารถทำงานได้บนหลากหลายระบบปฏิบัติการ ได้แก่ เช่น Linux Windows หรือ Mac OS ซึ่งนับเป็นซอฟต์แวร์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเปิดให้บุคคลทั่วไปสามารถเข้าร่วมพัฒนาส่วนต่างๆ ได้ ทำให้เกิดเป็นโมดูลต่างๆ มากมาย และทำงานร่วมกับภาษาอื่นที่ใช้พัฒนาเว็บไซต์ได้

เช่น PHP Ruby JSP เป็นต้น ซึ่งไม่เป็นเพียงแค่เว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการ HTML เพียงอย่างเดียว โปรแกรม Apache ถูกสร้างขึ้นโดยการนำเอาโปรแกรมขนาดเล็ก ที่ทำหน้าที่แตกต่างกันไป หลายๆ โมดูลมาทำงานร่วมกันเป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ จึงทำให้มีส่วนประกอบเป็นโมดูลซึ่งพัฒนาด้วยภาษาซี โมดูลหนึ่งจะเป็นส่วนแกนกลางที่ทำหน้าที่บริหารจัดการ เรียกว่า Core.c โมดูลที่สอง คือ โมดูลที่ทำหน้าที่บริหารจัดการหน่วยความจำ (memory management) และบริหารกระบวนการงานย่อย (child process) ซึ่งรองรับการให้บริการที่เรียกเข้ามาจากภายนอกเป็นจำนวนมากพร้อมๆ กัน (multi-processing models หรือ MPM) ซึ่งโปรแกรม Apache มีโมดูลรองรับการทำงานด้านนี้ไว้ ได้แก่ workers สำหรับรองรับงานจำนวนมากๆ แต่ต้องการหน่วยความจำไม่มากนัก prefork สำหรับรองรับงานที่ต้องการความเร็ว มีประสิทธิภาพสูง และ per child สำหรับรองรับงานที่แตกต่างกัน โดยแยกตามยูสเซอร์ที่ร้องขอบริการเข้ามา (ธีรภัทร มนตรีศาสตร์, 2547)

2.7 ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

2.7.1 ภาษา HTML

HTML ย่อมาจาก hypertext markup language เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ประเภท markup language รูปแบบหนึ่ง ถือเป็นภาษาหลักที่ใช้ในการเขียนเว็บเพจ มีแม่แบบมาจากภาษา SGML (standard generalized markup language) โดยตัดความสามารถบางส่วนออกไป เพื่อให้สามารถทำความเข้าใจและเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น HTML เริ่มต้นขึ้นเมื่อปี 1980 และถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยมีการพัฒนาและกำหนดมาตรฐานจากองค์กร World Wide Web Consortium (W3C) คือ องค์กรระหว่างประเทศทำหน้าที่จัดระบบมาตรฐานที่ใช้งานบนอินเทอร์เน็ต (WWW) ซึ่งปัจจุบันมีการผลักดัน รูปแบบ HTML ใหม่ เรียกว่า XHTML ซึ่งเป็นลักษณะของโครงสร้าง XML รูปแบบหนึ่ง มีหลักเกณฑ์ในการกำหนดรูปแบบโครงสร้างของโปรแกรมที่มาตรฐานกว่า เพื่อนำมาทดแทน HTML รุ่น 4.01 ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน (ประชา พฤกษ์ประเสริฐ, 2550) ภาษา HTML มีโครงสร้างการเขียนโดยอาศัยตัวกำกับ (tag) ควบคุมการแสดงผลของข้อความ รูปภาพ หรือวัตถุอื่นๆ ผ่านโปรแกรมเบราว์เซอร์ ซึ่งถือเป็นลักษณะเฉพาะของภาษา HTML โดยแต่ละ tag อาจจะมีส่วนขยาย เรียกว่า attribute เพื่อระบุหรือควบคุมการแสดงผลสำหรับการจัดรูปแบบของเว็บเพิ่มเติม ในการเรียกใช้งาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หรือทดสอบการทำงาน จะใช้โปรแกรม Internet Web Browser เช่น Internet Explorer Google Chrome Mozilla Firefox เป็นต้น

2.7.2 ภาษา CSS

CSS ย่อมาจาก cascading style sheets มักเรียกโดยย่อว่า "สไตล์ชีต" คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับจัดรูปแบบการแสดงผล เอกสารที่เขียนจากภาษา HTML เป็นคำสั่งที่เข้ามาเสริมการแสดงผลบนหน้าเว็บเพจ (นันทวัฒน์ ไชยรัตน์, 2560) ได้แก่ สีของข้อความ สีพื้นหลัง สีเส้นขอบ ประเภทตัวอักษร และการจัดวางข้อความ มีมาตรฐานที่กำหนดโดยองค์กร World Wide Web Consortium (W3C) มีความสามารถและข้อดีต่างๆ คือ ช่วยลดการใช้ภาษา HTML ในการตกแต่งเอกสาร เพื่อให้เอกสาร HTML เข้าใจง่ายขึ้น ไม่ซับซ้อน แก้ไขง่าย สามารถใช้ style sheets ชุดเดียว แสดงผลให้ทั้งหน้าเพจที่มีการใช้งาน CSS เหมือนกันได้ ช่วยให้การปรับปรุงเว็บเพจในส่วนของการแสดงผลทำได้อย่างรวดเร็ว สามารถใช้งานได้หลากหลายเว็บเบราว์เซอร์ และสามารถกำหนดให้แยกออกจากไฟล์เอกสาร HTML สามารถนำมาใช้ร่วมกับเอกสารหลายไฟล์ได้

2.7.3 ภาษา JavaScript

JavaScript คือ ภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับเขียนโปรแกรมบนระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อเพิ่มความสามารถให้กับเว็บเพจ ช่วยให้เว็บเพจมีความเคลื่อนไหว และสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้งานได้มากขึ้น เช่น การใช้เม้าส์คลิก การกรอกแบบฟอร์ม เป็นต้น ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Netscape เพื่อเพิ่มลูกเล่นให้กับเว็บเพจบนเบราว์เซอร์ JavaScript เป็นภาษาประเภท interpreter language คือ คอมพิวเตอร์จะแปลความและทำงานตามคำสั่งแบบทีละบรรทัดทีละคำสั่ง โดยมีลักษณะการทำงานสนับสนุนการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (object-oriented programming: OOP) ที่มีเป้าหมายเพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมในระบบอินเทอร์เน็ต ช่วยให้ผู้เขียนภาษา HTML สามารถทำงานข้ามแพลตฟอร์มได้ และสามารถทำงานร่วมกับภาษา HTML และภาษา Java ได้ทั้งทางฝั่งไคลเอนต์และฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (สมบูรณ์ พัฒน์ธีรพงศ์, 2554)

JavaScript เป็นเทคโนโลยีที่สคริปต์ทำงานบนฝั่งไคลเอนต์ (client side script) ซึ่งจะประมวลผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ ผ่านการทำงานบนเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งเว็บเบราว์เซอร์ได้ทำการรวมภาษา JavaScript และออปเจ็กต์ต่างๆ เตรียมไว้ให้แล้ว ทำให้ไม่ต้องมีการประมวลผลบนเครื่องเว็บเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งจะช่วยให้การทำงานได้รวดเร็ว เทคนิคการเขียนแบบ client side script นี้ทำให้สามารถสร้างเว็บเพจแบบไดนามิกได้ คือ เว็บเพจสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามเหตุการณ์ต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

2.7.4 ภาษา PHP

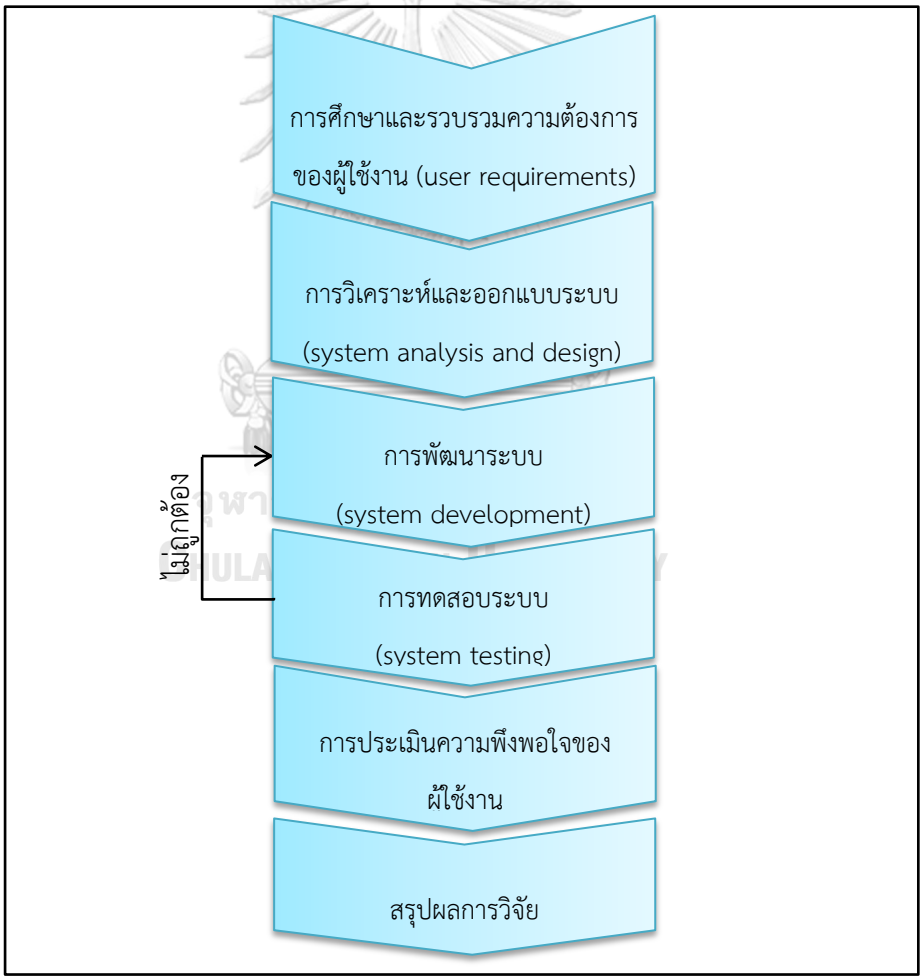
PHP (personal home page tool) หรือ PHP Hypertext Preprocessor เป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมบนเว็บไซต์ ในส่วนที่ใช้ในการคำนวณ ประมวลผล ทำตามคำสั่งต่างๆ เป็นต้น เป็นภาษาคอมพิวเตอร์จำพวก scripting language ที่ทำงานแบบ server side หรือ HTML-embedded scripting language คือ เทคโนโลยีที่สร้างจากสคริปต์ ให้ทำงานบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์ ไม่ส่งผลกับการทำงานของเครื่องลูกข่าย (พัชรา รักษาคม, 2559) โดยจะส่งผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลมาที่เครื่องของผู้ใช้ในรูปแบบของ HTML สามารถใช้สร้างเว็บเพจแบบที่มีการตอบสนองตามความต้องการของผู้ใช้ (dynamic) ซึ่งอยู่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน

PHP มีความสามารถทำงานร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูลได้หลากหลาย ฐานข้อมูลที่รองรับการทำงานของ PHP เช่น Oracle dBase PostgreSQL MySQL SQLServer เป็นต้น และยังรองรับ ODBC (open database connection) ซึ่งเป็นมาตรฐานของการเชื่อมต่อฐานข้อมูลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายอีกด้วย โดยการใช้งานสามารถเขียนคำสั่ง PHP ไว้ในเว็บเพจร่วมกับคำสั่งของ HTML ได้ โดยสร้างไฟล์ที่มีนามสกุล .php .php3 หรือ .php4

บทที่ 3

การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

การศึกษานี้เป็นการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บเพื่อช่วยสนับสนุน วิเคราะห์และตัดสินใจ การจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาค ผู้วิจัยได้เลือกใช้ใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิดในการพัฒนาระบบ มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังภาพที่ 13 โดยในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการการศึกษารวบรวมความต้องการของผู้ใช้งาน และการวิเคราะห์ ออกแบบระบบ ส่วนขั้นตอนการพัฒนาระบบ ทดสอบระบบ และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จะกล่าวในบทที่ 4 และการสรุปผลการวิจัย จะกล่าวในบทที่ 5 ตามลำดับ



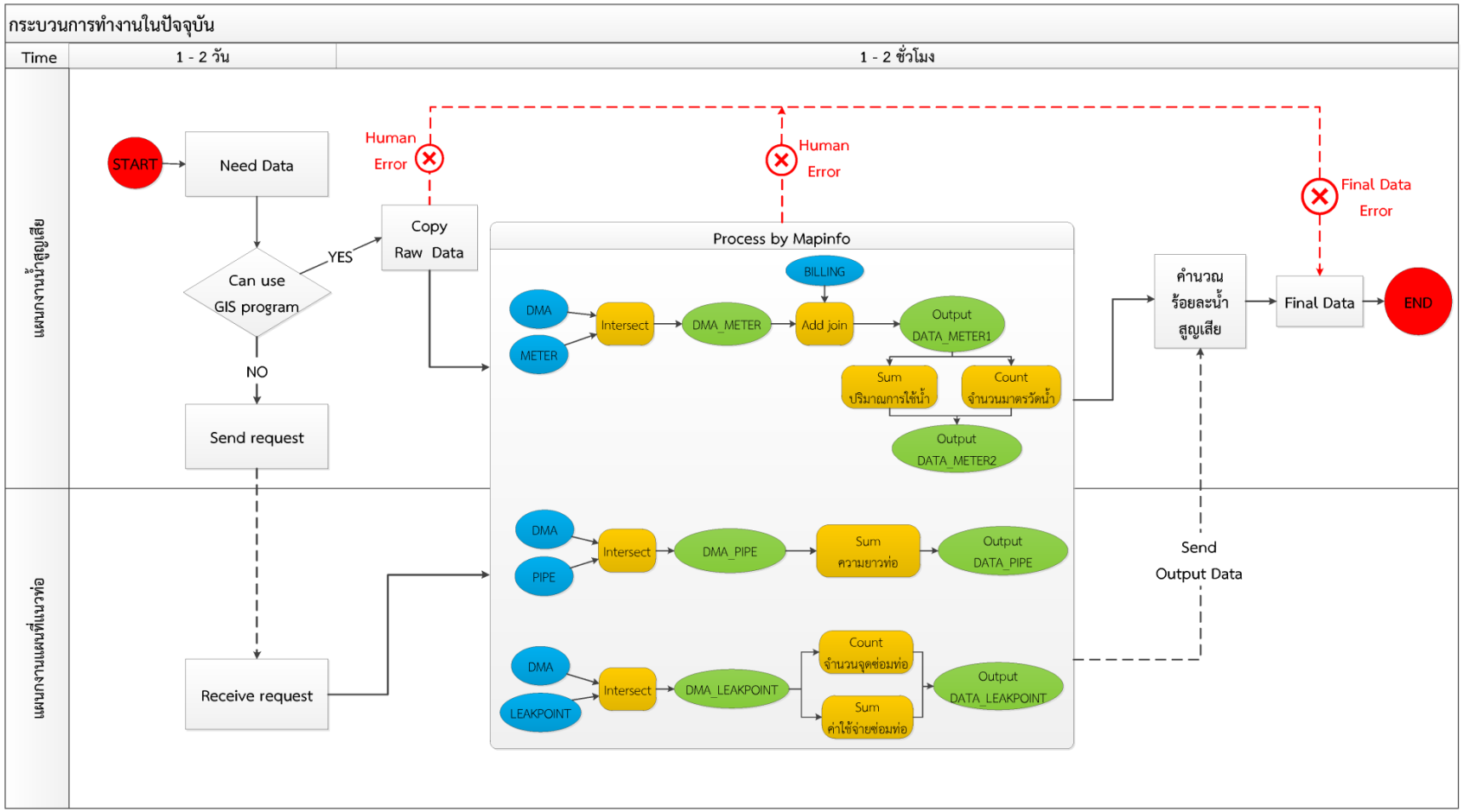
ภาพที่ 13 ขั้นตอนการดำเนินงานในการพัฒนาระบบ

3.1 การศึกษาและรวบรวมความต้องการของผู้ใช้งาน (user requirements)

3.1.1 กระบวนการทำงานในปัจจุบัน

กระบวนการทำงานในปัจจุบัน ดังแสดงในภาพที่ 14 มีแผนกงานที่เกี่ยวข้อง 2 แผนกงาน คือ แผนกงานน้ำสูญเสีย และแผนกงานแผนที่แนวท่อ เริ่มต้นจากแผนกงานน้ำสูญเสียซึ่งเป็นผู้ต้องการข้อมูล ถ้าหากผู้ต้องการข้อมูลไม่สามารถใช้งานโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ติดตั้งบนเดสก์ท็อปได้ จะส่งคำร้องขอมาที่แผนกงานแผนที่แนวท่อให้จัดการข้อมูล แต่ถ้าหากผู้ต้องการข้อมูลสามารถใช้งานโปรแกรมได้ ก็จะดำเนินการคัดลอกข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ แล้วจัดการข้อมูลที่ต้องการด้วยตัวเอง ซึ่งในกระบวนการจัดการข้อมูลมีกระบวนการหลายขั้นตอน เช่น เมื่อผู้ใช้งานต้องการทราบปริมาณการใช้น้ำในแต่ละขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย จะต้องดำเนินการ ดังนี้ นำขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อยมาเลือกมาตรวัดน้ำ เพื่อแยกมาตรวัดน้ำออกเป็นแต่ละขอบเขต จากนั้นทำการเชื่อมโยงกับข้อมูลการเรียกเก็บเงิน (billing) เพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของมาตรวัดน้ำแต่ละตัว แล้วจึงนำข้อมูลมานับจำนวนผู้ใช้น้ำ และหาผลรวมปริมาณการใช้น้ำของขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย เป็นต้น ในกระบวนการจัดการข้อมูลนี้ อาจมีข้อผิดพลาดเกินขึ้นได้เสมอ เช่น การคัดลอกข้อมูลผิดพลาด การเชื่อมโยงข้อมูลผิดพลาด เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ผลลัพธ์ของข้อมูลไม่ถูกต้อง ส่งผลกระทบต่อการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไปได้ ทั้งนี้ จากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดของกระบวนการทำงาน ต้องใช้ระยะเวลารวมแล้วหลายวัน หลายชั่วโมง ในการดำเนินงานแต่ละครั้ง นับเป็นปัญหาสำคัญของการทำงานในปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 14 กระบวนการทำงานในปัจจุบัน

3.1.2 ความต้องการใช้งานในรูปแบบใหม่

การสำรวจความต้องการของผู้ใช้งานในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบงาน ได้แก่ ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน สิ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์บุคลากรที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานการบริหารจัดการควบคุมลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาค จำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้อำนวยการกองระบบจำหน่าย หัวหน้างานน้ำสูญเสีย และพนักงานในสังกัด มีรายละเอียด ดังนี้

3.1.2.1 functional requirement คือ ความต้องการหลักของระบบ ได้แก่

- เป็นระบบที่เรียกใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์
- ข้อมูลที่ต้องการให้แสดงบนแผนที่
- เครื่องมือจัดการแผนที่ที่ต้องการ
- ฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูล
- คุณสมบัติอื่นๆ เช่น การ export รายงาน

3.1.2.2 non-functional requirement คือ ความต้องการอื่นๆ ที่ไม่ได้เป็นฟังก์ชันหลักของระบบ แต่เป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดคุณภาพในการทำงานของระบบ เช่น การออกแบบลักษณะหน้าเว็บที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้ง่ายและสะดวกในการใช้เครื่องมือต่างๆ ความรวดเร็วในการทำงานของระบบ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการสำรวจความต้องการ พบว่า บุคลากรในหน่วยงานมีความต้องการข้อมูลเพื่อช่วยสนับสนุน วิเคราะห์ และตัดสินใจในการจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาค ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอรรถาธิบายจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ กระบวนการทำงานในปัจจุบันมีข้อจำกัดเรื่องการใช้งานโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีความซับซ้อน หลายขั้นตอน และใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานมาก เพื่อให้การทำงานมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น บุคลากรในหน่วยงานจึงต้องการระบบที่ช่วยแก้ไขปัญหาเหล่านี้ ต้องเป็นระบบที่สามารถใช้งานได้ง่าย ใช้เวลาไม่นานในการได้มาของข้อมูล โดยข้อมูลที่ต้องการให้แสดงบนแผนที่ คือ ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานลดน้ำสูญเสีย ของการประปาส่วนภูมิภาค ต้องการเครื่องมือจัดการแผนที่ที่มีความสามารถใกล้เคียงกับเครื่องมือบนโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ติดตั้งบนเดสก์ท็อป และต้องการฟังก์ชันการทำงานที่สามารถระบุข้อมูล สอบถามข้อมูล สืบค้นข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ

การบริหารจัดการลดน้ำสูญเสีย ได้แก่ ข้อมูลความยาวท่อแต่ละประเภท แต่ละขนาด ข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีปริมาณการใช้น้ำผิดปกติ ข้อมูลสถิติการซ่อมท่อ ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำย้อนหลัง และข้อมูลร้อยละน้ำสูญเสียในแต่ละขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนี้มาวิเคราะห์และพัฒนาระบบต่อไป

3.2 การวิเคราะห์ระบบ (system analysis)

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลความต้องการของผู้ใช้งานนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบ โดยจะพัฒนาระบบให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อสนับสนุนการวางแผนและจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาค ดังนี้

3.2.1 ส่วนโครงสร้างหน้าเว็บ หรือส่วนต่อประสานผู้ใช้แบบกราฟิก (graphic user interface) คือ องค์ประกอบของหน้าเว็บไซต์ที่จัดทำขึ้น ประกอบด้วย ส่วนแสดงชื่อเรื่องแสดงฟังก์ชันต่างๆ ส่วนแสดงเครื่องมือจัดการแผนที่ ส่วนแผนที่ ส่วนแสดงรายการชั้นข้อมูลแผนที่ และส่วนแสดงการอ้างอิงสิทธิ์ โดยส่วนแผนที่จะเป็นส่วนที่ใช้พื้นที่มากที่สุดบนหน้าเว็บ เพื่อให้สามารถมองเห็นข้อมูลได้ชัดเจน

3.2.2 ส่วนฟังก์ชัน เป็นส่วนสำคัญของเว็บ มีการพัฒนาให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อช่วยแก้ปัญหากระบวนการทำงานในปัจจุบันซึ่งมีความยุ่งยากและซับซ้อน ในการบริหารจัดการลดน้ำสูญเสียมีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลในด้านต่างๆ มาวิเคราะห์ เนื่องจากการเกิดน้ำสูญเสียมีปัจจัยหลายอย่าง ข้อมูลที่สามารถนำมาช่วยในการวิเคราะห์และตัดสินใจในการจัดการลดน้ำสูญเสียมีรายละเอียด ดังนี้

ข้อมูลแนวท่อ ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำสูญเสีย คือ อายุการใช้งานของท่อ คุณภาพของท่อ วัสดุที่ผลิตท่อ ท่อบางประเภทไม่มีความยืดหยุ่น เปราะง่าย หรือมีอายุการใช้งานมานาน เป็นปัจจัยเสี่ยงทำให้ท่อแตกรั่วได้ง่าย เกิดเป็นน้ำสูญเสีย หากมีข้อมูลรายละเอียดข้อมูลแนวท่อที่มีระบุประเภทท่อ ขนาดท่อ ความยาวท่อ และอายุการใช้งาน จะเป็นประโยชน์สำหรับวางแผนงานและกำหนด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

งบประมาณในการเปลี่ยนท่อใหม่แทนท่อเดิมเพื่อปรับปรุงระบบท่อจ่ายน้ำ เพื่อลดการเกิดน้ำสูญเสียได้

ข้อมูลมาตรวัดน้ำที่ผิดปกติ คือ มาตรวัดน้ำที่มีพฤติกรรมการใช้น้ำเปลี่ยนไปจากเดิม หรือไม่มีการใช้น้ำเลยในเดือนนั้นๆ หรือหลายเดือนติดต่อกัน แสดงให้เห็นถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้น เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดน้ำสูญเสียได้ เนื่องจาก การที่มาตรวัดน้ำผิดปกติ สาเหตุอาจเกิดจากผู้ใช้น้ำไม่ได้ใช้น้ำจริงๆเกิดจากการขโมยใช้น้ำ เกิดจากมาตรวัดน้ำชำรุดไม่ทำงาน หรือมาตรวัดน้ำมีการทำงานผิดปกติ เดินช้ากว่าความเป็นจริง มีการอ่านค่าคลาดเคลื่อน การวัดปริมาณการใช้น้ำจึงไม่ถูกต้อง ทำให้การประปาส่วนภูมิภาคเก็บค่าน้ำไม่ได้ตามจริง หากมีข้อมูลรายละเอียดมาตรวัดน้ำที่ผิดปกติ จะทำให้เจ้าหน้าที่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง สามารถลงไปตรวจสอบได้ว่า สาเหตุที่แท้จริงคืออะไร นอกจากนี้สามารถนำข้อมูลมาจัดทำแผนการบำรุงรักษามาตรวัดน้ำได้อีกด้วย

ข้อมูลจุดซ่อมท่อ การประปาส่วนภูมิภาคมีการบันทึกตำแหน่งการซ่อมท่อ และมีรายละเอียดราคาซ่อมท่อระบุไว้ ซึ่งจะช่วยให้สามารถนำข้อมูลมาหาสถิติการซ่อมท่อ และราคาค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นบนท่อ และภายในขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อยได้ เป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูลช่วยให้ทราบว่า ขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อยใดที่มีปัญหาท่อแตกมากที่สุด ท่อเส้นใดที่แตกรั่วบ่อยที่สุด สูญเสียงบประมาณในการซ่อมท่อไปมากน้อยแค่ไหน สามารถลำดับความสำคัญในการเลือกขอบเขตพื้นที่สำหรับปรับปรุงเส้นท่อ และเลือกเจาะจงได้ว่า ขอบเขตพื้นที่ใดมีความจำเป็นเร่งด่วนในการแก้ไขปัญหาน้ำสูญเสียก่อนหลัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

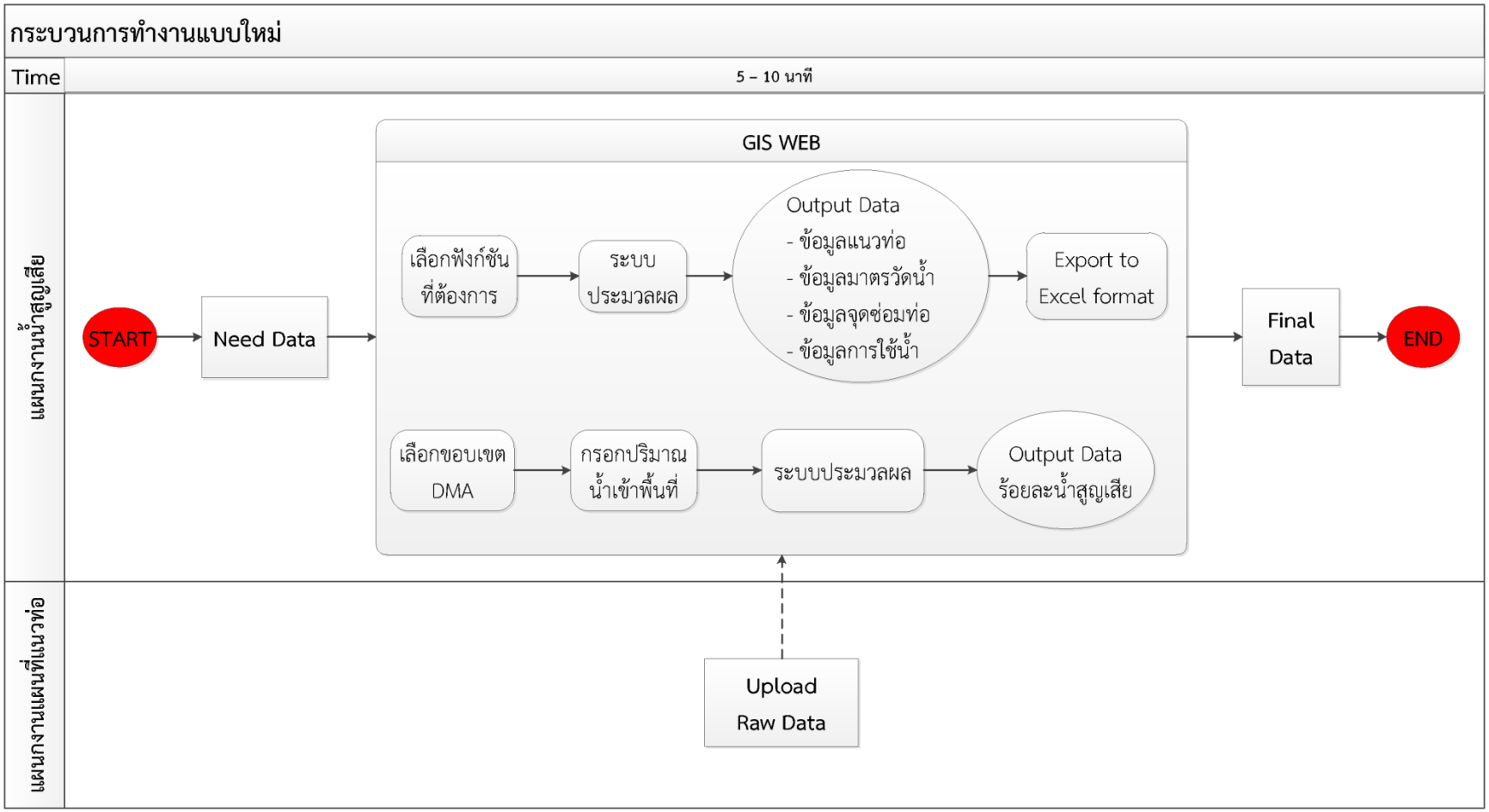
ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ ในการวิเคราะห์ข้อมูล จำเป็นต้องเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำเดือนปัจจุบัน ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย และปริมาณการใช้น้ำย้อนหลัง เพื่อให้เห็นภาพรวมการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ว่ามีค่าเพิ่มขึ้น หรือลดลงอย่างไร สามารถนำข้อมูลไปวางแผนควบคุมแรงดันน้ำ ให้มีความสอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ เนื่องจาก ถ้าหากกำหนดแรงดันน้ำไม่เหมาะสม มีค่าสูงเกินที่ท่อรองรับ จะส่งผลทำให้ท่อแตกเกิดเป็นน้ำสูญเสียได้

ข้อมูลน้ำสูญเสีย เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถคำนวณร้อยละน้ำสูญเสียในแต่ละขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย และแสดงข้อมูลพื้นฐานในขอบเขตนั้นๆได้

3.2.3 ส่วนการแสดงผลลัพธ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลต่างๆ จะมีการระบุชื่อขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อยไว้ด้วย โดยแสดงผลลัพธ์การออกมาในรูปแบบตาราง โดยที่ผู้ใช้งานสามารถคัดลอก และส่งออกผลลัพธ์ตารางในรูปแบบ excel ได้ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปประกอบการทำรายงาน การของบประมาณซ่อมท่อได้สะดวกและรวดเร็ว

จากการวิเคราะห์ระบบดังกล่าว ขั้นตอนการทำงานแบบใหม่ที่จะพัฒนา จะเป็นดังแสดงในภาพที่ 15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 15 กระบวนการทำงานแบบใหม่

3.3 การออกแบบระบบ (system design)

จากการวิเคราะห์ระบบแสดงให้เห็นข้อมูลที่มีความจำเป็นในการวิเคราะห์ วางแผนและจัดการลดน้ำสูญเสีย ในด้านต่างๆ สามารถนำมาออกแบบระบบให้มีความสอดคล้องกับความต้องการ โดยออกแบบส่วนต่างๆ ได้แก่ การออกแบบฐานข้อมูล การออกแบบสถาปัตยกรรม การออกแบบส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ และการออกแบบฟังก์ชันการทำงาน

3.3.1 การออกแบบฐานข้อมูล ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการดำเนินงาน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

3.3.1.1 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของการประปาส่วนภูมิภาค จำนวน 6 ชั้นข้อมูล ได้แก่ ชั้นข้อมูลท่อประปา ชั้นข้อมูลประตูน้ำ ชั้นข้อมูลหัวดับเพลิง ชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำ ชั้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ และชั้นข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสำนักงานประปา โดยนำข้อมูลจากงานแผนที่แนวท่อ การประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 ซึ่งแต่ละชั้นข้อมูลมีรายละเอียดข้อมูล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของการประปาส่วนภูมิภาค

ลำดับ	ชื่อชั้นข้อมูล (ไทย)	ชื่อชั้นข้อมูล (อังกฤษ)	ประเภทข้อมูล
1	ท่อประปา	PIPE	LINE
2	ประตูน้ำ	VALVE	POINT
3	หัวดับเพลิง	FIREHYDRANT	POINT
4	มาตรวัดน้ำ	METER	POINT
5	จุดซ่อมท่อ	LEAKPOINT	POINT
6	ที่ตั้งสำนักงานประปา	PWA WATERWORKS	POINT

จากข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของการประปาส่วนภูมิภาคทั้ง 6 ชั้นข้อมูล มีจำนวน 2 ชั้นข้อมูลที่มีการเชื่อมโยงข้อมูลกัน คือ ชั้นข้อมูลท่อประปาและชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำ มีความสัมพันธ์กันในลักษณะ one to many คือ ท่อ 1 เส้นจะใช้สำหรับมาตรวัดน้ำได้หลายตัว ในขณะที่ชั้นข้อมูลอื่นเป็นอิสระต่อกัน

3.3.1.2 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการลดน้ำสูญเสีย ได้แก่ ชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย และชั้นข้อมูลตำแหน่งตู้ DMA โดยนำข้อมูลจากงานน้ำสูญเสียการประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 มีรายละเอียดข้อมูลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการลดน้ำสูญเสีย

ลำดับ	ชื่อชั้นข้อมูล (ไทย)	ชื่อชั้นข้อมูล (อังกฤษ)	ประเภทข้อมูล
1	ขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย	DMA	POLYGON
2	ตำแหน่งตู้ DMA	DMA_STATION	POINT

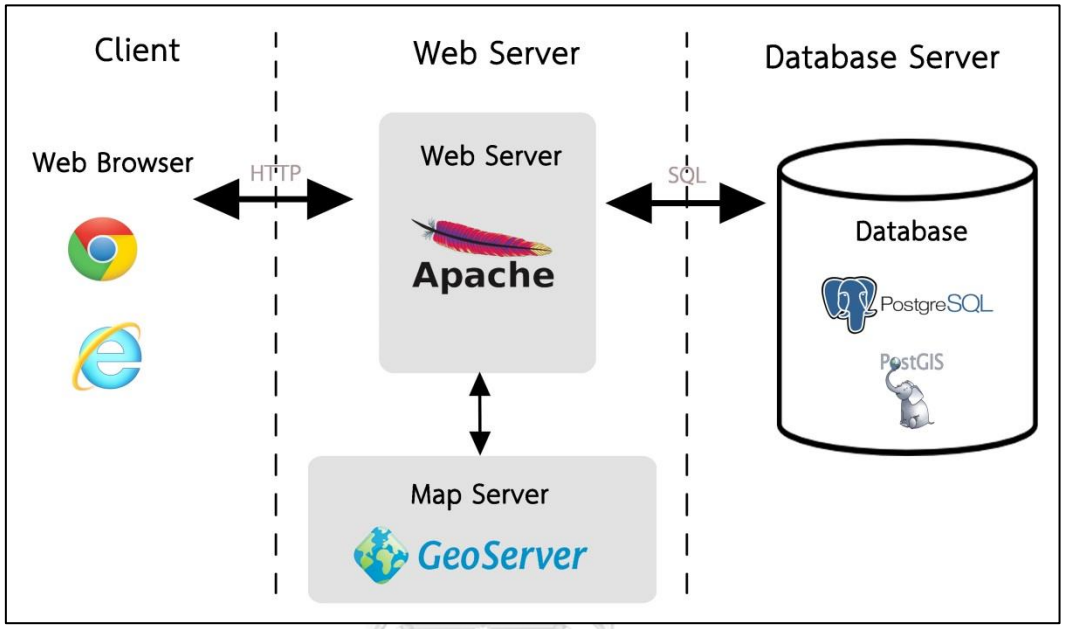
จากข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการลดน้ำสูญเสีย จำนวน 2 ชั้นข้อมูล คือ ชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย และชั้นข้อมูลตำแหน่งตู้ DMA มีความสัมพันธ์กันในลักษณะ one to one คือ 1 ขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อยจะมีตู้ DMA เพียง 1 ตู้

