รายงานฉบับสมบูรณ์

ศูนย์วิจัยข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ

โดย รศ.ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์ และคณะ

ตุลาคม 2563

รายงานฉบับสมบูรณ์

ศูนย์วิจัยข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ

โดย รศ.ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์ และคณะ

ตุลาคม 2563

สัญญาเลขที่ SIP6230017

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “ศูนย์วิจัยข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ”

Water Management Program Data Lab

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. รศ.ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. นายศักย์ สกุลไทย	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. นางสาววิชุตา เหมเสถียร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. นายอิศรา เชาวน์วุฒิสุข	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. นายถิรวัฒน์ บรรณกุลพิพัฒน์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และ

แผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย (Spearhead) ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำปีที่ 1

คำนำ

รายงานฉบับสมบูรณ์ ของโครงการศูนย์วิจัยข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ โดยหน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้สรุปผลการศึกษาของโครงการรวมระยะเวลา 1 ปี (30 สิงหาคม 2562 - 30 ตุลาคม 2563) ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดและการรวบรวมข้อมูล องค์ความรู้จากโครงการ ระบบฐานข้อมูล ได้เสนอไว้ในรายงานฉบับสมบูรณ์เล่มนี้

ทางทีมวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับสมบูรณ์เล่มนี้ จะมีเนื้อหาที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน รวมถึงประชาชนในการนำองค์ความรู้ด้านข้อมูลไปใช้ในการวางโครงสร้างข้อมูลและองค์ความรู้ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลและเป็นตัวอย่างในการใช้ประโยชน์ข้อมูลและองค์ความรู้จากสิ่งที่โครงการได้รวบรวมไว้

หัวหน้าโครงการวิจัย

ตุลาคม 2563

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาของโครงการ “ศูนย์วิจัยข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ” สามารถดำเนินการมาได้ด้วยความร่วมมือจากหลายฝ่ายในด้านการสนับนุนข้อมูลในงานวิจัย ทางโครงการฯ ขอขอบคุณหน่วยงานทุกฝ่ายอันประกอบด้วย กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมพัฒนาที่ดิน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

การศึกษาครั้งนี้ ยังได้รับการสนับนสนุนเป็นอย่างดีตั้งแต่เริ่มโครงการฯ จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำปีที่ 1

ทางคณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณหน่วยงาน ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ประกอบการวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำปีที่ 1 มา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

ตุลาคม 2563

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

1. บทนำ

ในการศึกษา “แผนงานบริหารจัดการน้ำ” ที่มุ่งเน้นที่การบริหารจัดการน้ำในภาพที่นำงานศึกษาวิจัยไปส่งเสริมการทำงานของหน่วยงานราชการ และผู้เกี่ยวข้อง เนื่องจากทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาประเทศ มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในกระทรวง, กรม, กองเดียวกัน และนอกหน่วยงาน มีความจำเป็นต้องเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกัน รวมถึงศึกษาและพัฒนากลไกและกระบวนการผ่านงานวิจัย ซึ่งในโครงการมีส่วนงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ 1) งานศึกษากลไกการจัดการการใช้น้ำ, การจัดสรรน้ำ, ความต้องการน้ำใช้ การจัดการความขัดแย้งจากการใช้น้ำระหว่างภาคส่วนและระหว่างพื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ รวมถึงระหว่างชุมชนกับชุมชน ในพื้นที่ Eastern Economic Corridor (EEC) ที่เป็นยุทธศาสตร์หลักในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศ 2) ผลกระทบจากการประหยัดเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของหน่วยงานรัฐในการจัดหาน้ำ และลดงบประมาณการบริหารจัดการน้ำต้นทุนที่งานบริหารจัดการในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาในรายละเอียดนี้ 3) โครงการพัฒนาด้านน้ำของรัฐบาลที่ลดการขัดขวางและไม่ได้รับการยอมรับจากภาคประชาชน เนื่องจากโครงการประเภทนี้ต้องการพื้นที่พัฒนาและทรัพยากรในการพัฒนาที่เปลี่ยนแปลงการใช้น้ำในพื้นที่ที่มีผลกระทบกับผู้เกี่ยวข้อง และ 4) การลงทุนในธุรกิจ (Startup) จากเทคโนโลยีใหม่ด้านการประหยัดน้ำและธุรกิจบริการการประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำที่สนับสนุนการทำงานของภาครัฐ

ซึ่งส่วนงานเหล่านี้จะมีการใช้ข้อมูลพื้นฐานจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และพัฒนาข้อมูล ทั้งจากการสำรวจและการวิเคราะห์จำนวนมาก ดังนั้นเพื่อช่วยลดความซ้ำซ้อนในการดำเนินการด้านข้อมูล จึงจำเป็นต้องพัฒนา “โครงการศูนย์ข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ” เพื่อทำหน้าที่รวบรวมจัดเก็บและวางโครงสร้างของข้อมูล รวมถึงการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างส่วนงานที่เกี่ยวข้องผ่านระบบสารสนเทศที่ได้จัดเตรียมไว้ ซึ่งรูปแบบที่ได้สามารถนำไปวางโครงสร้างการทำงานด้านสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการน้ำ ทั้งด้าน Hardware, Software และ Database รวมถึง Application และการนำเสนอสามารถถ่ายทอดการใช้ประโยชน์ต่อหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการเชื่อมโยงกับหน่วยงาน และการใช้ประโยชน์จากข้อมูลสารสนเทศจากดาวเทียมเพื่อพัฒนาเป็น “การตรวจจับระยะไกล” (Remote Sensing) ใช้สนับสนุนข้อมูล เช่น การตรวจจับการเพาะปลูก, การตรวจจับความชื้นในดิน, การตรวจจับและพยากรณ์ฝน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในส่วนงานของโครงการวิจัย

นอกจากนี้องค์ความรู้ซึ่งเป็นผลที่รวบรวมจากส่วนงานต่างๆ สามารถนำไปต่อยอด เพื่อพัฒนา “องค์ความรู้เพื่อการบริหารจัดการน้ำในระดับภาคและระดับประเทศ” ซึ่งเป็นเป้าหมายของแผนงานบริหารจัดการน้ำ ผ่านตัวชี้วัด ได้แก่ 1) ผลิตภาพการใช้น้ำต่อหน่วยผลิต (ภาคธุรกิจ ภาคเกษตร และภาคบริโภคอุปโภค) เพิ่มขึ้นในพื้นที่ EEC โดยเปรียบเทียบได้จากปีฐานที่กำหนด 2) ร้อยละของปริมาณการใช้น้ำลดลงในอุตสาหกรรมเป้าหมาย ได้แก่ อุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ EEC อุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำสูงและตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีแนวโน้มขาดแคลนน้ำในระยะ 5 ปีข้างหน้า ลดลงอย่างน้อยร้อยละ 15 โดยเปรียบเทียบได้จากปีฐานที่กำหนด 3) มีกลไกสนับสนุนการจูงใจภาคธุรกิจ เช่น กลไกระบบ water footprint ในผลิตภัณฑ์และองค์กร กลไกสนับสนุนรูปแบบการลงทุนใหม่ อาทิเช่น ธุรกิจใหม่ด้านเทคโนโลยีและการบริการที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดน้ำ และ 4) ร้อยละของน้ำต้นทุนที่สูญเสียในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำและการกระจายน้ำในระบบลดลงโดยเปรียบเทียบได้จากปีฐานที่กำหนด ทำให้ฐานข้อมูลที่ถูกพัฒนาครอบคลุมถึงแนวทางที่นอกเหนือจากทรัพยากรน้ำแต่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อกิจกรรมที่เกี่ยวเนื่องกับทรัพยากรน้ำ เพื่อช่วยให้สารสนเทศมีประโยชน์ต่อระดับนโยบายในการลงทุนที่จะเกิดขึ้นและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงนโยบายในอนาคต

2. วัตถุประสงค์

1) พัฒนางานระบบข้อมูลเพื่อประมวลและรวบรวมข้อมูลเป็นฐานข้อมูลกลางของแผนงาน
2) รวบรวมข้อมูล และองค์ความรู้ที่ได้จากส่วนงานในโครงการหลัก “แผนการบริหารจัดการน้ำ” เพื่อเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจ

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

สำหรับขั้นตอนการดำเนินงาน สามารถสรุปได้ดังนี้

ในการทำงานจะแบ่งกลุ่มงานหลักออกเป็น 2 กลุ่มงาน คือ 1) กลุ่มงานด้านข้อมูล และการประมวลข้อมูล และ 2) กลุ่มงานด้านการนำเสนอและองค์ความรู้

3.1.1 กลุ่มงานข้อมูล

(1) การรวบรวมข้อมูลจากโครงการในกลุ่ม การพัฒนาด้านการจัดเก็บข้อมูลทั้งอุปกรณ์ในการจัดเก็บซอฟท์แวร์ที่ใช้ และวิธีการเชื่อมโยงข้อมูล เนื่องจากปัจจุบันโครงสร้างและขนาดข้อมูลมีความซับซ้อน รวมถึงมีรูปแบบการจัดเก็บที่แตกต่างกันการนำข้อมูลจากหลากหลายที่หลากหลายแหล่ง

มาจัดเก็บหรือเรียกใช้ร่วมกันจำเป็นต้องอาศัยประสิทธิภาพของอุปกรณ์ประมวลผล, จัดเก็บ และซอฟต์แวร์ที่มีความยืดหยุ่นมีประสิทธิภาพและสามารถปรับปรุงได้ในอนาคต นอกจากนี้การที่ข้อมูลจากหลากหลายแหล่งอาจจำเป็นต้องเชื่อมโยงด้วยวิธีการทางสารสนเทศที่หลากหลาย เช่น ผ่านระบบเครือข่าย Lan, ระบบ Wi-Fi, ระบบ 3G หรือ 4G, ระบบ LoRa และ ระบบ NB IOT เป็นต้น ซึ่งการเชื่อมต่อเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์เฉพาะในการเชื่อมโยง

(2) รวบรวมข้อมูลสารสนเทศจากหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาและพัฒนารูปแบบการนำไปใช้ของข้อมูลเหล่านั้น เพื่อสนับสนุนการทำงานของโครงการหลัก ทั้งการรวบรวมปรับรูปแบบการตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของโครงการ

3.1.2 กลุ่มงานองค์ความรู้

เป็นการรวบรวมองค์ความรู้ที่ได้จากส่วนงานในโครงการหลัก “แผนงานบริหารจัดการน้ำ” เพื่อเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจ

(1) การจัดหมวดหมู่ขององค์ความรู้ เนื่องจากมีข้อมูลและองค์ความรู้ที่เข้ามาจากโครงการหลักฯ ที่หลากหลาย ดังนั้นการจัดหมวดหมู่ขององค์ความรู้จะแยกที่ลักษณะของกิจกรรม (การจัดการ, เกษตรกรรม, อุตสาหกรรม, อุปโภค, ทรัพยากรน้ำ) เพื่อให้ผู้ใช้เลือกได้ตามกลุ่มความสนใจ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการค้นหา และใช้ประโยชน์

(2) รูปแบบการเผยแพร่ ทั้งนี้ในส่วนขององค์ความรู้ทางโครงการจะเผยแพร่ผ่านทางเว็บไซต์ และเอกสารทางวิชาการ

(3) การพัฒนารูปแบบ E-Classroom เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้แก่หน่วยงานและพัฒนาเป็นองค์ความรู้ที่เผยแพร่แก่ผู้สนใจเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ ด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ ที่ง่ายต่อการเข้าถึงโดยการใช้ Social Media, Video Blog และ Web Application ในการนำเสนอความรู้ มีการวัดผลก่อนและหลังการให้ความรู้ เพื่อท้าทายความสามารถและกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ แทนการให้ข้อมูลสารสนเทศเพียงอย่างเดียว

4. สรุปผลการศึกษา

ทั้งนี้ขอแบ่งการทำงานของโครงการออกเป็น ส่วนหลักเพื่อให้เห็นภาพความก้าวหน้าของ 3 โครงการได้อย่างชัดเจนโดยประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 ด้านการพัฒนาระบบ

ส่วนนี้อยู่ในระหว่างการดำเนินการ โดยปัจจุบันได้พัฒนาโครงสร้างการนำเข้าข้อมูลของโครงการในกลุ่ม 3.2 ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารเขื่อน และในกลุ่มที่ 2 ที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ท่อทองแดง จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งการทำงานยังมีอุปสรรคหลายส่วนเพราะเป็นการประสานงานร่วมกันกับหลายโครงการ ที่ปัจจุบันแต่ละโครงการมีความก้าวหน้าไม่เท่ากันอันเนื่องมาจากสถานการณ์โควิด-19 และการปิดทำการของสถาบันการศึกษา ซึ่งส่วนใหญ่นักวิจัยต้องอาศัยทรัพยากรภายในมหาวิทยาลัยในการดำเนินการวิจัย ทำให้ความก้าวหน้าในส่วนนี้จะเป็นความก้าวหน้าที่อยู่ในช่วง 3 เดือนแรก ได้แก่ การรวบรวมโครงสร้างข้อมูลนำเข้าระบบ และแนวคิดการเชื่อมโยงข้อมูลในระบบ ซึ่งยังขาดการโครงสร้างข้อมูลส่งออกจากระบบ, รูปแบบการนำเสนอข้อมูล และรูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ในส่วนนี้ทางโครงการได้จัดรวบรวมข้อมูลและพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อจัดเก็บ โดยโครงการได้เลือกเอาโปรแกรม PostgreSQL มาใช้ในการพัฒนาตามเนื้อหาในบทที่ 4 ทำให้สามารถรวบรวมข้อมูลที่เกิดจากการพัฒนาในชุดโครงการในโครงการเข็มมุ่งและสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลของโครงการฯ ในการแบ่งปันข้อมูลระหว่างกัน ช่วยให้แต่ละโครงการสามารถปรับปรุงข้อมูลของแต่ละโครงการและเข้าใช้ข้อมูลโครงการอื่นที่เกี่ยวข้อง รวมถึงข้อมูลที่เป็นข้อมูลพื้นฐานที่ปรากฏในหลายโครงการช่วยลดความซ้ำซ้อนในการจัดเก็บและสามารถตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลระหว่างกันได้

ส่วนที่ 2 ด้านการรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการได้ทำการรวบรวมเท่าที่รวบรวมได้เนื่องจากโครงการส่วนใหญ่ยังอยู่ในระหว่างการดำเนินงาน และข้อมูลเบื้องต้นจะเป็นข้อมูลประเภทข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการประมวลผลและวิเคราะห์ซึ่งส่วนใหญ่จะมีความก้าวหน้า และในส่วนผลลัพธ์ของการวิจัยที่เป็นข้อมูลที่จะนำมาพัฒนาเพื่อส่งผ่านระหว่างโครงการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการวิจัยที่เป็นความคาดหวังหนึ่งของโครงการ

ทางโครงการได้เข้าหารือกับแต่ละโครงการเพื่อรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาโครงการ และจัดเก็บข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์ โดยรายละเอียดปรากฏในบทที่ 2 ทั้งนี้ข้อมูลบางส่วนเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ปรากฏในหลายโครงการ, ข้อมูลที่เป็นเฉพาะงานวิจัย, และข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์ของงานวิจัย ซึ่งจากภาวะโควิด และความล่าช้าของบางงานวิจัยงานในส่วนนี้อาจจะรวบรวมเพิ่มในภายหลัง เนื่องจากโครงการเข็มมุ่งเป็นโครงการต่อเนื่องระยะเวลา 3 ปี และข้อมูลที่ได้จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตลอดระยะเวลาโครงการ

ส่วนที่ 3 ด้านการรวบรวมองค์ความรู้

เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นแนวคิดและกระบวนการวิจัยของโครงการต่างๆ ในส่วนนี้จึงมีอยู่ในรายงานฉบับสมบูรณ์ เพราะส่วนใหญ่เป็นส่วนที่ทุกโครงการต้องตั้งเป้าหมาย และกระบวนการทำงานไว้ก่อนหน้านี้แล้ว จึงทำให้ส่วนนี้มีความก้าวหน้ามากที่สุด

นอกจากนี้จากการนำเสนอรายงานที่ผ่านมา และจากปัญหาที่บางกิจกรรมไม่สามารถดำเนินการได้จากสถานการณ์โควิด-19 ดังนั้นโครงการวิจัยจึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาข้อมูลประเภท Opendata เพื่อใช้สนับสนุนการทำงานของโครงการในอนาคต จากการนำเสนอแนวคิดได้รับการตอบรับที่ดีจากผู้ทรงคุณวุฒิและนักวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดข้อมูลที่นำเสนอ โดยทางโครงการได้พัฒนางานศึกษาด้านการพัฒนาชุดข้อมูลเปิด (Open Data) ประกอบด้วย 1) การศึกษาชุดข้อมูลประชากรโลกชนิดเปิดสำหรับพื้นที่ประเทศไทยด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ 2) การศึกษาการใช้ประโยชน์แบบจำลองระดับ WorldDEM และ 3) การศึกษาการพัฒนาข้อมูลเปิดสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ซึ่งงานศึกษาทั้ง 3 จะมีรายละเอียดเกี่ยวกับการศึกษาการกระจายตัวของประชากร, การนำข้อมูล WorldDEM มาปรับเทียบเพื่อใช้ทดแทนข้อมูล DEM ในปัจจุบัน และการใช้ข้อมูลชุดเปิดเพื่อศึกษาและติดตามการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำขนาดใหญ่

จากการพัฒนาระบบฐานข้อมูล, รวบรวมข้อมูล และองค์ความรู้ ช่วยให้ทราบถึงโครงสร้างข้อมูลที่จำเป็น รวมถึงงานวิจัยและผลลัพธ์ของงานวิจัยที่ช่วยเสริมการทำงานสำหรับการพัฒนาการจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ ทั้งในภาพของพื้นที่ เช่น โครงการชลประทานท่อทองแดง และการจัดการแบบภาพรวมของพื้นที่ชลประทานภาคกลาง โดยความมุ่งหวังของโครงการจะนำโครงสร้างข้อมูล และองค์ความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่ให้กับหน่วยงานเพื่อให้นำไปใช้วางโครงสร้างข้อมูลและองค์ความรู้ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และเป็นตัวอย่างในการใช้ประโยชน์ข้อมูลและองค์ความรู้จากสิ่งที่โครงการได้รวบรวมไว้

5. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากทุกโครงการวิจัยอยู่ในระยะเริ่มต้นทำให้ยังมีความไม่ชัดเจนในโครงสร้างข้อมูลที่ใช้และองค์ความรู้ที่สังเคราะห์ได้จากประสบการณ์ที่ได้จากการพัฒนาโครงการทำให้ได้ข้อเสนอแนะดังนี้

1) *ควรมีการพัฒนาระบบฐานข้อมูลกลาง* สำหรับงานวิจัยโดยให้หน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งรวบรวมเพื่อให้ผู้บริหารสามารถเรียกใช้และประมวลข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและทันต่อเหตุการณ์

2) *ควรมีการตั้งคณะกรรมการระหว่างหน่วยงานและผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำ* เพื่อให้สามารถควบคุมและสื่อสารข้อมูลระหว่างกันลดความซ้ำซ้อนและความขัดแย้งของข้อมูลที่นำมาหารือระหว่างกัน

3) *ควรมีการพัฒนาองค์ความรู้อย่างต่อเนื่อง* เพราะเหตุการณ์ปัจจุบันและข้อมูลปัจจุบันจำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้ที่เป็นปัจจุบันเพื่อการบริหารจัดการทั้งในด้านทรัพยากรน้ำเอง และการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและเศรษฐกิจที่ทำให้รูปแบบการจัดการทรัพยากรน้ำเดิมไม่สามารถตอบสนองได้ จึงจำเป็นต้องพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ๆ เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

Executive Summary

1. Introduction

In the study of “Water Management Plan” focusing on water management as a whole, the research was carried out to promote the work of government agencies and related parties. This is because water is an important resource for national development.There are relevant departments and divisions in the Ministry and outside agencies. It is necessary to link information with each other, including studying and developing mechanisms and processes through research. The project is involved in 1) the study of water use management mechanism, water allocation, water demand, conflict management of water use between sectors and between upstream, midstream and downstream areas including between communities and communities in the Eastern Special Development Zone (The Eastern Economic Corridor or EEC), which is the main strategy in the eastern region of the country. 2) The impact of saving to support the government's water supply operation and reduce the water management budget, the cost of the management work at present has not been studied in this detail. 3) Government water development program that reduces obstruction and is not accepted by the public sector. This is because projects of this type require development areas and development resources that change the use of water in areas that affect the stakeholders; and 4) investment in startups from new water-saving technologies and water efficiency assessment services that support government operations.

These segments use basic information from relevant agencies and develop data from a large number of surveys and analysis. Therefore, to help reduce redundancy in data operations, it is necessary to develop. The “Water Management Information Center Project” is responsible for collecting, storing and structuring information, as well as linking information between related segments through the prepared information system, which can be used to structure information for water management, hardware, software

and database, as well as application, and presentation of the utilization of the relevant government agencies, as well as the connection with the relevant agencies, and the utilization of satellite information to be developed as “remote sensing”.

In addition, knowledge gathered from various segments can be extended to develop “knowledge for water management at the regional and national level”, which is the goal of the water management plan through indicators: 1) water efficiency per production unit (business sector, 2) Percentage of water consumption decreased in the target industry, namely, industries located in the EEC area, high water consumption and water scarcity areas in the next five years, decreased by at least 15% from the base year. 3) The mechanism supports new investment models such as new businesses, technology and services related to water saving, and 4) the percentage of water lost in reservoir management and water distribution in the system decreased by comparison from the base year. As a result, the developed database covers guidelines beyond water resources but directly or indirectly related to activities related to water resources. To help provide information useful to the policy level of the upcoming investment and the impact of future policy changes.

2. Objective

(1) Develop information systems to process and compile data to be the central database of the plan.

(2) Gather information and knowledge gained from the main project segments. “Water Management Plan” develops for the benefit of related agencies and interested parties.

3. Operation steps

For operating procedures can be summarized as follows.

The work group is divided into two main groups: 1) Information and data processing and 2) Presentation and knowledge.

3.1.1 Information Division

(1) Collection of data from the project in the storage development group of both devices to store the software used and data linking mathods. As data structures and sizes are now complex and contain different storage formats, data from a wide variety of sources, stored or shared, requires the performance of the compute, storage and storage devices. The software is flexible, powerful and can be improved in the future. In addition, data from multiple sources may need to be linked by a variety of information methods, such as via Lan network, Wi-Fi, 3G or 4G, LoRa and NB IOT, etc. These connections. It is necessary to rely on a specific device to link. (2) Collect information and information from government and related agencies to study and develop the patterns of their use. To support the work of the main project Including collecting and adjusting the validation model to be used as the basis of the project.

3.1.2 Knowledge Division

This is a collection of knowledge gained from the main project segments “Water Management Plan” for the benefit of related agencies and interested parties.

(1) classification of knowledge. As there is a wide range of input and knowledge from the main project, the classification of knowledge will be divided into the nature of activities (management, agriculture, industry, consumption, water) for users to choose from according to interest groups to facilitate search and utilization.

(2) Form of dissemination, the knowledge of the project will be distributed through websites and academic documents.

(3) Development of the E-Classroom format to transfer knowledge to the organization and develop it as a knowledge dissemination to interested people to develop knowledge. Water resource management It is easy to access by using Social Media, Video Blog and Web Application for presenting knowledge, providing pre- and

post-assessment of knowledge to challenge competence and stimulate interest in learning instead of providing information only.

4. Summary of study results

The project is divided into three main parts to clearly visualize the progress of the project.

Part 1, The System Development

This section is a work in progress Currently, the data import structure of group number 3.2 projects related to dam management has been developed. For group number 2 related to water management in the copper pipe area Kamphaeng Phet Province, there are many obstacles in the work because it is coordinated with many projects, each of which currently has uneven progress due to the coronavirus epidemic situation and the institute's closure. Most of the researchers rely on university resources to carry out their research, making this breakthrough in the first three months, including the collection of data structures, inputs, and the concept of linking data in the system. Lack of structured data output from the system, presentation format and basic data analysis format.

In this section, the project has collected data and developed a database system for storage. The project has chosen PostgreSQL program to develop according to the content of Chapter 4, allowing the data generated from the development in the project set in the needle project. Focus and can be used as a project database to share information with each other, allowing each project to update individual project information and access other related projects. Including the basic information that appears in many projects, reducing storage duplication and able to detect errors between them.

Part 2, Information Collection

Operations have been compiled as far as they can be since most projects are still in operation and preliminary data will be the input types used for processing and analysis. Most of which will have progress And the results of research that are information that will be developed for transmission between projects to enhance the effectiveness of research is one expectation of the project.

The project consulted with each project to collect the data used to develop the project and collect the resulting data,details are presented in Chapter 2. Some of the information is based on several projects, research-specific data, and research results due to the coronavirus epidemic and its delays. Of some research, this section may be added at a later date. Since the project is a three-year continuous project and the information obtained will be useful throughout the project period.

Part 3, Knowledge Collection

Because most of the concepts and research processes of projects in this section are contained in the (draft) complete report, as most of the projects have to be targeted and the processes are previously processed, making the most progress.

In addition, from past reports and from the issues that some activities cannot be implemented from the Covid-19 situation. Therefore, the research project has studied the development of Opendata data to support future project work. The concept was well received by experts and researchers involved in the data set presented. The project has developed an open data development study consisting of 1) the study of the Open World Population Data Set for Thailand with a large data analysis method, 2) WorldDEM model utilization studies, and 3) open data development studies for water resource management. The calibration of WorldDEM data to replace current DEM data and the use of open data to study and track large-scale water source changes from database development, data collection and knowledge enables the necessary data structure, as well as research and research results, to complement the work for the development of

the country's water resource management. The project's aim is to apply the information and knowledge structures that have been distributed to the agencies in order to use the information structure and knowledge of the relevant authorities to reduce data redundancy and exemplify the data and knowledge utilization of information from what the project has gathered.

5. Recommendations

Since all research projects are in the early stages, there are still uncertainties in the data structure used and the synthetic knowledge gained.From the experience of project development, the suggestions are as follows.

1) Should have Developing *a central database system* for research by requiring one department to compile in order for the executives to be able to access and process information efficiently and up-to-date.
2) *A committee should be set up between departments and users*related to managing water resources. This is to be able to control and communicate information among each other, reducing duplication and conflicts of information discussed.
3) *Knowledge should be continually developed* because current events and current information require up-to-date knowledge for the management of both the water resource itself and the social and economic changes that cause The original model of water resource management was unable to respond, and new knowledge was needed to accommodate such changes.

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : SIP6230017

ชื่อโครงการ : ศูนย์วิจัยข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ

ชื่อนักวิจัย:

1. รศ.ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. นายศักย์ สกุลไทย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. นางสาววิชุตา เหมเสถียร คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. นายอิศรา เชาวน์วุฒิสุข คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. นายถิรวัฒน์ บรรณกุลพิพัฒน์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระยะเวลาโครงการ : 30 สิงหาคม 2562 - 30 ตุลาคม 2563

คำสำคัญ : ศูนย์ข้อมูล, การบริหารจัดการน้ำ, ระบบสารสนเทศ

ในการศึกษา “แผนงานบริหารจัดการน้ำ” ที่มุ่งเน้นที่การบริหารจัดการน้ำในภาพที่นำงานศึกษาวิจัยไปส่งเสริมการทำงานของหน่วยงานราชการ และผู้เกี่ยวข้อง เนื่องจากทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาประเทศ มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในกระทรวง, กรม, กองเดียวกัน และนอกหน่วยงาน มีความจำเป็นต้องเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกัน รวมถึงศึกษาและพัฒนากลไกและกระบวนการผ่านงานวิจัย ซึ่งในโครงการมีส่วนงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ 1) งานศึกษากลไกการจัดการการใช้น้ำ, การจัดสรรน้ำ, ความต้องการน้ำใช้ การจัดการความขัดแย้งจากการใช้น้ำระหว่างภาคส่วนและระหว่างพื้นที่ ต้นน้ำกลางน้ำ และปลายน้ำ รวมถึงระหว่างชุมชนกับชุมชน ในพื้นที่ Eastern Economic Corridor (EEC) ที่เป็นยุทธศาสตร์หลักในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศ 2) ผลกระทบจากการประหยัดเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของหน่วยงานรัฐในการจัดหาน้ำและลดงบประมาณการบริหารจัดการน้ำต้นทุน ที่งานบริหารจัดการในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาในรายละเอียดนี้ 3) โครงการพัฒนาด้านน้ำของรัฐบาลที่ลดการขัดขวางและไม่ได้รับการยอมรับจากภาคประชาชน เนื่องจากโครงการประเภทนี้ต้องการพื้นที่พัฒนาและทรัพยากรในการพัฒนาที่เปลี่ยนแปลงการใช้น้ำในพื้นที่ที่มีผลกระทบกับผู้เกี่ยวข้อง และ

4) การลงทุนในธุรกิจ (Startup) จากเทคโนโลยีใหม่ด้านการประหยัดน้ำและธุรกิจบริการการประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำที่สนับสนุนการทำงานของภาครัฐ

วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อ 1) พัฒนางานระบบข้อมูลเพื่อประมวลและรวบรวมข้อมูลเป็นฐานข้อมูลกลางของแผนงาน และ 2) รวบรวมข้อมูล และองค์ความรู้ที่ได้จากส่วนงานในโครงการหลัก “แผนการบริหารจัดการน้ำ” เพื่อเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจ

ผลการดำเนินงานสรุปได้ดังนี้ 1) แนวคิดและการรวบรวมข้อมูล แนวคิดการเชื่อมโยงและรวบรวมข้อมูล โครงสร้างข้อมูล ข้อมูลจากแหล่งภายนอกประเทศที่ให้บริการ การเชื่อมโยงข้อมูลในชุดโครงการวิจัย ระบบเชื่อมโยงข้อมูลและการนำเสนอ ระบบในการวิเคราะห์ข้อมูล และกระบวนการในการพัฒนาระบบ 2) องค์ความรู้จากโครงการ แนวความคิดในการเชื่อมโยงองค์ความรู้ ความเชื่อมโยงของงานวิจัย ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน แนวทางการประหยัดน้ำในภาคอุตสาหกรรม แนวการทำงาน SEA ระบบข้อมูลทรัพยากรน้ำและวิสัยทัศน์การบริหารจัดการในเขต EEC ระบบตรวจจับและแบบจำลองทางชลศาสตร์ระดับพื้นที่ ศักยภาพน้ำบาดาล ข้อมูลสารสนเทศภัยแล้ง และการประยุกต์ใช้ชุดข้อมูลโลกชนิดเปิดสำหรับพื้นที่ประเทศไทย 3) ระบบฐานข้อมูล กล่าวถึง การเชื่อมต่อฐานข้อมูล การใช้งานฐานข้อมูล และการนำเข้าข้อมูลสู่ฐานข้อมูล และ 4) สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

Abstract

Project code : SIP6230017

Project Title : Water Management Plan Information Research Center

Researcher Team :

Assoc. Prof. Phisan Santitamnont	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Sak Sakulthai	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Wichuta Hemsatien	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Isara Chaowuttisuk	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
Trirawat Bunnakulpiphat	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Project Duration :30th August 2019 - 30th October 2020

Keywords : Data Lab, Water Management, Information System

In the study of “Water Management Plan” focusing on water management as a whole, the research was carried out to promote the work of government agencies and related parties. This is because water is an important resource for national development. There are relevant departments and divisions in the Ministry and outside agencies. It is necessary to link information with each other, including studying and developing mechanisms and processes through research. The project is involved in 1) the study of water use management mechanism, water allocation, water demand, conflict management of water use between sectors and between upstream, midstream and downstream areas including between communities and communities in the Eastern Special Development Zone (The Eastern Economic Corridor or EEC), which is the main strategy in the eastern region of the country. 2) The impact of saving to support the

government's water supply operation and reduce the water management budget, the cost of the management work at present has not been studied in this detail. 3) Government water development program that reduces obstruction and is not accepted by the public sector. This is because projects of this type require development areas and development resources that change the use of water in areas that affect the stakeholders; and 4) investment in startups from new water-saving technologies and water efficiency assessment services that support government operations.

The objectives of this study are to 1) develop information systems to process and compile data as a central database of the work plan and 2) collect data and knowledge gained from main project segments. “Water management plan” for the benefit of related agencies and interested parties.

The results can be summarized as follows: 1) Concepts and data collection, Concept of linkage and aggregation, data structure, data from sources outside the service country, linkage in research projects, data linking system and implementation. Propose, a system for data analysis and the process of developing a system. 2) Knowledge from the project, conceptual linkage of knowledge, interrelation of irrigation data research, industrial water saving approach, SEA working concept, water resource information system and management vision. Management in the Eastern Special Development Zone (The Eastern Economic Corridor or EEC), Area level hydraulic detection and modeling system, groundwater potential, drought information and application of open world data set for Thailand area. 3) The database discusses the connection to the database, the use of the database, and the import of the information into the database, and 4) A Summary of the study results and recommendations.

สารบัญ

หน้า

รายชื่อคณะวิจัยและผู้เกี่ยวข้อง

คำนำ

กิตติกรรมประกาศ

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

Executive Summary

บทคัดย่อไทย

บทคัดย่ออังกฤษ

สารบัญ

สารบัญรูป

สารบัญตาราง

บทที่ 1 บทนำ

1.1	หลักการและเหตุผล	1-1
1.2	แนวคิดและเป้าหมาย	1-2
1.3	วัตถุประสงค์	1-3
1.4	ขอบเขตโครงการ	1-3
1.5	ระเบียบวิธีวิจัย และขั้นตอนการดำเนินงาน	1-3
1.6	กิจกรรมที่ดำเนินไปในระยะที่ 1	1-12
1.7	เนื้อหารายงาน	1-14

บทที่ 2 แนวคิดและการรวบรวมข้อมูล

2.1	แนวคิดการเชื่อมโยงและรวบรวมข้อมูล	2-1
2.2	โครงสร้างข้อมูล	2-2
2.3	ข้อมูลจากแหล่งภายนอกประเทศที่ให้บริการ	2-19
2.4	การเชื่อมโยงข้อมูลในชุดโครงการวิจัย	2-40
2.5	ระบบเชื่อมโยงข้อมูลและการนำเสนอ	2-46

สารบัญ(ต่อ)

		หน้า
2.6	ระบบในการวิเคราะห์ข้อมูล	2-48
2.7	กระบวนการในการพัฒนาระบบ	2-48
บทที่ 3	**องค์ความรู้จากโครงการ**	
3.1	แนวความคิดในการเชื่อมโยงองค์ความรู้	3-1
3.2	ความเชื่อมโยงของงานวิจัย	3-1
3.3	ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน	3-3
3.4	แนวทางการประหยัดน้ำในภาคอุตสาหกรรม	3-5
3.5	แนวการทำงาน SEA	3-9
3.6	ระบบข้อมูลทรัพยากรน้ำและวิสัยทัศน์การบริหารจัดการในเขต EEC	3-15
3.7	ระบบตรวจจับและแบบจำลองทางชลศาสตร์ระดับพื้นที่	3-34
3.8	ศักยภาพน้ำบาดาล	3-40
3.9	ข้อมูลสารสนเทศภัยแล้ง	3-42
3.10	การประยุกต์ใช้ชุดข้อมูลโลกชนิดเปิดสำหรับพื้นที่ประเทศไทย	3-54
บทที่ 4	**ระบบฐานข้อมูล**	
4.1	การเชื่อมต่อฐานข้อมูล	4-2
4.2	การใช้งานฐานข้อมูล	4-9
4.3	การนำเข้าข้อมูลสู่ฐานข้อมูล	4-17
บทที่ 5	**สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ**	
5.1	สรุปผลการศึกษา	5-1
5.2	ข้อเสนอแนะ	5-11
เอกสารอ้างอิง		

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การศึกษาชุดข้อมูลประชากรโลกชนิดเปิดสำหรับพื้นที่ประเทศไทยด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่

ภาคผนวก ข แบบจำลองระดับ WorldDEM

ภาคผนวก ค รายงานปฏิบัติงานวิจัย การศึกษาการพัฒนาข้อมูลเปิดสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

ภาคผนวก ง สรุปการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ 28-29 ตุลาคม 2563

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.5-1	แนวคิดการเชื่อมโยงเครือข่ายอุปกรณ์กับฐานข้อมูลและแม่ข่าย	1-4
1.5-2	แสดงการรวบรวมและจัดเก็บข้อมูล	1-5
1.5-3	แสดงการจัดเตรียมข้อมูล GIS แบบ Time Series	1-6
1.5-4	แสดงการรวบรวมและเชื่อมโยงข้อมูลในลักษณะเชิงพื้นที่ และแกนเวลา	1-6
1.5-5	แสดงการจัดเก็บข้อมูลและการแสดงข้อมูลผ่านระบบ	1-7
1.5-6	ความสัมพันธ์ของระบบข้อมูลกับกลุ่มงานอื่น	1-8
1.5-7	การจัดหมวดหมู่องค์ความรู้	1-11
1.5-8	การจัดการองค์ความรู้ในระบบเครือข่าย	1-11
2.2-1	ระบบแฟ้มข้อมูล	2-3
2.2-2	ข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในระบบฐานข้อมูล	2-4
2.2-3	ฐานข้อมูลที่นำไปใช้ในการออกใบเสร็จรับเงิน	2-4
2.2-4	โปรแกรม Database Management System	2-5
2.2-5	5 ส่วนของโปรแกรม DBMS	2-10
2.2-6	ขั้นตอนต่างๆ ในการพัฒนาระบบงานสารสนเทศของ SDLC	2-14
2.2-7	วงจรชีวิตของการพัฒนาระบบฐานข้อมูล DBLC	2-17
2.2-8	ขั้นตอนของการออกแบบฐานข้อมูล	2-19
2.4-1	แสดงความเชื่อมโยงข้อมูลในชุดโครงการวิจัยการบริหารจัดการน้ำของเขื่อน	2-44
2.4-2	แสดงความเชื่อมโยงข้อมูลในชุดโครงการวิจัยการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ชลประทานท่อทองแดง	2-46
2.4-3	โครงสร้างของระบบเชื่อมโยงข้อมูลและการนำเสนอ	2-47
3.2-1	แสดงความเชื่อมโยงของแต่ละโครงการวิจัยฯ	3-2
3.3-1	แผนที่อาคารชลศาสตร์ ระบบระบายน้ำและกระจายน้ำ และการแบ่งกลุ่มผู้ใช้น้ำโครงการฯ ท่อทองแดง	3-5
3.5-1	พื้นที่พัฒนาอ่างในอำเภอแก่งหางแมว	3-11
3.5-2	การขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่อำเภอแก่งหางแมว (ถ่ายเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563)	3-11
3.5-3	พื้นที่เกิดปัญหาช้างป่าบุกรุกการประชุมหารือ	3-12

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.5-4	ค่าดัชนีความแห้งแล้งช่วงฤดูร้อนในจังหวัดจันทบุรีตั้งแต่ปีพ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2554 และ พ.ศ.2557 ถึง พ.ศ.2561 โดยแถบสีแสดงถึงระดับความแห้งแล้งตั้งแต่ปกติ (สีเขียวเข้ม) จนถึงแล้งมาก (สีแดงเข้ม) ตามลำดับ	3-13
3.5-5	ค่าดัชนีความแห้งแล้งช่วงฤดูฝนในจังหวัดจันทบุรีตั้งแต่ปีพ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2554 และ พ.ศ.2557 ถึง พ.ศ.2561 โดยแถบสีแสดงถึงระดับความแห้งแล้งตั้งแต่ปกติ (สีเขียวเข้ม) จนถึงแล้งมาก (สีแดงเข้ม) ตามลำดับ	3-13
3.5-6	ค่าดัชนีความแห้งแล้งช่วงฤดูหนาวในจังหวัดจันทบุรีตั้งแต่ปีพ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2554 และ พ.ศ.2557 ถึง พ.ศ.2561 โดยแถบสีแสดงถึงระดับความแห้งแล้งตั้งแต่ปกติ (สีเขียวเข้ม) จนถึงแล้งมาก (สีแดงเข้ม) ตามลำดับ	3-14
3.6-1	แผนที่อ่างเก็บน้ำพื้นที่โครงการชลประทาน	3-21
3.6-2	แผนผังระบบลุ่มน้ำของพื้นที่การศึกษา (Schematic Diagram)	3-22
3.6-3	ระบบลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก (Schematic Diagram)	3-23
3.6-4	ระบบลุ่มน้ำโตนเลสาบ (Schematic Diagram)	3-24
3.6-5	ระบบลุ่มน้ำบางปะกง (Schematic Diagram)	3-25
3.6-6	ระบบลุ่มน้ำปราจีนบุรี (Schematic Diagram)	3-26
3.6-7	การเปรียบเทียบผลการประเมินสมดุลน้ำรูปแบบลุ่มน้ำสาขา (รายปี)	3-32
3.6-8	การเปรียบเทียบผลการประเมินสมดุลน้ำรูปแบบลุ่มน้ำสาขา (ฤดูฝน)	3-32
3.6-9	การเปรียบเทียบผลการประเมินสมดุลน้ำรูปแบบลุ่มน้ำสาขา (ฤดูแล้ง)	3-33
3.7-1	เปรียบเทียบร้อยละของปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลระหว่างแบบจำลอง ROS85 และข้อมูลตรวจวัด	3-35
3.7-2	เปรียบเทียบปริมาณการระบายน้ำจากแบบจำลอง ROS85 และข้อมูลตรวจวัดอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล	3-35
3.7-3	ผลคาดการณ์สภาพการไหลของคลองสายใหญ่ MC ช่วงวันที่ 26 สิงหาคม 2562	3-38
3.7-4	ผลจำลองปริมาณน้ำในคลองก่อนผันเข้าพื้นที่เกษตรกรรม 20 โซน	3-39
3.7-5	ผลจำลองปริมาณน้ำในคลองหลังผันเข้าพื้นที่เกษตรกรรม 20 โซน ตามแผนการส่งน้ำใหม่	3-40

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.8-1	สมดุลแอ่งน้ำบาดาลของฤดูฝน เดือนมิถุนายน 2546 จากผลการจำลองน้ำบาดาล	3-41
3.8-2	สมดุลแอ่งน้ำบาดาลของฤดูแล้ง เดือนธันวาคม 2546 จากผลการจำลองน้ำบาดาล	3-42
3.9-1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหาย การสูญเสีย และความลึกของน้ำ	3-49
3.9-2	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวในภาคอุตสาหกรรมของภาคตะวันออก	3-53
3.9-3	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวในภาคเกษตรของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	3-53
3.9-4	ผลการจำลองกรณีน้ำท่วม 2554	3-54
3.10-1	การเปรียบเทียบข้อมูลประชากรจาก 3 แหล่ง	3-56
3.10-2	ตัวอย่างของจุดแสดงแทนข้อมูลประชากรจาก FBAI	3-57
3.10-3	แนวรูปตัดตามยาวจากชุดข้อมูล NASADEM, TDMX-90m และ WorldDEM-12m	3-58
3.10-4	การตรวจจับพื้นที่ของแหล่งน้ำอัตโนมัติรายเดือน (Bluedot)	3-61
4.1-1	โครงสร้างการทำงานของระบบฐานข้อมูล	4-1
4.1-2	หน้าต่างโปรแกรม pdAdmin III	4-3
4.1-3	หน้าต่างการตั้งค่าการเชื่อมโยงฐานข้อมูลด้วย pgAdminIII	4-3
4.1-4	หน้าต่างแสดงการเชื่อมโยงฐานข้อมูลด้วย pgAdminIII	4-4
4.1-5	หน้าต่างโปรแกรม ODBC Data Source	4-5
4.1-6	หน้าต่างกำหนด Driver สำหรับ PostgreSQL Unicode	4-6
4.1-7	หน้าต่างการตั้งค่าการเชื่อมโยงฐานข้อมูลด้วย ODBC	4-6
4.1-8	หน้าต่างแสดงโปรแกรม QGIS	4-7
4.1-9	หน้าต่างการกำหนดการเชื่อมโยงฐานข้อมูล PostgreSQL ด้วย QGIS	4-8
4.1-10	หน้าต่าง Data Source Manager ของโปรแกรม QGIS	4-8
4.1-11	หน้าต่างแสดงการกำหนดการเชื่อมโยฐานข้อมูลผ่านทางโปรแกรม QGIS	4-9
4.2-1	การเลือกใช้งานฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม pgAdminIII	4-11
4.2-2	แสดงรายการตารางข้อมูลด้วยโปรแกรม pgAdminIII	4-11
4.2-3	แสดงการเลือกรายการแสดงข้อมูลจากตารางข้อมูลด้วยโปรแกรม pgAdminIII	4-12
4.2-4	ตารางข้อมูลที่เรียกด้วย View All Rows ด้วยโปรแกรม pgAdminIII	4-12
4.2-5	หน้าจอ View Data Options จากการเรียกใช้ View Filtered Rows	4-13
4.2-6	หน้าจอ Syntax Validation จากการเรียกใช้ View Filtered Rows	4-13
4.2-7	หน้าจอข้อมูลตารางจากการเรียกใช้ View Filtered Rows ด้วยโปรแกรม	4-14

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.2-8	หน้าจอ Query ด้วยโปรแกรม pgAdminIII	4-14
4.2-9	แสดงการเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล PostgreSQL ด้วยโปรแกรม QGIS	4-15
4.2-10	แสดงการเรียกดูข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม QGIS	4-15
4.2-11	หน้าจอแสดงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม QGIS	4-16
4.2-12	แสดงการเรียกตารางของรายการข้อมูล ด้วยโปรแกรม QGIS	4-16
4.2-13	ตารางข้อมูลด้วยโปรแกรม QGIS	4-17
4.3-1	หน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม Microsoft Access	4-19
4.3-2	หน้าจอฐานข้อมูลของโปรแกรม Microsoft Access	4-19
4.3-3	เลือกนำเข้าข้อมูลจาก Excel ด้วยโปรแกรม Microsoft Access	4-20
4.3-4	หน้าจอนำเข้าข้อมูล Excel	4-20
4.3-5	หน้าจอแสดงข้อมูลจากตารางข้อมูล Excel	4-20
4.3-6	หน้าจอการกำหนดหัวตารางข้อมูล Excel	4-21
4.3-7	หน้าจอการกำหนดคุณลักษณะข้อมูล Excel	4-21
4.3-8	หน้าจอกำหนด Primary Key	4-22
4.3-9	หน้าจอกำหนดชื่อตารางข้อมูล Excel	4-22
4.3-10	หน้าจอแสดงเสร็จสิ้นการนำเข้าข้อมูลตาราง Excel	4-23
4.3-11	หน้าจอแสดงตารางข้อมูลที่เพิ่มของ Microsoft Access	4-23
4.3-12	แสดงการเลือกส่งออกข้อมูลผ่าน ODBC ของ Microsoft Access	4-23
4.3-13	หน้าจอแสดงข้อมูลตารางที่จะส่งออกของ Microsoft Access	4-24
4.3-14	แสดงการส่งออกข้อมูลโดยเลือก Data Source ที่เชื่อมไว้ของ Microsoft Access	4-24
4.3-15	การเลือกการส่งออกข้อมูลไปยังฐานข้อมูล PostgreSQL ด้วยโปรแกรม QGIS	4-25
4.3-16	หน้าจอ DB Manager ฐานข้อมูล PostgreSQL ด้วยโปรแกรม QGIS	4-25
4.3-17	หน้าจอ Import vector layer ฐานข้อมูล PostgreSQL ด้วยโปรแกรม QGIS	4-25
4.3-18	หน้าจอแสดงรายการข้อมูลจากการนำเข้าข้อมูลสู่ฐานข้อมูล PostgreSQL ด้วยโปรแกรม QGIS	4-26

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.3-1	ข้อมูล Input โครงการ “การพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนรายสองสัปดาห์เพื่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา”	2-20
2.3-2	ข้อมูล Input โครงการ “กลยุทธ์การปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับพัฒนาการบริหารจัดการน้ำต้นทุนในระยะยาวของเขื่อนภูมิพล (ระยะที่ 1)”	2-21
2.3-3	ข้อมูล Input โครงการ “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง (ระยะที่ 1)”	2-23
2.3-4	ข้อมูล Input โครงการ “ศึกษา และประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำท่า น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง”	2-24
2.3-5	ข้อมูล Input โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”	2-27
2.3-6	ข้อมูล Input โครงการ “การศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการความเสี่ยงน้ำท่วมของลุ่มน้ำปิง-น่าน และเจ้าพระยาเชิงกลยุทธ์”	2-28
2.3-7	ข้อมูล Input โครงการ “การบูรณาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง”	2-29
2.3-8	ข้อมูล Input โครงการ “การประเมินความเสี่ยงของน้ำท่วมและน้ำแล้ง”	2-30
2.3-9	ความสัมพันธ์ของโครงสร้างข้อมูล	2-31
3.4-1	รายชื่ออุตสาหกรรมต้นแบบ ปีที่ 1	3-7
3.6-1	ข้อมูลอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	3-16
3.6-2	ข้อมูลอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำโตนเลสาบ	3-17
3.6-3	ข้อมูลอ่างเก็บน้ำบางปะกง	3-17
3.6-4	ข้อมูลอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำปราจีนบุรี	3-18
3.6-5	ข้อมูลพื้นที่โครงการชลประทานของพื้นที่การศึกษา	3-19
3.6-6	เปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนเฉลี่ยลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำบางปะกง	3-28
3.6-7	เปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนเฉลี่ยลุ่มน้ำสาขาคลองท่าลาด	3-28

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.6-8	เปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนเฉลี่ยลุ่มน้ำสาขาคลองหลวง	3-29
3.6-9	เปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนเฉลี่ยลุ่มน้ำสาขาคลองใหญ่	3-29
3.6-10	เปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนเฉลี่ยลุ่มน้ำสาขาประแสร์	3-30
3.6-11	เปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนเฉลี่ยลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก 1	3-30
3.6-12	เปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนเฉลี่ยลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก 2	3-31
3.7-1	เปรียบเทียบปริมาณการขาดแคลนน้ำในสภาพการใช้น้ำปัจจุบันกับแนวคิดการลดการสูญเสียปริมาณน้ำ	3-37
3.9-1	แบบจำลองการคำนวณความเสียหายและการสูญเสียจากภัยพิบัติด้านน้ำ	3-43
3.9-2	สมมุติฐานและการคำนวณความเสียหายและการสูญเสียภาคเกษตร: พืช	3-44
3.9-3	สมมุติฐานและการคำนวณความเสียหายและการสูญเสียภาคเกษตร: ปศุสัตว์และประมง	3-46
3.9-4	สรุปพันธุ์ข้าวและแหล่งปลูก	3-48
3.9-5	สรุปตารางปัจจัยการผลิตแบบ 3X3 ภาคการผลิต ปี 2555 ของประเทศไทย	3-51
3.10-1	แบบจำลองระดับที่เลือกใช้ในการศึกษา	3-58
3.10-2	ข้อมูลแหล่งน้ำของโลกที่รู้จักกันแพร่หลายและสามารถเข้าถึงได้ผ่านอินเทอร์เน็ต	3-60
3.10-3	ผลการเปรียบเทียบระหว่างแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ภาษาที่เขียนขึ้นเองกับข้อมูล BLUEDOT	3-62
5.1-1	รายการข้อมูลที่รวบรวมจากแต่ละโครงการ	5-3

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในการศึกษา “แผนงานบริหารจัดการน้ำ” ที่มุ่งเน้นที่การบริหารจัดการน้ำในภาพที่นำงานศึกษาวิจัยไปส่งเสริมการทำงานของหน่วยงานราชการ และผู้เกี่ยวข้อง เนื่องจากทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาประเทศ มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในกระทรวง, กรม, กองเดียวกัน และนอกหน่วยงาน มีความจำเป็นต้องเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกัน รวมถึงศึกษาและพัฒนากลไกและกระบวนการผ่านงานวิจัย ซึ่งในโครงการมีส่วนงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ 1) งานศึกษากลไกการจัดการการใช้น้ำ, การจัดสรรน้ำ, ความต้องการน้ำใช้ การจัดการความขัดแย้งจากการใช้น้ำระหว่างภาคส่วนและระหว่างพื้นที่ ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ รวมถึงระหว่างชุมชนกับชุมชน ในพื้นที่ Eastern Economic Corridor (EEC) ที่เป็นยุทธศาสตร์หลักในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศ 2) ผลกระทบจากการประหยัดเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของหน่วยงานรัฐในการจัดหาน้ำและลดงบประมาณการบริหารจัดการน้ำต้นทุน ที่งานบริหารจัดการในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาในรายละเอียดนี้ 3) โครงการพัฒนาด้านน้ำของรัฐบาลที่ลดการขัดขวางและไม่ได้รับการยอมรับจากภาคประชาชน เนื่องจากโครงการประเภทนี้ต้องการพื้นที่พัฒนาและทรัพยากรในการพัฒนาที่เปลี่ยนแปลงการใช้น้ำในพื้นที่ที่มีผลกระทบกับผู้เกี่ยวข้อง และ 4) การลงทุนในธุรกิจ (Startup) จากเทคโนโลยีใหม่ด้านการประหยัดน้ำและธุรกิจบริการการประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำที่สนับสนุนการทำงานของภาครัฐ

ธุรกิจบริการการประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำที่สนับสนุนการทำงานของภาครัฐ ซึ่งส่วนงานเหล่านี้จะมีการใช้ข้อมูลพื้นฐานจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และพัฒนาข้อมูล ทั้งจากการสำรวจและการวิเคราะห์จำนวนมาก ดังนั้นเพื่อช่วยลดความซ้ำซ้อนในการดำเนินการด้านข้อมูล จึงจำเป็นต้องพัฒนา “โครงการศูนย์ข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ” เพื่อทำหน้าที่รวบรวมจัดเก็บ และวางโครงสร้างของข้อมูล รวมถึงการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างส่วนงานที่เกี่ยวข้องผ่านระบบสารสนเทศที่ได้จัดเตรียมไว้ ซึ่งรูปแบบที่ได้สามารถนำไปวางโครงสร้างการทำงานด้านสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการน้ำ ทั้งด้าน Hardware, Software และ Database รวมถึง Application และการนำเสนอสามารถถ่ายทอดการใช้ประโยชน์ต่อหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการเชื่อมโยงกับหน่วยงาน และการใช้ประโยชน์จากข้อมูลสารสนเทศจากดาวเทียมเพื่อพัฒนาเป็น “การตรวจจับระยะไกล” (Remote Sensing) ใช้

สนับสนุนข้อมูล เช่น การตรวจจับการเพาะปลูก, การตรวจจับความชื้นในดิน, การตรวจจับและพยากรณ์ฝน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในส่วนงานของโครงการวิจัย

นอกจากนี้องค์ความรู้ซึ่งเป็นผลที่รวบรวมจากส่วนงานต่างๆ สามารถนำไปต่อยอด เพื่อพัฒนา “องค์ความรู้เพื่อการบริหารจัดการน้ำในระดับภาคและระดับประเทศ” ซึ่งเป็นเป้าหมายของแผนงานบริหารจัดการน้ำ ผ่านตัวชี้วัด ได้แก่ 1) ผลิตภาพการใช้น้ำต่อหน่วยผลิต (ภาคธุรกิจ ภาคเกษตร และภาคบริโภคอุปโภค) เพิ่มขึ้นในพื้นที่ EEC โดยเปรียบเทียบได้จากปีฐานที่กำหนด 2) ร้อยละของปริมาณการใช้น้ำลดลงในอุตสาหกรรมเป้าหมายได้แก่ อุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ EEC อุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำสูงและตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีแนวโน้มขาดแคลนน้ำในระยะ 5 ปีข้างหน้า ลดลงอย่างน้อยร้อยละ 15 โดยเปรียบเทียบได้จากปีฐานที่กำหนด 3) มีกลไกสนับสนุนการจูงใจภาคธุรกิจ เช่น กลไกระบบ water footprint ในผลิตภัณฑ์และองค์กร กลไกสนับสนุนรูปแบบการลงทุนใหม่ อาทิเช่น ธุรกิจใหม่ด้านเทคโนโลยีและการบริการที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดน้ำ และ 4) ร้อยละของน้ำต้นทุนที่สูญเสียในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำและการกระจายน้ำในระบบลดลงโดยเปรียบเทียบได้จากปีฐานที่กำหนด ทำให้ฐานข้อมูลที่ถูกพัฒนาครอบคลุมถึงแนวทางที่นอกเหนือจากทรัพยากรน้ำแต่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อกิจกรรมที่เกี่ยวเนื่องกับทรัพยากรน้ำ เพื่อช่วยให้สารสนเทศมีประโยชน์ต่อระดับนโยบายในการลงทุนที่จะเกิดขึ้นและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงนโยบายในอนาคต

1.2 แนวคิดและเป้าหมาย

แนวคิดของโครงการศูนย์วิจัยข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำเพื่อขยายความการทำงานวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนากระบวนการด้านข้อมูลการพัฒนาแบบจำลอง และการสร้างฐานองค์ความรู้เพื่อต่อยอดการศึกษาวิจัย ซึ่งปัญหาปัจจุบันของงานวิจัยคือการขาดรูปแบบการเชื่อมโยงการทำงาน และองค์ความรู้ระหว่างโครงการ เพื่อต่อยอดและพัฒนางานวิจัย โดยเฉพาะกลุ่มโครงการใน “แผนงานบริหารจัดการน้ำ” มีการแบ่งบทบาทของทีมวิจัยหลักเป็น 3 ด้านคือ

1) ด้านงานวิจัยภาคปฏิบัติ ที่เน้นการทำงานและทดสอบในพื้นที่จริงเน้นแก้ไขและสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อที่สนับสนุนการปฏิบัติงาน

2) ด้านงานวิจัยเทคนิค เป็นส่วนงานสนับสนุนเทคโนโลยีและองค์ความรู้เพื่อพัฒนาเครื่องมือและกระบวนการเพื่อช่วยการทำงานของกลุ่มงานที่ 1

3) ด้านสนับสนุนการบริหารจัดการ เป็นส่วนงานที่ช่วยอำนวยความสะดวกในงานวิจัย เช่น การจัดประชุม การวางแนวทางและข้อเสนอแนะเพื่อให้งานวิจัยบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

โดยในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาใน “ด้านงานวิจัยเทคนิค” จึงเป็นการทำงานเพื่อศึกษากระบวนการที่เหมาะสมเพื่อสนับสนุน “ด้านงานวิจัยภาคปฏิบัติ” ที่ต้องเน้นการทำงานมากกว่าการพัฒนาเทคนิค งานวิจัยนี้จึงเป็นการประมวลรูปแบบการทำงานจากหลากหลายรูปแบบเพื่อพัฒนาเป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการนำไปปรับใช้กับ “ด้านงานวิจัยภาคปฏิบัติ” ทำให้บางส่วนมีลักษณะการทบทวนเนื่องจากเพื่อตอบโจทย์ปัญหาของกลุ่มที่ทำงานปฏิบัติ

1.3 วัตถุประสงค์

1) พัฒนางานระบบข้อมูลเพื่อประมวลและรวบรวมข้อมูลเป็นฐานข้อมูลกลางของแผนงาน
2) รวบรวมข้อมูล และองค์ความรู้ที่ได้จากส่วนงานในโครงการหลัก “แผนการบริหารจัดการน้ำ” เพื่อเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจ

1.4 ขอบเขตโครงการ

เป็นการทำงานรวบรวมข้อมูลที่ทีมนักวิจัยในกลุ่มงานที่เกี่ยวข้องและการเชื่อมโยงข้อมูลจากหน่วยงาน ได้แก่ 1) กรมอุตุนิยมวิทยา 2) กรมชลประทาน 3) กรมทรัพยากรน้ำ 4) กรมทรัพยากรน้ำบาดาล 5) กรมพัฒนาที่ดิน 6) กรมการปกครอง 7) กรมโรงงานอุตสาหกรรม 8) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 9) สำนักงานสถิติแห่งชาติ และ 10) สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ เพื่อใช้เป็นโครงสร้างฐานข้อมูล และองค์ความรู้เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

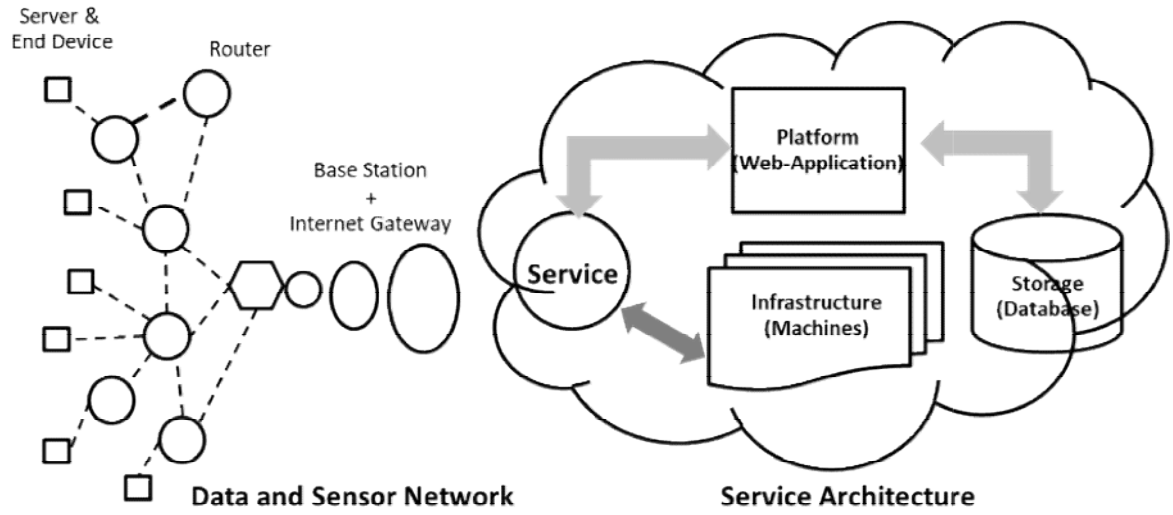
1.5 ระเบียบวิธีวิจัย และขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการทำงานจะแบ่งกลุ่มงานหลักออกเป็น 2 กลุ่มงาน คือ 1) กลุ่มงานด้านข้อมูล และการประมวลข้อมูล และ 2) กลุ่มงานด้านการนำเสนอและองค์ความรู้

1.5.1 กลุ่มงานข้อมูล

(1) การรวบรวมข้อมูลจากโครงการในกลุ่มการพัฒนาด้านการจัดเก็บข้อมูลทั้งอุปกรณ์ในการจัดเก็บซอฟท์แวร์ที่ใช้ และวิธีการเชื่อมโยงข้อมูล เนื่องจากปัจจุบันโครงสร้างและขนาดข้อมูลมีความซับซ้อน รวมถึงมีรูปแบบการจัดเก็บที่แตกต่างกันการนำข้อมูลจากหลากหลายที่หลากหลายแหล่งมาจัดเก็บหรือเรียกใช้ร่วมกันจำเป็นต้องอาศัยประสิทธิภาพของอุปกรณ์ประมวลผล, จัดเก็บ และ

ซอฟต์แวร์ที่มีความยืดหยุ่นมีประสิทธิภาพและสามารถปรับปรุงได้ในอนาคต นอกจากนี้การที่ข้อมูลจากหลากหลายแหล่งอาจจำเป็นต้องเชื่อมโยงด้วยวิธีการทางสารสนเทศที่หลากหลาย เช่น ผ่านระบบเครือข่าย Lan, ระบบ Wi-Fi, ระบบ 3G หรือ 4G, ระบบ LoRa และ ระบบ NB IOT เป็นต้น ซึ่งการเชื่อมต่อเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์เฉพาะในการเชื่อมโยง โดยสามารถแยกรายละเอียดได้ดังนี้



รูปที่ 1.5-1 แนวคิดการเชื่อมโยงเครือข่ายอุปกรณ์กับฐานข้อมูลและแม่ข่าย

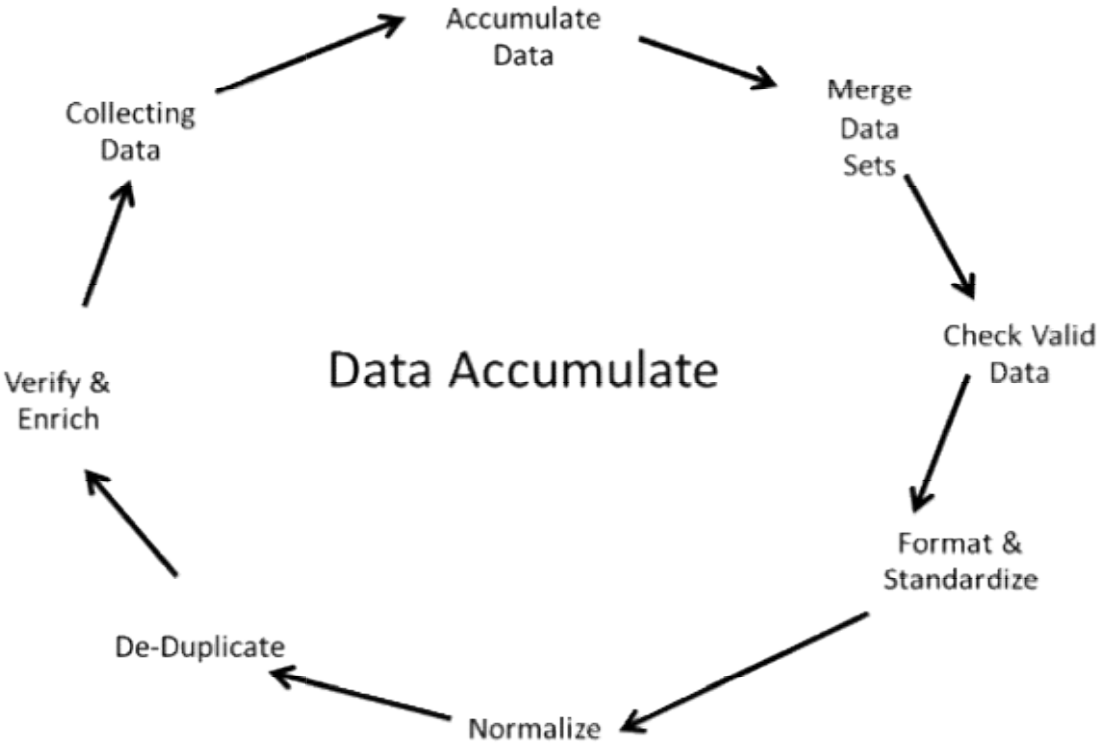
(1.1) อุปกรณ์จัดเก็บ และอุปกรณ์ประมวลผล เนื่องจากโครงการนี้มีการใช้ข้อมูลขนาดใหญ่ เช่น ข้อมูลดาวเทียมข้อมูลจำลองสภาพภูมิอากาศข้อมูลประเภทภูมิสารสนเทศ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จำเป็นจะต้องใช้ระบบจัดเก็บระดับ Workstation หรือ Server ที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลและจัดเก็บที่สูง โดยทางโครงการเลือกใช้ Cloud Service เพื่อรองรับการเชื่อมต่อผ่านระบบอินเทอร์เน็ตและการเชื่อมโยงข้อมูล

(1.2) ระบบซอฟท์แวร์ แบ่งเป็นระบบปฏิบัติการระบบฐานข้อมูล และระบบประมวลผล ซึ่งทั้งหมดต้องรองรับการทำงานกับ Workstation และ Server รวมถึงฐานข้อมูล และการเชื่อมโยง โดยใช้ระบบฐานข้อมูล PostgreSQL พร้อมโปรแกรมพัฒนาระบบภาษา PHP และ C ในส่วนการทำงานระบบและการประมวลข้อมูล

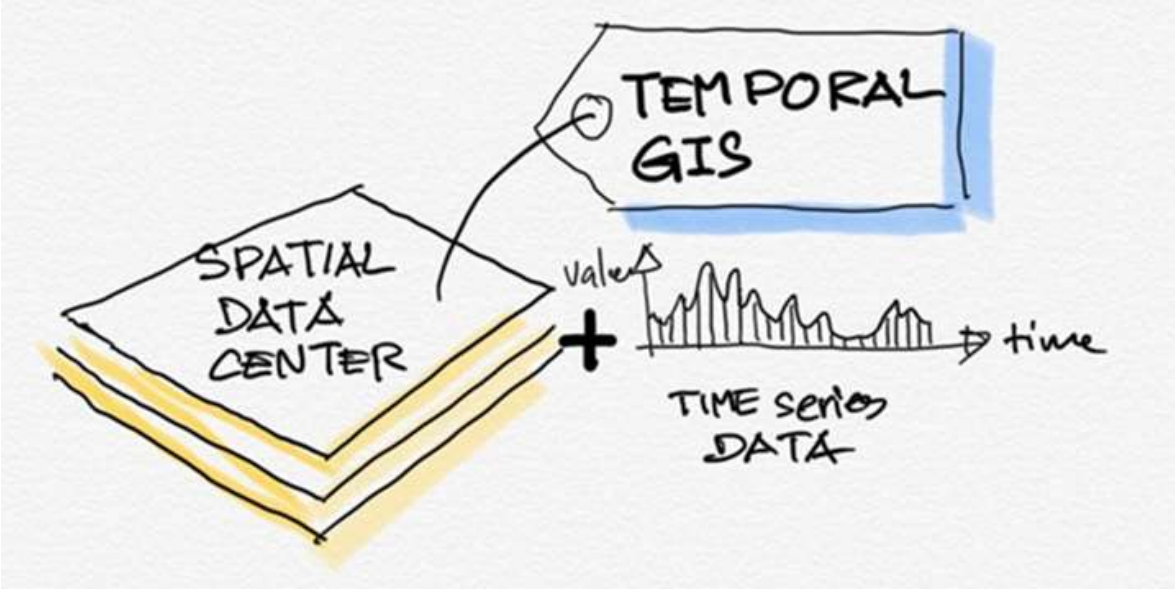
(1.3) ระบบสื่อสาร เนื่องจากในโครงการหลักฯ มีการพัฒนาโครงการร่วมกับหลายสถาบันการศึกษาและหลายหน่วยงาน รวมถึงการสื่อสารกับระบบสารสนเทศต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) ที่ใช้ในโครงการดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์ต้องคำนึงถึง

รูปแบบการเชื่อมโยงที่หลากหลายเหล่านี้ด้วย โดยอาศัยการเชื่อมโยง Service ประเภท API, FTP และ HTML ที่รองรับทั้งระบบไฟล์ข้อมูล และระบบฐานข้อมูล

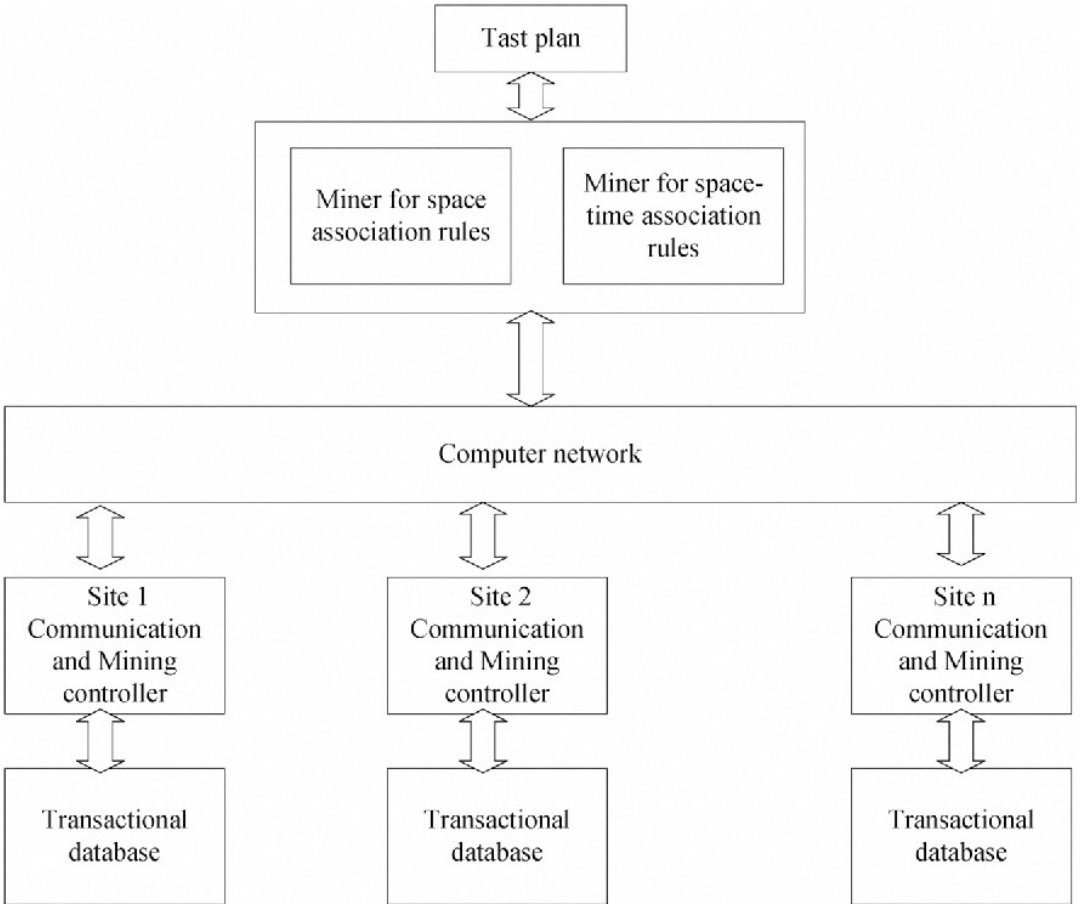
(2) รวบรวมข้อมูลสารสนเทศจากหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาและพัฒนารูปแบบการนำไปใช้ของข้อมูลเหล่านั้น เพื่อสนับสนุนการทำงานของโครงการหลัก ทั้งการรวบรวมปรับรูปแบบการตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของโครงการ



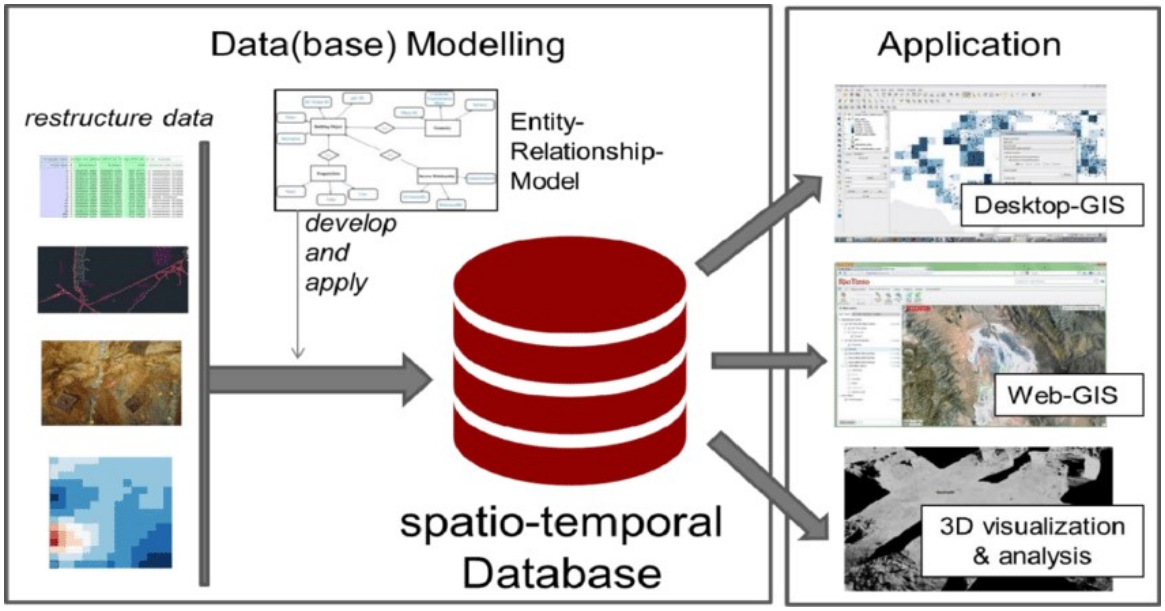
รูปที่ 1.5-2 แสดงการรวบรวมและจัดเก็บข้อมูล



รูปที่ 1.5-3 แสดงการจัดเตรียมข้อมูล GIS แบบ Time Series



รูปที่ 1.5-4 แสดงการรวบรวมและเชื่อมโยงข้อมูลในลักษณะเชิงพื้นที่ และแกนเวลา



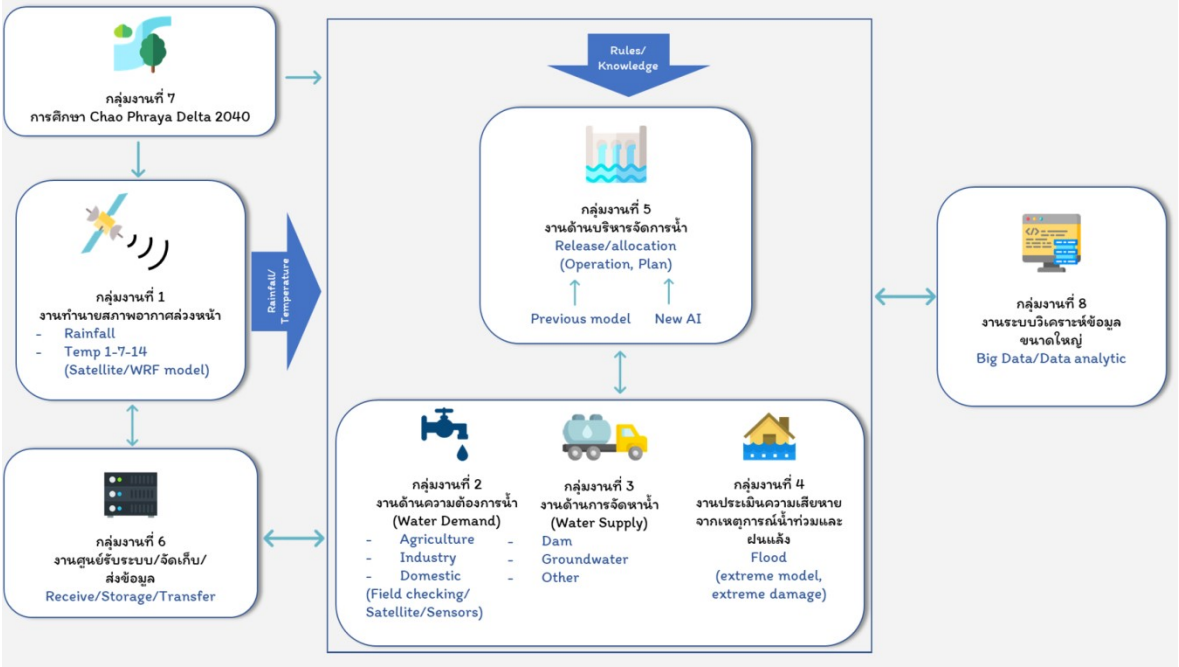
รูปที่ 1.5-5 แสดงการจัดเก็บข้อมูลและการแสดงข้อมูลผ่านระบบ

โดยในส่วนซอฟท์แวร์และฮาร์ดแวร์สามารถใช้งานร่วมกับ “การรวบรวมข้อมูลจากโครงการในกลุ่ม” เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเหลือเพียงค่าใช้จ่ายในการติดต่อประสานงาน และการออกแบบเพื่อปรับปรุงโครงสร้างข้อมูลข้อแตกต่างที่ชัดเจนระหว่าง “ฐานข้อมูลกลางที่หน่วยงานรัฐมีใช้งาน” กับฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นใช้ในโครงการ คือ

- การใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) โดยพยายามคงรูปแบบนำเข้าตามแหล่งที่มาของข้อมูลมากที่สุด โดยอาศัยความสามารถของระบบ Cloud Service ในการรองรับการเชื่อมโยงข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ที่สามารถขยายขนาดได้ตามการใช้งานของระบบ
- การสร้างแปลงรูปแบบข้อมูล เพื่อให้อยู่ในลักษณะพร้อมใช้ (Ready to Use) เนื่องจากในส่วนงานนี้เป็นส่วนงานตั้งต้นของข้อมูลในการวิเคราะห์การเตรียมข้อมูลเพื่อให้พร้อมต่อการวิเคราะห์จึงเป็นหัวใจของการทำงาน ไม่ใช่การนำเสนอข้อมูลโดยตรง ซึ่งเป็นส่วนที่ต่างจากฐานข้อมูลอื่นที่นำเสนอข้อมูลโดยตรง
- เน้นการเชื่อมโยงฐานข้อมูลมากกว่าการจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล เนื่องจากโครงการไม่ได้เป็นหน่วยงานพัฒนาข้อมูลโดยตรงดังนั้นการใช้ข้อมูลส่วนใหญ่จึงจะเป็นการพัฒนาการเชื่อมโยงข้อมูลทั้งการเชื่อมโยงผ่าน Application Programming Interface (API) เชื่อมโยงผ่านระบบฐานข้อมูล (Database) เชื่อมโยงผ่าน Web Page และผ่านไฟล์ข้อมูล โดยพยายามทำการประมวลและจัดเก็บเพียงข้อมูลที่ประมวลเพื่อลดต้นทุนการจัดเก็บข้อมูล

โดยข้อมูลที่ได้ประมวลขึ้นจะถูกนำไปใช้ในโครงการศึกษาของ “แผนงานบริหารจัดการน้ำ” และจะพัฒนาเป็นรูปแบบเพื่อให้เกิดประโยชน์กับหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำ เช่น กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การประปาภูมิภาค เป็นต้น โดยโครงสร้างข้อมูลการบริหารจัดการน้ำ ที่ต้องรวบรวมจากโครงการใน “แผนงานบริหารจัดการน้ำ” ประกอบด้วยข้อมูล ดังต่อไปนี้

1) ข้อมูลปริมาณน้ำฝน
2) ข้อมูลปริมาณน้ำท่า
3) ข้อมูลปริมาณน้ำเขื่อน-อ่างเก็บน้ำ
4) ข้อมูลศักยภาพน้ำใต้ดิน
5) ข้อมูลด้านเศรษฐกิจ เช่น จำนวนประชากร จำนวนโรงงาน การใช้ที่ดินพื้นที่เพาะปลูกและพืชเศรษฐกิจ
6) ข้อมูลด้านการปกครอง และการบริหารจัดการ เช่น เขตปกครองเขตชลประทานพื้นที่อนุรักษ์ฯ และพื้นที่ป่าสงวน
7) ข้อมูลด้านสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้นในดิน ชนิดดิน คุณภาพน้ำ และสภาพอากาศ
8) ข้อมูลเชิงพฤติกรรม เช่น วัฒนธรรมโครงสร้างทางสังคม และค่านิยม



รูปที่ 1.5-6 ความสัมพันธ์ของระบบข้อมูลกับกลุ่มงานอื่น

การเชื่อมโยงข้อมูลประกอบด้วย 5 กลุ่มงานที่เกี่ยวข้อง คือ

กลุ่มงานที่ 1 งานทำนายสภาพอากาศ ซึ่งจะส่งข้อมูลฝนทั้งรายงานปัจจุบันและการคาดการณ์ในช่วง 1-7-14 วัน

กลุ่มงานที่ 2 งานด้านความต้องการน้ำ เป็นการรวบรวมข้อมูลจากภาคสนามดาวเทียม และระบบตรวจจับ (Sensor) เพื่อรายงานข้อมูลสถานการณ์ความต้องการน้ำจากพื้นที่

กลุ่มงานที่ 3 งานด้านการจัดหาน้ำ เป็นการรวบรวมข้อมูลจากเขื่อนอ่างเก็บน้ำ แหล่งน้ำผิวดิน และน้ำบาดาล

กลุ่มงานที่ 4 งานประเมินความเสียหายจากเหตุการณ์น้ำท่วมและฝนแล้ง เป็นการรวบรวมข้อมูลความเสียหายและผลกระทบจากเหตุการณ์ในอดีตเพื่อเป็นฐานคิดในการประเมินความเสียหายที่จะเกิดขึ้น

กลุ่มงานที่ 5 งานด้านการบริหารจัดการน้ำ เป็นส่วนรับข้อมูลจากการจัดสรรน้ำจากเขื่อนและอ่างเก็บน้ำตามการจัดสรรและการบริหารตามแผน

กลุ่มงานที่ 7 การศึกษา Chao Phraya Delta 2040 เป็นงานรวบรวมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการบริหารจัดการลุ่มน้ำเจ้าพระยา

กลุ่มงานที่ 8 งานระบบวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การจัดการข้อมูลพยากรณ์ฝนจากฐานข้อมูลขนาดใหญ่ล่วงหน้า 3 ชั่วโมง

โดยทั้งหมดจะเชื่อมโยงข้อมูลมาสู่ระบบข้อมูล (กลุ่มงานที่ 6) ที่รับ input และ output จากทุกกลุ่มงานนำมาเชื่อมโยงระหว่างหน่วยงาน และนำเสนอเป็นสารสนเทศให้ผู้ใช้ได้ใช้ประโยชน์ โดยข้อมูลที่นำเข้า (input) รวบรวมจะถูกจัดทำเป็นบัญชีรายการเพื่อให้กลุ่มงานในโครงการที่เกี่ยวข้องสามารถส่งออก (output) เพื่อเข้าใช้ประโยชน์ (usage) ร่วมกันผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ตที่อาศัยแม่ข่ายระบบ Cloud เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารระหว่างกัน ทั้งแบบ HTML, FTP และ API นอกจากนี้ยังให้บริการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่โครงการต่างๆ ต้องใช้เพื่อลดภาระในการจัดเก็บข้อมูลของกลุ่มในโครงการ และเป็นการส่งเสริมการใช้ประโยชน์ระบบข้อมูลในรูปแบบ Data Tank หรือ Data Service ที่สามารถขยายการจัดสรรทรัพยากรระบบได้ไม่จำกัดที่ระบบ Hardware ที่มีการเสื่อมสภาพ ตกรุ่น และเสียหาย เพราะการดูแลดังกล่าวเป็นหน้าที่ของผู้ให้บริการระบบ Cloud ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายถูกกว่าการจัดซื้อ

เครื่องแม่ข่าย และซอฟต์แวร์ พร้อมทั้งส่วนการดูแล และผู้ดูแลระบบ ในการปกป้องข้อมูลและระบบในการเผยแพร่และส่งออกข้อมูล แบ่งผู้ใช้เป็นกลุ่มหลักๆ 3 กลุ่ม คือ

1) ผู้ใช้ข้อมูลที่ใช้ภายในเครือข่ายวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2) ผู้ใช้หน่วยงานข้อมูลองค์ความรู้และส่วนสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับหน่วยงาน และ
3) ผู้ใช้ทั่วไปส่วนเผยแพร่ข้อมูลโครงการที่เป็นสำหรับบุคคลทั่วไปซึ่งอยู่ในขอบเขตข้อมูลและองค์ความรู้ที่สามารถเผยแพร่ได้

1.5.2 กลุ่มงานองค์ความรู้

เป็นการรวบรวมองค์ความรู้ที่ได้จากส่วนงานในโครงการหลัก “แผนงานบริหารจัดการน้ำ” เพื่อเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจ

(1) การจัดหมวดหมู่ขององค์ความรู้ เนื่องจากมีข้อมูลและองค์ความรู้ที่เข้ามาจากโครงการหลักฯ ที่หลากหลาย ดังนั้นการจัดหมวดหมู่ขององค์ความรู้จะแยกที่ลักษณะของกิจกรรม (การจัดการ, เกษตรกรรม, อุตสาหกรรม, อุปโภค, ทรัพยากรน้ำ) เพื่อให้ผู้ใช้เลือกได้ตามกลุ่มความสนใจ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการค้นหา และใช้ประโยชน์

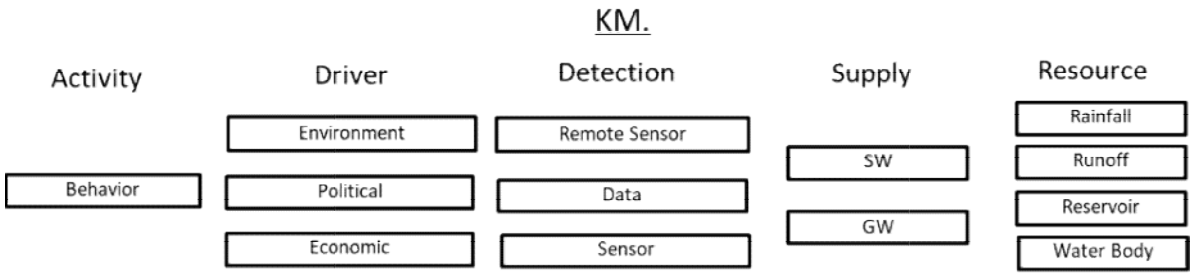
(1.1) ด้านกิจกรรม (Activity) เป็นการรวบรวมองค์ความรู้พฤติกรรมทางสังคมภายใน “แผนงานบริหารจัดการน้ำ” ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการน้ำ เช่น พฤติกรรมการใช้น้ำ การตัดสินใจในภาวะที่มีผลกระทบ (น้ำแล้ง, น้ำท่วม, ราคาผลผลิต, การลงทุน)

(1.2) ด้านแรงขับเคลื่อน (Driver) เป็นการรวบรวมองค์ความรู้จากตัวแปรที่มีผลกระทบเชิงสังคม เช่น สภาพแวดล้อมการปกครอง และเศรษฐกิจ ที่มีผลกระทบทำให้สังคมเกิดการเปลี่ยนแปลงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

(1.3) ด้านการตรวจจับ (Detection) เป็นข้อมูลที่รวบรวมและประมวลองค์ความรู้จากการศึกษาภายในโครงการที่ค้นพบและการพัฒนาระบบตรวจจับทั้งแบบอุปกรณ์ตรวจจับ และการใช้ข้อมูลดาวเทียมมาวิเคราะห์เป็นการตรวจจับทางไกล (Remote Sensor)

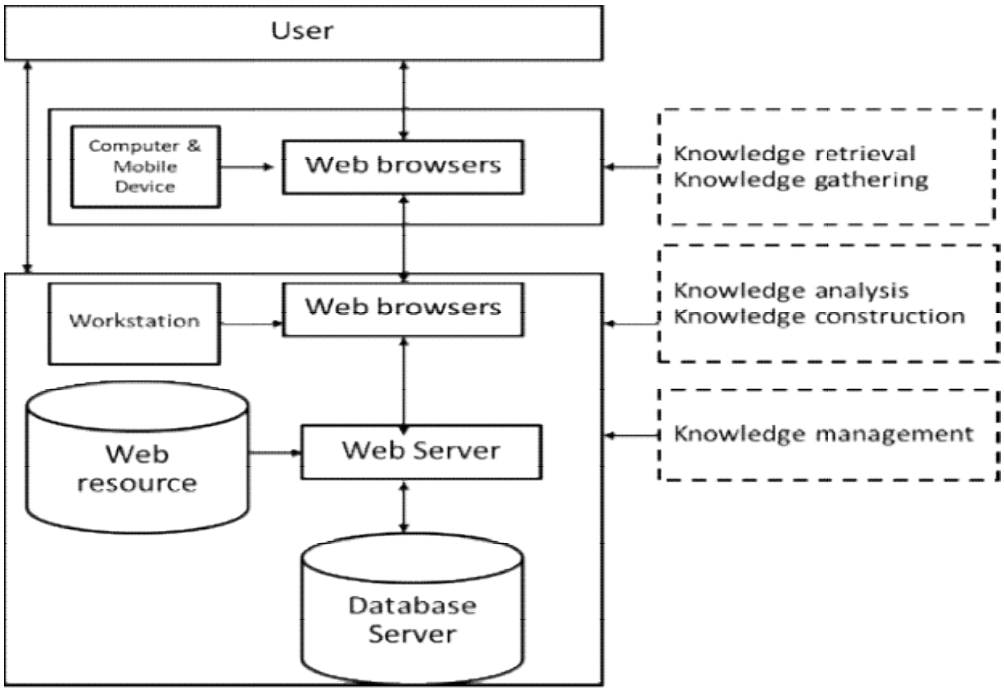
(1.4) ด้านอุปทาน (Supply) เป็นการรวบรวมองค์ความรู้ด้านทรัพยากรน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ด้านการเก็บกักและศักยภาพระดับพื้นที่

(1.5) ด้านแหล่งทรัพยากร (Resource) เป็นการรวบรวมองค์ความรู้เชิงปริมาณของปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำเขื่อน-อ่างฯ และแหล่งน้ำ



รูปที่ 1.5-7 การจัดหมวดหมู่องค์ความรู้

(2) รูปแบบการเผยแพร่ ทั้งนี้ในส่วนขององค์ความรู้ทางโครงการจะเผยแพร่ผ่านทางเว็บไซต์ และเอกสารทางวิชาการ



รูปที่ 1.5-8 การจัดการองค์ความรู้ในระบบเครือข่าย

(3) การพัฒนารูปแบบ E-Classroom เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้แก่หน่วยงานและพัฒนาเป็นองค์ความรู้ที่เผยแพร่แก่ผู้สนใจเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ ด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ ที่ง่ายต่อการเข้าถึง โดยการใช้ Social Media, Video Blog และ Web Application ในการนำเสนอความรู้

มีการวัดผลก่อนและหลังการให้ความรู้ เพื่อท้าทายความสามารถและกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้แทนการให้ข้อมูลสารสนเทศเพียงอย่างเดียว

1.6 กิจกรรมที่ดำเนินไปในระยะที่ 1

เดือนที่ 1	กิจกรรม (activities)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (outputs)
3 เดือนที่ 1	1. รวบรวมตารางกิจกรรมเป้าหมาย Output ของส่วนงานในโครงการ 2. ศึกษาความต้องการในการใช้ข้อมูลของแต่กลุ่มงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการน้ำอัจฉริยะ 3. ออกแบบระบบฐานข้อมูลที่เหมาะกับกลุ่มงานวิจัยต่างๆ ที่จะเรียกใช้และอัพเดท	1. โครงสร้าง output ของโครงการ 2. โครงสร้างฐานข้อมูล
3 เดือนที่ 2	1. รวบรวมข้อมูลพื้นฐานด้านสถิติย้อนหลัง 10 ปี พื้นที่ชลประทาน จากกลุ่มงานที่ 1 2. รวบรวมแนวทางปฏิบัติในการประหยัดทรัพยากรน้ำในภาคอุตสาหกรรม จากกลุ่มที่ 2 3. การสร้างความเข้าใจแนวทางการทำงานกับประชาชน จากกลุ่มที่ 1 4. พัฒนาฐานข้อมูลและระบบบริหารจัดการ และให้บริการข้อมูล 5. พัฒนาระบบในการส่งรับเชื่อมโยงข้อมูล	1. ข้อมูลสถิติจากพื้นที่ชลประทานกลุ่มที่ 1 2. แนวทางประหยัดน้ำภาคอุตสาหกรรม จากกลุ่มที่ 2 3. การสร้างความเข้าใจภาคส่วน จากกลุ่มที่ 1 4. ระบบบริการข้อมูล
3 เดือนที่ 3	1. รวบรวมผลการจัดทำแบบจำลองทางชลศาสตร์ระดับพื้นที่ จากกลุ่มที่ 1 2. รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องด้าน SEA จากกลุ่มงานที่ 2 3. พัฒนาระบบในการวิเคราะห์ข้อมูล 4. พัฒนาระบบนำเสนอข้อมูลและจัดทำรายงานประกอบในการตัดสินใจของผู้มีอำนาจตัดสินใจ	1. แบบจำลองทางชลศาสตร์ระดับพื้นที่ จากกลุ่มที่ 1 2. ข้อมูลทุติยภูมิเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องด้าน SEA จากกลุ่มงานที่ 2 3. ระบบวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล
3 เดือนที่ 4	1. รวบรวมผลการจำลองด้านชลศาสตร์ ระดับพื้นที่แบบ Real-time จากกลุ่มที่ 1 2. รวบรวมผลการตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ตรวจจับและ	1. แบบจำลองด้านชลศาสตร์ระดับพื้นที่แบบ Real-time จากกลุ่มที่ 1

เดือนที่ 1	กิจกรรม (activities)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ (outputs)
	ประมวลผลภาคสนาม จากกลุ่มงานที่ 1 3. การฝึกอบรมระบบควบคุมและปฏิบัติการส่งน้ำ จากกลุ่มที่ 1 4. รวบรวมฐานข้อมูลด้านทรัพยากรน้ำในเขต EEC จากกลุ่มที่ 2 5. รวบรวมข้อมูลนำเข้าระบบสารสนเทศเพื่อบ่งชี้พื้นที่ภัยแล้ง จากกลุ่มที่ 2 6. รวบรวมวิสัยทัศน์การบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ EEC จากกลุ่มที่ 2 7. พัฒนาระบบอัพเดทข้อมูลทันสมัยพร้อมใช้ประกอบในการตัดสินใจของผู้มีอำนาจตัดสินใจในการบริหารจัดการปริมาณน้ำต่อไป 8. ทดสอบการทำงานของระบบ 9. ปรับแก้ระบบ 10. อบรมการใช้งานระบบ	2. อุปกรณ์ตรวจับและประมวลผลภาคสนาม จากกลุ่มงานที่ 1 3. การฝึกอบรมระบบควบคุมและปฏิบัติการส่งน้ำ จากกลุ่มที่ 1 4. ข้อมูลด้านทรัพยากรน้ำในเขต EEC จากกลุ่มที่ 2 5. ระบบสารสนเทศเพื่อบ่งชี้พื้นที่ภัยแล้ง จากกลุ่มที่ 2 6. วิสัยทัศน์การบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ EEC จากกลุ่มที่ 2 7. ปรับปรุงและอบรมการใช้ระบบ

เพื่อขยายความการทำงานวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนากระบวนการด้านข้อมูลการพัฒนาแบบจำลอง และการสร้างฐานองค์ความรู้ เพื่อต่อยอดการศึกษาวิจัย ซึ่งปัญหาปัจจุบันของงานวิจัยคือการขาดรูปแบบการเชื่อมโยงการทำงาน และองค์ความรู้ระหว่างโครงการ เพื่อต่อยอดและพัฒนางานวิจัย โดยเฉพาะกลุ่มโครงการใน “แผนงานบริหารจัดการน้ำ” มีการแบ่งบทบาทของทีมวิจัยหลักเป็น 3 ด้านคือ

1) ด้านงานวิจัยภาคปฏิบัติ ที่เน้นการทำงานและทดสอบในพื้นที่จริงเน้นแก้ไขและสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อที่สนับสนุนการปฏิบัติงาน

2) ด้านงานวิจัยเทคนิค เป็นส่วนงานสนับสนุนเทคโนโลยีและองค์ความรู้เพื่อพัฒนาเครื่องมือและกระบวนการเพื่อช่วยการทำงานของกลุ่มงานที่ 1

3) ด้านสนับสนุนการบริหารจัดการ เป็นส่วนงานที่ช่วยอำนวยความสะดวกในงานวิจัย เช่น การจัดประชุม การวางแนวทางและข้อเสนอแนะเพื่อให้งานวิจัยบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

โดยในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาใน “ด้านงานวิจัยเทคนิค” จึงเป็นการทำงานเพื่อศึกษากระบวนการที่เหมาะสมเพื่อสนับสนุน “ด้านงานวิจัยภาคปฏิบัติ” ที่ต้องเน้นการทำงานมากกว่า

การพัฒนาเทคนิค งานวิจัยนี้จึงเป็นการประมวลรูปแบบการทำงานจากหลากหลายรูปแบบเพื่อพัฒนาเป็นรูปแบบที่เหมาะสมในการนำไปปรับใช้กับ “ด้านงานวิจัยภาคปฏิบัติ” ทำให้บางส่วนมีลักษณะการทบทวนเนื่องจากเพื่อตอบโจทย์ปัญหาของกลุ่มที่ทำงานปฏิบัติ

1.7 เนื้อหารายงาน

รายงานฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้ประกอบด้วยเนื้อหา 5 บทประกอบด้วย เนื้อหารายงานฉบับสมบูรณ์การดำเนินงานในช่วง 1 ปี (30 สิงหาคม 2562 - 30 ตุลาคม 2563) ของแต่ละกลุ่ม ดังนี้

- **บทที่ 1 บทนำ** กล่าวถึง หลักการและเหตุผล แนวคิดและเป้าหมาย วัตถุประสงค์ ขอบเขตโครงการ ระเบียบวิธีวิจัย และขั้นตอนการดำเนินงาน กิจกรรมที่ดำเนินไปในระยะที่ 1 และเนื้อหารายงาน
- **บทที่ 2 แนวคิดและการรวบรวมข้อมูล** กล่าวถึง แนวคิดการเชื่อมโยงและรวบรวมข้อมูล โครงสร้างข้อมูล ข้อมูลจากแหล่งภายนอกประเทศที่ให้บริการ การเชื่อมโยงข้อมูลในชุดโครงการวิจัย ระบบเชื่อมโยงข้อมูลและการนำเสนอ ระบบในการวิเคราะห์ข้อมูล และกระบวนการในการพัฒนาระบบ
- **บทที่ 3 องค์ความรู้จากโครงการ** กล่าวถึง แนวความคิดในการเชื่อมโยงองค์ความรู้ ความเชื่อมโยงของงานวิจัย ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน แนวทางการประหยัดน้ำในภาคอุตสาหกรรม แนวการทำงาน SEA ระบบข้อมูลทรัพยากรน้ำและวิสัยทัศน์การบริหารจัดการในเขต EEC ระบบตรวจจับและแบบจำลองทางชลศาสตร์ระดับพื้นที่ ศักยภาพน้ำบาดาล ข้อมูลสารสนเทศภัยแล้ง และการประยุกต์ใช้ชุดข้อมูลโลกชนิดเปิดสำหรับพื้นที่ประเทศไทย
- **บทที่ 4 ระบบฐานข้อมูล** กล่าวถึง การเชื่อมต่อฐานข้อมูล การใช้งานฐานข้อมูล และการนำเข้าข้อมูลสู่ฐานข้อมูล
- **บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ**

บทที่ 2
แนวคิดและการรวบรวมข้อมูล

2.1 แนวคิดการเชื่อมโยงและรวบรวมข้อมูล

ในประเทศไทยได้มีการพัฒนาข้อมูลและระบบฐานข้อมูลอยู่เป็นลำดับ โดยทั้งหมดถูกใช้ในการทำงานของหน่วยงานเพื่อตอบสนองภาระหน้าที่ของหน่วยงานที่พัฒนาข้อมูล เช่น ข้อมูลภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลเขื่อนขนาดใหญ่และเขื่อนขนาดกลางของกรมชลประทาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ข้อมูลจำนวนประชากรของกรมการปกครอง เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ถูกจัดทำ รวบรวม และจัดเก็บโดยงบประมาณของหน่วยงานนั้นๆ ทำให้การเผยแพร่บ่อยครั้งเป็นการจำกัดวงภายในหน่วยงานหรือเผยแพร่ข้อมูลบางส่วนหรือที่สรุปในช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่งหรือตามที่มีการร้องขอเท่านั้น

จากเหตุการณ์มหาอุทกภัยในปีพ.ศ.2554 ทำให้เห็นปัญหาในการขาดการเชื่อมโยงและรวบรวมข้อมูล หรือมีการเผยแพร่ข้อมูลออกจากหลากหลายแหล่ง ทำให้เกิดข้อมูลที่สับสนสร้างความแตกตื่นให้ประชาชน และเกิดการสูญเสียทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม จากความไม่พร้อมในการรวบรวมข้อมูลภาครัฐ และการประมวลความถูกต้องเพื่อยืนยันข้อมูลที่แหล่งเดียวกัน ทั้งนี้ประเทศไทยยังขาดการเตรียมความพร้อมในการเชื่อมโยงฐานข้อมูล เนื่องจากข้อจำกัดที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น จึงจำเป็นต้องพัฒนาการเชื่อมโยงและการรวบรวมข้อมูลที่สามารถลดทอนหรือข้ามข้อจำกัดดังกล่าวเพื่อสนับสนุนการทำงานบริหารจัดการด้านทรัพยากรน้ำให้มีความรวดเร็ว ทันสมัย และมีความผิดพลาดให้น้อยที่สุด เพราะเวลาในการจัดการเป็นต้นทุนที่สำคัญในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำทั้งในการบริหารจัดการทั่วไป และยามวิกฤติในช่วงภัยแล้งและน้ำท่วม รวมถึงการประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับการเติบโตทั้งทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ

2.1.1 วัตถุประสงค์

1) พัฒนางานระบบข้อมูลเพื่อประมวลและรวบรวมข้อมูลเป็นฐานข้อมูลกลางของแผนงาน
2) รวบรวมข้อมูล และองค์ความรู้ที่ได้จากส่วนงานในโครงการหลัก “แผนการบริหารจัดการน้ำ” เพื่อเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจ

