

การประยุกต์ใช้แผนภาพการไหลของข้อมูลเพื่อการจัดการข้อมูล: กรณีศึกษาหน่วยงานประปา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

An Application of Data Flow Diagram for Data Management: Case Study of the
Waterworks Section in Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus

นิภาวรรณ กุลสุวรรณ^{1*}, พชร อภิขยารักษ์²
Nipawan Kunsuwan^{1*}, Potchara Apichayarak²

¹ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

² นิสิตปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

E-mail: potcharaapichayarak@gmail.com

*Corresponding author: fengnpw@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำแนวคิดทางด้านโลจิสติกส์มาใช้ในการพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลในหน่วยงานประปา ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เพื่อนำเสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการทำงานที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพจากการสร้างแบบจำลองกระบวนการด้วยแผนภาพการไหลของข้อมูล (ดีเอฟดี) ทั้งระดับ 1 และแผนภาพย่อยระดับ 2 ซึ่งในหน่วยงานมี 6 กระบวนการหลัก ได้แก่ 1) การออกคำสั่งปฏิบัติงาน 2) การผลิตน้ำประปา 3) การซ่อมบำรุง 4) การคิดค่าน้ำประปา 5) การสรุปผลการดำเนินงาน และ 6) การจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์

จากการวิเคราะห์ระบบ ดีเอฟดีถูกนำมาปรับปรุงใหม่ พบว่าระบบควรได้รับการพัฒนา 3 ด้าน ได้แก่ 1) การเก็บและบันทึกข้อมูล 2) การส่งต่อข้อมูล และ 3) การประมวลผลข้อมูลและการใช้ประโยชน์ โดยผู้วิจัยได้นำเสนอการปรับปรุงกระบวนการเก็บข้อมูลภาคสนาม การบันทึกข้อมูลให้เป็นรูปแบบดิจิทัล รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำเสนอผลลัพธ์ใหม่ที่มีผลต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพ ได้แก่ แนวทางในการประเมินน้ำสูญเสีย ต้นทุนค่าเสียโอกาสของน้ำสูญเสีย เป็นต้น ซึ่งนอกจากจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความชัดเจน นำไปใช้ประโยชน์ได้แล้ว ยังสามารถส่งต่อข้อมูลไปยังหน่วยงานอื่นได้โดยที่ข้อมูลไม่สูญหาย สะดวก และรวดเร็ว ทั้งนี้ ผู้ใช้งานทุกท่านเห็นด้วยกับการพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลและกระบวนการ อยู่ในระดับที่มีความเหมาะสมมากต่อหน่วยงาน ด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.48 และ 4.41 ตามลำดับ

คำสำคัญ: แบบจำลองกระบวนการ, แผนภาพการไหลของข้อมูล, ดีเอฟดี, การจัดการข้อมูล, หน่วยงานประปา

Abstract

This research conceptualized the logistics management for development of data management in the waterworks section, the case study in Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus. It aimed to propose the guideline of improved process in order to increase service efficiency. The process model was developed and presented as the Data Flow Diagram (DFD) consisted of Level-1 and Level-2 diagrams. It was found that there are 6 processes in this section: 1) work order 2) producing of water supply 3) maintenance 4) calculation for water usage charge 5) performance report for waterworks section and 6) purchasing of materials and tools.

According to the analysis of overall system, the new Level-2 diagram was proposed and three processes were suggested to be improved: 1) database system 2) data forwarding and 3) data processing and utilization. Researchers developed a technique of data collection based on digital file and introduced the new results such

as the guideline for water loss evaluation, an opportunity cost of water loss etc. These data are useful for efficiency improvement. As a result of development of data management, the output obtained from the improved processes will be clear and useful. In addition, the data or output can easily be forwarded to other sections to avoid data loss. On the other hand, all users completely agreed to those suggestions. The evaluation results presented that the improved data management and process were very useful for the waterworks section with the scores of 4.48 and 4.41, respectively.

Keywords: Process Model, Data Flow Diagram, DFD, Data Management, Waterworks

1. บทนำ

การขยายตัวของสิ่งก่อสร้างในปัจจุบันซึ่งเป็นผลมาจากการขยายตัวของศูนย์กลางเมืองหรือการย้ายถิ่นฐาน ส่งผลให้เกิดความต้องการสาธารณูปโภคพื้นที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องพัฒนาศักยภาพในการให้บริการเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการที่เกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้หน่วยงานต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากในการวางแผนการดำเนินงาน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีปริมาณมากขึ้นเมื่อมีการขยายตัวของระบบ หากไม่มีการบริหารจัดการข้อมูลที่ดีอาจส่งผลกระทบต่อการวางแผนในการตัดสินใจของหน่วยงาน ดังนั้นหน่วยงานจึงควรให้ความสำคัญต่อการบริหารจัดการการไหลของข้อมูลให้มีประสิทธิภาพเสียก่อน

ระบบโลจิสติกส์ถูกนำเข้ามาในองค์กร/หน่วยงาน เพื่อใช้ในการบริหารจัดการที่เกี่ยวข้องกับ ข้อมูล เครื่องจักร สินค้า รวมไปถึงคน โดยมีกิจกรรมต่างๆ ในการได้มา การเคลื่อนย้าย การจัดเก็บ และการกระจาย ที่เริ่มจากแหล่งผลิต (source of origin) การส่งมอบไปถึงแหล่งที่มีความต้องการ (source of consumption) โดยมีเป้าหมายคือ ทำอย่างไรให้การจัดส่งถูกต้อง ประหยัดค่าใช้จ่าย ทันเวลา (just in time) และลูกค้าเกิดความพึงพอใจ (customers satisfaction) [1]

จากคำกล่าวข้างต้นหากเปรียบเทียบข้อมูลเป็นดังสินค้า ดังนั้นการนำแนวคิดในการจัดการทางด้านโลจิสติกส์มาใช้ในการพัฒนาการไหลของข้อมูลภายในระบบจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม โดยมีเป้าหมายเพื่อที่จะลดระยะเวลาในการส่งผ่านข้อมูล การประมวลผล และการนำข้อมูลไปใช้ ซึ่งหน่วยงานควรเข้าใจสภาพการไหลของข้อมูลภายในและกระบวนการประมวลผลอย่างละเอียดตั้งแต่ผู้ให้ข้อมูล (ต้นน้ำ) ไปยังผู้ใช้งานข้อมูล (ปลายน้ำ) เพื่อที่จะได้ทราบปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อนำไปปรับปรุงและออกแบบการไหลของข้อมูลแบบใหม่ที่ตอบสนองต่อความต้องการใช้งานของหน่วยงาน

งานวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกหน่วยงานประปาของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เป็นตัวแทนระบบสาธารณูปโภคที่ใช้ในการศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากมหาวิทยาลัยฯ ได้เริ่มก่อตั้งมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521 ซึ่งมีจำนวนนิสิตและบุคลากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน เป็นเหตุให้ในบางฤดูกาลประสบปัญหาการผลิตน้ำที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทั้งยังเกิดความล่าช้าในการซ่อมบำรุงกรณีเกิดความเสียหายกับท่อส่งน้ำหลัก ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าปัญหาเกิดที่กระบวนการวางแผนการดำเนินงาน อันเนื่องมาจากขาดข้อมูลที่จะถูกนำมาใช้พิจารณาในการวางแผนงานเพื่อรองรับความเปลี่ยนแปลงในอนาคต

จากการสืบค้นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อสนับสนุนสิ่งที่กล่าวอ้างดังกล่าว พบว่า สามารถวิเคราะห์ปัญหาและผลกระทบแบ่งเป็น 3 ด้านได้แก่ 1) การเก็บและบันทึกข้อมูล ซึ่งปัจจุบันหน่วยงานมีการเก็บข้อมูลโดยใช้การจดบันทึกลงกระดาษ ทำให้เกิดความล่าช้าในการเรียกใช้งานข้อมูลและเมื่อเวลาผ่านไปข้อมูลอาจเกิดความเสียหายหรือสูญหายได้ง่าย 2) การไหลของข้อมูล พบว่าการส่งต่อข้อมูลของระบบประปามีความซ้ำซ้อนส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูลไปยังหน่วยงานต่างๆ ที่ต้องการใช้งานข้อมูล และ 3) การประมวลผลข้อมูล ซึ่งถึงแม้หน่วยงานประปาได้มีการวางระบบการประมวลผลข้อมูลบางอย่างไว้แล้ว แต่เนื่องจากขีดจำกัดทางด้านเทคโนโลยีก่อนหน้านี้ ยังผลให้ข้อมูลที่ได้อาจไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบ และวิเคราะห์ถึงสภาพปัญหาทั้ง 3 ด้านในแต่ละกระบวนการทำงานของหน่วยงานประปา โดยละเอียด ด้วยการใช้ประโยชน์จากการเขียนแผนภาพการไหลของข้อมูลในสถานะปัจจุบัน จากนั้นนำเสนอแนวทางในการพัฒนาการจัดการข้อมูลให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานสำหรับผู้ให้ข้อมูลและผู้ใช้งานข้อมูลผ่านแผนภาพการไหลของข้อมูลที่จะถูกปรับปรุงขึ้นใหม่ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าหากหน่วยงานประปา มีการพัฒนาการจัดการข้อมูลตามข้อเสนอแนะแล้วนั้น ข้อมูลจะถูกจัดเก็บอย่างเป็น

ระบบจะไม่สูญหายและจะถูกนำไปใช้ให้เกิดประสิทธิผล อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการระบบภายในหน่วยงานประปาฯ ได้อีกประการหนึ่ง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แบบจำลองระบบ และการวิเคราะห์ระบบ

แบบจำลองระบบ จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือแทนการสื่อสารด้วยคำพูดหรือข้อความ โดยแทนด้วยสัญลักษณ์ต่างๆ ให้ออกมาอยู่ในรูปของแผนภาพเพื่อให้เห็นถึงองค์ประกอบและการทำงานต่างๆ หรือเพื่อให้เห็นถึงขั้นตอนการทำงานและข้อมูลของระบบ