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการดำเนินงานรวมทั้งหมด 8 ชั้นข้อมูล มาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ด้วยวิธีตรวจสอบทอพอลอยี ซึ่งเป็นกระบวนการสร้างโครงสร้างข้อมูลให้มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่โดยแสดงการเชื่อมต่อ (connectivity) และการอยู่ชิดกัน (adjacency) ของข้อมูล ประกอบด้วย การเชื่อมต่อกันของเส้นท่อประปา รูปหลายเหลี่ยมของขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อยที่อยู่ติดกัน การ snap กันระหว่างข้อมูลประเภท point ได้แก่ ชั้นข้อมูลประตูน้ำ ชั้นข้อมูลหัวดับเพลิง และชั้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ) และข้อมูลประเภท line ได้แก่ ชั้นข้อมูลท่อประปา จากนั้นนำเข้าข้อมูลใส่โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL แล้วทำการเรียกข้อมูลทั้งหมดเข้าสู่โปรแกรม Geoserver โดยผู้วิจัยได้ทำการกำหนดรูปแบบสัญลักษณ์ ขนาดสัญลักษณ์ ให้ตรงตามมาตรฐานของการประปาส่วนภูมิภาค สำหรับพจนานุกรมข้อมูล (data dictionary) แสดงไว้ในภาคผนวก ก.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.2 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ

สถาปัตยกรรมของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วน client ส่วน web server และส่วน database server ดังแสดงในภาพที่ 16

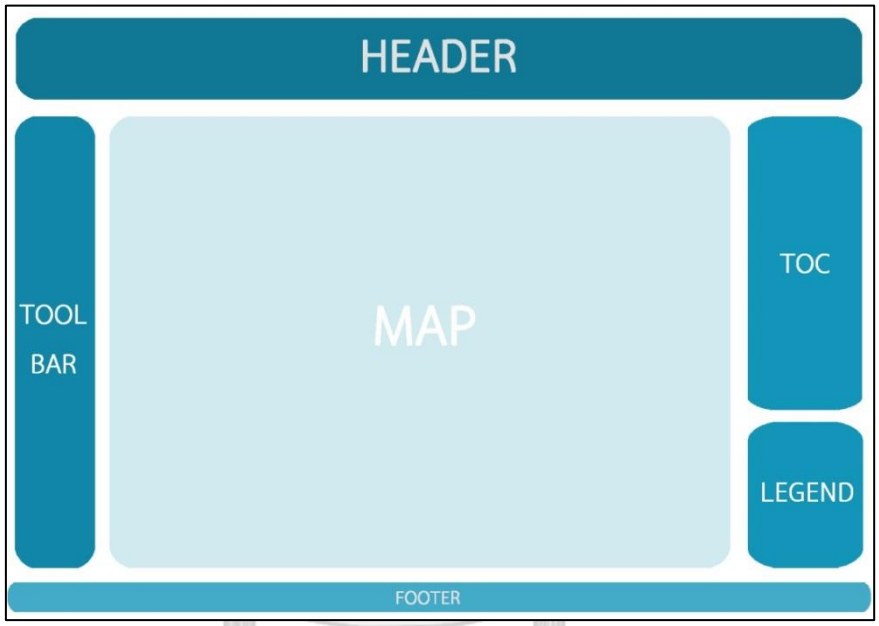


ภาพที่ 16 สถาปัตยกรรมของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

จากภาพ สถาปัตยกรรมของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนไคลเอ็นต์ เป็นส่วนต่อประสานผู้ใช้ ซึ่งเรียกใช้งานผ่านเว็บบราว์เซอร์ เช่น Internet Explorer Google Chrome เป็นต้น เพื่อส่งคำร้องขอข้อมูลผ่าน HTTP ไปยังส่วนที่ 2 คือ ส่วน เว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ทำหน้าที่ให้บริการ ประมวลผลข้อมูล จัดการคำร้องขอของผู้ใช้ไปยัง map server ซึ่งเป็นส่วนสร้างภาพแผนที่โดยใช้ซอฟต์แวร์ Geoserver และเชื่อมต่อกับส่วนที่ 3 คือ database server เป็นส่วนที่จัดเก็บข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบโดยซอฟต์แวร์ PostgreSQL และ PostGIS

3.3.3 การออกแบบส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (graphic user interface)

การออกแบบส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ของระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสีย ได้ออกแบบโครงสร้างหน้าเว็บให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้ง่าย เลือกเปิดปิดชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้สะดวก สามารถมองเห็นแผนที่ได้ชัดเจน และเลือกใช้ฟังก์ชันต่างๆ ได้โดยง่าย ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ลักษณะโครงสร้างหน้าเว็บในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากภาพที่ 17 แสดงให้เห็นองค์ประกอบบนหน้าเว็บของระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสีย ประกอบด้วย 6 ส่วน ดังนี้

1) ส่วน HEADER อยู่ด้านบนสุดของหน้าเว็บ เป็นส่วนที่แสดงชื่อเรื่องและฟังก์ชันต่างๆ ได้แก่ ฟังก์ชันค้นหาข้อมูล ฟังก์ชันสืบค้นข้อมูลแนวท่อ ฟังก์ชันสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่ผิดปกติ ฟังก์ชันสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ ฟังก์ชันสืบค้นข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ และฟังก์ชันสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย

2) ส่วน TOOLBAR อยู่ด้านซ้ายของหน้าเว็บ คือ ส่วนที่แสดงเครื่องมือจัดการแผนที่ ได้แก่ เครื่องมือย่อ-ขยายแผนที่ (zoom in - zoom out) เครื่องมือกลับไปที่หน้าแผนที่หลัก (home) เครื่องมือย้อนหน้าแผนที่ไปข้างหน้า – ย้อนไปข้างหลัง (go forward map view– go back map view) เครื่องมือบันทึกหน้าแผนที่ (bookmarks) เครื่องมือวัดระยะทาง และวัดพื้นที่ (measure distances and areas) และเครื่องมือค้นหาสถานที่สำคัญ

3) ส่วน MAP อยู่ตรงกลางของหน้าเว็บ คือ ส่วนที่แสดงข้อมูลแผนที่ และผลลัพธ์จากฟังก์ชันต่างๆ

4) ส่วน Table of Content: TOC อยู่ด้านขวามือของหน้าเว็บ คือ ส่วนแสดงรายการชั้นข้อมูลแผนที่ แบ่งเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย

4.1) ข้อมูลแผนที่ฐาน (base map) ผู้วิจัยได้ออกแบบให้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บแสดงแผนที่ฐาน 3 รูปแบบ ประกอบด้วย แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียมไทยโชติ แผนที่ถนน OpenStreetMAP แบบสี และแผนที่ถนน OpenStreetMAP แบบขาวดำ นอกจากนี้ ผู้ใช้ยังสามารถเลือกได้ว่าจะให้แสดงข้อมูลแผนที่ฐานหรือไม่ก็ได้

4.2) ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผู้วิจัยได้กำหนดให้มีการแสดงชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ ชั้นข้อมูลท่อ ชั้นข้อมูลประตูน้ำ ชั้นข้อมูลหัวดับเพลิง ชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำ ชั้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ ชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย และชั้นข้อมูลตำแหน่งตู้ขอบเขตจ่ายน้ำย่อย โดยผู้ใช้สามารถเลือกเปิด ปิดชั้นข้อมูลได้ตามความต้องการ

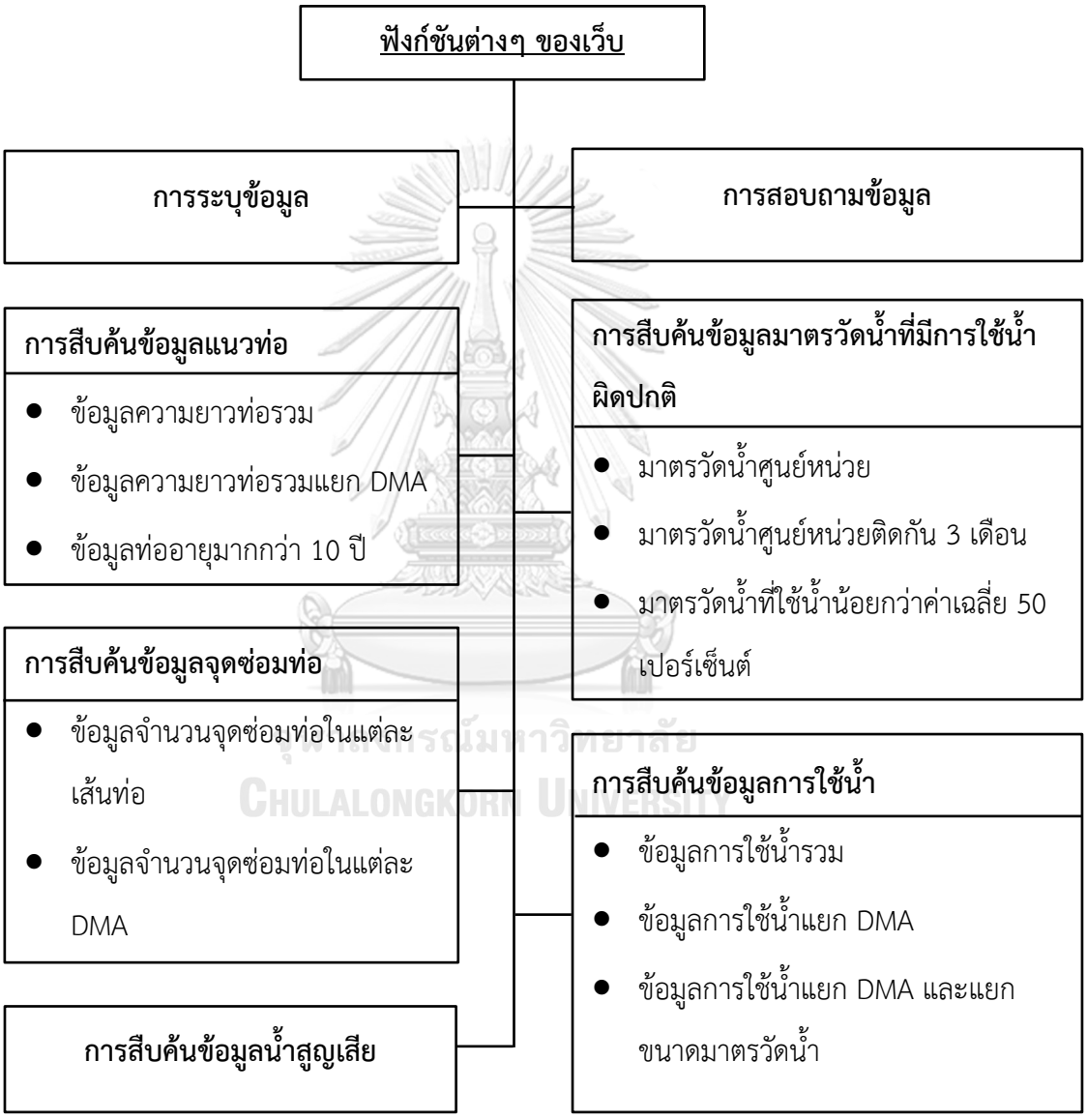
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5) ส่วน LEGEND อยู่บริเวณมุมขวาล่างของหน้าเว็บ เป็นส่วนแสดงคำอธิบายสัญลักษณ์ ผู้วิจัยได้กำหนดให้มีการแสดงคำอธิบายสัญลักษณ์ตามมาตรฐานของการประปาส่วนภูมิภาค

6) ส่วน FOOTER อยู่ด้านล่างสุดของหน้าเว็บ เป็นส่วนที่แสดงการอ้างอิงสิทธิ์เมื่อเลือกใช้แผนที่ฐานรูปแบบต่างๆ

3.3.4 การออกแบบฟังก์ชันการทำงาน

จากการรวบรวมข้อมูลทั้งหมด ผู้วิจัยได้ออกแบบฟังก์ชันการทำงานให้ครอบคลุมตรงตามความต้องการ ประกอบด้วยฟังก์ชันหลักและฟังก์ชันย่อย ดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ฟังก์ชันหลักและฟังก์ชันย่อยของเว็บ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.4.1 ฟังก์ชันการระบุข้อมูล (identify) เป็นเครื่องมือที่ใช้เมื่อผู้ใช้งานต้องการทราบว่า รูปร่างที่ปรากฏอยู่บนแผนที่นั้นคืออะไร โดยผู้ใช้งานสามารถคลิกบนรูปร่างที่ต้องการทราบข้อมูล จากนั้นระบบจะแสดงหน้าต่างที่แสดงข้อมูลอรรถาธิบายขึ้นมาโดยอัตโนมัติ ชั้นข้อมูลที่สามารถคลิกเพื่อระบุข้อมูลได้ คือ ชั้นข้อมูลท่อประปา ชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำ และชั้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ มีรายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายละเอียดการแสดงข้อมูลอรรถาธิบายของชั้นข้อมูลท่อประปา มาตรวัดน้ำ และจุดซ่อมท่อ

ชื่อชั้นข้อมูล	**ข้อมูลอรรถาธิบายที่แสดง**	
ท่อประปา	PIPE_ID	รหัสท่อประปา
	PROJECT_NO	เลขที่สัญญา
	PIPE_TYPE	ชนิดของท่อประปา
	PIPE_SIZE	ขนาดท่อ (ม.ม.)
	PIPE_FUNC	หน้าที่ของท่อ
	LONG	ความยาวท่อ (ม.)
	YEARINSTALL	ปีพ.ศ.ที่ทำการวางท่อ
	LOCATE	บริเวณที่วางท่อ
มาตรวัดน้ำ	PIPE_ID	รหัสเส้นท่อที่ใช้น้ำ
	CUSTCODE	เลขที่ผู้ใช้น้ำ
	CUSTNAME	ชื่อผู้ใช้น้ำ+นามสกุล
	METERNO	หมายเลขมิเตอร์
	MTRMKCODE	รหัสยี่ห้อมิเตอร์
	METERSIZE	รหัสขนาดมิเตอร์
	BGNCUSTDT	วันที่เป็นผู้ใช้น้ำ
	BGNMTRDT	วันที่เริ่มใช้มิเตอร์
	CUSTADDR	ที่อยู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 (ต่อ) รายละเอียดการแสดงข้อมูลอรรถาธิบายของชั้นข้อมูลท่อประปา มาตรวัดน้ำ และจุดซ่อมท่อ

ชื่อชั้นข้อมูล	ข้อมูลอรรถาธิบายที่แสดง	
จุดซ่อมท่อ	LEAK_ID	รหัส
	LEAK_NO	เลขที่คำสั่งงานซ่อมท่อ
	LEAKDATE	รับแจ้งเมื่อวันที่
	LEAKTIME	รับแจ้งเมื่อเวลา
	LOCATE	สถานที่อ้างอิงจุดซ่อม
	LEAKCAUSE	สาเหตุที่ท่อรั่ว
	REPAIRBY	ผู้ซ่อม
	REPAIRCOST	ค่าใช้จ่ายงานซ่อม
	REPAIRDATE	วันที่ซ่อมเสร็จ
	REPAIRTIME	เวลาที่ซ่อมเสร็จ

3.3.4.2 ฟังก์ชันการสอบถามข้อมูล (ad-hoc query) เป็นเครื่องมือที่ใช้เมื่อผู้ใช้งานต้องการทราบว่า ตำแหน่งของข้อมูลอยู่บริเวณใด ผู้ใช้งานสามารถคลิกเลือกฟังก์ชันสอบถามข้อมูลบริเวณส่วน header ด้านบนของหน้าเว็บ ระบบจะแสดงแถบด้านข้างฝั่งซ้ายของหน้าเว็บขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้งานป้อนข้อมูลลงในช่องค้นหาช่องใดช่องหนึ่ง จากนั้นระบบจะซูมไปยังตำแหน่งของข้อมูลนั้นๆ บนหน้าแผนที่ ชั้นข้อมูลที่ผู้ใช้งานสามารถสอบถามข้อมูลได้ คือ ชั้นข้อมูลท่อประปา ค้นหาได้จากรหัสท่อประปา ชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำค้นหาได้จากเลขที่ผู้ใช้น้ำ หรือชื่อผู้ใช้น้ำ และชั้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ ค้นหาได้จากเลขที่ใบงานซ่อมท่อ

3.3.4.3 ฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลแนวท่อ เป็นเครื่องมือสำหรับเรียกดูรายละเอียดเกี่ยวกับแนวท่อประปาทั้งหมด แบ่งออกเป็นฟังก์ชันย่อย 3 ฟังก์ชัน ได้แก่ ข้อมูลความยาวท่อรวม ระบบจะแสดงรายละเอียดของเส้นท่อแต่ละประเภทเส้นท่อ ขนาดท่อ และคำนวณความยาวท่อ ข้อมูลความยาวท่อรวมแยกขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย ระบบจะเพิ่มการแสดงผลแบบแยกขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย และข้อมูลอายุท่อที่มีการใช้งานมากกว่า 10 ปี ระบบจะเลือกเส้นท่อที่มีอายุการใช้

งานมากกว่า 10 ปี โดยแสดงรายละเอียดรหัสเส้นท่อ ปีพุทธศักราชที่วางท่อ ประเภทเส้นท่อ ขนาดท่อ และคำนวณความยาวท่อออกมาให้

3.3.4.4 ฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ เป็นเครื่องมือสำหรับเรียกดูข้อมูลมาตรวัดน้ำ โดยเจาะจงไปที่ปริมาณการใช้น้ำของมาตรวัดน้ำแต่ละตัว ระบบจะทำการเชื่อมโยงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์กับข้อมูลเรียกเก็บเงิน (billing) เพื่อดึงข้อมูลปริมาณการใช้น้ำออกมาแสดง ระบบมีการกำหนดเงื่อนไขที่แตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 3 ฟังก์ชันย่อย ได้แก่ มาตรวัดน้ำที่มีปริมาณการใช้น้ำ 0 หน่วย เดือนปัจจุบัน มาตรวัดน้ำที่มีปริมาณการใช้น้ำ 0 หน่วย ติดกัน 3 เดือน และมาตรวัดน้ำที่มีปริมาณการใช้น้ำเดือนปัจจุบัน น้อยกว่า ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย ร้อยละ 50 ซึ่งรายละเอียดที่ระบบแสดงข้อมูลออกมาในแต่ละเงื่อนไข ประกอบด้วย ชื่อขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย เลขที่ผู้ใช้น้ำ ชื่อผู้ใช้น้ำ ที่อยู่ผู้ใช้น้ำ ประเภทผู้ใช้น้ำ เลขมาตรวัดน้ำ ยี่ห้อมาตรวัดน้ำ และขนาดมาตรวัดน้ำ

3.3.4.5 ฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ คือ เครื่องมือสำหรับเรียกดูสถิติการซ่อมท่อ แบ่งออกเป็น 2 ฟังก์ชันย่อย ได้แก่ ข้อมูลจำนวนจุดซ่อมท่อแต่ละเส้นท่อ ระบบจะใช้คำสั่ง intersect เพื่อหาจุดซ่อมท่อที่ซ้อนทับกับท่อเส้นนั้นๆ แล้วเรียกข้อมูลเพื่อแสดงรายละเอียดรหัสเส้นท่อ ประเภทท่อ ขนาดท่อ ความยาวท่อ ปีพุทธศักราชที่วางท่อ นับจำนวนจุดซ่อมท่อที่เกิดขึ้นในท่อ และคำนวณผลรวมราคาซ่อมท่อ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบข้อมูลก่อนการนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาระบบ ให้จุดซ่อมท่อทุกจุดต้องเชื่อมต่อ (snap) กับเส้นท่อนั้นๆ ส่วนข้อมูลจำนวนจุดซ่อมท่อในขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย ระบบจะนับจำนวนจุดซ่อมท่อที่เกิดขึ้นในขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อยนั้นๆ แล้วแสดงรายละเอียดชื่อขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย พร้อมทั้งคำนวณผลรวมราคาซ่อมท่อ

3.3.4.6 ฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ เป็นเครื่องมือสำหรับเปรียบเทียบและดูข้อมูลการใช้น้ำในแต่ละเดือน แบ่งเป็น 3 ฟังก์ชันย่อย คือ ข้อมูลการใช้น้ำรวมทั้งสาขา ข้อมูลการใช้น้ำแยก DMA และข้อมูลการใช้น้ำแยก DMA และแยกขนาดมาตรวัดน้ำ เมื่อผู้ใช้งานเลือกฟังก์ชันย่อยตามที่ต้องการ ระบบจะแสดงข้อมูลปริมาณการใช้น้ำเดือนปัจจุบัน ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย และปริมาณการใช้น้ำย้อนหลัง 12 เดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.4.7 ฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย เมื่อผู้ใช้งานต้องการทราบข้อมูลน้ำสูญเสียแต่ละขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย สามารถคลิกเลือกฟังก์ชันสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย บริเวณส่วน header ด้านบนของหน้าเว็บ ระบบจะแสดงแถบด้านข้างฝั่งซ้ายของหน้าเว็บขึ้นมา เพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อยที่ต้องการ แล้วกรอกตัวเลขปริมาณน้ำที่เข้าพื้นที่ จากนั้นกดปุ่มคำนวณ ระบบจะแสดงตัวเลขร้อยละน้ำสูญเสียในแต่ละขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อยออกมาให้ โดยมีสูตรการคำนวณ คือ

$$\text{ร้อยละน้ำสูญเสีย} = \frac{(\text{ปริมาณน้ำที่เข้าพื้นที่} - \text{ปริมาณการใช้น้ำ}) * 100}{\text{ปริมาณน้ำที่เข้าพื้นที่}}$$

นอกจากนี้ ระบบยังแสดงข้อมูลพื้นฐานอื่นๆ ภายในขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อยด้วย เพื่อให้ผู้ใช้งานเห็นข้อมูลภาพรวมของพื้นที่จ่ายน้ำย่อยนั้น ประกอบด้วย

1) จำนวนผู้ใช้น้ำ แสดงผลจากการนับจำนวนมาตรวัดน้ำที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่

2) ความยาวท่อรวม แสดงผลจากการคำนวณผลรวมความยาวเส้นท่อที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่

3) ปริมาณการใช้น้ำเดือนปัจจุบัน แสดงผลจากการคำนวณผลรวมปริมาณการใช้น้ำเดือนปัจจุบันภายในในขอบเขตพื้นที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย แสดงผลจากการคำนวณผลรวมปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยในรอบ 12 เดือนภายในในขอบเขตพื้นที่

5) ร้อยละน้ำสูญเสียต่อความยาวท่อรวม แสดงผลจากการใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

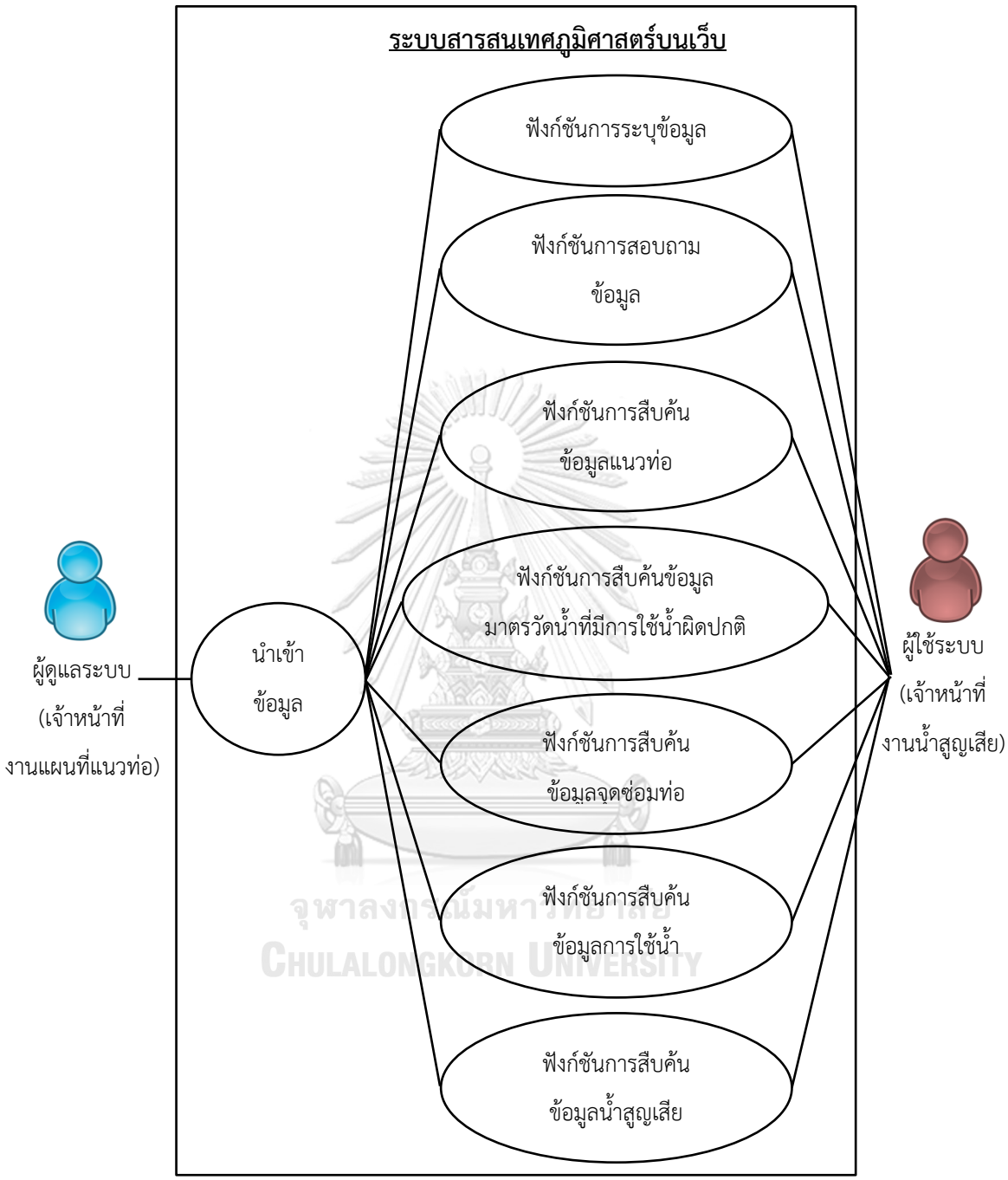
$$\text{ร้อยละน้ำสูญเสียต่อความยาวท่อ 1 กิโลเมตร} = \frac{\text{ร้อยละน้ำสูญเสีย}}{\text{ความยาวท่อรวมในขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย}}$$

จากการออกแบบฟังก์ชันการทำงานของระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาค พบว่า มีผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบ 2 กลุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 19 มีรายละเอียด ดังนี้

1) ผู้ดูแลระบบ ได้แก่ เจ้าหน้าที่แผนกงานแผนที่แนวท่อ ซึ่งเป็นเจ้าของข้อมูล สามารถจัดการข้อมูลต่างๆ และมีหน้าที่นำเข้าข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้าสู่ระบบ โดยที่ผู้ดูแลระบบจะทำการนำเข้าข้อมูลที่อัพเดททุกเดือนเข้าสู่โปรแกรม PostgreSQL เพื่อให้ระบบดึงข้อมูลล่าสุดไปใช้แสดงผล

2) ผู้ใช้ระบบ ได้แก่ เจ้าหน้าที่แผนกงานน้ำสูญเสีย เป็นผู้ที่เข้ามาใช้งานระบบ ซึ่งมีฟังก์ชันให้เลือกใช้งาน ดังนี้ การระบุข้อมูล การสอบถามข้อมูล การสืบค้นข้อมูลแนวท่อ การสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ การสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ การสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ และการสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 19 ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบ

บทที่ 4

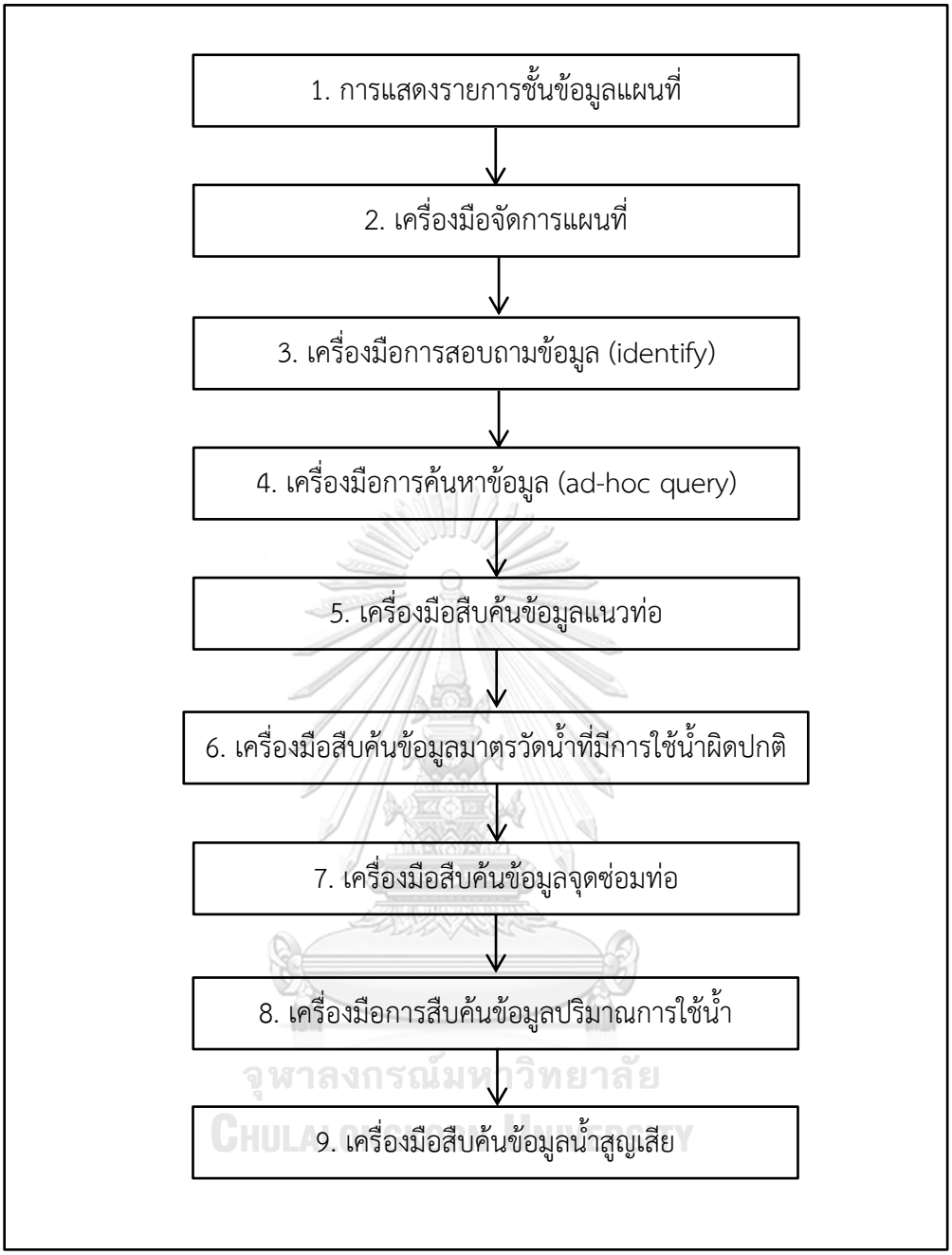
การพัฒนาและทดสอบระบบ

จากการศึกษารวบรวมความต้องการของผู้ใช้งาน และการวิเคราะห์ ออกแบบระบบในบทที่ 3 ขั้นตอนต่อไป คือ การพัฒนาระบบให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน ทดสอบระบบเพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่องมือและความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

4.1 การพัฒนาระบบ

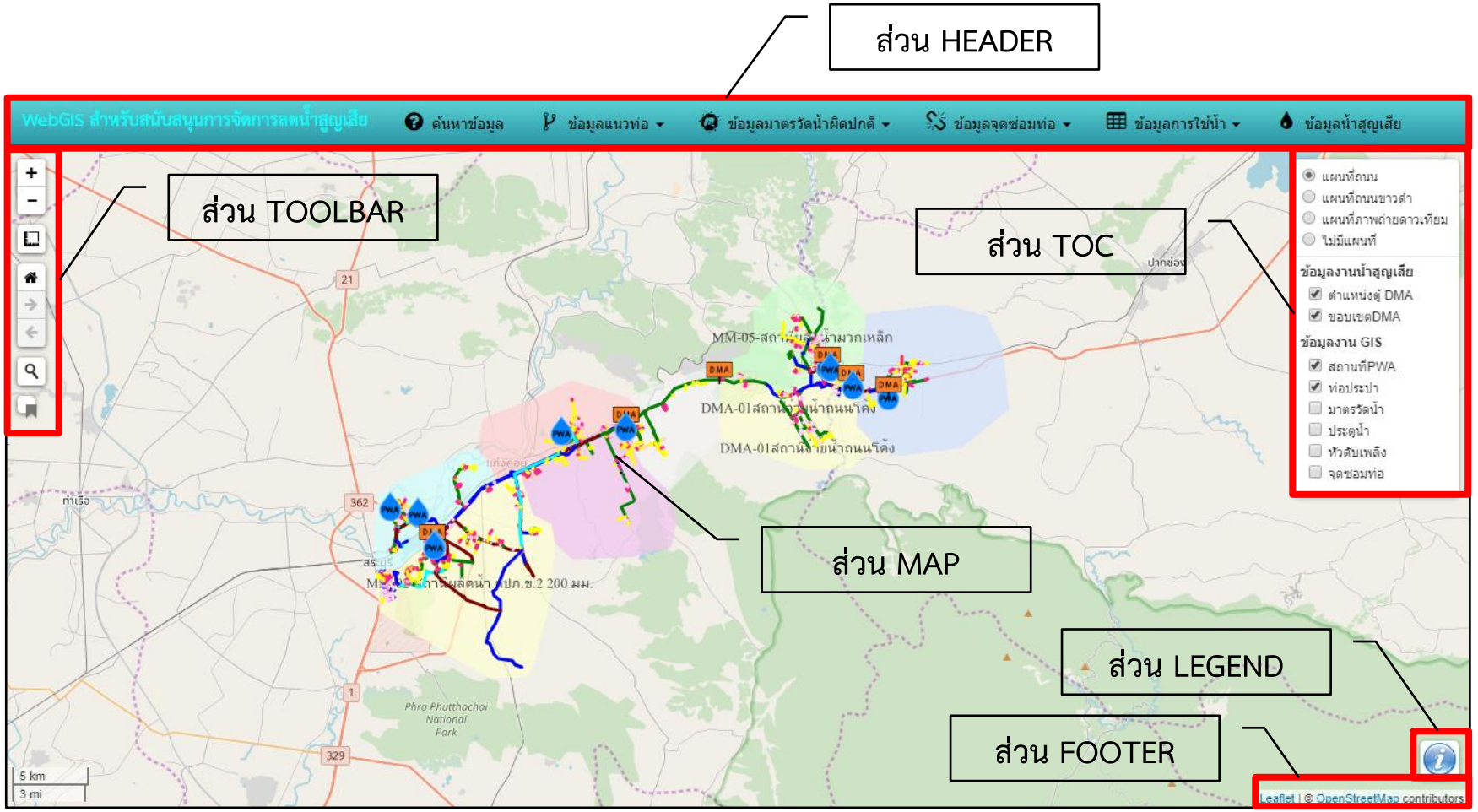
การพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บสำหรับสนับสนุนการจัดการลดน้ำสูญเสีย มีขั้นตอนการพัฒนาตามลำดับ ดังภาพที่ 20 การสร้างส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ มีโครงสร้างหน้าเว็บตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ แสดงได้ดังภาพที่ 21 และมีคำอธิบายสัญลักษณ์แผนที่ซึ่งอยู่ในส่วนของ legend ดังภาพที่ 22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 20 ขั้นตอนการพัฒนาส่วนต่างๆ ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 21 ส่วนต่างๆของหน้าเว็บที่พัฒนาขึ้น