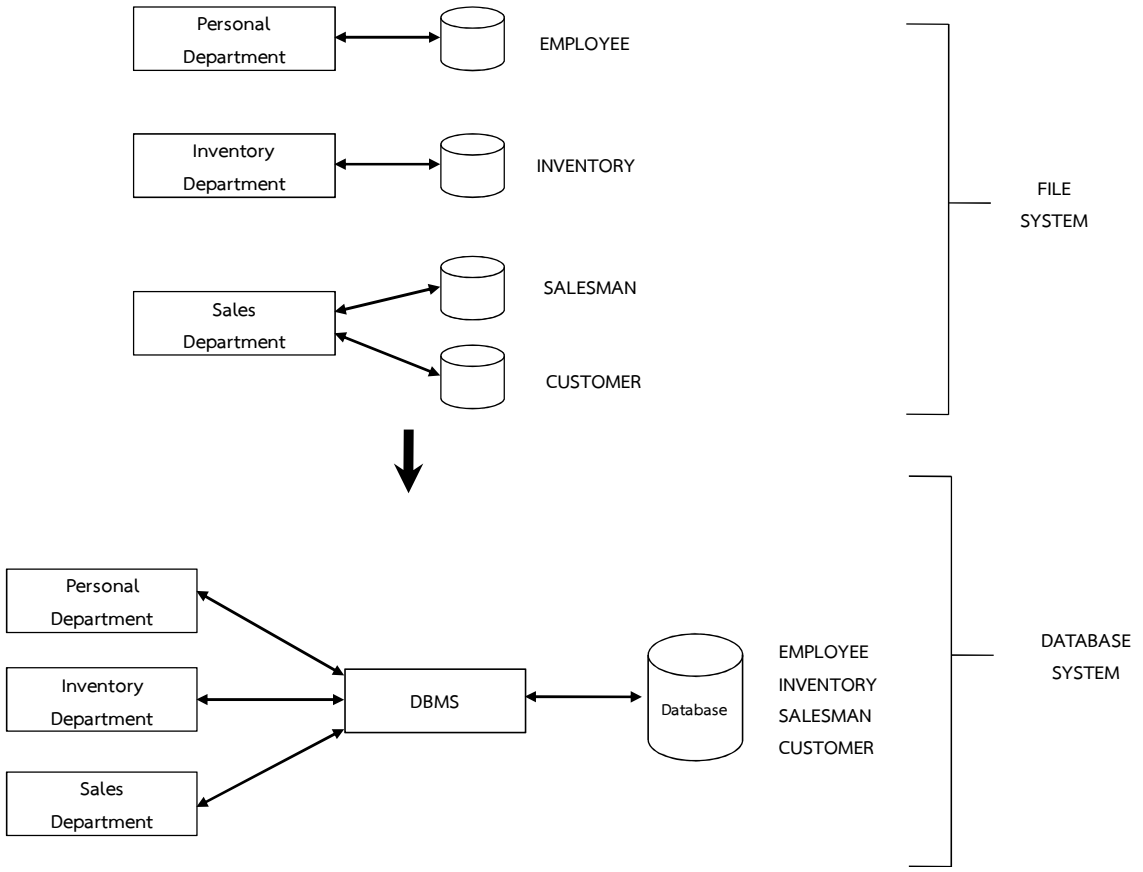
2.1.2 เป้าหมาย

1) ด้านงานวิจัยภาคปฏิบัติ ที่เน้นการทำงานและทดสอบในพื้นที่จริงเน้นแก้ไขและสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อที่สนับสนุนการปฏิบัติงาน
2) ด้านงานวิจัยเทคนิค เป็นส่วนงานสนับสนุนเทคโนโลยีและองค์ความรู้เพื่อพัฒนาเครื่องมือและกระบวนการเพื่อช่วยการทำงานของกลุ่มงานที่ 1
3) ด้านสนับสนุนการบริหารจัดการ เป็นส่วนงานที่ช่วยอำนวยความสะดวกในงานวิจัย เช่น การจัดประชุม การวางแนวทางและข้อเสนอแนะเพื่อให้งานวิจัยบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

2.2 โครงสร้างข้อมูล

2.2.1 ระบบฐานข้อมูล (Database System) คืออะไร

จากปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบแฟ้มข้อมูล ได้ก่อให้เกิดการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบใหม่ขึ้นที่เรียกว่า “ฐานข้อมูล (Database)” การจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลนี้จะแตกต่างจากการจัดเก็บข้อมูลแบบแฟ้มข้อมูล เนื่องจากฐานข้อมูลเป็นการนำเอาข้อมูลต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งแต่เดิมจัดเก็บอยู่ในแต่ละแฟ้มข้อมูลมาจัดเก็บไว้ในที่เดียวกัน เช่น ข้อมูลพนักงาน สินค้าคงคลัง พนักงานขาย และลูกค้า ซึ่งแต่เดิมถูกจัดเก็บอยู่ในรูปของแฟ้มข้อมูลของฝ่ายต่างๆ ได้ถูกนำมาจัดเก็บรวมกันไว้ภายในฐานข้อมูลเดียว ซึ่งเป็นฐานข้อมูลรวมของบริษัท ส่งผลให้แต่ละฝ่ายสามารถใช้ข้อมูลร่วมกัน และสามารถแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระบบแฟ้มข้อมูลได้ ดังรูปที่ 2.2-1



รูปที่ 2.2-1 ระบบแฟ้มข้อมูล

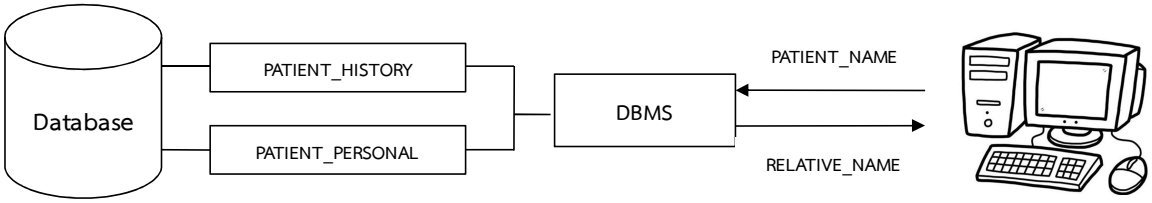
ข้อมูลต่างๆ ที่ถูกจัดเก็บเป็นฐานข้อมูล นอกจากจะต้องเป็นข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันแล้ว ยังจะต้องเป็นข้อมูลที่ใช้สนับสนุนการดำเนินงานอย่างน้อยอย่างใดอย่างหนึ่งขององค์กร ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าแต่ละฐานข้อมูลจะเทียบเท่ากับระบบแฟ้มข้อมูล 1 ระบบ และจะเรียกฐานข้อมูลที่จัดทำขึ้นเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานอย่างใดอย่างหนึ่ง “ระบบฐานข้อมูล” (Database System) เช่น ระบบฐานข้อมูลเงินเดือน ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่จัดเก็บข้อมูลต่างๆ ที่สนับสนุนการคำนวณเงินเดือน หรือระบบฐานข้อมูลประชากร ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่จัดเก็บข้อมูลต่างๆ ที่สนับสนุนการจัดทำสำมะโนประชากร เป็นต้น

2.2.2 องค์ประกอบของระบบฐานข้อมูล

ระบบฐานข้อมูลโดยทั่วไป จะเกี่ยวข้องกัน 4 ส่วนหลักๆ ดังนี้

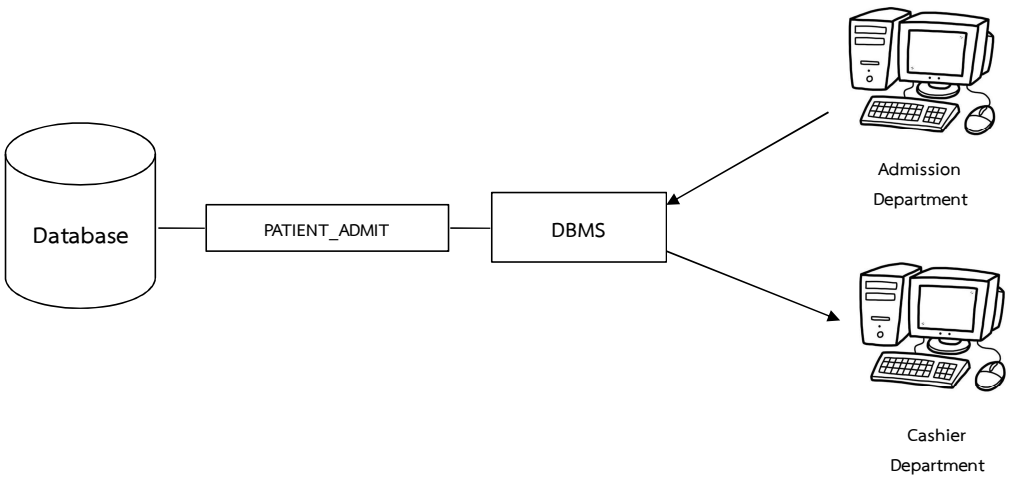
2.2.2.1 ข้อมูล (Data)

ข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในระบบฐานข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ไปจนถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่อย่างเช่น เครื่อง Mainframe ข้อมูลในแต่ละส่วนจะต้องสามารถนำมาใช้ประกอบกันได้ (Data Integrated) เช่น เมื่อแพทย์รักษาผู้ป่วย แพทย์จะอาศัยข้อมูลจากประวัติการรักษาพยาบาลของผู้ป่วย (PATIENT_HISTORY) มาประกอบการรักษา แต่ในกรณีฉุกเฉินที่ต้องการติดต่อญาติของผู้ป่วย ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้ไม่ปรากฏอยู่ในประวัติการรักษาพยาบาล ทางโรงพยาบาลสามารถนำชื่อผู้ป่วย (Field "PATIENT_NAME") ไปค้นหาชื่อญาติ (Field "RELATIVE_NAME") ในทะเบียนผู้ป่วย (PATIENT_PERSONAL) ได้ โดยไม่จำเป็นต้องเก็บชื่อญาติของผู้ป่วยไว้ในประวัติการรักษาพยาบาลแต่อย่างใด ดังรูปที่ 2.2-2



รูปที่ 2.2-2 ข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในระบบฐานข้อมูล

นอกเหนือจากคุณลักษณะนี้แล้ว ในเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีผู้ใช้จำนวนมาก ข้อมูลในฐานข้อมูลจะต้องสามารถถูกใช้ร่วมกัน (Data Sharing) จากผู้ใช้หลายๆ คนได้ เช่น ข้อมูลในการจองห้องพักของผู้ป่วย (PATIENT_ADMIT) จะต้องสามารถนำไปใช้ในการออกใบเสร็จรับเงินเพื่อเก็บค่ารักษาพยาบาลโดยฝ่ายการเงินได้ในขณะเดียวกัน ดังรูปที่ 2.2-3



รูปที่ 2.2-3 ฐานข้อมูลที่นำไปใช้ในการออกใบเสร็จรับเงิน

2.2.2.2 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

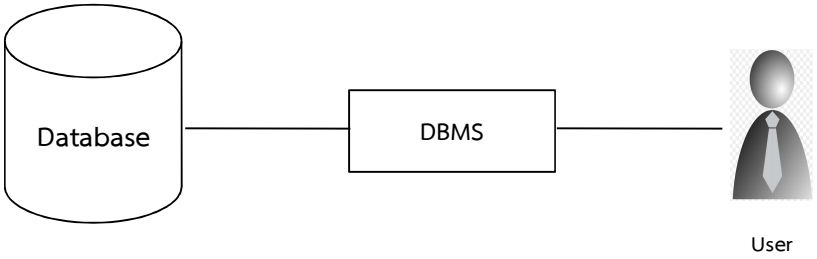
อุปกรณ์ทางคอมพิวเตอร์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบฐานข้อมูล จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ ดังนี้

1) **<u>หน่วยความจำสำรอง</u>** (Secondary Storage) เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้จัดเก็บข้อมูลของฐานข้อมูล ดังนั้นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงสำหรับอุปกรณ์ในส่วนนี้จึงได้แก่ ความจุของหน่วยความจำสำรองที่นำมาใช้จัดเก็บข้อมูลของฐานข้อมูลนั้น

2) **<u>หน่วยประมวลผล และหน่วยความจำหลัก</u>** เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่จะต้องทำงานร่วมกันเพื่อนำข้อมูลจากฐานข้อมูลขึ้นมาประมวลผลตามคำสั่งที่กำหนด ดังนั้นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงสำหรับอุปกรณ์ในส่วนนี้ จึงได้แก่ ความเร็วของหน่วยประมวลผล และขนาดของหน่วยความจำหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ประมวลผลร่วมกับฐานข้อมูลนั้น

2.2.2.3 ซอฟท์แวร์ (Software)

ในการติดต่อกับข้อมูลภายในฐานข้อมูลของผู้ใช้ จะต้องกระทำผ่านโปรแกรมที่มีชื่อว่าโปรแกรม Database Management System (DBMS) ดังรูปที่ 2.2-4



รูปที่ 2.2-4 โปรแกรม Database Management System

หน้าที่หลักของโปรแกรม DBMS ได้แก่ การทำให้การเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล เป็นอิสระจากส่วนของ Hardware หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง โปรแกรม DBMS จะมีหน้าที่ในการจัดการและควบคุมความถูกต้อง ความซ้ำซ้อนและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่างๆ ภายในฐานข้อมูลแทนโปรแกรมเมอร์ ส่งผลให้ผู้ใช้สามารถที่จะเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลได้โดยไม่จำเป็นที่จะต้องทราบถึงโครงสร้างทางกายภาพของข้อมูลในระดับที่ลึกเช่นเดียวกับโปรแกรมเมอร์ เนื่องจากโปรแกรม DBMS นี้ จะมีส่วนของ Query Language ซึ่งเป็นภาษาที่ประกอบด้วยคำสั่งต่างๆ ที่ใช้ในการจัดการ และเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล ซึ่งสามารถนำไปใช้ร่วมกับภาษาคอมพิวเตอร์อื่นๆ เพื่อพัฒนาเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับ

เรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลมาประมวลผล สำหรับรายละเอียดของโปรแกรม DBMS จะกล่าวถึงในลำดับต่อไป

2.2.2.4 ผู้ใช้ระบบฐานข้อมูล (User)

ผู้ที่เรียกใช้ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลมาใช้งาน สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้ดังนี้

1. **Application Programmer** ได้แก่ ผู้ที่ทำหน้าที่พัฒนาโปรแกรม (Application Program) เพื่อเรียกใช้ข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลมาประมวลผล โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นส่วนใหญ่มักจะใช้ร่วมกับคำสั่งในกลุ่ม Data Manipulation Language (DML) ของ Query Language เพื่อเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล
2. **End User** ได้แก่ ผู้ที่นำข้อมูลจากฐานข้อมูลไปใช้งาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

- **Naive User** ได้แก่ ผู้ใช้ที่เรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลโดยอาศัยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น
- **Sophisticated User** ได้แก่ ผู้ใช้ที่เรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลด้วยประโยคคำสั่งของ Query Language ซึ่งโดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ทางด้านฐานข้อมูลที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาดจะมีส่วนที่ยอมให้ผู้ใช้ได้ใช้ประโยชน์คำสั่งของ Query Language เพื่อเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลได้โดยตรงสำหรับประโยคคำสั่งเหล่านี้จะถูกส่วน Query Processor ของโปรแกรม DBMS แปลงให้อยู่ในรูปของคำสั่งในกลุ่ม Data Manipulation Language

3. **Database Administrator (DBA)** ได้แก่ ผู้บริหารที่ทำหน้าที่ควบคุมและตัดสินใจในการกำหนดโครงสร้างของฐานข้อมูล ชนิดของข้อมูล วิธีการจัดเก็บข้อมูล รูปแบบในการเรียกใช้ข้อมูล ความปลอดภัยของข้อมูลและกฎระเบียบที่ใช้ควบคุมความถูกต้องของข้อมูลภายในฐานข้อมูล โดยอาศัยคำสั่งในกลุ่ม Data Definition Language (DDL) ซึ่งเป็นอีกส่วนหนึ่งของ Query Language เป็นตัวกำหนด

2.2.3 Data Independence

ในการเรียกใช้ข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในระบบแฟ้มข้อมูล จะต้องอาศัยโปรแกรมที่เขียนขึ้น เพื่อเรียกใช้ข้อมูลในแฟ้มข้อมูลนั้นโดยเฉพาะ เช่น เมื่อต้องการรายชื่อของพนักงานที่มีเงินเดือนมากกว่า 5,000 บาทต่อเดือน ผู้ใช้จะต้องให้โปรแกรมเมอร์จัดทำโปรแกรม เพื่ออ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลพนักงาน และพิมพ์รายงานที่แสดงเฉพาะข้อมูลที่ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังนั้น เมื่อเกิดมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางกายภาพของแฟ้มข้อมูลใดแฟ้มข้อมูลหนึ่ง จึงส่งผลให้โปรแกรมต่างๆ ที่เรียกใช้ข้อมูลในแฟ้มข้อมูลนั้น

ต้องมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เช่น กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ Index File ของแฟ้มข้อมูลพนักงาน จากเดิมซึ่งเรียงลำดับตามรหัสพนักงานมาเป็นเรียงลำดับตามชื่อแทนรายงานที่แสดงรายชื่อพนักงานที่มีเงินเดือนมากกว่า 5,000 บาทต่อเดือน ซึ่งแต่เดิมนั้นกำหนดให้เรียงลำดับตามรหัสพนักงาน จึงไม่สามารถพิมพ์ได้ ส่งผลให้ต้องมีการแก้ไขโปรแกรมตามโครงสร้าง Index File ที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่งการที่ข้อมูลและโปรแกรมไม่เป็นอิสระต่อกันนี้ จะเรียกกว่า “Data Dependence” หรือความเป็นอิสระของข้อมูล

ภายในระบบฐานข้อมูลไม่สามารถที่จะยอมให้ความไม่เป็นอิสระระหว่างข้อมูล และโปรแกรมเกิดขึ้นได้ เนื่องจาก 2 สาเหตุหลักๆ ดังนี้

1. เนื่องจากในฐานข้อมูล จะต้องไม่ปรากฏข้อมูลที่ซ้ำซ้อนกันเกิดขึ้น แต่ในแง่ความเป็นจริงแล้วข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการถึงแม้จะเป็นข้อมูลเดียวกัน ก็อาจต้องการรูปแบบของข้อมูลที่ต่างกันได้ เช่น ผู้ใช้ A ต้องการข้อมูลเงินเดือนในรูปของ Binary ในขณะที่ผู้ใช้ B ต้องการข้อมูลเงินเดือนในรูปของ Decimal แทน ซึ่งในกรณีเช่นนี้ จึงจำเป็นที่จะต้องทำให้ข้อมูลและโปรแกรมเป็นอิสระจากกัน เพื่อทำให้รูปแบบข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูลมีเพียงรูปแบบเดียว แล้วจึงปล่อยให้เป็นหน้าที่ของโปรแกรม DBMS ในการแปลงรูปแบบเป็นไปตามรูปแบบที่ผู้ใช้แต่ละคนต้องการแทน

2. เนื่องจาก DBA มีสิทธิ์ที่จะเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของข้อมูลภายในฐานข้อมูลได้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำให้ข้อมูลภายในฐานข้อมูลเป็นอิสระจากโปรแกรมต่างๆ ที่เรียกใช้ เพื่อที่จะทำให้ DBA สามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของข้อมูลภายในฐานข้อมูลได้ โดยไม่ส่งผลกระทบกับโปรแกรมต่างๆ

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการกำหนดให้ข้อมูลภายในฐานข้อมูล จะต้องเป็นอิสระจากตัวโปรแกรมที่เรียกใช้ เพื่อที่จะสามารถแก้ไขโครงสร้างทางกายภาพของข้อมูลได้ โดยไม่กระทบต่อโปรแกรมที่เรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลนั้น ซึ่งคุณลักษณะเช่นนี้ จะเรียกว่า “Data Dependence”

ในการกำหนดให้ข้อมูลเป็นอิสระจากโปรแกรมที่เรียกใช้ จะแบ่งออกเป็น 2 ระดับดังนี้

2.2.3.1 ระดับ Physical

เป็นระดับที่โครงสร้างทางกายภาพของข้อมูลเป็นอิสระจากโปรแกรมที่เรียกใช้ เช่น สามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ Index File ได้โดยไม่ต้องแก้ไขโปรแกรมที่เรียกใช้ข้อมูลนั้น

2.2.3.2 ระดับ Logical

เป็นระดับที่ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในส่วนต่างๆ ภายในฐานข้อมูลเป็นอิสระจากโปรแกรมที่เรียกใช้ เช่น สามารถแยกบาง Field ออกไปเป็นแฟ้มข้อมูลใหม่ ได้โดยไม่ต้องแก้ไขโปรแกรมที่เรียกใช้ข้อมูลนั้น

เมื่อพิจารณาความเป็นอิสระของข้อมูลที่มีต่อโปรแกรมที่เรียกใช้ในทั้ง 2 ระดับ จะสังเกตเห็นว่าการกำหนดให้ข้อมูลเป็นอิสระจากโปรแกรมที่เรียกใช้ในระดับ Logical จะกระทำได้ยากกว่าในระดับ Physical เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในส่วนต่างๆ ภายในแฟ้มข้อมูลเดียวกัน จะมีความเกี่ยวพันกับโปรแกรมมากกว่าโครงสร้างทางกายภาพของข้อมูล

2.2.4 Database Management System (DBMS)

เป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับฐานข้อมูล เพื่อจัดการและควบคุมความถูกต้อง ความซ้ำซ้อน และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่างๆ ภายในฐานข้อมูล ซึ่งต่างจากระบบแฟ้มข้อมูลที่หน้าที่เหล่านี้จะเป็นหน้าที่ของโปรแกรมเมอร์ ในการติดต่อกับข้อมูลในฐานข้อมูลไม่ว่าจะด้วยการใช้คำสั่งในกลุ่มคำสั่ง DML หรือ DDL หรือจะด้วยโปรแกรมต่างๆ ทุกคำสั่งที่ใช้กระทำกับข้อมูลจะถูกโปรแกรม DBMS นำมาแปล (Compile) เป็นการกระทำ (Operation) ต่างๆ ภายใต้คำสั่งนั้นๆ เพื่อนำไปกระทำกับตัวข้อมูลภายในฐานข้อมูลต่อไปสำหรับส่วนการทำงานต่างๆ ภายในโปรแกรม DBMS ที่ทำหน้าที่ในการแปลคำสั่งไปเป็นการกระทำต่างๆ ที่จะกระทำกับข้อมูลนั้น ประกอบด้วยส่วนการทำงานต่างๆ ดังนี้

2.2.4.1 Database Manager

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่กำหนดการกระทำต่างๆ ให้กับส่วน File Manager เพื่อไปกระทำกับข้อมูลที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูล (File Manger เป็นส่วนที่ทำหน้าที่บริหาร และจัดการกับข้อมูลที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลในระดับกายภาพ)

2.2.4.2 Query Processor

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงประโยคคำสั่งของ Query Language ให้อยู่ในรูปแบบของคำสั่งที่ Database Manager เข้าใจ

2.2.4.3 Data Manipulation Language Precompiler

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปล (Compile) ประโยคคำสั่งของกลุ่มคำสั่ง DML ให้อยู่ในรูปแบบที่ส่วน Application Programs Object Code จะนำไปเข้ารหัสเพื่อส่งต่อไปยังส่วน Database Manger ในการแปลประโยคคำสั่งของกลุ่มคำสั่ง DML ของส่วน Data Manipulation Language Precompiler นี้จะต้องทำงานร่วมกับส่วน Query Processor

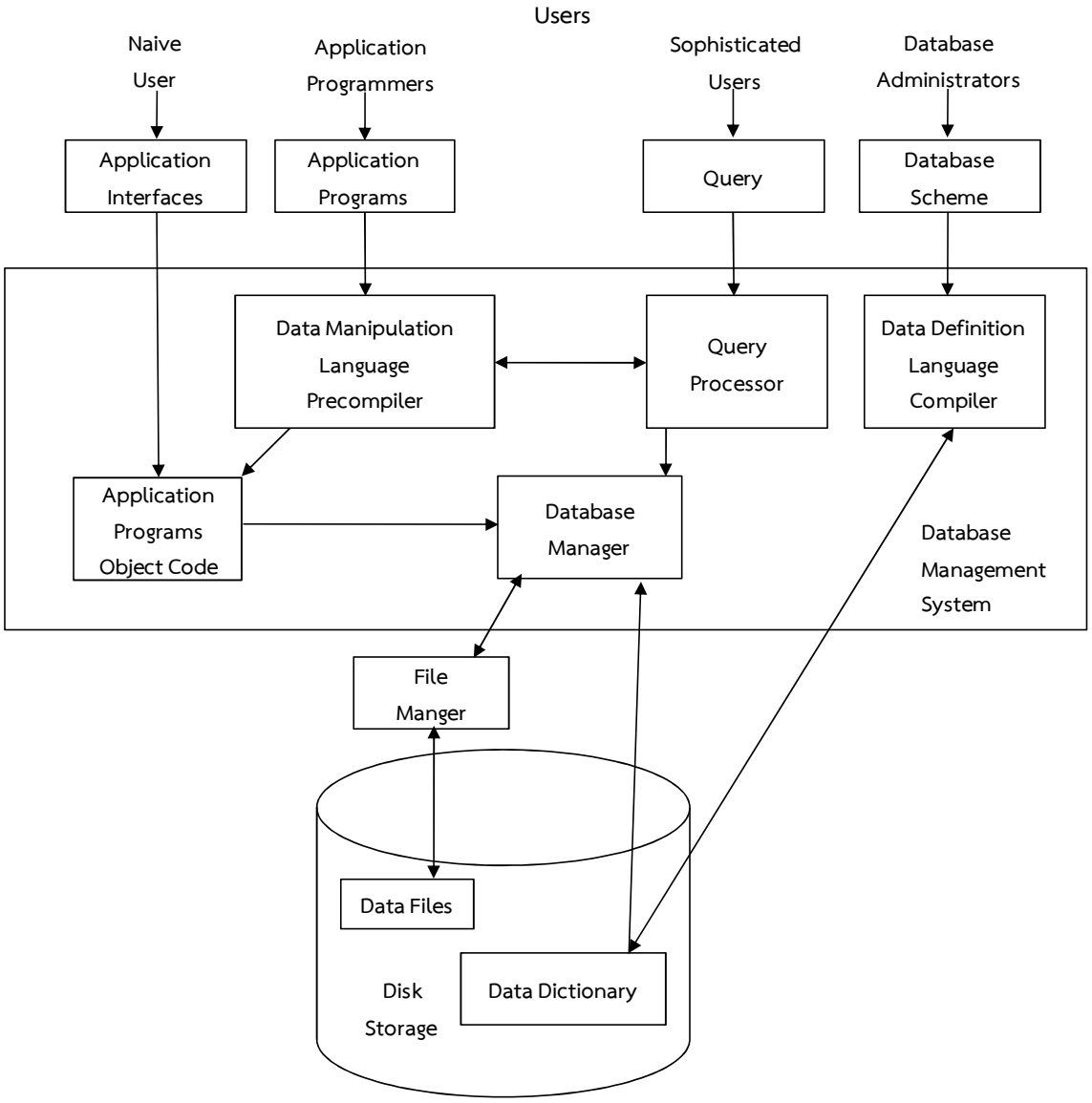
2.2.4.4 Data Definition Language Precompiler

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปล (Compile) ประโยคคำสั่งของกลุ่มคำสั่ง DDL ให้อยู่ในรูปแบบของ MetaData ที่เก็บอยู่ในส่วน Data Dicitionary ของฐานข้อมูล (MetaData ได้แก่ รายละเอียดที่บอกถึงโครงสร้างต่างๆ ของข้อมูล)

2.2.4.5 Application Programs Object Code

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงคำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม รวมทั้งคำสั่งในกลุ่มคำสั่ง DML ที่ส่งต่อมาจากส่วน Data Manipulation Language Procompiler ให้อยู่ในรูปของ Object Code ที่จะส่งต่อไปให้ Database Manger เพื่อกระทำกับข้อมูลในฐานข้อมูล

ทั้ง 5 ส่วนของโปรแกรม DBMS สามารถแสดงด้วยแผนภาพได้ดังรูปที่ 2.2-5



รูปที่ 2.2-5 5 ส่วนของโปรแกรม DBMS

โปรแกรม DBMS นี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาทางด้าน Data Independence ที่ไม่มีในระบบแฟ้มข้อมูล ดังนั้นจึงมีความเป็นอิสระจากทั้งตัว Hardware และตัวข้อมูลภายในฐานข้อมูล กล่าวถือ โปรแกรม DBMS จะมีการทำงานที่ไม่ขึ้นกับรูปแบบ (Platform) ของตัว Hardware ที่นำมาใช้กับระบบฐานข้อมูล รวมทั้งมีรูปแบบในการอ้างถึงข้อมูลที่ไม่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางกายภาพของข้อมูลด้วยการใช้ Query Language ในการติดต่อกับข้อมูลในฐานข้อมูลแทนคำสั่งของภาษาคอมพิวเตอร์ในยุคที่ 3 ส่งผลให้ผู้ใช้สามารถเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล โดยไม่จำเป็นต้องทราบถึงประเภทของข้อมูลหรือขนาดของข้อมูลนั้น หรือสามารถกำหนดลำดับที่ของ Field ในการแสดงผลได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงลำดับที่จริงของ Field นั้น

2.2.5 หน้าที่ของ DBMS

สำหรับหน้าที่ของโปรแกรม DBMS มีดังนี้

1. ทำหน้าที่แปลงคำสั่งที่ใช้จัดการกับข้อมูลภายในฐานข้อมูล ให้อยู่ในรูปแบบที่ฐานข้อมูลเข้าใจ
2. ทำหน้าที่ในการนำคำสั่งต่างๆ ซึ่งได้รับการแปลแล้ว ไปสั่งให้ฐานข้อมูลทำงาน เช่น การเรียกใช้ข้อมูล (Retrieve) การจัดเก็บข้อมูล (Update) การลบข้อมูล (Delete) การเพิ่มข้อมูล (Add) เป็นต้น
3. ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับข้อมูลภายในฐานข้อมูล โดยจะคอยตรวจสอบว่าคำสั่งใดที่สามารถทำงานได้ และคำสั่งใดที่ไม่สามารถทำงานได้
4. ทำหน้าที่รักษาความสัมพันธ์ของข้อมูลภายในฐานข้อมูลให้มีความถูกต้องอยู่เสมอ
5. ทำหน้าที่เก็บรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลภายในฐานข้อมูลไว้ใน Data Dictionary ซึ่งรายละเอียดเหล่านี้จึงมักจะถูกเรียกว่า “ข้อมูลของข้อมูล” (Metadata)
6. ทำหน้าที่ควบคุมให้ฐานข้อมูลทำงานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

2.2.6 Data Dictionary และ File Manager

ทุกฐานข้อมูลจะต้องมีส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลในลักษณะ Metadata ซึ่งเป็นข้อมูลที่บอกถึงรายละเอียดของตัวข้อมูลที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูล เช่น โครงสร้างของข้อมูล โครงสร้างของ Table โครงสร้างของ Index กฎที่ใช้ควบคุมความถูกต้องของข้อมูล (Integrity Rule) กฎที่ใช้ในการรักษาความปลอดภัยให้กับข้อมูล (Security Rule) ฯลฯ ข้อมูลเหล่านี้จัดเป็นข้อมูลที่มีความจำเป็นต่อโปรแกรม DBMS ในการตัดสินใจที่จะดำเนินการใดๆ กับฐานข้อมูล เช่น ข้อมูลที่เกี่ยวกับกฎที่ใช้ในการรักษาความปลอดภัยให้กับข้อมูล จะถูกนำมาใช้ในการพิจารณาให้สิทธิ์แก่ผู้ใช้ในการใช้งานฐานข้อมูล เป็นต้น สำหรับส่วนที่ใช้จัดเก็บข้อมูลในลักษณะของ Metadata นี้ ได้แก่ Data Dictionary หรือ Catalog

สำหรับ File Manager เป็นส่วนที่ทำหน้าที่บริหารและจัดการกับข้อมูลที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลในระดับกายภาพ (Physical Level)

2.2.7 ประโยชน์ของฐานข้อมูล

การจัดนำข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันมาใช้ร่วมกันเป็นฐานข้อมูลนั้น จะก่อให้เกิดประโยชน์ดังนี้

1. สามารถลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล (Data Redundancy) โดยไม่จำเป็นต้องจัดเก็บข้อมูลที่ซ้ำซ้อนกันไว้ในระบบแฟ้มข้อมูลของแต่ละหน่วยงานเหมือนเช่นเดิม แต่สามารถนำข้อมูลมาใช้ร่วมกันในคุณลักษณะ Integrated แทน
2. สามารถหลีกเลี่ยงความขัดแย้งของข้อมูล (Data Inconsistency) เนื่องจากไม่ต้องจัดเก็บข้อมูลที่ซ้ำซ้อนกันในหลายแฟ้มข้อมูล ดังนั้นการแก้ไขข้อมูลในแต่ละชุดจะไม่ก่อให้เกิดค่าที่แตกต่างกันได้
3. แต่ละหน่วยงานในองค์กร สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้
4. สามารถกำหนดให้ข้อมูลมีรูปแบบที่เป็นมาตรฐานเดียวกันได้ เพื่อให้ผู้ใช้ข้อมูลในฐานข้อมูลชุดเดียวกัน สามารถเข้าใจและสื่อสารถึงความหมายเดียวกัน
5. สามารถกำหนดระบบความปลอดภัยให้กับข้อมูลได้ โดยกำหนดระดับความสามารถในการเรียกใช้ข้อมูลของผู้ใช้แต่ละคน ให้แตกต่างกันตามความรับผิดชอบ
6. สามารถรักษาความถูกต้องของข้อมูลได้ โดยระบุกฎเกณฑ์ในการควบคุมความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการป้อนข้อมูลผิด
7. สามารถตอบสนองต่อความต้องการใช้ข้อมูลในหลายรูปแบบ
8. ทำให้ข้อมูลเป็นอิสระจากโปรแกรมที่ใช้งานข้อมูลนั้น (Data Independence) ซึ่งส่งผลให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถแก้ไขโครงสร้างของข้อมูล โดยไม่กระทบต่อโปรแกรมที่เรียกใช้งานข้อมูลนั้น เช่น ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนขนาดของ Field สำหรับระบบแฟ้มข้อมูลจะกระทำได้ยาก เนื่องจากต้องเปลี่ยนแปลงตัวโปรแกรมที่อ้างถึง Field นั้นทั้งหมด ซึ่งต่างจากการใช้ระบบฐานข้อมูล ที่การอ้างถึงข้อมูลจะไม่ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางกายภาพของข้อมูลจึงไม่ส่งผลให้ต้องแก้ไขโปรแกรมที่เรียกใช้ข้อมูลนั้นมากนัก

สรุป

การจัดเก็บข้อมูลภายในฐานข้อมูลจะแตกต่างจากการจัดเก็บข้อมูลของระบบแฟ้มข้อมูล เนื่องจากในฐานข้อมูลนั้น ข้อมูลต่างๆ ที่สัมพันธ์กันจะถูกจัดเก็บไว้ในที่เดียวกัน ซึ่งต่างจากระบบแฟ้มข้อมูลที่ซึ่งข้อมูลต่างๆ จะถูกแยกจัดเก็บอยู่ในแต่ละแฟ้มข้อมูล ซึ่งด้วยวิธีนี้ส่งผลให้ข้อมูลภายในฐานข้อมูล สามารถที่จะแก้ไขปัญหาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการซ้ำซ้อนของข้อมูล ความไม่ถูกต้องของข้อมูล และการสูญเสียความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ซึ่งเกิดขึ้นกับระบบแฟ้มข้อมูลได้ ในระบบฐานข้อมูลจะเกี่ยวข้องกับข้อมูลฮาร์ดแวร์ ซอฟท์แวร์ และผู้ใช้ระบบฐานข้อมูล ข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูล

จะมีความเป็นอิสระจากโปรแกรมที่เรียกใช้ จึงสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขโครงสร้างของข้อมูลได้ง่าย สำหรับโปรแกรมที่ใช้ร่วมกับฐานข้อมูล ได้แก่ โปรแกรม DBMS ซึ่งทำหน้าที่ในการนำคำสั่งที่ใช้สำหรับเรียกใช้ข้อมูลของผู้ใช้ในระดับต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Naive Users, Application Programmers, Sophisticated Users และ Database Administrators มาแปลงเป็นการกระทำต่างๆ กับข้อมูลในฐานข้อมูล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามต้องการ

2.2.8 วงจรชีวิตของการพัฒนาระบบฐานข้อมูล (Database Life Cycle)

ฐานข้อมูลนับเป็นส่วนที่สำคัญสำหรับระบบงานสารสนเทศที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล (Computer-Based Information System) เนื่องจากเป็นส่วนที่ใช้จัดเก็บข้อมูลต่างๆ ซึ่งใช้เป็น Input ของทุกระบบงานสารสนเทศในการออกแบบระบบงานสานสนเทศ จึงต้องให้ความสำคัญกับการออกแบบฐานข้อมูลเช่นเดียวกับการออกแบบในส่วนประมวลผล

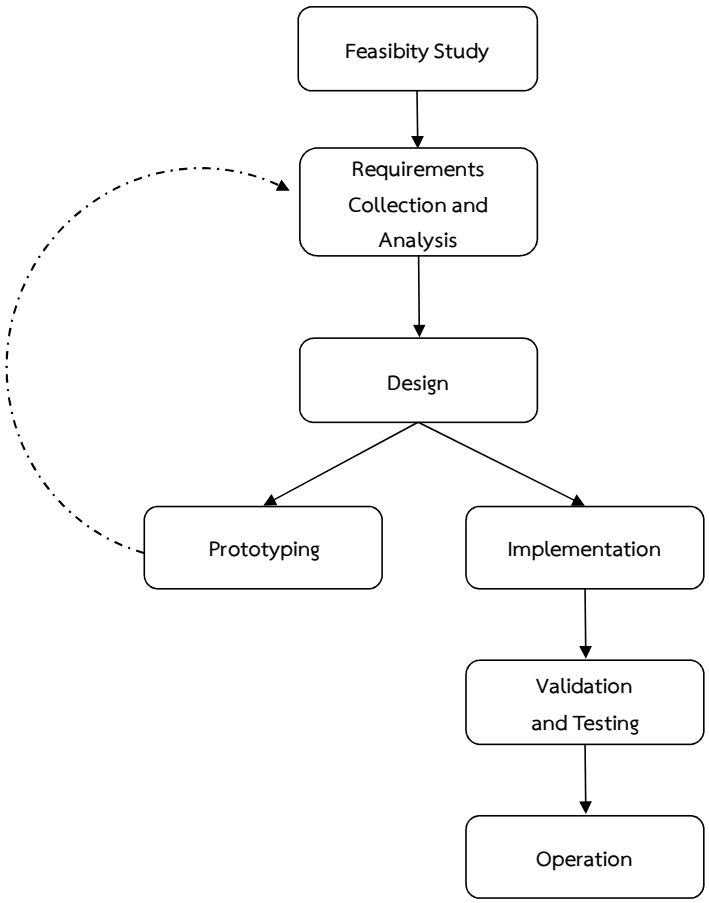
2.2.8.1 วงจรชีวิตของการพัฒนาระบบงานสารสนเทศ (System Development Life Cycle)

ในการพัฒนาระบบงานสารสนเทศ โดยทั่วไปจะดำเนินตามขั้นตอนต่างๆ ที่กำหนดไว้ใน System Development Life Cycle (SDLC) แต่เนื่องจาก SDLC มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี (Methodology) ดังนั้น จำนวนและรายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ จึงแตกต่างกันไปตาม Methodology ของ SDLC ที่นักพัฒนาระบบงานสารสนเทศเลือกใช้ แต่อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนต่างๆ ของแต่ละ Methodology ก็ไม่ได้แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง เนื่องจาก Methodology ของ SDLC ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. Feasibility Study เป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการประเมินต้นทุนของทางเลือกต่างๆ ของการพัฒนาระบบงานสารสนเทศ เพื่อพิจารณาเลือกทางเลือกในการพัฒนาระบบงานสารสนเทศที่มีความคุ้มค่ามากที่สุด
2. Requirement Collection and Analysis เป็นขั้นตอนในการจัดเก็บรวบรวมความต้องการต่างๆ จากผู้ใช้ (User's Requirement) มาวิเคราะห์ เพื่อจำแนกถึงปัญหา และความต้องการออกเป็นกลุ่ม เพื่อใช้กำหนดขอบเขตให้กับระบบงานสารสนเทศที่จะพัฒนาขึ้น
3. Design เป็นขั้นตอนที่นำเอาปัญหา และความต้องการด้านต่างๆ ที่จำแนกไว้ในขั้นตอนที่ 2 มาใช้ในการออกแบบระบบงานสารสนเทศ

4. Prototyping เป็นขั้นตอนที่นำเอาส่วนต่างๆ ที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนที่ 3 มาพัฒนาเป็นต้นแบบของระบบงาน (Prototype) เพื่อนำไปทดลองใช้หาข้อผิดพลาดของระบบงานก่อนนำไปใช้งานจริง ในกรณีที่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นรายละเอียดของข้อผิดพลาดต่างๆ จะถูกนำไปเป็นข้อมูลสำหรับขั้นตอนที่ 2 ได้ใหม่
5. Implementation เป็นขั้นตอนที่นำเอาระบบงานสารสนเทศที่พัฒนาเสร็จเรียบร้อยไปทดลองใช้งาน
6. Validation and Testing เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้องของระบบงานสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น
7. Operation เป็นขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งแน่ใจแล้วว่า ระบบงานสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องจึงเริ่มนำข้อมูลต่างๆ มาใช้งานจริง

สำหรับทั้ง 7 ขั้นตอนนี้ สามารถแสดงด้วยแผนภาพได้ดังรูปที่ 2.2-6



รูปที่ 2.2-6 ขั้นตอนต่างๆ ในการพัฒนาระบบงานสารสนเทศของ SDLC

ในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาระบบงานสารสนเทศตาม SDLC นี้ จะไม่ได้แยกออกจากกันอย่างชัดเจน แต่ผลของการทำงานในขั้นตอนหนึ่ง จะสามารถส่งผลต่อการทำงานในขั้นตอนที่ผ่านมาได้ ซึ่งข้อมูลที่สะท้อนกลับมา (Feedback) ระหว่างขั้นตอนเหล่านี้ สามารถนำไปใช้ปรับปรุง และแก้ไขข้อผิดพลาดในการออกแบบของขั้นตอนที่ผ่านมาได้เป็นอย่างดี

ในการพัฒนาระบบงานสารสนเทศขึ้นใช้งาน Zachman (1987) ได้กล่าวถึงสิ่งที่ต้องพิจารณาถึงไว้ 3 ส่วนด้วยกันคือ ข้อมูล ส่วนประมวลผล และระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปข้อมูลจะเป็นส่วนที่นักพัฒนาระบบงานสารสนเทศ จะต้องให้ความสำคัญมากกว่าส่วนอื่นๆ เนื่องจากข้อมูลเป็นทั้ง Input และ Output ของส่วนประมวลผล

ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องออกแบบในส่วนของข้อมูล ก่อนที่จะออกแบบในส่วนประมวลผล ถึงแม้ว่าในแง่ความเป็นจริงแล้ว การออกแบบทั้งในส่วนของข้อมูลและส่วนประมวลผล มักจะดำเนินการควบคู่กันไป เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้อง และความสมบูรณ์ของแต่ละส่วน แต่อย่างไรก็ตาม การออกแบบในส่วนของข้อมูลก็มักจะเริ่มต้นก่อนส่วนประมวลผลเสมอ

ในขั้นตอนของการนำไปใช้งาน (Implementation) ก็เช่นเดียวกัน ส่วนของข้อมูลจะต้องถูกพัฒนาจนสามารถนำไปใช้งานได้จริงก่อน จึงจะสามารถเริ่มต้นพัฒนาในส่วนของโปรแกรมต่างๆ ที่ใช้ในการประมวลผลได้ เนื่องจากโปรแกรมโดยทั่วไปมักจะต้องมีการอ้างถึงส่วนของข้อมูล สำหรับส่วนระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปมักจะถูกออกแบบ และพัฒนาหลังจาก 2 ส่วนข้างต้น เนื่องจากระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์จะเกี่ยวข้องกับการออกแบบในระดับกายภาพ (Physical Design) ที่เป็นการออกแบบในขั้นตอนสุดท้าย เพื่อนำระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานจริง

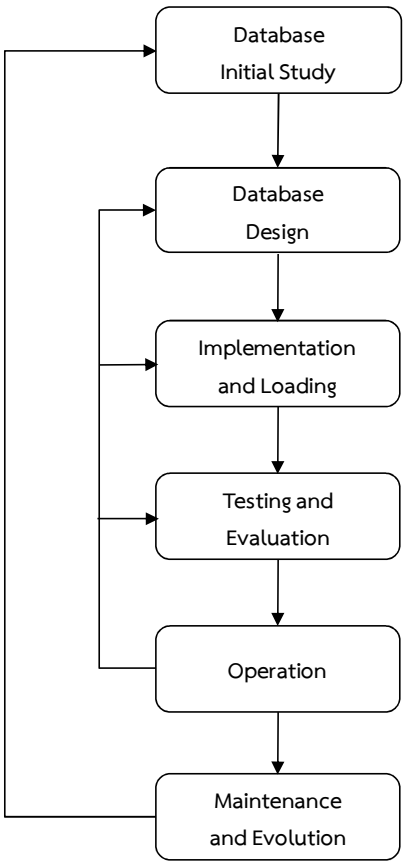
2.2.8.2 วงจรชีวิตของการพัฒนาระบบฐานข้อมูล (Database Life Cycle)

วงจรชีวิตของการพัฒนาระบบฐานข้อมูล (Database Life Cycle) หรือที่เรียกอย่างย่อว่า DBLC เป็นขั้นตอนที่กำหนดขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลขึ้นใช้งาน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. Database Initial Study เป็นขั้นตอนแรกของการพัฒนาระบบฐานข้อมูลขึ้นใช้งาน ในขั้นตอนนี้ผู้พัฒนาระบบฐานข้อมูลจะต้องวิเคราะห์ความต้องการต่างๆ ของผู้ใช้ เพื่อกำหนดจุดมุ่งหมาย ปัญหา ขอบเขต และกฎระเบียบต่างๆ ของระบบฐานข้อมูลที่จะพัฒนาขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบฐานข้อมูลในขั้นตอนต่อไป

2. Database Design เป็นขั้นตอนที่นำเอารายละเอียดต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนแรกมากำหนดเป็นแนวทางในการออกแบบฐานข้อมูลขึ้นใช้งาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ การออกแบบฐานข้อมูลในระดับ Conceptual, Logical และ Physical
3. Implementation and Loading เป็นขั้นตอนที่นำเอาโครงร่างต่างๆ ของระบบฐานข้อมูลที่ได้จากการออกแบบในขั้นตอน Database Design มาสร้างเป็นตัวฐานข้อมูลที่จะใช้เก็บข้อมูลจริง รวมทั้งแปลงข้อมูลของระบบงานเดิม ให้สามารถนำมาใช้งานในระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นใหม่ ในกรณีที่ระบบเดิมมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล
4. Testing and Evaluation เป็นขั้นตอนของการทดสอบระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้น เพื่อหาข้อผิดพลาดต่างๆ รวมทั้งทำการประเมินความสามารถของระบบฐานข้อมูลนั้น เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงให้ระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้น สามารถรองรับความต้องการของผู้ใช้ในด้านต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง และครบถ้วน
5. Operation เป็นขั้นตอนที่นำเอาระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว ไปใช้งานจริง
6. Maintenance and Evolution เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งานระบบฐานข้อมูลจริง เพื่อบำรุงรักษาให้ระบบฐานข้อมูลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นขั้นตอนของการแก้ไข และปรับปรุงระบบฐานข้อมูลในกรณีที่มีการเพิ่ม หรือเปลี่ยนแปลงความต้องการของผู้ใช้ ที่ส่งผลกระทบต่อระบบฐานข้อมูล

ซึ่งทั้ง 6 ขั้นตอนนี้ สามารถแสดงด้วยแผนภาพได้ดังรูปที่ 2.2-7



รูปที่ 2.2-7 วงจรชีวิตของการพัฒนาระบบฐานข้อมูล DBLC

การทำงานของแต่ละขั้นตอนในการออกแบบฐานข้อมูลตามวงจรชีวิตของการพัฒนาระบบฐานข้อมูลนี้ จะมีลักษณเช่นเดียวกับวงจรชีวิตของการพัฒนาระบบงานสารสนเทศ กล่าวคือ รายละเอียดที่ได้จากแต่ละขั้นตอนการพัฒนาระบบฐานข้อมูล สามารถที่จะสะท้อนกลับไปยังทำงานในขั้นตอนก่อนหน้า ซึ่งจะช่วยปรับปรุง และแก้ไขข้อผิดพลาดในการออกแบบของขั้นตอนที่ผ่านมาได้เป็นอย่างดี

2.2.9 ขั้นตอนของการออกแบบฐานข้อมูล

การออกแบบฐานข้อมูล สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. **<u>การออกแบบฐานข้อมูลในระดับ Conceptual</u>** การออกแบบฐานข้อมูลในระดับนี้จะเป็นการกำหนดโครงร่าง (Schema) เริ่มต้น ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายถึงโครงสร้างหลักๆ ของข้อมูลภายในระบบฐานข้อมูล โดยไม่คำนึงถึงฐานข้อมูลที่จะนำมาใช้ ว่าจะมีโครงสร้างข้อมูลเป็นแบบ Hierarchical หรือ Network หรือ Relational ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบในระดับนี้ จึงเป็นแบบจำลองของข้อมูลที่ประกอบด้วยโครงร่างที่อยู่ใน

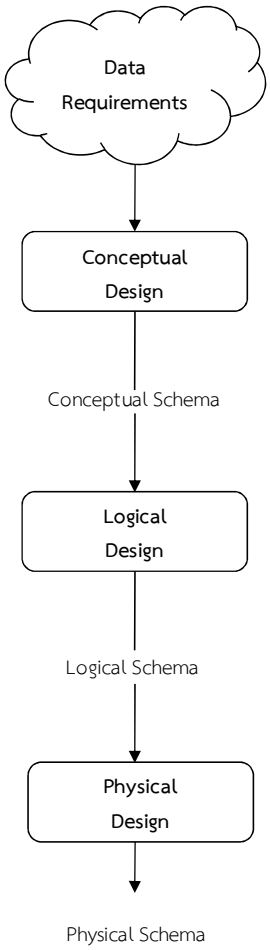
รูปแบบของแนวความคิด ซึ่งยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง ดังนั้น แบบจำลองของข้อมูลที่ได้จากการออกแบบในขั้นตอนนี้จึงมักจะถูกเรียกว่า Conceptual Schema แต่อย่างไรก็ตามการออกแบบในระดับนี้กลับมีความสำคัญ เนื่องจากโครงสร้างที่ได้จากการออกแบบในขั้นตอนนี้ จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนอื่นๆ ต่อไป ดังนั้นหนังสือทางด้านระบบฐานข้อมูลส่วนใหญ่ จึงมักจะกล่าวถึงการออกแบบฐานข้อมูลในระดับนี้