การวิเคราะห์ระบบ คือ การศึกษาวิถีทางหรือแนวทางในการดำเนินงานเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบและสร้างระบบสารสนเทศ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการค้นหาปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบปัจจุบัน เพื่อเสนอแนวทางการแก้ปัญหา หรือระบบใหม่ โดยการศึกษาความเป็นไปได้ในแง่มุมต่างๆ และการกำหนดความต้องการของระบบใหม่ เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาระบบต่อไป

Panichkul (2009) [2] ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์ระบบไว้ว่า คือการนำระบบที่มีอยู่แล้วมาหาจุดบกพร่องและทำการแก้ไข โดยปกติแล้วการวิเคราะห์ระบบที่มีความซับซ้อนไม่มาก อาจจะสามารถเห็นภาพและเข้าใจกระบวนการทำงานได้ แต่หากระบบที่จะทำการวิเคราะห์มีขนาดใหญ่และซับซ้อนยิ่งขึ้น ความเข้าใจในกระบวนการทำงานอาจเกิดขึ้นได้ยาก ดังนั้นการหาเครื่องมือมาช่วยในการวิเคราะห์ระบบนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าขั้นตอนในการวิเคราะห์ระบบสารสนเทศ ประกอบไปด้วย การวิเคราะห์ปัญหา (problem analysis) การศึกษาความเป็นไปได้ (feasibility study) การวิเคราะห์ความต้องการสารสนเทศของระบบใหม่ (information requirements analysis) และการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจ (decision analysis) โดยมีเครื่องมือสำหรับช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ จำแนกได้ดังนี้ 1) แบบจำลองกระบวนการ ได้แก่ แผนภาพการไหลข้อมูลหรือดีเอฟดี (Data Flow Diagram: DFD) 2) แบบจำลองข้อมูล ได้แก่ แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีหรืออีอาร์ดี (Entity-Relationship Diagram: ERD) และ 3) แบบจำลองเชิงวัตถุ ได้แก่ ยูเอ็มแอล (Unified Modeling Language)

2.2 โลจิสติกส์กับการพัฒนาการไหลของข้อมูล

โลจิสติกส์เป็นหนึ่งในศาสตร์ที่ใช้สำหรับวางแผนการจัดการวัตถุดิบ (Raw Material) สินค้า (Goods) และบริการ (Service) เคลื่อนย้ายจากต้นทาง (Source of Origin) ไปยังผู้บริโภคปลายทาง (Consumers Origin) ได้อย่างทันเวลา (Just In Time) และมีประสิทธิภาพ โดยโลจิสติกส์จะมุ่งเน้นไปที่กระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้า

สำหรับการจัดการทางด้านโลจิสติกส์มีวัตถุประสงค์เพื่อความเร็วในการส่งมอบสินค้า (Speed Delivery) การไหลของสินค้า (Physical Flow) การไหลของข้อมูลข่าวสาร (Information Flow) การสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Added) การลดต้นทุน และการเพิ่มศักยภาพและประสิทธิภาพในการแข่งขัน (Competitiveness)

ในส่วนของการพัฒนาระบบสารสนเทศของหน่วยงานใดๆ จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์กระบวนการทำงาน โดยอาศัยแผนภาพ วงจรการพัฒนาแบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ซึ่งหมายถึง กระบวนการทางความคิด (Logical Process) ในการพัฒนาระบบสารสนเทศ เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาทางธุรกิจและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน โดยภายในกระบวนการจะแบ่งออกเป็นระยะ (Phase) ได้แก่ ระยะการวางแผน (Planning Phase) ระยะการวิเคราะห์ (Analysis Phase) ระยะการออกแบบ (Design Phase) และระยะการพัฒนาและติดตั้ง (Implementation Phase) [3]

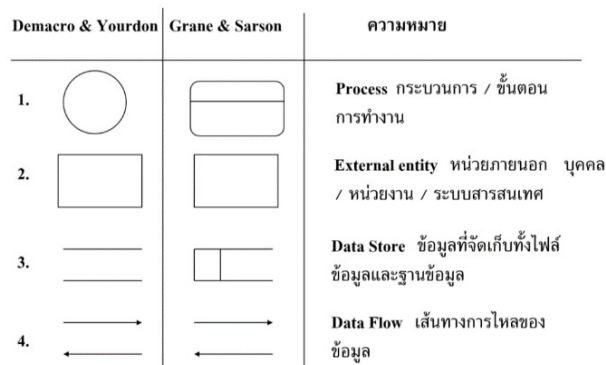
2.3 แผนภาพการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) กับการพัฒนาการไหลของข้อมูล

แผนภาพการไหลของข้อมูลหรือดีเอฟดี เป็นเครื่องมือเชิงโครงสร้างที่ใช้บรรยายภาพรวมของระบบ โดยแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบหรือโพรเซส (Process) และเครื่องมือที่นิยมใช้คู่กับแผนภาพการไหลข้อมูล คือ พจนานุกรมข้อมูล (data dictionary) ภาษาโครงสร้าง (structured language) ตารางตัดสินใจ (decision table) และผังต้นไม้ (decision tree)

นอกจากนี้แผนภาพแสดงการไหลของข้อมูลยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ระบบ และแสดงถึงทิศทางการส่งผ่านข้อมูลในระบบ ตั้งแต่กระบวนการนำเข้าข้อมูล การประมวลผลข้อมูล ไปจนถึงกระบวนการแสดงผลข้อมูล [4]

การนำเสนอแผนภาพการไหลของข้อมูล จะใช้สัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนของผู้เกี่ยวข้อง ข้อมูล ทิศทางการไหล กระบวนการ

วิเคราะห์ และเพิ่มข้อมูล ในการสื่อสารกับผู้วิเคราะห์ระบบ โดยสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนแผนภาพการไหลของข้อมูล

Fountas, Wulfsohn, Blackmore, Jacobsen, and Pedersen (2006) [5] ได้พัฒนาแบบจำลองระบบ เพื่ออธิบายกระบวนการการตัดสินใจของชาวนาซึ่งใช้ข้อมูลแบบละเอียด และถูกนำมาประเมินในระบบ “Precision Agriculture (PA)” ทั้งนี้ดีเอฟตีได้ถูกสร้างขึ้นเพื่ออธิบายการไหลของสารสนเทศในเชิง “จากข้อมูลสู่การตัดสินใจ” ดังตัวอย่างของแบบจำลองในรูปแบบของดีเอฟตีที่ถูกใช้ คือ ในการแสดงยุทธศาสตร์ กลยุทธ์ และการจัดการการตัดสินใจ

Kongwatjana (2010) [6] ได้จัดทำฐานข้อมูลเอกสารซ่อมบำรุง กรณีโรงงานซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลหนัก งานฐานราก ตัวอย่าง โดยใช้ Microsoft Access 2007 จัดทำฐานข้อมูล และใช้ดีเอฟตีแสดงการไหลของข้อมูลที่เกี่ยวข้อง พบว่าการจัดทำฐานข้อมูลสามารถลดระยะเวลาในการสืบค้นเอกสารได้ถึงร้อยละ 97

Yooyen (2010) [7] ได้ทำการศึกษาวิธีการในการพัฒนาระบบจัดเก็บค่าน้ำประปาของตำบลนาโพธิ์ โดยทำการศึกษากระบวนการทำงานและเขียนในรูปแบบของดีเอฟตี อีอาร์ดี และผังงาน จากนั้นจึงทำการพิจารณาปัญหาของระบบและหาแนวทางในการแก้ไข จากงานวิจัยพบว่า หลังจากที่ได้มีการทดลองใช้งานระบบใหม่ สามารถลดระยะเวลาในการทำงานของระบบได้

Janrurang and Sanrach (2011) [8] ได้จัดทำฐานข้อมูลเอกสารของหน่วยงานอาคารและยานพาหนะ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้ MySQL ในการจัดทำฐานข้อมูลและใช้ดีเอฟตี ผังงาน แผนภาพบริบท คลาสไดอะแกรม ออบเจกต์ไดอะแกรม และ อีอาร์ดี ในการแสดงการทำงานของโปรแกรมและการไหลของข้อมูล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะลดระยะเวลาในการเข้าถึงเอกสารและลด

พื้นที่จัดเก็บเอกสาร ซึ่งภายหลังจากที่ได้มีการทดลองใช้ฐานข้อมูลพบว่า ฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้กับหน่วยงานได้และช่วยลดระยะเวลาในการค้นหาข้อมูลอีกด้วย

Carli and Canavari (2013) [9] ได้ทำการนำเสนอระบบสารสนเทศ (ใหม่) ของการบริหารจัดการธุรกิจเกษตร ในด้านการคำนวณต้นทุนทางตรง และกิจกรรมต่างๆ ที่ก่อให้เกิดต้นทุน โดยใช้ดีเอฟตี ในการแสดงภาพรวมของสารสนเทศภายในระบบ

Estrada-Ayub and Kahhat (2014) [10] ได้ทำการสร้างดีเอฟตี เพื่อช่วยตัดสินใจในการกำหนดว่าคอมพิวเตอร์เครื่องใดควรทิ้ง และเครื่องใดสามารถขายได้ โดยมีเป้าหมายช่วยลดปัญหาของขยะอิเล็กทรอนิกส์

Plienpan and Jarutirasarn (2015) [11] ได้ทำการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นภายในห่วงโซ่อุปทาน กรณีศึกษา บริษัท ABC (ประเทศไทย) จำกัด โดยได้พิจารณาปัญหา 2 ส่วน ได้แก่ ปัญหาด้านข้อมูล และปัญหาด้านเวลาและขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเกิดปัญหาทางด้านข้อมูลมาก เนื่องจากบริษัทยังขาดระบบสารสนเทศที่ใช้ในการจัดการข้อมูลที่เหมาะสม

Abdulloh and Kengpol (2016) [12] ทำการพัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับลดระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูลของเครื่องจักร ซึ่งได้ใช้ดีเอฟตีแสดงภาพรวมของข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมดังกล่าว

Suansan and Kengpol (2016) [13] ได้ใช้ดีเอฟตีในการนำเสนอกระแสข้อมูลภายในกระบวนการตรวจรับวัตถุดิบเข้าและกระบวนการสอบกลับ เพื่อใช้ในการพัฒนาโปรแกรมฐานข้อมูลสำหรับหน่วยงาน