ภาพที่ 22 คำอธิบายสัญลักษณ์แผนที่บนส่วน legend

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในการพัฒนาระบบผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมแม่ข่ายแผนที่ Geoserver เพื่อแสดงผลข้อมูลในรูปแบบ Web Map Service (WMS) กำหนดรูปแบบสัญลักษณ์ทุกชั้นข้อมูลให้ตรงตามมาตรฐานของการประปาส่วนภูมิภาคด้วยโปรแกรม Quantum GIS โดยส่งออกรูปแบบเป็น Style Layer Descriptor (SLD) และใช้โปรแกรม PostgreSQL สำหรับจัดเก็บ จัดการฐานข้อมูล นอกจากนี้ libraries ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ Bootstrap Front-end Framework สำหรับการวางโครงสร้างหน้าเว็บ (ภาพที่ 23) Leaflet JavaScript library สำหรับพัฒนาส่วนจัดการแผนที่ และแสดงผลข้อมูลแผนที่ (ภาพที่ 24) Datatables Jquery JavaScript สำหรับจัดรูปแบบการแสดงผลข้อมูลที่เป็นตาราง (ภาพที่ 25)

```
<link rel="stylesheet" href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.5/css/bootstrap.min.css">
<script src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.5/js/bootstrap.min.js"></script>
```

ภาพที่ 23 การเรียกใช้งาน Bootstrap Front-end Framework

```
<link rel="stylesheet" href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/leaflet/0.7.7/leaflet.css">
<script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/leaflet/0.7.7/leaflet.js"></script>
```

ภาพที่ 24 การเรียกใช้งาน Leaflet JavaScript library

```
<link rel="stylesheet" href="https://cdn.datatables.net/1.10.19/css/jquery.dataTables.min.css">
<script src="https://cdn.datatables.net/1.10.19/js/jquery.dataTables.min.js"></script>
```

ภาพที่ 25 การเรียกใช้งาน Datatables Jquery JavaScript

4.1.1 การแสดงรายการชั้นข้อมูลแผนที่ เครื่องมือควบคุมการแสดงผลชั้นข้อมูลแผนที่ จะอยู่ในส่วน Table of Content: TOC ทางด้านขวาของหน้าเว็บ โดยใช้คำสั่งภาษา JavaScript ผ่าน Leaflet JavaScript library ในการดึงข้อมูลมาแสดงผล ดังภาพที่ 26 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลแผนที่ฐาน และข้อมูลเฉพาะของส่วนงาน ซึ่งมีการจัดกลุ่มข้อมูลย่อยออกเป็น 2 กลุ่มตามการได้มาของข้อมูล คือ กลุ่มข้อมูลจากงานน้ำสูญเสีย และกลุ่มข้อมูลจากงาน GIS เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกเปิดปิดชั้นข้อมูลได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

```
var baseLayers = {
  "แผนที่ถนน": osm,
  "แผนที่ถนนขาวดำ": osmbw,
  "แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม": theos_wmts,
  "ไม่มีแผนที่": no_basemaps,
};


var groupedOverlays = {
  "ข้อมูลงานน้ำสูญเสีย": {
    "ตำแหน่งตู้ DMA": DMA_STATION,
    "ขอบเขตDMA": DMA,
  },

  "ข้อมูลงาน GIS": {
    "สถานที่PWA": PWA,
    "ท่อประปา": PIPE,
    "มาตรวัดน้ำ": METER,
    "ประตูน้ำ": VALVE,
    "หัวดับเพลิง": FIREHYDRANT,
    "จุดซ่อมท่อ": LEAKPOINT,
  }
};

var layerControl = L.control.groupedLayers(
    baseLayers, groupedOverlays,{
    collapsed: false
}).addTo(map);
```

ภาพที่ 26 คำสั่งภาษา JavaScript ในการแสดงรายการชั้นข้อมูลแผนที่ส่วน Table of Content

4.1.1.1 ข้อมูลแผนที่ฐาน (base map) แสดงผลโดยการใช้คำสั่ง Application Programming Interface: API เชื่อมต่อกับเว็บไซต์ผู้ให้บริการ เพื่อนำข้อมูลแผนที่ฐานมาแสดงผลบนหน้าเว็บ การแสดงผลจะอยู่ในรูปแบบ radio button ซึ่งผู้ใช้งานจะสามารถเลือกแผนที่ฐานได้เพียงรูปแบบเดียวไม่สามารถเลือกซ้อนทับกันได้ แผนที่ฐานที่สามารถเรียกแสดงได้ ประกอบด้วย แผนที่ถนน OpenStreetMAP แบบสี แผนที่ถนน OpenStreetMAP แบบขาวดำ แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียมไทยโชติ และเลือกไม่ให้แสดงข้อมูลแผนที่ฐาน ดังภาพที่ 27 ทั้งนี้ ในการเลือกภาพถ่ายแต่ละรูปแบบจะมีการแสดงการอ้างอิงสิทธิ์อยู่บนส่วน FOOTER ของหน้าเว็บ

```
var osm = new L.tileLayer('https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png',{
    minZoom: 0,
    maxZoom: 30,
    attribution: '&copy; <a
    href="https://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a>
    contributors',
  });
```

```
var osmbw = L.tileLayer('http://{s}.tiles.wmflabs.org/bw-mapnik/{z}/{x}/{y}.png',{
    minZoom: 0,
    maxZoom: 30,
    attribution:'&copy; <a
    href="http://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMapBK</a>
    contributors',
  });
```

```
var theos_wmts = L.tileLayer('http://go-
tiles1.gistda.or.th/mapproxy/wmts/thaichote/GLOBAL_WEBMERCATOR/{z}/{x}/{y}.png',{
    minZoom: 0,
    maxZoom: 30,
    attribution: '© GISTDA',
  });
```

```
var no_basemaps = L.tileLayer('',{
    minZoom: 0,
    maxZoom: 30,
    attribution: '',
    });
```

ภาพที่ 27 การใช้คำสั่ง Application Programming Interface ในการแสดงข้อมูลแผนที่ฐานแต่ละรูปแบบ

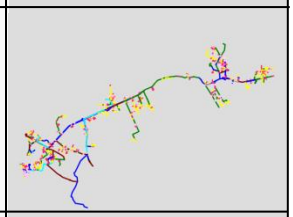
4.1.1.2 ข้อมูลเฉพาะของส่วนงาน หลังจากตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยวิธีทอพอลอยี ผู้วิจัยได้ใช้คำสั่งเพื่อแสดงผลข้อมูลเฉพาะของส่วนงานบนเว็บจำนวน 8 ชั้นข้อมูล ได้แก่ ชั้นข้อมูลท่อประปา ชั้นข้อมูลประตูน้ำ ชั้นข้อมูลหัวดับเพลิง ชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำ ชั้นข้อมูลจุดซ่อม

ท่อ ชั้นข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสำนักงานประปา ชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย และชั้นข้อมูลตำแหน่งตู้ขอบเขตจ่ายน้ำย่อย ในรูปแบบ Web Map Service (WMS) ด้วยคำสั่งภาษา JavaScript แล้ววาง URL ที่ได้จากโปรแกรมแม่ข่ายแผนที่ Geoserver ดังภาพที่ 28 โดยกำหนดให้การแสดงผลเป็นแบบ check box โดยผู้ใช้สามารถเลือกเปิด ปิดชั้นข้อมูลได้มากน้อยตามความต้องการ

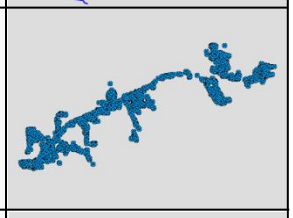
```
var DMA_STATION =
L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/wms", {
    layers : 'thesis:dma_station',
    format: 'image/png',
    transparent: true,
    visible: true,
    maxZoom: 30,
});
```

```
var DMA = L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/wms", {
    layers : 'thesis:dma',
    format: 'image/png',
    transparent: true,
    visible: true,
    opacity: 0.7
});
```

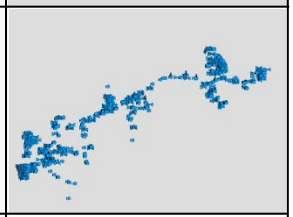
```
var PIPE = L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/wms", {
    layers : 'thesis:pipe',
    format: 'image/png',
    transparent: true,
    maxZoom: 30,
});
```



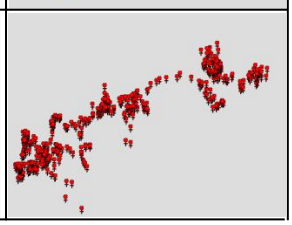
```
var METER = L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/wms", {
    layers : 'thesis:meter',
    format: 'image/png',
    transparent: true,
    visible: false,
    maxZoom: 20,
});
```



```
var VALVE = L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/wms", {
    layers : 'thesis:valve',
    format: 'image/png',
    transparent: true,
    visible: false,
    maxZoom: 30,
});
```

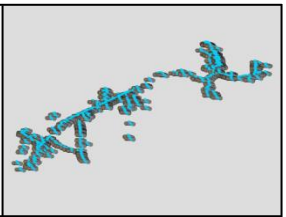


```
var FIREHYDRANT =
L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/wms", {
    layers : 'thesis:firehydrant',
    format: 'image/png',
    transparent: true,
    visible: false,
    maxZoom: 30,
});
```

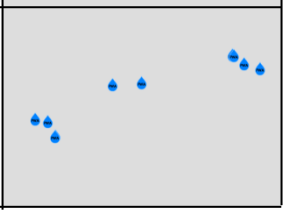


ภาพที่ 28 การใช้คำสั่งแสดงผลข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในรูปแบบ WMS จากโปรแกรม Geoserver

```
var LEAKPOINT = L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/wms", {
        layers : 'thesis:leakpoint',
        format: 'image/png',
        transparent: true,
        visible: false,
        maxZoom: 30,
    });
```



```
var PWA = L.tileLayer.wms("http://localhost:8080/geoserver/wms", {
        layers : 'thesis:pwa',
        format: 'image/png',
        transparent: true,
        visible: false,
        maxZoom: 30,
    });
```



ภาพที่ 28 (ต่อ) การใช้คำสั่งแสดงผลข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในรูปแบบ WMS จากโปรแกรม Geoserver

4.1.2 การพัฒนาส่วนเครื่องมือจัดการแผนที่ อาศัยความสามารถของ Leaflet JavaScript library เพื่อสร้างเครื่องมือจัดการแผนที่ ผู้ใช้งานสามารถทำได้ 2 วิธี วิธีแรก คือ การใช้เม้าส์ (mouse) สำหรับการ ย่อ – ขยายแผนที่ ทำได้โดยดับเบิลคลิกที่หน้าแผนที่ หรือใช้ปุ่มกลางของเม้าส์ในการควบคุม และการเลื่อนแผนที่ทำได้โดยคลิกเม้าส์ค้างไว้ที่หน้าแผนที่ แล้วเลื่อนไปยังบริเวณที่ต้องการ รายละเอียดดังตารางที่ 4-1 วิธีที่ 2 ผู้ใช้งานสามารถคลิกเลือกไอคอนเครื่องมือที่ต้องการในการควบคุมแผนที่ซึ่งอยู่ในส่วน TOOLBAR ด้านซ้ายของหน้าเว็บ มีรายละเอียดการทำงาน ดังตารางที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4 รายละเอียดการจัดการแผนที่บนเว็บโดยการใช้เม้าส์

การควบคุมเม้าส์	การทำงาน
Double - click	ขยายแผนที่
Drag	เลื่อนแผนที่
Scroll up	ขยายแผนที่
Scroll down	ย่อแผนที่

ตารางที่ 5 รายละเอียดการจัดการแผนที่บนเว็บโดยการคลิกที่ไอคอน

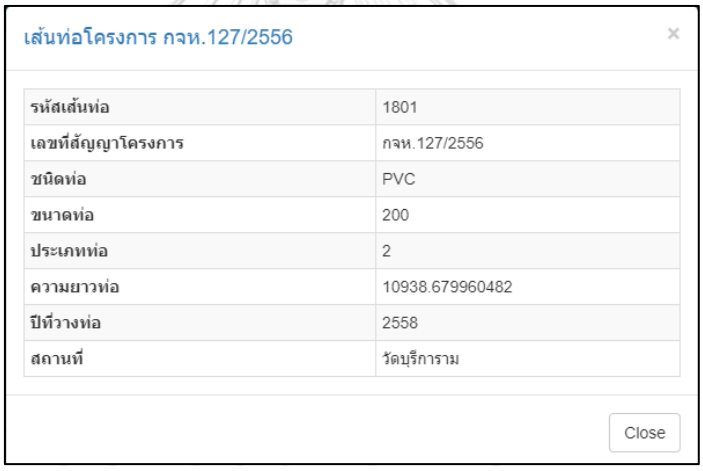
ไอคอนเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือ	การทำงาน
	zoom in	ขยายแผนที่
	zoom out	ย่อแผนที่
	home	กลับไปที่หน้าแผนที่หลัก
	go forward map view	ย้อนหน้าแผนที่ไปข้างหน้า
	go back map view	ย้อนหน้าแผนที่ไปข้างหลัง
	measure distances and areas	วัดระยะทาง และวัดพื้นที่
	geocoding	ค้นหาสถานที่สำคัญ
	bookmarks	บันทึกหน้าแผนที่

4.1.3 การพัฒนาส่วนเครื่องมือการระบุข้อมูล (identify) สำหรับเรียกดูรายละเอียดของข้อมูล การพัฒนาใช้คำสั่งภาษา JavaScript เพื่อเรียกข้อมูลอรรถาธิบายของข้อมูลที่กำหนดไว้ ชั้นข้อมูลที่มีการพัฒนาให้สามารถระบุข้อมูลได้ ได้แก่ ชั้นข้อมูลท่อประปา (ภาพที่ 29) ชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำ (ภาพที่ 30) และชั้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ (ภาพที่ 31)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
onEachFeature: function (feature, layer) {
    if (feature.properties) {
     var content = "<table class='table table-striped table-bordered table-condensed'>" +
                         "<tr><th>รหัสเส้นท่อ</th><td>" + feature.properties.pipe_id + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>เลขที่สัญญาโครงการ</th><td>" + feature.properties.project_no + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>ชนิดท่อ</th><td>" + feature.properties.pipe_type + "</td></tr>"+
                         "<tr><th>ขนาดท่อ</th><td>" + feature.properties.pipe_size + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>ประเภทท่อ</th><td>" + feature.properties.pipe_func + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>ความยาวท่อ</th><td>" + feature.properties.long + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>ปีที่วางท่อ</th><td>" + feature.properties.yearinstal + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>สถานที่</th><td>" + feature.properties.locate + "</td></tr>" +
                    "<table>";

      layer.on({
        click: function (e) {
          $("#feature-title").html("เส้นท่อโครงการ  "+feature.properties.project_no);
          $("#feature-info").html(content);
          $("#featureModal").modal("show");
        }
      });
    }
};
```

(ก)



(ข)

ภาพที่ 29 (ก) คำสั่งภาษา JavaScript ในการเรียกข้อมูลอรรถาธิบายของชั้นข้อมูลท่อประปา

(ข) ตัวอย่างหน้าต่างที่แสดงข้อมูลอรรถาธิบายเมื่อผู้ใช้งานคลิกที่ท่อประปา

```
onEachFeature: function (feature, layer) {
    if (feature.properties) {
     var content = "<table class='table table-striped table-bordered table-condensed'>" +
                        "<tr><th>เลขที่ผู้ใช้น้ำ</th><td>" + feature.properties.custcode + "</td></tr>" +
                        "<tr><th>ชื่อผู้ใช้น้ำ</th><td>" + feature.properties.custname + "</td></tr>" +
                        "<tr><th>วันที่เริ่มเป็นผู้ใช้น้ำ</th><td>" + feature.properties.bgncustdt + "</td></tr>" +
                        "<tr><th>ที่อยู่ผู้ใช้น้ำ</th><td>" + feature.properties.custaddr + "</td></tr>" +
                        "<tr><th>เลขมิเตอร์น้ำ</th><td>" + feature.properties.meterno + "</td></tr>" +
                        "<tr><th>ยี่ห้อมิเตอร์น้ำ</th><td>" + feature.properties.mtrmkcode   + "</td></tr>" +
                        "<tr><th>ขนาดมิเตอร์น้ำ</th><td>" + feature.properties.metersize + "</td></tr>" +
                        "<tr><th>วันที่เริ่มใช้มาตรวัดน้ำ</th><td>" + feature.properties.bgnmtrdt + "</td></tr>" +
                        "<tr><th>รหัสเส้นท่อที่ใช้กับมาตร</th><td>" + feature.properties.pipe_id + "</td></tr>" +
                  "<table>";

     layer.on({
      click: function (e) {
          $("#feature-title").html("มาตรวัดน้ำ : "+feature.properties.custname);
          $("#feature-info").html(content);
          $("#featureModal").modal("show");
        }
      });
    }
};
```

(ก)

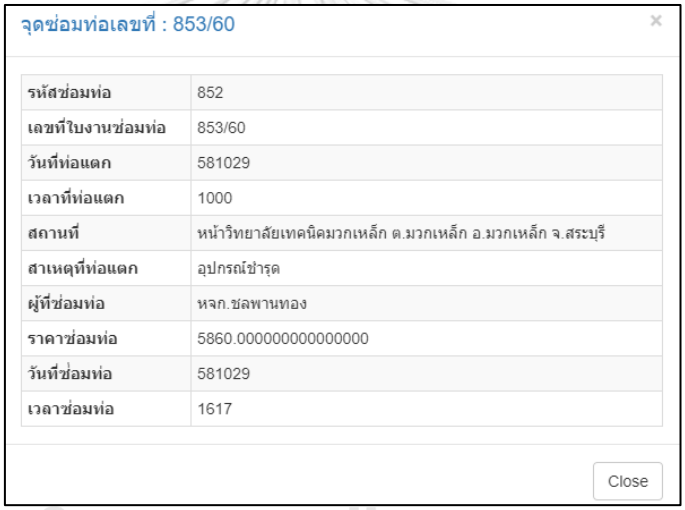
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(ข)

ภาพที่ 30 (ก) คำสั่งภาษา JavaScript ในการเรียกข้อมูลอรรถาธิบายของชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำ (ข) ตัวอย่างหน้าต่างที่แสดงข้อมูลอรรถาธิบายเมื่อผู้ใช้งานคลิกที่มาตรวัดน้ำ

```
onEachFeature: function (feature, layer) {
    if (feature.properties) {
     var content = "<table class='table table-striped table-bordered table-condensed'>" +
                         "<tr><th>รหัสซ่อมท่อ</th><td>" + feature.properties.leak_id + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>เลขที่ใบงานซ่อมท่อ</th><td>" + feature.properties.leak_no + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>วันที่ท่อแตก</th><td>" + feature.properties.leakdate + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>เวลาที่ท่อแตก</th><td>" + feature.properties.leaktime + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>สถานที่</th><td>" + feature.properties.locate + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>สาเหตุที่ท่อแตก</th><td>" + feature.properties.leakcause + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>ผู้ที่ซ่อมท่อ</th><td>" + feature.properties.repairby + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>ราคาซ่อมท่อ</th><td>" + feature.properties.repaircost + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>วันที่ซ่อมท่อ</th><td>" + feature.properties.repairdate + "</td></tr>" +
                         "<tr><th>เวลาซ่อมท่อ</th><td>" + feature.properties.repairtime + "</td></tr>"
                    "<table>";

      layer.on({
        click: function (e) {
          $("#feature-title").html("จุดซ่อมท่อเลขที่ : "+feature.properties.leak_no);
          $("#feature-info").html(content);
          $("#featureModal").modal("show");
        }
      });
    }
};
```

(ก)



CHULALONGKORN UNIVERSITY

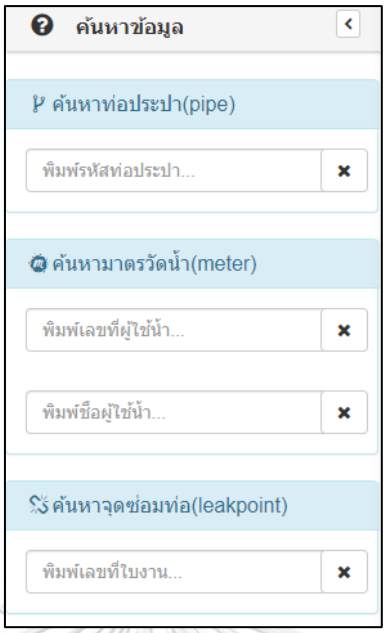
(ข)

ภาพที่ 31 (ก) คำสั่งภาษา JavaScript ในการเรียกข้อมูลอรรถาธิบายของชั้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ (ข) ตัวอย่างหน้าต่างที่แสดงข้อมูลอรรถาธิบายเมื่อผู้ใช้งานคลิกที่จุดซ่อมท่อ

4.1.4 การพัฒนาส่วนเครื่องมือการสอบถามข้อมูล (ad-hoc query) ใช้คำสั่งภาษา HTML ในการสร้างหน้าเว็บ สามารถสอบถามข้อมูลได้ 3 ชั้นข้อมูล ได้แก่ ชั้นข้อมูลท่อประปา ค้นหาได้จากรหัสท่อประปา ชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำ ค้นหาได้จากเลขที่ผู้ใช้น้ำ หรือชื่อผู้ใช้น้ำ และชั้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ ค้นหาได้จากเลขที่ใบงานซ่อมท่อ ดังภาพที่ 32

```
<!--  ค้นหาท่อประปา(pipe) -->
    <div id="Search_Pipe" class="panel panel-info">
        <div class="panel-heading">
            <h2 class="panel-title">
                <span id="sidebarTitle"><i class="fa fa-code-fork fa-fw"></i>ค้นหาท่อประปา(pipe)</span>
            </h2>
        </div>
        <div class="panel-body">
            <div id="searchhhh"></div>
            <div class="row">
                <div class="col-xs-8 col-md-8">
                    <input id="searchbox-pipe" type="text" placeholder="พิมพ์รหัสท่อประปา..." class="form-control" >
                </div>
                <div class="input-group mb-3">
                        <button class="btn btn-default" type="button" id="clear_searchbox-pipe"><i class="fa fa-times"></i></button>
                </div>
            </div>
        </div>
    </div>
<!-- ค้นหามาตรวัดน้ำ(meter) -->
    <div id="Search_Meter" class="panel panel-info" >
        <div class="panel-heading">
            <h2 class="panel-title">
                <span id="sidebarTitle"><i class="fa fa-meetup fa-fw"></i>ค้นหามาตรวัดน้ำ(meter)</span>
            </h2>
        </div>
        <div class="panel-body">
            <div class="row">
                <div class="col-xs-8 col-md-8">
                    <input id="searchbox-meter1" type="text" placeholder="พิมพ์เลขที่ผู้ใช้น้ำ..." class="form-control">
                </div>
                <div class="input-group mb-3">
                        <button class="btn btn-default" type="button" id="clear_searchbox-meter1"><i class="fa fa-times"></i></button>
                </div>
            </div>
        </div>
        <div class="panel-body">
            <div class="row">
                <div class="col-xs-8 col-md-8">
                    <input id="searchbox-meter2" type="text" placeholder="พิมพ์ชื่อผู้ใช้น้ำ..." class="form-control">
                </div>
                <div class="input-group mb-3">
                        <button class="btn btn-default" type="button" id="clear_searchbox-meter2"><i class="fa fa-times"></i></button>
                </div>
            </div>
        </div>
    </div>
<!-- ค้นหาจุดซ่อมท่อ(leakpoint) -->
    <div id="Search_leakpoint" class="panel panel-info">
        <div class="panel-heading">
            <h2 class="panel-title">
                <span id="sidebarTitle"><i class="fa fa-chain-broken fa-fw"></i>ค้นหาจุดซ่อมท่อ(leakpoint)</span>
            </h2>
        </div>
        <div class="panel-body">
            <div class="row">
                <div class="col-xs-8 col-md-8">
                    <input id="searchbox-leak" type="text" placeholder="พิมพ์เลขที่ใบงาน..." class="form-control">
                </div>
                <div class="input-group mb-3">
                        <button class="btn btn-default" type="button" id="clear_searchbox-leak"><i class="fa fa-times"></i></button>
                </div>
            </div>
        </div>
    </div>
```

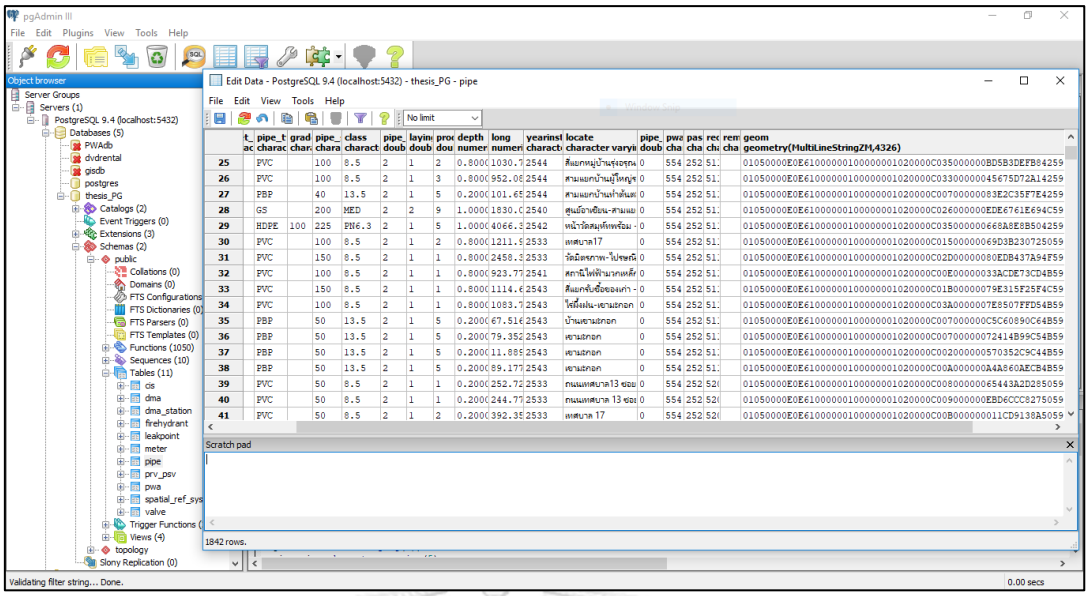
ภาพที่ 32 การใช้คำสั่งภาษา HTML สร้างหน้าเว็บสำหรับส่วนเครื่องมือการสอบถามข้อมูล



ภาพที่ 32 (ต่อ) การใช้คำสั่งภาษา HTML สร้างหน้าเว็บสำหรับส่วนเครื่องมือการสอบถามข้อมูล

การพัฒนาส่วนเครื่องมือการสอบถามข้อมูล เมื่อผู้ใช้งานป้อนข้อมูล ระบบจะเข้าไปค้นหาข้อมูลที่ถูกเก็บอยู่ในรูปแบบ GeoJSON ซึ่งได้มาจากการแปลงข้อมูลภายในฐานข้อมูลโปรแกรม PostgreSQL การเก็บข้อมูลในโปรแกรมจะอยู่ในรูปแบบของ Database มีลักษณะเป็นตารางและเก็บค่า Geometry ไว้แบบ WKT ดังภาพที่ 33 การพัฒนาจะใช้คำสั่งภาษา PHP ในการติดต่อกับฐานข้อมูล เพื่อสั่งให้แสดงผลออกมาในรูปแบบ GeoJSON ด้วยการดึงระบบพิกัดของเรขาคณิต ที่ถูกเก็บอยู่ในคอลัมน์ชื่อ geom ของแต่ละชั้นข้อมูล ดังภาพที่ 34 และเมื่อระบบพบข้อมูล จะใช้คำสั่ง JavaScript เพื่อซูมแผนที่ไปยังตำแหน่งของข้อมูลนั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

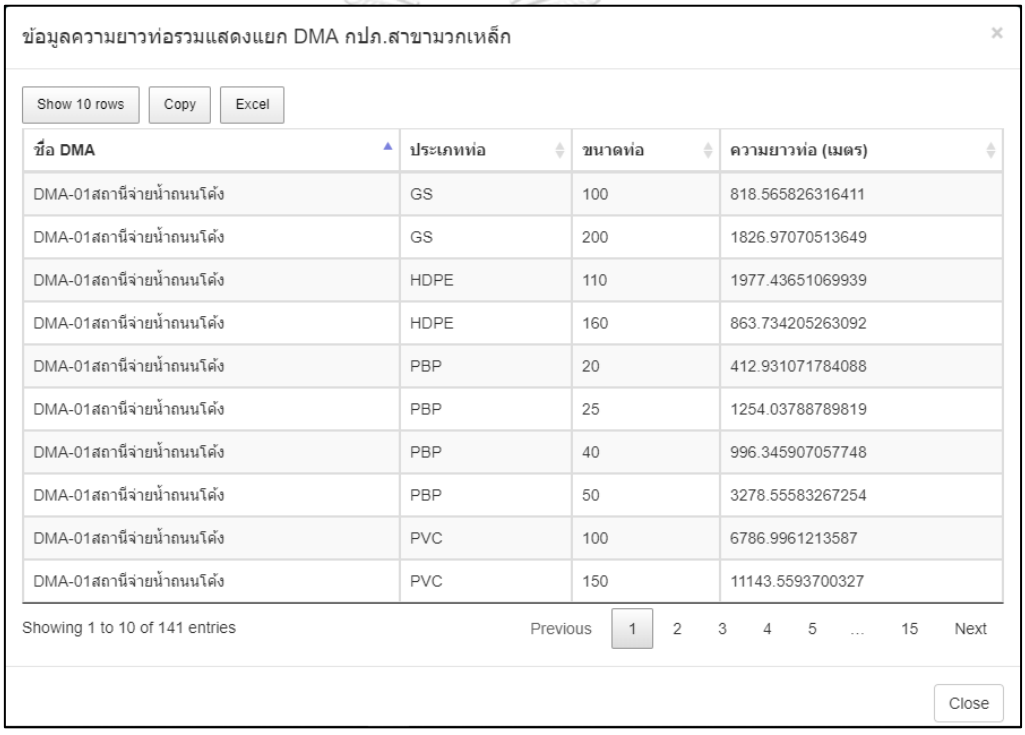


ภาพที่ 33 ตัวอย่างข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ถูกจัดเก็บภายในโปรแกรม PostgreSQL

```php
<?php

        define("PG_DB"  , "thesis_PG");
        define("PG_HOST", "localhost");
        define("PG_USER", "postgres");
        define("PG_PORT", "5432");
        define("PG_PASS", "database");
        define("TABLE",   "pipe");

    $con = pg_connect("dbname=".PG_DB." host=".PG_HOST." port=".PG_PORT." password=".PG_PASS." user=".PG_USER);

    $sql = "select  pipe_id, project_no, pipe_type, pipe_size, pipe_func, long, yearinstal, ST_AsGeoJSON(geom) AS geojson
    from ".TABLE." ";

    $query = pg_query($con,$sql);

    $geojson = array(
      'type'      => 'FeatureCollection',
      'features'  => array()
    );

   while($edge=pg_fetch_assoc($query)) {
      $feature = array(
         'type' => 'Feature',
         'geometry' => json_decode($edge['geojson'], true),
         'crs' => array(
            'type' => 'EPSG',
            'properties' => array('code' => '4326')
         ),
            'properties' => array(
            'pipe_id' => $edge['pipe_id'],
            'project_no' => $edge['project_no'],
            'pipe_type' => $edge['pipe_type'],
            'pipe_size' => $edge['pipe_size'],
            'pipe_func' => $edge['pipe_func'],
            'long' => $edge['long'],
            'yearinstal' => $edge['yearinstal'],
         )
      );

       array_push($geojson['features'], $feature);
   }

   pg_close($con);

   echo json_encode($geojson);
?>
```

ภาพที่ 34 คำสั่งภาษา PHP ในการแปลงข้อมูลจากรูปแบบ Database ให้เป็นรูปแบบ GeoJSON

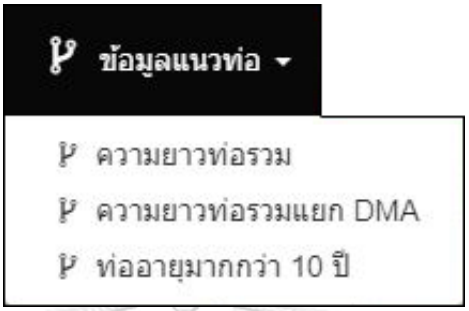
4.1.5 การพัฒนาส่วนเครื่องมือสืบค้นข้อมูล ผู้ใช้งานสามารถคลิกเลือกเครื่องมือได้ที่แถบฟังก์ชันด้านบนของหน้าเว็บ ซึ่งถูกสร้างขึ้นด้วยภาษา HTML การพัฒนาจะใช้ภาษา PHP ในการติดต่อฐานข้อมูล แล้วคำนวณด้วยชุดคำสั่ง SQL เพื่อเรียกข้อมูลออกมาแสดงในรูปแบบตาราง โดยอาศัย Datatables Jquery JavaScript ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเรียงข้อมูล (sorting) แบบไล่ลำดับน้อยไปมาก และมากไปน้อยได้เมื่อคลิกที่หัวข้อคอลัมน์ มีการแบ่งข้อมูลเป็นหลายหน้า สามารถเลือกแสดงข้อมูลตามจำนวนแถวที่ต้องการ และสามารถคัดลอกหรือส่งออกตารางไปเป็นรูปแบบไฟล์ excel ได้ ดังภาพที่ 35 สวนเครื่องมือสืบค้นข้อมูล ประกอบด้วย 4 ฟังก์ชันหลัก และฟังก์ชันย่อย ดังนี้



ภาพที่ 35 ตัวอย่างการแสดงผลลัพธ์ตารางโดยอาศัย Datatables Jquery JavaScript

4.1.5.1 ข้อมูลแนวท่อ มี 3 ฟังก์ชันย่อยให้เลือกตามความต้องการ ได้แก่ ข้อมูลความยาวท่อรวม ข้อมูลความยาวท่อรวมแยก DMA และข้อมูลท่ออายุมากกว่า 10 ปี มีรายละเอียดดังภาพที่ 36 และตารางที่ 6