2. **<u>การออกแบบฐานข้อมูลในระดับ Logical</u>** การออกแบบในระดับนี้ จะเป็นระดับที่ต่อเนื่องมาจากระดับ Conceptual กล่าวคือการออกแบบฐานข้อมูลในระดับนี้ จะอาศัยโครงร่างที่จากการออกแบบในระดับ Conceptual มาปรับปรุงให้มีโครงสร้างที่เป็นไปตามโครงสร้างข้อมูลของฐานข้อมูลที่จะนำมาใช้งาน โดยจะยังไม่คำนึงถึงผลิตภัณฑ์ทางด้านฐานข้อมูลที่จะนำมาใช้งานกับระบบฐานข้อมูลที่ออกแบบขึ้นนั้น การออกแบบฐานข้อมูลในขั้นตอนนี้ จำเป็นที่จะต้องปรับปรุงโครงสร้างบางอย่างใน Conceptual Schema ให้สอดคล้องกับโครงสร้างข้อมูลของฐานข้อมูลที่จะนำมาใช้งาน ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากบางโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้ใน Conceptual Schema จะไม่สามารถนำมาใช้กับโครงสร้างข้อมูลของฐานข้อมูลที่เลือกมาใช้งานได้ นอกจากนี้ ในระบบงานที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งมักจะนิยมแตกความต้องการของผู้ใช้ ออกเป็นความต้องการย่อยๆ แล้วจึงนำแต่ละความต้องการนั้น ไปกำหนดเป็น Conceptual Schema ซึ่งจะส่งผลให้ระบบงานนั้นจะประกอบด้วย Conceptual Schema มากกว่า 1 โครงร่าง ดังนั้น การออกแบบในขั้นตอนนี้ จึงต้องมีการนำเอาแต่ละ Conceptual Schema นั้น มาประกอบกันด้วยการออกแบบในขั้นตอนนี้ เนื่องจากเป็นขั้นตอนก่อนที่จะนำเอาโครงร่างที่ออกแบบขึ้นไปสร้างเป็นฐานข้อมูลจริง ดังนั้น ในขั้นตอนนี้ จึงต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของโครงร่างที่ออกแบบขึ้นกับส่วนประมวลต่างๆ ที่ออกแบบไว้ รวมทั้งจะต้องแปลงโครงร่างต่างๆ ให้อยู่ในรูปของ Relation ในกรณีที่ฐานข้อมูลที่เลือกใช้ มีโครงสร้างข้อมูลแบบ Relational

3. **<u>การออกแบบฐานข้อมูลในระดับ Physical</u>** การออกแบบในระดับนี้ จะเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการออกแบบฐานข้อมูล การออกแบบฐานข้อมูลในขั้นตอนนี้ จะเป็นการปรับปรุงโครงสร้างของโครงร่างที่ออกแบบขึ้นเช่นเดียวกัน แต่การปรับปรุงโครงสร้างของการออกแบบฐานข้อมูลในขั้นตอนนี้ จะเป็นการนำเอาโครงร่างที่ได้จากการออกแบบในระดับ Logical มาปรับปรุงโครงสร้างให้เป็นไปตามโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ทางด้านฐานข้อมูล ที่จะนำมาใช้งานแทน เนื่องจากแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีโครงสร้างในรายละเอียด

ที่แตกต่างกัน เช่น ประเภทของข้อมูล โครงสร้างในการจัดเก็บ และวิธีการในการเข้าถึงข้อมูล เป็นต้น สำหรับผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบในระดับนี้ จะได้แก่ โครงสร้างของระบบฐานข้อมูล ที่สามารถนำไปใช้ในการสร้างตัวฐานข้อมูลจริง

ซึ่งทั้ง 3 ระดับสามารถแสดงด้วยแผนภาพได้ ดังรูปที่ 2.2-8



รูปที่ 2.2-8 ขั้นตอนของการออกแบบฐานข้อมูล

2.3 ข้อมูลจากแหล่งภายนอกประเทศที่ให้บริการ

2.3.1 โครงสร้างข้อมูลจากเครือข่ายนักวิจัย

ในการพัฒนาโครงการ “ศูนย์วิจัยข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ” ได้อาศัยการทำงานของโครงการวิจัยในกลุ่มงานที่ 3 ด้านเทคนิคของโครงการ “การบริหารจัดการแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย (Spearhead) ด้านสังคม แผนงาน การบริหารจัดการน้ำ” เป็นฐานในการศึกษาโครงสร้างของฐานข้อมูลที่เหมาะสมและจำเป็นสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ โดยการศึกษาประกอบด้วย 8 โครงการย่อย ที่มีรายละเอียดของโครงสร้างข้อมูลนำเข้าดังต่อไปนี้

2.3.1.1 โครงการ "การพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนรายสองสัปดาห์เพื่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา"

พื้นที่ : พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ตารางที่ 2.3-1 ข้อมูล Input โครงการ "การพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนรายสองสัปดาห์เพื่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา"

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา	แหล่งที่มา
1. สถานีตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยา	แบบกริด/สถานี	รายวัน	1998-2017	กรมอุตุนิยมวิทยา
2. ข้อมูลคาดการณ์สภาพอากาศจากแบบจำลองในโครงการ S2S เช่น ECMWF	แบบกริด	20x20 กม.	1998-ปัจจุบัน	National Centers for Environmental Prediction (NCEP)
3. แบบจำลองที่เป็น Open data เช่น CFSV2	แบบกริด	20x20 กม.	1998-ปัจจุบัน	National Centers for Environmental Prediction (NCEP)

2.3.1.2 โครงการ "กลยุทธ์การปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับพัฒนาการบริหารจัดการน้ำต้นทุนในระยะยาวของเขื่อนภูมิพล (ระยะที่ 1)"

พื้นที่ : เหนือและใต้เขื่อนภูมิพลพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบน มีพื้นที่ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดอุตรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร และนครสวรรค์ จนกระทั่งถึงบริเวณปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของลุ่มน้ำปิงตอนล่าง ลุ่มน้ำยมตอนล่าง และลุ่มน้ำน่านตอนล่าง

ตารางที่ 2.3-2 ข้อมูล Input โครงการ “กลยุทธ์การปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับพัฒนาการบริหารจัดการน้ำต้นทุนในระยะยาวของเขื่อนภูมิพล (ระยะที่ 1)”

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลอุตุ–อุทกวิทยารายวันจากสถานีตรวจวัด				
1.1 ข้อมูลปริมาณฝน (มม.)	ข้อมูลสถิติ	รายคาบ/รายวัน	1990-2019	กรมอุตุนิยมวิทยา
1.2 ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (องศา C)	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	1990-2019	กรมอุตุนิยมวิทยา
1.3 ข้อมูลการระเหยของน้ำ (มม.)	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	1990-2019	กรมอุตุนิยมวิทยา
1.4 ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	1990-2019	กรมอุตุนิยมวิทยา
1.5 ความครึ้มของเมฆ (อ๊อกต้า)	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	1990-2019	กรมอุตุนิยมวิทยา
1.6 ความเร็วลม (น๊อต)	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	1990-2019	กรมอุตุนิยมวิทยา
1.7 ความกดอากาศ (ปาสคาล)	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	1990-2019	กรมอุตุนิยมวิทยา
1.8 จำนวนชั่วโมงแสงแดด (ชั่วโมงต่อวัน)	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	1990-2019	กรมอุตุนิยมวิทยา
1.9 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (องศา C)	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	1990-2019	กรมอุตุนิยมวิทยา
1.10 ทิศทางลม	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	1990-2019	กรมอุตุนิยมวิทยา
1.11 ข้อมูลปริมาณฝน (มม.)	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	อดีต-2562	กรมชลประทาน
1.12 ข้อมูลน้ำท่า	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	อดีต-2562	กรมชลประทาน
2. ข้อมูลผลการพยากรณ์อุตุวิทยารายวันในอนาคตจากฐานข้อมูล SEALCLID/CORDEX–SEA ภายใต้ภาพฉาย RCP4.5 และ RCP8.5	แบบกริด	25x25กม.	ในช่วง พ.ศ. 2513–2548 (ปีฐาน) และ พ.ศ. 2549–2642 (การพยากรณ์)	สกสว. และ Asia Pacific Network for Global Change Research (APN)

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา	แหล่งที่มา
3. ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน	ข้อมูลเชิงพื้นที่	ครั้ง	ล่าสุด	กรมชลประทาน
4. ข้อมูลลุ่มน้ำและลุ่มน้ำย่อย	ข้อมูลเชิงพื้นที่	ครั้ง	ล่าสุด	กรมชลประทาน
5. ข้อมูลเขื่อนที่เกี่ยวข้อง				
5.1 ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	อดีต – 2562	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
5.2 ข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกัก	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	อดีต – 2562	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
5.3 ข้อมูลการระเหยของน้ำ	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	อดีต – 2562	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
5.4 ข้อมูลการระบายน้ำ	ข้อมูลสถิติา	รายวัน	อดีต – 2562	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
5.5 ข้อมูลการสูบน้ำกลับ	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	อดีต – 2562	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
5.6 ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	อดีต – 2562	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
5.7 ข้อมูลลักษณะกายภาพเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์และ RULE CURVE	ข้อมูลกราฟ	ครั้ง	ล่าสุด	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
5.8 ข้อมูลการจัดสรรน้ำรายวัน เขื่อนแม่กวงอุดมธารา เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนเจ้าพระยา	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	อดีต – 2562	กรมชลประทาน

2.3.1.3 โครงการ “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง (ระยะที่ 1)”

พื้นที่ : 1) พื้นที่ราบภาคกลางตอนบน มีพื้นที่ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดสุโขทัย พิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร และนครสวรรค์ จนกระทั่งถึงบริเวณปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของลุ่มน้ำปิงตอนล่าง ลุ่มน้ำยมตอนล่างและลุ่มน้ำน่าน

ตอนล่าง 2) พื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างครอบคลุมพื้นที่ตอนล่างของจังหวัดนครสวรรค์ตั้งแต่บริเวณปากน้ำโพจนถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดสมุทรปราการครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาและท่าจีน

ตารางที่ 2.3-3 ข้อมูล Input โครงการ “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง (ระยะที่ 1)”

รายการข้อมูล	**รูปแบบ**	**ความถี่/ละเอียดของข้อมูล**	**ช่วงเวลา**	**แหล่งที่มา**
1. ปริมาณความต้องการน้ำในภาคการเกษตร	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ปี	แบบสอบถาม/แบบจำลอง
2. ปริมาณการใช้น้ำพืช	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ปี	แบบสอบถาม/แบบจำลอง
3. การสังเคราะห์ผล				
3.1 ปริมาณความต้องการน้ำ	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ปี	แบบสอบถาม/แบบจำลอง
3.2 ปริมาณการใช้น้ำ	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ปี	แบบสอบถาม/แบบจำลอง
3.3 ปริมาณน้ำที่จัดสรร	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ปี	แบบสอบถาม/แบบจำลอง
4. ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ปี	กรมพัฒนาที่ดิน
5. ความต้องการน้ำประปาในภาคชุมชน	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ปี	การประปาส่วนภูมิภาค
6. ความต้องการน้ำประปาในภาคอุตสาหกรรม	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ปี	การประปาส่วนภูมิภาค
7. ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ย้อนหลัง 14 ปี (ปี 2529-2542)	(สุจริต, 2549)
8. ปริมาณความต้องการน้ำเพื่ออุตสาหกรรม	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ปี	กรมโรงงานอุตสาหกรรม
9. ความต้องการใช้น้ำ	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ปี	(ธงชัย, 2540) และ

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา	แหล่งที่มา
เพื่อการท่องเที่ยว				(กรมโยธาธิการ, 2536)
10. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (แบบสำรวจปริมาณการใช้น้ำ)	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ย้อนหลัง 1 ปี	แบบสอบถาม/แบบจำลอง

2.3.1.4 โครงการ "ศึกษา และประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำท่า น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง"

พื้นที่ : พื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง

ตารางที่ 2.3-4 ข้อมูล Input โครงการ "ศึกษา และประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำท่า น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง"

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา	แหล่งที่มา
1. ประเมินปริมาณน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำบาดาล				
1.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพอุตุนิยมวิทยา		0.1x0.1 degree	ในช่วงเวลา พ.ศ. 2552 – 2561	กรมอุตุนิยมวิทยา
1.2 ข้อมูลฝนจากภาพถ่านดาวเทียม GSMAP	รายวัน	0.1x0.1 degree	ในช่วงเวลา พ.ศ. 2552 – 2561	JAXA
1.3 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพอุทกวิทยา		0.1x0.1 degree	ในช่วงเวลา พ.ศ. 2552 – 2561	กรมชลประทาน
1.4 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพอุทกธรณีวิทยา		0.1x0.1 degree	ในช่วงเวลา พ.ศ. 2552 – 2561	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
1.5 ข้อมูลปริมาณน้ำจัดสรรตามแผนการจัดสรรน้ำฤดูแล้ง และฤดูฝน		รายฤดู	ในช่วงเวลา พ.ศ. 2552 – 2561	กรมชลประทาน
1.6 ข้อมูลปริมาณน้ำ		รายวัน	ในช่วงเวลา	กรมชลประทาน

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา	แหล่งที่มา
ผ่านประตูระบายน้ำสายหลัก			พ.ศ. 2552 – 2561	
1.7 ข้อมูลการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ		รายปี	ในช่วงเวลา พ.ศ. 2552 – 2561	สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร
1.8 ข้อมูลแผน และผลการเพาะปลูกพืชในแต่ละโครงการชลประทาน		รายสัปดาห์, รายฤดู	ในช่วงเวลา พ.ศ. 2552 – 2561	กรมชลประทาน
1.9 แผนที่การใช้ที่ดิน			พ.ศ. 2550, พ.ศ. 2559, พ.ศ.2562	กรมพัฒนาที่ดิน
1.10 บัญชีแหล่งน้ำขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก			พ.ศ. 2562	สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ
1.11 แผนที่แหล่งน้ำธรรมชาติ ขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก	แผนที่			กรมพัฒนาที่ดิน กรมชลประทานและสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)
1.12 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ และกลาง		รายวัน	พ.ศ.2552 - 2562	กรมชลประทาน
1.13 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรน้ำของการประปา		รายเดือน	ในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2561	การประปาส่วนภูมิภาค การประปานครหลวง
1.14 ข้อมูลการใช้น้ำบาดาลจากบ่อบาดาลราชการ และเอกชน		รายปี	ในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2559	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
1.15 ข้อมูลประปาหมู่บ้าน	แผนที่ shape file	รายปี	พ.ศ. 2548	กรมทรัพยากรน้ำ

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา	แหล่งที่มา
1.16 ข้อมูลประปาหมู่บ้านจากฐานข้อมูล กชช2.ค		รายปี	พ.ศ.2560	กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น
1.17 ข้อมูลประปาเทศบาล		รายปี	พ.ศ. 2560	กรมทรัพยากรน้ำ
1.18 ข้อมูลบ่อน้ำตื้นและบ่อบาดาลจากฐานข้อมูลกชช2.ค		รายปี	พ.ศ.2560	กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น
1.19 ข้อมูลการสูบน้ำของโรงงาน และการประปา		รายปี	พ.ศ.2552 - 2562	กรมชลประทาน
1.20 ข้อมูลการสูบน้ำของโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า		รายปี	พ.ศ.2552 - 2562	กรมชลประทาน
2. ประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า	แบบกริด (5 km x 5 km)	รายวัน	ในช่วงเวลา พ.ศ. 2552 – 2561	-
2.1 ข้อมูลฝนเชิงพื้นที่รายวัน			ในช่วงเวลา พ.ศ. 2552 – 2561	กรมอุตุนิยมวิทยา
2.2 ข้อมูลสภาพอุทกวิทยา			ในช่วงเวลา พ.ศ. 2552 – 2561	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
2.3 สอบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า	แบบกริด (5 km x 5 km)	รายเดือน	ในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2556	-
2.4 สอบทานแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า	แบบกริด (5 km x 5 km)	รายเดือน	ในช่วงปี พ.ศ. 2557 - 2561	-
3. ข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุนจากแหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำบาดาล				

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา	แหล่งที่มา
3.1 จัดทำระบบฐานข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุนจากแหล่งต่างๆ			ในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2561	

หมายเหตุ

1) รูปแบบ ได้แก่ ข้อมูลสถิติ, แบบกริด (พื้นที่xพื้นที่), แบบแผนที่, แบบสำรวจสอบถาม, แบบจำลอง เป็นต้น
2) ความถี่/ความละเอียด ได้แก่ รายชั่วโมง, รายวัน, รายเดือน, เป็นครั้ง เป็นต้น
3) ช่วงเวลา ได้แก่ คาบเวลาในการศึกษา
4) แหล่งที่มา ได้แก่ แหล่งที่ได้รับข้อมูล หรือแหล่งผลิตข้อมูล

2.3.1.5 โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”

ตารางที่ 2.3-5 ข้อมูล Input โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	ในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2561	กรมอุตุนิยมวิทยา
2. ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา				
2.1 ข้อมูลการจัดสรรน้ำ	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	ในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2561	กรมชลประทาน
2.2 ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาน้ำบาดาลและประมาณการใช้น้ำ	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	ในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2561	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
3. ข้อมูลสภาพอุตุนิยมวิทยารายวัน	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	ช่วงปี พ.ศ. 2524 – 2560	กรมอุตุนิยมวิทยา
4. ข้อมูลปริมาณน้ำท่า	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	ช่วงปี พ.ศ. 2550 – 2560	กรมชลประทาน

5. ข้อมูลประชากรรายตำบล	ข้อมูลสถิติ	รายปี	ในปี 2549 – 2559	กรมการปกครอง
6. คำนวณความต้องการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคในปัจจุบัน	ข้อมูลสถิติ	รายปี	ในปี 2549 – 2559	แบบจำลอง
7. ข้อมูลพื้นฐานของโรงงานอุตสาหกรรม	ข้อมูลสถิติ	รายปี	พ.ศ. 2549 – 2559	กรมโรงงานอุตสาหกรรม
8. การประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร	ข้อมูลสถิติ	รายปี	ในช่วงปี พ.ศ. 2548–2560	สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร
8.1 ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในเขตและนอกเขตชลประทาน	ข้อมูลสถิติ	รายปี	ในช่วงปี พ.ศ. 2548–2560	สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

2.3.1.6 โครงการ “การศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการความเสี่ยงน้ำท่วมของลุ่มน้ำปิง-น่าน และเจ้าพระยาเชิงกลยุทธ์”

พื้นที่ : ลุ่มน้ำภาคกลางตอนบน

ตารางที่ 2.3-6 ข้อมูล Input โครงการ “การศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการความเสี่ยงน้ำท่วมของลุ่มน้ำปิง-น่าน และเจ้าพระยาเชิงกลยุทธ์”

รายการข้อมูล	**รูปแบบ**	**ความถี่/ละเอียดของข้อมูล**	**ช่วงเวลา**	**แหล่งที่มา**
1. วิเคราะห์ข้อมูลด้านอุตุ-อุทกวิทยา				
1.1 ข้อมูลน้ำฝน น้ำท่า	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี	กรมอุตุนิยมวิทยา
1.2 ข้อมูลน้ำท่า	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี	กรมชลประทาน
2. ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ	ข้อมูลเชิงพื้นที่	ครั้ง	ล่าสุด	NASA DEM SRTM GDEM V.3
3. ทำการปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี	แบบจำลอง

5. จัดทำแผนที่น้ำท่วม				
5.1 แผนที่ความรุนแรงน้ำท่วม	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี	แบบจำลอง
5.2 แผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วม	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี	แบบจำลอง

2.3.1.7 โครงการ “การบูรณาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง”

พื้นที่ : ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ตารางที่ 2.3-7 ข้อมูล Input โครงการ “การบูรณาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง”

รายการข้อมูล	**รูปแบบ**	**ความถี่/ละเอียดของข้อมูล**	**ช่วงเวลา**	**แหล่งที่มา**
1. ข้อมูลทางอุตุ-อุทกวิทยา ในลุ่มน้ำจ้าพระยา				
1.1 ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี	กรมอุตุนิยมวิทยา
1.2 ข้อมูลอุทกวิทยา	ข้อมูลสถิติ	รายวัน	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี	กรมชลประทาน
2. ภาพถ่ายดาวเทียม	แบบกริด	0.25x0.25km.	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี	GISTDA
3. วิเคราะห์ลักษณะของฝนในลุ่มน้ำ	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี	แบบจำลอง
4. วิเคราะห์ดัชนีบ่งชี้ภัยแล้ง	ข้อมูลสถิติ	ครั้ง	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี	แบบจำลอง
4.1 ความแห้งแล้งแบบรายสัปดาห์และแบบรายเดือน	ข้อมูลสถิติ	รายสัปดาห์/รายเดือน	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี	แบบจำลอง
4.2 ค่าความแตกต่างของฝน	ข้อมูลสถิติ	รายสัปดาห์/รายเดือน	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี	แบบจำลอง
4.3 อัตราการไหลของน้ำท่า	ข้อมูลสถิติ	รายสัปดาห์/รายเดือน	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี	แบบจำลอง
4.4 ความชื้นที่ขาด	ข้อมูลสถิติ	รายสัปดาห์/	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง	แบบจำลอง

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา	แหล่งที่มา
แคลน		รายเดือน	10 ปี	
5. ประเมินดัชนีและความเสียหายของภัยแล้งในอนาคต	ข้อมูลสถิติ	รายสัปดาห์/รายเดือน	ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี	แบบจำลอง

2.3.1.8 โครงการ “การประเมินความเสี่ยงของน้ำท่วมและน้ำแล้ง”

พื้นที่ : ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ตารางที่ 2.3-8 ข้อมูล Input โครงการ “การประเมินความเสี่ยงของน้ำท่วมและน้ำแล้ง”

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลความเสียหายจากภาคสนาม	**แบบสอบถาม**	**1 ครั้ง**	**เหตุการณ์ในอดีต ช่วง 10 ปี**	**การสำรวจ**
1.1 ความเสียหายด้านเกษตร	แบบสอบถาม	1 ครั้ง	เหตุการณ์ในอดีต ช่วง 10 ปี	การสำรวจ
1.2 ความเสียหายด้านอุตสาหกรรม	แบบสอบถาม	1 ครั้ง	เหตุการณ์ในอดีต ช่วง 10 ปี	การสำรวจ
1.3 ความเสียหายด้านภาคบริการ	แบบสอบถาม	1 ครั้ง	เหตุการณ์ในอดีต ช่วง 10 ปี	การสำรวจ
1.4 ความเสียหายด้านสังคม	แบบสอบถาม	1 ครั้ง	เหตุการณ์ในอดีต ช่วง 10 ปี	การสำรวจ
1.5 แผนที่ความเสียหายจากอุทกภัยและภัยแล้ง	ข้อมูลเชิงพื้นที่	รายปี	เหตุการณ์ในอดีต ช่วง 10 ปี	แบบจำลองใช้ข้อมูลจากแบบสำรวจประกอบการคำนวณ
2. ข้อมูลการใช้ที่ดิน	ข้อมูลเชิงพื้นที่	**รายปี**	**ข้อมูลอัพเดตปัจจุบัน**	**กรมพัฒนาที่ดิน**
2.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีต	ข้อมูลเชิงพื้นที่	รายปี	ข้อมูลอัพเดตปัจจุบัน	กรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 2.3-9 ความสัมพันธ์ของโครงสร้างข้อมูล

	รายการ	แหล่งที่มา	พยากรณ์ปริมาณฝน	การจัดการเขื่อน/อ่าง	ความต้องการน้ำ	น้ำต้นทุน	น้ำบาดาล	น้ำท่วม	น้ำแล้ง	ประเมินความเสี่ยง
			โครงการ “การพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนรายสองสัปดาห์ เพื่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา”	โครงการ “กลยุทธ์การปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับพัฒนาการบริหารจัดการน้ำต้นทุนในระยะยาวของเขื่อนภูมิพล (ระยะที่ 1)”	โครงการ “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง (ระยะที่ 1)”	โครงการ “ศึกษา และประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำฝน น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง”	โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”	โครงการ “การศึกษาด้านการจัดการน้ำท่วมของลุ่มน้ำภาคกลางตอนบนและจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย”	โครงการ “การบูรณาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง”	โครงการ “การประเมินความเสี่ยงของน้ำท่วมและน้ำแล้ง”
1	สถานีตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยา	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√		√	√	√	√	
2	ข้อมูลคาดการณ์สภาพอากาศจากแบบจำลองในโครงการ S2S เช่น ECMWF	National Centers for Environmental Prediction (NCEP)	√							
3	แบบจำลองที่เป็น Open data เช่น CFSV2	National Centers for Environmental Prediction (NCEP)	√							
4	ข้อมูลปริมาณฝน (มม.)	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√		√	√	√	√	
5	ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (องศา C)	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√						
6	ข้อมูลการระเหยของน้ำ (มม.)	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√						
7	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√						
8	ความครื้มของเมฆ (อ๊อกต้า)	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√						

ตารางที่ 2.3-9 ความสัมพันธ์ของโครงสร้างข้อมูล (ต่อ)

	รายการ	แหล่งที่มา	พยากรณ์ปริมาณฝน โครงการ “การพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนรายสองสัปดาห์ เพื่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา”	การจัดการเชื่อน/อ่างเก็บน้ำ โครงการ “กลยุทธ์การปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับพัฒนาการบริหารจัดการน้ำต้นทุนในระยะยาวของเขื่อนภูมิพล (ระยะที่ 1)”	ความต้องการน้ำ โครงการ “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพืชที่รายภาคกลาง (ระยะที่ 1)”	น้ำต้นทุน โครงการ “ศึกษา และประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำท่า น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง”	น้ำบาดาล โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”	น้ำท่วม โครงการ “การศึกษาด้านมาตรการจัดการน้ำท่วมของลุ่มน้ำภาคกลางตอนบนและจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย”	น้ำแล้ง โครงการ “การบูรณาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง”	ประเมินความเสี่ยง โครงการ “การประเมินความเสี่ยงของน้ำท่วมและน้ำแล้ง”
9	ความเร็วลม (น็อต)	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√						
10	ความกดอากาศ (ปาสคาล)	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√						
11	จำนวนชั่วโมงแสงแดด (ชั่วโมงต่อวัน)	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√						
12	อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (องศา C)	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√						
13	ทิศทางลม	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√						
14	ข้อมูลปริมาณฝน (มม.)	กรมชลประทาน		√						
15	ข้อมูลน้ำท่า	กรมชลประทาน		√			√	√	√	
16	ข้อมูลผลการพยากรณ์อุตุวิทยารายวันในอนาคตจากฐานข้อมูล SEALCLID/CORDEX–SEA ภายใต้ภาพฉาย RCP4.5 และ RCP8.5	สกสว. และ Asia Pacific Network for Global Change Research (APN)		√						
17	ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน	กรมชลประทาน		√						
18	ข้อมูลลุ่มน้ำและลุ่มน้ำย่อย	กรมชลประทาน		√						
19	ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย		√						
20	ข้อมูลปริมาณน้ำเก็บกัก	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย		√						

ตารางที่ 2.3-9 ความสัมพันธ์ของโครงสร้างข้อมูล (ต่อ)

	รายการ	แหล่งที่มา	พยากรณ์ปริมาณฝน โครงการ “การพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนในรายลองสัปดาห์ เพื่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา”	การจัดการเขื่อน/อ่าง โครงการ “กลยุทธ์การปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับพัฒนาการบริหารจัดการน้ำต้นทุนในระยะยาวของเขื่อนภูมิพล (ระยะที่ 1)”	ความต้องการน้ำ โครงการ “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่รายภาคกลาง (ระยะที่ 1)”	น้ำเค็มรุก โครงการ “ศึกษา และประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำเหนือเขื่อน) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล”	น้ำบาดาล โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”	น้ำท่วม โครงการ “การศึกษาด้านการจัดการน้ำท่วมของลุ่มน้ำภาคเหนือตอนล่างและจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย”	น้ำแล้ง โครงการ “การบูรณาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง”	ประเมินความเสี่ยง โครงการ “การประเมินความเสี่ยงของน้ำท่วมและน้ำแล้ง”
21	ข้อมูลการระเหยของน้ำ	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย		√						
22	ข้อมูลการระบายน้ำ	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย		√						
23	ข้อมูลการสูบน้ำกลับ	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย		√						
24	ข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย		√						
25	ข้อมูลลักษณะกายภาพเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์และ RULE CURVE	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย		√						
26	ข้อมูลการจัดสรรน้ำรายวัน เขื่อนแม่กวงอุดมธารา เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนเจ้าพระยา	กรมชลประทาน		√						
27	ปริมาณความต้องการน้ำในภาคการเกษตร	แบบสอบถาม/แบบจำลอง			√					
28	ปริมาณการใช้น้ำพืช	แบบสอบถาม/แบบจำลอง			√					
29	ปริมาณความต้องการน้ำ	แบบสอบถาม/แบบจำลอง			√					
30	ปริมาณการใช้น้ำ	แบบสอบถาม/แบบจำลอง			√					

ตารางที่ 2.3-9 ความสัมพันธ์ของโครงสร้างข้อมูล (ต่อ)

	รายการ	แหล่งที่มา	พยากรณ์ปริมาณฝน	การจัดการเขื่อน/อ่าง	ความต้องการน้ำ	น้ำต้นทุน	น้ำบาดาล	น้ำแม่ม	น้ำแล้ง	ประเมินความเสี่ยง
			โครงการ “การพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนรายสองสัปดาห์ เพื่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา”	โครงการ “กลยุทธ์การปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับพัฒนาการบริหารจัดการน้ำต้นทุนในระยะยาวของเขื่อนภูมิพล (ระยะที่ 1)”	โครงการ “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพืชที่ราบภาคกลาง (ระยะที่ 1)”	โครงการ “ศึกษา และประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำท่า น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง”	โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบบริหารจัดการร่วมกันน้ำผิวดิน”	โครงการ “การศึกษาต้นแบบจัดตั้งระบบหุ่นจำลองสมดุลน้ำแบบบูรณาการลุ่มน้ำแม่กลองตอนบนและจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย”	โครงการ “การบูรณาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง”	โครงการ “การประเมินความเสี่ยงของน้ำท่วมและน้ำแล้ง”
31	ปริมาณน้ำที่จัดสรร	แบบสอบถาม/แบบจำลอง			√					
32	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน			√	√				√
33	ความต้องการน้ำประปาในภาคชุมชน	การประปาส่วนภูมิภาค			√					
34	ความต้องการน้ำประปาในภาคอุตสาหกรรม	การประปาส่วนภูมิภาค			√					
35	ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค-บริโภค	(สุจริต, 2549)			√					
36	ปริมาณความต้องการน้ำเพื่ออุตสาหกรรม	กรมโรงงานอุตสาหกรรม			√					
37	ความต้องการใช้น้ำเพื่อการท่องเที่ยว	(ธงชัย, 2540) และ (กรมโยธาธิการ, 2536)			√					
38	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (แบบสำรวจปริมาณการใช้น้ำ)	แบบสอบถาม/แบบจำลอง			√					
39	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพอุตุนิยมวิทยา	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√		√				
40	ข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม GSMAP	JAXA				√				
41	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพอุทกวิทยา	กรมชลประทาน		√		√				
42	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพอุทกธรณีวิทยา	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล				√				

ตารางที่ 2.3-9 ความสัมพันธ์ของโครงสร้างข้อมูล (ต่อ)

	รายการ	แหล่งที่มา	โครงการ “การพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนรายสองสัปดาห์ เพื่อบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยา” พยากรณ์ปริมาณฝน	โครงการ “กลยุทธ์การปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ภายใต้สภาพการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาระยะยาวของกรมชลประทาน (ระยะที่ 1)” การจัดการเชื่อน/อ่าง	โครงการ “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพืชที่สำคัญรายภาคกลาง (ระยะที่ 1)” ความต้องการน้ำ	โครงการ “ศึกษา และประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำท่า) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนบน (ฉบับปรับปรุง)” น้ำต้นทุน	โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืน” น้ำบาดาล	โครงการ “การศึกษาด้านการจัดการน้ำท่วมทุ่งเจ้าพระยาตอนล่างตอนบนและจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย” น้ำท่วม	โครงการ “การบูรณาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง” น้ำแล้ง	โครงการ “การประเมินความเสี่ยงของน้ำท่วมและน้ำแล้ง” ประเมินความเสี่ยง
43	ข้อมูลปริมาณน้ำจัดสรรตามแผนการจัดสรรน้ำฤดูแล้ง และฤดูฝน	กรมชลประทาน		√	√	√				√
44	ข้อมูลปริมาณน้ำผ่านประตูระบายน้ำสายหลัก	กรมชลประทาน				√				
45	ข้อมูลการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ	สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร				√				
46	ข้อมูลแผน และผลการเพาะปลูกพืชในแต่ละโครงการ	กรมชลประทาน				√				
47	แผนที่การใช้ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน			√	√				√
48	บัญชีแหล่งน้ำขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก	สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ				√				
49	แผนที่แหล่งน้ำธรรมชาติ ขนาดใหญ่ กลาง และเล็ก	กรมพัฒนาที่ดิน กรมชลประทานและสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)				√				
50	ข้อมูลอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ และกลาง	กรมชลประทาน		√		√				
51	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรน้ำของการประปา	การประปาส่วนภูมิภาค การประปานครหลวง			√	√				
52	ข้อมูลการใช้น้ำบาดาลจากบ่อบาดาลราชการ และเอกชน	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล				√				
53	ข้อมูลประปาหมู่บ้าน	กรมทรัพยากรน้ำ				√				

ตารางที่ 2.3-9 ความสัมพันธ์ของโครงสร้างข้อมูล (ต่อ)

	รายการ	แหล่งที่มา	พยากรณ์ปริมาณฝน โครงการ “การพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนรายสองสัปดาห์ เพื่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา”	การจัดการเชื่อน/อ่าง โครงการ “กลยุทธ์การปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับพัฒนาการบริหารจัดการน้ำต้นทุนในระยะยาวของเขื่อนภูมิพล (ระยะที่ 1)”	ความต้องการน้ำ โครงการ “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง (ระยะที่ 1)”	น้ำต้นทุน โครงการ “ศึกษา และประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง”	น้ำบาดาล โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”	น้ำท่วม โครงการ “การศึกษาด้านการจัดการน้ำท่วมขอลุ่มน้ำภาคตะวันออกและจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย”	น้ำแล้ง โครงการ “การบูรณาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง”	ประเมินผลกระทบเสี่ยง โครงการ “การประเมินผลกระทบเสี่ยงของพื้นที่ลุ่มน้ำต่ำและแอ่งน้ำแล้ง”
54	ข้อมูลประปาหมู่บ้านจากฐานข้อมูลกชช2.ค	กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น				√				
55	ข้อมูลประปาเทศบาล	กรมทรัพยากรน้ำ				√				
56	ข้อมูลบ่อน้ำตื้น และบ่อบาดาลจากฐานข้อมูลกชช2.ค	กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น				√				
57	ข้อมูลการสูบน้ำของโรงงาน และการประปา	กรมชลประทาน				√				
58	ข้อมูลการสูบน้ำของโครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า	กรมชลประทาน				√				
59	ประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า	แบบจำลอง				√				
60	ข้อมูลฝนเชิงพื้นที่ รายวัน	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√		√	√	√	√	
61	ข้อมูลสภาพอุทกธรณีวิทยา	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล				√				
62	สอบเทียบแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า	แบบจำลอง				√				
63	สอบทานแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า	แบบจำลอง				√				

ตารางที่ 2.3-9 ความสัมพันธ์ของโครงสร้างข้อมูล (ต่อ)

	รายการ	แหล่งที่มา	พยากรณ์ปริมาณฝน	การจัดการเชื่อน/อ่าง	ความต้องการน้ำ	น้ำต้นทุน	น้ำบาดาล	น้ำท่วม	น้ำแล้ง	ประเมินความเสี่ยง
			โครงการ “การพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนรายสองสัปดาห์ เพื่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา”	โครงการ “กลยุทธ์การปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับพัฒนาการบริหารจัดการน้ำต้นทุนในระยะยาวของเขื่อนภูมิพล (ระยะที่ 1)”	โครงการ “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในที่ดินที่เหมาะสมรายสาขาในภาคกลาง (ระยะที่ 1)”	โครงการ “ศึกษา และประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง”	โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”	โครงการ “การศึกษาด้านการจัดการน้ำท่วมของลุ่มน้ำสาขาลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง”	โครงการ “การบูรณาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง”	โครงการ “การประเมินความเสี่ยงของพื้นที่ต่อน้ำท่วมและน้ำแล้ง”
64	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√			√			
65	ข้อมูลการจัดสรรน้ำ	กรมชลประทาน					√			
66	ข้อมูลอุทกธรณีวิทยาน้ำบาดาลและประมาณการใช้น้ำ	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	√	√			√			
67	ข้อมูลสภาพอุตุนิยมวิทยารายวัน	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√			√			
68	ข้อมูลปริมาณน้ำท่า	กรมชลประทาน		√			√			
69	ข้อมูลประชากรรายตำบล	กรมการปกครอง					√			
70	คำนวณความต้องการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคในปัจจุบัน	แบบจำลอง					√			
71	ข้อมูลพื้นฐานของโรงงานอุตสาหกรรม	กรมโรงงานอุตสาหกรรม					√			
72	การประเมินความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร	สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร					√			
73	ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในเขตและนอกเขต ชลประทาน	สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร					√			

ตารางที่ 2.3-9 ความสัมพันธ์ของโครงสร้างข้อมูล (ต่อ)

	รายการ	แหล่งที่มา	พยากรณ์ปริมาณฝน	การจัดการเขื่อน/อ่าง	ความต้องการน้ำ	น้ำต้นทุน	น้ำบาดาล	น้ำท่วม	น้ำแล้ง	ประเมินความเสี่ยง
			โครงการ “การพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนรายสองสัปดาห์ เพื่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา”	โครงการ “กลยุทธ์การปรับปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับพัฒนาการบริหารจัดการน้ำต้นทุนในระยะยาวของเขื่อนภูมิพล (ระยะที่ 1)”	โครงการ “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง (ระยะที่ 1)”	โครงการ “ศึกษา และประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำฟ้า น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง”	โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน”	โครงการ “การศึกษาด้านการจัดการน้ำท่วมของลุ่มน้ำภาคกลางตอนบนและจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย”	โครงการ “กรบูรณาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง”	โครงการ “การประเมินความเสี่ยงของน้ำท่วมและน้ำแล้ง”
74	ข้อมูลน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√		√	√	√	√	
75	ข้อมูลน้ำท่า	กรมชลประทาน		√			√	√	√	
76	ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ	NASA DEM SRTM GDEM V.3						√		
77	ทำการปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง	แบบจำลอง						√		
78	แผนที่ความรุนแรงน้ำท่วม	แบบจำลอง						√		
79	แผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วม	แบบจำลอง						√		
80	ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา	กรมอุตุนิยมวิทยา	√	√		√	√	√	√	
81	ข้อมูลอุทกวิทยา	กรมชลประทาน		√			√	√	√	
82	ภาพถ่ายดาวเทียม	GISTDA							√	
83	วิเคราะห์ลักษณะของฝนในลุ่มน้ำ	แบบจำลอง							√	
84	วิเคราะห์ดัชนีบ่งชี้ภัยแล้ง	แบบจำลอง							√	

ตารางที่ 2.3-9 ความสัมพันธ์ของโครงสร้างข้อมูล (ต่อ)

	รายการ	แหล่งที่มา	พยากรณ์ปริมาณฝน	การจัดการเชื่อน/อ่าง	ความต้องการน้ำ	น้ำท้ายเขื่อน	น้ำบาดาล	น้ำเค็ม	น้ำแล้ง	ประเมินความเสี่ยง
			โครงการ “การพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนรายสัปดาห์ เพื่อบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยา”	โครงการ “กลยุทธ์การปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำภายใต้พื้นที่ลุ่มเจ้าพระยา”	โครงการ “การประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพืชที่รายภาคเกษตร (ระยะที่ 1)”	โครงการ “ศึกษา และประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำท่า) น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล (ฉบับปรับปรุง) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง”	โครงการ “การพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดิน”	โครงการ “การศึกษาด้านการจัดการน้ำท่าของลุ่มน้ำภาคตะวันออกและจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย”	โครงการ “การปรับปรุงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง”	โครงการ “การประเมินความเสี่ยงของน้ำท่วมและน้ำแล้ง”
85	ความแห้งแล้งแบบรายสัปดาห์และแบบรายเดือน	แบบจำลอง							√	
86	ค่าความแตกต่างของฝน	แบบจำลอง							√	
87	อัตราการไหลของน้ำท่า	แบบจำลอง							√	
88	ความชื้นที่ขาดแคลน	แบบจำลอง							√	
89	ประเมินดัชนีและความเสียหายของภัยแล้งในอนาคต	แบบจำลอง							√	
90	ความเสียหายด้านเกษตร	การสำรวจ								√
91	ความเสียหายด้านอุตสาหกรรม	การสำรวจ								√
92	ความเสียหายด้านภาคบริการ	การสำรวจ								√
93	ความเสียหายด้านสังคม	การสำรวจ								√
94	แผนที่ความเสียหายจากอุทกภัยและภัยแล้ง	แบบจำลองใช้ข้อมูลจากแบบสำรวจประกอบการคำนวณ								√
96	การใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีต	กรมพัฒนาที่ดิน			√	√				√

2.4 การเชื่อมโยงข้อมูลในชุดโครงการวิจัย

เนื่องจากในชุดโครงการวิจัยมีถึง 29 โครงการ ซึ่งบางส่วนเป็นการศึกษาเฉพาะทางที่ไม่มีการเชื่อมโยงข้อมูลโครงการวิจัย (Output) จึงขอเลือกนำเสนอบางโครงการที่มีเจตนาในการพัฒนาที่มีทิศทางสอดคล้องกันเพื่อใช้เป็นต้นแบบในการเชื่อมโยงในชุดโครงการวิจัย ประกอบไปด้วย ชุดโครงการย่อยที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำของเขื่อน และชุดโครงการย่อยที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ชลประทานท่อทองแดง ซึ่งทั้งสองชุดโครงการสามารถเชื่อมโยงข้อมูลงานวิจัยระหว่างกันได้ ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาบางส่วนยังไม่แล้วเสร็จจึงขอเชื่อมโยงด้วยผลลัพธ์ที่แต่ละชุดโครงการนำเสนอในข้อเสนอโครงการเพื่อให้เห็นถึงภาพความเชื่อมโยงของข้อมูล

2.4.1 ชุดโครงการย่อยที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำของเขื่อน

1) โครงการการพัฒนาระบบคาดการณ์ปริมาณฝนรายสองสัปดาห์เพื่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา
1. ข้อมูลคาดการณ์ปริมาณฝนรายสองสัปดาห์	ข้อมูลเชิงพื้นที่	ทุก 2 สัปดาห์	ล่วงหน้า 2 สัปดาห์

2) โครงการกลยุทธ์การปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำสำหรับพัฒนาการบริหารจัดการน้ำต้นทุนในระยะยาวของเขื่อนภูมิพล (ระยะที่ 1)

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา
1. ความต้องการน้ำในอนาคต			
1.1 ความต้องการจากการเพาะปลูกพืช	ข้อมูลตัวเลข	ทุก 7 วัน	ล่วงหน้า 7 วัน
1.2 ความต้องการน้ำอุปโภคจากประชากร	ข้อมูลตัวเลข	-พื้นที่ศึกษา	ไม่ได้ระบุ
1.3 ความต้องการน้ำอุตสาหกรรม	ข้อมูลตัวเลข	-พื้นที่ศึกษา	ไม่ได้ระบุ
1.4 ความต้องการน้ำภาคท่องเที่ยวและกีฬา	ข้อมูลตัวเลข	-พื้นที่ศึกษา	ไม่ได้ระบุ
1.5 ความต้องการน้ำเพื่อควบคุมสภาพลำน้ำและรักษาระบบนิเวศ	ข้อมูลตัวเลข	-พื้นที่ศึกษา	ไม่ได้ระบุ

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา
2. คาดการณ์การเพิ่มขึ้นของจำนวนสถิตินักท่องเที่ยวในอนาคต	ข้อมูลตัวเลข	พื้นที่ศึกษา	ไม่ได้ระบุ
3. ข้อมูลปริมาณการระเหยของน้ำจากอ่างเก็บน้ำ	ข้อมูลตัวเลข	อ่างเก็บน้ำ	ไม่ได้ระบุ
4. การปฏิบัติการอ่างเก็บน้ำในปัจจุบัน			
4.1 ปริมาณน้ำเข้า	ข้อมูลตัวเลข	ครั้ง	แล้วแต่กรณี
4.2 ปริมาณน้ำกักเก็บ	ข้อมูลตัวเลข	ครั้ง	แล้วแต่กรณี
4.3 ปริมาณน้ำระบาย	ข้อมูลตัวเลข	ครั้ง	แล้วแต่กรณี

3) โครงการการประเมินปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ราบภาคกลาง (ระยะที่ 1)

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา
1. ข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำประปาในพื้นที่ศึกษา	ข้อมูลตัวเลข	พื้นที่ศึกษา	ไม่ได้ระบุ
2. แผนที่ชนิดพืชในพื้นที่ศึกษา	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ไม่ได้ระบุ
3. ปฏิทินการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ศึกษา	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ไม่ได้ระบุ
4. ความหนาแน่นของการเพาะปลูก (cropping intensity) ในพื้นที่ศึกษา	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ไม่ได้ระบุ
5. แผนที่ปริมาณการใช้น้ำของพืช (crop evapotranspiration; ETc) ในพื้นที่ศึกษา	ข้อมูลตัวแปร	พื้นที่ศึกษา	ไม่ได้ระบุ
6. ปริมาณการใช้น้ำของพืชจริง (actual crop evapotranspiration, ETa) ในพื้นที่ศึกษา	ข้อมูลตัวแปร	พื้นที่ศึกษา	ไม่ได้ระบุ

4) โครงการศึกษาและประเมินปริมาณน้ำต้นทุน (น้ำท่า น้ำผิวดิน และน้ำบาดาล) ในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา
1. ข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุน	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา
2. ข้อมูลการใช้น้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
3. แผนที่การกระจายตัวของแหล่งน้ำผิวดิน	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
4. เส้นทางลำน้ำ	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
5. ข้อมูลปริมาณน้ำท่าในพื้นที่	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
6. ทิศทางการไหลของน้ำในพื้นที่	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
7. ข้อมูลการใช้น้ำของพืชในพื้นที่	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
8. ข้อมูลปริมาณน้ำบาดาลต้นทุน	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
9. ข้อมูลการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาลต่างๆ	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
10. ข้อมูลบัญชีน้ำบาดาล	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ

5) โครงการการพัฒนาระบบการจัดการน้ำบาดาลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการน้ำร่วมกับน้ำผิวดิน

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา
1. ข้อมูลการติดตามระดับน้ำบาดาล	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
2. ข้อมูลปริมาณน้ำบาดาล	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ

6) โครงการการศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการความเสี่ยงน้ำท่วมของลุ่มน้ำปิง-น่านและเจ้าพระยาเชิงกลยุทธ์

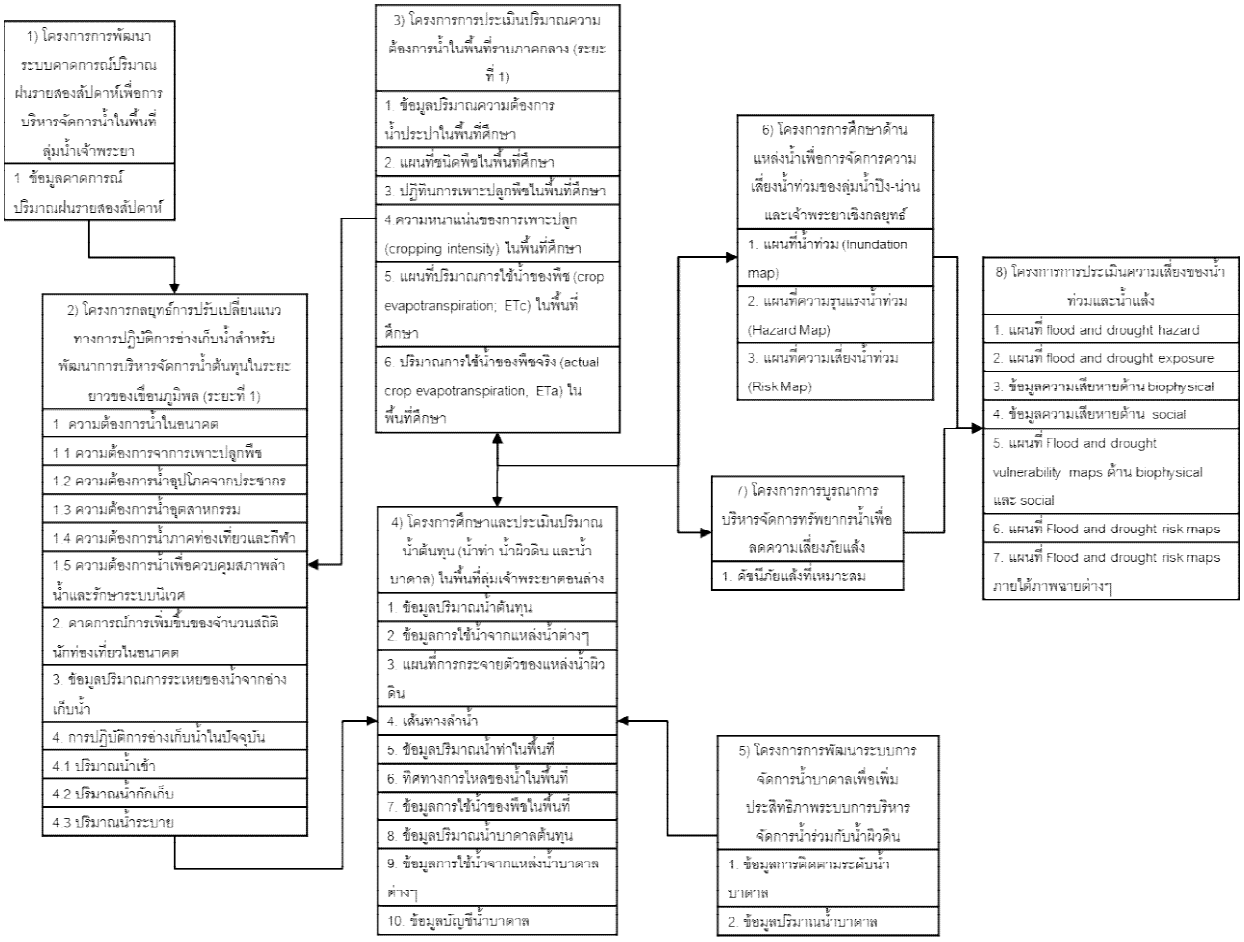
รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา
1. แผนที่น้ำท่วม (Inundation map)	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
2. แผนที่ความรุนแรงน้ำท่วม (Hazard Map)	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
3. แผนที่ความเสี่ยงน้ำท่วม (Risk Map)	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ

7) โครงการการบูรณาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อลดความเสี่ยงภัยแล้ง

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา
1. ดัชนีภัยแล้งที่เหมาะสม	ข้อมูลตัวแปร	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ

8) โครงการการประเมินความเสี่ยงของน้ำท่วมและน้ำแล้ง

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา
1. แผนที่ flood and drought hazard	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
2. แผนที่ flood and drought exposure	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
3. ข้อมูลความเสียหายด้าน biophysical	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
4. ข้อมูลความเสียหายด้าน social	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
5. แผนที่ Flood and drought vulnerability maps ด้าน biophysical และ social	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
6. แผนที่ Flood and drought risk maps	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
7. แผนที่ Flood and drought risk maps ภายใต้ภาพฉายต่างๆ	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ภายใต้ภาพฉายต่างๆ