งานวิจัยนี้ นำหลักคิดของการพัฒนาระบบสารสนเทศของหน่วยงาน โดยมีสิ่งสำคัญคือ ขั้นตอนของการวิเคราะห์กระบวนการทำงาน ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาการไหลของข้อมูลภายในระบบโดยมีเป้าหมายเพื่อที่จะลดระยะเวลาในการส่งผ่านข้อมูล เพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผล และการนำข้อมูลไปใช้ ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่า “แผนภาพการไหลของข้อมูลหรือดีเอฟตี” จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ในส่วนของการจำลองกระบวนการทำงาน ที่เกิดขึ้นภายในหน่วยงานประปาฯ

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 หน่วยงานเป้าหมายสำหรับกรณีศึกษา

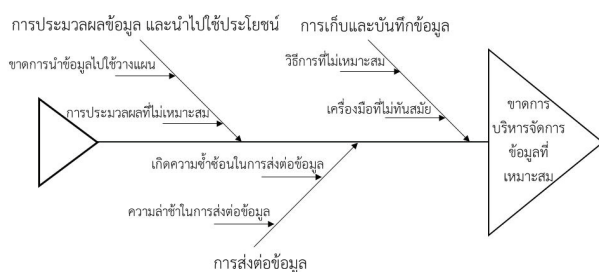
หน่วยงานสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ หน่วยงานประปาภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยรับน้ำดิบมาจากเขื่อนศรีนครินทร์และจากบ่อบาดาลภายในวิทยาเขต กระจายน้ำด้วยหอถังสูง มีการผลิตน้ำประปามากกว่า 3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งได้ให้บริการแก่บุคลากรและนิสิตประมาณ 15,000 คน (ข้อมูลปี พ.ศ. 2557) และเพื่อการทดลองทางด้านการเกษตร รวมพื้นที่ภายในวิทยาเขตทั้งหมด 7,951 ไร่

การทำงานของหน่วยงานประปา อยู่ภายใต้การดูแลของกองบริการกลาง งานอาคารสถานที่และยานพาหนะ มีภาระงาน 2 ส่วนใหญ่ ได้แก่ 1) งานผลิตน้ำประปา ประกอบไปด้วย การดูแลระบบสูบน้ำดิบ กระบวนการกรองน้ำดิบ การเติมสารเคมี และการสูบน้ำประปาภายในวิทยาเขต และ 2) งานซ่อมบำรุงโครงข่ายท่อประปา มีหน้าที่ดำเนินการซ่อมบำรุงโครงข่ายท่อประปาหลักทั้งหมดของวิทยาเขต โดยในภาระงานทั้ง 2 ส่วนนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระบบการทำงานอย่างละเอียด รวบรวมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ถึงสภาพปัญหา เพื่อนำเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการทำงานและการจัดการข้อมูลให้เป็นระบบ

3.2 การสร้างแบบจำลองกระบวนการ และวิเคราะห์สภาพ

ปัญหาในระบบด้วยแผนภาพการไหลของข้อมูล

หลังจากได้ทำการศึกษาระบบการทำงานของหน่วยงานประปาแล้ว ในเบื้องต้นผู้วิจัยได้จำแนกประเภทของปัญหาออกเป็น 3 ส่วน ที่เกิดจาก 1) การเก็บและบันทึกข้อมูล 2) การส่งต่อข้อมูล และ 3) การประมวลผลข้อมูลและนำไปใช้ประโยชน์ สามารถเขียนเป็นแผนผังก้างปลาแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 สภาพปัญหาของการจัดการข้อมูลในหน่วยงาน

จากนั้นสร้างแบบจำลองกระบวนการ ซึ่งได้ใช้แผนภาพการไหลของข้อมูล ทั้งแผนภาพระดับ 1 และแผนภาพย่อย สำหรับอธิบายการไหลของข้อมูลตั้งแต่ผู้ให้ข้อมูล ไปยังผู้ใช้งานข้อมูล

รวมถึงกระบวนการทำงาน จากนั้นทำการวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นภายในแต่ละกระบวนการอย่างละเอียด

3.3 การออกแบบระบบและพัฒนาการไหลของข้อมูล

ขั้นตอนในการพัฒนาการจัดการข้อมูล เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา (ดังรูปที่ 2) โดยใช้แผนภาพการไหลที่ได้สร้างขึ้นจากข้อ 3.2 ประกอบการพิจารณา มีดังนี้

1) พิจารณาถึงความจำเป็นของการเพิ่ม/ปรับปรุงฐานข้อมูลในแต่ละกระบวนการ เพื่อแก้ไขประเด็นปัญหา การเก็บและบันทึกข้อมูล และ การส่งต่อข้อมูล

2) กำหนดผลลัพธ์ที่หน่วยงานสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อให้สามารถระบุข้อมูลนำเข้าได้ โดยต้องมีการพิจารณา ร่วมกับกับทางหน่วยงานถึงข้อมูลที่มีในปัจจุบันหรือมีความเป็นไปได้ในการได้มาซึ่งข้อมูล เพื่อแก้ไขประเด็นปัญหา การประมวลผลข้อมูลและนำไปใช้ประโยชน์

3) ออกแบบแบบฟอร์มสำหรับการเก็บข้อมูล และออกแบบระบบในการจัดการข้อมูลเบื้องต้นโดยใช้สเปรดชีต (ตารางการคำนวณ) ในไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล เช่น การบันทึกจัดเก็บข้อมูล ประมวลผล และแสดงผลลัพธ์ของข้อมูลทั้งในเชิงตัวเลขและรูปภาพ เป็นต้น ซึ่งพนักงานมีความคุ้นเคยกับโปรแกรมนี้อยู่แล้วจึงเห็นว่ามีความเหมาะสม ทั้งนี้สเปรดชีตถูกออกแบบให้สอดคล้องกับทั้งการปฏิบัติงานในสถานะปัจจุบันและกระบวนการที่เสนอให้มีการปรับปรุง

4) ผู้วิจัยเสนอแนะแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในระบบ ให้เหมาะสมต่อการปฏิบัติงานของหน่วยงานประปา โดยสร้างแผนภาพการไหลของข้อมูล (ใหม่) (ซึ่งปรับปรุงจากแผนภาพเดิมจากข้อ 3.2) ในการนำเสนอ

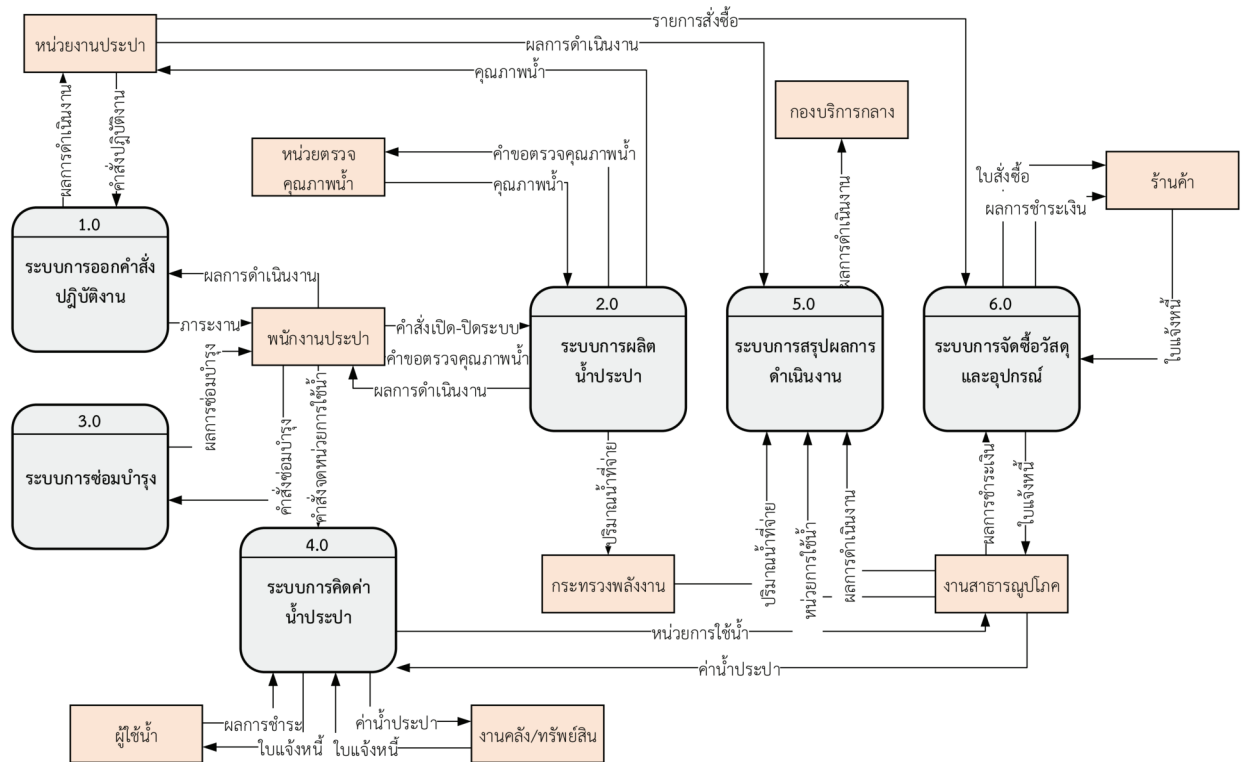
3.4 การประเมินระบบการจัดการข้อมูล

ข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็นต่อการนำไปประมวลและแสดงผลลัพธ์จะถูกบันทึกลงในสเปรดชีตที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้สำหรับใช้เป็นฐานข้อมูล จากนั้นนำฐานข้อมูลนี้ (ประกอบด้วย ข้อมูลนำเข้า วิธีการประมวลผล การนำเสนอผลลัพธ์ พร้อมระบุการนำไปใช้ประโยชน์) เสนอให้กับหน่วยงานและผู้เกี่ยวข้องทำการประเมิน สรุปและแปรผลในเชิงคุณภาพ 2 ด้านหลักๆ ได้แก่ 1) ความสำคัญของการมีฐานข้อมูลต่อการพัฒนาระบบการทำงานในหน่วยงาน และ 2) ประเมินถึงความเหมาะสมของกระบวนการ (ประมวลผล) ที่เสนอให้ปรับปรุงและการนำผลลัพธ์ไปใช้ประโยชน์

4. ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

4.1 แบบจำลองกระบวนการของระบบสถานะปัจจุบัน

จากการศึกษาระบบ การเก็บและบันทึกข้อมูล การนำข้อมูลไปใช้ และการประมวลผลข้อมูล ของหน่วยงานประปาในสถานะปัจจุบัน สามารถนำไปสร้างแผนภาพการไหลของข้อมูลระดับ 1 (Level-1 Diagram) เพื่อแสดงให้เห็นภาพรวมของการไหลของข้อมูลภายในระบบประปา ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วย 6 กระบวนการหลัก ได้แก่ 1) การออกคำสั่ง



รูปที่ 3 แผนภาพการไหลของข้อมูลระดับ 1 (Level-1 Diagram) ของหน่วยงานประปา

4.1.1 ระบบการออกคำสั่งปฏิบัติงาน

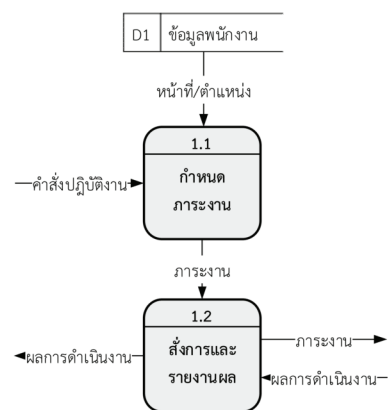
หน่วยงานประปาจะทำการกำหนดภาระงาน และรวบรวมผลการดำเนินงานของพนักงานประปาภายในหน่วย ซึ่งจะพิจารณาจากตำแหน่งและความชำนาญของพนักงานประปาแต่ละบุคคล โดยกระบวนการภายในแสดงดังแผนภาพย่อย ในรูปที่ 4

4.1.2 ระบบการผลิตน้ำประปา

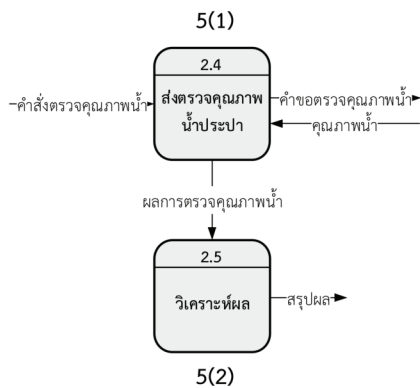
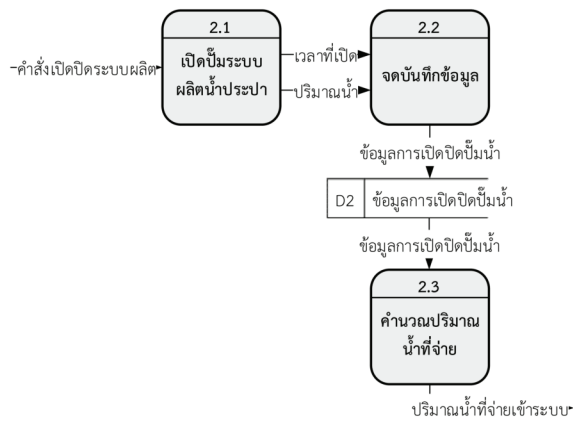
หน้าที่หลักของระบบผลิตน้ำประปาประกอบไปด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) การเปิด-ปิดระบบผลิตน้ำประปา มีการจดบันทึกข้อมูลการเปิด-ปิดบ่อบำบัดและระดับน้ำในบ่อน้ำ เพื่อนำไปคำนวณปริมาณน้ำที่จ่าย และ 2) การตรวจคุณภาพน้ำประปา ซึ่งโดยปกติแล้วทางหน่วยงานจะส่งน้ำไปตรวจคุณภาพทุกๆ 3 เดือน เพื่อตรวจสอบว่าน้ำที่ผลิตผ่านตามมาตรฐานหรือไม่

ปฏิบัติงาน 2) การผลิตน้ำประปา 3) การซ่อมบำรุง 4) การคิดค่าน้ำประปา 5) การสรุปผลการดำเนินงาน และ 6) การจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ ทั้งนี้มีหน่วยงานหรือผู้เกี่ยวข้องกับหน่วยงานประปาทั้งหมด 8 หน่วย ได้แก่ พนักงานประปา หน่วยตรวจคุณภาพน้ำ กระทรวงพลังงาน ผู้ใช้น้ำ งานคลัง/ทรัพย์สิน กองบริการกลาง งานสาธารณูปโภค และ ร้านค้า จากนั้นได้แบ่งย่อยแผนภาพเป็นระดับ 2 (Level-2 Diagram) เพื่อแสดงรายละเอียดการทำงาน มีรายละเอียดดังนี้

กระบวนการภายในแสดงดังแผนภาพย่อย ในรูปที่ 5(1) และ 5(2) ตามลำดับ



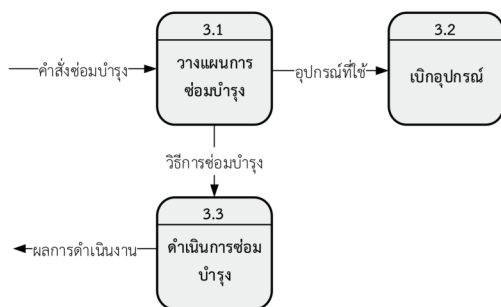
รูปที่ 4 แผนภาพย่อย (Level-2 Diagram) ระบบการออกคำสั่งปฏิบัติงาน



รูปที่ 5 แผนภาพย่อย (Level-2 Diagram) ระบบการผลิตน้ำประปา

4.1.3 ระบบการซ่อมบำรุง

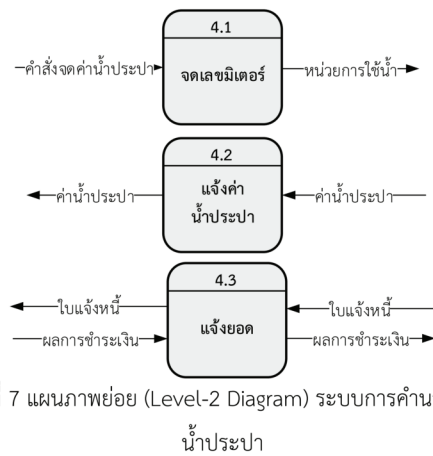
กระบวนการดำเนินการซ่อมบำรุง มีหน้าที่ในการวางแผนการซ่อมบำรุง ซึ่งหลังจากตรวจสอบความเสียหายแล้ว อาจดำเนินการโดยซ่อมแซมเองหรือการจ้างเหมา แสดงดังแผนภาพย่อย ในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนภาพย่อย (Level-2 Diagram) ระบบการซ่อมบำรุง

4.1.4 ระบบการคำนวณค่าน้ำประปา

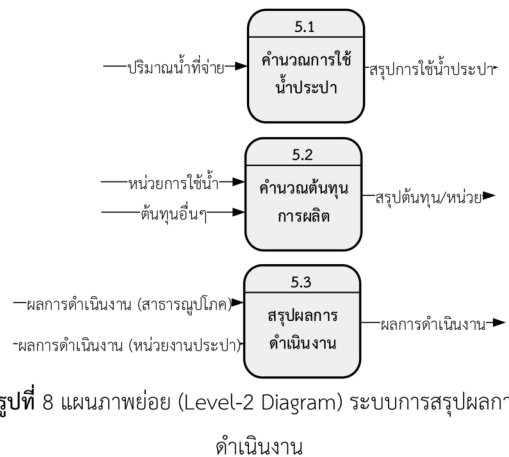
ในระบบนี้ จะมีผู้เกี่ยวข้องกับกระบวนการ รวม 4 หน่วย ได้แก่ พนักงานประปา (ผู้จดเลขมิเตอร์) งานสาธารณูปโภค (ผู้คำนวณค่าน้ำ) งานคลัง/งานทรัพย์สิน (ผู้ออกใบแจ้งหนี้) และผู้ใช้น้ำ (ผู้ชำระค่าน้ำ) โดยมีกระบวนการภายในแสดงดังแผนภาพย่อย ในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนภาพย่อย (Level-2 Diagram) ระบบการคำนวณค่าน้ำประปา

4.1.5 ระบบการสรุปผลการดำเนินงาน

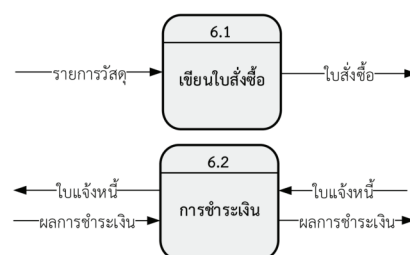
เป็นกระบวนการที่รับข้อมูลจาก 3 หน่วยงาน ได้แก่ หน่วยงานประปา งานสาธารณูปโภค และกระทรวงพลังงาน เพื่อสรุปผลการใช้น้ำประปา รายจ่ายการผลิตน้ำประปา และผลการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง แล้วนำไปยังกองบริการกลาง ทุกเดือน แผนภาพย่อย แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แผนภาพย่อย (Level-2 Diagram) ระบบการสรุปผลการดำเนินงาน

4.1.6 ระบบการจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์

ในการจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ หน่วยงานประปาจะทำการติดต่อกับร้านค้าเพื่อนำวัสดุมาใช้งานก่อน จากนั้นร้านค้าจะออกใบแจ้งหนี้ไปยังงานสาธารณูปโภค เพื่อให้ชำระเงิน ดังแผนภาพย่อย ในรูปที่ 9



รูปที่ 9 แผนภาพย่อย (Level-2 Diagram) ระบบการจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์

4.2 การวิเคราะห์ปัญหาในระบบด้วยการใช้ไดอะแกรม

จากการพิจารณาแผนภาพย่อยระดับ 2 (Level-2 diagrams) ของระบบประปา ตั้งแต่วิธีการได้มาซึ่งข้อมูล การส่งต่อข้อมูล การประมวลผลข้อมูล และการนำข้อมูลไปใช้ ผู้วิจัยรวบรวมปัญหาที่ได้จำแนกเป็น 3 ส่วนในเบื้องต้น มีรายละเอียดดังนี้