```
<li class="dropdown">
    <a id="toolsDrop" href="#" role="button" class="dropdown-toggle" data-toggle="dropdown"><i class="fa fa-
    code-fork fa-fw"style=font-size:20px></i> ข้อมูลแนวท่อ <b class="caret"></b></a>
        <ul class="dropdown-menu">
            <li><a href="#" data-toggle="collapse" data-target=".navbar-collapse.in" id="func_pipe1"><i
            class="fa fa-code-fork fa-fw"></i> ความยาวท่อรวม</a></li>
            <li><a href="#" data-toggle="collapse" data-target=".navbar-collapse.in" id="func_pipe2"><i
            class="fa fa-code-fork fa-fw"></i> ความยาวท่อรวมแยก DMA</a></li>
            <li><a href="#" data-toggle="collapse" data-target=".navbar-collapse.in" id="func_pipe3"><i
            class="fa fa-code-fork fa-fw"></i> ท่ออายุมากกว่า 10 ปี</a></li>
        </ul>
</li>
```



ภาพที่ 36 การใช้คำสั่งภาษา HTML สร้างฟังก์ชันเครื่องมือสืบค้นข้อมูลแนวท่อบนหน้าเว็บ

ตารางที่ 6 คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือสืบค้นข้อมูลแนวท่อ

ฟังก์ชัน	คำสั่งภาษา SQL	การดำเนินการ
ข้อมูลความยาวท่อรวม	**SELECT** p.pipe_type, p.pipe_size, sum(ST_Length(p.geom)) **FROM** pipe p **GROUP BY** p.pipe_type, p.pipe_size **ORDER BY** p.pipe_type, p.pipe_size	เลือกประเภทท่อ ขนาดท่อ และคำนวณความยาวท่อ จากตาราง pipe จัดกลุ่มและเรียงลำดับตามประเภทท่อ และขนาดท่อ
ข้อมูลความยาวท่อรวมแยก DMA	**SELECT** d.dma_id, p.pipe_type, p.pipe_size, sum(ST_Length(p.geom)) **FROM** dma d, pipe p **WHERE** ST_Intersects(p.geom, d.geom) **GROUP BY** d.dma_id, p.pipe_type, p.pipe_size ORDER BY d.dma_id, p.pipe_type, p.pipe_size	เลือกชื่อ dma ประเภทท่อ ขนาดท่อ และคำนวณความยาวท่อ จากตาราง dma และ pipe โดยมีเงื่อนไขว่า ท่อต้องอยู่ใน dma นั้นๆ จัดกลุ่มและเรียงลำดับตามชื่อ dma ประเภทท่อ และขนาดท่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

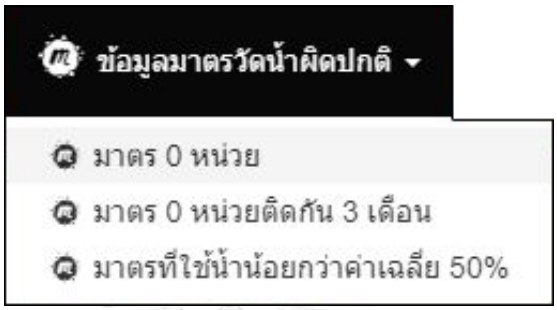
ตารางที่ 6 (ต่อ) คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือสืบค้นข้อมูลแนวท่อ

ฟังก์ชัน	คำสั่งภาษา SQL	การดำเนินการ
ข้อมูลท่ออายุมากกว่า 10 ปี	**SELECT** p.pipe_id, p.yearinstall, p.pipe_type, p.pipe_size, sum(ST_Length(p.geom)) **FROM** pipe p **WHERE** (EXTRACT(YEAR FROM CURRENT_DATE + INTERVAL '543 year') - CAST(p.yearinstall AS INTEGER)) > 10 **GROUP BY** p.pipe_id, p.yearinstall, p.pipe_type, p.pipe_size **ORDER BY** p.yearinstall	เลือกรหัสเส้นท่อ ปีที่วางท่อ ประเภทท่อ ขนาดท่อ และคำนวณความยาวท่อ จากตาราง pipe โดยมีเงื่อนไขว่าท่อต้องมีอายุมากกว่า 10 ปี เทียบกับวันที่ปัจจุบัน จัดกลุ่มตามรหัสเส้นท่อ ปีที่วางท่อ ประเภทท่อ ขนาดท่อ และเรียงลำดับตามปีที่วางท่อ

4.1.5.2 ข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ มี 3 ฟังก์ชันย่อย ได้แก่ มาตรวัดน้ำศูนย์หน่วย มาตรวัดน้ำศูนย์หน่วยติดกัน 3 เดือน และมาตรวัดน้ำที่ใช้น้ำน้อยกว่าค่าเฉลี่ย 50 เปอร์เซ็นต์ มีรายละเอียดดังภาพที่ 37 และตารางที่ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

```
<li class="dropdown">
    <a id="toolsDrop" href="#" role="button" class="dropdown-toggle" data-toggle="dropdown"><i class="fa fa-
    meetup fa-fw"style=font-size:20px></i> ข้อมูลมาตรวัดน้ำผิดปกติ <b class="caret"></b></a>
        <ul class="dropdown-menu">
            <li><a href="#" data-toggle="collapse" data-target=".navbar-collapse.in" id="func_meter1"><i
            class="fa fa-meetup fa-fw  fa-fw"></i> มาตร 0 หน่วย</a></li>
            <li><a href="#" data-toggle="collapse" data-target=".navbar-collapse.in" id="func_meter2"><i
            class="fa fa-meetup fa-fw  fa-fw"></i> มาตร 0 หน่วยติดกัน 3 เดือน</a></li>
            <li><a href="#" data-toggle="collapse" data-target=".navbar-collapse.in" id="func_meter3"><i
            class="fa fa-meetup fa-fw  fa-fw"></i> มาตรที่ใช้น้ำน้อยกว่าค่าเฉลี่ย 50%</a></li>
        </ul>
</li>
```



ภาพที่ 37 การใช้คำสั่งภาษา HTML สร้างฟังก์ชันเครื่องมือสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติบนหน้าเว็บ

ตารางที่ 7 คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ

ฟังก์ชัน	คำสั่งภาษา SQL	การดำเนินการ
มาตรวัดน้ำศูนย์หน่วย	**SELECT** d.dma_id, m.custcode, m.custname, m.custaddr, cis.usetype, cis.meterno, cis.mtrmkcode, cis.metersize **FROM** dma d, meter m, cis **WHERE** ST_Within(m.geom,d.geom) and m.custcode = cis.cuscode and cis.prswtusg = 0 **ORDER BY** d.dma_id, cis.usetype desc, m.custcode	เลือกชื่อ dma เลขที่ผู้ใช้น้ำ ชื่อผู้ใช้น้ำ ที่อยู่ผู้ใช้น้ำ ประเภทผู้ใช้น้ำ เลขมาตรวัดน้ำ ยี่ห้อมาตรวัดน้ำ และขนาดมาตรวัดน้ำ จากตาราง dma meter และ cis โดยมีเงื่อนไขว่า มาตรวัดน้ำจะต้องอยู่ใน dma นั้นๆ และมีหน่วยน้ำ = 0 จัดเรียงลำดับตามชื่อ dma ประเภทผู้ใช้น้ำและเลขที่ผู้ใช้น้ำ

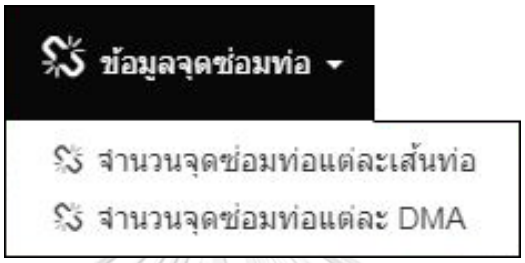
ตารางที่ 7 (ต่อ) คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ

ฟังก์ชัน	คำสั่งภาษา SQL	การดำเนินการ
มาตรวัดน้ำศูนย์หน่วยติดกัน 3 เดือน	**SELECT** d.dma_id, m.custcode, m.custname, m.custaddr, cis.usetype, cis.meterno, cis.mtrmkcode, cis.metersize **FROM** dma d, meter m, cis **WHERE** ST_Within(m.geom,d.geom) and m.custcode = cis.cuscode and cis.prswtusg = 0 and cis.lstwtusg1 = 0 and cis.lstwtusg2 = 0 **ORDER BY** d.dma_id, cis.usetype desc, m.custcode	เลือกชื่อ dma เลขที่ผู้ใช้น้ำ ชื่อผู้ใช้น้ำ ที่อยู่ผู้ใช้น้ำ ประเภทผู้ใช้น้ำ เลขมาตรวัดน้ำ ยี่ห้อมาตรวัดน้ำ และขนาดมาตรวัดน้ำ จากตาราง dma meter และ cis โดยมีเงื่อนไขว่า มาตรวัดน้ำจะต้องอยู่ใน dma นั้นๆ และมีหน่วยน้ำ = 0 ติดกัน 3 เดือน จัดเรียงลำดับตามชื่อ dma ประเภทผู้ใช้น้ำและเลขที่ผู้ใช้น้ำ
มาตรวัดน้ำที่ใช้น้ำน้อยกว่าค่าเฉลี่ย 50 เปอร์เซ็นต์	**SELECT** d.dma_id, m.custcode, m.custname, m.custaddr, cis.usetype, cis.meterno, cis.mtrmkcode, cis.metersize, cis.prswtusg, cis.avgwtusg **FROM** dma d, meter m, cis **WHERE** ST_Within(m.geom,d.geom) and m.custcode = cis.cuscode and cis.prswtusg < (0.5*cis.avgwtusg) **ORDER BY** d.dma_id, cis.usetype desc, m.custcode	เลือกชื่อ dma เลขที่ผู้ใช้น้ำ ชื่อผู้ใช้น้ำ ที่อยู่ผู้ใช้น้ำ ประเภทผู้ใช้น้ำ เลขมาตรวัดน้ำ ยี่ห้อมาตรวัดน้ำ และขนาดมาตรวัดน้ำ จากตาราง dma meter และ cis โดยมีเงื่อนไขว่า มาตรวัดน้ำจะต้องอยู่ใน dma นั้นๆ และมีหน่วยน้ำน้อยกว่าหน่วยน้ำเฉลี่ย 50% จัดเรียงลำดับตามชื่อ dma ประเภทผู้ใช้น้ำและเลขที่ผู้ใช้น้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.5.3 ข้อมูลจุดซ่อมท่อ มี 2 ฟังก์ชันย่อย ได้แก่ ข้อมูลจำนวนจุดซ่อมท่อในแต่ละเส้นท่อ และข้อมูลจำนวนจุดซ่อมท่อในแต่ละDMA มีรายละเอียดดังภาพที่ 38 และตารางที่ 8

```
<li class="dropdown">
    <a id="toolsDrop" href="#" role="button" class="dropdown-toggle" data-toggle="dropdown"><i class="fa fa-
    chain-broken  fa-fw"style=font-size:20px></i> ข้อมูลจุดซ่อมท่อ <b class="caret"></b></a>
        <ul class="dropdown-menu">
            <li><a href="#" data-toggle="collapse" data-target=".navbar-collapse.in" id="func_leakpoint1"><i
            class="fa fa-chain-broken fa-fw    fa-fw"></i> จำนวนจุดซ่อมท่อแต่ละเส้นท่อ</a></li>
            <li><a href="#" data-toggle="collapse" data-target=".navbar-collapse.in" id="func_leakpoint2"><i
            class="fa fa-chain-broken fa-fw    fa-fw"></i> จำนวนจุดซ่อมท่อแต่ละ DMA</a></li>
        </ul>
</li>
```



ภาพที่ 38 การใช้คำสั่งภาษา HTML สร้างฟังก์ชันเครื่องมือสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ

ตารางที่ 8 คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ

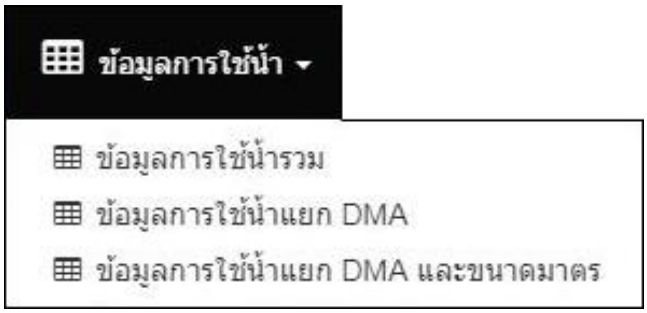
ฟังก์ชัน	คำสั่งภาษา SQL	การดำเนินการ
ข้อมูลจำนวนจุดซ่อมท่อในแต่ละเส้นท่อ	**SELECT** p.pipe_id, p.pipe_type, p.pipe_size, ST_Length(p.geom), p.yearinstall, COUNT(l.geom) as "จำนวนจุดซ่อมท่อ", ROUND(sum(l.repaircost)::numeric,2) as "ราคาซ่อมท่อ" **FROM** leakpoint l, pipe p **WHERE** ST_Intersects(l.geom, p.geom) **Group by** p.pipe_id, p.pipe_type, p.pipe_size, ST_Length(p.geom), p.yearinstall **ORDER BY** "จำนวนจุดซ่อมท่อ" DESC	เลือกรหัสเส้นท่อ ประเภทท่อ ขนาดท่อ คำนวณความยาวท่อ ปีที่วางท่อ นับจำนวนจุดซ่อมท่อ และคำนวณผลรวมราคาซ่อมท่อจากตาราง leakpoint และ pipe โดยมีเงื่อนไขจุดซ่อมท่อจะต้อง snap กับเส้นท่อนั้นๆ จัดกลุ่มตามรหัสเส้นท่อ ประเภทท่อ ขนาดท่อ คำนวณความยาวท่อ ปีที่วางท่อ และเรียงลำดับจากท่อที่มีจำนวนจุดซ่อมท่อมากที่สุด

ตารางที่ 8 (ต่อ) คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ

ฟังก์ชัน	คำสั่งภาษา SQL	การดำเนินการ
ข้อมูลจำนวนจุดซ่อมท่อในแต่ละDMA	**SELECT** d.dma_id, COUNT(l.geom) as "จำนวนจุดซ่อมท่อ" ,ROUND(sum(l.repaircost)::numeric,2) as "ราคาซ่อมท่อ" **FROM** dma d, leakpoint l **WHERE** ST_Within(l.geom, d.geom) **Group by** d.dma_id **ORDER BY** d.dma_id, "จำนวนจุดซ่อมท่อ" DESC	เลือกชื่อ dma นับจำนวนจุดซ่อมท่อ และคำนวณผลรวมราคาซ่อมท่อ จากตาราง dma และ leakpoint โดยมีเงื่อนไขจุดซ่อมท่อจะต้องอยู่ภายใน dma นั้นๆ จัดกลุ่มตามชื่อ dma และเรียงลำดับจาก dma ที่มีจำนวนจุดซ่อมท่อมากที่สุด

4.1.5.4 ข้อมูลการใช้น้ำ มี 3 ฟังก์ชันย่อย ได้แก่ ข้อมูลการใช้น้ำรวม ข้อมูลการใช้น้ำแยก DMA และข้อมูลการใช้น้ำแยก DMA และแยกขนาดมาตรวัดน้ำ มีรายละเอียดดังภาพที่ 39 และตารางที่ 9

```
<li class="dropdown">
    <a id="toolsDrop" href="#" role="button" class="dropdown-toggle" data-toggle="dropdown"><i class="fa fa-
    table fa-fw"style=font-size:20px></i> ข้อมูลการใช้น้ำ <b class="caret"></b></a>
        <ul class="dropdown-menu">
            <li><a href="#" data-toggle="collapse" data-target=".navbar-collapse.in" id="func_usewater1"><i
            class="fa fa-table fa-fw"></i> ข้อมูลการใช้น้ำรวม</a></li>
            <li><a href="#" data-toggle="collapse" data-target=".navbar-collapse.in" id="func_usewater2"><i
            class="fa fa-table fa-fw"></i> ข้อมูลการใช้น้ำแยก DMA</a></li>
            <li><a href="#" data-toggle="collapse" data-target=".navbar-collapse.in" id="func_usewater3"><i
            class="fa fa-table fa-fw"></i> ข้อมูลการใช้น้ำแยก DMA และขนาดมาตร</a></li>
        </ul>
</li>
```



ภาพที่ 39 การใช้คำสั่งภาษา HTML สร้างฟังก์ชันเครื่องมือสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ

ตารางที่ 9 คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ

ฟังก์ชัน	คำสั่งภาษา SQL	การดำเนินการ
ข้อมูลการใช้น้ำรวม	**SELECT** count(*) as "จำนวนผู้ใช้น้ำ", sum(cis.prswtusg), sum(cis.avgwtusg), sum(cis.Lstwtusg1), sum(cis.Lstwtusg2), sum(cis.Lstwtusg3), sum(cis.Lstwtusg4), sum(cis.Lstwtusg5), sum(cis.Lstwtusg6) ,sum(cis.Lstwtusg7), sum(cis.Lstwtusg8), sum(cis.Lstwtusg9), sum(cis.Lstwtusg10), sum(cis.Lstwtusg11), sum(cis.Lstwtusg12) **FROM** meter m, cis **WHERE** m.custcode = cis.cuscode	เลือกนับจำนวนผู้ใช้น้ำ คำนวณผลรวมการใช้น้ำเดือนปัจจุบัน คำนวณผลรวมการใช้น้ำเฉลี่ย และคำนวณผลรวมการใช้น้ำย้อนหลังทั้ง 12 เดือน จากตาราง meter และ cis โดยมีเงื่อนไขว่าเลขที่ผู้ใช้น้ำใน meter ต้องตรงกับเลขที่ผู้ใช้น้ำใน cis
ข้อมูลการใช้น้ำแยก DMA	**SELECT** d.dma_id, count(*) as "จำนวนผู้ใช้น้ำ", sum(cis.prswtusg), sum(cis.avgwtusg), sum(cis.Lstwtusg1), sum(cis.Lstwtusg2), sum(cis.Lstwtusg3), sum(cis.Lstwtusg4), sum(cis.Lstwtusg5), sum(cis.Lstwtusg6) ,sum(cis.Lstwtusg7), sum(cis.Lstwtusg8), sum(cis.Lstwtusg9), sum(cis.Lstwtusg10), sum(cis.Lstwtusg11), sum(cis.Lstwtusg12) **FROM** dma d, meter m, cis **WHERE** ST_Within(m.geom,d.geom) and m.custcode = cis.cuscode **GROUP BY** d.dma_id **ORDER BY** d.dma_id	เลือกชื่อ dma นับจำนวนผู้ใช้น้ำ คำนวณผลรวมการใช้น้ำเดือนปัจจุบัน คำนวณผลรวมการใช้น้ำเฉลี่ย และคำนวณผลรวมการใช้น้ำย้อนหลังทั้ง 12 เดือน จากตาราง dma meter และ cis โดยมีเงื่อนไขว่ามาตรวัดน้ำต้องอยู่ภายใน dma นั้นๆ และเลขที่ผู้ใช้น้ำใน meter ต้องตรงกับเลขที่ผู้ใช้น้ำใน cis จัดกลุ่มและเรียงลำดับด้วย ชื่อ dma

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

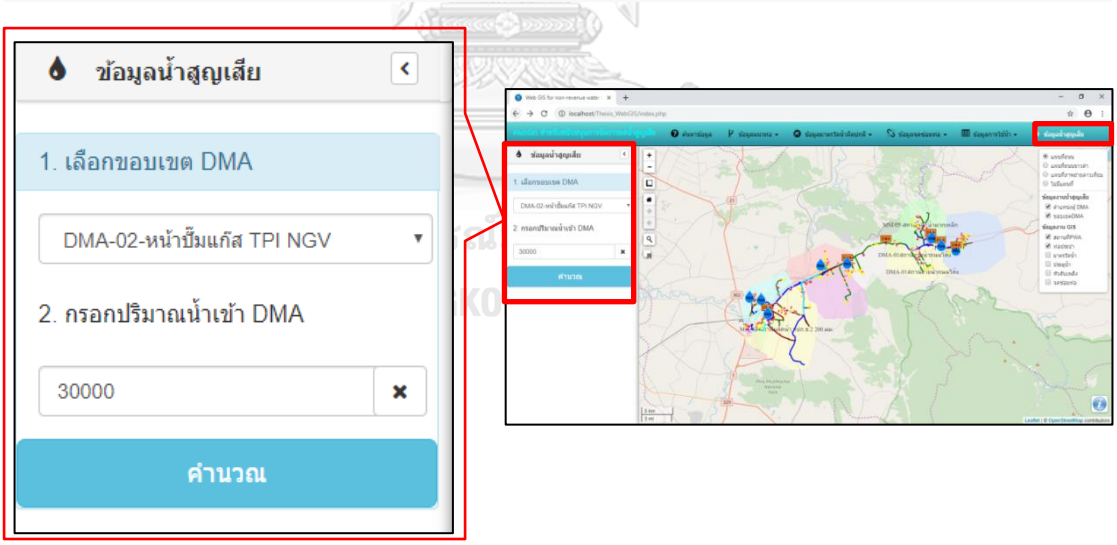
ตารางที่ 9 (ต่อ) คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ

ฟังก์ชัน	คำสั่งภาษา SQL	การดำเนินการ
ข้อมูลการใช้น้ำแยก DMA และแยกขนาดมาตรวัดน้ำ	**SELECT** d.dma_id, cis.metersize, count(*) as "จำนวนผู้ใช้น้ำ", sum(cis.prswtusg), sum(cis.avgwtusg), sum(cis.Lstwtusg1), sum(cis.Lstwtusg2), sum(cis.Lstwtusg3), sum(cis.Lstwtusg4), sum(cis.Lstwtusg5), sum(cis.Lstwtusg6) ,sum(cis.Lstwtusg7), sum(cis.Lstwtusg8), sum(cis.Lstwtusg9), sum(cis.Lstwtusg10), sum(cis.Lstwtusg11), sum(cis.Lstwtusg12) **FROM** dma d, meter m, cis **WHERE** ST_Within(m.geom,d.geom) and m.custcode = cis.cuscode **GROUP BY** d.dma_id, cis.metersize **ORDER BY** d.dma_id, cis.metersize	เลือกชื่อ dma ขนาดมาตรวัดน้ำนับจำนวนผู้ใช้น้ำ คำนวณผลรวมการใช้น้ำเดือนปัจจุบัน คำนวณผลรวมการใช้น้ำเฉลี่ยและคำนวณผลรวมการใช้น้ำย้อนหลังทั้ง 12 เดือน จากตาราง dma meter และ cis โดยมีเงื่อนไขว่ามาตรวัดน้ำต้องอยู่ภายใน dma นั้นๆ และเลขที่ผู้ใช้น้ำใน meter ต้องตรงกับเลขที่ผู้ใช้น้ำใน cis จัดกลุ่มและเรียงลำดับด้วย ชื่อ dma ขนาดมาตรวัดน้ำ

4.1.6 การพัฒนาเครื่องมือสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย การพัฒนาใช้คำสั่งภาษา HTML ในการสร้างฟอร์มเพื่อรับ input จากผู้ใช้งาน ได้แก่ การเลือกขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย และการกรอกตัวเลขปริมาณน้ำที่เข้าพื้นที่ จากนั้นคลิกที่ปุ่มคำนวณ เพื่อส่งค่าไปยังระบบ หลังจากผู้ใช้งานส่งข้อมูลระบบจะใช้ภาษา PHP ในการควบคุมการทำงาน ใช้วิธีการรับข้อมูลแบบ GET ด้วยตัวแปร $_GET ในการรับข้อมูล ซึ่งกำหนดฟอร์มที่ส่งข้อมูลเป็น method="get" เพื่อนำค่าที่ได้รับเข้าไปคำนวณด้วยชุดคำสั่งภาษา SQL ภายในฐานข้อมูล แล้วส่งผลลัพธ์กลับมาแสดงผล ดังภาพที่ 40 และ 41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
<!-- ข้อมูลน้ำสูญเสีย(NRW) -->
    <div id="Data_Lose" class="panel panel-info" >
        <div class="panel-heading">
            <h2 class="panel-title">
                <span id="sidebarTitle">1. เลือกขอบเขต DMA</span>
            </h2>
        </div>
        <form action="<?php echo $_SERVER['PHP_SELF']; ?>" method="get">
            <div class="panel-body">
                <div class="row">
                    <div class="col-xs-8 col-md-9">
                        <select name="dma_id" id="sidebar_dma_id" class="form-control">
                            <option>--- เลือกขอบเขต DMA ---</option>
                            <option value="MM-01-สถานีผลิตน้ำ กปภ.ข.2 300 มม.">MM-01-สถานีผลิตน้ำ กปภ.ข.2 300 มม.</option>
                            <option value="MM-02-สถานีผลิตน้ำ กปภ.ข.2 200 มม.">MM-02-สถานีผลิตน้ำ กปภ.ข.2 200 มม.</option>
                            <option value="MM-03-สถานีผลิตน้ำทับกวาง 150 มม.">MM-03-สถานีผลิตน้ำทับกวาง 150 มม.</option>
                            <option value="MM-04-สถานีผลิตน้ำทับกวาง 200 มม.">MM-04-สถานีผลิตน้ำทับกวาง 200 มม.</option>
                            <option value="MM-05-สถานีผลิตน้ำมวกเหล็ก">MM-05-สถานีผลิตน้ำมวกเหล็ก</option>
                            <option value="MM-06-สถานีผลิตน้ำกลางดง">MM-06-สถานีผลิตน้ำกลางดง</option>
                            <option value="DMA-01-สถานีจ่ายน้ำถนนโค้ง">DMA-01-สถานีจ่ายน้ำถนนโค้ง</option>
                            <option value="DMA-02-หน้าปั๊มแก๊ส TPI NGV">DMA-02-หน้าปั๊มแก๊ส TPI NGV</option>
                        </select>
                    </div>
                </div>
            </div>
            <div class="panel-heading">
                <h2 class="panel-title">
                    <span id="sidebarTitle">2. กรอกปริมาณน้ำเข้า DMA</span>
                </h2>
            </div>
                <div class="panel-body">
                    <div class="row">
                        <div class="col-xs-8 col-md-8">
                            <input name="water" id="sidebar_water" type="text" placeholder="..." class="form-control">
                        </div>
                        <div class="input-group mb-3">
                            <button class="btn btn-default" type="button" id="clear_water"><i class="fa fa-times"></i>
                            </button>
                        </div>
                        </div>
                    </div>
            <input type="submit" id= "submit" name= "submit" class="btn btn-info btn-block btn-lg" value="คำนวณ">
                        </form>
    </div>
```



ภาพที่ 40 การสร้างฟอร์มด้วยคำสั่งภาษา HTML เพื่อส่งค่าไปยังระบบของฟังก์ชันข้อมูลน้ำสูญเสีย

```php
<?php

if(isset($_GET['submit'])){
    $dma_id = $_GET['dma_id'];
    $water = $_GET['water'];

}?>
```

ภาพที่ 41 คำสั่งภาษา PHP ในการควบคุมการทำงานการรับข้อมูลของฟังก์ชันข้อมูลน้ำสูญเสีย

การแสดงผลของฟังก์ชันข้อมูลน้ำสูญเสีย นอกจากจะแสดงค่าร้อยละน้ำสูญเสียแล้ว ระบบจะคำนวณแล้วแสดงผลข้อมูลพื้นฐานอื่นๆ ภายในขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อยด้วย เพื่อให้ผู้ใช้งานเห็นข้อมูลภาพรวมของพื้นที่จ่ายน้ำย่อยนั้น ได้แก่ จำนวนผู้ใช้น้ำ ปริมาณการใช้น้ำเดือนปัจจุบัน ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย ความยาวท่อรวม และค่าความยาวท่อรวมต่อร้อยละน้ำสูญเสีย ซึ่งจะใช้คำสั่งภาษา PHP ในการติดต่อกับฐานข้อมูล และใช้คำสั่ง SQL ในการคำนวณหาผลลัพธ์ รายละเอียดดังตารางที่ 10 ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชันข้อมูลน้ำสูญเสียสามารถแสดงได้ ดังภาพที่ 42

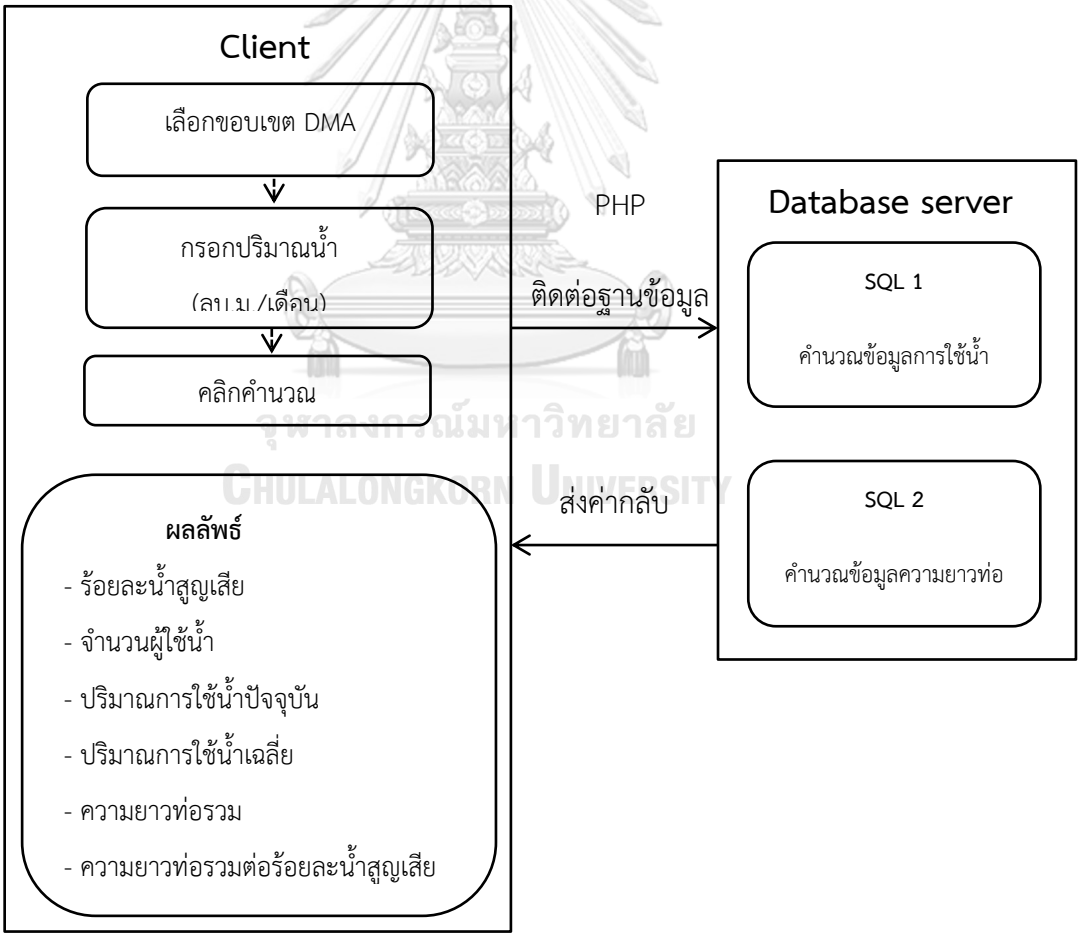
ตารางที่ 10 คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย

คำสั่งภาษา SQL	**การดำเนินการ**
SELECT count(*), sum(cis.prswtusg), sum(cis.avgwtusg), ROUND((($water-sum(cis.prswtusg))*100)/$water) ::numeric,2) **FROM** dma d, meter m, cis **WHERE** ST_Within(m.geom,d.geom) and m.custcode = cis.cuscode and d.dma_id = '$dma_id' **GROUP BY** d.dma_id	เลือกนับจำนวนผู้ใช้น้ำ คำนวณผลรวมการใช้น้ำเดือนปัจจุบัน คำนวณผลรวมการใช้น้ำเฉลี่ย และคำนวณร้อยละน้ำสูญเสีย โดยรับค่าปริมาณน้ำเข้าพื้นที่ จากตาราง dma meter และ cis โดยมีเงื่อนไข มาตรวัดน้ำต้องอยู่ภายใน dma นั้นๆ เลขที่ผู้ใช้น้ำใน meter ต้องตรงกับเลขที่ผู้ใช้น้ำใน cis และเป็น dma ที่รับค่ามาจากผู้ใช้งานเลือก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 10 (ต่อ) คำสั่งภาษา SQL สำหรับเรียกข้อมูลมาแสดงผลส่วนเครื่องมือสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย

คำสั่งภาษา SQL	การดำเนินการ
SELECT ROUND(sum(ST_Length(p.geom))::numeric,2) **FROM** dma d, pipe p **WHERE** ST_Intersects(p.geom,d.geom) and d.dma_id = '$dma_id' **GROUP BY** d.dma_id	คำนวณความยาวท่อรวมจากตาราง dma และ pipe โดยมีเงื่อนไขว่าต้องเป็นท่อที่อยู่ใน dma ที่รับค่ามา จัดกลุ่มด้วยชื่อ dma



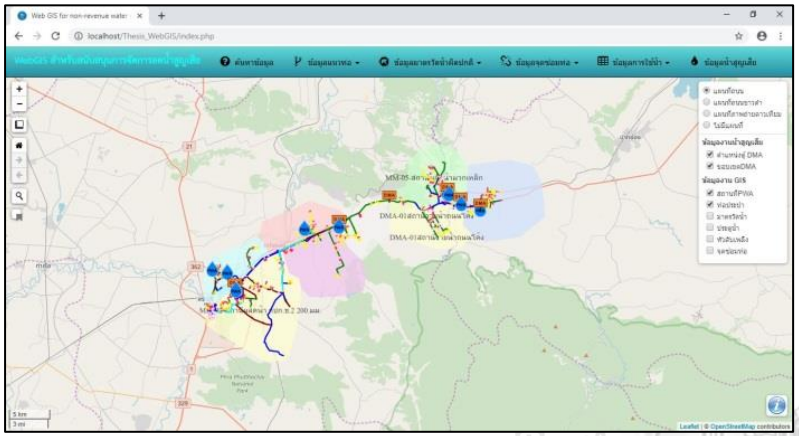
ภาพที่ 42 การทำงานของฟังก์ชันสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย

4.2 การทดสอบระบบ

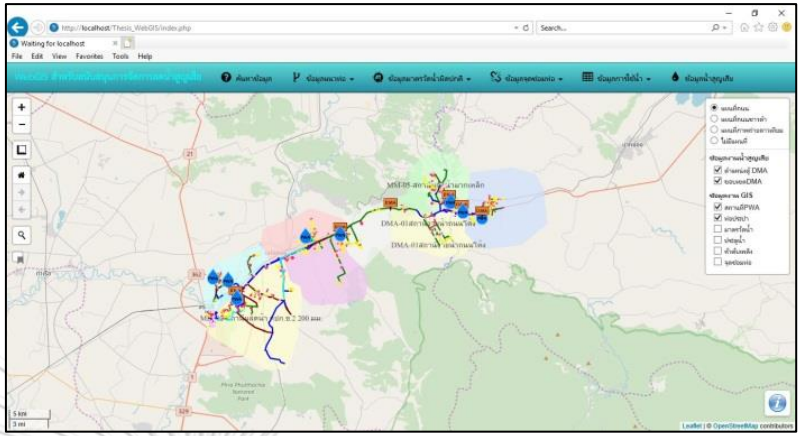
การทดสอบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บสำหรับสนับสนุนการจัดการลดน้ำสูญเสีย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การทดสอบการทำงานในส่วนแสดงผลแผนที่ การทดสอบความถูกต้องของฟังก์ชันต่างๆ และการเปรียบเทียบกระบวนการทำงานแบบเดิมกับกระบวนการทำงานแบบใหม่ มีรายละเอียด ดังนี้

4.2.1 การทดสอบการทำงานในส่วนแสดงผลแผนที่ ผู้วิจัยได้ทดสอบการแสดงผลแผนที่ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ต่างๆ ได้แก่ Google Chrome Internet Explorer Mozilla Firefox และ Microsoft Edge ดังภาพที่ 43 โดยได้ทดสอบความครบถ้วนในการแสดงผลของชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จำนวน 8 ชั้นข้อมูล และทดสอบความถูกต้องทางตำแหน่งของข้อมูลตรงตามแผนที่ฐาน ผลการทดสอบ พบว่า ระบบสามารถแสดงผลชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ครบถ้วนทั้งหมดทุกชั้นข้อมูล และมีตำแหน่งถูกต้องตรงตามภาพแผนที่ฐาน ดังภาพที่ 44 ถึง ภาพที่ 46

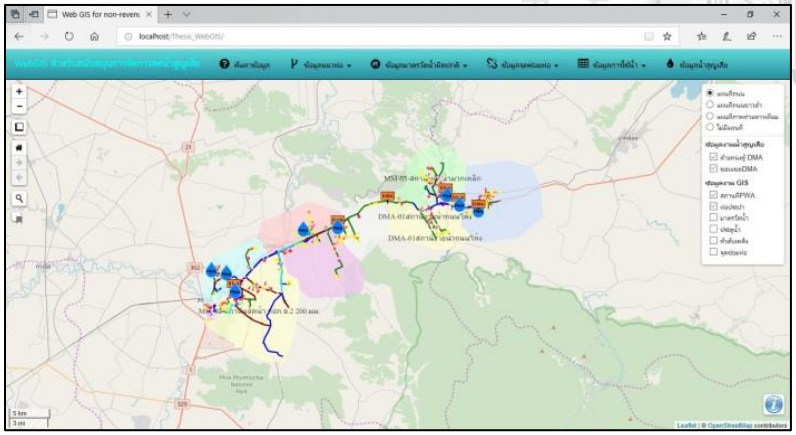
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