รูปที่ 2.4-1 แสดงความเชื่อมโยงข้อมูลในชุดโครงการวิจัยการบริหารจัดการน้ำของเขื่อน

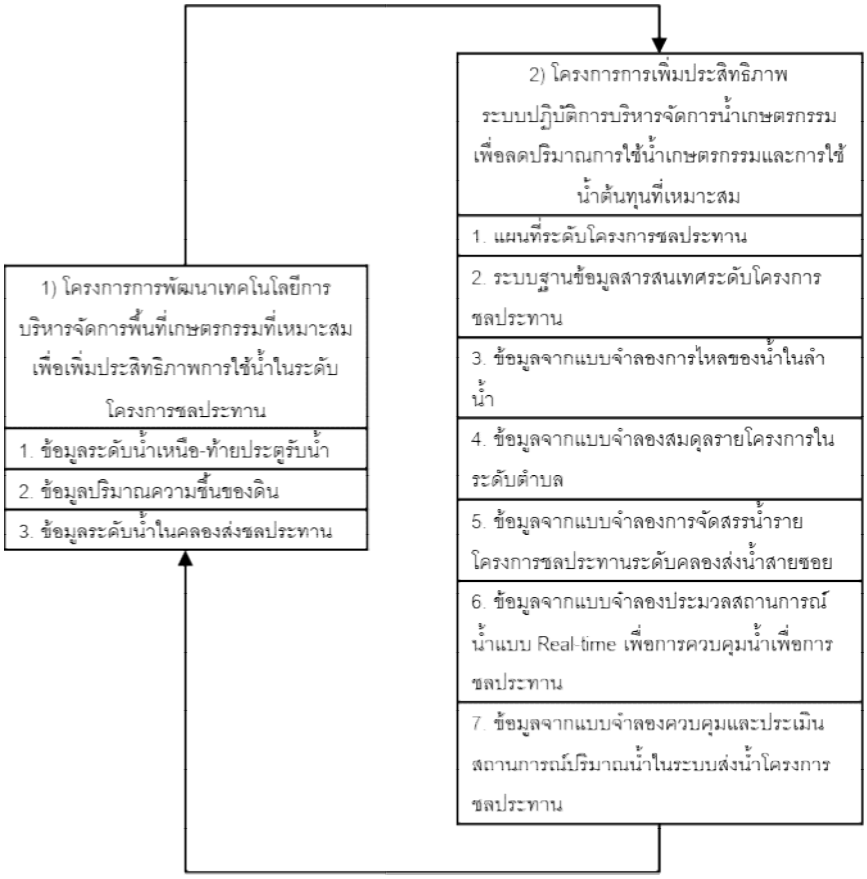
2.4.2 ชุดโครงการย่อยที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ชลประทานท่อทองแดง

1) โครงการการพัฒนาเทคโนโลยีการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรมที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในระดับโครงการชลประทาน

รายการข้อมูล	รูปแบบ	ความถี่/ละเอียดของข้อมูล	ช่วงเวลา
1. ข้อมูลระดับน้ำเหนือ-ท้ายประตูรับน้ำ	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่โครงการ	ทันต่อเวลา
2. ข้อมูลปริมาณความชื้นของดิน	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่โครงการ	ทันต่อเวลา
3. ข้อมูลระดับน้ำในคลองส่งชลประทาน	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่โครงการ	ทันต่อเวลา

2) โครงการการเพิ่มประสิทธิภาพระบบปฏิบัติการบริหารจัดการน้ำเกษตรกรรมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำเกษตรกรรมและการใช้น้ำต้นทุนที่เหมาะสม

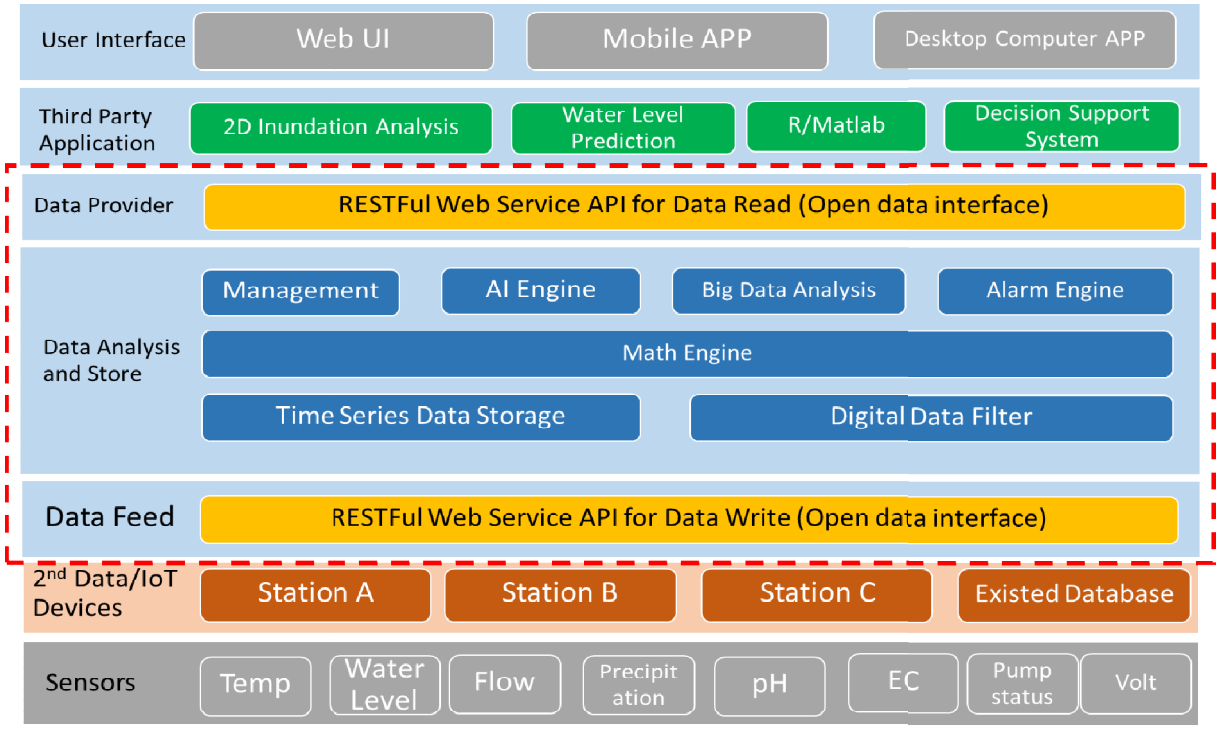
รายการข้อมูล	**รูปแบบ**	**ความถี่/ละเอียดของข้อมูล**	**ช่วงเวลา**
1. แผนที่ระดับโครงการชลประทาน	ข้อมูลเชิงพื้นที่	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
2. ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศระดับโครงการชลประทาน	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
3. ข้อมูลจากแบบจำลองการไหลของน้ำในลำน้ำ	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
4. ข้อมูลจากแบบจำลองสมดุลรายโครงการในระดับตำบล	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
5. ข้อมูลจากแบบจำลองการจัดสรรน้ำรายโครงการชลประทานระดับคลองส่งน้ำสายซอย	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
6. ข้อมูลจากแบบจำลองประมวลสถานการณ์น้ำแบบ Real-time เพื่อการควบคุมน้ำเพื่อการชลประทาน	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ
7. ข้อมูลจากแบบจำลองควบคุมและประเมินสถานการณ์ปริมาณน้ำในระบบส่งน้ำโครงการชลประทาน	ข้อมูลสถิติ	พื้นที่ศึกษา	ไม่ระบุ



รูปที่ 2.4-2 แสดงความเชื่อมโยงข้อมูลในชุดโครงการวิจัยการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ชลประทานท่อทองแดง

2.5 ระบบเชื่อมโยงข้อมูลและการนำเสนอ

จากการรวบรวมโครงสร้างข้อมูลทั้งข้อมูลน้ำเข้าและข้อมูลส่งออกจากโครงการ ทำให้ทราบว่าข้อมูลที่อยู่ในแต่ละโครงการมีความหลากหลาย ทั้งรูปแบบของข้อมูล, ความถี่ในการรวบรวม และช่วงเวลาที่จัดเก็บ รวมถึงความครอบคลุมของข้อมูล ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการรวบรวมในระยะแรกของโครงการจะขอพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อเชื่อมโยงและนำเสนอในส่วนของข้อมูลที่มีรูปแบบ, ความถี่ และช่วงเวลาในการจัดเก็บที่ใกล้เคียงกันก่อนเพื่อให้เห็นถึงประโยชน์ของการพัฒนาระบบเชื่อมโยงข้อมูล และสามารถทดสอบการทำงานของระบบได้ เพราะหากนำข้อมูลทุกอย่างจากทุกโครงการมารวบรวมในระบบจะพบความไม่เชื่อมโยงทำให้ระบบมีลักษณะแบบถังรวมข้อมูลที่ไม่ได้สร้างความเชื่อมโยงและความสัมพันธ์ รวมถึงไม่สามารถนำข้อมูลไปประมวลและวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปของโครงการ ทั้งเพื่อประกอบความเข้าใจจึงขอแสดงความเชื่อมโยงของด้วยผังแสดงความเชื่อมโยงข้อมูลและการนำเสนอ



รูปที่ 2.4-3 โครงสร้างของระบบเชื่อมโยงข้อมูลและการนำเสนอ

เพื่อความเข้าใจในโครงสร้างระบบขออธิบายแต่ละส่วนอย่างย่อดังนี้

1) **ส่วนนำเข้าข้อมูล (Data Feed)** เป็นส่วนนำเข้าข้อมูลโดยอาศัยการใช้ Web Service API ในการบันทึกข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่เข้าระบบอาจเป็นข้อมูลจากสถานีวัด, ข้อมูลจากสถานีวัดแบบอัตโนมัติ (Sensor), ข้อมูลเชิงพื้นที่ (GIS) และข้อมูลเชิงสถิติ (MIS) เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีความแตกต่างกันทั้งรูปแบบ, ความถี่ในการบันทึก และขนาดในการบันทึก จึงจำเป็นต้องออกแบบฐานข้อมูลให้มีความยืดหยุ่นให้มากที่สุดเพื่อรองรับสำหรับการเปลี่ยนแปลง
2) **ส่วนการวิเคราะห์และจัดเก็บ (Data Analysis and Storage)** ส่วนประมวลข้อมูลเบื้องต้น เช่น ความสมบูรณ์ของข้อมูล, ข้อผิดพลาดที่พบ, ข้อมูลที่ขาดช่วง เพื่อแยกประเภทการจัดการ ทั้งการแจกแจงข้อมูลหรือการให้หมวดหมู่ของชุดข้อมูล (Parsing), การแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาด (Correct Data), การทำข้อมูลให้อยู่ในมาตรฐาน (Standardizing) และการลบข้อมูลที่ซ้ำซ้อน (Duplicate Elimination) ซึ่งรวมเรียกว่า การชำระข้อมูล (Data Cleansing) เพื่อให้ข้อมูลอยู่ในรูปแบบและคุณภาพที่พร้อมสำหรับการให้บริการ
3) **การให้บริการข้อมูล (Data Provider)** การให้บริการข้อมูลเป็นส่วนที่ระบบจะนำข้อมูลส่งออกให้ผู้ใช้ทั้งในรูปแบบข้อมูล และการนำเสนอ ทั้งนี้การให้บริการจะ Web Service API

ในการให้ผู้ใช้เรียกเข้าใช้ข้อมูลหรือการนำเสนอข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้มีความยืดหยุ่นในการใช้บริการจากระบบทั้งแบบเข้าโดยตรงผ่าน Website, การใช้โปรแกรมประยุกต์ภายนอกเพื่อเรียกใช้ข้อมูล โดยให้บริการผ่านอุปกรณ์พกพา หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ ก็ได้เพื่อความสะดวกของผู้ใช้

2.6 ระบบในการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทางทีมวิจัยพยายามจะเรียนแบบการประมวลข้อมูลของโครงการวิจัย ซึ่งพบว่ามีความซับซ้อนเนื่องจากการวิเคราะห์ของโครงการต่างๆ ใช้โปรแกรมประยุกต์ภายนอก เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาจัดเก็บในระบบฐานข้อมูลที่ได้พัฒนาขึ้น ดังนั้นการเลียนแบบการวิเคราะห์จากโปรแกรมประยุกต์ภายนอกทั้งหมดคงยากที่เกิดขึ้นได้บนระบบแม่ข่ายหรือระบบคลาวด์ เพราะจะเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรของระบบเป็นอย่างมาก ดังนั้นระบบวิเคราะห์ที่จะนำเสนอจึงเป็นการประมวลข้อมูลให้ออกมาในเชิงพื้นที่, หรือช่วงเวลาโดยอาศัยเพียงข้อมูลนำเข้าและส่งออกของโครงการในการประมวลผลเท่านั้น เพื่อสร้างเป็นชุดรายงานหรือวิเคราะห์สำหรับนำเสนอผู้บริหาร หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยอาศัยส่วนการให้บริการข้อมูล (Data Provider) ของระบบจะยังไม่มีการประมวลผลที่ซับซ้อนเนื่องจากปัญหาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

2.7 กระบวนการในการพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบจำเป็นต้องสัมภาษณ์นักวิจัยและผู้ใช้เพื่อสร้างรูปแบบการประมวลและวิเคราะห์เบื้องต้นที่เหมาะสมกับผู้ใช้ รวมถึงการนำเสนอที่สามารถเข้าใจได้ง่าย สะดวกกับการใช้งาน โดยขั้นตอนการพัฒนาเบื้องต้นประกอบด้วย

1) รวบรวมความต้องการของผู้ใช้ระบบ (User Requirements)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสำคัญมาก เราจะต้องทราบว่าใครบ้างที่จะมาเป็นผู้ใช้ระบบ (User) เช่น พนักงานฝ่ายขาย พนักงานฝ่ายบัญชี หรือผู้บริหาร เป็นต้น หลังจากนั้นจะต้องทำการรวบรวมความต้องการของผู้ใช้ระบบให้ครอบคลุม และชัดเจนมากที่สุด ควรนำเอาตัวอย่างเอกสารที่เกี่ยวข้องแบบฟอร์มที่ทำงานจริงมาศึกษาเพื่อจะได้ออกแบบและเขียนโปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) ขั้นการออกแบบระบบ (System Design)

การออกแบบระบบถือเป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนาระบบงานฐานข้อมูลว่าจะสำเร็จหรือไม่ ซึ่งหากเราออกแบบระบบได้ดีจะทำให้สามารถใช้โปรแกรมและดูแลรักษาระบบต่อไปได้ง่าย ซึ่งการออกแบบระบบนี้จะครอบคลุมถึงการออกแบบโปรแกรมข้อมูลและฐานข้อมูลสำหรับการออกแบบโปรแกรมโดยส่วนใหญ่จะอาศัยแบบแปลนที่เรียกว่า Data - Flow Diagram เพื่อวิเคราะห์ Input/Output และการทำงานของระบบ

ส่วนการออกแบบฐานข้อมูลจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ

(1) ระดับ Conceptual คือ การออกแบบภาพรวมของระบบ เช่น จะแบ่งข้อมูลออกเป็นกี่ตาราง แต่ละตารางว่ามีความสัมพันธ์อย่างไร หลังจากนั้นทำการ Normalization เพื่อลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล ส่วนการออกแบบฐานข้อมูลระดับ Conceptual นี้ โดยส่วนใหญ่จะนิยมใช้ ER-Diagram (Entity-Relationship Diagram) ในออกแบบ

(2) การออกแบบระดับ Logical คือ การออกแบบในรายละเอียดของข้อมูล เช่น ในตาราง ประกอบไปด้วยฟิลด์อะไรบ้าง มีฟิลด์ใดเป็น Index และชนิดของฟิลด์มีขนาดเท่าใด เช่น เป็นตัวเลข ตัวอักษร หรือเป็นประเภท วันที่/เวลา เป็นต้น รวมถึงขอบเขตของข้อมูลในแต่ละฟิลด์ว่ามีค่าเป็นอะไรได้บ้าง

3) การเขียนโปรแกรม (Create Program)

หลังจากที่ได้แบบแปลนของระบบแล้ว เราจึงจะเริ่มพัฒนาโปรแกรมตามระบบที่ได้รับการออกแบบไว้เพื่อให้ได้ระบบที่มีความเชื่อถือได้สูง เพราะถ้าเราเขียนโปรแกรมโดยที่ไม่ได้ออกแบบก่อนจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดผิดพลาดขึ้นได้ง่าย และโปรแกรมที่ได้ยังไม่มีประสิทธิภาพอีกด้วย

อย่างไรก็ดี ขั้นตอนนี้อาจมีการสร้างแบบจำลองหรือที่เรียกว่า Prototype (โปรโตไทพ์) เพื่อเป็นตัวอย่างให้ผู้ใช้ได้เห็นว่าระบบที่เราสร้างขึ้นมาตรงกับความต้องการของผู้ใช้จริง และอาจกลับไปแก้ไขแบบแปลนที่เราได้ออกแบบไว้ เพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพ และตรงกับความต้องการของผู้ใช้งานอย่างแท้จริง

4) การทดสอบโปรแกรม (Program Test)

เป็นการทดสอบโปรแกรมที่ได้เขียนมาเพื่อกำจัดข้อผิดพลาดต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งโปรแกรมที่ดีควรมีการทดสอบอย่างละเอียดในทุก function การทำงานและต้องมีการทดสอบระบบโดยรวมทั้งระบบเพื่อให้ได้โปรแกรมที่ไม่มีข้อผิดพลาด หรือมีความผิดพลาดน้อยที่สุด

5) การติดตั้งและใช้งาน (Systems Implementation and Use)

หลังจากที่ได้เขียนโปรแกรมและทดสอบความเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การติดตั้งโปรแกรมที่เราได้พัฒนาขึ้นมาให้แก่ผู้ใช้ระบบ รวมทั้งสอนวิธีการใช้งานด้วย เพื่อให้ผู้ใช้ระบบสามารถทำงานได้ต่อไป ในกระบวนการพัฒนาระบบการติดตั้งนั้นประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

(5.1) การกำหนดตารางเวลา (Scheduling) ซึ่งแสดงถึงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสร้างระบบตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จ

(5.2) การใส่รหัสโปรแกรมหรือการเขียนโปรแกรม (Program Coding) เป็นกระบวนการเขียนคำสั่งซึ่งสามารถวิ่งอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งการใส่รหัสโปรแกรมเป็นงานที่ต้องอาศัยความละเอียด ซึ่งอาจมีหลายจุดที่เป็นอันตรายต่อองค์กร เช่น สิ่งซึ่งต้องการใช้แรงงานจำนวนมากมักจะแพง โครงการทำงานที่ต้องใช้ความละเอียด โดยปกติจะต้องใช้ระยะเวลานานความต้องการของผู้ใช้คือโปรแกรมที่คิดว่าพอใจ อาจเปลี่ยนเมื่อโปรแกรมทำเสร็จแล้ว ซึ่งทำให้งานช้าออกไป

(5.3) การฝึกอบรมผู้ใช้ มีการตัดสินใจความต้องการของงานผู้ใช้ (Determine user job requirement) การตัดสินใจเกี่ยวกับความต้องการการฝึกเฉพาะอย่าง (Determaine specific training needs) การประเมินทรัพยากรสำหรับการฝึกอบรม (Evaluate traning resources) การพัฒนาโปรแกรม (หลักสูตร) สำหรับการฝึกอบรม (Develop the training program) การใช้โปรแกรมการฝึกอบรม (Implement the training program) และการประเมินผลการฝึกอบรม (Evaluate training outcomes) เป็นต้น

6) การบำรุงรักษาระบบ (System maintenamce)

เป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งเพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่องตามที่ต้องการ แนวทางในการบำรุงรักษาระบบนี้นิยมใช้ 4 แนวทางดังนี้

(6.1) การบำรุงรักษาเพื่อให้มีความถูกต้องเสมอ (Corrective maintenance) คือ การบำรุงรักษาและแก้ไขข้อผิดพลาดของระบบที่อาจเกิดจากการออกแบบระบบ

(6.2) บำรุงรักษาเพื่อปรับเปลี่ยนตามความเปลี่ยนแปลง (Adaptive maintenance) คือ การบำรุงรักษาเพื่อปรับเปลี่ยนระบบตามความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลและความต้องการของผู้ใช้

(6.3) การบำรุงรักษาเพื่อให้ระบบทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุด (Perfective maintenance) คือ การบำรุงรักษา โดยการปรับปรุงให้ระบบทำงานได้โดยมีประสิทธิภาพสูง และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้

(6.4) การบำรุงรักษาเพื่อป้องกัน (Preventive maintenance) คือ การบำรุงรักษา และการตรวจสอบระบบโดยสม่ำเสมอ

บทที่ 3
องค์ความรู้จากโครงการ

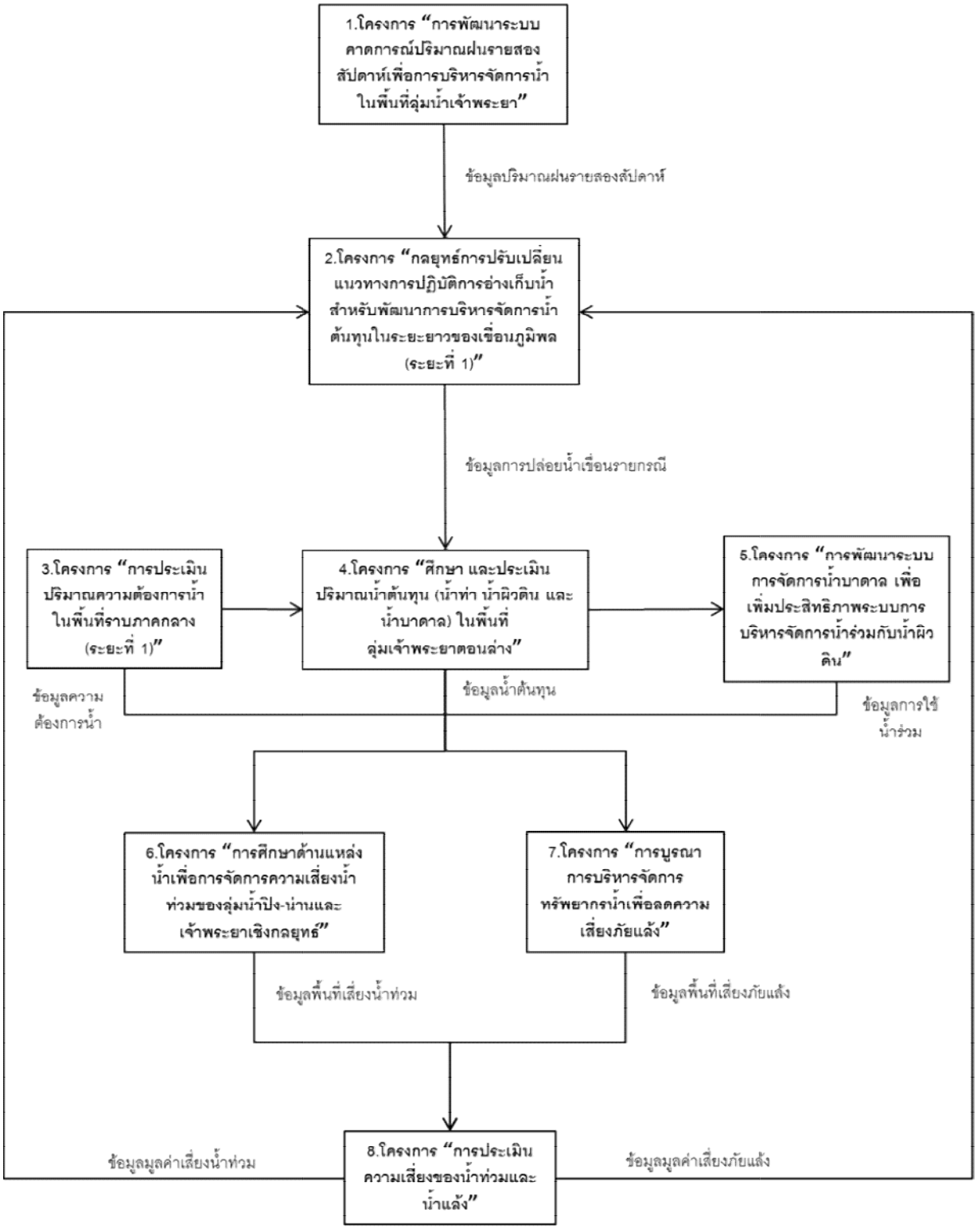
3.1 แนวความคิดในการเชื่อมโยงองค์ความรู้

ในประเทศไทยได้มีการพัฒนาข้อมูลและระบบฐานข้อมูลอยู่เป็นลำดับ โดยทั้งหมดถูกใช้ในการทำงานของหน่วยงานเพื่อตอบสนองภาระหน้าที่ของหน่วยงานที่พัฒนาข้อมูล เช่น ข้อมูลภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลเขื่อนขนาดใหญ่ และเขื่อนขนาดกลางของกรมชลประทาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรมของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ข้อมูลจำนวนประชากรของกรมการปกครอง เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ถูกจัดทำ รวบรวม และจัดเก็บโดยงบประมาณของหน่วยงานนั้นๆ ทำให้การเผยแพร่บ่อยครั้งเป็นการจำกัดวงภายในหน่วยงานหรือเผยแพร่ข้อมูลบางส่วนหรือที่สรุปในช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่งหรือตามที่มีการร้องขอเท่านั้น

จากเหตุการณ์มหาอุทกภัยในปีพ.ศ. 2554 ทำให้เห็นปัญหาในการขาดการเชื่อมโยงและรวบรวมข้อมูล หรือมีการเผยแพร่ข้อมูลออกจากหลากหลายแหล่ง ทำให้เกิดข้อมูลที่สับสนสร้างความแตกตื่นให้ประชาชน และเกิดการสูญเสียทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม จากความไม่พร้อมในการรวบรวมข้อมูลภาครัฐ และการประมวลความถูกต้องเพื่อยืนยันข้อมูลที่แหล่งเดียวกัน ทั้งนี้ประเทศไทยยังขาดการเตรียมความพร้อมในการเชื่อมโยงฐานข้อมูล เนื่องจากข้อจำกัดที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น จึงจำเป็นต้องพัฒนาการเชื่อมโยงและการรวบรวมข้อมูลที่สามารถลดทอนหรือข้ามข้อจำกัดดังกล่าว เพื่อสนับสนุนการทำงานบริหารจัดการด้านทรัพยากรน้ำให้มีความรวดเร็ว ทันสมัย และมีความผิดพลาดให้น้อยที่สุด เพราะเวลาในการจัดการเป็นต้นทุนที่สำคัญในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำทั้งในการบริหารจัดการทั่วไป และยามวิกฤติในช่วงภัยแล้งและน้ำท่วม รวมถึงการประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับการเติบโตทั้งทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ

3.2 ความเชื่อมโยงของงานวิจัย

จากความเชี่ยวชาญของนักวิจัยแต่ละด้าน ทางโครงการ “ศูนย์วิจัยข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ” จะทำการถอดความเชื่อมโยงของแต่ละโครงการมาเป็นองค์ความรู้และกลไก ความสัมพันธ์ของแต่ละโครงการเพื่อใช้เป็นแม่แบบในการวางแผนการบริหารจัดการน้ำสำหรับศูนย์วิจัยข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ



รูปที่ 3.2-1 แสดงความเชื่อมโยงของแต่ละโครงการวิจัยฯ

3.3 ข้อมูลพื้นที่ชลประทาน

3.3.1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลสถิติทางอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา

การรวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของสถานีตรวจวัดปริมาณฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน จำนวน 84 สถานี ทำการรวบรวมข้อมูลอุทกวิทยาซึ่งเป็นข้อมูลน้ำท่าของสถานีตรวจวัดน้ำท่าของกรมชลประทานจำนวน 50 สถานี และทำการรวบรวมข้อมูลอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ และข้อมูลปริมาณการระบายน้ำ รวมถึงได้ทำการรวบรวมข้อมูลการจัดสรรน้ำเข้าโครงการชลประทานของลุ่มน้ำปิง ซึ่งมีรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา อุทกวิทยา อ่างเก็บน้ำ และการจัดสรรน้ำสามารถสรุปได้ดังนี้

- การวิเคราะห์ปริมาณฝน พบว่า ปีที่มีปริมาณฝนรวมน้อยที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน เกิดขึ้นในปี 2558 ที่ปริมาณ 594.85 มม.ต่อปี โดยมีค่าต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของปริมาณฝน 30 ปี อยู่ร้อยละ 64 ส่วนปีที่มีปริมาณฝนรวมรายปีสูงสุดเกิดขึ้นในปี 2554 โดยมีค่าสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของปริมาณฝน 30 ปี ถึงร้อยละ 119 ส่วนลุ่มน้ำปิงมีปริมาณฝนรวมรายปีเฉลี่ย 30 ปี ที่ปริมาณฝน 1,011.04 มม. มีปริมาณฝนน้อยที่ 20 เปอร์เซ็นต์ไทล์อยู่ที่ 866.53 มม. และมีปริมาณฝนมากที่ 80 เปอร์เซ็นต์ไทล์อยู่ที่ 1,172.40 มม. โดยปริมาณฝนต่ำสุดเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2558 ที่ปริมาณ 563.37 มม. และมีปริมาณฝนสูงสุดเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2554 ที่ปริมาณ 1,365.99 มม.

- การวิเคราะห์ปริมาณการไหลสูงสุดรายปี หรือ Momentary peak ของสถานีน้ำท่าในแม่น้ำปิง ประกอบด้วยสถานี P.2A อ.เมืองตาก จ.ตาก สถานี P.7A อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร และสถานี P.17 อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์ โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าสูงสุดเทียบกับความจุลำน้ำ พบว่า สถานี P.2A มีปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่เกิน ความจุลำน้ำก่อให้เกิดน้ำไหลล้นตลิ่งที่ปริมาณ 3,010 ลบ.ม.ต่อวินาที เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2554 สถานี P.7A มีปริมาณน้ำท่า สูงสุด 3,106 ลบ.ม.ต่อวินาที ในปี พ.ศ. 2554 และสถานี P.17 มีปริมาณการไหลสูงสุด 2,361 ลบ.ม.ต่อวินาที ในปี พ.ศ. 2554 เช่นเดียวกัน ซึ่งไม่เกินความจุลำน้ำซึ่งรับได้ 2,990 ลบ.ม.ต่อวินาที

- การวิเคราะห์ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและปริมาณการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล รายฤดูกาลย้อนหลัง 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึง 2561 พบว่า เขื่อนภูมิพลมีปริมาณการระบายน้ำเพื่อกิจกรรมการใช้น้ำ เฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 1,698.41 ล้าน ลบ.ม. มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 4,662.27 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่ช่วงฤดู แล้งมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเฉลี่ย 866.21 ล้าน

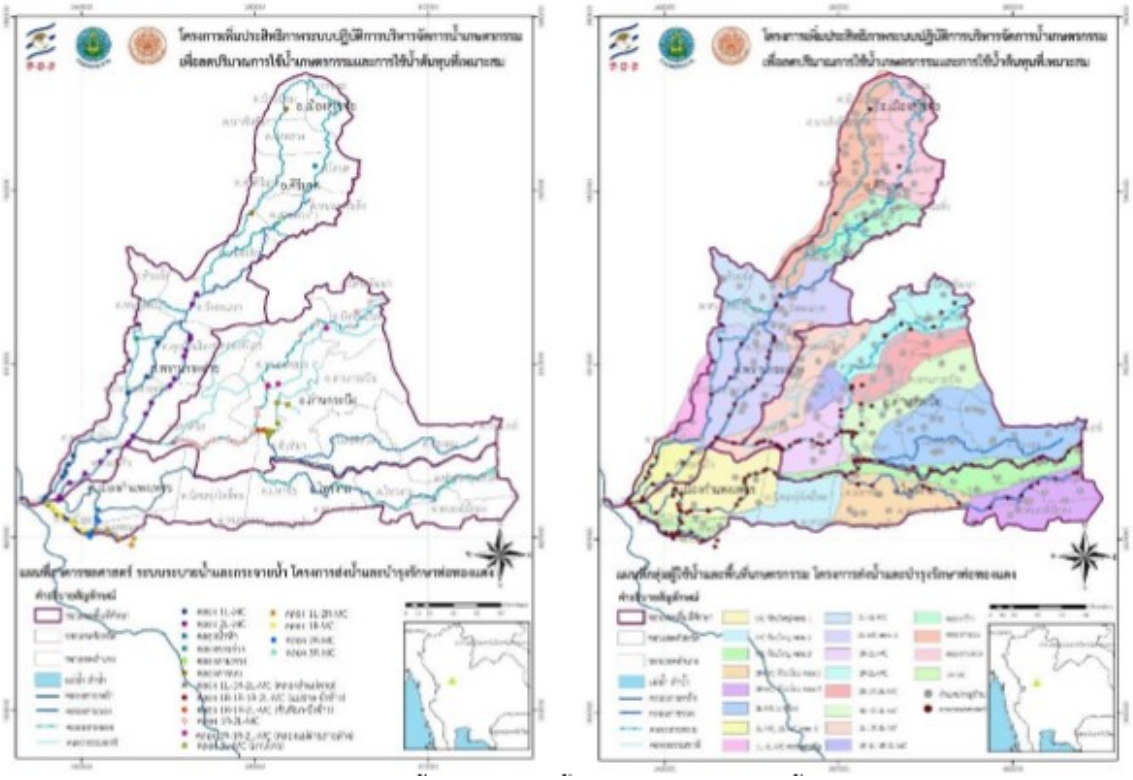
ลบ.ม. มีปริมาณการระบายน้ำเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง 3,313.51 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ วันที่ 1 พ.ย. ของทุกปี ซึ่งเป็นต้นฤดูแล้ง พบว่า เขื่อนภูมิพลมีปริมาณน้ำในอ่างฯ คงเหลือเฉลี่ยร้อยละ 67.40 โดยมีปีที่ปริมาณน้ำในอ่างฯ คงเหลือมากกว่าร้อยละ 90 ได้แก่ปี พ.ศ. 2554 2549 และ 2545 โดยมีปริมาณน้ำในอ่างฯ อยู่ร้อยละ 99.49 98.55 และ 96.96 ตามลำดับ สำหรับปีที่เขื่อนภูมิพลมีปริมาณน้ำในอ่างฯ คงเหลือน้อยกว่าร้อยละ 50 ได้แก่ปี พ.ศ. 2558 2536 และ 2557 โดยมีปริมาณน้ำอ่างฯ คงเหลือเพียงร้อยละ 37.02 39.24 และ 44.75 ตามลำดับ

- การวิเคราะห์ข้อมูลการจัดสรรน้ำของโครงการชลประทานในลุ่มน้ำปิงที่มีการใช้น้ำจากเขื่อนภูมิพล ประกอบด้วย โครงการฯ ท่อทองแดง รับน้ำจากแม่น้ำปิงผ่าน ทรบ.ท่อทองแดง โครงการฯ วังบัว รับน้ำผ่าน ทรบ. วังบัว และพื้นที่ชลประทานวังยาง-หนองขวัญ รับน้ำผ่าน ทรบ.วังยาง และ ทรบ.หนองขวัญ โดยได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำเข้าโครงการกับปริมาณการระบายน้ำจากเขื่อนภูมิพลร่วมกับปริมาณน้ำจากแม่น้ำวังโดยพิจารณาปริมาณน้ำท่าที่สถานีบ้าน วังหมัน W.4A อ.สามเงา จ.ตาก จุดบรรจบแม่น้ำวังกับแม่น้ำปิง โดยทรบ.ท่อทองแดง รับน้ำเข้าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา ท่อทองแดง พื้นที่ชลประทาน 550,688 ไร่ ที่ปริมาณเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้ง เท่ากับ 220.79 ล้าน ลบ.ม. และรับน้ำเข้าโครงการ เฉลี่ยช่วงฤดูฝนเท่ากับ 104.78 ล้าน ลบ.ม. จากข้อมูลย้อนหลังมีช่วงเวลาที่รับน้ำเข้าโครงการสูงสุดคือช่วงฤดูแล้ง 52/53 รับน้ำเข้าโครงการรวมทั้งสิ้น 329.56 ล้าน ลบ.ม. และมีปีที่รับน้ำเข้าโครงการต่ำสุดคือช่วงฤดูแล้ง 58/59 รับน้ำเข้าโครงการที่ ปริมาณ 2.97 ล้าน ลบ.ม. โดยสัดส่วนการใช้น้ำของโครงการชลประทานในลุ่มน้ำปิงคิดเป็นร้อยละ 15 ของปริมาณน้ำต้นทุน ในลุ่มน้ำปิง โดยคิดเป็นสัดส่วนการใช้น้ำจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงร้อยละ 32 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาวังบัว ร้อยละ 36 และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาวังยาง-หนองขวัญร้อยละ 32

3.3.2 ผลการจัดทำแผนที่และระบบข้อมูลสารสนเทศระดับโครงการชลประทาน

ข้อมูลแผนที่อาคารชลศาสตร์ ระบบระบายน้ำและกระจายน้ำของโครงการฯ ท่อทองแดง มีคลองส่งน้ำสายหลัก MC ที่รับน้ำจากแม่น้ำปิง ผ่าน ทรบ.ท่อทองแดง โดยมีอาคาร ทรบ. ปากคลอง 1 จุด เป็นอาคารรับน้ำเข้าโครงการ ขนาด 2.00 x 2.40 เมตร จำนวน 4 ช่อง สามารถรับน้ำเข้าโครงการที่อัตราสูงสุด 70 ลบ.ม. ต่อวินาที และมีอัตราการรับน้ำ เพื่อการบริหารจัดการอยู่ที่ 45 ลบ.ม. ต่อวินาที และได้การจัดทำข้อมูลกลุ่มผู้ใช้น้ำตามขอบเขตการใช้น้ำของหมู่บ้านในพื้นที่ ศึกษาที่มีการใช้น้ำจากคลองส่งน้ำเดียวกัน สามารถจำแนกกลุ่มผู้ใช้น้ำได้ 20 กลุ่ม แบ่งเป็น ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 จำนวน 7 กลุ่ม ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 จำนวน 7 กลุ่ม และฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 จำนวน 6 กลุ่ม

แสดงแผนที่ อาคารชลศาสตร์ ระบบระบายน้ำและกระจายน้ำ และการแบ่งกลุ่มผู้ใช้น้ำ โครงการฯ ท่อทองแดง ดังรูปที่ 3.3-1



รูปที่ 3.3-1 แผนที่อาคารชลศาสตร์ ระบบระบายน้ำและกระจายน้ำ และการแบ่งกลุ่มผู้ใช้น้ำ โครงการฯ ท่อทองแดง

3.4 แนวทางการประหยัดน้ำในภาคอุตสาหกรรม

การจัดทำแนวทางการใช้น้ำภาคอุตสาหกรรม เป็นการประมวลผลจากการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของอุตสาหกรรมต้นแบบ ระดับนิคมฯ และระดับโรงงาน จากองค์ความรู้ที่เกิดจากการประยุกต์ใช้ระบบบริหารจัดการน้ำอัจฉริยะ ซึ่งในช่วงเวลา 6 เดือนที่ผ่านมา ทางคณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลการใช้น้ำของอุตสาหกรรมต้นแบบ เพื่อวิเคราะห์ และกำหนดเป็นมาตรการต่างๆ ที่สามารถสรุปในเบื้องต้นได้ดังนี้

3.4.1 แนวทางการใช้น้ำระดับนิคมอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมต้นแบบระดับนิคมฯ ภายใต้โครงการ มีจำนวน 2 แห่ง ได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร ชลบุรี และสวนอุตสาหกรรมสหพัฒน์ศรีราชา ชลบุรี มีลักษณะที่คล้ายกันในด้านการมีศูนย์รวม สำหรับการบริหารจัดการน้ำ โดยนิคมฯ อมตะนคร เป็น Pilot plant ขนาดใหญ่ และมี Plant

สำหรับบำบัดน้ำเสียของโรงงานในนิคมมากกว่า 1 Plant ส่วนสวนฯ สหพัฒน์ศรีราชา จะส่งน้ำเสียของโรงงานมาบำบัดที่ บริษัท สหพัฒนาอินเตอร์โฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน) ที่เป็นศูนย์กลางในการบำบัดน้ำเสีย ในด้านของความต่างระหว่างต้นแบบระดับนิคม 2 แห่งนี้ คือ รูปแบบการบริหารจัดการ เนื่องจากนิคมฯ อมตะนคร อยู่ภายใต้การควบคุมของการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ขณะที่สวนฯ สหพัฒน์ศรีราชา จะอยู่ภายใต้การควบคุมของกรมโรงงานอุตสาหกรรม รูปแบบการพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำของต้นแบบระดับนิคมฯ สรุปได้ ดังนี้

- การเพิ่มประสิทธิภาพด้วยเทคโนโลยี 3R : มุ่งเน้นการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง เพื่อนำน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดมาใช้ใหม่ ทั้งในรูปแบบของการผลิตเป็นน้ำประปาเกรด 2 และใช้ประโยชน์อื่นๆ ในพื้น เช่น การนำมารดน้ำต้นไม้ หรือน้ำใช้ที่สัมผัสกับร่างกายของคนงาน เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีที่นำมาใช้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของน้ำทิ้ง และความต้องการในการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาใช้ใหม่ เช่น การใช้เทคโนโลยี MVR Evaporator สำหรับบำบัดน้ำเสียที่มีค่า TDS สูง เป็นต้น
- การพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำด้วย IoT : การประยุกใช้ IoT สำหรับต้นแบบระดับนิคมฯ ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก โดยมุ่งเน้นที่การจัดเก็บข้อมูล ในระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อนำมาประมวลผลในการรายงานสถานการณ์ และแจ้งเตือนความผิดปกติของระบบ (กรณีที่มี) ให้กับผู้บริหารหรือผู้มีอำนาจตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว และแม่นยำในรูปแบบต่างๆ เช่น Dashboard, Mobile Application หรือคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง เป็นต้น

3.4.2 แนวทางการใช้น้ำระดับโรงงานอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมต้นแบบระดับโรงงาน ภายใต้โครงการ มีจำนวน 15 แห่ง ที่มีความแตกต่างกันทั้งขนาด จำนวนคนงาน เงินลงทุน ประเภทของอุตสาหกรรม และเทคโนโลยีที่ใช้ รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมต้นแบบในรุ่นที่ 1 นั้น ตามที่แสดงในตารางที่ 3.4-1 รูปแบบการพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำของต้นแบบระดับโรงงาน สรุปได้ ดังนี้

ตารางที่ 3.4-1 รายชื่ออุตสาหกรรมต้นแบบ ปีที่ 1

ลำดับที่	รายชื่อนิคมหรือโรงงาน	กลุ่มอุตสาหกรรม
ต้นแบบระดับนิคม / เขตประกอบการ / สวนอุตสาหกรรม		
1	นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร ชลบุรี	นิคมอุตสาหกรรม
2	สวนอุตสาหกรรมสหพัฒน์ศรีราชา ชลบุรี	นิคมอุตสาหกรรม
ต้นแบบระดับโรงงานอุตสาหกรรม ระยะที่ 1		
1	บริษัท ไดกิ้น คอมเพรสเซอร์ อินดัสทรีส์ จำกัด	ประกอบเครื่องใช้ไฟฟ้า
2	บริษัท ไลอ้อน (ประเทศไทย) จำกัด	สินค้าอุปโภคบริโภค
3	บริษัท สหพัฒนาอินเตอร์โฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน)	บำบัดน้ำเสีย
4	บริษัท ไทยนิปปอนรับเบอร์อินดัสตรี จำกัด (มหาชน)	ผลิตภัณฑ์ยาง
5	บริษัท ไทยเพรซิเดนท์ฟูดส์ จำกัด (มหาชน)	อาหาร
ต้นแบบระดับโรงงานอุตสาหกรรม ระยะที่ 2		
6	บริษัท โมเดอร์น ไดสตัฟส์ แอนด์ พิคเมนท์ส จำกัด	สีย้อม
7	บริษัท เอส เอส ซี ออยล์ จำกัด	กำจัดน้ำมัน
8	บริษัท ไทยซิลิเกตเคมีคัล จำกัด	สารเคมีตั้งต้น
9	บริษัท สหโคเจน (ชลบุรี) จำกัด (มหาชน)	พลังงานไฟฟ้า
10	บริษัท เอส แอนด์ เจ อินเตอร์เนชั่นแนล เอนเตอร์ไพรส์	เครื่องสำอางค์
ต้นแบบระดับโรงงานอุตสาหกรรม ระยะที่ 3		
11	บริษัท ซันโทรี่ เป๊ปซี่โค เบเวอเรจ (ประเทศไทย)	เครื่องดื่ม
12	บริษัท ไทย เอ็มเอฟซี จำกัด	วัสดุตั้งต้นพลาสติก
13	บริษัท ไทยคิวบิคเทคโนโลยี่ จำกัด	วัสดุเคลือบผิวชั้นส่วนรถยนต์
14	บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) สาขา 12	ผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม
15	บริษัท ไทย เอ็นโอเค จำกัด	ยางสังเคราะห์

- การเพิ่มประสิทธิภาพด้วยเทคโนโลยี 3R : แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของต้นแบบระดับโรงงาน ด้วยเทคโนโลยี 3R ค่อนข้างมีความหลากหลายแตกต่างจากต้นแบบระดับนิคมฯ ส่วนมากจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้น้ำในแต่ละขั้นตอนของโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละแห่ง ที่มีการกำหนดมาตรการในการพัฒนาระบบการบริหารจัดการต่างๆ ได้แก่ มาตรการลดการใช้น้ำ (Reduce) เช่น

การปรับปรุง ปรับเปลี่ยน ซ่อมแซม การรั่วไหลของน้ำตามเส้นท่อ และอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนการเพิ่มพื้นที่รองรับน้ำฝนสำหรับนำมาใช้ในกระบวนการตามที่เหมาะสม มาตรการการนำน้ำมาใช้ซ้ำ (Reuse) การรวบรวม หรือนำน้ำที่ใช้แล้วในกระบวนการหนึ่งมาใช้ในอีกกระบวนการหนึ่ง เช่น น้ำ Concentrated จากระบบ RO หรือน้ำร้อน (Steam Condensate) จากท่อส่งไอน้ำ (Steam) มาใช้ และมาตรการการใช้น้ำที่ผ่านการรีไซเคิล (Recycle) ซึ่งเป็นเทคนิคที่โรงงานอุตสาหกรรมนิยมใช้มากที่สุด ได้แก่ การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียด้วย MF/ UF/ NF หรือ RO รวมไปถึงการใช้เทคโนโลยีใหม่ที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำ เช่น Membrane Bio Reactor (MBR), Forward osmosis และ MVR Evaporator เป็นต้น

- การพัฒนาระบบการบริหารจัดการน้ำด้วย IoT : มุ่งเน้นการเก็บรวบรวมข้อมูลอัตราการไหลและพารามิเตอร์ต่างๆ ในน้ำ จากกระบวนการต่างๆ โดยได้มีการแบ่งระดับของเทคโนโลยีออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ (1) โรงงานประเภทที่ไม่เคยดำเนินการติดตั้ง IoT โรงงานประเภทนี้ จะดำเนินการติดตั้ง IoT เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้น้ำต่างๆ (2) โรงงานที่มีการติดตั้ง IoT บ้างแล้วในบางตำแหน่ง โรงงานประเภทนี้ จะดำเนินการเพิ่มตำแหน่งในการติดตั้ง หรือประยุกต์ใช้ IoT ในการแจ้งเตือนสถานการณ์ต่างๆ และ (3) โรงงานที่มีการติดตั้ง IoT แต่สามารถประยุกต์ใช้ระบบของโครงการในการเพิ่มศักยภาพการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

3.4.3 มาตรการส่งเสริมการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

นอกเหนือจากการพัฒนาระบบบริหารจัดการน้ำให้กับอุตสาหกรรมต้นแบบ เพื่อเป็นตัวอย่างที่ดีในการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับขยายผลไปสู่อุตสาหกรรมต้นแบบรุ่นถัดไป รวมไปถึงอุตสาหกรรมที่มีลักษณะหรือกระบวนการใช้น้ำที่ใกล้เคียงกับอุตสาหกรรมต้นแบบแล้ว ในการดำเนินการส่งเสริมมาตรการการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ จำเป็นต้องมีมาตรการที่สามารถดำเนินการได้ในเชิงปฏิบัติ ได้แก่

- ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ : ประกอบด้วยการผลักดันใน 2 รูปแบบ คือ แรงจูงใจมาจากมาตรการด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Force) เช่น นโยบายด้านภาษี ค่าปรับ สิทธิพิเศษ แรงจูงใจและแรงขับ เนื่องจากภาวะการขาดแคลนน้ำ เป็นต้น และการสนับสนุนจากภาครัฐ เช่น การลดภาษีด้านการดำเนินธุรกิจ ด้านสิ่งแวดล้อม และการสนับสนุนงบประมาณในรูปแบบ Shadow Price สำหรับระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานของชุมชน เป็นต้น

- ความเป็นไปได้ทางกฎหมาย : ส่งเสริมการให้มีกฎหมายหรือระเบียบในการส่งเสริมการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายส่งเสริมการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่โดยตรง

รวมถึงยังไม่มีความชัดเจนและครอบคลุมในส่วนการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ ยกตัวอย่าง กรณีการนำน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียของชุมชนกลับมาใช้ใหม่ในภาคเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม ในต่างประเทศมีกฎหมายส่งเสริมการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นแรงจูงใจให้ชุมชน พาณิชยกรรม และอุตสาหกรรมหันมาสนใจการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นการประหยัดทรัพยากรน้ำ การแก้ปัญหาน้ำขาดแคลน และเป็นการลดมลพิษอีกด้วย

- ความเป็นไปได้ทางสังคม : หมายถึง การมีส่วนร่วมของผู้ประกอบการในการลดการใช้น้ำ การสร้างแรงกดดันทางสังคม การสร้างความตระหนัก การให้รางวัล และการยกย่องเชิดชูผู้ที่มีส่วนร่วมการใช้น้ำที่ดี

3.5 แนวทางการทำงาน SEA

การประเมินสิ่งแวดล้อมระดับยุทธศาสตร์ (Strategic Environmental Assessment (SEA)) สารสำคัญคือการพัฒนาจะต้องไม่มีการสูญเสียสุทธิ (No-net-loss) การแบ่งปันผลประโยชน์ที่เสมอภาคและยุติธรรม (Benefit sharing) ผู้ก่อมลพิษต้องเป็นผู้จ่าย (Polluter pays) การป้องกันไว้ก่อน (Precautionary principles) และการพัฒนาที่ไม่เกินศักยภาพการรองรับของพื้นที่ (Development within carrying capacity) ซึ่งจะทำให้มั่นใจได้ว่าชุมชนจะดำรงชีวิตอย่างมีสุขภาวะภายใต้ขอบเขต/ข้อจำกัดของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ-ชีวภาพ และสภาวะเศรษฐกิจที่สามารถสนองต่อความต้องการของสังคม

การประเมินสิ่งแวดล้อมระดับยุทธศาสตร์ (Strategic Environmental Assessment : SEA) หมายความว่า กระบวนการที่เป็นระบบเพื่อใช้สนับสนุนการตัดสินใจในการกำหนดนโยบาย แผน หรือแผนงานโดยคำนึงถึงปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม ร่วมกับปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และปัจจัยอื่นๆ โดยเปิดโอกาสให้ทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องเข้ามามีส่วนร่วม เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน

ทางรัฐที่ผ่านมาจะเป็นการทำ SEA แบบ TOPDOWN SEA คือ ไปดูว่ามียุทธศาสตร์พัฒนา นโยบายพัฒนา แผนพัฒนา และโครงการพัฒนาอะไร อยู่ในพื้นที่บ้าง แล้วมาสร้างทางเลือกในการพัฒนา แต่สำหรับทีมงานวิจัย ต้องทำ BOTTOMUP SEA คือ ไปดูว่าพื้นที่ โดยเฉพาะชุมชน - ประชาชน - ท้องถิ่น มีศักยภาพอะไร กำลังทำอะไรกันอยู่ คิดจะทำอะไรในอนาคต (ซึ่งพวกเขาไม่รู้หรอกว่า มันเรียกว่ายุทธศาสตร์ นโยบาย แผน โครงการ) พวกเราต้องไปช่วยดึงศักยภาพเหล่านั้นออกมาแล้วนำมาทาบทับ LAYER การพัฒนาจากภาครัฐและเอกชนในพื้นที่ หลังจากนั้นจึงศึกษาหาทางเลือกในการพัฒนาร่วมกัน ดังนั้น การศึกษาของทีมงานวิจัย จึงต้องใช้เวลามากกว่าแบบ TOPDOWN SEA แต่ว่าจะสร้างการพัฒนา

ที่ยั่งยืน และไม่มีการทะเลาะเบาะแว้งกันในแผนพัฒนาในภายหลัง โดยเฉพาะทรัพยากรน้ำ ซึ่งมีไม่พอมานานแล้วในพื้นที่ ต้องแบ่งสรรปันส่วนให้ Clear Care Fair และ Share ทั้ง Intergeneration และ Intergeneration

มุมมองที่ทีมวิจัยใส่เข้าไป คือการมีส่วนร่วมของภาคชุมชนและประชาชน ในมิติรัฐศาสตร์และสังคมในการบริการจัดการน้ำ ทำให้เกิดแผนพัฒนาแบบใหม่ เช่น กรมชลประทานในพื้นที่ศึกษาของเราก็ปรับตัวต้องไปออกแบบระบบอ่างเก็บน้ำ หรือดัดแปลงระบบการกระจายน้ำตามชุมชนเสนอมา ข้อมูลของเราสร้างอำนาจการต่อรองให้กับชุมชน และหาทางออกให้รัฐและเอกชน (กรมชลฯ– สทนช.– สนง. EEC –East Water) ไปในขณะเดียวกัน เป็นต้น ซึ่งแสดงอยู่ในกรอบการทำงานปีที่ 1 โดยการนำเอา