1) ปัญหาที่เกิดจากการเก็บและบันทึกข้อมูล

เกิดจากการที่เทคโนโลยีหรือวิธีการที่ใช้ในการเก็บข้อมูลไม่เหมาะสมกับสถานะปัจจุบัน ปัญหาที่พบแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัญหาที่เกิดจากการเก็บและบันทึกข้อมูล

ระดับ	รูป	ปัญหาที่พบ
2.2 บันทึก ข้อมูล	5(1)	ปริมาณน้ำที่อ่านได้จากลูกกลอนไม่ใช่ค่าที่แท้จริง (เนื่องจากลักษณะกายภาพของบ่อน้ำ)
D2 เปิดปิด ปั้มน้ำ	5(1)	เป็นการจดบันทึกลงกระดาษ ซึ่งจะมีผลต่อการส่งต่อข้อมูลและการเก็บรักษา
3.3 ซ่อมบำรุง	6	ไม่มีแบบฟอร์มในการเก็บข้อมูลการซ่อมบำรุงที่แน่นอน มีเพียงการบันทึกเป็นภาพถ่ายขณะปฏิบัติงานเท่านั้น
4.1 จดเลข มิเตอร์	7	ในการจดบันทึกเลขมิเตอร์ เพื่อส่งข้อมูลหน่วยการใช้น้ำต่อไปยังหน่วยงานสาธารณสุข (เพื่อนำไปคำนวณค่าน้ำประปา) เป็นการบันทึกลงกระดาษ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการส่งต่อข้อมูลและอาจเกิดความผิดพลาดในการนำข้อมูลไปใช้งาน
6.1 ใบสั่งซื้อ	9	ไม่มีการเก็บข้อมูลจำนวนสินค้าที่สั่งซื้อ

2) ปัญหาที่เกิดจากการประมวลผลข้อมูล

เกิดจากกระบวนการเดิมที่ถูกรื้อถอนไปแล้ว ยังไม่มีการสร้างผลลัพธ์ที่สมบูรณ์หรือยังไม่มีการแสดงผลลัพธ์ที่ควรจะมี สรุปปัญหาที่พบแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัญหาที่เกิดจากการประมวลผลข้อมูลของระบบประปา

ระดับ	รูป	ปัญหาที่พบ
1.1 ภาระ งาน	4	หน่วยงานประปามีภาระงานจำนวนมาก ไม่สามารถตรวจสอบสถานะงานของพนักงานได้ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการแจกจ่ายภาระงาน
2.3 คำนวณ ปริมาณ	5(1)	ค่าอัตราการสูบน้ำมาคูณกับชั่วโมงการเปิดปั้มน้ำนั้นเป็นข้อมูลตามสเปคของเครื่องสูบน้ำตั้งแต่การติดตั้งครั้งแรก ซึ่งหากต้องการนำมาใช้วิเคราะห์

ระดับ	รูป	ปัญหาที่พบ
น้ำที่จ่าย		ร่วมกับอัตราการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำภายในวิทยาเขต หรือนำมาวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ฯลฯ นั้นอาจมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง
2.5 วิเคราะห์ ผล	5(2)	ไม่สามารถดูประวัติคุณภาพน้ำได้ และยังไม่มีปริมาณปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมสำหรับผลิตน้ำประปา
3.2 เบิก อุปกรณ์	6	เสียเวลาในการตรวจสอบปริมาณวัสดุ/อุปกรณ์ คงเหลือ กล่าวคือไม่มีการจดบันทึกข้อมูลวัสดุคงคลัง ส่งผลให้เมื่อมีการเบิกอุปกรณ์ (P 3.2) พนักงานประจำจำเป็นต้องไปที่คลังวัสดุด้วยตัวเอง เพื่อตรวจหาวัสดุที่ต้องการใช้ หากอุปกรณ์ที่ต้องการหมดพนักงานต้องสั่งจากร้านภายนอกด้วยตนเอง
5.2 คำนวณ ต้นทุน การผลิต	8	ปัจจุบันจะใช้ข้อมูลค่าแรงงาน ค่ากระแสไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสารเคมี และค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง (ยอดจากใบเบิก) แต่รายจ่ายในการผลิตน้ำประปายังรวมถึงมูลค่าของปริมาณน้ำที่สูญเสีย ค่าดำเนินการ ฯลฯ จึงจะสามารถนำไปวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ได้

3) ปัญหาที่เกิดจากการส่งต่อข้อมูลให้กับหน่วยงาน

เกิดความผิดพลาดในการส่งต่อข้อมูลระหว่างหน่วยงาน และเกิดความล่าช้า เนื่องจากหน่วยงานประปาใช้การจดบันทึกข้อมูลลงบนกระดาษ

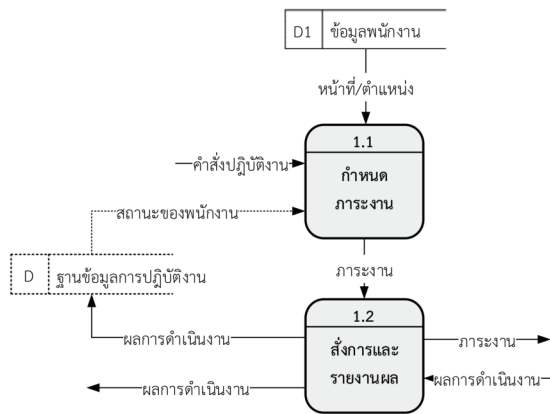
4.3 การนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงระบบและการไหลของข้อมูล

หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นภายในระบบแล้ว ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแผนภาพการไหลของข้อมูลใหม่ โดยใช้สัญลักษณ์ “เส้นประ” แทนการเพิ่มเข้ามาใหม่ และใช้สัญลักษณ์ “เส้นขีดประ” แทนการปรับปรุงจากรูปแบบเดิม จากนั้นนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงระบบนี้ให้กับหน่วยงานประปาเพื่อทำการประเมินความเหมาะสม รายละเอียดของการปรับปรุงกระบวนการเสนอโดยการปรับปรุงแผนภาพย่อยระดับ 2 ดังนี้

4.3.1 การแจกจ่ายภาระงาน (แบบนำเสนอ)

มีการเพิ่มฐานข้อมูลการปฏิบัติงาน (D) ดังแสดงในรูปที่ 10 เพื่อสามารถเรียกดูข้อมูลสถานะงานปัจจุบันและประวัติการทำงาน (สรุปผลการปฏิบัติงานรายเดือน) ของพนักงานได้ โดยผู้วิจัยเสนอให้ฐานข้อมูลมีการจำแนกงานตามตำแหน่งและหน้าที่ของพนักงานประปา ดังนั้นปัญหาของความล่าช้าใน

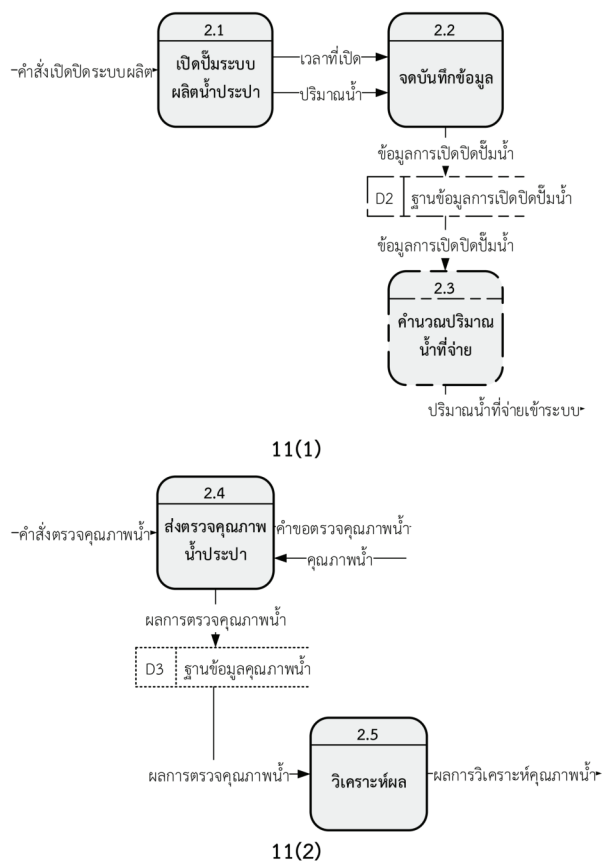
การส่งงานนี้จะลดลง ยังผลให้งานที่ได้รับมอบหมายเกิดประสิทธิผล ทั้งนี้ในการรายงานผลการดำเนินงานยังสามารถสรุปเตรียมจัดส่งเป็นรายงานได้อย่างรวดเร็วหากได้มีการบันทึกข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลไว้อยู่แล้ว ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมให้มีการดึงข้อมูลมาอยู่ในแบบฟอร์มที่ต้องการได้ จึงไม่เห็นว่าการมีฐานข้อมูลจะเป็นการเพิ่มภาระงานให้กับพนักงาน



รูปที่ 10 แผนภาพย่อย (Level-2 Diagram) ระบบการออกคำสั่งปฏิบัติงาน (แบบนำเสนอ)

4.3.2 การดำเนินงานระบบผลิตน้ำประปา (แบบนำเสนอ)

ระบบผลิตน้ำประปา แบ่งงานออกเป็น 2 ส่วนย่อย ดังแสดงในรูปที่ 11 และมีแนวทางในการปรับปรุงระบบดังนี้



รูปที่ 11 แผนภาพย่อย (Level-2 Diagram) ระบบผลิตน้ำประปา (แบบนำเสนอ)

1) ผู้วิจัยเสนอให้ปรับปรุงจากรูปแบบเดิมในส่วนของการจัดบันทึกข้อมูล (P2.2) ให้มีฐานข้อมูลการเปิดปิดปั๊มน้ำและการอ่านค่าระดับน้ำ (D2) รวมทั้งปรับปรุงกระบวนการคำนวณปริมาณน้ำที่จ่าย (P2.3) ดังแสดงในรูปที่ 11(1)