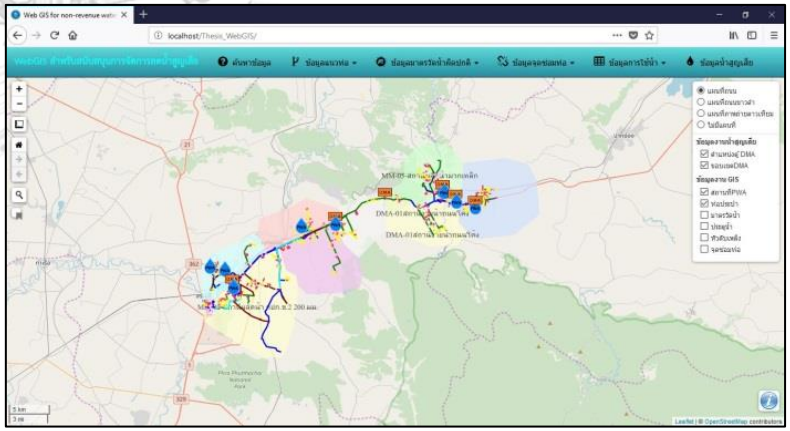
(ก)



(ข)

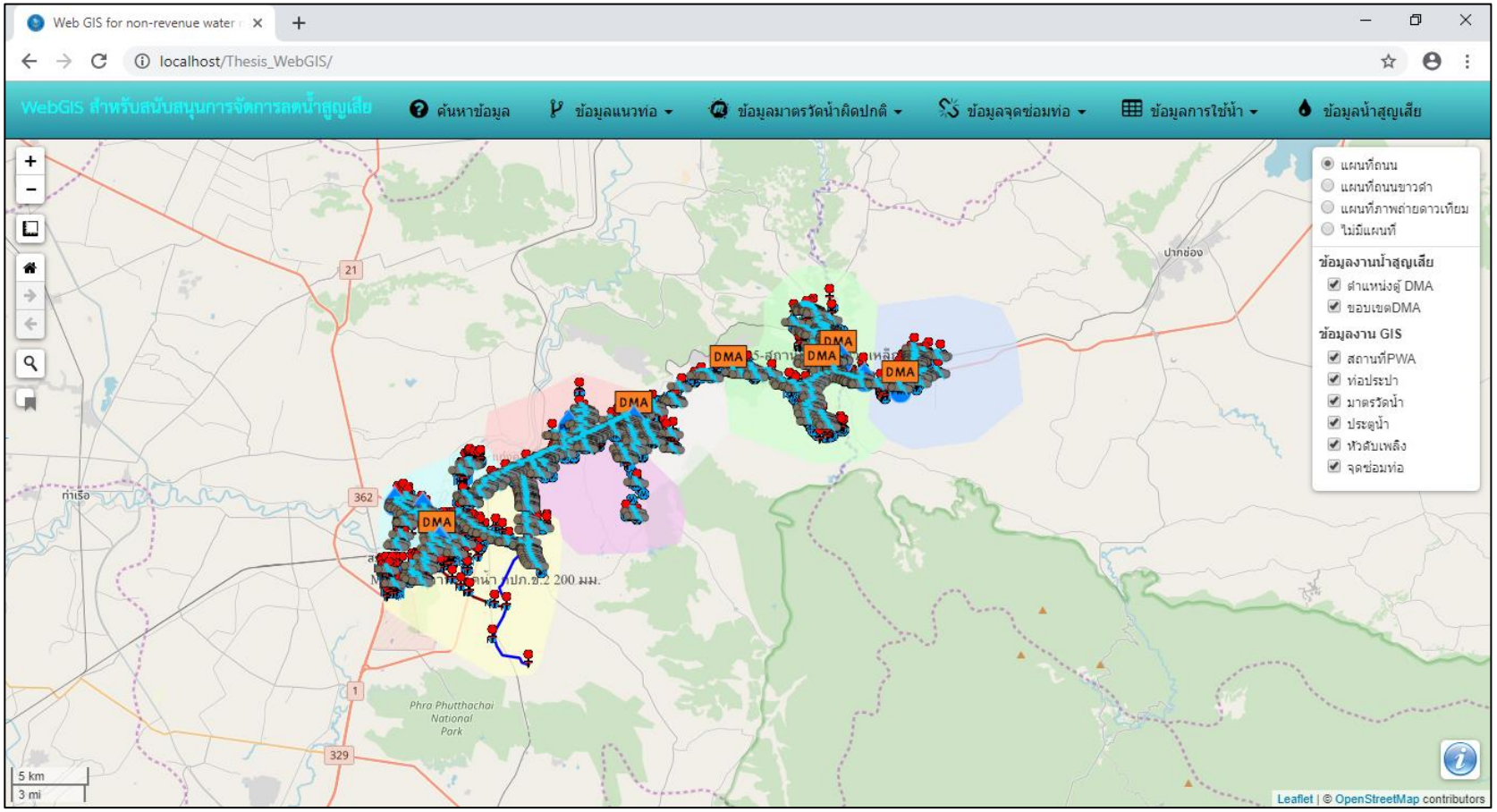


(ค)

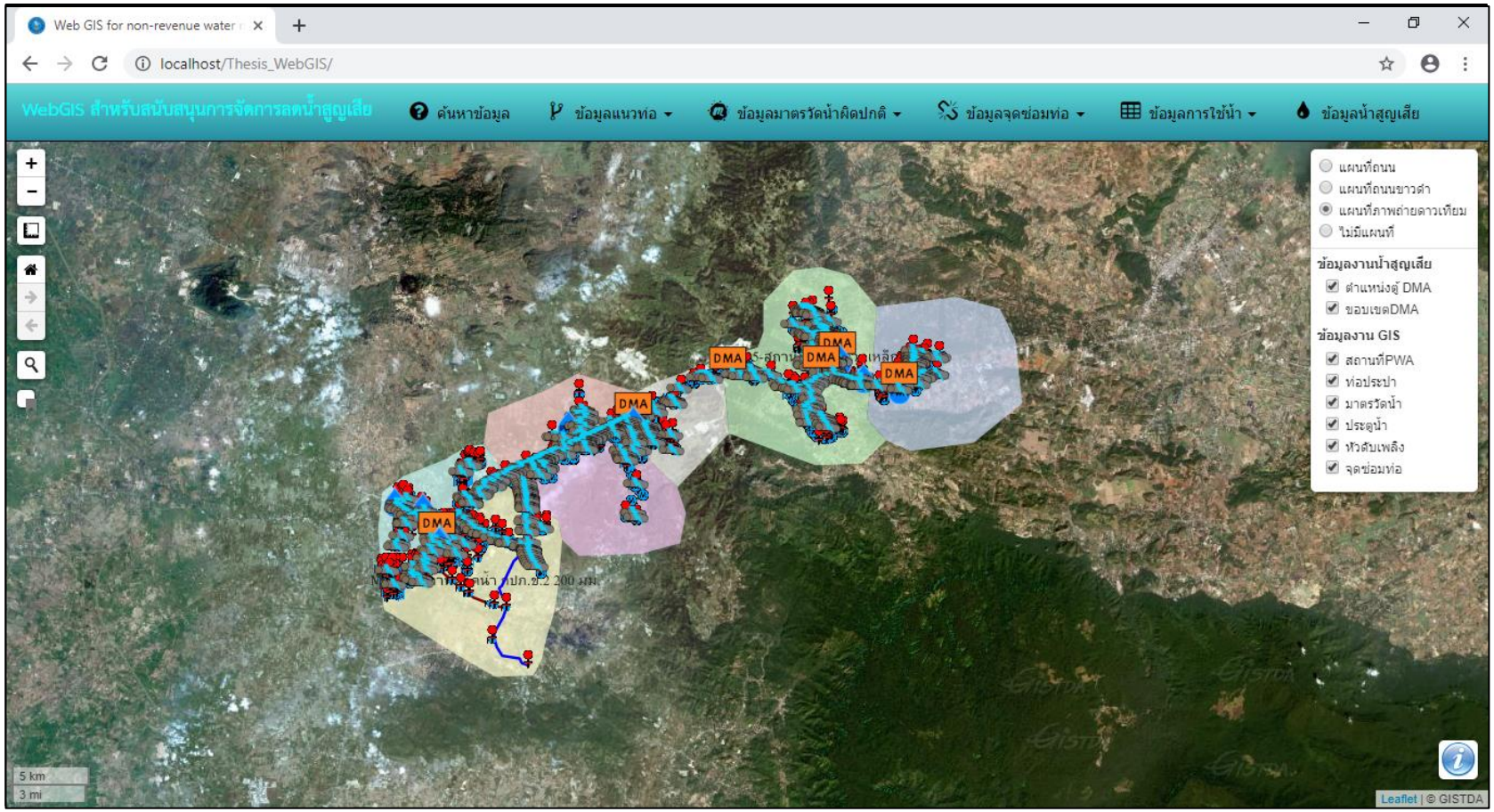


(ง)

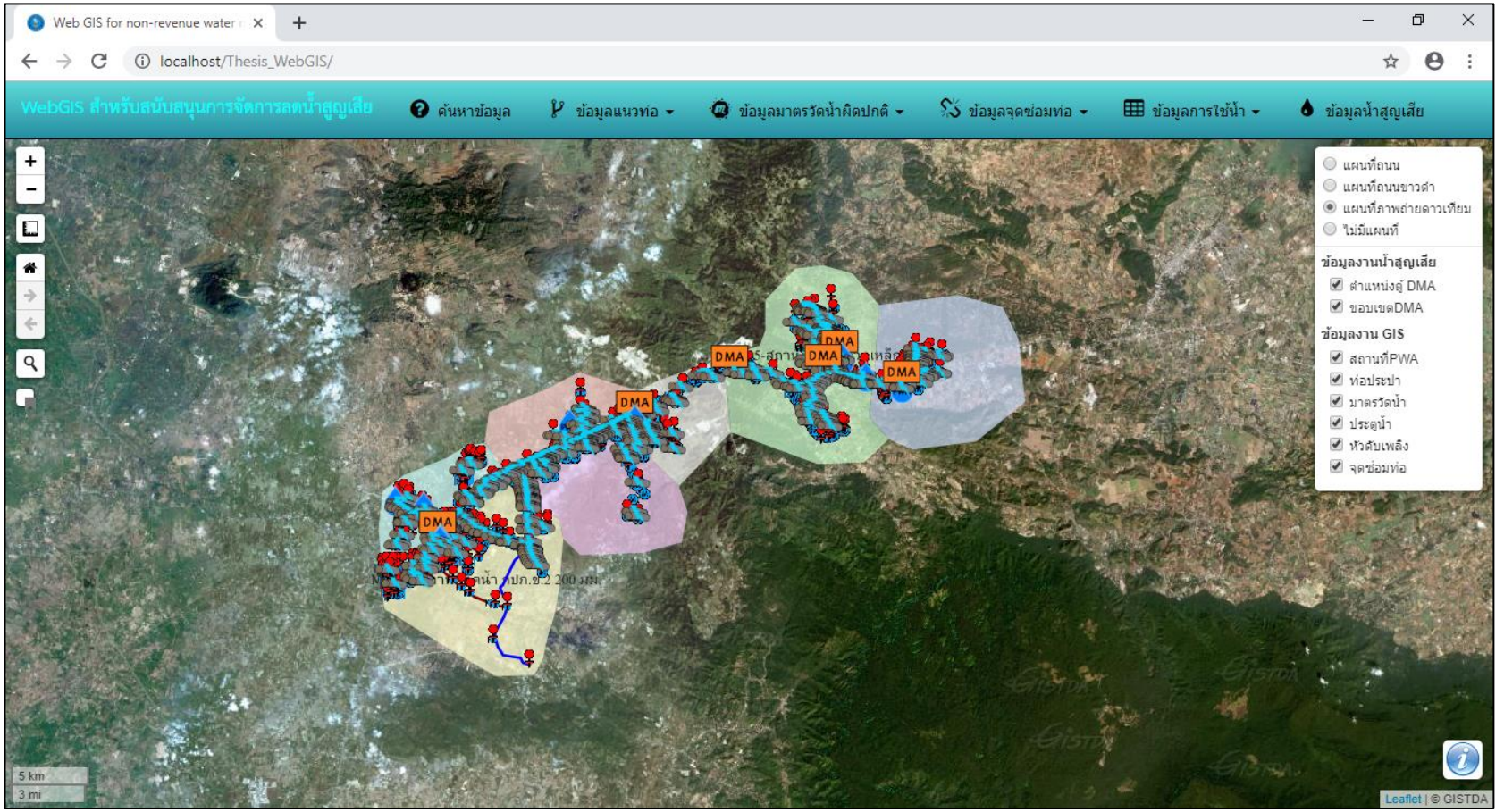
ภาพที่ 43 (ก) การทดสอบการแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ Google Chrome (ข) การทดสอบการแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ Internet Explorer (ค) การทดสอบการแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ Mozilla Firefox (ง) การทดสอบการแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ Microsoft Edge



ภาพที่ 44 แสดงการทดสอบการแสดงผลชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแผนที่ฐาน รูปแบบแผนที่ถนน OpenStreetMAP แบบสี

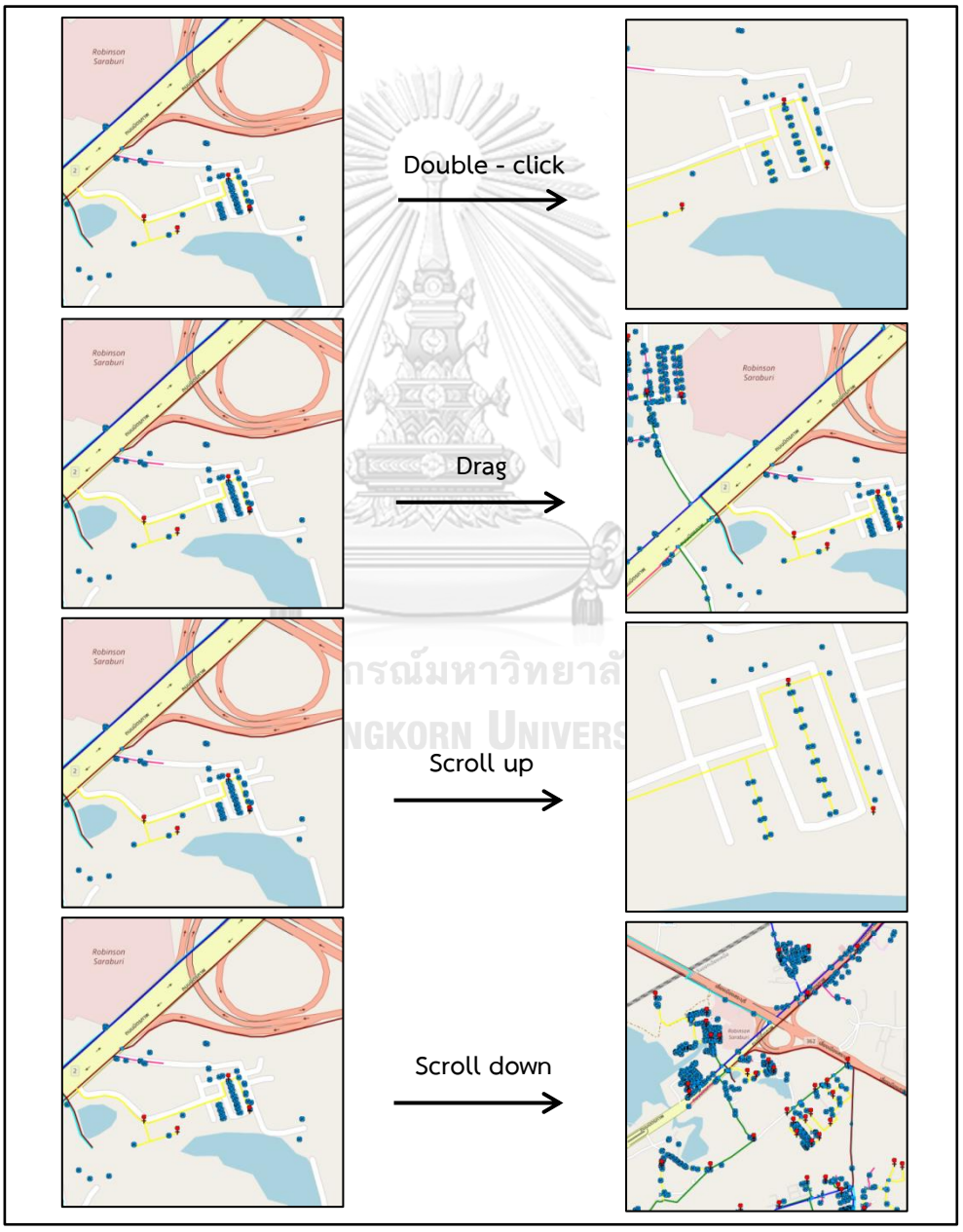


ภาพที่ 45 แสดงการทดสอบการแสดงผลชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแผนที่ฐานรูปแบบแผนที่ถนน OpenStreetMAP แบบขาวดำ

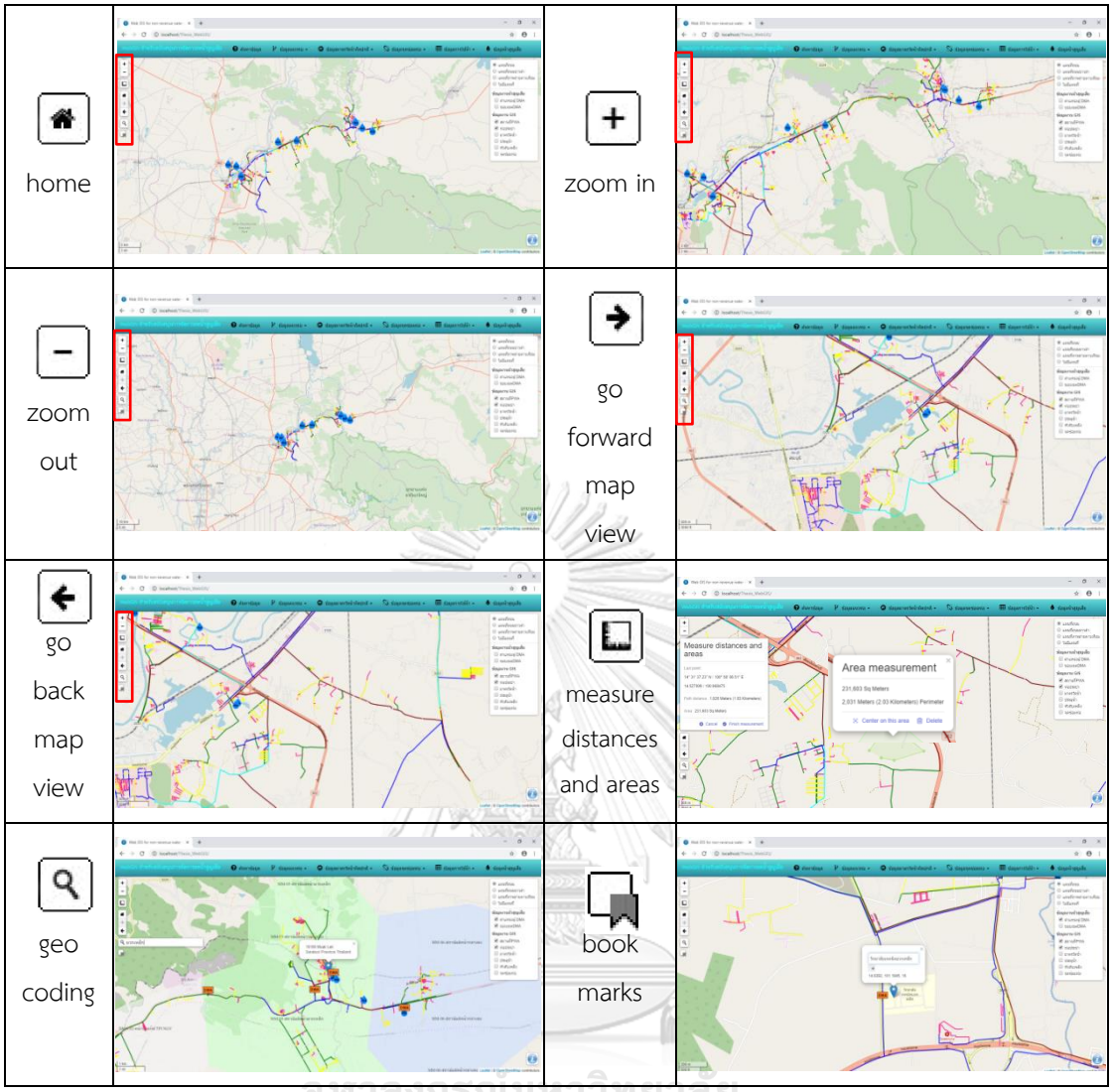


ภาพที่ 46 แสดงการทดสอบการแสดงผลชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแผนที่ฐาน รูปแบบแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียมไทยโชติ

การทดสอบส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องมือจัดการแผนที่ เครื่องมือจัดการแผนที่ที่อาศัยการทำงานของเม้าส์ในการควบคุม ได้แก การย่อ – ขยายแผนที่ และการเลื่อนแผนที่ ผลลัพธ์การควบคุมแสดงได้ ดังภาพที่ 47 และผลลัพธ์การทดสอบการทำงานของเครื่องมือเมื่อคลิกที่ไอคอนจัดการแผนที่ ได้แก่ เครื่องมือย่อ - ขยายแผนที่ เครื่องมือกลับไปที่หน้าแผนที่หลัก เครื่องมือย้อนหน้าแผนที่ไปข้างหน้า – ย้อนไปก่อนหน้า เครื่องมือบันทึกหน้าแผนที่ เครื่องมือวัดระยะทาง วัดพื้นที่ และเครื่องมือค้นหาสถานที่สำคัญ แสดงได้ดังภาพที่ 48



ภาพที่ 47 การทดสอบการควบคุมการทำงานของแผนที่โดยใช้เม้าส์



ภาพที่ 48 การทดสอบการควบคุมการทำงานของแผนที่เมื่อคลิกที่ไอคอน

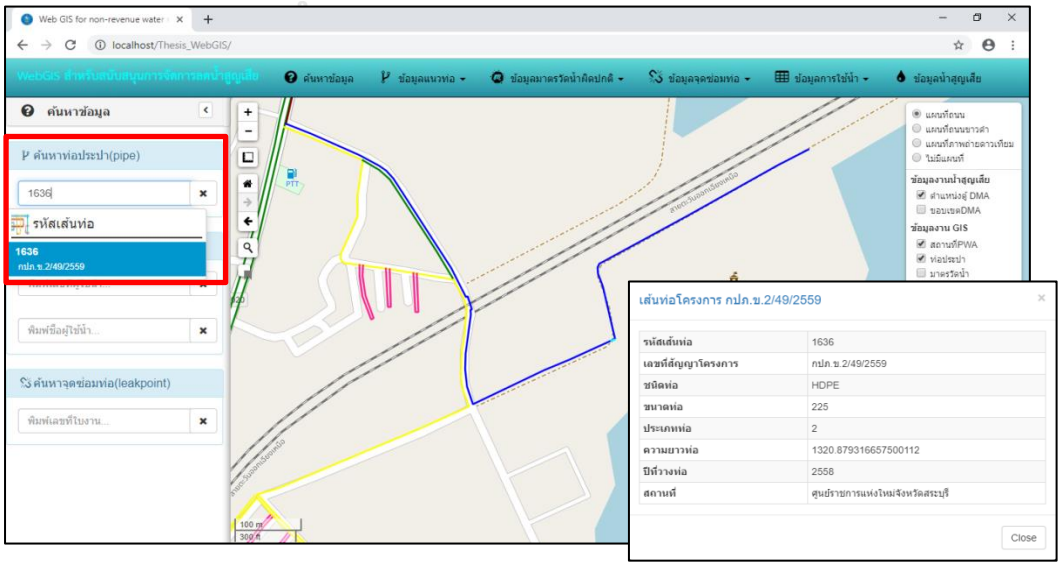
4.2.2 การทดสอบความถูกต้องของฟังก์ชัน ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บที่จัดทำขึ้นมีฟังก์ชันจำนวน 6 ฟังก์ชัน ในการทดสอบได้นำผลลัพธ์ที่ได้จากหน้าเว็บมาเปรียบเทียบกับการผลลัพธ์จากโปรแกรมแมพอินโฟ (Mapinfo) ซึ่งเป็นโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ติดตั้งบนเดสก์ท็อปที่หน่วยงานใช้อยู่ในปัจจุบัน การทดสอบแบ่งออกเป็น 3 วิธี รายละเอียด ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 รายละเอียดการทดสอบความถูกต้องการทำงานของฟังก์ชัน

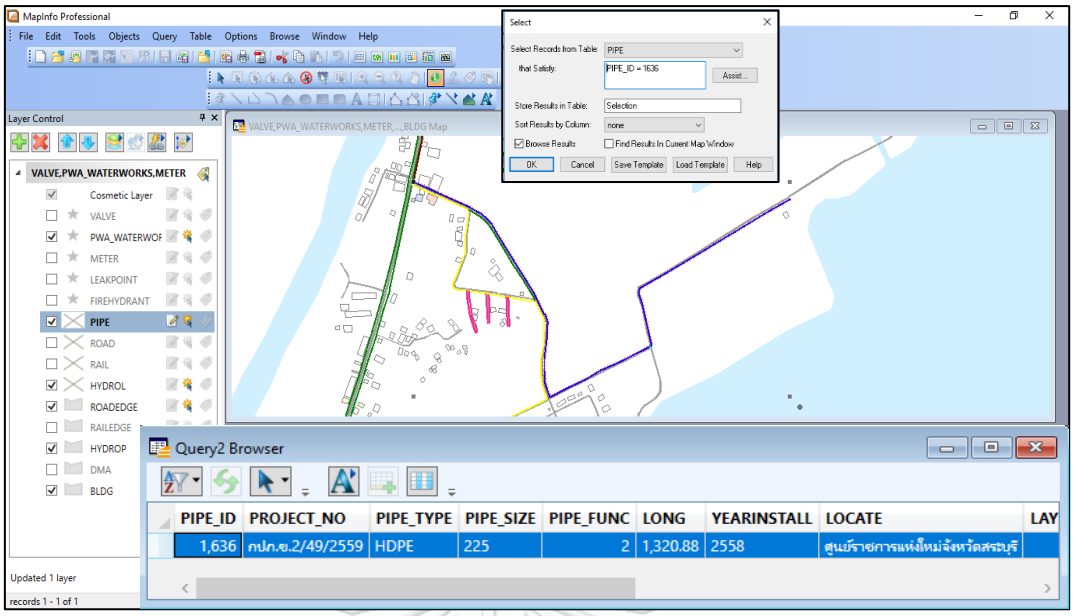
ลำดับ	ฟังก์ชัน	การทดสอบ	ผลลัพธ์
1	การสอบถามข้อมูล	เปรียบเทียบตำแหน่งและรายละเอียดของข้อมูลบนหน้าเว็บ กับโปรแกรมแมพอินโฟ ว่าตรงกันหรือไม่	ถูกต้อง
2	การสืบค้นข้อมูลแนวท่อ	เปรียบเทียบตารางผลลัพธ์ที่ได้จากหน้าเว็บ กับตารางผลลัพธ์จากโปรแกรมแมพอินโฟ	ถูกต้อง
3	การสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ		ถูกต้อง
4	การสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ		ถูกต้อง
5	การสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ		ถูกต้อง
6	การสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย	เปรียบเทียบตัวเลขที่แสดงบนหน้าเว็บกับตัวเลขที่ได้จากโปรแกรมแมพอินโฟ	ถูกต้อง

4.2.2.1 การทดสอบฟังก์ชันการสอบถามข้อมูล ทำการทดสอบโดยการพิมพ์รหัสเส้นท่อบนหน้าเว็บ แล้วคลิกเลือกรายการที่แสดงขึ้นมา ระบบจะซูมไปยังเส้นท่อที่ต้องการค้นหาและแสดงรายละเอียดของเส้นท่อ เปรียบเทียบตำแหน่งและรายละเอียดข้อมูลที่ได้จากการค้นหาเส้นท่อด้วยรหัสเส้นท่อในโปรแกรมแมพอินโฟ ดังภาพที่ 49

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก)



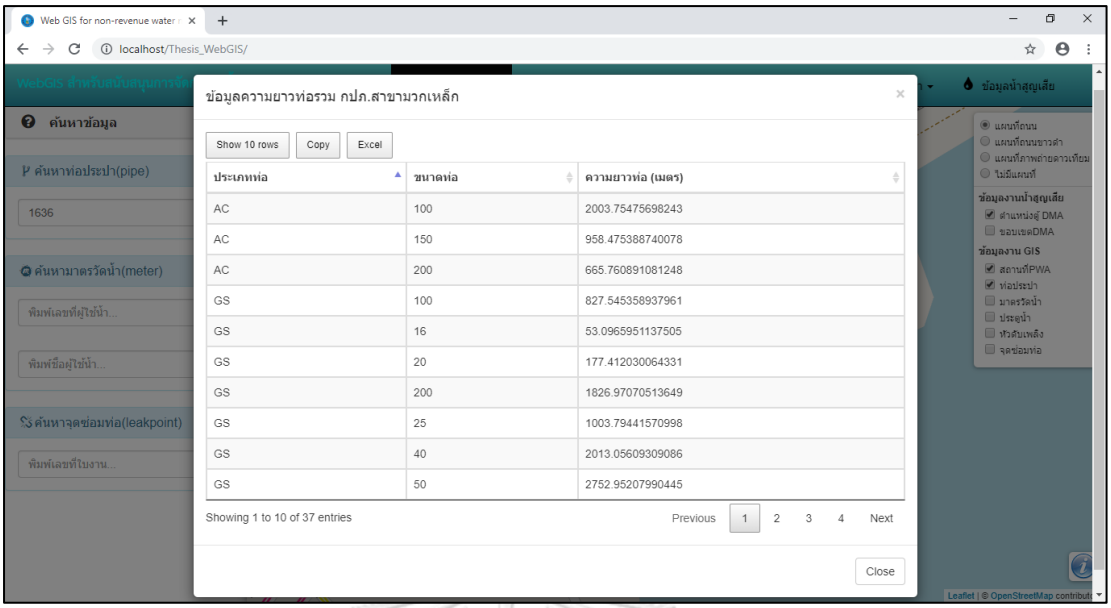
(ข)

ภาพที่ 49 การทดสอบฟังก์ชันการสอบถามข้อมูล

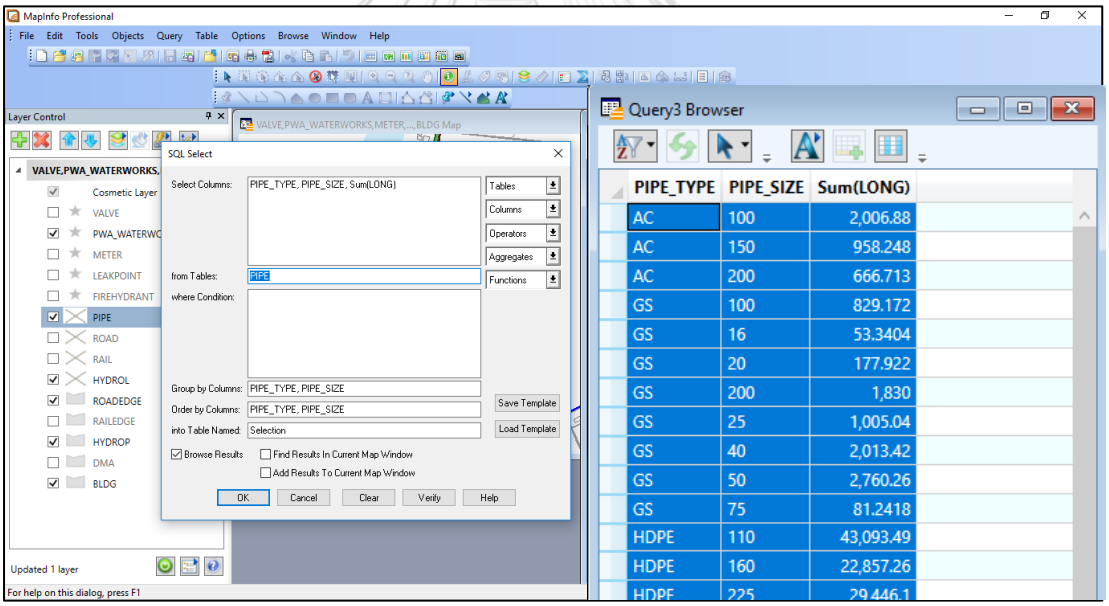
(ก) ผลลัพธ์การค้นหาข้อมูลจากหน้าเว็บ

(ข) ผลลัพธ์การค้นหาข้อมูลจากโปรแกรมแมพอินโฟ

4.2.2.2 การทดสอบฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลแนวท่อ ฟงกชันการสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ ฟงกชันการสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ และฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ การทำงานในฟังก์ชันเหล่านี้เป็นการคำนวณข้อมูลในฐานข้อมูลด้วยชุดคำสั่ง SQL เพื่อแสดงผลลัพธ์ออกมาที่หน้าเว็บ วิธีการทดสอบทำโดยการคลิกเลือกฟังก์ชันบนหน้าเว็บให้แสดงผลลัพธ์ตารางขึ้นมา แล้วเปรียบเทียบตารางผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมแมพอินโฟ ดังตัวอย่างในภาพที่ 50 ถึงภาพที่ 53 ตรวจสอบรายละเอียดข้อมูลและดูจำนวนแถวของข้อมูลที่คำนวณได้ สามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 12



(ก)

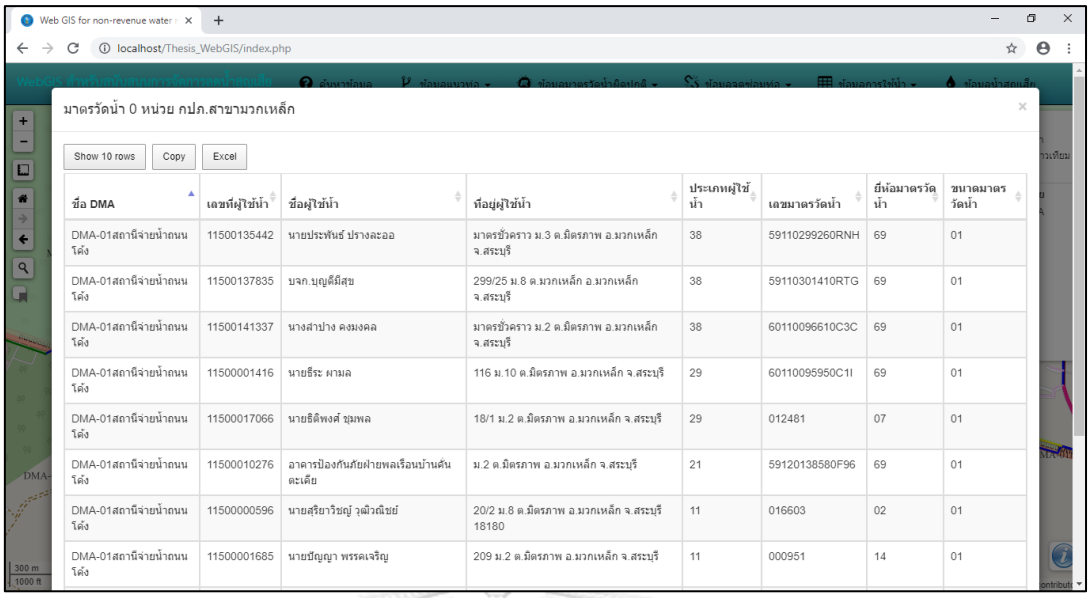


(ข)