<u>ข้อมูล</u>

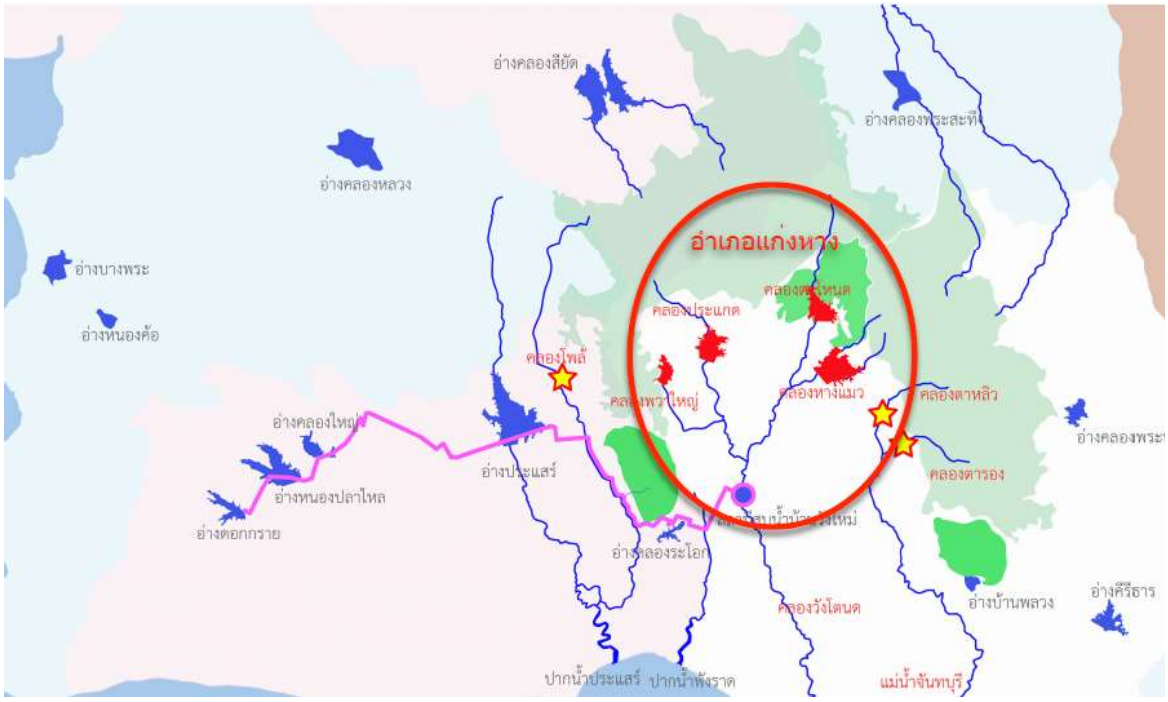
1) ด้านภูมิศาสตร์, ลำน้ำหลัก ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ และทรัพยากร
2) ด้านประวัติศาสตร์ เพื่อให้เห็นถึงมิติทางสังคม และวัฒนธรรม
3) ด้านเศรษฐกิจที่แสดงให้เห็นถึงแหล่งรายได้ของพื้นที่ และแหล่งทุน
4) ด้านอาชีพ แสดงถึงจำนวนประชากรที่สัมพันธ์กับอาชีพ ทางเลือกของเกษตรกร และการใช้ที่ดิน

<u>ด้านผลกระทบจากภายนอก</u>

5) แสดงยุทธศาสตร์การจัดหาน้ำเพิ่มเติมให้แก่ EEC ที่กระทบโดยตรงกับโครงสร้างทรัพยากรระดับพื้นที่

<u>ด้านผลกระทบภายใน</u>

6) แสดงการพัฒนาอ่างเก็บน้ำในพื้นที่แก่งหางแมว และลุ่มน้ำวังตะโหนด ลุ่มน้ำจันทบุรี

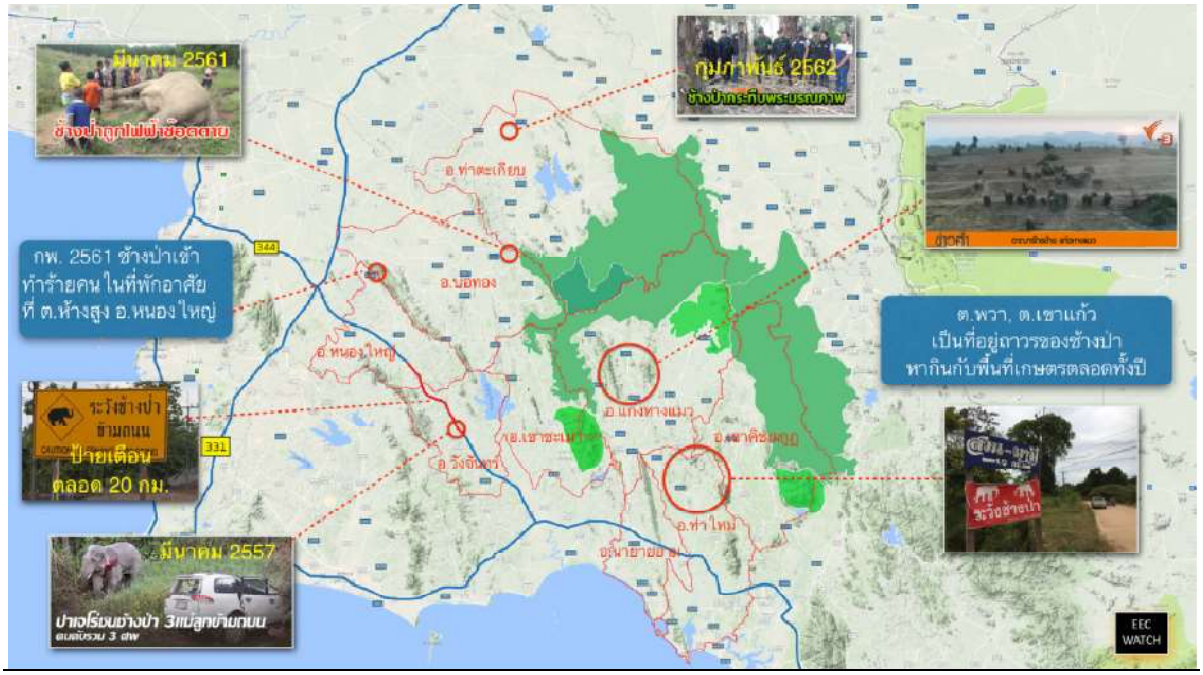


รูปที่ 3.5-1 พื้นที่พัฒนาอ่างในอำเภอแก่งหางแมว

รูปที่ 3.5-2 การขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่อำเภอแก่งหางแมว

(ถ่ายเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563)

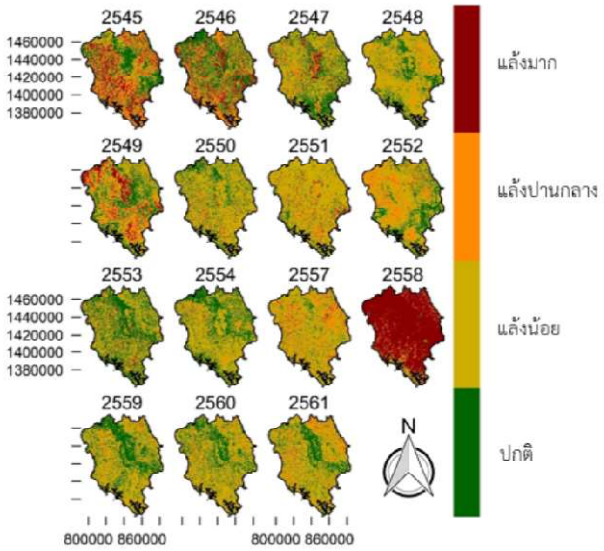
7) ปัญหาช้างป่าบุกรุกพื้นที่ จากการตั้งถิ่นฐาน, มีช้างในพื้นที่เกินศักยภาพ, การที่ช้างเข้าทำลายพืชผลการเกษตร และชุมชนมีปัจจัยของช้าง เช่น อาหาร, แหล่งน้ำ ที่หลบภัยและการขยายพันธุ์ของช้าง



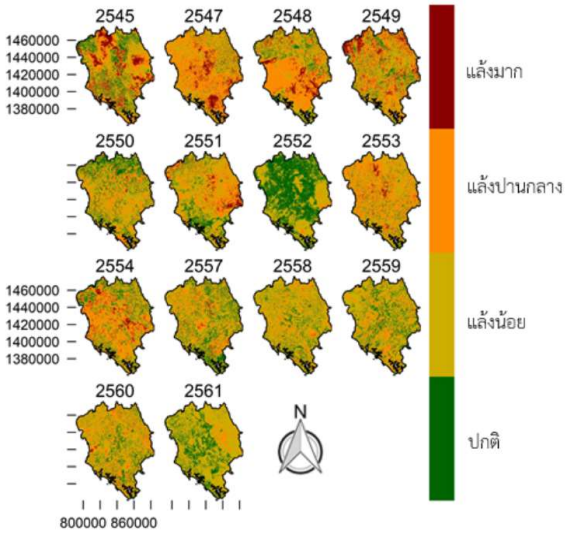
รูปที่ 3.5-3 พื้นที่เกิดปัญหาช้างป่าบุกรุกการประชุมหารือ

8) ข้อมูลที่กล่าวมานี้ได้นำเข้าสู่การประชุมกลุ่ม เพื่อหาแนวทางในการป้องกันและจัดการความขัดแย้งในการใช้ทรัพยากรน้ำ

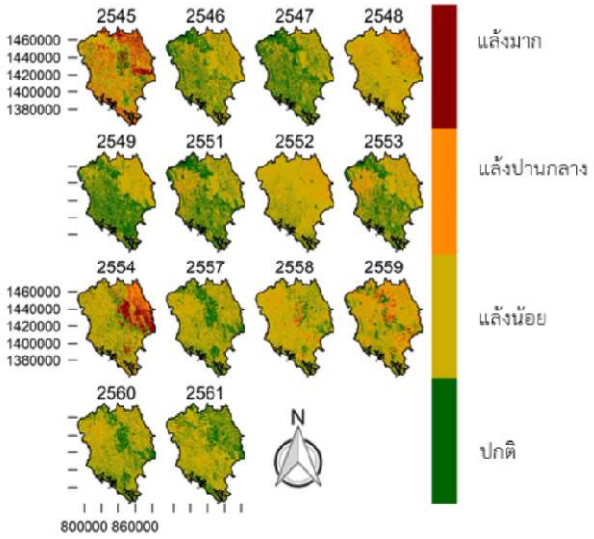
9) การนำเอาเครื่องมือดัชนีมาช่วยในการกำหนดพื้นที่ของปัญหา



รูปที่ 3.5-4 ค่าดัชนีความแห้งแล้งช่วงฤดูร้อนในจังหวัดจันทบุรีตั้งแต่ปีพ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2554 และ พ.ศ.2557 ถึง พ.ศ.2561 โดยแถบสีแสดงถึงระดับความแห้งแล้งตั้งแต่ปกติ (สีเขียวเข้ม) จนถึงแล้งมาก (สีแดงเข้ม) ตามลำดับ



รูปที่ 3.5-5 ค่าดัชนีความแห้งแล้งช่วงฤดูฝนในจังหวัดจันทบุรีตั้งแต่ปีพ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2554 และ พ.ศ.2557 ถึง พ.ศ.2561 โดยแถบสีแสดงถึงระดับความแห้งแล้งตั้งแต่ปกติ (สีเขียวเข้ม) จนถึงแล้งมาก (สีแดงเข้ม) ตามลำดับ



รูปที่ 3.5-6 ค่าดัชนีความแห้งแล้งช่วงฤดูหนาวในจังหวัดจันทบุรีตั้งแต่ปีพ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2554 และ พ.ศ.2557 ถึง พ.ศ.2561 โดยแถบสีแสดงถึงระดับความแห้งแล้งตั้งแต่ปกติ (สีเขียวเข้ม) จนถึงแล้งมาก (สีแดงเข้ม) ตามลำดับ

<u>แนวทางการแก้ไขที่ได้จากการประชุม</u>

10) แนวทางการแก้ไขและจัดการปัญหาการบริหารจัดการน้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรีจากการประชุมกลุ่มในวันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563

- กำหนดปริมาณน้ำที่ต้องจัดสรรให้คนในพื้นที่ใช้โดยใช้ข้อมูลความต้องการใช้น้ำในปัจจุบัน และค่าคาดการณ์ในอนาคต
- จัดตั้งคณะทำงานลุ่มน้ำวังโตนด โดยผ่านสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ หรือกรมชลประทาน
- จดทะเบียนผู้ใช้น้ำตาม พระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำแห่งชาติ พ.ศ.2561
- ขอท่อผันน้ำให้กระจายในพื้นที่ไม่ติดคลอง เนื่องจากน้ำกระจายไปไม่ถึงในพื้นที่ดังกล่าว ทำให้ชาวบ้านไม่ได้ใช้น้ำต่างจากพื้นที่ที่ติดคลองที่ได้ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ
- ขอเพิ่มฝายแบบขั้นบันไดในลำน้ำวังโตนดเพื่อการกักเก็บและทดน้ำ
- ขอให้หน่วยงานที่ทำหน้าที่ในการบริหารจัดการน้ำ คำนึงถึงฝั่งอ่างวังโตนดในพื้นที่ที่ไม่มีน้ำใช้ด้วย
- ให้ผันน้ำจากอ่างประแกดไปเติมอ่างหนองเตียน (อยู่ในตำบลขุนซ่อง หมู่ 8, 6, 12, 16 และอยู่ในตำบลแก่งหางแมว หมู่ 2 และ 11) โดยเมื่อผันน้ำไปเติมในอ่างหนองเตียนแล้ว

ค่อยปล่อยให้ไหลไปตามคลองธรรมชาติเพื่อที่ชาวบ้านจะได้มีต้นทุนน้ำใช้ ในอ่างเก็บน้ำเล็กๆ ของชาวบ้าน

- ในส่วนของการออกแบบอ่างวังโตนด ต้องให้มีการกระจายน้ำตามท่อไปด้วย ควบคู่กับการก่อสร้าง (เนื่องจากใช้ระยะเวลานานกว่าอ่างฯ จะสร้างเสร็จ และชาวบ้านกลัวว่าหากสร้างเสร็จชาวบ้านก็อาจจะไม่ได้ใช้น้ำในอ่างฯ เหมือนอ่างประแกด)
- ควรมีการขุดลอกอ่างเก็บน้ำเล็กๆ ในพื้นที่เพิ่มเติม เช่น อ่างฯแพ่งกะผา และอ่างฯหนองบัวทอง (มีพื้นที่ 40 กว่าไร่) ให้ลึกขึ้นเพื่อเพิ่มความจุในการกักเก็บน้ำ
- ต้องการให้น้ำจากอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่มาเติมในอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก (อ่างฯแพ่งกะผา และอ่างฯหนองบัวทอง)
- ในอนาคตชาวบ้านส่วนใหญ่จะโค่นยางพาราแล้วหันมาปลูกทุเรียน ดังนั้นจะมีความต้องการใช้น้ำมาก เพราะทุเรียนเป็นพืชที่ใช้น้ำเยอะ ดังนั้นจึงควรมีการวางระบบการกระจายน้ำให้ครอบคลุมทุกพื้นที่อย่างเสมอภาค มีเส้นทางน้ำแยกกระจายไปในทุกพื้นที่ในทุกๆ ตำบลของอำเภอแก่งหางแมว

ทั้งนี้การอาศัยข้อมูลที่เป็นที่ยอมรับจะช่วยให้การหาแนวทางในการแก้ไขปัญหามีเครื่องมือที่ยอมรับและสามารถช่วยให้กำหนดทิศทางที่ได้รับการยอมรับร่วมกัน ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ได้รับการปฏิบัติของการทำ BOTTOMUP SEA

3.6 ระบบข้อมูลทรัพยากรน้ำและวิสัยทัศน์การบริหารจัดการในเขต EEC

3.6.1 ระบบลุ่มน้ำในพื้นที่โครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก

จากข้อมูลระบบลุ่มน้ำซึ่งแบ่งเป็น 4 ลุ่มน้ำหลัก ประกอบด้วย ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ลุ่มน้ำโตนเลสาบ ลุ่มน้ำบางปะกง และลุ่มน้ำปราจีนบุรี ซึ่งทั้ง 4 ลุ่มน้ำนี้มีความเชื่อมโยงกันและประกอบกันเป็นพื้นที่การศึกษา ดังนั้นเพื่อให้เห็นความเชื่อมโยงของแผงผังระบบลุ่มน้ำที่ครอบคลุมพื้นที่การศึกษา จึงแสดงแผนผังลุ่มน้ำรวมและแยกเป็น 4 ลุ่มน้ำ ซึ่งในแผนผังระบบลุ่มน้ำที่แสดงนี้ได้จัดทำขึ้นตามข้อมูลที่จะถูกใช้ประโยชน์ในการวิจัย ประกอบด้วย พื้นที่หัวงาน เช่น อ่างเก็บน้ำ เขื่อน ฝาย เป็นต้น พื้นที่ชลประทาน แม่ข่าย การประปาส่วนภูมิภาค และสถานีวัดน้ำท่า สำหรับอ่างเก็บน้ำของพื้นที่การศึกษาที่มีข้อมูลและถูกนำมาใช้ในการวิจัยมีทั้งหมด 64 อ่าง แบ่งเป็น 4 ลุ่มน้ำหลัก โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.6-1 ถึง ตารางที่ 3.6-4 และมีโครงการชลประทานทั้งหมด 51 โครงการ พื้นที่ชลประทานรวม 3,649,824 ไร่ โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.6-5 โดยมีแผนที่แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.6-1

ตารางที่ 3.6-1 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก

ลำดับ	ชื่อ	ความจุ ล้านลูกบาศก์เมตร	พิกัด	
			N	E
ลุ่มน้ำสาขา	คลองโตนด			
1	อ่างเก็บน้ำคลองประแกต	60.26	806509	1450476
ลุ่มน้ำสาขา	คลองใหญ่			
1	อ่างเก็บน้ำคลองใหญ่	45.46	750919	1435806
2	อ่างเก็บน้ำดอกทราย	79.41	738520	1427103
3	อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล	163.75	745331	1432677
ลุ่มน้ำสาขา	ชายฝั่งทะเลตะวันออก			
1	อ่างเก็บน้ำเขาระกำ	47.69	871634	1357287
2	อ่างเก็บน้ำคลองสะพานหิน	20	906626	1339747
3	อ่างเก็บน้ำบางพระ	110	714384	1461008
4	อ่างเก็บน้ำมาบประชัน	16.6	713046	1430477
5	อ่างเก็บน้ำมาบฟักทอง1	1.23	714301	1414611
6	อ่างเก็บน้ำมาบฟักทอง2	1.98	713694	1417054
7	อ่างเก็บน้ำหนองกลางดง	7.65	719275	1442457
8	อ่างเก็บน้ำหนองค้อ	21.4	721159	1453147
9	อ่างเก็บน้ำห้วยขุนจิต	4.8	718151	1439010
10	อ่างเก็บน้ำห้วยซากนอก	7.03	710224	1425204
11	อ่างเก็บน้ำห้วยตู้1	1.14	712062	1411007
12	อ่างเก็บน้ำห้วยตู้2	2.97	709939	1410695
13	อ่างเก็บน้ำห้วยสะพาน	3.84	721388	1446329
ลุ่มน้ำสาขา	แม่น้ำจันทบุรี			
1	อ่างเก็บน้ำคลองศาลทราย	10	827403	1432798
ลุ่มน้ำสาขา	แม่น้ำประแสร์			
1	อ่างเก็บน้ำคลองระโอก	19.65	801371	1424437
2	อ่างเก็บน้ำประแสร์	295	778719	1440756
ลุ่มน้ำสาขา	แม่น้ำเมืองตราด			
1	อ่างเก็บน้ำคลองมะนาว	2.35	881914	1396650
2	อ่างเก็บน้ำด่านชุมพล	5.6	896753	1381017
3	อ่างเก็บน้ำวังปลาหมอ	8.15	870300	1360817
4	อ่างเก็บน้ำหนองโสน	65	879405	1383155
5	อ่างเก็บน้ำห้วยแร้ง	36.8	901215	1375878

ตารางที่ 3.6-2 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำโตนเลสาบ

ลำดับ	ชื่อ	ความจุ ล้านลูกบาศก์เมตร	พิกัด	
			N	E
ลุ่มน้ำสาขา	โตนเลสาบตอนบน			
1	อ่างเก็บน้ำเขารัง	3.72	910010	1567004
2	อ่างเก็บน้ำคลองตาด้วง	1.8	920293	1567700
3	อ่างเก็บน้ำคลองส้มป่อย	1.8	918258	1564493
4	อ่างเก็บน้ำห้วยตะเคียน	10	895835	1546426
5	อ่างเก็บน้ำห้วยยาง	60	892994	1553354
ลุ่มน้ำสาขา	โตนเลสาปตอนล่าง			
1	อ่างเก็บน้ำคลองพระพุทธ	70.51	858066	1441561
2	อ่างเก็บน้ำคลองบอน	2.5	866775	1450625
3	อ่างเก็บน้ำเขาดิน	1.42	861923	1486964
ลุ่มน้ำสาขา	คลองท่าลาด			
1	อ่างเก็บน้ำคลองระบม	55	787700	1516470
2	อ่างเก็บน้ำคลองสียัด	420	791025	1486035
3	อ่างเก็บน้ำลาดกระทิง	4.2	762913	1500844
4	อ่างเก็บน้ำห้วยน้ำโจน	1.96	774827	1521233
5	อ่างเก็บน้ำห้วยสำโรงเหนือ	1.97	771869	1520907
ลุ่มน้ำสาขา	คลองหลวง			
1	อ่างเก็บน้ำคลองหลวงรัชชโลทร	98	756560	1479380
ลุ่มน้ำสาขา	ที่ราบแม่น้ำบางปะกง			
1	อ่างเก็บน้ำบ้านบึงขยาย	10.98	730562	1465258
ลุ่มน้ำสาขา	แม่น้ำนครนายก			
1	เขื่อนขุนด่านปราการชล	224	751834	1582734
2	อ่างเก็บน้ำคลองโบด	4.25	736778	1581016
3	อ่างเก็บน้ำคลองสีเสียด	1.14	751045	1576651

ตารางที่ 3.6-3 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำบางปะกง

ลำดับ	ชื่อ	ความจุ ล้านลูกบาศก์เมตร	พิกัด	
			N	E
4	อ่างเก็บน้ำทรายทอง	2	737815	1585916
5	อ่างเก็บน้ำห้วยปรือ	8.86	739112	1583686

ตารางที่ 3.6-4 ข้อมูลอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำปราจีนบุรี

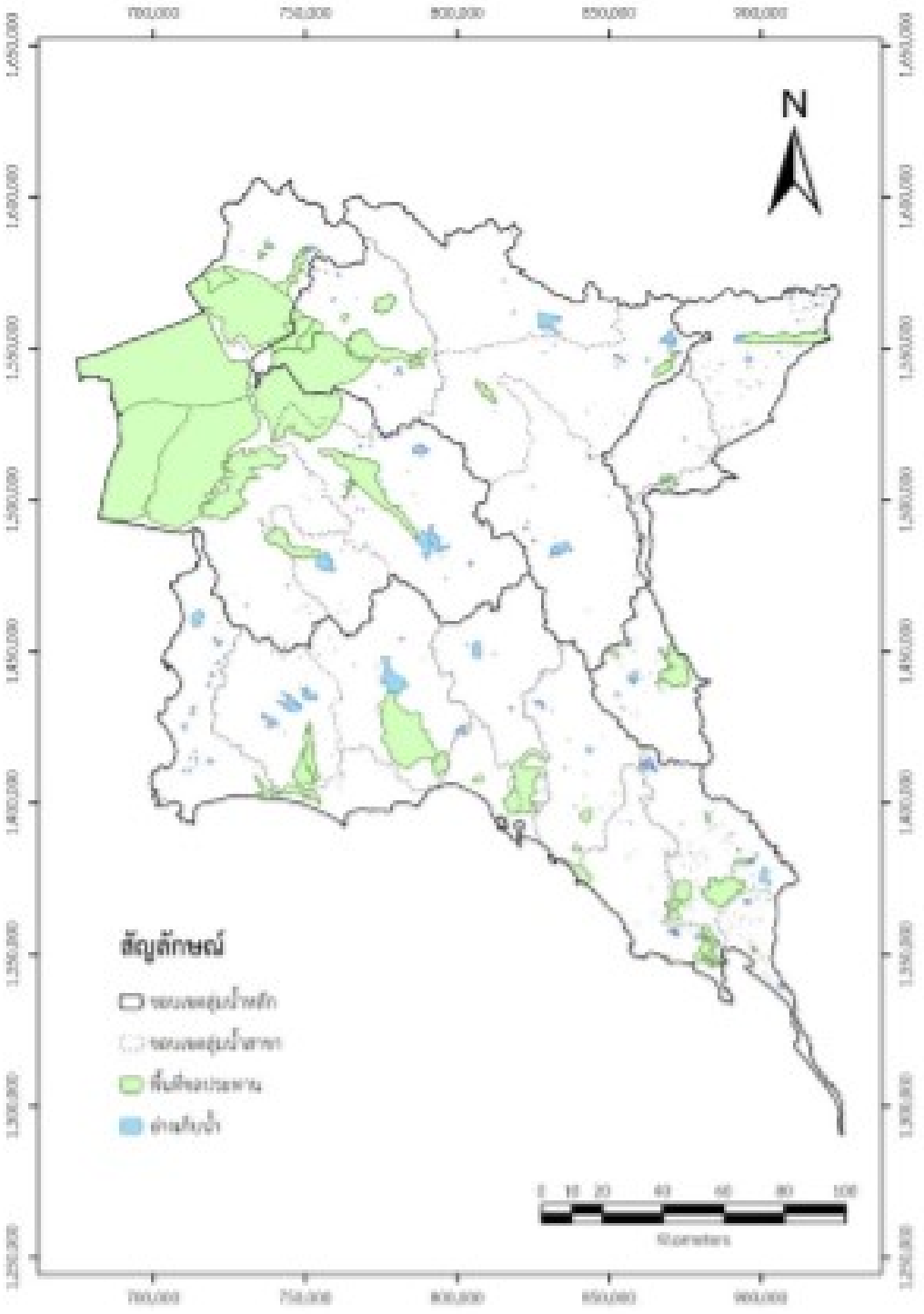
ลำดับ	ชื่อ	ความจุ ล้านลูกบาศก์เมตร	พิกัด	
			N	E
ลุ่มน้ำสาขา	คลองพระสทึง			
1	อ่างเก็บน้ำคลองสามสิบ	5.77	843703	1513970
2	อ่างเก็บน้ำพระสะทึง	65	834027	1483993
ลุ่มน้ำสาขา	แม่น้ำปราจีนบุรี			
1	อ่างเก็บน้ำเขาอีโต้	2.9	759794	1566336
2	อ่างเก็บน้ำคลองกลาง	3.1	754098	1575921
3	อ่างเก็บน้ำคลองไม้ปล้อง	11.33	760881	1574228
4	อ่างเก็บน้ำค่ายจักพงษ์	0.9	759204	1565833
5	อ่างเก็บน้ำวังบอน	7.56	756858	1575225
6	อ่างเก็บน้ำวังม่วง	0.8	752287	1575968
ลุ่มน้ำสาขา	แม่น้ำพระปรง			
1	อ่างเก็บน้ำคลองเกลือ	0.55	862640	1546162
2	อ่างเก็บน้ำคลองทราย	0.176	852468	1543901
3	อ่างเก็บน้ำคลองพันโป้	0.27	831961	1551319
4	อ่างเก็บน้ำช่องกล่ำบน	0.275	856460	1547779
5	อ่างเก็บน้ำช่องอกล่ำล่าง	2.2	854931	1545726
6	อ่างเก็บน้ำท่ากระบาก	7.3	852940	1547397
7	อ่างเก็บน้ำพระปรง	97	869874	1552846
8	อ่างเก็บน้ำห้วยชัน	4	873040	1548768
ลุ่มน้ำสาขา	แม่น้ำหนุมาน			
1	อ่างเก็บน้ำทับลาน	2.72	815420	1572251
2	อ่างเก็บน้ำนฤบดินทรจินดา	295	829831	1558982

ตารางที่ 3.6-5 ข้อมูลพื้นที่โครงการชลประทานของพื้นที่การศึกษา

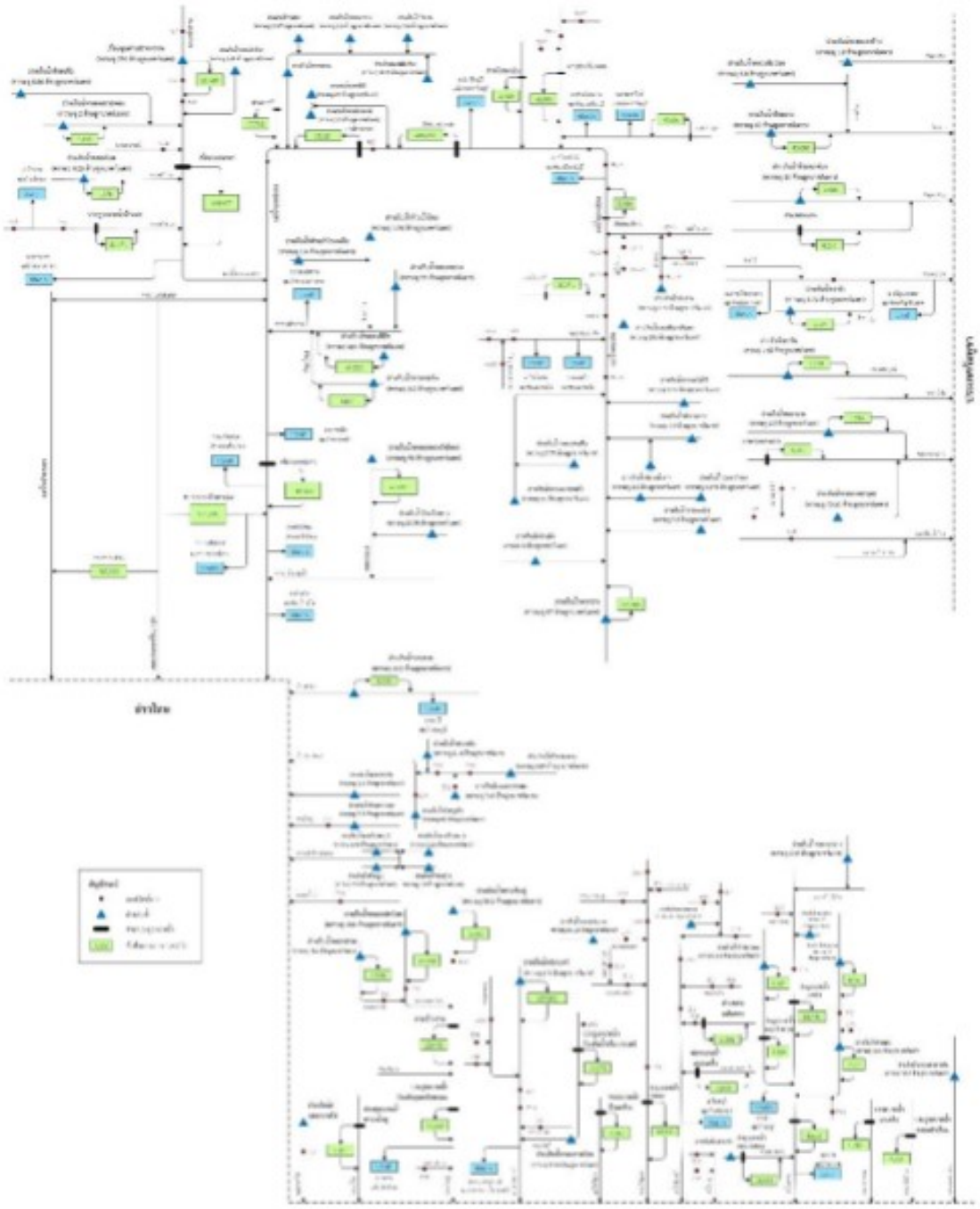
ลำดับ	พื้นที่ชลประทาน	พื้นที่ (ไร่)
1	เขาสอยดาว	48,652
2	คลองพระปรง	13,389
3	คลองสารภี	47,792
4	คันกั้นน้ำแหลมสิงห์	16,688
5	คันกั้นน้ำฯคลองใหญ่	1,401
6	คันกั้นน้ำฯนาเกลือ	4,789
7	คันกั้นน้ำฯวังกระแจะ	8,612
8	โคกกะจะ	23,681
9	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนคลองท่าด่าน	25,989
10	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขือนบางปะกง	148,943
11	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาคลองด่าน	405,909
12	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาคลองสียัด	104,414
13	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครนายก	364,907
14	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางพลวง	499,008
15	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระองค์ไชยานุชิต	531,235
16	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษารังสิตใต้	690,839
17	ตะเคียนทอง	5,404
18	ทรบ.คลองพลิ้ว	2,894
19	ทรบ.บ้านกล้วย	3,387
20	ทรบ.อ่าวคุ้งกระเบน	1,769
21	ท่าแห	70,635
22	บ้านนา	27,371
23	ปตร.เขาระกำขยาย	18,959
24	ปตร.เขาสมิง	18,446
25	ปตร.คลองท่าเลื่อน	1,129
26	ปตร.คลองน้ำหู	8,151
27	ปตร.คลองร่างหวาย	7,308.68
28	ปตร.ป้องกันน้ำเค็มลุ่มน้ำประแสร์	16,675.03
29	ปตร.ป้องกันอุทกภัยระยอง	19,928.38

ตารางที่ 3.6-5 ข้อมูลพื้นที่โครงการชลประทานของพื้นที่การศึกษา (ต่อ)

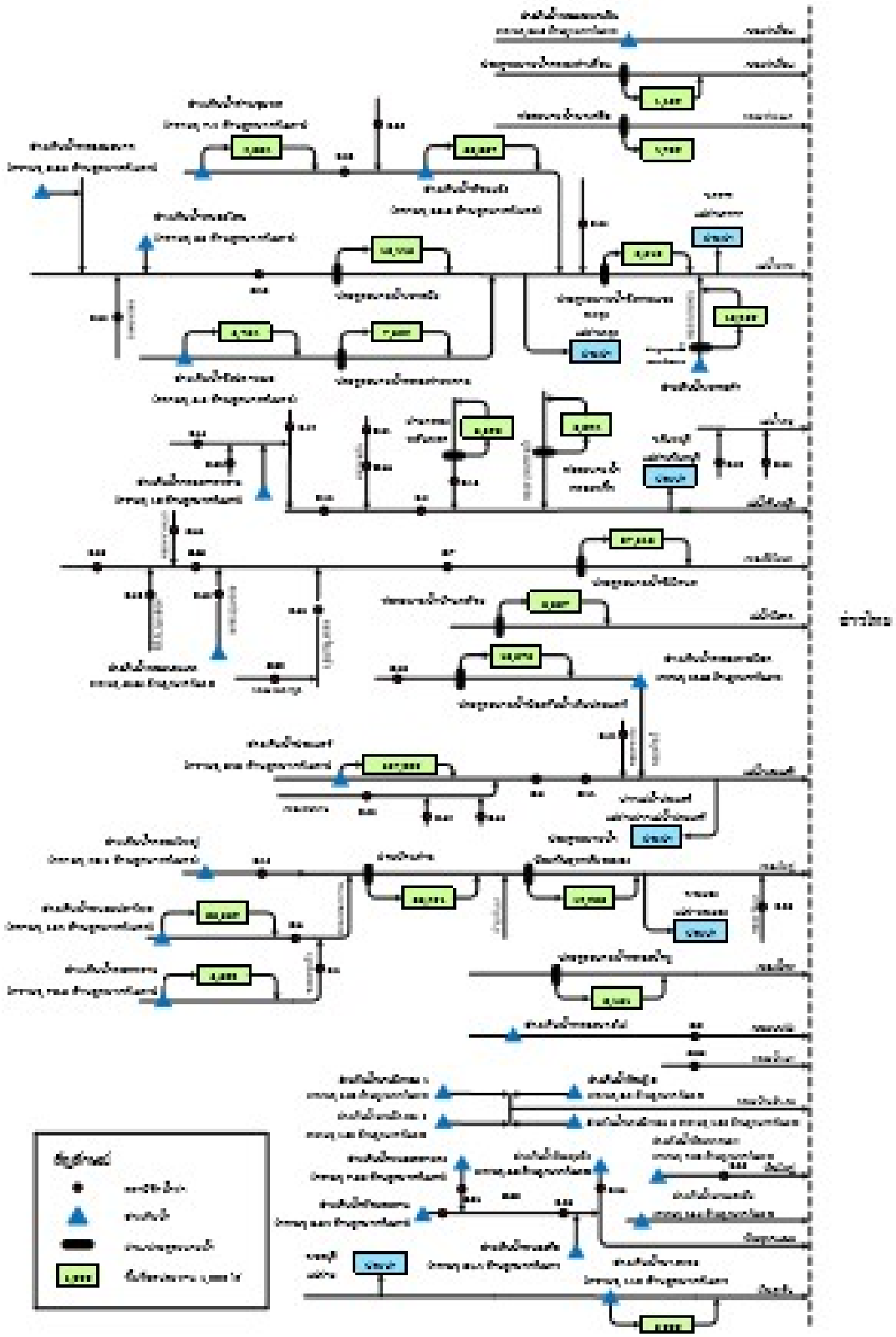
ลำดับ	พื้นที่ชลประทาน	พื้นที่ (ไร่)
30	ฝายคลองทรายขาว	3,960.74
31	ฝายคลองพลับพลา	6,398.06
32	ฝายบ้านค่าย	25,491.01
33	แม่น้ำประจันตคาม	16,980.55
34	ระบบส่งน้ำคลองวังโตนด	87,513.33
35	ห้วยเกษียร	2,322.89
36	ห้วยไคร้	10,340.60
37	อ่างเก็บน้ำเขารัง	5,514.60
38	อ่างเก็บน้ำคลองทรายทอง	1,259.72
39	อ่างเก็บน้ำคลองบอน	1,513.92
40	อ่างเก็บน้ำคลองโบด	1,370.63
41	อ่างเก็บน้ำคลองหลวงรัชชโลทร	41,637.83
42	อ่างเก็บน้ำด่านชุมพล	4,283.62
43	อ่างเก็บน้ำบ้านมะนาว	1,537.77
44	อ่างเก็บน้ำประแสร์	165,086.05
45	อ่างเก็บน้ำลาดกระทิง	3,487.02
46	อ่างเก็บน้ำวังปลาหมอ	6,784.24
47	อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล	25,569.38
48	อ่างเก็บน้ำห้วยเขาดิน	1,286.36
49	อ่างเก็บน้ำห้วยเขาดิน	1,286.36
50	อ่างเก็บน้ำห้วยยาง	45,007.66
51	อ่างเก็บน้ำห้วยแร้ง	52,886.50



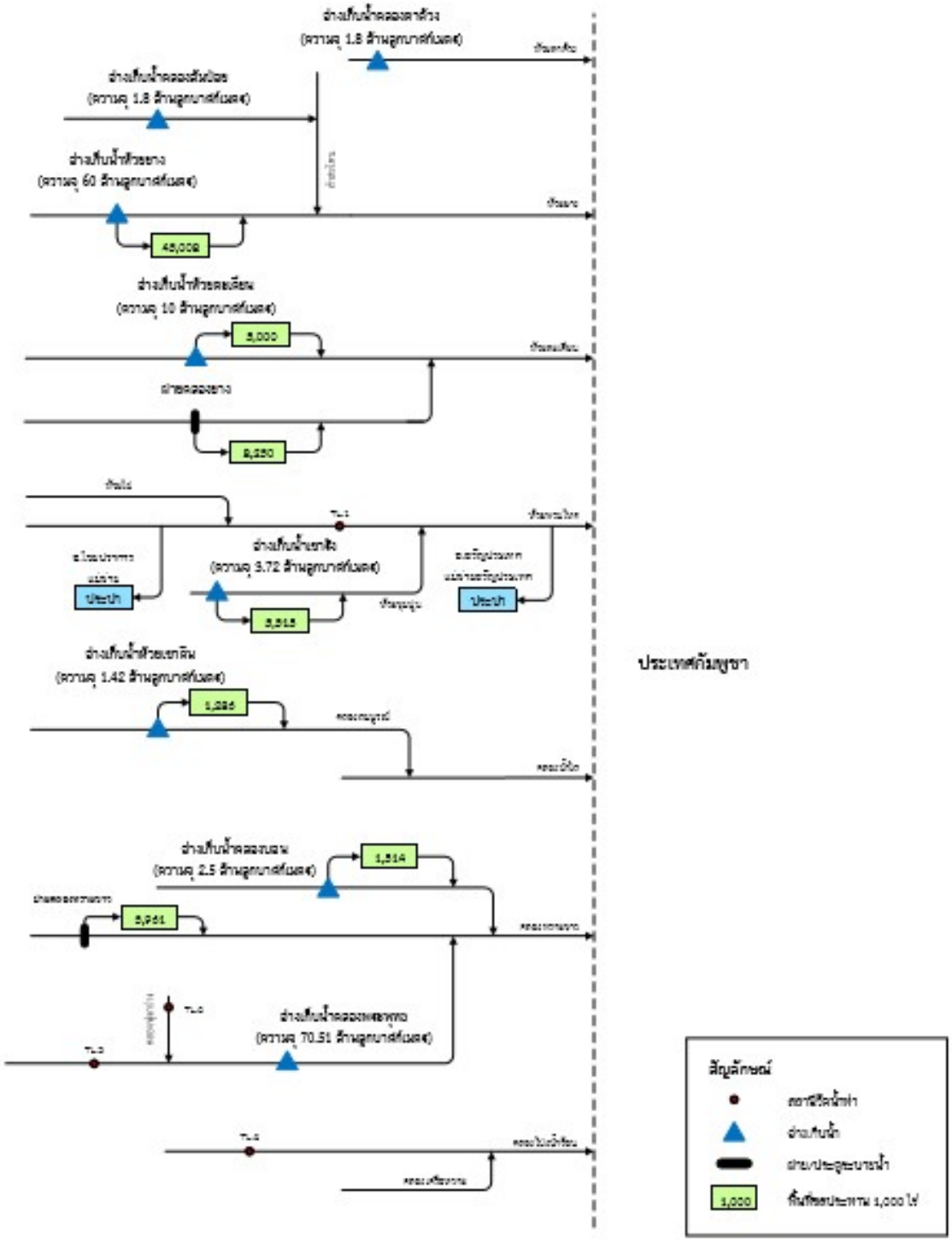
รูปที่ 3.6-1 แผนที่อ่างเก็บน้ำพื้นที่โครงการชลประทาน



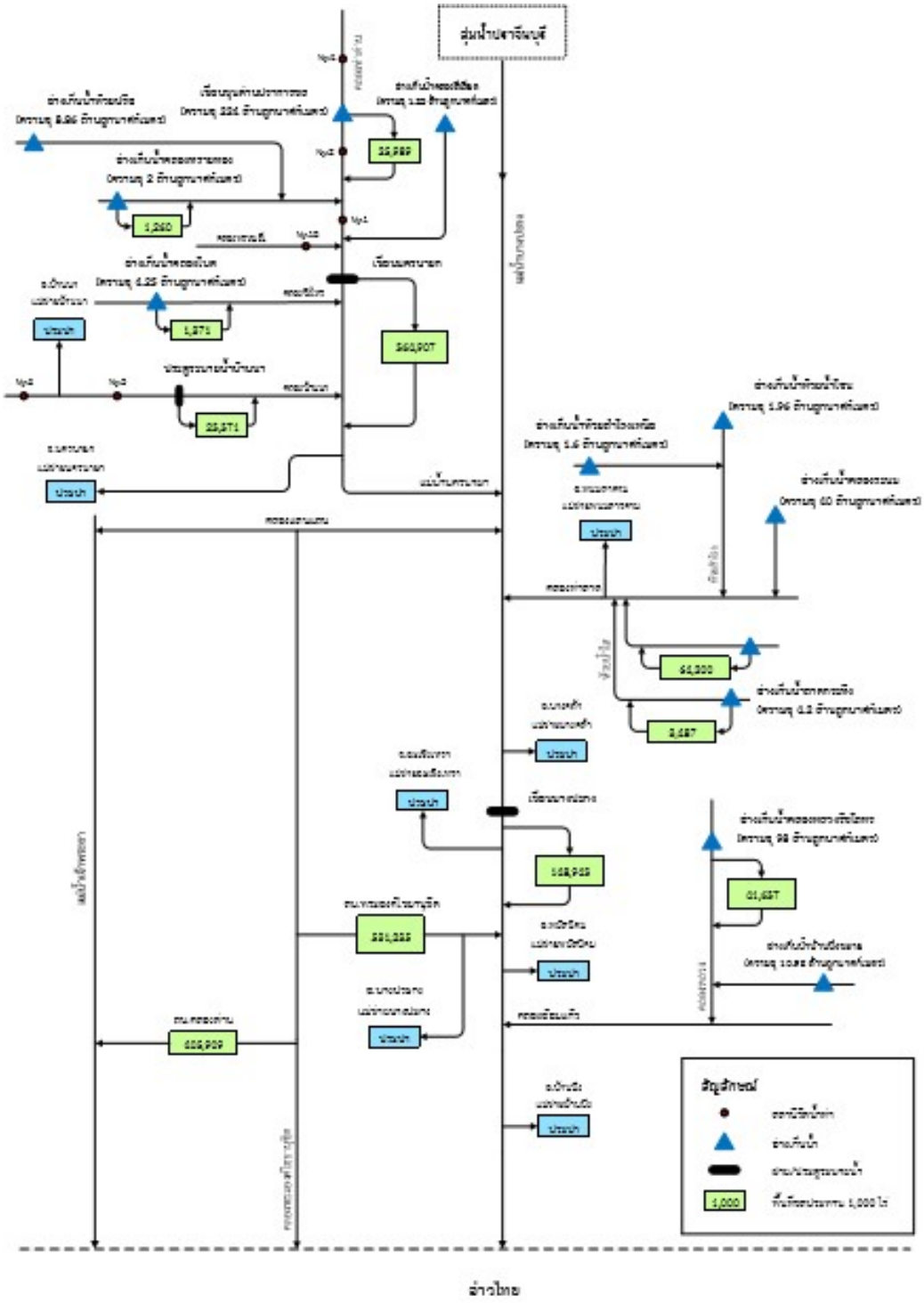
รูปที่ 3.6-2 แผนผังระบบลุ่มน้ำของพื้นที่การศึกษา (Schematic Diagram)



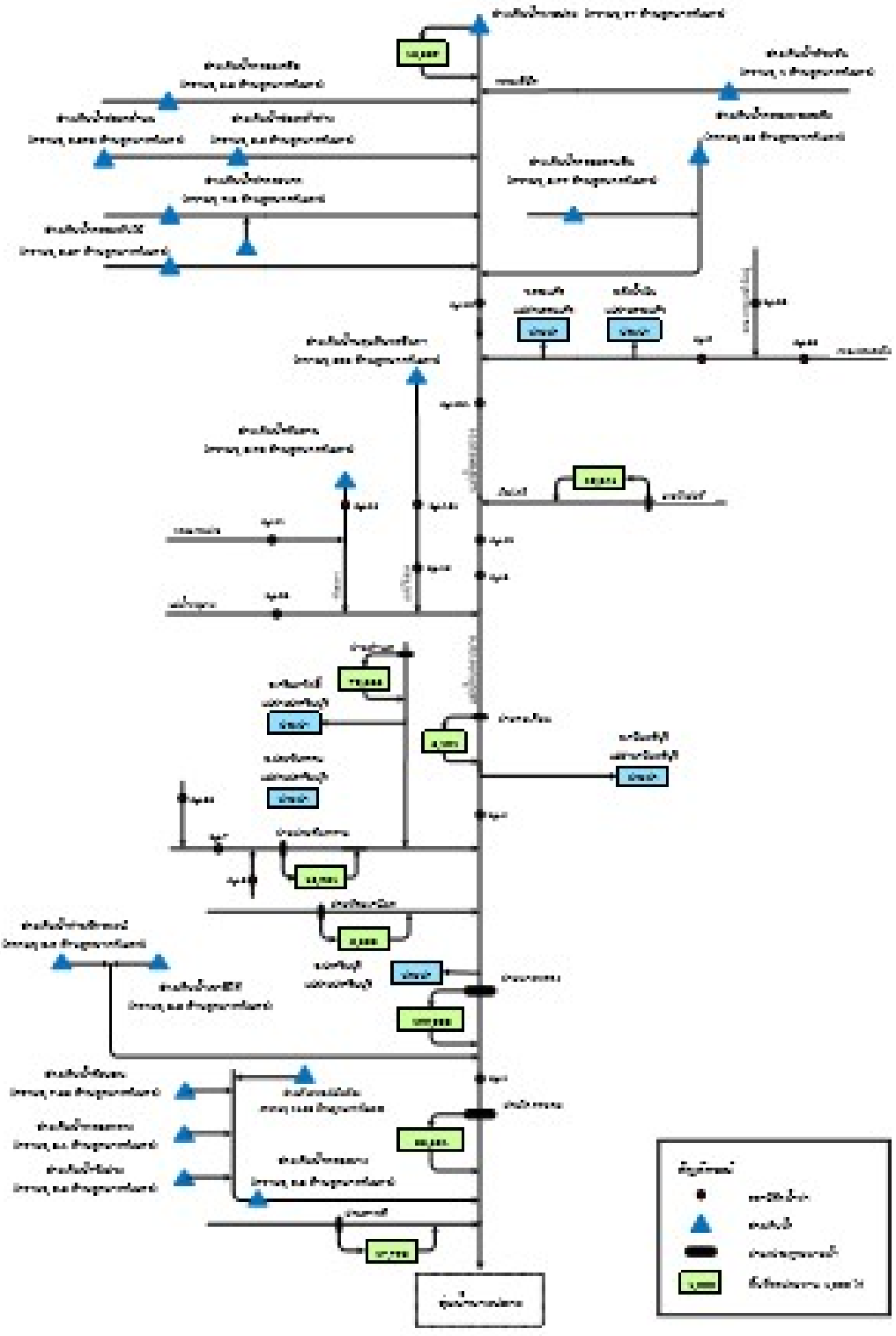
รูปที่ 3.6-3 ระบบลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก (Schematic Diagram)



รูปที่ 3.6-4 ระบบลุ่มน้ำโตนเลสาบ (Schematic Diagram)



รูปที่ 3.6-5 ระบบลุ่มน้ำบางปะกง (Schematic Diagram)



รูปที่ 3.6-6 ระบบลุ่มน้ำปราจีนบุรี (Schematic Diagram)

3.6.2 การประเมินสมดุลน้ำเบื้องต้นของพื้นที่โครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก

สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำท่านั้นได้มีการรวบรวมข้อมูลโดยแบ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำหลัก 4 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ชายฝั่งทะเลตะวันออก โตนเลสาบ บางปะกง และปราจีนบุรี โดยข้อมูลน้ำท่าที่นำมาใช้การนั้น ได้มาจากการใช้แบบจำลอง NAM ซึ่งทำการหาค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530–2561 โดยข้อมูลนี้ ได้อ้างอิงจากผลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของรายงานแผนหลักการพัฒนาและจัดการทรัพยากรน้ำภาคตะวันออก (สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ, 2562) จะเห็นได้ว่าข้อมูลปริมาณน้ำท่านั้นไม่ได้มีการแสดงผลเป็นรายจังหวัดเหมือนกับปริมาณความต้องการน้ำ ทำให้มีผลโดยตรงต่อการประเมินสมดุลน้ำที่ต้องมีการพิจารณาร่วมกันระหว่างปริมาณความต้องการน้ำกับปริมาณน้ำท่า ดังนั้นในการประเมินสมดุลน้ำในระดับจังหวัดไม่สามารถประเมินได้อย่างอย่างถูกต้องแม่นยำในแต่ละจังหวัด แต่ในรายงานเล่มนี้ ต้องการนำเสนอสมดุลน้ำเฉพาะพื้นที่โครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออกจึงได้รวมเอาจังหวัดฉะเชิงเทรา ระยอง และชลบุรี ซึ่งมีลุ่มน้ำสาขาต่างๆ ที่ครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัดดังกล่าว ได้แก่ ที่ราบแม่น้ำบางปะกง คลองท่าลาด คลองหลวง คลองใหญ่ ประแสร์ ลุ่มน้ำสาขาชายฝั่งทะเลตะวันออกที่ 1 และ 2 โดยนำเสนอผลการประเมินสมดุลน้ำในระดับรายลุ่มน้ำสาขาต่างๆ ที่ครอบคลุมพื้นที่โครงการดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งผลการประเมินนี้ ได้มีการอ้างอิงมาจากรายงานความก้าวหน้า 9 เดือนของโครงการ “การวิเคราะห์และการบริหารจัดการสมดุลน้ำในพื้นที่เขตระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก” โดยแสดงรายระเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.6-6 เปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนเฉลี่ยลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำบางปะกง (ล้าน ลบ.ม.)