จากการสอบถามพบว่า หน่วยงานยังไม่สามารถติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลในท่อจ่ายได้ ผู้วิจัยจึงเสนอให้ปรับปรุงวิธีการเก็บข้อมูลการเปิดปิดปั๊มน้ำและการอ่านค่าระดับน้ำแบบใหม่ชั่วคราว (วิธีการเดิมคือ ไม่มีการคำนวณอัตราการสูบของปั๊ม โดยใช้ค่าคงที่ตามข้อมูลปั๊ม) ให้สอดคล้องกับลักษณะของบ่อน้ำ ดังนั้นข้อมูลที่ใช้สำหรับคำนวณปริมาณน้ำในกระบวนการคำนวณปริมาณน้ำที่จ่าย (P2.3) จะมีความเหมาะสมยิ่งขึ้น อีกทั้งเสนอให้มีการออกแบบฐานข้อมูล (D2) ดังนั้นจะช่วยลดความผิดพลาดจากการนำข้อมูลไปใช้ การส่งต่อข้อมูลและง่ายต่อการเรียกใช้งาน

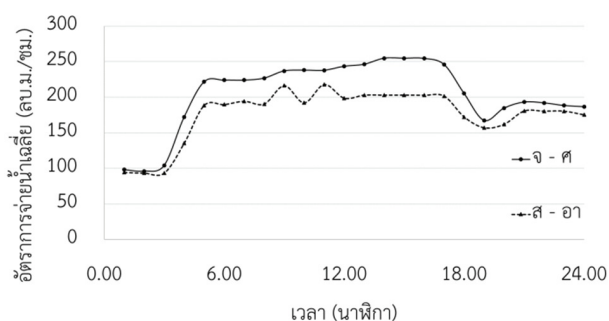
ผู้วิจัยทดลองใช้วิธีการเก็บข้อมูลการเปิดปิดปั๊มน้ำและการอ่านค่าระดับน้ำตามข้อเสนอแนะข้างต้น (ในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม พ.ศ.2560) เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่จ่าย (P2.3) โดยใช้แบบฟอร์มที่ออกแบบใหม่สำหรับเก็บข้อมูล 3 ส่วน ที่สัมพันธ์กัน คือ 1) ระยะเวลาการเปิดปิดปั๊มน้ำ (t) 2) ค่าระดับน้ำในบ่อพักน้ำใสที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลาของการเปิดปิดปั๊มน้ำ (h) และ 3) ขนาดของบ่อพักน้ำใส (BxL) จากนั้นนำมาคำนวณอัตราการสูบน้ำ ($h \times B \times L / t$) ตลอดทั้งเดือนเพื่อหาค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของอัตราการสูบขึ้นสู่ท่อส่งสูงในแต่ละเดือน ข้อมูลดังกล่าวถูกจัดเก็บและประมวลผลโดยใช้สเปรดชีตในไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราการสูบของปั๊มน้ำที่หน่วยงานใช้และที่ได้จากการทดลองเก็บข้อมูล ระหว่างเดือน มกราคม - มีนาคม พ.ศ. 2560

ประเภทข้อมูล	อัตราการสูบของปั๊มน้ำ (ลบ.ม./ชม.)		
	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ตัวที่ 3
ปัจจุบันที่หน่วยงานใช้	250	250	250
ทดลองเก็บ ม.ค. 60	233	278	242
ทดลองเก็บ ก.พ. 60	236	272	239
ทดลองเก็บ มี.ค. 60	238	262	243

จากข้อมูลดังกล่าวพบว่า อัตราการสูบน้ำที่ตรวจวัดได้มีทั้งค่าที่ต่ำกว่าและสูงกว่าที่หน่วยงานใช้ซึ่งเป็นค่าคงที่ (250 ลบ.ม./ชม.) อยู่ประมาณร้อยละ 6.8 และ 11.2 ตามลำดับ ซึ่งหากใช้อัตราการสูบคงที่ จะทำให้การคำนวณปริมาณน้ำที่จ่ายเกิดความคลาดเคลื่อน

นอกจากนี้ หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการคำนวณปริมาณน้ำที่จ่ายเข้าสู่ระบบแล้ว หน่วยงานยังสามารถใช้ข้อมูล (ระยะเวลาเปิดปิดปั๊มน้ำและอัตราการสูบน้ำ ในแต่ละช่วงเวลา ระหว่างวัน) ที่จัดเก็บในสเปรดชีต มาแสดงเป็นรูปแบบการจ่ายน้ำรายชั่วโมงเฉลี่ย ช่วงเดือนมกราคม - มีนาคม พ.ศ. 2560 ดังแสดงในรูปที่ 12 ซึ่งจะทำให้เห็นแนวโน้มในการจ่ายน้ำและสามารถคำนวณอัตราการจ่ายน้ำรายชั่วโมงเฉลี่ยได้ เช่น ในช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์เฉลี่ย 204 ลบ.ม./ชม. ส่วนในวันหยุดเสาร์อาทิตย์มีค่าเฉลี่ย 176 ลบ.ม./ชม.



รูปที่ 12 รูปแบบการจ่ายน้ำรายชั่วโมงเฉลี่ยช่วงเดือนมกราคม - มีนาคม พ.ศ. 2560

จะเห็นได้ว่า การปรับปรุงวิธีการคำนวณปริมาณน้ำที่จ่าย โดยใช้สเปรดชีต ทำให้เกิดความรวดเร็วในการประมวลผล สรุปและแสดงผล ทั้งยังช่วยลดโอกาสการเกิดข้อผิดพลาดจากการคำนวณด้วยมือ และลดโอกาสการสูญหายของข้อมูลได้

อย่างไรก็ดี ในการอ่านค่าระดับน้ำซึ่งเป็นงานภาคสนามดังกล่าว อาจเป็นการเพิ่มภาระงาน (ทั้งเพิ่มขั้นตอนและใช้เวลาเพิ่มขึ้น) ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่า หากหน่วยงานมีงบประมาณเพียงพอ ทางเลือกที่ดีที่สุด คือให้มีการติดตั้งเครื่องมือสำหรับวัดอัตราการไหลออกจากท่อถังสูง จะช่วยลดเวลาการทำงาน และได้ความถูกต้องของข้อมูล

2) ผู้วิจัยเสนอให้เพิ่มฐานข้อมูลคุณภาพน้ำ (D3) ดังรูปที่ 11(2) ดังนั้นข้อมูลจะถูกเก็บรวบรวมและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลคุณภาพน้ำ และปริมาณสารเคมีที่จะใช้ในการผลิตได้ นอกจากนี้จะช่วยให้การสรุปผลการดำเนินงานเป็นไปอย่างรวดเร็วด้วยการดึงผลจากฐานข้อมูล

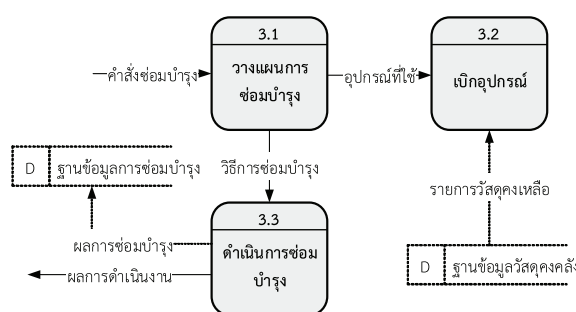
4.3.3 การดำเนินการซ่อมบำรุง (แบบนำเสนอ)

ในกระบวนการเบิกอุปกรณ์ (P3.2) ผู้วิจัยเสนอให้เพิ่มฐานข้อมูลวัสดุคงคลัง (D) และการจัดเก็บวัสดุอย่างเป็นระบบ ดังแสดงในรูปที่ 13 ดังนั้นจะสามารถลดระยะเวลาในการจัดเตรียมวัสดุได้ในระดับหนึ่ง อีกทั้งยังสามารถสำรองวัสดุสำหรับการใช้งานในครั้งต่อไปได้อีกด้วย

สำหรับกระบวนการดำเนินการซ่อมบำรุง (P3.3) ผู้วิจัยเสนอให้มีการออกแบบการบันทึกข้อมูลและจัดทำเป็นฐานข้อมูลการซ่อมบำรุงและวัสดุคงคลัง เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการสรุป รายงานผลการซ่อมบำรุง ค่าใช้จ่าย และสำหรับวางแผนการซ่อมบำรุงได้

นอกจากการมีฐานข้อมูลจะช่วยลดระยะเวลาในการสรุปและรายงานผลแล้ว ในส่วนของการมีฐานข้อมูลวัสดุคงคลังและระบบการจัดเก็บวัสดุที่ดี จะช่วยลดระยะเวลาของค้นหาวัดวัสดุที่มีอยู่และวัสดุที่ต้องซื้อ ส่วนฐานข้อมูลการซ่อมบำรุง ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลท่อส่งน้ำ (ประเภท ขนาด ตำแหน่งการติดตั้งบนแผนที่) หากมีการอัปเดตข้อมูลให้อยู่ในสถานะปัจจุบัน จะช่วยให้ลดระยะเวลาได้มากในการค้นหาแนวท่อส่งน้ำ ความลึกในการติดตั้ง กรณีที่ต้องมีการขุดเปิดดินเพื่อตรวจสอบการรั่วของท่อในงานภาคสนาม

ในส่วนนี้พนักงานต้องมีการบันทึกข้อมูลการซ่อมบำรุงเพื่อเตรียมเป็นรายงานผลการดำเนินงานอยู่แล้ว จึงไม่เห็นว่าจะเป็นการเพิ่มภาระงานให้กับพนักงานในการบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมให้ดึงข้อมูลมาสรุปเป็นแบบฟอร์มตามที่ต้องการได้



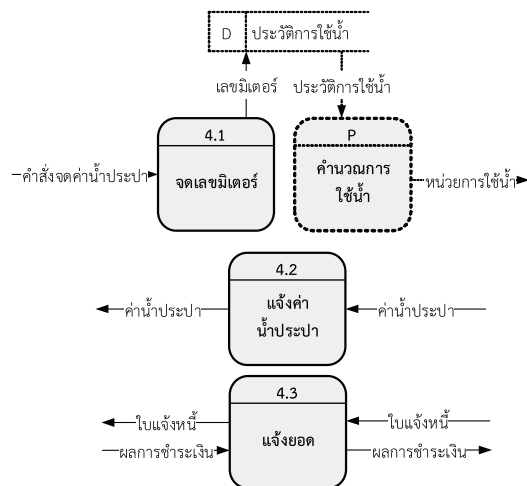
รูปที่ 13 แผนภาพย่อย (Level-2 Diagram) ระบบการซ่อมบำรุง (แบบนำเสนอ)