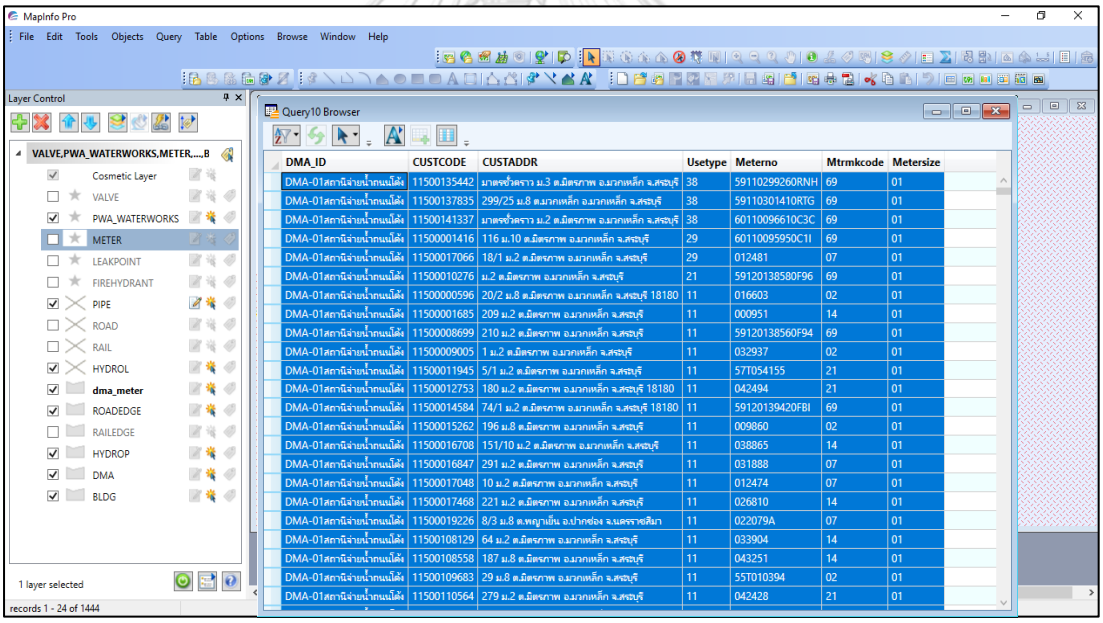
ภาพที่ 50 ตัวอย่างการทดสอบฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลแนวท่อ

(ก) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากหน้าเว็บ

(ข) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมแมพอินโฟ



(ก)

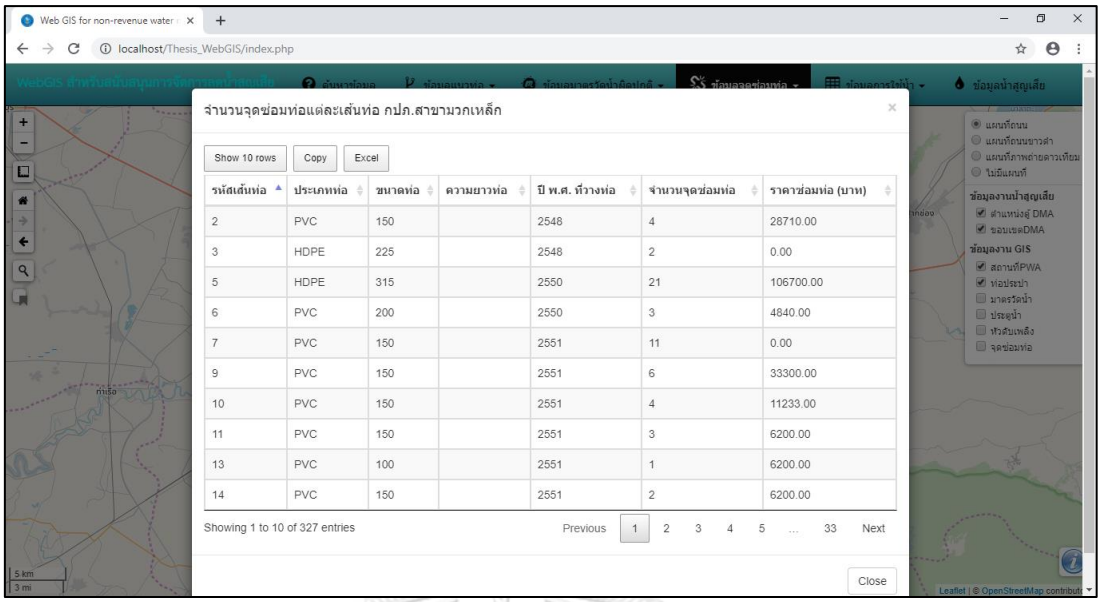


(ข)

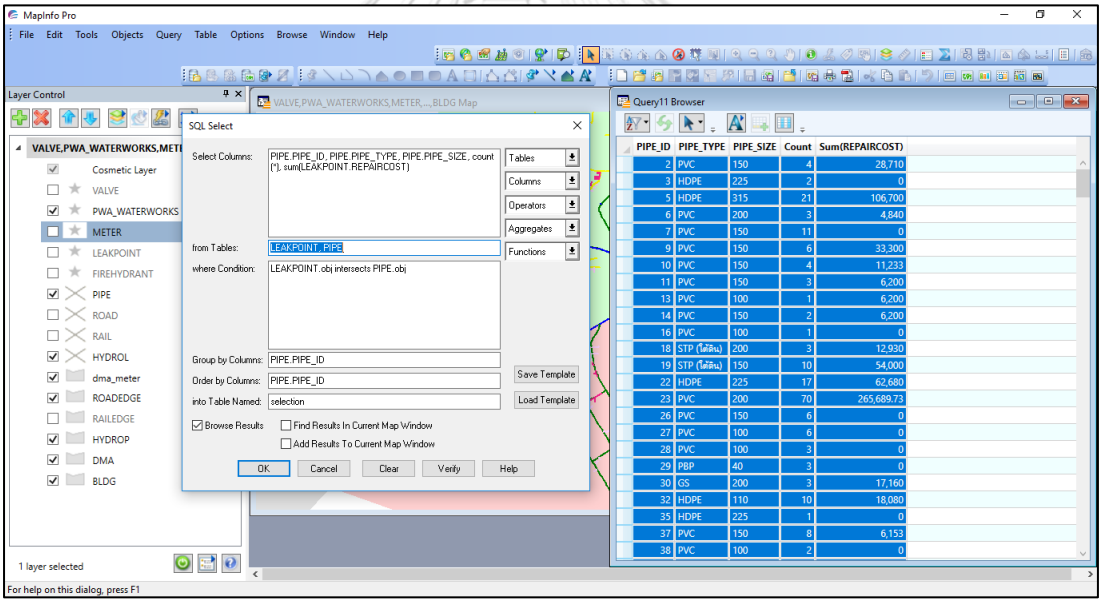
ภาพที่ 51 ตัวอย่างการทดสอบฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ

(ก) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากหน้าเว็บ

(ข) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมแมพอินโฟ



(ก)

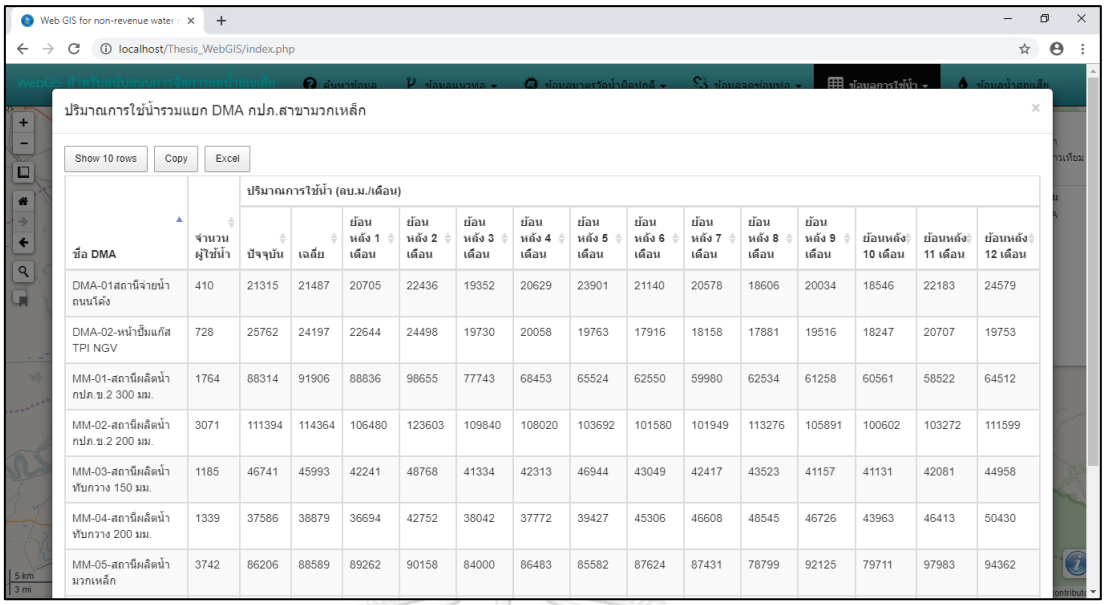


(ข)

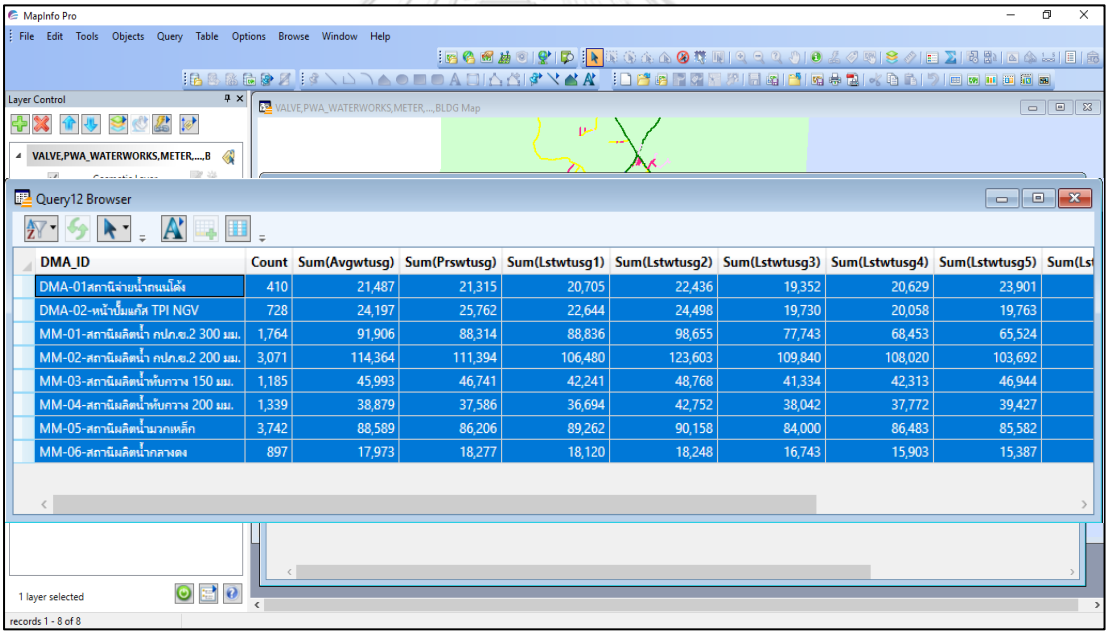
ภาพที่ 52 ตัวอย่างการทดสอบฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ

(ก) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากหน้าเว็บ

(ข) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมแมพอินโฟ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 53 ตัวอย่างการทดสอบฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ

(ก) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากหน้าเว็บ

(ข) ตารางผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมแมพอินโฟ

ตารางที่ 12 สรุปผลการเปรียบเทียบจำนวนข้อมูลที่ได้จากทดสอบความถูกต้องการทำงานของฟังก์ชัน

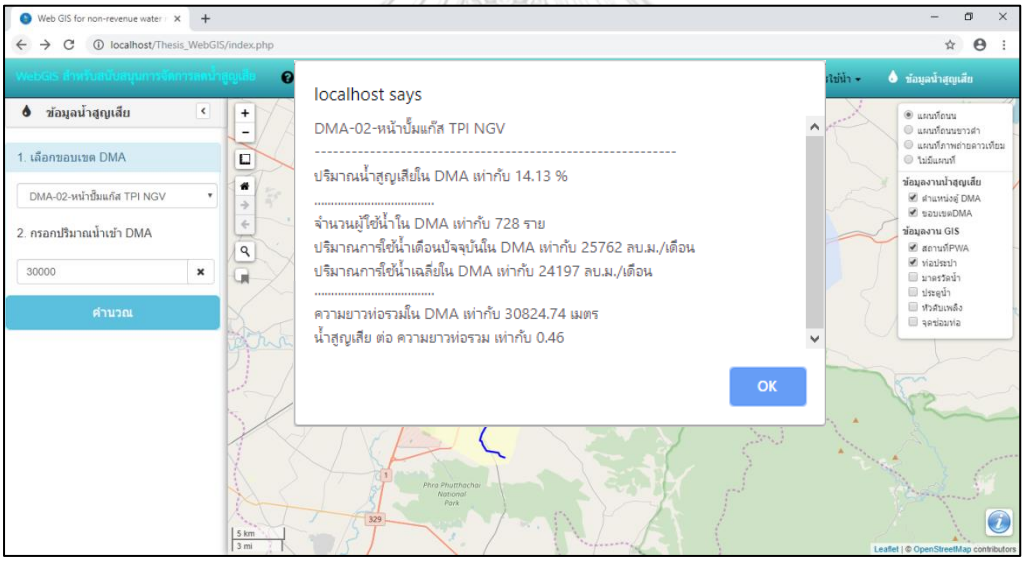
ฟังก์ชันหลัก	ฟังก์ชันย่อย	ผลการคำนวณ	
		เว็บ (แถว)	โปรแกรมแมพอินโฟ (แถว)
1. การสืบค้นข้อมูลแนวท่อ	1.1 ข้อมูลความยาวท่อรวม	37	37
	1.2 ข้อมูลความยาวท่อรวมแยก DMA	141	141
	1.3 ข้อมูลท่ออายุมากกว่า 10 ปี	655	655
2. การสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ	2.1 มาตรวัดน้ำศูนย์หน่วย	1,444	1,444
	2.2 มาตรวัดน้ำศูนย์หน่วยติดกัน 3 เดือน	929	929
	2.3 มาตรวัดน้ำที่ใช้น้ำน้อยกว่าค่าเฉลี่ย 50 เปอร์เซ็นต์	1,062	1,062
3. การสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ	3.1 ข้อมูลจำนวนจุดซ่อมท่อในแต่ละเส้นท่อ	327	327
	3.2 ข้อมูลจำนวนจุดซ่อมท่อในแต่ละDMA	8	8
4. การสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ	4.1 ข้อมูลการใช้น้ำรวม	1	1
	4.2 ข้อมูลการใช้น้ำแยก DMA	8	8
	4.3 ข้อมูลการใช้น้ำแยก DMA และแยกขนาดมาตรวัดน้ำ	44	44

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

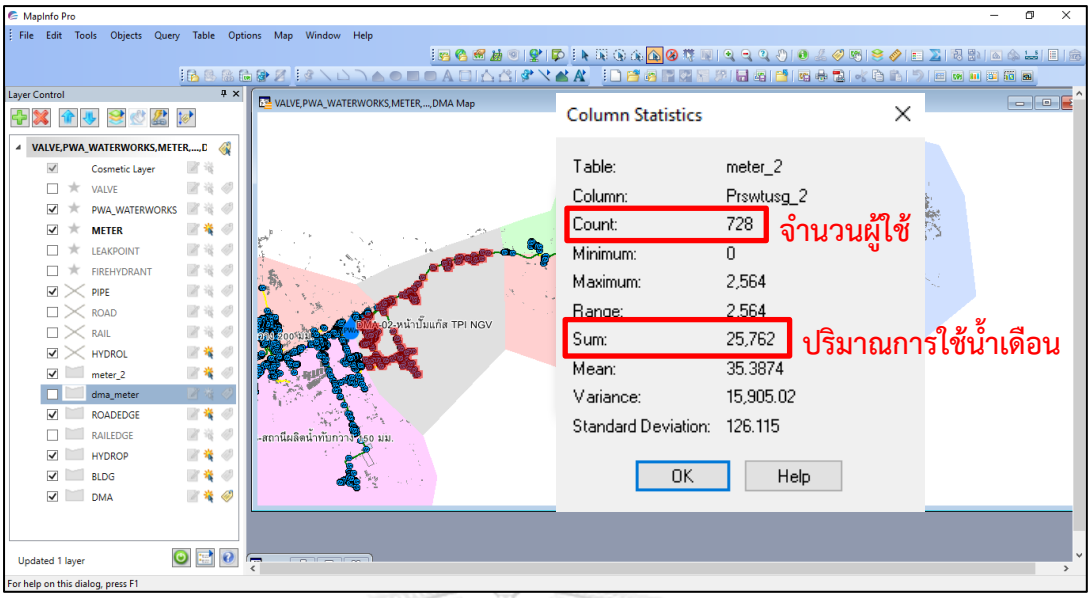
4.2.2.3 การทดสอบฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย มีตัวเลขที่แสดงผลลัพธ์บนหน้าเว็บ ประกอบด้วย ร้อยละน้ำสูญเสีย จำนวนผู้ใช้น้ำ ปริมาณการใช้น้ำเดือนปัจจุบัน ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย ความยาวท่อรวม และค่าความยาวท่อรวมต่อร้อยละน้ำสูญเสีย ภายในขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย ดังภาพที่ 54 ได้ทำการเปรียบเทียบตัวเลขทั้งหมดกับตัวเลขที่คำนวณได้จากโปรแกรมแมพอินโฟ เมื่อกำหนดให้ขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย คือ DMA-02-หน้าปั๊มแก๊ส TPI NGV และปริมาณน้ำเข้าพื้นที่ เท่ากับ 30,000 ลบ.ม./เดือน ตัวอย่างดังตารางที่ 13 และภาพที่ 55

ตารางที่ 13 สรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย

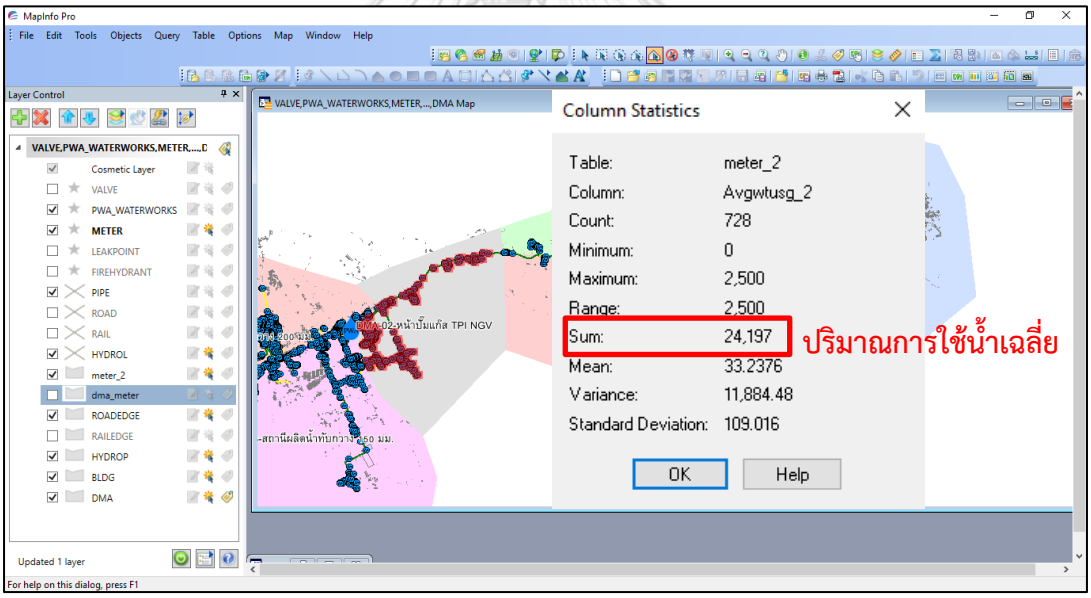
ข้อมูลที่ทำการทดสอบ	ผลการคำนวณ	
	เว็บ	โปรแกรมแมพอินโฟ
ร้อยละน้ำสูญเสีย	14.13%	14.13%
จำนวนผู้ใช้น้ำ (ราย)	728	728
ปริมาณการใช้น้ำเดือนปัจจุบัน (ลบ.ม./เดือน)	25,762	25,762
ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย (ลบ.ม./เดือน)	24,197	24197
ความยาวท่อรวม (เมตร)	30,824.74	30,825.32
ความยาวท่อรวมต่อร้อยละน้ำสูญเสีย	0.46	0.46



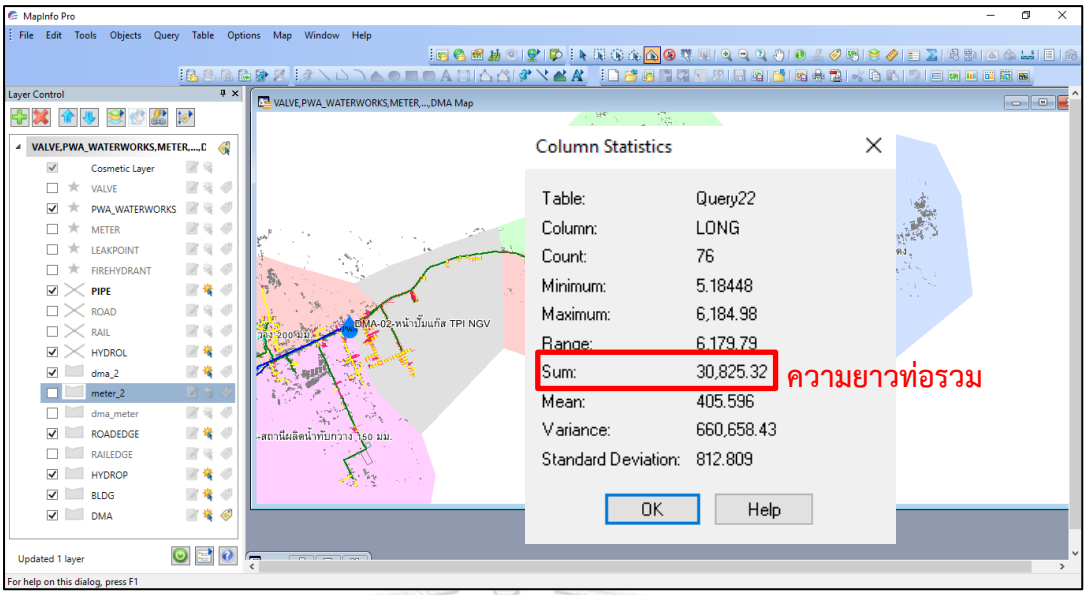
ภาพที่ 54 แสดงผลลัพธ์บนหน้าเว็บเมื่อใช้ฟังก์ชันการสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย โดยกำหนดให้ขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย คือ DMA-02-หน้าปั๊มแก๊ส TPI NGV และปริมาณน้ำเข้าพื้นที่ เท่ากับ 30,000 ลบ.ม./เดือน


MapInfo Pro
Column Statistics
Table: meter_2
Column: Prswtusg_2
Count: 728
จำนวนผู้ใช้
Minimum: 0
Maximum: 2,564
Range: 2,564
Sum: 25,762
ปริมาณการใช้น้ำเดือน
Mean: 35.3874
Variance: 15,905.02
Standard Deviation: 126.115
OK
Help

(ก)


MapInfo Pro
Column Statistics
Table: meter_2
Column: Avgwtusg_2
Count: 728
Minimum: 0
Maximum: 2,500
Range: 2,500
Sum: 24,197
ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย
Mean: 33.2376
Variance: 11,884.48
Standard Deviation: 109.016
OK
Help

(ข)



(ค)

ภาพที่ 55 แสดงผลลัพธ์บนโปรแกรมแมพอินโฟเมื่อกำหนดให้ขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย คือ DMA-02-หน้าปั๊มแก๊ส TPI NGV และปริมาณน้ำเข้าพื้นที่ เท่ากับ 30,000 ลบ.ม./เดือน

(ก) ผลการคำนวณตัวเลขจำนวนผู้ใช้น้ำและปริมาณการใช้น้ำปัจจุบัน

(ข) ผลการคำนวณตัวเลขปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย

(ค) ผลการคำนวณตัวเลขความยาวท่อรวม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.3 การเปรียบเทียบระยะเวลาการดำเนินงานระหว่างกระบวนการทำงานแบบเดิม ซึ่งทำงานด้วยโปรแกรมแมพอินโฟ และกระบวนการทำงานแบบใหม่ซึ่งทำงานบนเว็บที่พัฒนาขึ้น ผลการเปรียบเทียบแสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบกระบวนการทำงานแบบเดิมและกระบวนการทำงานแบบใหม่

รายละเอียด	กระบวนการทำงานแบบเดิม (โปรแกรมแมพอินโฟ)	กระบวนการทำงานแบบใหม่ (เว็บ)
1. ระยะเวลาในการร้องขอข้อมูลเมื่อผู้ใช้งานไม่สามารถใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ติดตั้งบน เดสก์ท็อปได้	1-2 วัน	-
2. ระยะเวลาในการคัดลอกข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ เมื่อผู้ใช้งานสามารถใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ติดตั้งบนเดสก์ท็อปได้	5-10 นาที	-
3. ระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูลแนวท่อ	10-15 นาที	1-2 นาที
4. ระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่ผิดปกติ	10-15 นาที	1-2 นาที
5. ระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ	10-15 นาที	1-2 นาที
6. ระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ	10-15 นาที	1-2 นาที
7. ระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูลร้อยละน้ำสูญเสีย	10-15 นาที	1-2 นาที
8. ระยะเวลารวมทั้งกระบวนการทำงานตั้งแต่จุดเริ่มต้นถึงจุดสุดท้าย	มากกว่าหรือเท่ากับ 1-2 วันทำการ	5-10 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ทำการประเมินผลโดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ Google form ซึ่งจะทำการประเมินผลจากบุคลากรผู้ใช้ข้อมูลโดยตรง จำนวน 20 คน แบ่งเป็น บุคลากรในงานบริหารจัดการลดน้ำสูญเสีย กองระบบจำหน่าย การประปาส่วนภูมิภาคเขต 2 จำนวน 15 คน และบุคลากรจากงานบริการของการประปาส่วนภูมิภาคสาขามวกเหล็ก จำนวน 5 คน ทำการประเมินผลในด้านความสวยงาม ทันสมัย น่าสนใจของหน้าเว็บ ความสะดวกในการใช้งาน ความถูกต้อง ครบถ้วนของข้อมูล ความรวดเร็วในการทำงาน และความพอใจในภาพรวมของเว็บ โดยใช้เกณฑ์ในการประเมิน 5 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง สามารถสรุปผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการประเมินความพึงพอใจจากบุคลากรภายในการประปาส่วนภูมิภาคทั้งหมด 20 คน

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ยระดับ	ผลลัพธ์
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง		
1	ความสวยงาม ทันสมัย น่าสนใจของหน้าเว็บ	8	9	3	0	0	4.25	ดี
2	ความสะดวกในการใช้งาน สามารถใช้งานได้ง่าย	17	3	0	0	0	4.85	ดีมาก
3	การวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้องครบถ้วน	6	12	2	0	0	4.20	ดี
4	ความรวดเร็วในการทำงานของระบบ	6	11	3	0	0	4.15	ดี
5	การนำไปใช้ประโยชน์ในหน่วยงาน	15	5	0	0	0	4.75	ดีมาก
6	ความพึงพอใจเว็บไซต์ในภาพรวม	10	9	1	0	0	4.45	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม							**4.44**	**ดี**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการประเมิน พบว่า ผู้ประเมินมีความพึงพอใจต่อระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาคในระดับดีมาก ได้แก่ เรื่องความสะดวกในการใช้งาน สามารถใช้งานได้ง่าย และการนำไปใช้ประโยชน์ในหน่วยงาน ส่วนรายการที่ได้รับความพึงพอใจในระดับดี ได้แก่ ความสวยงาม ทันสมัย น่าสนใจของหน้าเว็บ การวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้องครบถ้วน ความรวดเร็วในการทำงานของระบบ ความพึงพอใจเว็บไซต์ในภาพรวม สรุปค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมมีค่าเท่ากับ 4.44 อยู่ในระดับดี

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาคด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ มีวัตถุประสงค์เพื่อเรียกใช้ข้อมูลสำหรับสนับสนุนการวางแผนและจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาค มีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้

การศึกษารวบรวมความต้องการและจัดเตรียมข้อมูลที่ใช้ดำเนินการ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจความต้องการของผู้ใช้งานโดยการสัมภาษณ์บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้านการบริหารจัดการควบคุมลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาค แล้วรวบรวมความต้องการทั้งหมดเพื่อนำมาวิเคราะห์ความต้องการของระบบและออกแบบระบบ สถาปัตยกรรมของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วน client ส่วน web server และส่วน database server ออกแบบโครงสร้างหน้าเว็บให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้ง่าย มีความสะดวกในการใช้เครื่องมือจัดการแผนที่ สามารถเห็นข้อมูลแผนที่ได้ชัดเจน และจัดทำฟังก์ชันให้ตรงตามความต้องการ มีผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบ 2 กลุ่ม คือ ผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้ระบบ จากนั้นได้จัดเตรียมข้อมูลที่ใช้ดำเนินการทั้งหมด 8 ชั้นข้อมูล มาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยวิธีตรวจสอบทอพอลอยี ได้แก่ ชั้นข้อมูลท่อประปา ชั้นข้อมูลประตูน้ำ ชั้นข้อมูลหัวดับเพลิง ชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำ ชั้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ ชั้นข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสำนักงานประปา ชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย และชั้นข้อมูลตำแหน่งตู้ DMA ด้วยโปรแกรม Quantum GIS เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการดำเนินการพัฒนาระบบต่อไป

การพัฒนาระบบ ผู้วิจัยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาระบบ ดังนี้ ภาษา HTML ในการแสดงผล รวมถึงการสร้างองค์ประกอบบนหน้าเว็บ ภาษา JavaScript ในการสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้ และภาษา PHP สำหรับติดต่อกับฐานข้อมูล โดยใช้โปรแกรมแม่ข่ายแผนที่ Geoserver ในการแสดงผลข้อมูลรูปแบบ Web Map Service กำหนดรูปแบบสัญลักษณ์ทุกชั้นข้อมูลให้ตรงตามมาตรฐานของการประปาส่วนภูมิภาคด้วยโปรแกรม Quantum GIS ใช้โปรแกรม PostgreSQL สำหรับจัดเก็บฐานข้อมูล และเรียกข้อมูลออกมาแสดงผลตามเงื่อนไขที่กำหนดด้วยชุดคำสั่ง SQL

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจากนี้ libraries ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ Bootstrap Front-end Framework ในการวางโครงสร้างหน้าเว็บ Leaflet JavaScript library สำหรับพัฒนาส่วนจัดการแผนที่ และแสดงผลข้อมูลแผนที่ Datatables Jquery JavaScript สำหรับจัดรูปแบบการแสดงผลข้อมูลส่วนที่เป็นตาราง การพัฒนาระบบในครั้งนี้มีฟังก์ชันให้ผู้ใช้งานเลือกทั้งหมด 6 ฟังก์ชัน คือ การสอบถามข้อมูล การสืบค้นข้อมูลแนวท่อ การสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ การสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ การสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ และการสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย การใช้เครื่องมือสืบค้นข้อมูลแนวท่อ ช่วยให้ทราบถึงข้อมูลอายุเส้นท่อ ความยาวเส้นท่อแต่ละประเภท เครื่องมือสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ ช่วยให้ทราบถึงสถิติการซ่อมท่อของท่อแต่ละเส้น แต่ละขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ประกอบการพิจารณาและเรียงลำดับความจำเป็นในการเลือกปรับปรุงเส้นท่อ เครื่องมือสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่ผิดปกติ ช่วยให้ทราบถึงมาตรวัดน้ำที่มีปริมาณการใช้น้ำผิดปกติในแต่ละเดือน สามารถนำข้อมูลไปใช้ประกอบการบำรุงรักษามาตรวัดน้ำ เครื่องมือสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ ช่วยให้ทราบถึงปริมาณการใช้น้ำรวมทั้งสาขา การใช้น้ำแยกขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย และเครื่องมือสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย ช่วยให้ทราบถึงร้อยละน้ำสูญเสียที่เกิดขึ้นแต่ละขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณน้ำสูญเสีย ของขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย เพื่อใช้ในการวางแผน บริหารจัดการแรงดันน้ำในเส้นท่อ และเจาะจงพื้นที่ที่มีความจำเป็นต้องแก้ไขปัญหาก่อนหลังได้

การทดสอบระบบ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การทดสอบการทำงานในส่วนแสดงผลแผนที่ การทดสอบความถูกต้องของฟังก์ชัน และการเปรียบเทียบกระบวนการทำงานแบบเดิมกับกระบวนการทำงานแบบใหม่ ในส่วนแสดงผลแผนที่ได้มีการทดสอบความครบถ้วนในการแสดงผลของชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ทุกชั้นข้อมูล ทดสอบความถูกต้องทางตำแหน่งของข้อมูลกับแผนที่ฐานทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ แผนที่ถนน OpenStreetMAP แบบสี แผนที่ถนน OpenStreetMAP แบบขาวดำ และแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียมไทยโชติ ทดสอบส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องมือจัดการแผนที่ทั้งการควบคุมด้วยเม้าส์ และการควบคุมโดยการคลิกที่ไอคอน ส่วนการทดสอบความถูกต้องของฟังก์ชันทั้ง 6 ฟังก์ชัน ในการทดสอบได้นำผลลัพธ์ที่ได้จากหน้าเว็บมาเปรียบเทียบกับการผลลัพธ์จากโปรแกรมแมพอินโฟ ซึ่งเป็นโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ติดตั้งบนเดสก์ท็อปที่หน่วยงานใช้อยู่ในปัจจุบัน ผลการทดสอบระบบ พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้ดี ผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้งานระบบผ่านเว็บเบราว์เซอร์ต่างๆ ได้ คือ Google Chrome Internet Explorer

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Mozilla Firefox และ Microsoft Edge เพื่อส่งคำร้องขอข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่ายในฝั่ง server โดยการคลิกเลือกเครื่องมือหรือฟังก์ชันต่างๆ ได้ตามความต้องการ จากนั้นระบบจะจัดการคำร้องขอของผู้ใช้ไปยัง map server และดึงข้อมูลจาก database server ในส่วนของการคำนวณ เพื่อประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล จากนั้นระบบจะส่งผลลัพธ์กลับมาแสดงที่หน้าเว็บ การเปรียบเทียบระยะเวลาการดำเนินงานระหว่างกระบวนการทำงานแบบเดิม ซึ่งทำงานด้วยโปรแกรมแมพอินโฟ และกระบวนการทำงานแบบใหม่ซึ่งทำงานบนเว็บที่พัฒนาขึ้น แสดงให้เห็นความรวดเร็วในการสืบค้นข้อมูลต่างๆ นอกจากนี้ ยังช่วยลดขั้นตอนในการทำงาน ได้แก่ การร้องขอข้อมูลเมื่อผู้ใช้งานไม่สามารถใช้โปรแกรมแมพอินโฟ และการคัดลอกข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ เมื่อผู้ใช้งานสามารถใช้โปรแกรมแมพอินโฟได้ กระบวนการทำงานแบบใหม่ เริ่มต้นจากแผนกงานน้ำสูญเสียซึ่งเป็นผู้ต้องการข้อมูล สามารถเรียกใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์แล้วเลือกฟังก์ชันที่ต้องการข้อมูลจากนั้นระบบจะประมวลผล แล้วแสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบตาราง โดยมีเจ้าหน้าที่จากแผนกงานแผนที่แนวท่อเป็นผู้อัพเดทข้อมูลเข้าระบบ กระบวนการทั้งหมดจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดใช้ระยะเวลารวมเพียง 5-10 นาทีเท่านั้น

ทั้งนี้ การพัฒนาระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาคด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ ได้รับการประเมินผลความพึงพอใจจากบุคลากรผู้ใช้งานภายในการประปาส่วนภูมิภาค จำนวน 20 คน ด้วยแบบสอบถามออนไลน์ Google form พบว่า ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจรวมมีค่าเท่ากับ 4.44 อยู่ในระดับดี เนื่องจากระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยให้บุคลากรในหน่วยงานสามารถเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้โดยง่าย ไม่จำเป็นต้องอาศัยซอฟต์แวร์ที่มีใบอนุญาตการใช้งาน ผู้ใช้งานไม่ต้องมีความเชี่ยวชาญทางด้านคอมพิวเตอร์เป็นพื้นฐานก็สามารถใช้งานได้ การวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้องเหมือนโปรแกรมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ระบบช่วยลดภาระงาน ลดขั้นตอนการทำงาน และลดระยะเวลาในการดำเนินงานของส่วนงานที่เกี่ยวข้อง เจ้าหน้าที่แผนกงานน้ำสูญเสีย สามารถสืบค้นข้อมูลได้เอง โดยไม่ต้องร้องขอมายังแผนกงานแผนที่แนวท่อ ส่งผลให้การดำเนินงานมีความสะดวกรวดเร็วสามารถสนับสนุนข้อมูลให้กับการจัดการลดน้ำสูญเสียขององค์กรได้เป็นอย่างดี ภาระของเจ้าหน้าที่แผนกงานแผนที่แนวท่อ ในการช่วยสืบค้นข้อมูลก็ลดลง แต่จะมีหน้าที่ที่สำคัญในการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัย เพื่อให้แผนกงานน้ำสูญเสีย ได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.2 ข้อจำกัดของระบบ

5.2.1 ระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาคด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ สามารถทำงานได้เมื่อมีการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตเท่านั้น เนื่องจากมีการเรียกใช้ libraries ผ่านอินเตอร์เน็ต และมีการเรียกแสดงแผนที่ฐานจากการใช้คำสั่ง API เชื่อมต่อกับเว็บไซต์ผู้ให้บริการ

5.2.2 ฟังก์ชันการสอบถามข้อมูล สามารถค้นหาข้อมูลได้ตามที่กำหนดไว้เท่านั้น คือ ชั้นข้อมูลท่อประปา ค้นหาได้จากรหัสท่อประปา ชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำ ค้นหาได้จากเลขที่ผู้ใช้น้ำ หรือชื่อผู้ใช้น้ำ และชั้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ ค้นหาได้จากเลขที่ใบงานซ่อมท่อ

5.2.3 การอัพเดทข้อมูลเข้าระบบ เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลจะทำการอัพเดทข้อมูลเข้าสู่ระบบเดือนละหนึ่งครั้ง

5.3 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บที่พัฒนาขึ้นนี้ ยังสามารถพัฒนาเครื่องมือต่างๆ เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์ให้กับระบบ และเป็นประโยชน์กับการบริหารจัดการลดน้ำสูญเสียได้ดีมากยิ่งขึ้น ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. พัฒนาในส่วนของการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ เช่น แสดงผลลัพธ์ในรูปแบบกราฟแท่ง หรือแผนภูมิ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเห็นภาพได้ชัดเจน และวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่ายขึ้น

2. พัฒนาให้สามารถจัดทำเป็นแผนที่ ให้ผู้ใช้งานสามารถออกแบบ จัดวางองค์ประกอบได้เอง เพื่อนำไปใช้เป็นเอกสารประกอบการจัดทำรายงานได้

3. พัฒนาให้ผู้ใช้งานสามารถแจ้งแก้ไขข้อมูลได้ เมื่อพบว่าข้อมูลไม่ถูกต้อง เช่น พบว่าตำแหน่งหัวดับเพลิงไม่ถูกต้อง รายละเอียดข้อมูลแนวท่อไม่ถูกต้อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้รับแจ้งมาแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องต่อไป

บรรณานุกรม

Andrea A. and Simone G. (2016). *Geoserver an introduction for beginners*: INSPIRE conference 2016, Barcelona 26 September 2016.