กรณี	สมดุลน้ำเฉลี่ยรายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)												รายปีเฉลี่ย		
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ล้าน ลบ.ม.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ที่ราบแม่น้ำบางปะกง															
กรณีไม่คิดน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ	138.18	138.17	40.73	22.79	38.78	19.11	91.91	19.77	64.11	164.95	39.08	333.17	575.07	137.05	712.12
กรณีคิดน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ	ความจุอ่างเก็บน้ำ 10.98 ล้านลูกบาศก์เมตร														
อ่าง.เก็บน้ำมีปริมาณน้ำร้อยละ 40 ของความจุ	-133.79	-138.17	-40.73	-22.79	38.78	-8.13	-91.91	-19.77	64.11	175.93	-28.10	-333.17	-537.74	159.01	-696.75
อ่าง.เก็บน้ำมีปริมาณน้ำร้อยละ 60 ของความจุ	-131.59	-138.17	-40.73	-22.79	38.78	-8.13	-91.91	-19.77	64.11	175.93	-28.10	-333.17	-535.54	159.01	-694.55
อ่าง.เก็บน้ำปริมาณน้ำร้อยละ 80 ของความจุ	129.40	-138.17	-40.73	-22.79	38.78	-8.13	-91.91	-19.77	64.11	175.93	-28.10	-333.17	533.34	159.01	692.35

ตารางที่ 3.6-7 เปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนเฉลี่ยลุ่มน้ำสาขาคลองท่าลาด (ล้าน ลบ.ม.)

กรณี	สมดุลน้ำเฉลี่ยรายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)												รายปีเฉลี่ย		
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ล้าน ลบ.ม.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
คลองท่าลาด															
กรณีไม่คิดน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ	-40.32	-50.39	-27.88	-31.94	-0.50	10.71	24.38	80.91	227.19	203.8	-6.12	-64.83	325.00	546.49	-221.49
กรณีคิดน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ	ความจุอ่างเก็บน้ำ 483.13 ล้านลูกบาศก์เมตร														
อ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำร้อยละ 40 ของความจุ	152.94	102.54	74.66	42.72	42.21	52.92	77.30	158.21	385.40	589.21	477.01	412.17	2,567.29	1,305.26	1,262.03
อ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำร้อยละ 60 ของความจุ	249.56	199.17	171.28	139.34	138.84	149.55	173.93	254.84	482.03	685.83	477.01	412.17	3,533.55	1,885.01	1,648.54
อ่างเก็บน้ำปริมาณน้ำร้อยละ 80 ของความจุ	346.19	295.79	267.91	235.97	235.46	246.18	270.55	351.46	578.65	686.93	477.01	412.17	4,404.29	2,369.25	2,035.04

ตารางที่ 3.6-8 เปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนเฉลี่ยลุ่มน้ำสาขาคลองหลวง (ล้าน ลบ.ม.)

กรณี	สมดุลน้ำเฉลี่ยรายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)												รายปีเฉลี่ย		
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ล้าน ลบ.ม.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
คลองหลวง															
กรณีไม่คิดน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ	-16.53	-20.7	-14.47	-14.90	-4.79	-10.20	-10.37	-6.33	20.27	31.84	-9.83	-26.93	-82.93	20.42	-103.35
กรณีคิดน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ	ความจุอ่างเก็บน้ำ 98 ล้านลูกบาศก์เมตร														
อ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำร้อยละ 40 ของความจุ	22.67	1.97	-12.50	-14.90	-4.79	-10.20	-10.37	-6.33	20.27	52.11	42.28	15.35	95.56	40.69	54.87
อ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำร้อยละ 60 ของความจุ	42.27	21.57	7.10	-7.80	-4.79	-10.20	-10.37	-6.33	20.27	52.11	42.28	15.35	161.45	40.69	120.77
อ่างเก็บน้ำปริมาณน้ำร้อยละ 80 ของความจุ	61.87	41.17	26.70	11.80	7.01	3.20	-10.37	-6.33	20.27	52.11	42.28	15.35	258.66	59.49	199.17

ตารางที่ 3.6-9 เปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนเฉลี่ยลุ่มน้ำสาขาคลองใหญ่ (ล้าน ลบ.ม.)

กรณี	สมดุลน้ำเฉลี่ยรายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)												รายปีเฉลี่ย		
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ล้าน ลบ.ม.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
คลองใหญ่															
กรณีไม่คิดน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ	-16.44	-19.94	-14.04	-15.81	6.51	16.09	27.38	18.61	88.7	118.06	2.74	-21.66	190.19	275.35	-85.15
กรณีคิดน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ	ความจุอ่างเก็บน้ำ 288.62 ล้านลูกบาศก์เมตร														
อ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำร้อยละ 40 ของความจุ	99.01	79.06	65.02	49.21	55.72	71.81	99.19	117.8	206.50	324.56	291.36	266.96	1,726.20	875.58	850.62
อ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำร้อยละ 60 ของความจุ	156.73	136.79	122.75	106.94	113.45	129.53	156.91	175.52	264.23	382.28	291.36	266.96	2,303.44	1,221.92	1,081.52
อ่างเก็บน้ำปริมาณน้ำร้อยละ 80 ของความจุ	214.45	194.51	180.47	164.66	171.17	187.26	214.64	233.24	321.95	406.68	291.36	266.96	2,847.35	1,534.94	1,312.41

ตารางที่ 3.6-10 เปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนเฉลี่ยลุ่มน้ำสาขาประแสร์ (ล้าน ลบ.ม.)

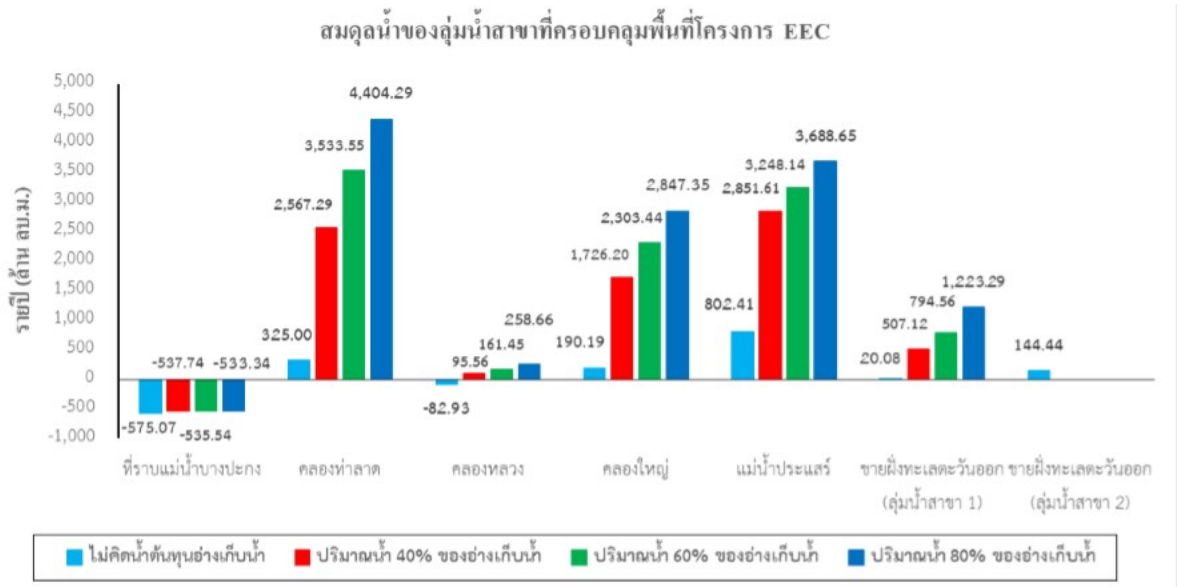
กรณี	สมดุลน้ำเฉลี่ยรายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)												รายปีเฉลี่ย		
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ล้าน ลบ.ม.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
แม่น้ำประแสร์															
กรณีไม่คิดน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ	-43.62	-39.97	-34.72	-22.21	53.00	112.02	155.77	141.83	244.48	256.9	15.71	-36.78	802.41	964.01	-161.59
กรณีคิดน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ	ความจุอ่างเก็บน้ำ 314.65 ล้านลูกบาศก์เมตร														
อ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำร้อยละ 40 ของความจุ	82.24	42.27	7.56	-14.66	53.00	165.02	320.79	456.48	559.13	571.55	330.36	277.87	2,851.61	2,125.98	725.63
อ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำร้อยละ 60 ของความจุ	145.17	105.2	70.49	48.27	101.27	213.29	369.07	456.48	559.13	571.55	330.36	277.87	3,248.14	2,270.79	977.35
อ่างเก็บน้ำปริมาณน้ำร้อยละ 80 ของความจุ	208.10	168.13	133.42	111.20	164.20	276.22	432.00	456.48	559.13	571.55	330.36	277.87	3,688.65	2,459.58	1,229.07

ตารางที่ 3.6-11 เปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนเฉลี่ยลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก 1 (ล้าน ลบ.ม.)

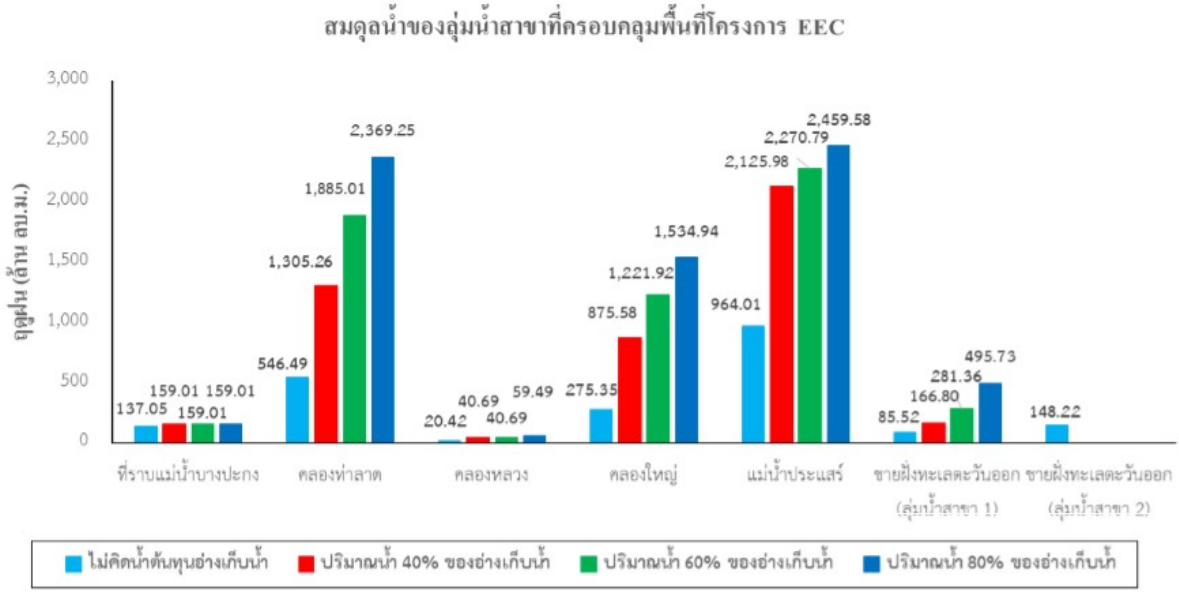
กรณี	สมดุลน้ำเฉลี่ยรายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)												รายปีเฉลี่ย		
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ล้าน ลบ.ม.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ชายฝั่งทะเลตะวันออก (ลุ่มน้ำสาขา 1)															
กรณีไม่คิดน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ	-15.35	-17.46	-21.21	-19.15	-13.41	-5.63	0.44	18.04	43.89	42.19	13.01	-5.28	20.08	85.52	-65.44
กรณีคิดน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ	ความจุอ่างเก็บน้ำ 178.64 ล้านลูกบาศก์เมตร														
อ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำร้อยละ 40 ของความจุ	56.11	38.65	17.44	-1.71	-13.41	-5.63	0.44	18.47	62.37	104.55	117.56	112.28	507.12	166.80	340.32
อ่างเก็บน้ำมีปริมาณน้ำร้อยละ 60 ของความจุ	91.84	74.38	53.17	34.01	20.61	14.98	15.42	33.46	77.35	119.54	132.54	127.26	794.56	281.36	513.20
อ่างเก็บน้ำปริมาณน้ำร้อยละ 80 ของความจุ	127.00	110.11	88.89	69.74	56.34	50.71	51.15	69.19	113.08	155.26	168.27	162.99	1,223.29	495.73	727.57

ตารางที่ 3.6-12 เปรียบเทียบสมดุลน้ำรายเดือนเฉลี่ยลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก 2 (ล้าน ลบ.ม.)

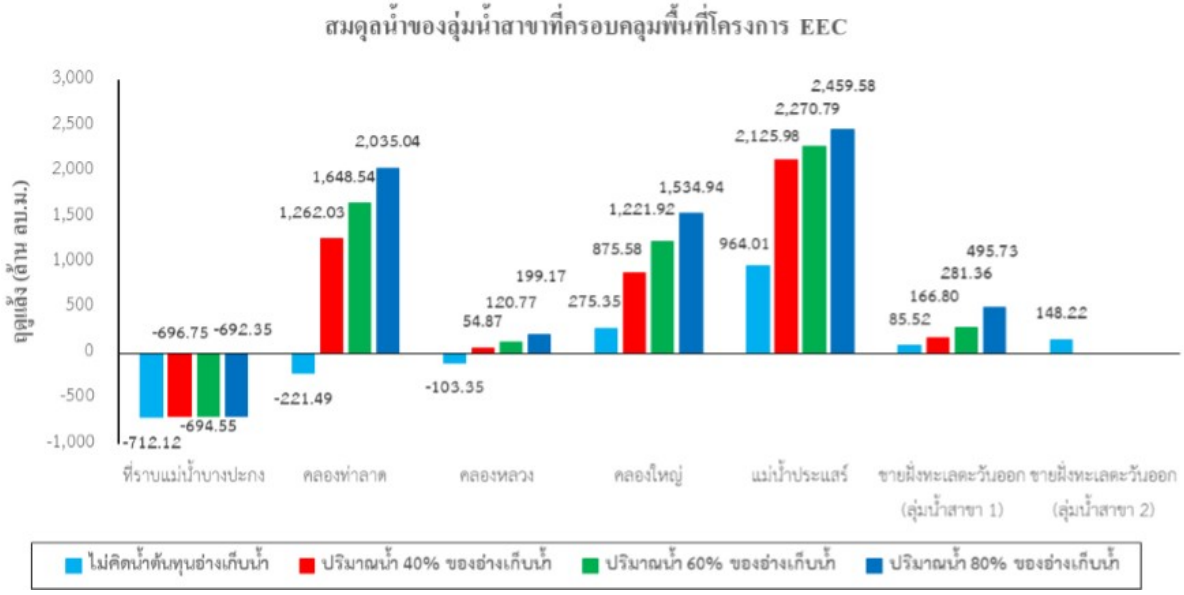
กรณี	สมดุลน้ำเฉลี่ยรายเดือน (ล้าน ลบ.ม.)												รายปีเฉลี่ย		
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ล้าน ลบ.ม.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
ชายฝั่งทะเลตะวันออก (ลุ่มน้ำสาขา 2)															
กรณีไม่คิดน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ	-4.78	-7.92	-10.65	-8.93	-2.84	4.60	11.00	28.60	54.11	52.75	23.23	5.28	144.44	148.22	-3.77



รูปที่ 3.6-7 การเปรียบเทียบผลการประเมินสมดุลน้ำรูปแบบลุ่มน้ำสาขา (รายปี)



รูปที่ 3.6-8 การเปรียบเทียบผลการประเมินสมดุลน้ำรูปแบบลุ่มน้ำสาขา (ฤดูฝน)



รูปที่ 3.6-9 การเปรียบเทียบผลการประเมินสมดุลน้ำรูปแบบลุ่มน้ำสาขา (ฤดูแล้ง)

จากการเปรียบเทียบผลการประเมินสมดุลน้ำในรูปแบบลุ่มน้ำสาขาที่ครอบคลุมพื้นที่โครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก จะเห็นได้ว่าลุ่มน้ำสาขาส่วนใหญ่ที่ครอบคลุมพื้นที่โครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออกมีเพียงพอของปริมาณน้ำ ซึ่งพิจารณาได้จากสมดุลน้ำในกรณีต่างๆ ที่มีค่าเป็นบวก แต่มีลุ่มน้ำสาขาที่ราบแม่น้ำบางปะกงที่มีผลของสมดุลน้ำรวมรายปีขาดแคลนซึ่งมีผลมาจากการขาดแคลนน้ำมากในช่วงฤดูแล้ง ในส่วนของลุ่มน้ำสาขาคลองหลวงซึ่งมีการขาดแคลนน้ำรายปีและฤดูแล้ง แต่ความขาดแคลนดังกล่าวถูกแก้ไขได้ด้วยการมีแหล่งน้ำต้นทุน คือ อ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อพิจารณา ปริมาณน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำแล้วจะทำให้ไม่ขาดแคลนน้ำ และในส่วนของลุ่มน้ำสาขาคลองท่าลาดก็เช่นเดียวกันที่มีการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งในกรณีไม่คิดน้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำ แต่เมื่อมีแหล่งน้ำต้นทุน คือ อ่างเก็บน้ำก็จะสามารถทำให้สมดุลน้ำเป็นบวก คือไม่เกิดการขาดแคลนน้ำได้ เมื่อพิจารณาจากลุ่มน้ำสาขาที่มีการขาดแคลนน้ำ พบว่าอยู่ในลุ่มน้ำบางปะกง ซึ่งส่วนใหญ่ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งก็สมเหตุสมผลจากการที่จังหวัดฉะเชิงเทรามีปริมาณความต้องการใช้น้ำมากที่สุดในบรรดา 3 จังหวัดที่เป็นพื้นที่โครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก

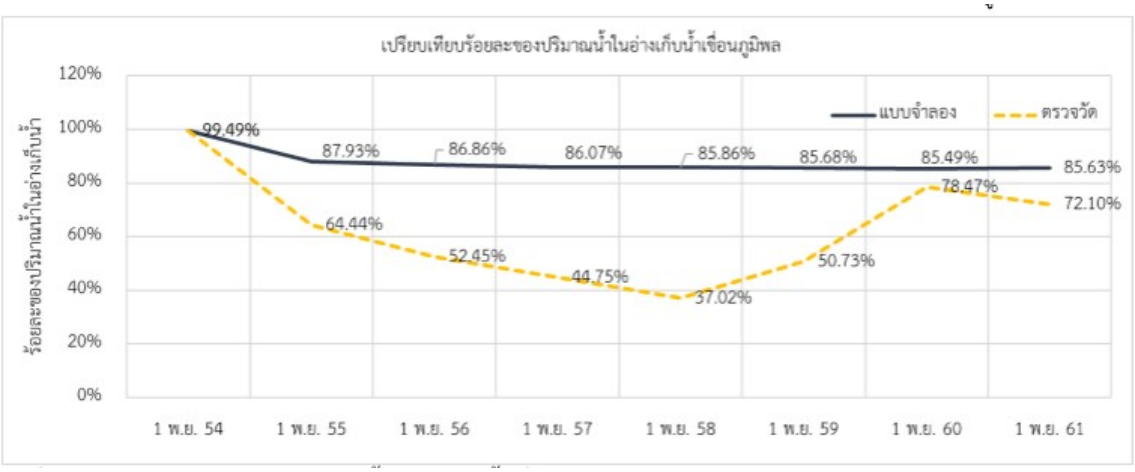
โดยสรุปแล้ว ได้นำเสนอผลในส่วนของปริมาณความต้องการใช้น้ำและสมดุลน้ำโดยเฉพาะของพื้นที่โครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก ที่ครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ ฉะเชิงเทรา

ระยอง และชลบุรี ซึ่งในการศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดที่เจาะลึกมากขึ้นเพื่อดำเนินการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์และนำเสนอผลการวิจัยเพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม

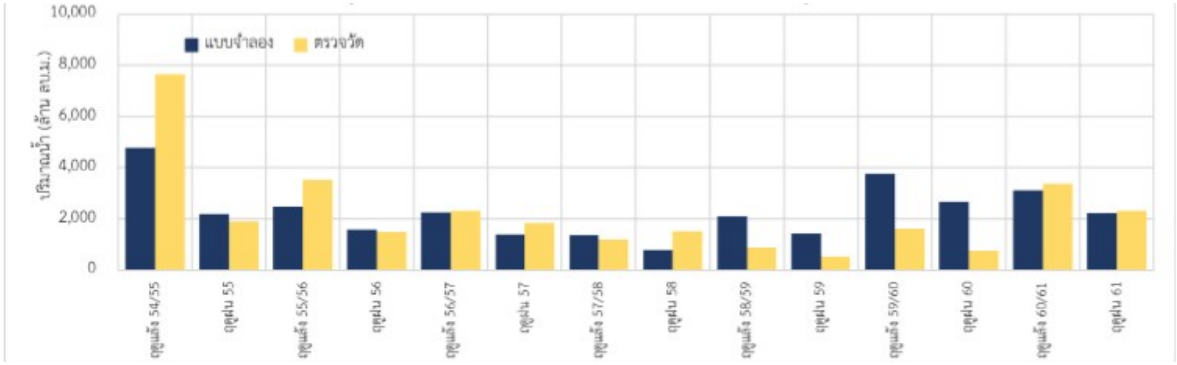
3.7 ระบบตรวจจับและแบบจำลองทางชลศาสตร์ระดับพื้นที่

3.7.1 ผลการจัดทำแบบจำลองการคาดการณ์ปริมาณน้ำและการตัดสินใจระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล ตามเป้าหมายการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำต้นทุนจากอ่างเก็บน้ำโดยเฉลี่ยร้อยละ 85

การจัดทำแบบจำลองการตัดสินใจระบายน้ำที่เหมาะสมมีแนวคิดในการหาค่าการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล การจัดทำแบบจำลองการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำได้กำหนดเงื่อนไขการระบายน้ำ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำตั้งต้น และปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ สิ้นสุดฤดูกาล และความต้องการน้ำสำหรับการอุปโภคบริโภค ระบบนิเวศ และการเกษตรกรรมของลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยการปรับเทียบแบบจำลองตั้งแต่วันที่ 1 พ.ย. 2554 ถึง 31 ต.ค. 2560 เพื่อจำลองปริมาณการระบายน้ำที่เหมาะสม และจำลองสมดุลน้ำในอ่างเก็บน้ำ เพื่อประเมินสมรรถนะของแบบจำลองในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำต้นทุนอย่างน้อยร้อยละ 85 ในวันที่ 1 พ.ย. ซึ่งเป็นต้นฤดูแล้งของทุกปี โดยในงานวิจัยใช้ชื่อเรียกว่า แบบจำลอง ROS85 จากผลการจำลองพบว่าแบบจำลองสามารถรักษาปริมาณน้ำต้นทุน ณ วันที่ 1 พ.ย. ของทุกปีตั้งแต่ ฤดูแล้ง 54/55 ถึงสิ้นสุดฤดูฝน 2561 ที่ร้อยละโดยเฉลี่ย 87.88 ในขณะที่ข้อมูลตรวจวัดมีปริมาณน้ำต้นทุนเฉลี่ยร้อยละ 62.43 ตลอด 14 ฤดูกาลที่ได้ทำการปรับเทียบแบบจำลอง แสดงเปรียบเทียบร้อยละของปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลระหว่างแบบจำลอง ROS85 และข้อมูลตรวจวัดดังรูปที่ 3.7-1 ชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองมีประสิทธิภาพการใช้น้ำต้นทุนจากเขื่อนภูมิพลเพิ่มขึ้นร้อยละ 25.44 และมีประสิทธิภาพการใช้น้ำต้นทุนของ 4 เขื่อนที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 17.53 นอกจากนี้ยังให้ค่าการตัดสินใจระบายน้ำที่สูงกว่าข้อมูลตรวจวัดในปีที่เกิดสถานการณ์ภัยแล้ง และยังให้ค่าการตัดสินใจระบายน้ำที่ต่ำกว่าข้อมูล ตรวจวัดในปีที่มีปริมาณฝนมากและมีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำตั้งต้นที่มากเพียงพอ เป็นการรักษาความมั่นคงทางน้ำและลดความเสี่ยงต่อการเกิดสถานการณ์การขาดแคลนน้ำได้เป็นอย่างดี แสดงเปรียบเทียบปริมาณการระบายน้ำดังรูปที่ 3.7-2



รูปที่ 3.7-1 เปรียบเทียบร้อยละของปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพลระหว่างแบบจำลอง ROS85 และข้อมูลตรวจวัด



รูปที่ 3.7-2 เปรียบเทียบปริมาณการระบายน้ำจากแบบจำลอง ROS85 และข้อมูลตรวจวัดอ่างเก็บน้ำเขื่อนภูมิพล

3.7.2 ผลการจัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำในลำน้ำสายหลักของแม่น้ำปิง

การศึกษาสภาพการไหลของน้ำในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดง ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE 11 HD เพื่อวิเคราะห์สภาพการไหลที่ส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำครอบคลุมกรณีปีน้ำปกติ น้ำน้อย และน้ำปกติ ในปี พ.ศ. 2556 2558 และ 2560 ตามลำดับ และได้ทำการจำลองการไหลในคลองส่งน้ำสายหลัก ของโครงการส่งน้ำ และบำรุงรักษาท่อทองแดง ซึ่งประกอบด้วยการจำลองการไหลในคลองส่งน้ำสายซอย 1L-MC, 2L-MC, 3L-MC, 1R-MC, 2R-MC, และ 3R-MC รวม 6 สาย และได้ทำการจำลองสถานการณ์การไหลในคลองส่งน้ำในสถานการณ์ปัจจุบันปี 2562 รวมถึงการจำลองสภาพการไหลของน้ำร่วมกับการจัดสรรน้ำที่เหมาะสม โดยจะนำไปสู่การเชื่อมโยงกับแบบจำลองจัดสรรน้ำของโซนการใช้น้ำต่างๆ การระบายน้ำและผันน้ำไปยังพื้นที่ใกล้เคียง รวมทั้ง

การเชื่อมโยงกับระบบตัดสินใจและการส่งน้ำ อัตโนมัติของโครงการฯ การศึกษาสภาพการไหลในส่วนนี้ ได้กำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาเริ่มต้นจากท้ายเขื่อนภูมิพลในลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำวัง เริ่มต้นที่สถานี W4A ลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำน่านใช้ตัวแทนปริมาณน้ำจากสถานี N.67 และกำหนดสถานี C.13 ด้านท้ายเขื่อนเจ้าพระยาเป็นขอบเขตด้านท้ายของการศึกษาแบบจำลอง ผลการปรับเทียบแบบจำลองการไหลในลำน้ำ ในปี 2553 ที่ตำแหน่งสถานีตรวจวัดน้ำท่าในแม่น้ำปิง แม่น้ำยม แม่น้ำน่าน และแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่าปริมาณการไหลในลำน้ำที่สถานี P.17 อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์ สถานี C.2 อ.เมือง จ.นครสวรรค์ สถานี C.13 อ.สรรพยา จ.ชัยนาท สถานี C.7A อ.เมืองอ่างทอง จ.อ่างทอง และสถานี N.67 อ. ชุมแสง จ.นครสวรรค์ มีค่าปริมาณการไหลที่ได้จากแบบจำลองใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดจริง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่ำสุดที่ร้อยละ 88.7 และสูงสุดที่ร้อยละ 93.5 ซึ่งมีค่าสูงกว่าร้อยละ 80 ถือว่าแบบจำลองมีความแม่นยำเป็นที่ยอมรับได้

3.7.3 ผลการจัดทำแบบจำลองสมดุลน้ำระดับตำบล

การจำลองปริมาณความต้องการน้ำชลประทานในกรณีปีฝนปกติ ปีฝนน้อย ปีฝนมาก และปีปัจจุบัน โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณการขาดแคลนน้ำ หรือปริมาณความต้องการน้ำชลประทานที่พื้นที่เกษตรกรรมต้องการได้รับจากโครงการฯ และได้ทำการเทียบสัดส่วนของปริมาณน้ำที่เข้าโครงการฯ กับปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน จะเห็นว่าที่ผ่านมาจากสถานการณ์ฝนน้อย ฝนปกติ และฝนมาก พื้นที่เกษตรกรรมของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่อทองแดงมีปริมาณการเพาะปลูก รูปแบบการทำเกษตรกรรม และมีความต้องการน้ำชลประทานที่ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่สัดส่วนของปริมาณน้ำที่เข้าโครงการชลประทานมีความผันแปรสูงทั้งในแต่ละฤดูกาลและแต่ละเดือน อันเนื่องมาจากปริมาณน้ำในแม่น้ำปิง การปรับแผนการส่งน้ำของเขื่อนภูมิพล การรับน้ำเข้าโครงการฯ ตามนโยบายเพื่อให้มีความเหมาะสมกับสถานการณ์น้ำที่ผันผวน ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุให้การรับน้ำเข้าโครงการในแต่ละสถานการณ์นั้นมีความแตกต่างกัน มีความไม่สอดคล้องกับวิถีชีวิต ช่วงเวลาการใช้น้ำทำเกษตรกรรมของเกษตรกร ซึ่งล้วนแต่เป็นความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำ และปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่เกษตรกรรม จากปัญหาดังกล่าว ทางโครงการวิจัยฯ ได้ลงพื้นที่ภาคสนามเพื่อสำรวจวิถีรูปแบบการทำเกษตรกรรม ช่วงเวลาการใช้น้ำ ปัญหา และความต้องการของเกษตรกร เพื่อนำรูปแบบการทำเกษตรกรรมมาถอดบทเรียนสู่รูปแบบการจำลองการใช้น้ำให้ตรงกับสภาพเป็นจริงในปัจจุบัน มีความสอดคล้องกับวิถีชีวิตและช่วงเวลาการเพาะปลูกของเกษตรกร ทำให้ได้แนวคิดและรูปแบบการส่งน้ำ โดยปรับแผนการส่งน้ำจากรูปแบบเดิม 1 มิ.ย. ถึง 31 ต.ค. เป็น 1 เมษายน ในพื้นที่ลุ่มต่ำ

ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำหลากในพื้นที่ อ.บางระกำ และวันที่ 1 พ.ค. ถึง 31 ต.ค. ให้มีการเริ่มส่งน้ำให้พื้นที่ท้ายน้ำทำการเพาะปลูกก่อน โดยมีช่วงเวลาในการเริ่มฤดูกาลเพาะปลูกสุดท้ายในวันที่ 1 มิ.ย. ในพื้นที่ดอนที่ไม่ได้รับผลกระทบจากน้ำหลาก โดยจากการประเมินความต้องการน้ำภาคเกษตรให้สอดคล้องกับการปฏิบัติจริงของเกษตรกร พบว่า ปีฝนปกติ 2556 จากแนวคิดโครงการสามารถลดปริมาณการขาดแคลนน้ำลงจาก 293.32 ล้าน ลบ.ม. เหลือ 164.69 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นร้อยละของการขาดแคลนน้ำที่ลดลงเท่ากับ 43.85 ปีฝนน้อย 2558 ปริมาณการขาดแคลนน้ำลดลงจาก 382.81 ล้าน ลบ.ม.เหลือ 182.37 ล้าน ลบ.ม. ลดลงร้อยละ 52.36 ปีฝนมาก 2560 ปริมาณการขาดแคลนน้ำลดลงจาก 401.94 ล้าน ลบ.ม. เหลือ 243.98 ล้าน ลบ.ม. ลดลงร้อยละ 39.30 และสถานการณ์ปัจจุบัน 2562 มีปริมาณการขาดแคลนน้ำลดลงจาก 33.77 ล้าน ลบ.ม. เป็น 10.20 ล้าน ลบ.ม. ลดลงร้อยละ 69.80 สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการขาดแคลนน้ำในสภาพการใช้น้ำ ปัจจุบันกับแนวคิดการลดการสูญเสียปริมาณน้ำในตารางที่ 3.7-1

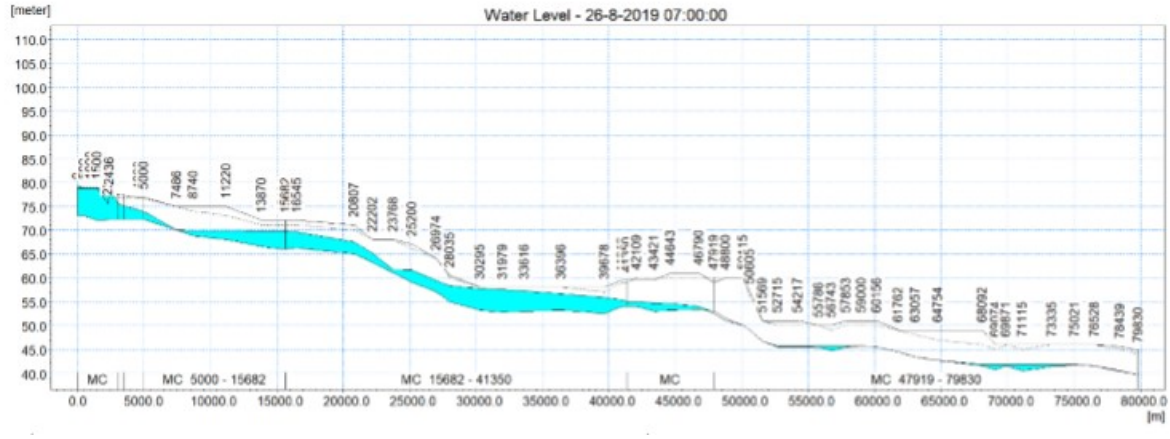
ตารางที่ 3.7-1 เปรียบเทียบปริมาณการขาดแคลนน้ำในสภาพการใช้น้ำปัจจุบันกับแนวคิดการลดการสูญเสียปริมาณน้ำ

ปี	ปริมาณการขาดแคลนน้ำ (ล้านลูกบาศก์เมตร)		ร้อยละของปริมาณการขาดแคลนน้ำที่ลดลง
	ความต้องการใช้น้ำในปัจจุบัน	แนวคิดในการประหยัดน้ำ	
2556	293.32	164.69	43.85
2558	382.81	182.37	52.36
2560	401.94	243.98	39.30
2562	33.77	10.20	69.80

3.7.4 ผลการจัดทำแบบจำลองการจัดสรรน้ำรายโครงการชลประทานระดับคลองส่งน้ำ

การจำลองสถานการณ์น้ำในระดับโครงการชลประทานปี พ.ศ. 2562 เป็นการจัดทำแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ล่วงหน้าของสภาพการไหลของน้ำในคลองส่งน้ำสายใหญ่ MC และคลองส่งน้ำสายซอยต่างๆ สำหรับรองรับสถานการณ์น้ำที่อาจประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่โครงการฯ ท่อทองแดง โดยใช้ข้อมูลร่วมกับแผนการระบายน้ำ จากเขื่อนภูมิพลและแผนการส่งน้ำเข้าพื้นที่โครงการ พบว่า ปลายคลองส่งน้ำสายใหญ่ MC มีปริมาณน้ำเหลือเพียงก้นคลอง เท่านั้น เกษตรกรผู้อาศัยอยู่พื้นที่บริเวณนี้ไม่สามารถใช้น้ำจากปลายคลองสายใหญ่ได้ ขณะที่ปริมาณน้ำส่วนใหญ่ไหลผ่านคลอง 1L-MC และ

2L-MC เข้าไปยังฝ่ายส่งน้ำที่ 1 และ 2 มีปริมาณมาก แสดงผลการจำลองการไหลดังรูปที่ 3.7-3 สำหรับฝ่ายส่งน้ำฯ ที่ 3 ซึ่งรับน้ำจากคลองสายใหญ่ MC ตั้งแต่บริเวณกลางคลองเป็นต้นไปสามารถผันเข้าไปยังคลอง 3R-MC ได้โดยระดับน้ำในคลองอยู่ในเกณฑ์ดีเช่นเดียวกับปริมาณน้ำในคลอง 3L-MC



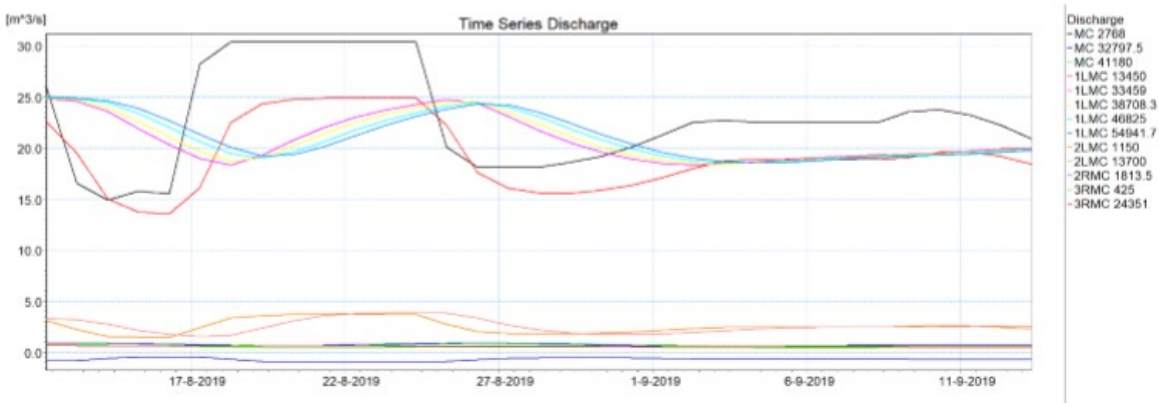
รูปที่ 3.7-3 ผลคาดการณ์สภาพการไหลของคลองสายใหญ่ MC ช่วงวันที่ 26 สิงหาคม 2562

จากผลการจำลองสถานการณ์น้ำล่วงหน้า สามารถนำผลการจำลองปริมาณน้ำในคลองมาใช้ร่วมกับผลการคำนวณการใช้น้ำและสมดุลน้ำในพื้นที่โครงการฯ ได้ โดยหากกำหนดพื้นที่ในการส่งน้ำทั้งหมด 20 พื้นที่ โดยพื้นที่รับน้ำโซนที่ 1 ถึง 3 รับน้ำโดยตรงจากคลองสายใหญ่ MC ส่วนพื้นที่โซน 4 ถึง 10 พื้นที่โซน 17 และพื้นที่โซน 19 ถึง 20 รับน้ำโดยตรง จากคลองส่งน้ำสายซอยจะมีเพียงพื้นที่รับน้ำโซน 11 ถึง 16 และพื้นที่โซน 18 เท่านั้นที่จะได้น้ำจากผ่านคลองส่งน้ำสายแยกซอยจากคลองส่งน้ำสายซอย 2L-MC

ผลการจำลองสถานการณ์น้ำล่วงหน้า สามารถนำผลการจำลองปริมาณน้ำในคลองมาใช้ร่วมกับผลการคำนวณการใช้น้ำและสมดุลน้ำในพื้นที่โครงการฯ ได้ หากกำหนดพื้นที่ในการส่งน้ำทั้งหมด 20 พื้นที่ตามกลุ่มผู้ใช้น้ำ โดยพื้นที่รับน้ำโซนที่ 1 ถึง 3 รับน้ำโดยตรงจากคลองสายใหญ่ MC ส่วนพื้นที่โซน 4 ถึง 10 พื้นที่โซน 17 และพื้นที่โซน 19 ถึง 20 รับน้ำโดยตรงจากคลองส่งน้ำสายซอย จะมีเพียงพื้นที่รับน้ำโซน 11 ถึง 16 และพื้นที่โซน 18 เท่านั้นที่จะได้น้ำจากผ่านคลอง ส่งน้ำสายแยกซอย จากคลองส่งน้ำสายซอย 2L-MC

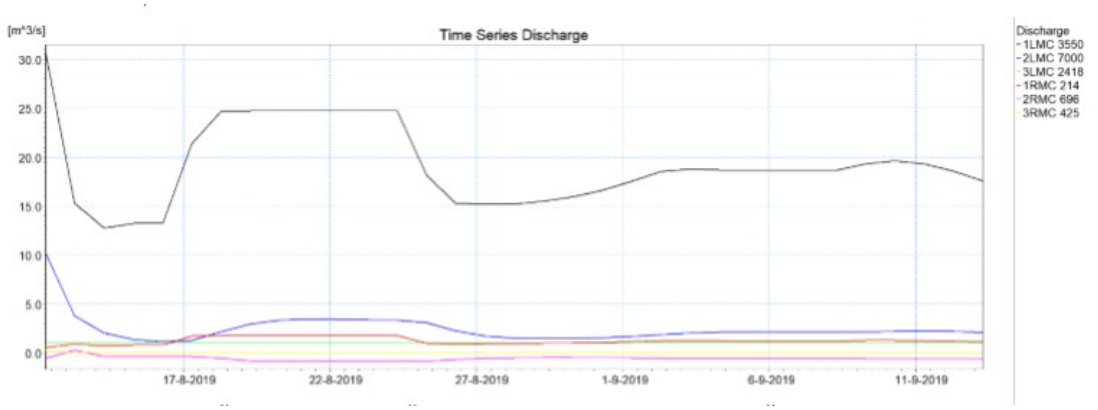
ผลปริมาณน้ำในคลองส่งน้ำสายต่างๆ ที่จุดรับน้ำเข้าพื้นที่เพาะปลูก แสดงดังรูปที่ 3.7-4 เมื่อจำลองปริมาณการใช้น้ำจากแผนการเพาะปลูกของโครงการฯ ตามแผนการใช้น้ำ พบว่าปริมาณน้ำในคลองส่งน้ำในโครงการลดลง เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำก่อนผันเข้าพื้นที่เกษตรกรรม และผลจำลอง

สภาพการไหลของน้ำในคลองของวันที่ 28 ส.ค. 2562 เมื่อเทียบกับผลจำลองก่อนผันน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรม พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมากโดยเฉพาะปริมาณน้ำในคลองส่งน้ำสายหลัก MC ที่เห็นได้ชัดว่าน้ำแห้งในก้นคลอง และคลองส่งน้ำสายซอย 3R-MC ไม่มีน้ำเหลืออยู่ในคลองเลย



รูปที่ 3.7-4 ผลจำลองปริมาณน้ำในคลองก่อนผันเข้าพื้นที่เกษตรกรรม 20 โซน

สำหรับการนำเสนอในส่วนนี้เป็นแนวทางเบื้องต้นที่จะนำไปสู่การเชื่อมโยงการทำงานร่วมกันของแบบจำลองการไหล แบบจำลองสมดุลน้ำ และแบบจำลองการตัดสินใจปฏิบัติการน้ำร่วมกับข้อมูลภาคสนามแบบ Real-time โดยผลการจำลองนี้ ได้ใช้รูปแบบใหม่ในการส่งน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรม โดยเน้นให้แผนการส่งน้ำ ตรงกับแผนการใช้น้ำให้มากที่สุด จากการสอบถามเกษตรในการประชุมภาคสนามภายใต้การใช้น้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาทั้งฝั่งแม่น้ำปิง และแม่น้ำน่าน โดยเฉพาะในพื้นที่ โครงการฯ ท่อทองแดง พบว่า เกษตรกรมีความสามารถในการยอมรับการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมและภาวะการขาดแคลนน้ำได้ โดยทั้งนี้ในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงท้ายเขื่อนภูมิพล สามารถใช้น้ำในเดือน พ.ค./ มิ.ย./ ก.ค. ได้ในพื้นที่ราบสูง ยกเว้นเฉพาะในส่วนทางด้านท้ายของโครงการ ได้แก่ พรานกระต่าย และลานกระบือ ซึ่งอยู่ในเขตติดต่อกับพื้นที่ลุ่มต่ำน้ำท่วมบางระกำและพิจิตร รูปที่ 3.7-5 ได้แสดงให้เห็นว่าการปรับแผนการเพาะปลูกใหม่ส่งผลให้ระดับน้ำในคลองมีค่าสูงมากขึ้น ซึ่งนอกจากเป็นประโยชน์ต่อการกักเก็บน้ำไว้ใช้ในฤดูกาลต่อไป ยังทำให้เกิดการประหยัดน้ำในโครงการได้เป็นอย่างดีด้วย เห็นได้จากปริมาณน้ำในคลองส่ง สายซอย 2L-MC, 1R-MC และ 2R-MC มีปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้นหลังจากการปรับแผนการส่งน้ำใหม่



รูปที่ 3.7-5 ผลจำลองปริมาณน้ำในคลองหลังผันเข้าพื้นที่เกษตรกรรม 20 โซน ตามแผนการส่งน้ำใหม่

3.8 ศักยภาพน้ำบาดาล

3.8.1 สมดุลน้ำบาดาล

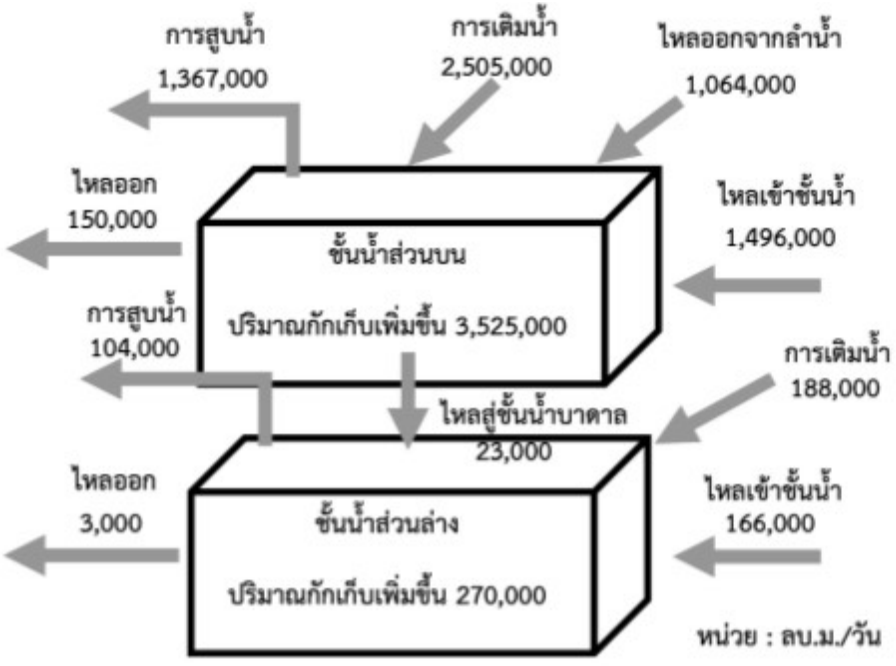
จากการศึกษาแบบจำลองสภาพของน้ำบาดาล เพื่อหาสมดุลน้ำบาดาลในพื้นที่ที่ราบภาคกลางตอนบน ทิศทางการไหลของน้ำบาดาล จากผลการศึกษาสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการไหล และระบบสมดุลของแหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา (โครงการ “การศึกษาด้านแหล่งน้ำเพื่อการจัดการน้ำของลุ่มน้ำน่านเชิงกลยุทธ์ฯ โดย รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ, 2558) ได้แสดงให้เห็นว่าฤดูกาลเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดความเปลี่ยนแปลงของสมดุลน้ำบาดาล กล่าวคือในฤดูแล้งมีอัตราการสูบน้ำขึ้นไปใช้มากในช่วงปีน้ำผิวดินมีน้อย ส่วนฤดูฝนความต้องการใช้น้ำมีน้อยและมีการเติมจากฝนที่ตกในพื้นที่ในปริมาณมาก ดังนั้นจึงอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าระบบแหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษานี้ อยู่ในสภาพสมดุลได้ด้วยปริมาณน้ำที่เติมให้กับแหล่งน้ำซึ่งส่วนมากเป็นฝนที่ตกในฤดูฝน และปริมาณน้ำที่สูญหายไปจากระบบส่วนมากเป็นน้ำที่ถูกสูบไปใช้ในช่วงฤดูแล้ง

การศึกษาข้อมูลจากการสูบทดสอบน้ำบาดาล จากข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ในปี พ.ศ. 2546 และ พ.ศ. 2557-2559 พบว่าระดับน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้งความแตกต่างกันอยู่ในช่วง 1-6 เมตร โดยมีความสูงของระดับน้ำบาดาลสูงสุดบริเวณขอบแอ่งน้ำบาดาล และลดระดับน้ำจากขอบแอ่งมาสู่ใจกลางแอ่งน้ำบาดาล และลดระดับจากเหนือมาใต้เล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง การไหลของน้ำบาดาลมีทิศทางการไหลจากขอบแอ่งมาสู่กึ่งกลางแอ่ง และไหลจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้

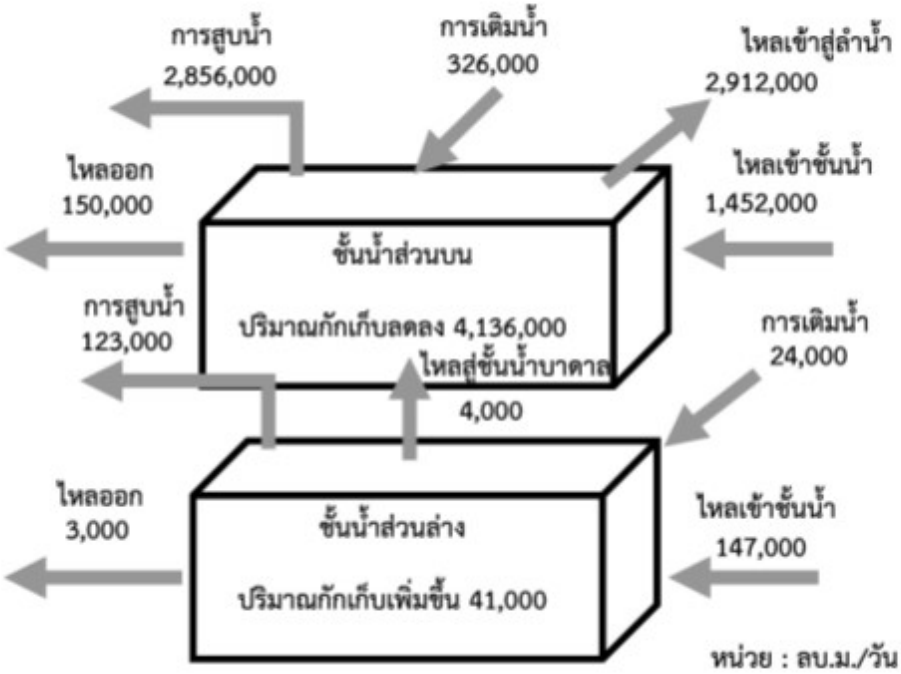
จากการพิจารณาปริมาณน้ำไหลเข้าและออกจากแอ่งน้ำบาดาล (รูปที่ 3.8-1 และ รูปที่ 3.8-2) พบว่าปริมาณน้ำบาดาลภายในแอ่งถูกเติมน้ำ (Recharge) ปริมาณน้ำที่เติมจากผิวดิน (Recharge)

2,505,000 ลบ.ม./วัน ในฤดูฝน และ 326,000 ลบ.ม./วัน ในฤดูแล้ง ซึ่งมีทั้งการเติมน้ำจากลำน้ำธรรมชาติและการซึมลงจากผิวดินโดยตรง และน้ำบางส่วนจะไหลลงสู่แอ่งน้ำบาดาลส่วนล่างบริเวณจังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งในปัจจุบันฤดูแล้งปริมาณน้ำไหลออกมากกว่าปริมาณน้ำไหลเข้าอยู่ 3-5 ล้าน ลบ.ม./วัน และปริมาณน้ำจะถูกเติมกลับมาในฤดูฝน นอกจากนั้นยังพบว่าการเติมน้ำจากแม่น้ำยังมีบทบาทที่สำคัญโดยเฉลี่ยปีละ 260 ล้าน ลบ.ม. ในการเติมน้ำเข้าสู่แอ่งน้ำบาดาลนอกเหนือจากการซึมผ่านผิวดิน ในทางกลับกันในฤดูแล้ง พบว่าน้ำบาดาลได้เติมน้ำกลับเข้าสู่ลำน้ำในปริมาณที่มากพอๆ กับอัตราการสูบโดยเฉลี่ย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำบาดาลมีส่วนช่วยในการกักเก็บน้ำผิวดิน และเติมกลับสู่ผิวดินผ่านทางลำน้ำ