4.3.4 ระบบการคำนวณค่าน้ำประปา (แบบนำเสนอ)

ผู้วิจัยเสนอให้เพิ่มกระบวนการคำนวณหน่วยการใช้น้ำ (P) โดยเสนอให้ใช้เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเลขมิเตอร์ในระบบดิจิทัล จัดทำเป็นฐานข้อมูลประวัติการใช้น้ำ (D) แล้วจึงดำเนินการส่งข้อมูลหน่วยการใช้น้ำต่อไปยังหน่วยงานสาธารณสุขภาค

เนื่องจากข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ในระบบดิจิทัลจากภาคสนามได้เลย การจดบันทึกจึงไม่มีความซ้ำซ้อน และการถ่ายโอนข้อมูลเพื่อมาใช้ในการคำนวณการใช้น้ำ จะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ลดโอกาสการเกิดความผิดพลาดจากการอ่านข้อมูล

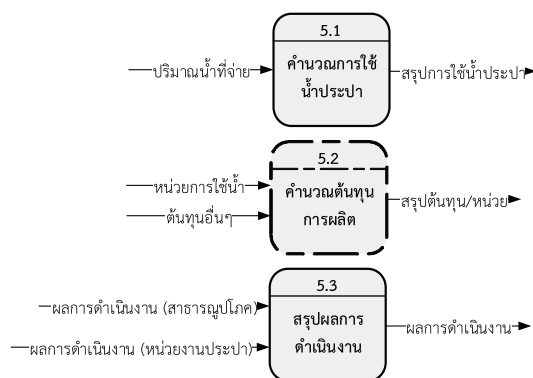
(ลายมือ) ได้เป็นอย่างดี ทั้งยังช่วยป้องกันการสูญหายของข้อมูล ส่งต่อข้อมูลและเรียกใช้งานได้ง่ายและรวดเร็วอีกด้วย แผนภาพที่นำเสนอแสดงดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 แผนภาพย่อย (Level-2 Diagram) ระบบการคำนวณค่าน้ำประปา (แบบนำเสนอ)

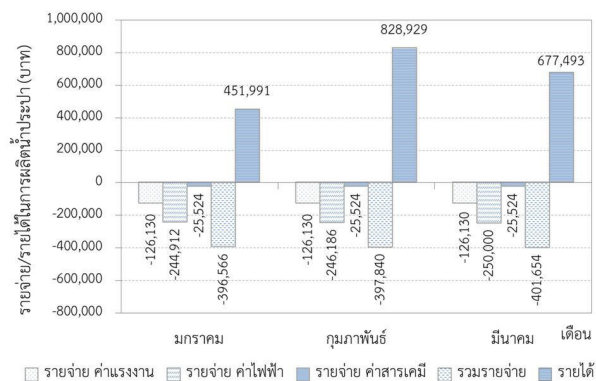
4.3.5 การสรุปผลการดำเนินงาน (แบบนำเสนอ)

ในกระบวนการคำนวณต้นทุนการผลิต (P5.2) ผู้วิจัยเสนอให้มีการสำรวจรายจ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำประปา และนำมาปรับปรุงวิธีการคำนวณรายจ่ายในการผลิตใหม่ ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 แผนภาพย่อย (Level-2 Diagram) ระบบการสรุปผลการดำเนินงาน (แบบนำเสนอ)

จากการศึกษาข้อมูล พบว่ารายจ่ายปัจจุบันในการผลิตน้ำประปาประกอบไปด้วย ค่าสารเคมี ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า ค่าซ่อมบำรุง (ตามสภาพความเสียหาย) ค่าตรวจสอบคุณภาพน้ำ (ทุก 3 เดือน) ส่วนรายได้จากการผลิตน้ำมาจากค่าน้ำประปาที่เรียกเก็บจากผู้ใช้น้ำเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทดลองเก็บข้อมูลรายจ่ายบางส่วนในการผลิตน้ำประปาและรายได้จากผู้ใช้น้ำ ช่วงเดือนมกราคม ถึง มีนาคม พ.ศ.2560 แสดงดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 รายจ่ายการผลิตน้ำประปาและรายได้ของหน่วยงาน ช่วงเดือน มกราคม – มีนาคม พ.ศ. 2560

นอกจากนี้ยังได้ทดลองนำข้อมูลปริมาณน้ำที่จ่าย (ที่ได้จากการปรับปรุงกระบวนการ P2.3) เปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้น้ำ (คำนวณจากหน่วยการใช้น้ำ) ในช่วงเดือนมกราคม ถึง มีนาคม พ.ศ.2560 ดังตารางที่ 4 ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าเกิดส่วนต่างระหว่างข้อมูลทั้งสองนั่นคือ ปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากระบบ ในส่วนนี้จะถือว่าเป็นต้นทุน (รายจ่าย) ค่าเสียโอกาสสำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งคิดเป็นมูลค่า 178,089 บาท 27,114 บาท และ 115,858 บาท ตามลำดับ

ดังนั้นหากได้มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณต้นทุนการผลิต และการแสดงผลจากหลายส่วนประกอบกัน จะทำให้เห็นภาพรวมของการบริหารงาน และส่วนที่ควรต้องคำนึงถึงนั่นคือ ปริมาณน้ำสูญเสียจากระบบ ที่นอกจากจะส่งผลต้นทุนการผลิตแล้วยังเป็นผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมด้วยกล่าวคือน้ำสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์

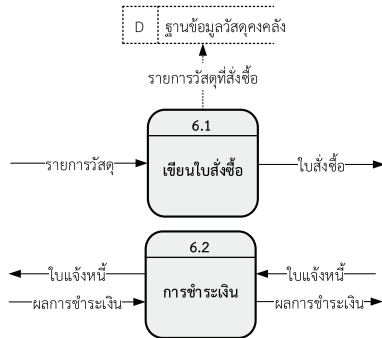
ตารางที่ 4 เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างปริมาณน้ำที่จ่ายเข้าสู่ระบบกับ ปริมาณน้ำที่แท้จริง

เดือน	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม.)		ปริมาณน้ำสูญเสีย (ลบ.ม.) (ร้อยละ)
	จ่าย	ใช้จริง	
มกราคม	134,466	71,611	62,855 (46.74)
กุมภาพันธ์	143,684	133,891	9,793 (6.82)
มีนาคม	148,541	109,273	39,268 (26.44)

4.3.6 การจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ (แบบนำเสนอ)

ผู้วิจัยเสนอให้เพิ่มฐานข้อมูล (D) และการจัดเก็บที่เป็นระบบ ในกระบวนการเขียนใบสั่งซื้อ (P6.1) ดังรูปที่ 17 กล่าวคือเมื่อมีการสั่งซื้อวัสดุในแต่ละครั้งเสนอให้มีการจดบันทึกข้อมูลประเภท และจำนวน ของวัสดุ

ในการบันทึกข้อมูลดังกล่าว พนักงานอาจมีความเห็นว่าเป็นการเพิ่มภาระในการทำงาน แต่หากมีฐานข้อมูลไว้แล้วและมีการจัดเก็บวัสดุอย่างเป็นระบบ จะช่วยทราบสถานะของวัสดุคงคลังที่มีอยู่ในปัจจุบัน และลดระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูลและค้นหาวสดุที่จัดเก็บไว้ได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 17 แผนภาพย่อย (Level-2 Diagram) ระบบการจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ (แบบนำเสนอ)

4.4 ผลการประเมินระบบการจัดการข้อมูล

จากการสอบถามความคิดเห็นของหัวหน้างาน ผู้ปฏิบัติงาน และผู้เกี่ยวข้องกับระบบรวม 12 ท่าน สามารถสรุปผลการประเมินความเหมาะสมของการพัฒนา (เพิ่มหรือปรับปรุง) ระบบการจัดการข้อมูลและกระบวนการ แสดงดังตารางที่ 5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานเห็นว่าการพัฒนานี้มีความเหมาะสมต่อหน่วยงานเป็นอย่างยิ่ง ด้วยคะแนนเฉลี่ยของการพัฒนาฐานข้อมูลและกระบวนการ คือ 4.48 และ 4.41 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยระดับความเหมาะสมของการพัฒนาฐานข้อมูลและกระบวนการในหน่วยงานประปาฯ

ฐานข้อมูล	รูปแบบ		กระบวนการ (ค่านวน)	รูปแบบ	
	พ.	ปป.		พ.	ปป.
การปฏิบัติงาน	✓		ปริมาณน้ำที่จ่าย		✓
เปิดปิดปั๊มน้ำ		✓	การใช้น้ำ	✓	
คุณภาพน้ำ	✓		ต้นทุนการผลิต		✓
ซ่อมบำรุง	✓				
วัสดุคงคลัง	✓				
ประวัติการใช้น้ำ	✓				
คะแนนเฉลี่ย 4.48 ระดับ เหมาะสมมาก			คะแนนเฉลี่ย 4.41 ระดับ เหมาะสมมาก		

หมายเหตุ พ. และ ปป. หมายถึง เพิ่ม และ ปรับปรุง ตามลำดับ

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษากระบวนการทำงานภายในระบบประปา โดยการสร้างแผนภาพการไหลข้อมูลเพื่อใช้วิเคราะห์ระบบ พบว่ามี

6 กระบวนการหลักที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การออกคำสั่งปฏิบัติงาน การผลิตน้ำประปา การซ่อมบำรุง การคิดค่าน้ำประปา การสรุปผลการดำเนินงาน และ การจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ โดยปัญหาที่เกิดขึ้นกับการจัดการข้อมูลภายในระบบสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ปัญหาที่เกิดจากการเก็บและบันทึกข้อมูล พบว่าโดยส่วนใหญ่จะเป็นการเก็บข้อมูลโดยการจดบันทึกในกระดาษ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการสูญหาย ปัญหาที่พบต่อมาคือเทคนิค/วิธีการที่ใช้ในการเก็บข้อมูลดิบในบางกระบวนการไม่เหมาะสม ทำให้ผลลัพธ์ไม่มีความชัดเจน