Consulting Center Geographic Information Systems. (2008). *Introduction to Spatial Data Management with Postgis*.

Fu P. and Sun J. (2011). *Web GIS principles and applications*. United States of America: ESRI Press.

การประปานครหลวง. (2551). ลดน้ำสูญเสีย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.mwa.co.th/ewt_w3c/ewt_news.php?nid=177&filename= [17 กันยายน 2561].

การประปาส่วนภูมิภาค. (2552). คู่มือระบบน้ำสูญเสียการประปาส่วนภูมิภาค 2552: ม.ป.ท.

การประปาส่วนภูมิภาค. (ม.ป.ป.). คู่มือบริหารจัดการน้ำสูญเสีย: ม.ป.ท.

กิตติสิทธิ์ สมบัติตรา. (2560). *Brackets* โปรแกรม *Code Editor*. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.glurgeek.com/education/software-engineering/brackets-code-editor [18 กันยายน 2561].

งานน้ำสูญเสีย การประปาส่วนภูมิภาคเขต 2. (ม.ป.ป.). คู่มือบริหารจัดการน้ำสูญเสีย: ม.ป.ท.

งานน้ำสูญเสีย การประปาส่วนภูมิภาคเขต 9. (2560). น้ำสูญเสียกับผลกระทบต่อการประปาส่วนภูมิภาค. ใน เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรการเป็นวิทยากร การประปาส่วนภูมิภาค. 5-9 ธันวาคม 2560.

ธนพล อัตถวิบูลย์กุล. (2555). การประยุกต์ใช้ *GIS* กับการจัดการน้ำสูญเสีย การประปาส่วนภูมิภาค.

ธีรภัทร มนตรีศาสตร์. (2547). *Apache* เว็บเซิร์ฟเวอร์สารพัดประโยชน์. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://hospital.moph.go.th/sapphaya/DownLoad/Download/Apache เว็บเซิร์ฟเวอร์สารพัดประโยชน์.html [10 กันยายน 2561].

นันทวัฒน์ ไชยรัตน์. (2560). พื้นฐาน *CSS*. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.hellomyweb.com/course/CSS/css_introduction/ [20 กันยายน 2561].

ประชา พฤกษ์ประเสริฐ. (2550). สร้างเว็บและเพิ่มลูกเล่นด้วย *HTML&XHTML* (พิมพ์ครั้งที่ 2 ed.). กรุงเทพมหานคร.

พรรณี ชีวินศิริวัฒน์. (2561). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: หลักการและการประยุกต์ (พิมพ์ครั้งที่ 1 ed.): กรุงเทพมหานคร: โครงการเผยแพร่ผลงานวิชาการ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มหาวิทยาลัย.

พัชรา รักษาคม. (2559). การพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนระบบออนไลน์ในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลก. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี). มหาวิทยาลัยนเรศวร,

ภาณุวัฒน์ อังคสุรักษ์. (2554). การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สารสนเทศออนไลน์สำหรับการวางแผนการเดินทางด้วยรถโดยสารประจำทาง. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,

ศักดิ์ชัย หอมกระแจะ. (ม.ป.ป.). การบริหารจัดการน้ำสูญเสียในระบบจำหน่าย. การประปาส่วนภูมิภาค เขต 3: ม.ป.ท.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์กรุงเทพมหานคร. (2558). รู้จัก *Open Source License*. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://www.bangkokgis.com/bangkokgis_2008/system_file/-t1425358695.pdf [10 ตุลาคม 2561].

สมบูรณ์ พัฒน์ธีรพงศ์. (2554). *JavaScript Programming Guide* (พิมพ์ครั้งที่ 1 ed.). คอนเทนต์บูพับลิชชิ่ง: บริษัท เอ็น. วาย. ฟิล์ม จำกัด.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2551). การเผยแพร่ข้อมูลภูมิสารสนเทศทางอินเทอร์เน็ต.

สิทธิชัย ชูสำโรง. (2559). การจัดการฐานข้อมูลและฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ. ใน เอกสารประกอบการสอนรายวิชาการจัดการฐานข้อมูลและฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ. ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบจัดการแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2555). คู่มือการใช้งานโปรแกรม *Quantum GIS*: ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก.

พจนานุกรมข้อมูล (data dictionary)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชั้นข้อมูลท่อประปา

1	**Table Name** : PIPE **Table Description** : ชั้นข้อมูลท่อประปา **Feature Class** : LINE **Table Type** : MASTER FILE					
No.	**Field Name**	**Description**	**Type**	**REQ**	**PK or FK**	**Refer Table**
1	PIPE_ID	รหัสท่อประปา	Int(4)	Y	PK	
2	PROJECT_NO	เลขที่สัญญา	Char(50)	Y	FK	PIPE_PROJECT
3	ASSET_CODE	รหัสครุภัณฑ์	Char(12)	N		
4	PIPE_TYPE	ชนิดของท่อประปา	Char(20)	Y	FK	PIPE_TYPE
5	GRADE	เกรดของเม็ดพลาสติกที่ใช้ผลิตภัณฑ์	Char(4)	N	FK	PIPE_GRADE
6	PIPE_SIZE	ขนาดท่อ (ม.ม.)	Char(5)	Y	FK	SIZE_GS SIZE_HDPE SIZE_PBP SIZE_STD
7	CLASS	ชั้นมาตรฐานท่อ	Char(20)	Y	FK	PIPE_CLASS
8	PIPE_FUNC	หน้าที่ของท่อ	Int(4)	Y	FK	PIPE_FUNC
9	LAYING	ลักษณะการวางท่อ	Int(4)	Y	FK	PIPE_LAYING
10	PRODUCT	ชื่อผลิตภัณฑ์ท่อ	Int(4)	Y	FK	PIPE_PRODUCT
11	DEPTH	ความลึก (ม.)	Float(8)	N		
12	LONG	ความยาวท่อ (ม.)	Float(8)	Y		
13	YEARINSTALL	ปี พ.ศ. ที่ทำการวางท่อ	Char(4)	Y		
14	LOCATE	บริเวณที่วางท่อ	Char(200)	Y		
15	PIPE_ID_PREV	รหัสท่อประปาเดิม	Int(4)	N		
16	PWA_CODE	รหัสสำนักงานประปา	Char(7)	Y		
17	REC_DATE	วันที่บันทึกข้อมูล	Char(6)	Y		
18	PASSWORD	ผู้บันทึกข้อมูล	Char(5)	Y	FK	LOGIN
19	REMARK	หมายเหตุ	Char(200)	N		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อมูลมาตรวัดน้ำ

2	**Table Name** : METER **Table Description** : ชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำ **Feature Class** : POINT **Table Type** : MASTER FILE					
No.	**Field Name**	**Description**	**Type**	**REQ**	**PK or FK**	**Refer Table**
1	BLDG_ID	รหัสอาคารที่ใช้มาตร	Integer	Y	FK	BLDG
2	PIPE_ID	รหัสเส้นท่อที่ใช้น้ำ	Integer	Y	FK	PIPE
3	CUSTCODE	เลขที่ผู้ใช้น้ำ	Character(11)	Y	PK	
4	CONTRACNO	เลขที่สัญญาการใช้น้ำ	Character(12)	Y		
5	PIN	รหัสบัตรประชาชน	Character(20)	N		
6	CUSTITLE	คำนำหน้าชื่อ	Character(20)	Y		
7	CUSNAME	ชื่อผู้ใช้น้ำ	Character(50)	Y		
8	CUSSURNAME	นามสกุล	Character(50)	Y		
9	CUSTNAME	คำนำหน้าชื่อ+ชื่อผู้ใช้น้ำ+นามสกุล	Character(100)	Y		
10	METERNO	หมายเลขมิเตอร์	Character(20)	Y		
11	MTRMKCODE	รหัสยี่ห้อมิเตอร์	Character(2)	Y	FK	MTRMKCODE
12	METERSIZE	รหัสขนาดมิเตอร์	Character(2)	Y	FK	METERSIZE
13	BGNCUSTDT	วันที่เป็นผู้ใช้น้ำ	Character(6)	Y		
14	MTRRDROUTE	เส้นทางอ่านมิเตอร์	Character(6)	Y		
15	MTRSEQ	ลำดับการอ่านมิเตอร์	Integer	Y		
16	METERSTAT	สถานะมิเตอร์	Character(2)	Y	FK	METERSTAT
17	USETYPE	ประเภทการใช้น้ำ	Character(2)	Y	FK	USETYPE
18	PRSWTUSG	หน่วยน้ำใช้ปัจจุบัน	Integer	Y		
19	AVGWTUSG	หน่วยน้ำใช้เฉลี่ย	Integer	Y		
20	BGNMTRDT	วันที่เริ่มใช้มิเตอร์	Character(6)	Y		
21	ADDRNO	บ้านเลขที่	Character(50)	Y		
22	BUILDING	ชื่ออาคาร	Character(200)	N		
23	FLOOR	ชั้น	Character(20)	N		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2 (ต่อ)	Table Name : METER Table Description : ชั้นข้อมูลมาตรวัดน้ำ Feature Class : POINT Table Type : MASTER FILE					
No.	**Field Name**	**Description**	**Type**	**REQ**	**PK or FK**	**Refer Table**
24	VILLAGENO	หมู่ที่	Character(3)	N		
25	VILLAGE	หมู่บ้าน	Character(50)	N		
26	SOI	ซอย/ตรอก	Character(30)	N		
27	ROAD	ถนน	Character(50)	N		
28	SUBDISTRICT	ตำบล	Character(30)	Y	FK	TAMBOL
29	DISTRICT	อำเภอ	Character(30)	Y	FK	AMPHOE
30	PROVINCE	จังหวัด	Character(30)	Y		
31	ZIPCODE	รหัสไปรษณีย์	Character(5)	Y		
32	CUSTADDR	ที่อยู่ (รวม)	Character(200)	Y		
33	PWA_CODE	รหัส กปภ.สาขา	Character(7)	Y		
34	PASSWORD	ผู้บันทึกข้อมูล	Character(5)	Y	FK	LOGIN
35	REC_DATE	วันที่บันทึกข้อมูล	Character(6)	Y		
36	REMARK	หมายเหตุ	Character(200)	N		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ชั้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ

3	**Table Name** : LEAKPOINT **Table Description** : ชั้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ **Feature Class** : POINT **Table Type** : MASTER FILE					
No.	**Field Name**	**Description**	**Type**	**REQ**	**PK or FK**	**Refer Table**
1	LEAK_ID	รหัส	Int(4)	Y	PK	
2	LEAK_NO	เลขที่คำสั่งงานซ่อมท่อ	Char(20)	Y		
3	LEAKDATE	รับแจ้งเมื่อวันที่	Char(6)	Y		
4	LEAKTIME	รับแจ้งเมื่อเวลา	Char(4)	Y		
5	LOCATE	สถานที่อ้างอิงจุดซ่อม	Char(200)	Y		
6	LEAKCAUSE	สาเหตุที่ท่อรั่ว	Char(200)	Y		
7	LEAKDEPTH	ความลึกของท่อ(ม.)	Float(8)	Y		
8	PICTUREPATH	ชื่อไฟล์ภาพถ่าย	Char(100)	N		
9	REPAIRBY	ผู้ซ่อม	Char(100)	Y		
10	REPAIRCOST	ค่าใช้จ่ายงานซ่อม	Float(8)	N		
11	REPAIRDATE	วันที่ซ่อมเสร็จ	Char(6)	Y		
12	REPAIRTIME	เวลาที่ซ่อมเสร็จ	Char(4)	Y		
13	LEAKDETAIL	รายละเอียดงานซ่อม	Char(200)	N		
14	LEAKCHECKER	ผู้ตรวจงานซ่อม	Char(30)	Y		
15	PWA_CODE	รหัสสำนักงานประปา	Char(7)	Y		
16	REC_DATE	วันที่บันทึกข้อมูล	Char(6)	Y		
17	PASSWORD	ผู้บันทึกข้อมูล	Char(5)	Y	FK	LOGIN
18	REMARK	หมายเหตุ	Char(200)	N		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่จ่ายน้ำย่อย

4	**Table Name** : DMA **Table Description** : ชั้นข้อมูลพื้นที่จ่ายน้ำย่อย **Feature Class** : POLYGON **Table Type** : MASTER FILE					
No.	**Field Name**	**Description**	**Type**	**REQ**	**PK or FK**	**Refer Table**
1	DMA_ID	รหัสเขตตรวจสอบน้ำสูญเสีย DMA	Int(4)	Y	PK	
2	PWA_Code	รหัสของ กปภ.สาขา	Char(7)	Y		
3	DMA_No	รหัสหมายเลข เขตตรวจสอบน้ำสูญเสีย DMA	Char(4)	Y		
4	AMOUNT_FLOW	ปริมาณน้ำจ่ายเข้า DMA	Int(4)	Y		
5	AMOUNT_CUST	จำนวนผู้ใช้น้ำ	Int(4)	Y		
6	DMA_PRSWTUSG	ปริมาณการใช้น้ำปัจจุบัน	Int(4)	Y		
7	DMA_AVGWTUSG	ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย	Int(4)	Y		
8	NON_REVENUE_PERCENT_PRS	เปอร์เซ็นต์น้ำสูญเสียเดือนปัจจุบัน	Float(8)	Y		
9	NON_REVENUE_PERCENT_AVG	เปอร์เซ็นต์น้ำสูญเสียเฉลี่ย	Float(8)	Y		
10	METERSIZE	ขนาดมาตร	Char(2)	Y		
11	REMARK	หมายเหตุ	Char(100)	N		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางข้อมูลการเรียกเก็บเงิน (billing)

5	**Table Name** : CIS **Table Description** : ตารางข้อมูลการเรียกเก็บเงิน				
No.	**Field Name**	**Description**	**Type**	**KEY**	**NULL**
1	CUSCODE	เลขที่ผู้ใช้น้ำ	VARCHAR2(20)		
2	CONTRACNO	เลขที่สัญญาการใช้น้ำ	VARCHAR2(20)		
3	CUSTITLE	คำนำหน้า	VARCHAR2(10)		
4	CUSNAME	ชื่อ	VARCHAR2(30)		
5	CUSSURNAME	นามสกุล	VARCHAR2(50)		
6	METERNO	หมายเลขมาตร	VARCHAR2(10)		
7	MTRMKCODE	รหัสยี่ห้อมาตร	NUMBER	FK	
8	METERSIZE	ขนาดมาตร	NUMBER	FK	
9	BGNCUSTDT	วันที่เริ่มเป็นผู้ใช้น้ำ	DateTime		
10	MTRRDROUTE	เส้นทางการอ่านมาตร	VARCHAR2(15)		
11	MTRSEQ	ลำดับการอ่านมาตร	NUMBER(3,0)		
12	METERSTAT	สถานะมิเตอร์	VARCHAR2(1)		
13	USETYPE	รหัสประเภทผู้ใช้น้ำ	VARCHAR2(3)		
14	PRSWTUSG	หน่วยน้ำใช้ปัจจุบัน	NUMBER(6,0)		
15	AVGWTUSG	หน่วยน้ำใช้เฉลี่ย	NUMBER(6,0)		
16	BGNMTRDT	วันที่เริ่มใช้มาตร	DateTime		
17	ADDRNO	บ้านเลขที่	VARCHAR2(50)		
18	BUILDING	อาคาร	VARCHAR2(30)		
19	FLOOR	ชั้น	VARCHAR2(20)		
20	VILLAGENO	หมู่ที่	NUMBER		
21	VILLAGE	หมู่บ้าน	VARCHAR2(30)		
22	SOI	ซอย/ตรอก	VARCHAR2(30)		
23	ROAD	ถนน	VARCHAR2(30)		
24	DISTRICT	ตำบล/แขวง	VARCHAR2(30)	FK	No
25	AMPHUR	อำเภอ/เขต	VARCHAR2(30)	FK	No
26	PROVINCE	จังหวัด	VARCHAR2(30)	FK	No
27	ZIPCODE	รหัสไปรษณีย์	VARCHAR2(20)		
28	PWA_CODE	รหัสสำนักงานประปา	VARCHAR2(7)		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5 (ต่อ)	Table Name : CIS Table Description : ตารางข้อมูลการเรียกเก็บเงิน				
No.	**Field Name**	**Description**	**Type**	**KEY**	**NULL**
29	PIN	รหัสบัตรประชาชน	VARCHAR2(20)		
30	CUSTSTAT	สถานะผู้ใช้น้ำ	VARCHAR2(1)		
31	NEARLOCATE	สถานที่ใกล้เคียง	VARCHAR2(50)		
32	CUSTTEL	เบอร์โทรศัพท์ผู้ใช้น้ำ	VARCHAR2(10)		
32	LSTWTUSG1	หน่วยน้ำใช้ย้อนหลัง 1 เดือน	NUMBER(6,0)		
33	LSTWTUSG2	หน่วยน้ำใช้ย้อนหลัง 2 เดือน	NUMBER(6,0)		
34	LSTWTUSG3	หน่วยน้ำใช้ย้อนหลัง 3 เดือน	NUMBER(6,0)		
35	LSTWTUSG4	หน่วยน้ำใช้ย้อนหลัง 4 เดือน	NUMBER(6,0)		
36	LSTWTUSG5	หน่วยน้ำใช้ย้อนหลัง 5 เดือน	NUMBER(6,0)		
37	LSTWTUSG6	หน่วยน้ำใช้ย้อนหลัง 6 เดือน	NUMBER(6,0)		
38	LSTWTUSG7	หน่วยน้ำใช้ย้อนหลัง 7 เดือน	NUMBER(6,0)		
39	LSTWTUSG8	หน่วยน้ำใช้ย้อนหลัง 8 เดือน	NUMBER(6,0)		
40	LSTWTUSG9	หน่วยน้ำใช้ย้อนหลัง 9 เดือน	NUMBER(6,0)		
41	LSTWTUSG10	หน่วยน้ำใช้ย้อนหลัง 10 เดือน	NUMBER(6,0)		
42	LSTWTUSG11	หน่วยน้ำใช้ย้อนหลัง 11 เดือน	NUMBER(6,0)		
43	LSTWTUSG12	หน่วยน้ำใช้ย้อนหลัง 12 เดือน	NUMBER(6,0)		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ข.

แบบประเมินผลความพึงพอใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจการใช้บริการระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาคด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บ

* Required

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. **เพศ** *
   Mark only one oval.
   - ชาย
   - หญิง

2. **ตำแหน่ง** *

3. **อายุงาน** *
   Mark only one oval.
   - น้อยกว่า 3 ปี
   - 3 - 5 ปี
   - 5 - 10 ปี
   - มากกว่า 10 ปี

ส่วนที่ 2 ข้อมูลความคิดเห็นความพึงพอใจในการใช้บริการ Web GIS

4. **ประเด็นความพึงพอใจ**
   Mark only one oval per row.

	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
ความสวยงาม ทันสมัย น่าสนใจของหน้าเว็บ					
ความสะดวกในการใช้งาน สามารถใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน					
การวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้องครบถ้วน					
ความรวดเร็วในการทำงานของระบบ					
การนำไปใช้ประโยชน์ในหน่วยงาน					
โดยภาพรวมท่านมีความพึงพอใจเว็บไซต์ในระดับใด					

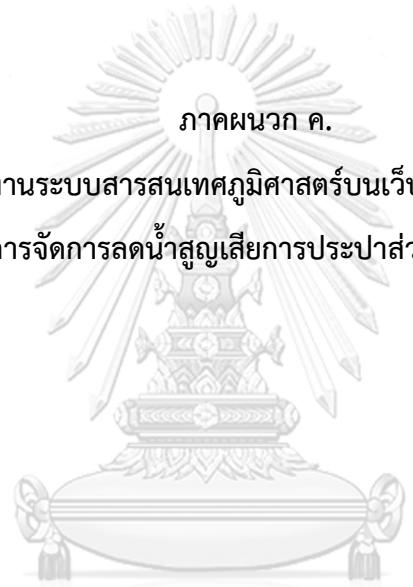
ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

5. **ข้อเสนอแนะ อื่นๆ ที่ต้องการให้มีการปรับปรุงและพัฒนา**

Powered by Google Forms

ภาคผนวก ค.

คู่มือการใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บสำหรับสืบค้นข้อมูล การจัดการลดน้ำสูญเสียการประปาส่วนภูมิภาค



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ระบบสืบค้นข้อมูลการจัดการลดน้ำสูญเสียของการประปาส่วนภูมิภาคประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ชื่อเรื่อง

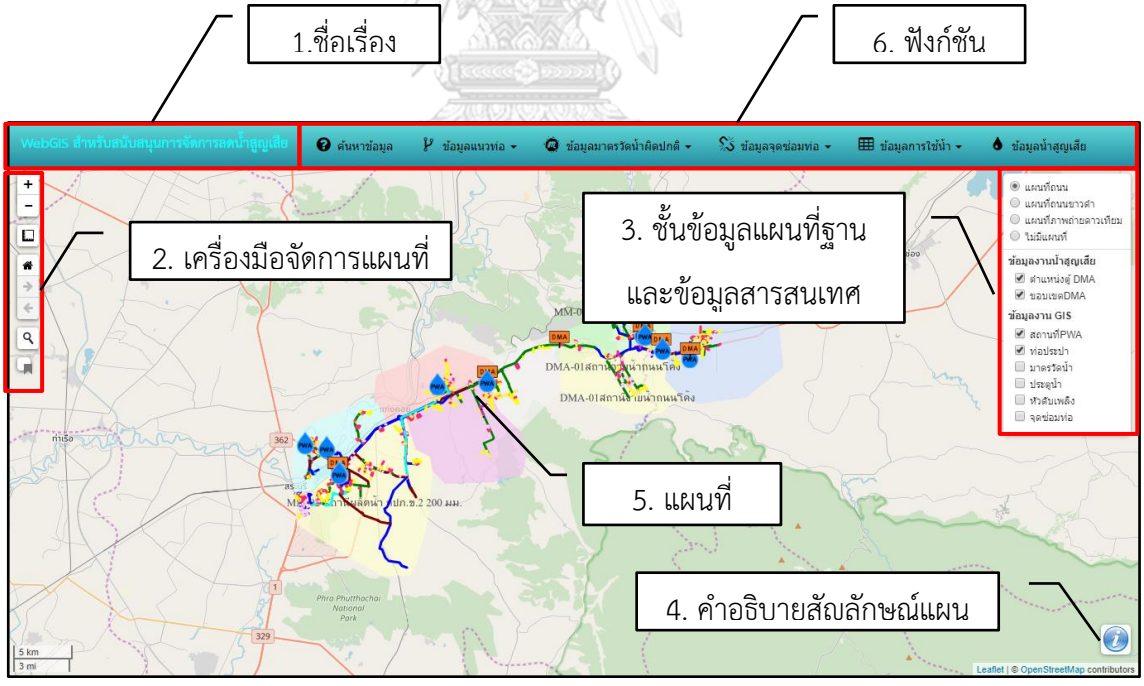
2. เครื่องมือจัดการแผนที่

3. ชั้นข้อมูลแผนที่ฐานและข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์

4. คำอธิบายสัญลักษณ์แผนที่

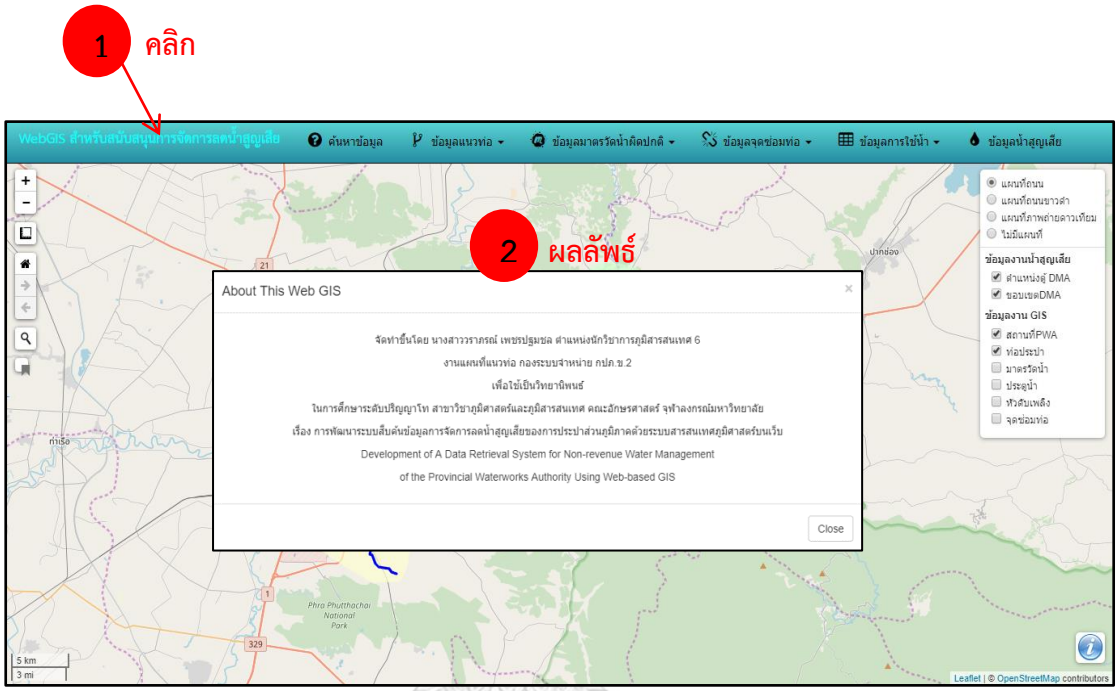
5. แผนที่

6. ฟังก์ชัน



1. ชื่อเรื่อง

ผู้ใช้งานสามารถคลิกที่ชื่อเรื่อง ระบบจะแสดงข้อมูลผู้จัดทำของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเว็บขึ้นมาแสดง

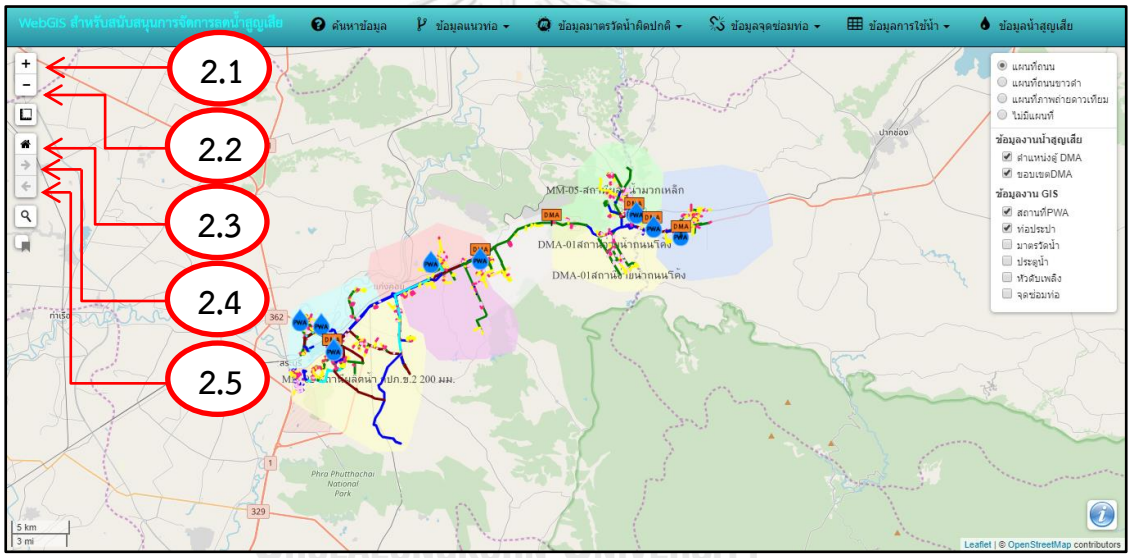


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

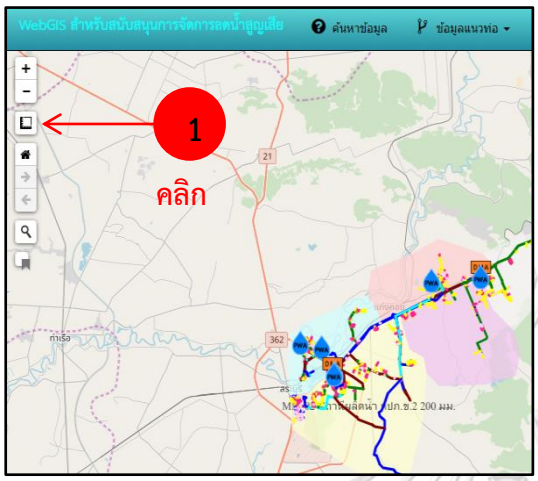
2. เครื่องมือจัดการแผนที่

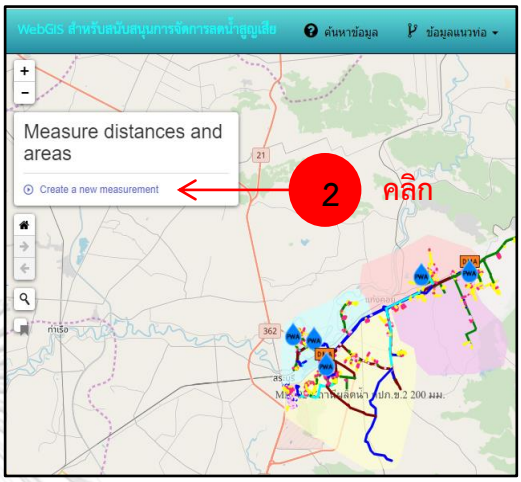
ผู้ใช้งานสามารถคลิกเลือกเครื่องมือได้ ดังนี้

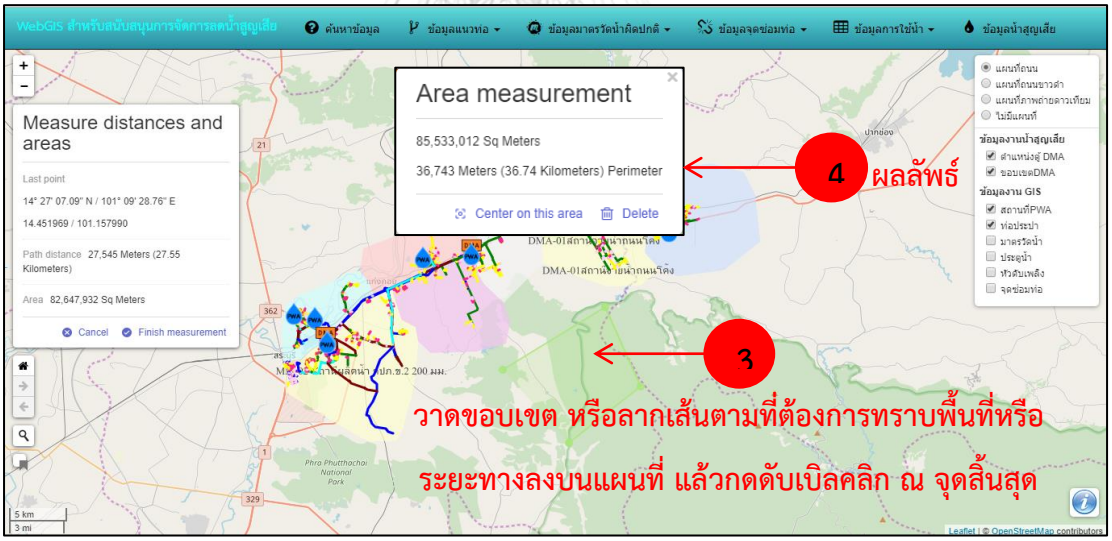
ลำดับ	ไอคอนเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือ	การทำงาน
2.1	+	zoom in	ขยายแผนที่
2.2	−	zoom out	ย่อแผนที่
2.3		home	กลับไปที่หน้าแผนที่หลัก
2.4		go forward map view	ย้อนหน้าแผนที่ไปข้างหน้า
2.5		go back map view	ย้อนหน้าแผนที่ไปข้างหลัง



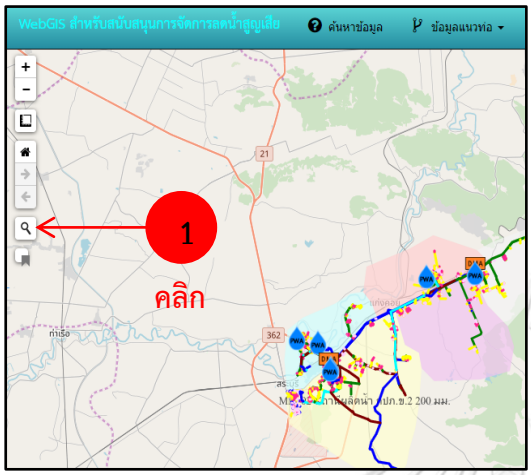
ลำดับ	ไอคอนเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือ	การทำงาน
2.6		measure distances and areas	วัดระยะทาง และวัดพื้นที่

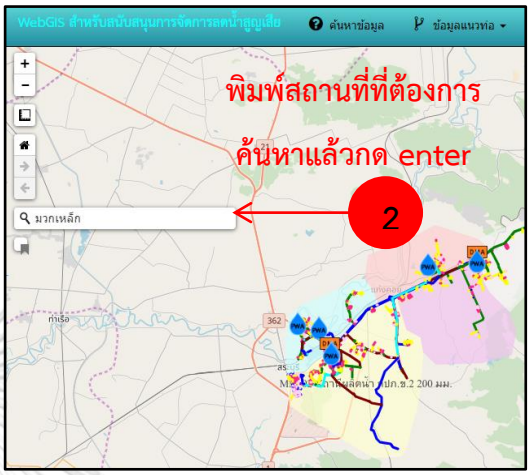


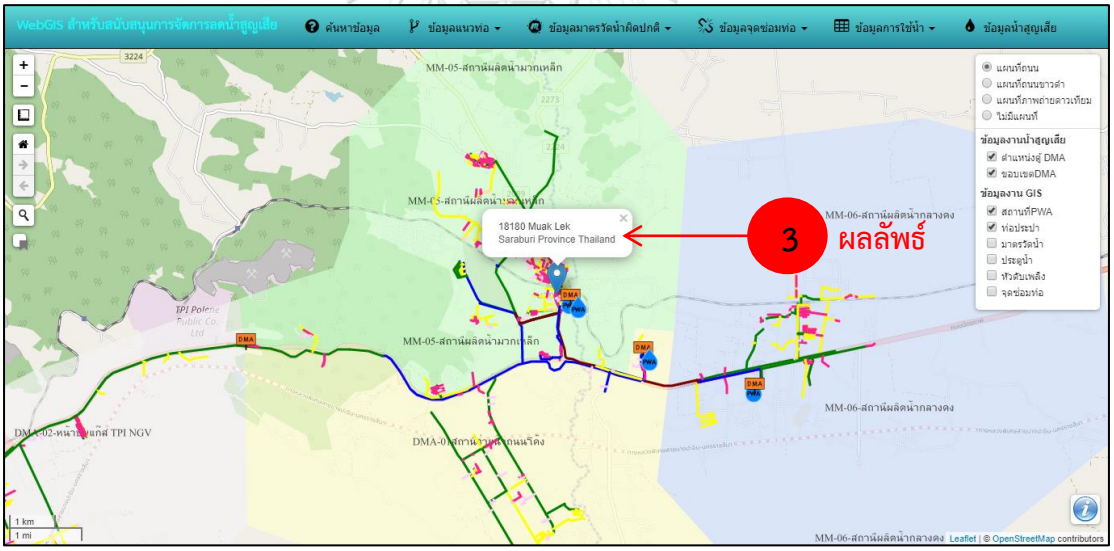




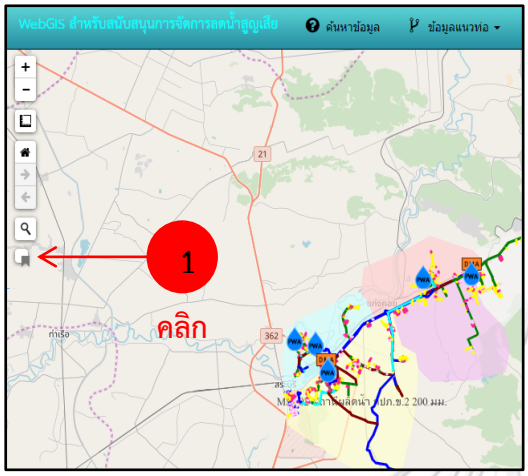
ลำดับ	ไอคอนเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือ	การทำงาน
2.7		geocoding	ค้นหาสถานที่สำคัญ

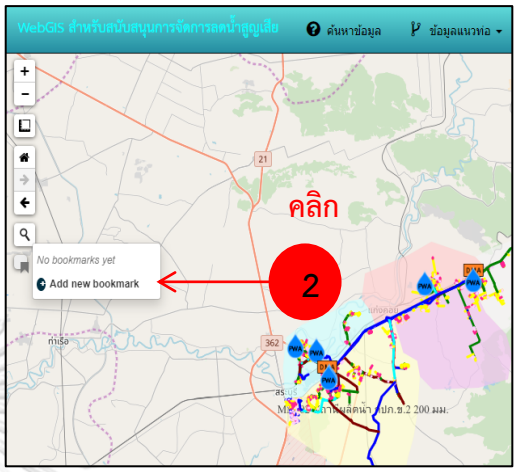


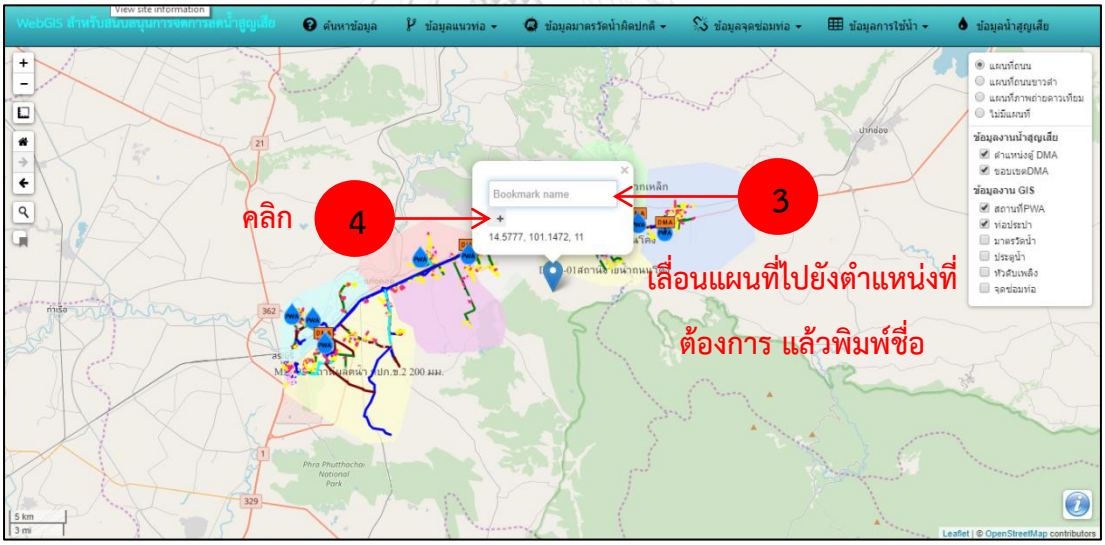




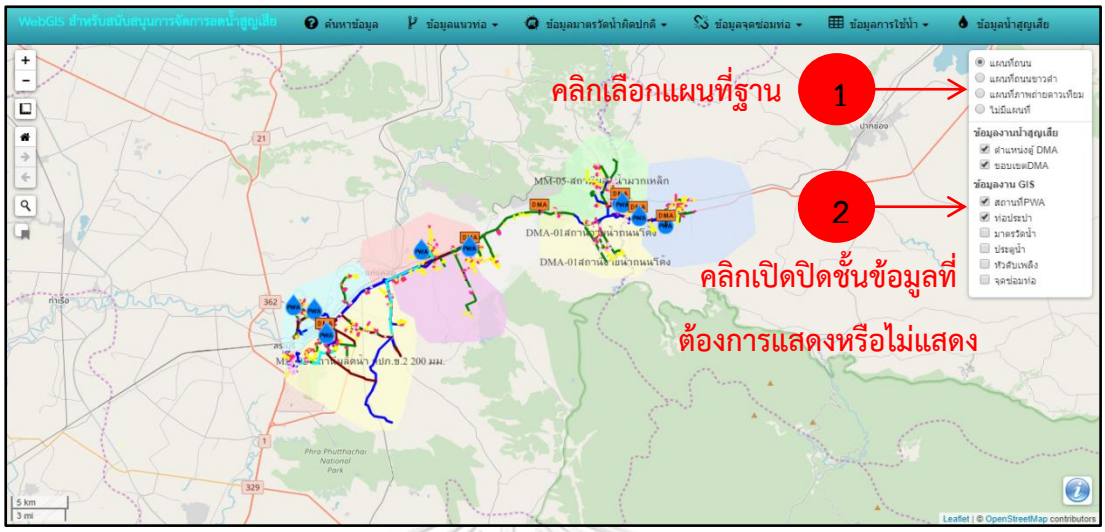
ลำดับ	ไอคอนเครื่องมือ	ชื่อเครื่องมือ	การทำงาน
2.8		bookmarks	บันทึกหน้าแผนที่



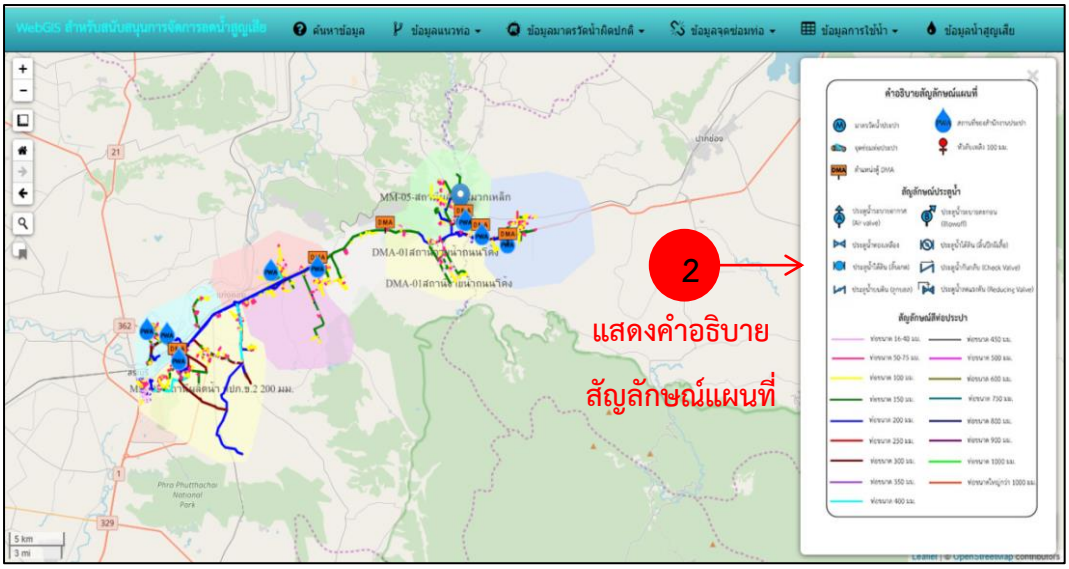




3. ชั้นข้อมูลแผนที่ฐานและข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์



4. คำอธิบายสัญลักษณ์

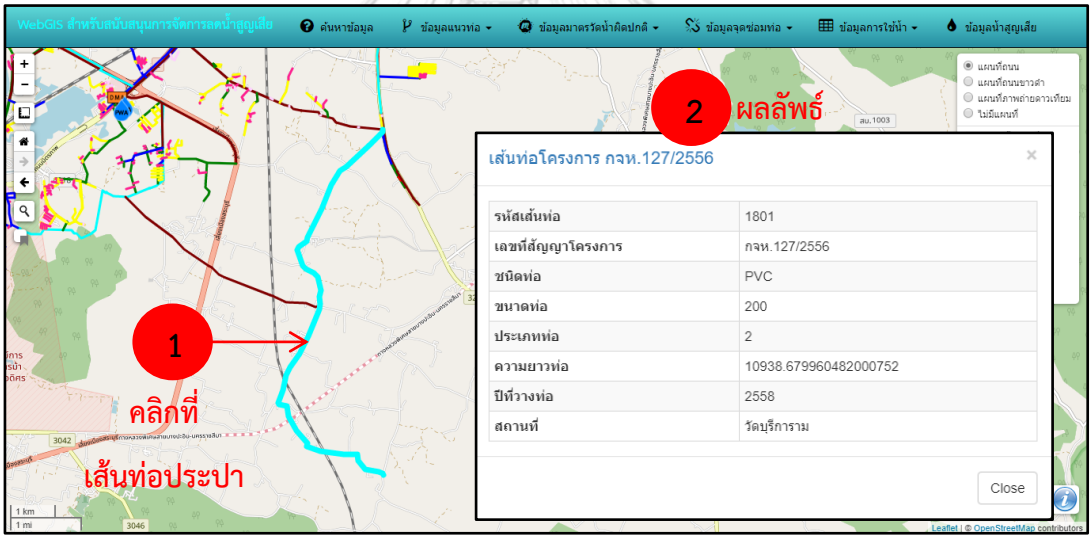


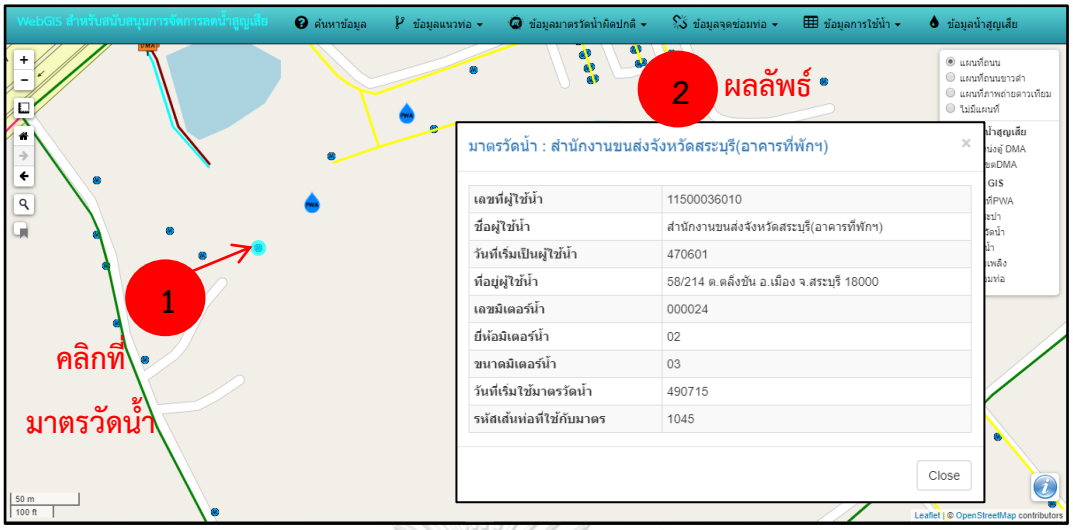
5. แผนที่

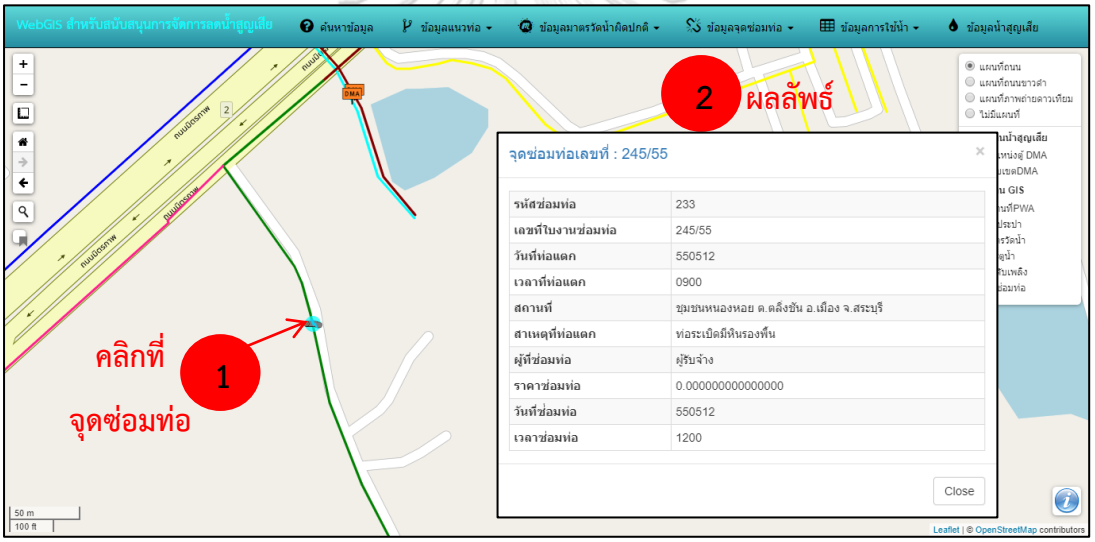
5.1 ผู้ใช้งานสามารถจัดการแผนที่โดยการใช้เม้าส์เมื่อวางเม้าส์ไว้บนหน้าแผนที่ ดังนี้

การควบคุมเม้าส์	การทำงาน
Double - click	ขยายแผนที่
Drag	เลื่อนแผนที่
Scroll up	ขยายแผนที่
Scroll down	ย่อแผนที่

5.2 ผู้ใช้งานสามารถคลิกเพื่อดูข้อมูลอรรถาธิบายที่ชั้นข้อมูลท่อประปา มาตรวัดน้ำ และจุดซ่อมท่อ



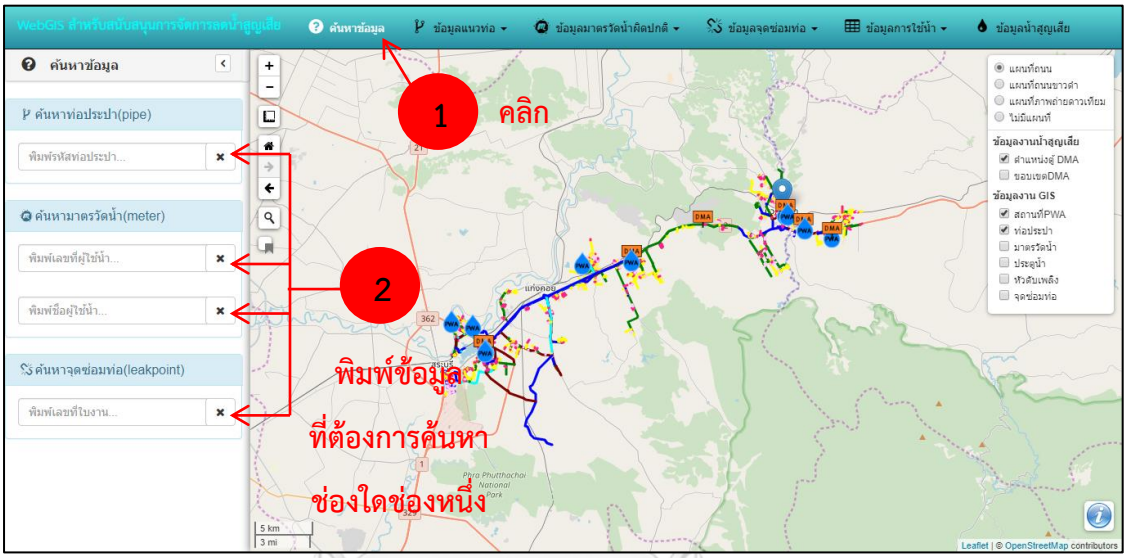

WebGIS สำหรับสนับสนุนการจัดการลดน้ำสูญเสีย
ค้นหาข้อมูล
ข้อมูลแนวท่อ
ข้อมูลมาตรวัดน้ำผิดปกติ
ข้อมูลจุดซ่อมท่อ
ข้อมูลการใช้น้ำ
ข้อมูลน้ำสูญเสีย
2
ผลลัพธ์
มาตรวัดน้ำ : สำนักงานขนส่งจังหวัดสระบุรี(อาคารที่พักฯ)
เลขที่ผู้ใช้น้ำ 11500036010
ชื่อผู้ใช้น้ำ สำนักงานขนส่งจังหวัดสระบุรี(อาคารที่พักฯ)
วันที่เริ่มเป็นผู้ใช้น้ำ 470601
ที่อยู่ผู้ใช้น้ำ 58/214 ต.ตลิ่งชัน อ.เมือง จ.สระบุรี 18000
เลขมิเตอร์น้ำ 000024
ยี่ห้อมิเตอร์น้ำ 02
ขนาดมิเตอร์น้ำ 03
วันที่เริ่มใช้มาตรวัดน้ำ 490715
รหัสเส้นท่อที่ใช้กับมาตร 1045
Close
1
คลิกที่
มาตรวัดน้ำ
Leaflet | © OpenStreetMap contributors


WebGIS สำหรับสนับสนุนการจัดการลดน้ำสูญเสีย
ค้นหาข้อมูล
ข้อมูลแนวท่อ
ข้อมูลมาตรวัดน้ำผิดปกติ
ข้อมูลจุดซ่อมท่อ
ข้อมูลการใช้น้ำ
ข้อมูลน้ำสูญเสีย
2
ผลลัพธ์
จุดซ่อมท่อเลขที่ : 245/55
รหัสซ่อมท่อ 233
เลขที่ใบงานซ่อมท่อ 245/55
วันที่ท่อแตก 550512
เวลาที่ท่อแตก 0900
สถานที่ ชุมชนหนองหอย ต.ตลิ่งชัน อ.เมือง จ.สระบุรี
สาเหตุที่ท่อแตก ท่อระเบิดมีหินรองพื้น
ผู้ที่ซ่อมท่อ ผู้รับจ้าง
ราคาซ่อมท่อ 0.000000000000000
วันที่ซ่อมท่อ 550512
เวลาซ่อมท่อ 1200
Close
1
คลิกที่
จุดซ่อมท่อ
Leaflet | © OpenStreetMap contributors

6. ฟังก์ชัน

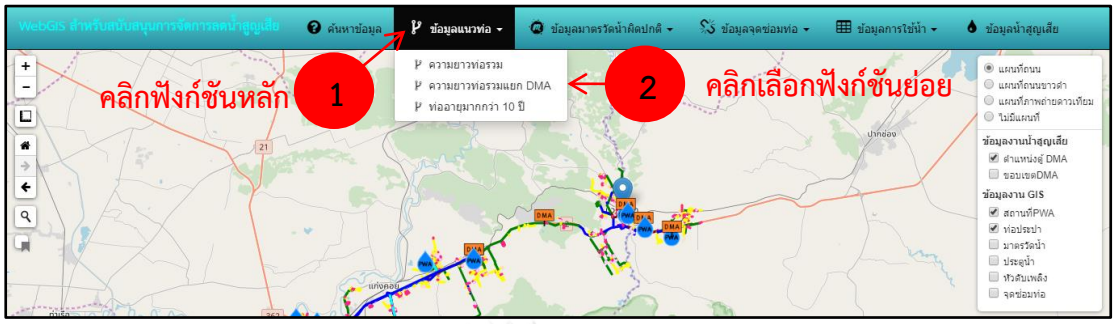
มีฟังก์ชันทั้งหมด 6 ฟังก์ชัน ได้แก่ การสอบถามข้อมูล การสืบค้นข้อมูลแนวท่อ การสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ การสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ การสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ และการสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย

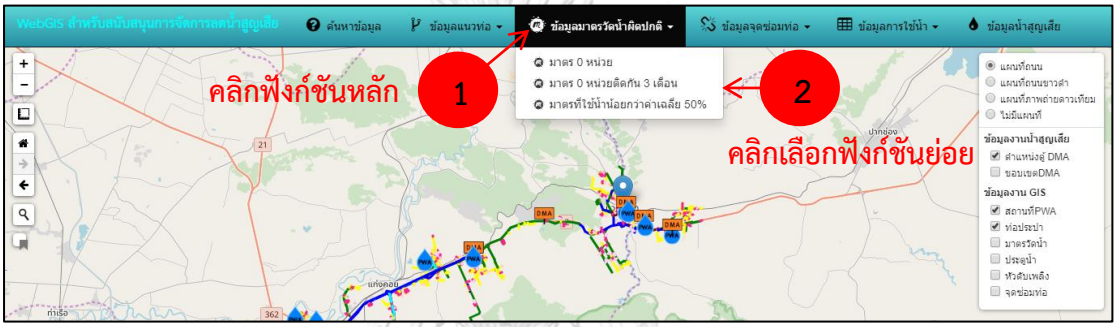
6.1 การสอบถามข้อมูล

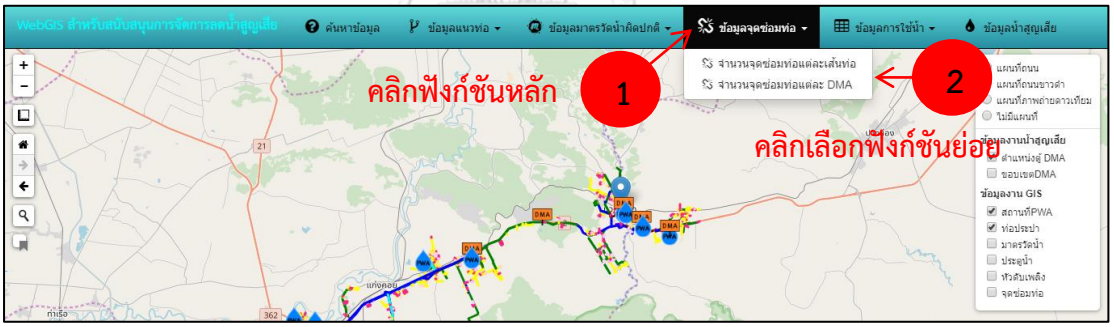


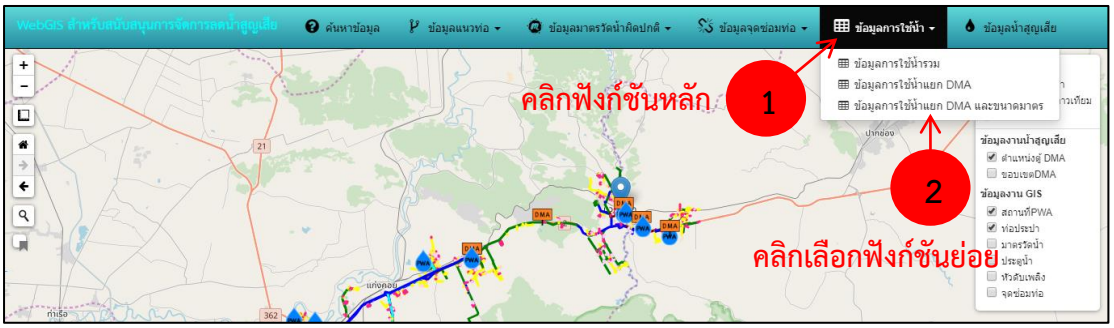
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.2 การสืบค้นข้อมูลแนวท่อ การสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ การสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ และการสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ

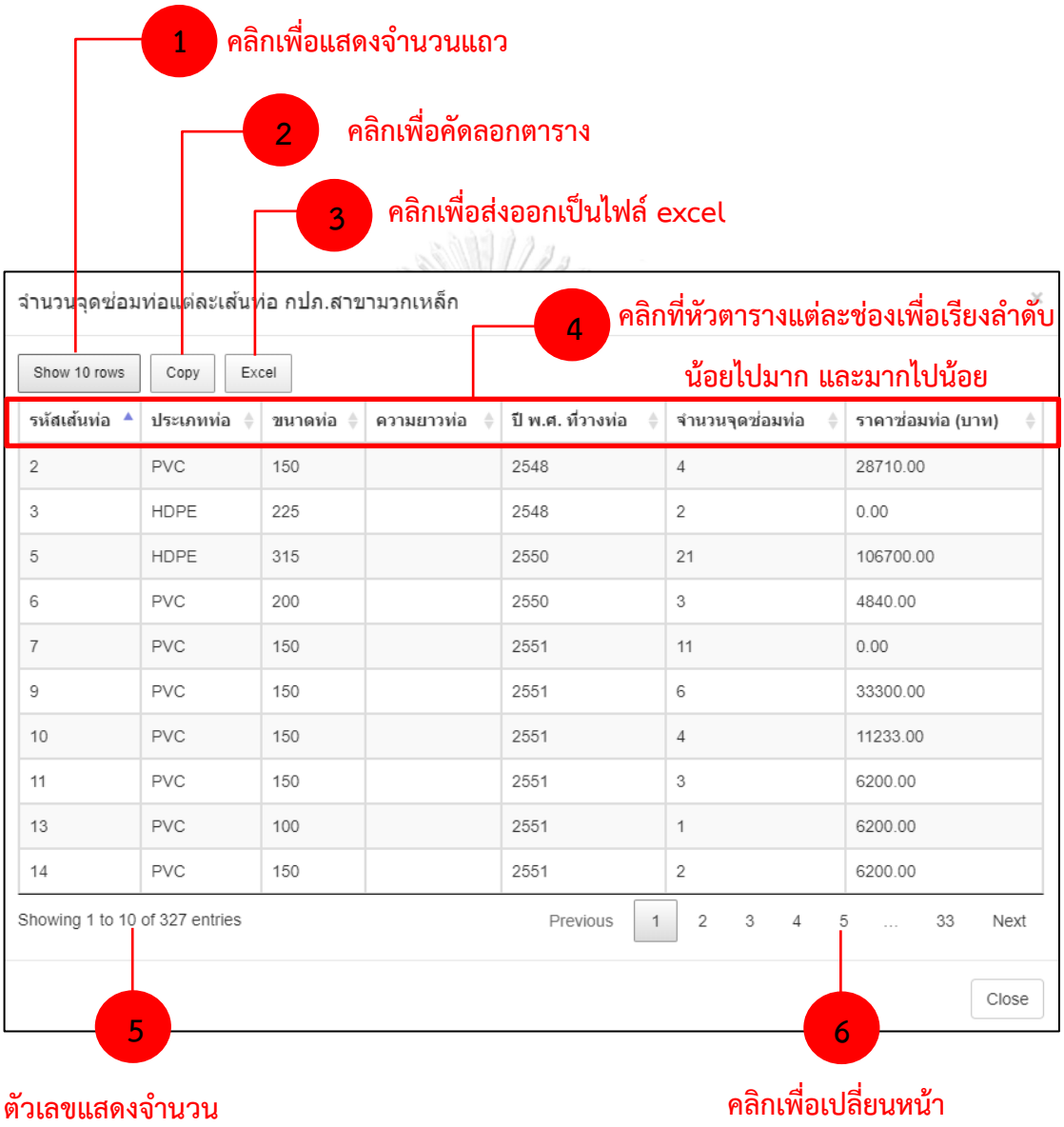






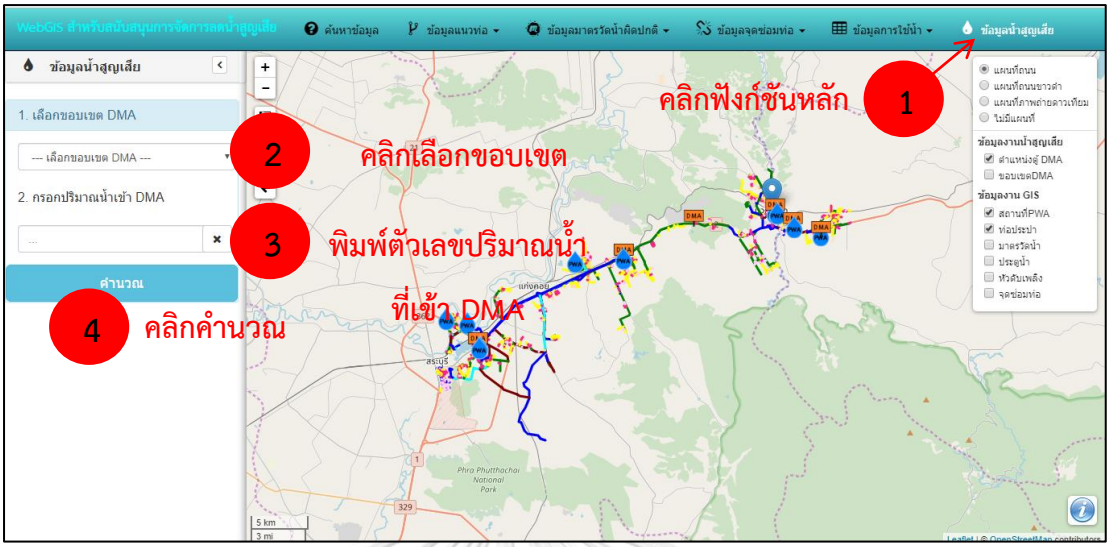


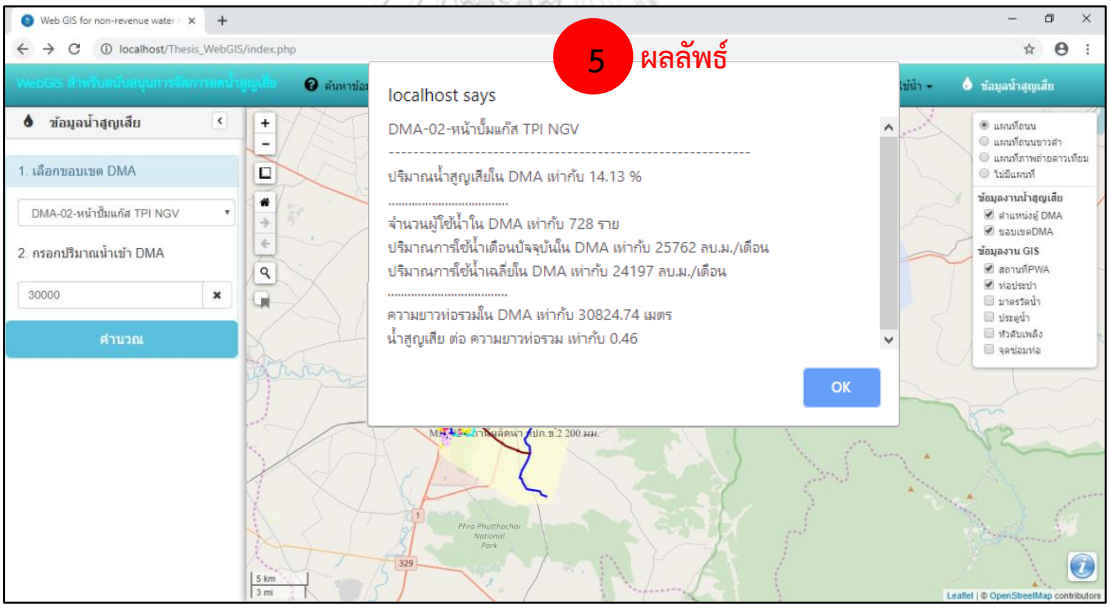
ตัวอย่างผลลัพธ์จากการสืบค้นข้อมูลแนวท่อ การสืบค้นข้อมูลมาตรวัดน้ำที่มีการใช้น้ำผิดปกติ การสืบค้นข้อมูลจุดซ่อมท่อ การสืบค้นข้อมูลการใช้น้ำ



รหัสเส้นท่อ	ประเภทท่อ	ขนาดท่อ	ความยาวท่อ	ปี พ.ศ. ที่วางท่อ	จำนวนจุดซ่อมท่อ	ราคาซ่อมท่อ (บาท)
2	PVC	150		2548	4	28710.00
3	HDPE	225		2548	2	0.00
5	HDPE	315		2550	21	106700.00
6	PVC	200		2550	3	4840.00
7	PVC	150		2551	11	0.00
9	PVC	150		2551	6	33300.00
10	PVC	150		2551	4	11233.00
11	PVC	150		2551	3	6200.00
13	PVC	100		2551	1	6200.00
14	PVC	150		2551	2	6200.00

6.3 การสืบค้นข้อมูลน้ำสูญเสีย





ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาววราภรณ์ เพชรปฐมชล
วัน เดือน ปี เกิด	2 มิถุนายน 2528
สถานที่เกิด	จ.จันทบุรี
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2550 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ. 2560 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรอักษรศาสตรมหาบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	1484/83 ห้อง B0517 ลุมพินีเพลสรัชโยธิน ถ.พหลโยธิน แขวงจันทรเกษม เขตจตุจักร กทม. 10900

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University