2) ปัญหาที่เกิดจากการส่งต่อข้อมูลให้กับหน่วยงาน กรณีนี้สืบเนื่องมาจากการที่หน่วยงานประจำจดบันทึกข้อมูลลงกระดาษ ส่งผลให้การส่งต่อข้อมูลไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเกิดความล่าช้าและเกิดความผิดพลาดของข้อมูลจากการเข้าใจไม่ตรงกัน อีกทั้งข้อมูลอาจสูญหายเมื่อมีการถูกนำไปใช้งานในหน่วยงานอื่น

3) ปัญหาที่เกิดจากการประมวลผลข้อมูลรวมถึงการนำไปใช้ประโยชน์ บางกระบวนการมีวิธีการเก็บข้อมูลที่ไม่เหมาะสมเมื่อนำข้อมูลมาใช้งานและประมวลผลผลลัพธ์ออกมาแล้วจึงเป็นค่าที่อาจจะไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ต่อได้ และบางกระบวนการในระบบยังไม่มีการสร้างผลลัพธ์ที่ควรจะนำเสนอต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

หลังจากการวิเคราะห์ปัญหาในแต่ละกระบวนการ ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางในการพัฒนาการจัดการข้อมูลและกระบวนการทั้งในรูปแบบของการเพิ่มและปรับปรุง โดยพัฒนาจากแผนภาพการไหลระดับ 2 เดิมเป็น “แบบนำเสนอ” ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้ให้ทางหน่วยงานเข้ามามีบทบาทในการพัฒนาระบบรวมทั้งให้มีการประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาที่นำเสนอ ซึ่งสรุปได้ว่าการพัฒนาดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการดำเนินงานของหน่วยงานเป็นอย่างยิ่งทั้งในส่วนของการพัฒนาฐานข้อมูล (คะแนนเฉลี่ย 4.48) และกระบวนการ (คะแนนเฉลี่ย 4.41) และเห็นว่าหากมีการดำเนินการตามแนวทางนี้แล้วนั้น จะสามารถแก้ปัญหาหลัก 3 ด้านนั้นได้ อีกทั้งจะทำให้เกิดประโยชน์โดยภาพรวม ดังนี้

- เนื่องจากระบบถูกออกแบบให้มีการจัดทำฐานข้อมูล จึงทำให้ ลดความเสี่ยงต่อการสูญหายของข้อมูล สามารถสืบค้นข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ข้อมูลถูกส่งต่อไปยังหน่วยงานอื่นโดยลดโอกาสของความผิดพลาดจากการสื่อสารได้

- มีการปรับเทคนิค/วิธีการในการเก็บข้อมูลดิบ จึงทำให้การวิเคราะห์ผล และการนำเสนอผลลัพธ์มีความชัดเจนมากขึ้น
- สามารถนำข้อมูลที่เก็บในรูปแบบดิจิทัล มาวิเคราะห์ ประมวลเป็นผลลัพธ์ใหม่ เช่น ทำให้ทราบถึง รายจ่ายการผลิตน้ำประปา ต้นทุนค่าเสียโอกาสของน้ำสูญเสีย และรายจ่ายอื่นๆ ซึ่งใช้ในการพิจารณาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ได้นอกจากนี้ยังทราบแนวทางในการประเมินน้ำสูญเสีย ปริมาณน้ำที่ใช้ อันจะเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการวางแผนงานในอนาคต
- เนื่องจากมีการวิเคราะห์ภาระงานปัจจุบันของพนักงาน และเมื่อมีการกระจายงานให้กับพนักงานแล้วนั้นจะทำให้แต่ละคนปฏิบัติหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยในการวางแผนงานของหน่วยงานได้

อย่างไรก็ดี การปรับปรุงกระบวนการบางส่วนอาจต้องมีการปรับพฤติกรรมในการทำงานของพนักงาน กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงวิธีการบันทึกข้อมูลจากการจดลงในกระดาษในงานภาคสนาม (เช่น ข้อมูลการเปิดปิดปั๊มน้ำ) ให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล ซึ่งพนักงานอาจจะคิดว่าเป็นการเพิ่มภาระงานที่จะต้องบันทึกในรูปแบบดิจิทัลอีกครั้ง แต่หากพนักงานได้มีการปรับวิธีการทำงาน เช่น ในแต่ละวันต้องมีการนำเข้าสู่ข้อมูลให้เสร็จสิ้นหรือบันทึกลงในสเปรดชีตในงานภาคสนามเลย ก็จะใช้เวลาน้อยลง ซึ่งในการปรับปรุงพฤติกรรมนี้อาจจะต้องทำให้พนักงานเห็นถึงความสำคัญของการมีฐานข้อมูลสำหรับการวางแผนการดำเนินงาน

นอกจากนี้ ข้อเสนอแนะสำหรับงานต่อไปคือการปรับปรุงระบบการจัดการน้ำ การนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในการตรวจวัดอัตราการจ่ายน้ำ ซึ่งจะช่วยให้ได้ค่าอัตราการไหลที่ถูกต้อง อีกประการหนึ่งคือในส่วนของปริมาณน้ำสูญเสียที่บางเดือนมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 46.74 เป็นผลมาจากการจ่ายน้ำเข้าสู่ระบบมากเกินไปความต้องการใช้น้ำประปา หรืออาจเกิดจากการรั่วไหลของน้ำออกจากระบบ ซึ่งจะทำให้เกิดมูลค่าต้นทุนค่าเสียโอกาสที่สูงตามไปด้วย

ปัญหาที่พบอีกประการหนึ่งคือ ข้อมูลระบบโครงข่ายท่อที่ทางวิทยาเขตเคยได้มีการสำรวจและจัดทำเป็นฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แล้วเสร็จเมื่อปี พ.ศ.2553 นั้นยังไม่มีการนำมาใช้อย่างจริงจัง เนื่องจากผู้ใช้งานไม่คุ้นเคยกับซอฟต์แวร์ทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์นี้ อีกทั้งไม่เคยได้มีการ

ปรับสถานะให้เป็นปัจจุบัน เช่น ข้อมูลชนิดท่อ ขนาดท่อ แนวท่อ เป็นต้น บางส่วนอยู่บนกระดาษและบางส่วนใช้วิธีการจำของพนักงาน ดังนั้นจึงไม่ได้มีการวางแผนสำหรับงานซ่อมบำรุงยกตัวอย่างเช่น อายุการใช้งานท่อ ซึ่งเมื่อใช้งานเป็นเวลานานแล้วอาจต้องมีการเผื่อระวังในเรื่องของท่อรั่วที่อาจทำให้เกิดน้ำสูญเสียจากระบบได้ ผู้วิจัยจึงเห็นว่า หากมีการปรับปรุงกระบวนการทำงานของระบบการซ่อมบำรุงจะทำให้ระบบส่งน้ำมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในการสนับสนุนทุนการวิจัย ทั้งนี้ความเห็นในงานวิจัยครั้งนี้เป็นของผู้วิจัย ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านโลจิสติกส์ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

ขอขอบคุณ หน่วยงานประปาที่ให้ความอนุเคราะห์ทั้งในด้านการให้สัมภาษณ์และการเก็บข้อมูลดิบ และนิสิตปริญญาตรีที่ช่วยเหลือในด้านการเก็บข้อมูลภาคสนาม ทำให้งานวิจัยครั้งนี้ดำเนินไปได้ด้วยความรวดเร็วและเป็นไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Logistics, Department of Primary Industries and Mines. (2013). What is logistics. Retrieved March 10, 2016, from <http://www.logistics.go.th> (in Thai)
- [2] Panichkul, P. (2009). *Development of Object-oriented system with UML*. 1st ed. Bangkok: KTP. (in Thai)
- [3] Dansakulchareonkit, P., Panichsombat, T., & Phatharamalai, C. (n.d.) System development life cycle. Retrieved March 29, 2016, from <http://www.swpark.or.th/sdlcproject/index.php-14/sample-data-articles48-39-08-09-08-2013-87/> (in Thai)
- [4] Kalayavinai, R. (2000). *Introduction to system analysis and design*. Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi. (in Thai)
- [5] Fountas, S., Wulfsohn, D., Blackmore, B.S., Jacobsen, H.L., & Pedersen, S.M. (2006) A model of decision-making and information flows for information-intensive agriculture. *Agricultural Systems*, 87, 192-210. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2004.12.003>
- [6] Kongwatjana, N. (2010). *Finding time reduction of maintenance documentations utilizing computer program*. (Master dissertation). Retrieved from <http://www.thailis.or.th/tdc/> (in Thai)

- [7] Yooyen, A. (2010). *Water Supply Storage for Tambon Administration Organization: Case Study on NAPO Tambon Administration*. (Master dissertation). Retrieved from http://203.209.55.183/newweb49/phpfile/Thesis/Thesis_2553/ (in Thai)
- [8] Janrurang, P., & Sanrach, C. (2011). A development of maintenance management system via internet of the usage of buildings and vehicle institute Faculty of veterinary medicine Kasetsart University. *The 4th National Conference on Technical Education*, July 7-8, 2011. King Mongkut's University of Technology North Bangkok. (in Thai)
- [9] Carli, G., & Canavari, M. (2013). Introducing Direct Costing and Activity Based Costing in a Farm Management System: a conceptual model. *Procedia Technology*, 8, 397-405. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.11.052>
- [10] Estrada-Ayub, J.A., & Kahhat, R. (2014). Decision factors for e-waste in Northern Mexico: To waste or trade. *Resources, Conservation and Recycling*, 86, 93-106. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.02.012>
- [11] Plienpan, P., & Jarutirasarn, P. (2015). The Study in the Process and Problem in Internal Supply Chain for Feasibility of the ERP System for Support in the Case Study of ABC (THAILAND) C., LTD. *Journal of Management and Marketing*, 2(1), 96-105. (in Thai)
- [12] Abdulloh, S., & Kengpol, A. (2016). The Development of Database Management Program to Reduce Searching Time of the Machine: A Case Study in a Stamping Press Manufacturer. *The Journal of KMUTNB*, 26(1), 75-84. <https://doi.org/10.14416/j.kmutnb.2015.06.003> (in Thai)
- [13] Suansan, K., & Kengpol, A. (2016). Development of a Database System for Receiving and Traceability Controlling of Incoming Material: A Case Study in an Aerospace Part Manufacturer. *The Journal of KMUTNB*, 26(2), 197-208. <https://doi.org/10.14416/j.kmutnb.2015.07.010> (in Thai)