ชั้นน้ำบาดาลส่วนล่าง (ลึกมากกว่า 100 เมตร) ยังมีการใช้น้ำในส่วนนี้ในปริมาณที่น้อย ส่วนใหญ่เป็นน้ำที่กักเก็บไว้ในแอ่งน้ำบาดาลและถูกดึงนำไปใช้ผ่านทางชั้นน้ำส่วนบน (ความลึกน้อยกว่า 100 เมตร) ในฤดูแล้ง เมื่อเปรียบเทียบสมดุลน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าแอ่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บน้ำขนาดใหญ่ โดยปริมาณที่น้ำบาดาลใช้เป็นแหล่งกักเก็บน้ำมีปริมาณโดยเฉลี่ย 3-4 ล้าน ลบ.ม./วัน



รูปที่ 3.8-1 สมดุลแอ่งน้ำบาดาลของฤดูฝน เดือนมิถุนายน 2546 จากผลการจำลองน้ำบาดาล



รูปที่ 3.8-2 สมดุลแอ่งน้ำบาดาลของฤดูแล้ง เดือนธันวาคม 2546 จากผลการจำลองน้ำบาดาล

3.9 ข้อมูลสารสนเทศภัยแล้ง

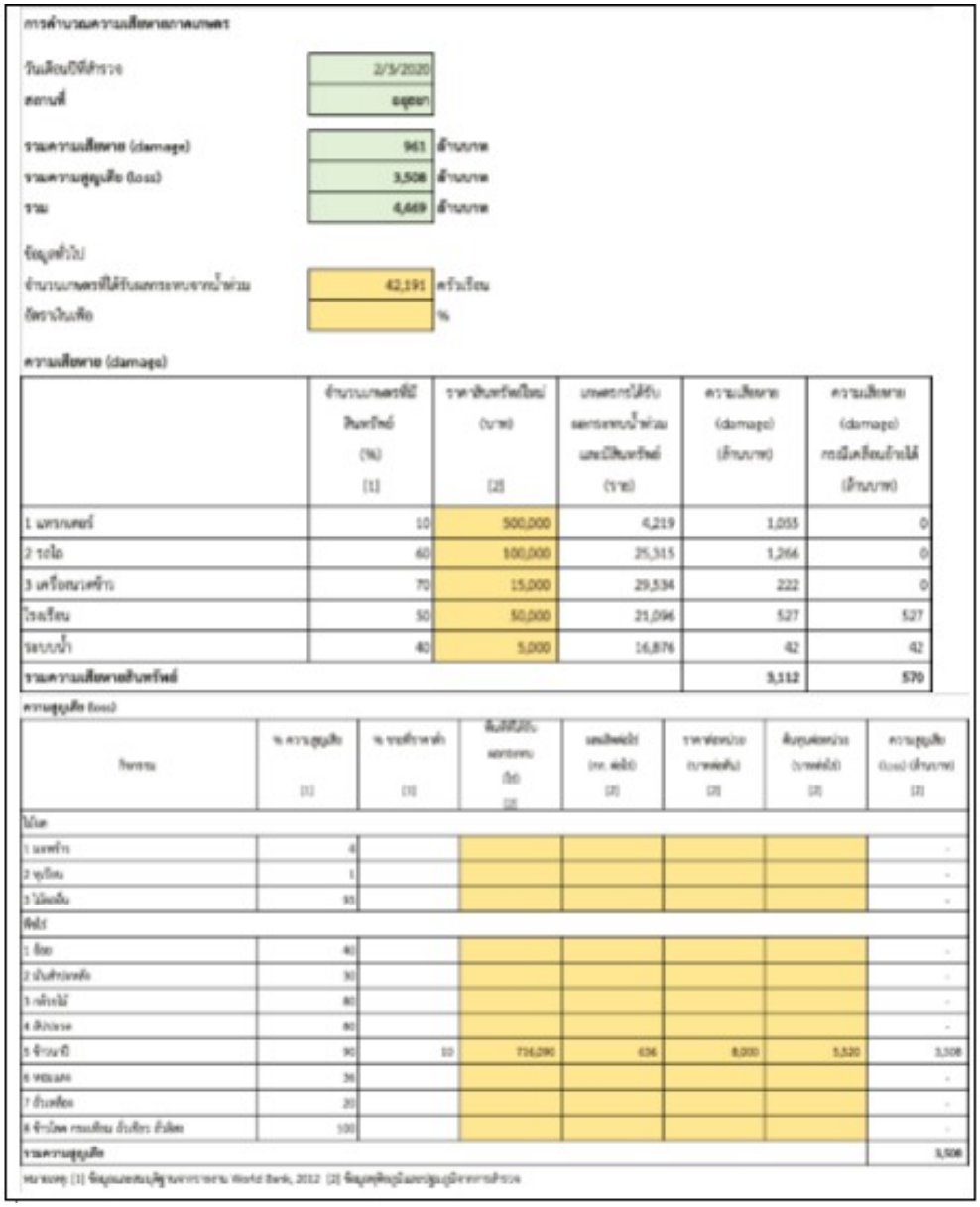
3.9.1 แบบจำลองการคำนวณความเสียหายและการสูญเสีย

ธนาคารโลก (The World Bank (2012)) ได้นิยาม ความเสียหาย (damage) และความสูญเสีย (loss) ดังนี้

- ความเสียหาย (damage) ผลกระทบทางตรงทางกายภาพของทรัพย์สิน ผลผลิต วัตถุดิบ เครื่องจักร และสินทรัพย์ ณ ขณะที่เกิดภัย
- ความสูญเสีย (loss) คือ โอกาสการผลิตที่เสียไปหรือลดลง เช่น การสูญเสียรายได้ ประสิทธิภาพการผลิตที่ลดลง ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง จากนิยามข้างต้น ทีมวิจัยจึงได้ทำการพัฒนาแพลทฟอร์มในการคำนวณความเสียหายและการสูญเสีย จากอุทกภัยและภัยแล้ง ประเด็นที่น่าสนใจคือ ประเด็นที่หนึ่ง อุทกภัยมักมีมิติเวลาเป็นรายวัน สัปดาห์ แต่ภัยแล้งมักถูกพิจารณากรอบเวลาฤดูกาล หรือเดือน ประเด็นที่สอง โดยส่วนใหญ่อุทกภัยจะส่งผลกระทบทั้งความเสียหายต่อเครื่องมือ เครื่องจักร โรงเรือน และความสูญเสียรายได้จากการผลผลิตที่เสียหาย แต่ภัยแล้งมักส่งผลกระทบเฉพาะการสูญเสียรายได้เท่านั้น เบื้องต้นทีมวิจัยได้พัฒนาแบบจำลองการคำนวณความเสียหายและความสูญเสียภายใต้

ตารางสแปรกชีท เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณโดยมีตัวอย่างแพลทฟอร์มที่พัฒนาดังตารางที่ 3.9-1 สมมุติฐานและการคำนวณความเสียหายและการสูญเสียภาคเกษตร: พืช ปศุสัตว์และประมงถูกแสดงดังตารางที่ 3.9-2 และ 3.9-3

ตารางที่ 3.9-1 แบบจำลองการคำนวณความเสียหายและการสูญเสียจากภัยพิบัติด้านน้ำ



การคำนวณความเสียหายภาคเกษตร

วันเดือนปีที่สำรวจ	2/3/2020	
สถานที่	อยุธยา	
รวมความเสียหาย (damage)	961	ล้านบาท
รวมความสูญเสีย (loss)	3,508	ล้านบาท
รวม	4,469	ล้านบาท

ข้อมูลทั่วไป

จำนวนเกษตรที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม	42,191	ครัวเรือน
อัตราวินเฟือ		%

ความเสียหาย (damage)

	จำนวนเกษตรที่มีสินทรัพย์ (%) [1]	ราคาสินทรัพย์ใหม่ (บาท) [2]	เกษตรกรได้รับผลกระทบน้ำท่วมและมีสินทรัพย์ (ราย)	ความเสียหาย (damage) (ล้านบาท)	ความเสียหาย (damage) กรณีเครื่องยังใช้ได้ (ล้านบาท)
1 แทรกเตอร์	10	500,000	4,219	1,055	0
2 รถไถ	60	100,000	25,315	1,266	0
3 เครื่องนวดข้าว	70	15,000	29,534	222	0
โรงเรือน	50	50,000	21,096	527	527
ระบบน้ำ	40	5,000	16,876	42	42
รวมความเสียหายสินทรัพย์				**3,112**	**570**

ความสูญเสีย (loss)

กิจกรรม	% ความสูญเสีย [1]	% ระดับราคาต่ำ [1]	พื้นที่ได้รับผลกระทบ (ไร่) [2]	ผลผลิตต่อไร่ (กก. ต่อไร่) [2]	ราคาต่อหน่วย (บาทต่อตัน) [2]	ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อไร่) [2]	ความสูญเสีย (Loss) (ล้านบาท) [2]
ไม้ผล							
1 มะพร้าว	4						-
2 ทุเรียน	1						-
3 ไม้ผลอื่น	95						-
พืชไร่							
1 ข้าว	40						-
2 อ้อยสำหรับหีบ	30						-
3 หญ้าเลี้ยงสัตว์	80						-
4 พืชผัก	80						-
5 ข้าวนาปี	90	10	736,290	636	8,000	5,520	3,508
6 ข้าวโพด	30						-
7 ถั่วเหลือง	20						-
8 พืชไร่ อื่นๆ	100						-
รวมความสูญเสีย							**3,508**

หมายเหตุ: [1] ข้อมูลจากรายงาน World Bank, 2012 [2] ข้อมูลที่ปรับปรุงจากการสำรวจ

ที่มา: พัฒนาโดยทีมวิจัย (2563) โดยมีตัวแปรและสมมุติฐานจากธนาคารโลก, ผลการสำรวจสำมะโนเกษตร

ตารางที่ 3.9-2 สมมุติฐานและการคำนวณความเสียหายและการสูญเสียภาคเกษตร: พืช

ประเด็น	สมมุติฐาน	การคำนวณ	แหล่งข้อมูล
พืชเกษตร			
ความเสียหาย (damage)			
ความเสียหายด้านเครื่องจักรด้านเกษตร	(1) 50% ของเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมมีเครื่องจักรเสียหาย (2) ค่าซ่อมเครื่องมือมีค่าใช้จ่าย 50% ของเครื่องจักรใหม่	ค่าเฉลี่ยต้นทุนเครื่องจักรต่อเกษตรกรในปี 2008/09 ปรับแก้ คิดค่าเงินเฟ้อในปี 2009/20 และ 2010/11 * % ค่าซ่อมต่อราคาเครื่องจักรใหม่ * % ของเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมมีเครื่องจักรเสียหาย * สัดส่วนของเกษตรกรที่มีเครื่องจักร	การสำรวจเศรษฐกิจสังคมของ สศก. 2008/09
ความเสียหายของอาคารเก็บผลผลิต/โรงเรือน	(1) 50% ของเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมมีอาคารเก็บผลผลิต/โรงเรือนเสียหาย (2) ค่าซ่อมมีค่าใช้จ่าย 50% ของอาคารเก็บผลผลิต/โรงเรือนใหม่	ค่าเฉลี่ยต้นทุนอาคารเก็บผลผลิต/ โรงเรือนในปี 2008/09 ปรับแก้คิด ค่าเงินเฟ้อในปี 2009/20 และ 2010/11 * % ค่าซ่อมต่อราคา อาคารเก็บผลผลิต/ โรงเรือนใหม่ * % ของเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมมีอาคารเก็บผลผลิต/ โรงเรือนเสียหาย * สัดส่วนของเกษตรกรที่มีอาคารเก็บผลผลิต/ โรงเรือน	การสำรวจเศรษฐกิจสังคมของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (สศก.) 2008/09
ความเสียหายของระบบน้ำ	(1) 50% ของเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมมีระบบน้ำ (2) ค่าซ่อมมีค่าใช้จ่าย 50% ของระบบน้ำใหม่	ค่าเฉลี่ยต้นทุนระบบน้ำในปี 2008/09 ปรับแก้คิดค่าเงินเฟ้อใน ปี 2009/20 และ 2010/11 * % ค่าซ่อมต่อราคาระบบน้ำใหม่ * % ของเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบ	การสำรวจเศรษฐกิจสังคมของ สศก. 2008/09

ประเด็น	สมมุติฐาน	การคำนวณ	แหล่งข้อมูล
		จากน้ำท่วมมีระบบน้ำ * สัดส่วนของเกษตรกรที่มีระบบน้ำ	
ความเสียหายของการปลูกไม้ผลใหม่	(1) ประมาณความสูญเสียช่วง ต.ค. ธ.ค.2011 - มะพร้าว 4% - ทุเรียน 1% - ไม้ผลอื่น 95%	ค่าปลูกไม้ผลต่อพื้นที่เพาะปลูก * % สูญเสีย * % ผลผลิตช่วง ต.ค. ธ.ค. * % พื้นที่เพาะปลูกไม้ผลที่ ได้รับผลกระทบ *% พื้นที่ปลูกไม้ผลทั้งหมด	สศก.
ความสูญเสีย (loss)			
1. การสูญเสียผลผลิตใน 2011			
- ไม้ผล	ความสูญเสียช่วง ต.ค.-ธ.ค.2011 - มะพร้าว 4% - ทุเรียน 1% - ไม้ผลอื่น 95%	% สูญเสีย * % ผลผลิตช่วง ต.ค. ธ.ค. * % พื้นที่เพาะปลูกไม้ผลที่ ได้รับผลกระทบ * % พื้นที่ปลูกไม้ผลทั้งหมด * มูลค่าการผลิตในปี 2011	สศก.
- พืชไร่	ความสูญเสียช่วง ต.ค.-ธ.ค.2011 - อ้อย 40% - มันสำปะหลัง 30% - กล้วยไม้ 80% - สับปะรด 80% - ข้าวนาปี 90%: ขายที่ราคาต่ำ 10% - หอมแดง 36% - ถั่วเหลือง 20% - ข้าวโพด กระเทียม ถั่วเขียว ถั่วลิสง 100%	% สูญเสีย * % ผลผลิตช่วง ต.ค. ธ.ค. * % พื้นที่เพาะปลูกที่ได้รับ ผลกระทบ * % พื้นที่ปลูกทั้งหมด * มูลค่าการผลิตในปี 2011	สศก.
2. การสูญเสียผลผลิตใน 2012-2014	ความสูญเสียช่วง 2012 = 80% ของความสูญเสียในปี 2011;		สศก.

ประเด็น	สมมุติฐาน	การคำนวณ	แหล่งข้อมูล
	2013=50%; 2014=20%		
3. ค่าการผลิตที่สูงขึ้น	ค่าการผลิตสูงขึ้น 15%		สศก.

ที่มา: สรุปจาก The World Bank (2012)

ตารางที่ 3.9-3 สมมุติฐานและการคำนวณความเสียหายและการสูญเสียภาคเกษตร: ปศุสัตว์และประมง

ประเด็น	สมมุติฐาน	การคำนวณ	แหล่งข้อมูล
ปศุสัตว			
ความเสียหาย (damage)			
1. การตายของสัตว์	% การตายของสัตว์ (รายงานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์); วัว 3%, ควาย 0%, หมู 5%, ไก่ไข่ 80%	จำนวนของสัตว์ที่ได้รับผลกระทบ * ราคาต่อหน่วย * % การตาย	รายงานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์และการสำรวจภาคสนาม
2. ความเสียหายของอาคารเลี้ยงสัตว์	% ความเสียหาย วัว ควาย 20%, หมู 50%, สัตว์ปีก 10% ราคาอาคารเลี้ยงสัตว์ต่อหน่วย (บาท/ตัว) วัว 400; ควาย 100; หมู 2000; ไก่ 200; เป็ด 125	(1) ราคาอาคารเลี้ยงสัตว์ * % อาคารเลี้ยงสัตว์ที่เสียหาย (2) ต้นทุน = สัตว์ที่ได้รับผลกระทบ * ราคาอาคารเลี้ยงสัตว์ ต่อหน่วย	การสำรวจภาคสนาม
ความสูญเสีย (loss)			
1. การสูญเสียผลผลิตจากการตายของสัตว์ช่วง 2011-2012		ผลผลิตที่สูญเสียไป *พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ *มูลค่าจากการผลิตช่วง 2011	สศก.
2. การสูญเสียจากราคาที่สูงขึ้นของสัตว์ป่วยหรือตาย	ค่ารักษาต่อหัวเฉลี่ย (บาท): วัว ควาย 187; หมู 338	สัตว์ที่ได้รับผลกระทบ * % ป่วย * ค่ารักษาต่อหัว	สศก.
3. การสูญเสียจากการเร่งขาย	ราคาต่อหน่วยลดลง 25% ราคาขายต่อหน่วยลดลง: วัว 20% หมู 10%	สัตว์ที่ได้รับผลกระทบ * 25% * ราคาต่อหน่วย * % ลดลงของราคาขายต่อหน่วย	สศก.
ประมง			
1. การสูญเสียผลผลิตจาก		ผลผลิตที่สูญเสียไป *พื้นที่ที่	รายงานของ

ประเด็น	สมมุติฐาน	การคำนวณ	แหล่งข้อมูล
การตายของสัตว์ช่วง 2011		ได้รับผลกระทบ *มูลค่าจากการผลิตช่วง 2011	กระทรวงเกษตรฯ
2. การสูญเสียจากต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น	ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น 15%		

ที่มา: The World Bank (2012)

ยกตัวอย่างประเด็นของพืชเกษตรนั้น กรมการข้าว (2563) ได้สรุปพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยแบ่งออกได้ตามลักษณะการเจริญเติบโตของพันธุ์ และแบ่งได้ตามลักษณะของชนิดเนื้อแป้งของเมล็ด ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว เป็นต้น ปัจจุบันการแบ่งตามลักษณะที่เกษตรกรคุ้นเคยเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. ข้าวนาปี (พันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง): เป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกได้เฉพาะในฤดูฝน หรือที่เกษตรกรเรียกว่า ข้าวนาปี ข้าวนาปีนี้เป็นพันธุ์ข้าวที่มีการออกดอกตรงตามฤดูกาลเพราะต้องการช่วงแสงจำเพาะเพื่อการออกดอก ไม่ว่าจะปลูกข้าวพันธุ์นั้นเมื่อใด เช่น พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ในภาคอีสาน) จะออกดอกประมาณวันที่ 20 ตุลาคม ซึ่งไม่ว่าจะปลูกข้าวพันธุ์นี้เมื่อใดก็จะออกดอกในช่วงเดือนตุลาคมเท่านั้น ในรายงานฉบับนี้ข้าวนาปีจะได้รับผลกระทบหลักจากน้ำท่วม

2. ข้าวนาปรัง (พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง): เป็นพันธุ์ข้าวที่มีอายุการเก็บเกี่ยวค่อนข้างแน่นอน เมื่อมีอายุครบถึงระยะเวลาออกดอกข้าวพันธุ์นั้นจะออกดอกได้โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยช่วงแสงเป็นตัวกำหนด ทำให้ข้าวชนิดนี้สามารถปลูกได้ตลอดปี แต่เกษตรกรมักจะเรียกว่าข้าวนาปรัง แม้ว่าจะปลูกได้ทั้งในฤดูนาปีที่อาศัยน้ำฝน และในช่วงฤดูแล้งที่ต้องอาศัยน้ำชลประทาน พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรใช้ปลูกในขณะนี้ มีทั้งข้าวพันธุ์พื้นเมือง ทั้งข้าวเจ้า และข้าวเหนียว ที่ปลูกเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน และพันธุ์ข้าวดีของทางราชการที่ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร และส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกอยู่ทุกวันนี้ ในรายงานฉบับนี้ข้าวนาปรัง โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยจะได้รับผลกระทบหลักจากภัยแล้ง

โดยปกติการจัดการน้ำในแปลงนั้น สำหรับการให้น้ำเต็มรูปแบบนั้น การขังน้ำในนาตลอดฤดูปลูกระดับความลึก 15 เซนติเมตร (deep continuous flooding)

โดยปกติข้าวสามารถทนน้ำท่วม (กรณีน้ำท่วมมิดข้าวได้ 7 วัน) เช่น สุพรรณบุรี1 ปทุมธานี1 ชัยนาท1 ที่นิยมปลูกภาคกลางที่มีความสูงเฉลี่ย 125, 115 และ 113 ซม. ตามลำดับ แต่มีข้าวปรับปรุงพันธุ์ เช่น กข 51. ที่สามารถทนน้ำท่วมได้ 12 วัน โดยมีความสูงเฉลี่ย 155 ซม. (กรมการข้าว, 2563) ดังตารางที่ 3.9-4 สรุปพันธุ์ข้าวและแหล่งปลูกรวมถึงผลผลิตต่อไร่

สำหรับประเด็นด้านราคา สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรได้สรุปและแสดงราคาข้าวเปลือกเจ้า (ความชื้น 15%) อยู่ที่ 8,000 บาทต่อตัน

สำหรับพืชเกษตรความสูญเสียจากผลกระทบภัยพิบัติด้านน้ำ (บาท) สามารถคำนวณได้จากข้อมูลพื้นที่น้ำท่วม (ไร่) x ผลผลิตต่อไร่ (ตันต่อไร่) x ราคาพืช (บาทต่อตัน) นั่นเอง

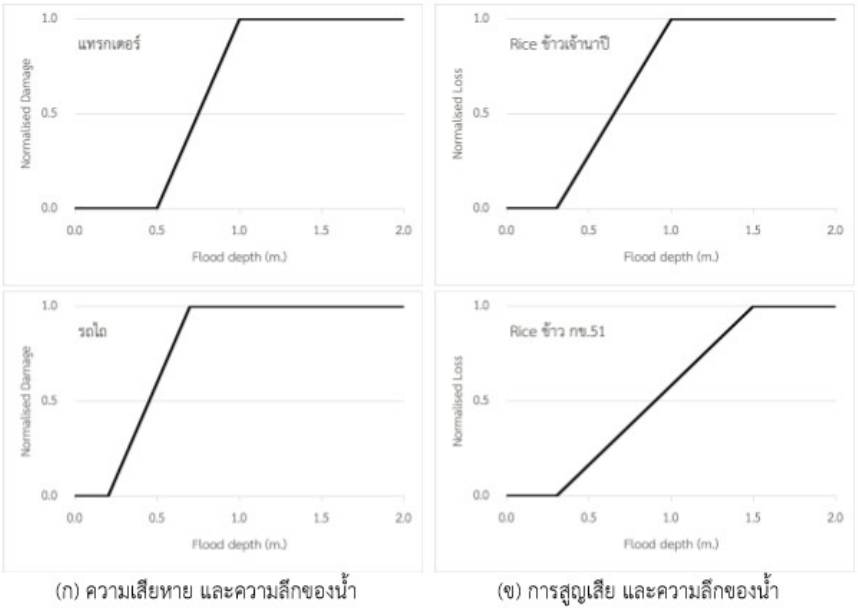
ตารางที่ 3.9-4 สรุปพันธุ์ข้าวและแหล่งปลูก

ชื่อพันธุ์ข้าว	ชนิดพันธุ์ข้าว	แหล่งปลูก	ผลผลิต (กก./ไร่)
ขาวดอกมะลิ 105	ข้าวเจ้าไวต่อช่วงแสง	ทุกภาค, นิยมปลูกภาคอีสาน	515
กข15	ข้าวเจ้าไวต่อช่วงแสง	นิยมปลูกภาคอีสาน	560
กข6	ข้าวเหนียวไวต่อช่วงแสง	ภาคเหนือ, ภาคอีสาน	670
เหนียวสันป่าตอง	ข้าวเหนียวไวต่อช่วงแสง	ภาคเหนือ, ภาคอีสาน	520
สันป่าตอง	ข้าวเหนียวไวต่อช่วงแสง	ภาคเหนือตอนบน	630
สกลนคร	ข้าวเหนียวไม่ไวต่อช่วงแสง	ภาคอีสาน	467
สุรินทร์ 1	ข้าวเหนียวไม่ไวต่อช่วงแสง	ภาคอีสาน	620
ชัยนาท 1	ข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง	ภาคกลาง, ภาคเหนือตอนล่าง	670
สุพรรณบุรี 1	ข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง	เขตชลประทานทุกภาค	750
สุพรรณบุรี 2	ข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง	ภาคกลาง, ตะวันออก,ตะวันตก	700
ปทุมธานี 1	ข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง	เขตชลประทานภาคกลาง	712
พิษณุโลก 2	ข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง	ภาคเหนือตอนล่าง	807
หันตรา 60	ข้าวเจ้าไวต่อช่วงแสง	ภาคกลาง, น้ำลึกไม่เกิน 1 เมตร	425
ปราจีนบุรี 1	ข้าวเจ้าไวต่อช่วงแสง	ภาคกลาง, ภาคเหนือตอนล่าง, ภาคตะวันออก	500
ปราจีนบุรี 2	ข้าวเจ้าไวต่อช่วงแสง	ภาคกลาง, ภาคตะวันออก	846

(**ที่มา:** กรมการข้าว, 2563)

จากข้อมูลข้างต้นทีมวิจัยสามารถคำนวณกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหาย (damage) และความลึกของน้ำในกรณีอุทกภัยนั้น ถูกแสดงดังรูปที่ 3.9-1(ก) จะเห็นได้ว่าเมื่อความลึกน้ำน้อยจะยังไม่เกิดความเสียหายแต่หากระดับน้ำสูงขึ้นถึงระดับหนึ่งจะเริ่มเกิดความเสียหายโดยในที่นี้สมมุติฐานหลักคือความเสียหาย ขึ้นอยู่กับความลึกของน้ำท่วม อย่างไรก็ตามเมื่อถึงค่าความลึกหนึ่งจะเป็นความเสียหาย

สูงสุดแล้วเพราะว่าเครื่องจักรหรือโรงเรือนได้เสียหายทั้งหมดแล้วนั่นเอง สำหรับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูญเสีย (loss) และความลึกน้ำในกรณีอุทกภัยนั้น ถูกแสดงดังรูปที่ 3.9-1(ข) จะเห็นได้ว่าพืชแต่ละชนิดข้าวแต่ละพันธุ์จะมีความสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน ข้าวที่ทนน้ำท่วมได้นั้นจะช่วยลดความสูญเสียรายได้เนื่องจากข้าวพันธุ์นี้จะมีความสูงและระยะเวลาในการทนต่อการจมน้ำได้นานกว่า เช่น ปกติข้าวขาวทั่วไปทนน้ำท่วมได้เพียง 7 วัน แต่ข้าวที่ถูกพัฒนาขึ้น กข.51 สามารถทนได้ 12 วัน (กรมการข้าว, 2563)



รูปที่ 3.9-1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเสียหาย การสูญเสีย และความลึกของน้ำ
(ที่มา: พัฒนาโดยทีมวิจัย)

โดยสรุปในขั้นตอนนี้ เราสามารถประเมินความเสียหาย (damage) และความสูญเสีย (loss) ได้ อย่างไรก็ตามผลการประเมินดังกล่าวเป็นเพียงความเสียหายและความสูญเสียทางตรงเท่านั้น คือ เป็นผลกระทบทางตรงทางกายภาพของทรัพย์สิน ผลผลิต วัตถุดิบ เครื่องจักร และสินทรัพย์ ณ ขณะที่เกิดภัย และโอกาสการผลิตที่เสียไปหรือลดลง เช่น การสูญเสียรายได้ ประสิทธิภาพการผลิตที่ลดลง ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง ในภาคส่วนและพื้นที่ที่ประสบภัย

อย่างไรก็ตามผลการประเมินความเสียหายและความสูญเสียทางตรงดังกล่าวมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถคำนวณผลกระทบทางอ้อมที่เกิดจากห่วงโซ่การผลิตที่ได้รับผลกระทบ บางภาคส่วนในบางพื้นที่ขาดวัตถุดิบในการผลิต บางภาคส่วนไม่สามารถขายสินค้าได้เนื่องจากผู้บริโภคได้รับความเสียหายจึงเป็นที่มาของการประเมินผลการประเมินดังกล่าวเป็นเพียงความเสียหายและความสูญเสียทางอ้อมโดยใช้เครื่องมือแบบจำลอง ปัจจัยการผลิตและผลผลิตที่มีจุดเด่นที่สามารถวิเคราะห์

ความเชื่อมโยงของภาคการผลิตในห่วงโซ่การผลิต รวมถึงความเชื่อมโยงของแต่ละภูมิภาคได้ โดยแสดงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

3.9.2 แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Model)

3.9.2.1 ตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สภาพัฒน์) ได้นิยามตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Table) คือ ตารางที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตและการใช้ผลผลิตทั้งที่ใช้ไปในขั้นสุดท้าย (final use of goods and services) และที่ใช้ไปเพื่อปัจจัยการผลิตขั้นกลางทั้งหมด (intermediate transaction) ซึ่งการใช้เพื่ออุปโภคขั้นกลางหรือ inter-industry demand คือ หัวใจสำคัญ ที่สุดของตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตเพราะเป็นการแสดงถึงความเชื่อมโยงระหว่างอุตสาหกรรมต่างๆ ในระบบเศรษฐกิจทั้งหมดเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบและมีความสอดคล้องกัน (https://www.nesdc.go.th/) โดยปกติสภาพัฒน์จะทำการสำรวจและเผยแพร่ข้อมูลตารางปัจจัยการผลิตของ 180 ภาคการผลิตครอบคลุม ภาคเกษตร อุตสาหกรรม และบริการทุกๆ 5 ปี สำหรับภาพรวมทั้งประเทศไทย จุดเด่นคือสามารถเห็นความเชื่อมโยงของทุกภาคการผลิต แต่ข้อจำกัดคือไม่เห็นความเชื่อมโยงของการผลิตในแต่ละภูมิภาค เช่น ความเชื่อมโยงภาคตะวันออกกับภาคกลาง ตัวอย่างตารางปัจจัยการผลิตของประเทศไทยแบบ 3 ภาคการผลิต

จากข้อจำกัดดังกล่าวจึงมีการจัดทำตารางปัจจัยการผลิตแบบภูมิภาค (Multi-Regional Input Output Table) (พงษ์สันธ์, 2562) เพื่อเชื่อมโยงระหว่างอุตสาหกรรมต่างๆ ในระบบเศรษฐกิจและภูมิภาค ทั้งหมดในประเทศไทยเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบและมีความสอดคล้องกันโดยมีจุดเด่นดังนี้

- ครอบคลุม 47 ประเภทกิจกรรมทางเศรษฐกิจ (11 ประเภทกิจกรรมภาคเกษตร, 22 ประเภทกิจกรรม ภาคอุตสาหกรรมและ 14 ประเภทกิจกรรมภาคบริการ)
- ครอบคลุม 7 ภูมิภาค ได้แก่ กรุงเทพ ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคอีสาน ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้

3.9.2.2 แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต

แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต (Input-Output Model (I-O Model)) ใช้ข้อมูลจากตารางปัจจัยการผลิตและผลผลิตเป็นพื้นฐานในการคำนวณ โดยแสดงตัวอย่างข้อมูลพื้นฐานของตารางปัจจัยการผลิต และผลผลิตพร้อมตัวแปรในตารางที่ 3.9-5

จากความสัมพันธ์ ผลผลิตรวม (Xi) = ปัจจัยการผลิตขั้นกลาง (Zij) + อุปสงค์สุดท้าย (Yi) (หน่วย ล้านบาท) ผลผลิตรวมภาคเกษตรคือ

1,787,359 = (167,540+1,195,668+167,635) + 256,517

ผลผลิตรวมภาคอุตสาหกรรมคือ 14,315,008 = (445,126+8,581,620+2,888,249) + 2,400,013

ผลผลิตรวมภาคบริการคือ 11,412,327 = (62,617+950,717+1,970,597) + 8,428,396

มูลค่าเพิ่มรวมในประเทศคือ 11,084,927 = (1,112,077+3,587,004+6,385,846) เท่ากับ

อุปสงค์ขั้นสุดท้ายคือ 11,084,927 = (256,517+2,400,013+8,428,396)

ตารางที่ 3.9-5 สรุปตารางปัจจัยการผลิตแบบ 3X3 ภาคการผลิต ปี 2555 ของประเทศไทย (ล้านบาท)

	1,195,668	ปัจจัยการผลิตขั้นกลาง (Zij = AijXi)			อุปสงค์	ผลผลิตรวม
	1,195,668	เกษตร	อุตสาหกรรม	บริการ	สุดท้าย* (Yi)	(Xi)
ปัจจัยการผลิตขั้นกลาง	เกษตร	167,540	1,195,668	167,635	256,517	1,787,359
	อุตสาหกรรม	445,126	8,581,620	2,888,249	2,400,013	14,315,008
	บริการ	62,617	950,717	1,970,597	8,428,396	11,412,327
มูลค่าเพิ่มรวม		1,112,077	3,587,004	6,385,846		
ผลผลิตรวม		1,787,359	14,315,008	11,412,327		

หมายเหตุ * อุปสงค์ขั้นสุดท้ายทั้งหมดหักด้วยมูลค่าการนำเข้า ส่วนเหลื่อมทางการค้าและค่าขนส่ง

ที่มา: คำนวณจากข้อมูลของสภาพัฒน์ 2563

โดยมูลค่าเพิ่มรวมในประเทศหรืออุปสงค์ขั้นสุดท้ายเท่ากับค่า GDP ของประเทศไทยนั่นเอง จากความสัมพันธ์ข้างต้นแบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิต สามารถวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นในรูปแบบสมการและเมทริกซ์ ได้ดังนี้

$$Zij + Yi = Xi$$

$$AX + Y = X$$

$$Y = (X-AX)$$

$$Y = (I-A)X$$

$$(I-A)^{-1}*Y = X$$

$$LY = X$$

เมื่อ Xi = ผลผลิตรวม

Zij = ปัจจัยการผลิตขั้นกลาง

Yi = อุปสงค์สุดท้าย (Yi)

i และ j = ภาคการผลิตเกษตร อุตสาหกรรม และบริการตามลำดับ

L = Leontief inverse matrix

ในรายงานฉบับนี้การคำนวณความเสียหายและการสูญเสียจากอุทกภัยและภัยแล้งในแต่ละภาคการผลิต เช่น ภาคเกษตร ภาคอุตสาหกรรม และภาคบริการรวมถึงความเสียหายจากภาคครัวเรือนจะถูกแทนค่าในรูปแบบของอุปสงค์สุดท้ายที่หายไปจากระบบหรือ Yi นั่นเอง

3.9.3 แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตแบบภูมิภาค

ทีมวิจัยได้พัฒนาแบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตโดยได้ปรับจากขอบเขตพื้นที่ประเทศไทยไปสู่แบบจำลองปัจจัยการผลิตและผลผลิตแบบภูมิภาค (Interregional Input-Output Model) ซึ่งสามารถเชื่อมโยงได้ทั้งมิติภาคการผลิตรวมถึงมิติพื้นที่ภูมิภาคด้วย

เบื้องต้นทีมวิจัยได้ทำการทดสอบแบบจำลองภายใต้สองกรณี

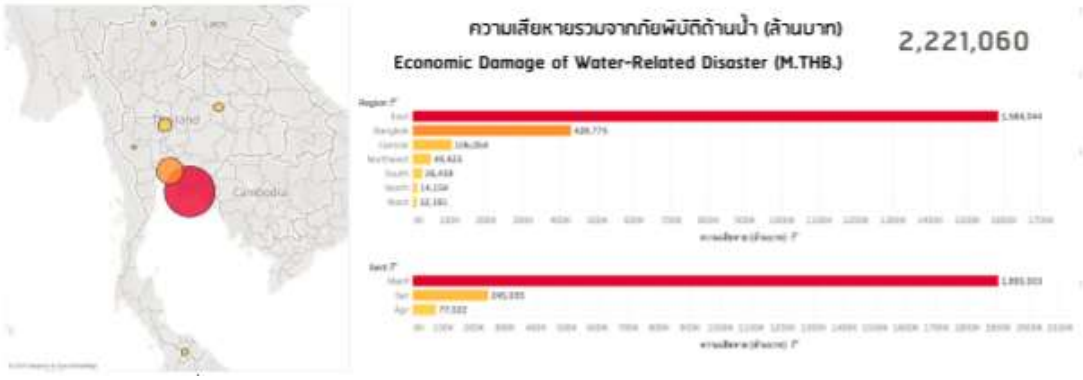
กรณีที่ 1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) โดยกำหนดให้เกิดความเสียหายและการสูญเสียรวมจากภัยพิบัติน้ำ 1 ล้านล้านบาทในแต่ละ 7 พื้นที่ และ 3 ภาคส่วน รวม 21 กรณี เพื่อวิเคราะห์ว่าพื้นที่และภาคส่วนใดเกิดความเสียหายและการสูญเสียรวม

กรณีที่ 2 ผลการจำลองกรณีน้ำท่วม 2554 โดยใช้ค่าความเสียหายและการสูญเสียรวมที่สำรวจและรายงานโดยธนาคารโลกและกระทรวงการคลัง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 4 ภูมิภาค ได้แก่ กรุงเทพฯ กลาง เหนือ อีสาน และ 3 ภาคส่วนการผลิต ได้แก่ เกษตร อุตสาหกรรม บริการ ผลจากแบบจำลองทั้งสองกรณีถูกแสดงในหัวข้อถัดไป

3.9.3.1 กรณีที่ 1 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

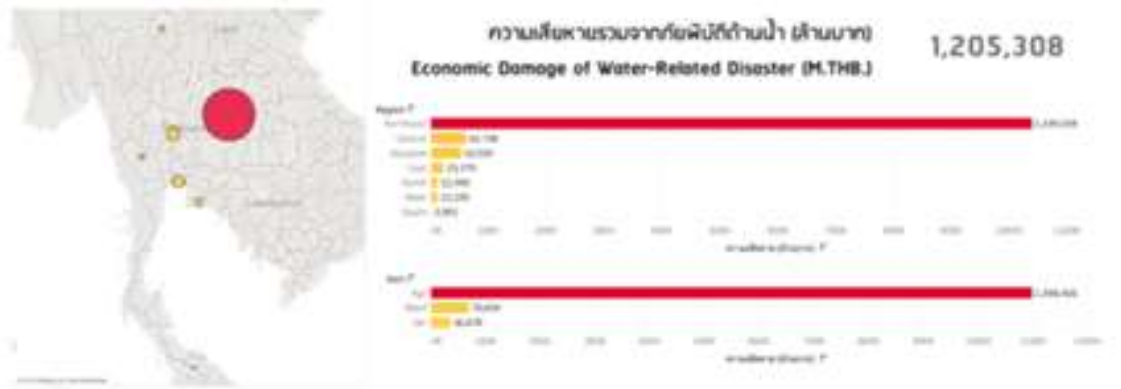
ผลจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) โดยกำหนดให้เกิดความเสียหายและการสูญเสียรวมจากภัยพิบัติน้ำ 1 ล้านล้านบาทในแต่ละ 7 พื้นที่ และ 3 ภาคส่วน รวม 21 กรณี เพื่อวิเคราะห์ว่าพื้นที่และภาคส่วนใดเกิดความเสียหายและการสูญเสียรวมเบื้องต้นพบว่า หากเกิดความเสียหายและการสูญเสียในแต่ละภาคส่วนและพื้นที่จากค่า GDP ที่หายไปจากระบบจะส่งผลต่อผลผลิตรวมเท่าไหร่ ผลการจำลองพบว่าภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่ภาคตะวันออกมีความอ่อนไหวมากที่สุด

กล่าวคือ หากค่า GDP ลดลงจากความเสียหายและสูญเสีย 1 ล้านล้านบาทจะทำให้ผลผลิตรวมของประเทศไทยลดลง 2.2 ล้านล้านบาท เนื่องจากภาคอุตสาหกรรมของภาคตะวันออกโดยเฉพาะจากนิคมอุตสาหกรรมในจังหวัดระยองและชลบุรีจะส่งผลต่อห่วงโซ่การผลิต (supply chain) ในกรุงเทพและภาคกลางนั่นเอง นอกจากนี้ผลผลิตรวมที่ลดลงยังมีผลต่อภาคบริการและภาคเกษตรด้วยเช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.9-2 สำหรับภาคส่วนและพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวน้อยที่สุดคือ ภาคเกษตรกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีผลผลิตรวมของประเทศไทยลดลง เพียง 1.2 ล้านล้านบาทเท่านั้น ต่างกับกรณีภาคอุตสาหกรรมของภาคตะวันออกถึงเกือบเท่าตัว เนื่องจากมีความเชื่อมโยงส่งผลต่อห่วงโซ่การผลิต ภาคการผลิตอื่น และพื้นที่อื่นน้อยนั่นเอง รายละเอียดแสดงในรูปที่ 3.9-3 ด้วยเหตุนี้พื้นที่ที่มีความเชื่อมโยงกับห่วงโซ่การผลิตทั้งมิติการผลิตและพื้นที่มากหมายถึงหากเกิดความเสียหาย และสูญเสียจากภัยพิบัติด้านน้ำจะเกิดผลกระทบมากนั่นเอง จึงควรมีมาตรการในการรับมือที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดผลกระทบต่อภาพรวมทั้งประเทศ



รูปที่ 3.9-2 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวในภาคอุตสาหกรรมของภาคตะวันออก

(ที่มา: คำนวณโดยทีมวิจัย)



รูปที่ 3.9-3 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวในภาคเกษตรของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

(ที่มา: คำนวณโดยทีมวิจัย)

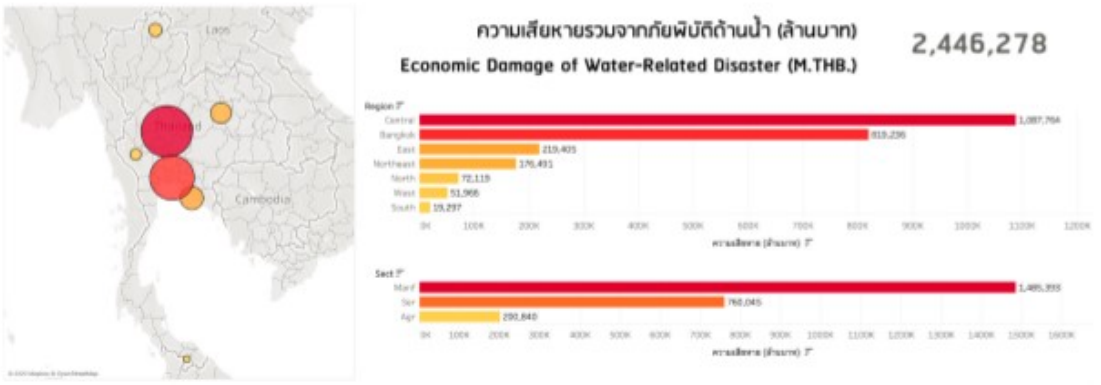
3.9.3.2 กรณีที่ 2 ผลการจำลองกรณีน้ำท่วม 2554

ผลการจำลองกรณีน้ำท่วม 2554 โดยใช้ค่าความเสียหายและการสูญเสียรวมที่สำรวจและรายงานโดยธนาคารโลกและกระทรวงการคลัง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 4 ภูมิภาค ได้แก่ กรุงเทพฯ กลาง เหนือ อีสาน และ 3 ภาคส่วนการผลิต ได้แก่ เกษตร อุตสาหกรรม บริการ

เพื่อวิเคราะห์ว่าผลกระทบทางอ้อมจากห่วงโซ่การผลิตเสียหายอย่างไรหากภาคการผลิตบางส่วนและบางพื้นที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมใหญ่ ปี 2554

เบื้องต้นพบว่า เกิดความเสียหายและการสูญเสียทางอ้อมในบางภาคการผลิตของหลายพื้นที่ที่ไม่ได้ประสบอุทกภัย

ผลการจำลองพบว่า หากค่า GDP ลดลงจากความเสียหายและสูญเสีย 1.4 ล้านล้านบาท จากการสำรวจและรายงานโดยธนาคารโลก จะทำให้ผลผลิตรวมของประเทศไทยลดลง 2.4 ล้านล้านบาท โดยมีผลกระทบในภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ที่ไม่ได้ประสบอุทกภัย แต่มีผลกระทบจากห่วงโซ่การผลิตที่เชื่อมโยงกันทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคนั่นเอง รายละเอียดแสดงในรูปที่ 3.9-4 ด้วยเหตุนี้การกำหนดนโยบาย หรือมาตรการจึงควรพิจารณาความเสียหายและความสูญเสียทั้งทางตรงและทางอ้อมเพื่อทราบผลกระทบ ทั้งหมดนำไปสู่นโยบายและมาตรการที่มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.9-4 ผลการจำลองกรณีน้ำท่วม 2554

(ที่มา: คำนวณโดยทีมวิจัย)

3.10 การประยุกต์ใช้ชุดข้อมูลโลกชนิดเปิดสำหรับพื้นที่ประเทศไทย

ปัจจุบันองค์กร หรือประเทศต่างๆ ได้ให้ความสำคัญกับการใช้ชุดข้อมูลเปิด (Open Data) เป็นอย่างมาก ดังตัวอย่างเช่น องค์การสหประชาชาติได้สร้าง Portal ที่ชื่อ data.un.org หรือประเทศสหราชอาณาจักร มีเว็บไซต์ชุดข้อมูลเปิด (Open Data) ที่ชื่อ data.gov.uk โดยเว็บไซต์ดังกล่าวประกอบ

ไปด้วยข้อมูลด้านต่างๆ ของหน่วยงานภาครัฐ รวมถึงข้อมูลการใช้จ่ายของภาครัฐ อีกทั้งยังมีการนำชุดข้อมูลเหล่านั้นไปพัฒนา Application ต่างๆ ถึงมากกว่า 300 Application และประเทศมหาอำนาจอย่างสหรัฐอเมริกาได้ประกาศนโยบายชุดข้อมูลเปิด (Open Data) โดยประธานาธิบดีโอบามา เมื่อเดือนพฤษภาคม 2013 และมีการประกาศเรื่อง Data Act ในเดือนพฤษภาคม 2014 สำหรับประเทศในกลุ่มเอเชียทั้งญี่ปุ่น เกาหลีใต้ และสิงคโปร์ต่างก็พัฒนา Portal สำหรับชุดข้อมูลเปิด (Open Data) และในหลายประเทศได้มีการออกกฎหมายเกี่ยวกับการเปิดข้อมูลภาครัฐให้เป็นมาตรฐาน บุคลทั่วไปสามารถอ่านได้

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาและศึกษาการใช้ข้อมูลที่เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ชุดข้อมูลเปิด (OpenData) ที่คาดว่ามีประโยชน์เกี่ยวกับงานด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลเสริมสำหรับนักวิจัยและผู้สนใจนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ ทั้งนี้ข้อมูลที่ได้นอกจากจะใช้ประโยชน์ในงานด้านการจัดการทรัพยากรน้ำแล้วยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในงานศึกษาวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์ชุดข้อมูลเปิด (Open Data) ต่อสาธารณะ โดยงานวิจัยที่จะนำเสนอประกอบด้าย 1) การศึกษาชุดข้อมูลประชากรโลกชนิดเปิดสำหรับพื้นที่ประเทศไทยด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ 2) การศึกษาการใช้ประโยชน์แบบจำลองระดับ WorldDEM และ 3) การศึกษาการพัฒนาข้อมูลเปิดสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ซึ่งงานศึกษาทั้ง 3 จะมีรายละเอียดเกี่ยวกับการศึกษาการกระจายตัวของประชากร การนำข้อมูล WorldDEM มาปรับเทียบเพื่อใช้ทดแทนข้อมูล DEM ในปัจจุบัน และการใช้ข้อมูลชุดเปิดเพื่อศึกษาและติดตามการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถใช้ในการสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำในส่วนที่ข้อมูลจากแหล่งอื่นมีความไม่ชัดเจนหรือมีการรวบรวมที่ไม่ทันสมัยเพียงพอ โดยมีความคาดหวังว่าจะช่วยเพิ่มทางเลือกของแหล่งข้อมูลให้กับนักวิจัยที่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลเหล่านี้สำหรับการศึกษาวิจัย

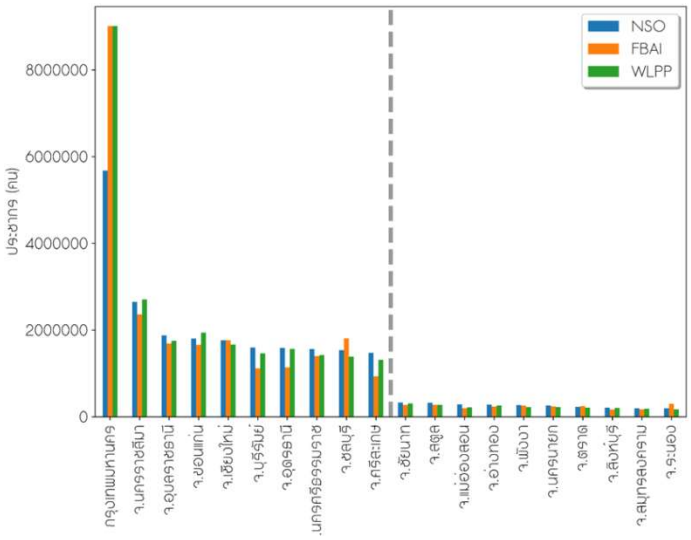
3.10.1 การศึกษาชุดข้อมูลประชากรโลกชนิดเปิดสำหรับพื้นที่ประเทศไทยด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่

ในงานวิจัยนี้ขอแสดงให้เห็นชุดข้อมูลโลกที่มีพัฒนาละเอียดสูงสุดและเป็นข้อมูลเปิด (Open Data) 2 ชุดคือ ชุดข้อมูล WorldPop จาก University of Southamton ประเทศอังกฤษ และชุดข้อมูลจาก Facebook's AI Team หรือเรียกในที่นี้ว่า "WLPP" และ "FBAI" ตามลำดับ ชุดข้อมูลประชากร FBAI ดูจะน่าสนใจมากเนื่องจากมีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดมาวิเคราะห์เพื่อหาส่วนของภาพว่าเป็นบ้านหรือไม่ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยในพื้นที่ประเทศไทย

ได้มีการนำข้อมูลสถิติประชากรศาสตร์ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ซึ่งเป็นข้อมูลประชากรได้จากการรวบรวมจากเอกสารงานทะเบียนของการบริหารราชการ เนื่องจากข้อมูลประชากรโลกเป็นข้อมูลเชิงตำแหน่งและมีความละเอียดสูง ในงานวิจัยเปรียบเทียบมีการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ Python/Geopandas มาช่วยในวิจัยและนำมาใช้ศึกษากรรมวิธีประมวลเพื่อให้การประยุกต์ใช้มีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยเปิดให้เห็นคุณภาพที่เหนือชั้นกว่าข้อมูลสถิติประชากรศาสตร์และยังได้ให้แนวทางเลือกใช้ชุดข้อมูลประชากรโลก ในงานวิจัยยังแสดงให้เห็นการนำไปประยุกต์ตามแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่เชิงพื้นที่ (geospatial big data analytic) จะเปิดโอกาสนำใช้ในด้านต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง

ในขั้นต้นเนื่องจากข้อมูลทั้งสามชุดสำนักงานสถิติแห่งชาติ (สสช.)(NSO), FBAI และ WLPP มีความเหลื่อมกันด้านเวลาคือเป็นสรุปจำนวนประชากรจาก พ.ศ. 2561, 2562 และ 2563 อีกทั้งจำนวนประชากรรวมเป็น 66,413,979 คน สำหรับ NSO ส่วนข้อมูลประชากรโลกจาก FBAI และ WLPP นั้นใกล้เคียงกันมากคือ 67,892,908 และ 67,823,103 ดังนั้นจึงได้ทำการปรับลดจำนวนประชากรของ FBAI และ WLPP เป็นสัดส่วน 66,413,979/คือ 67,892,908 และ 66,413,979/67,823,103 สำหรับการวิเคราะห์จำนวนประชากรรายจังหวัด

เมื่อนำข้อมูลขอบเขตจังหวัด FGDS_Prov มาทำการซ้อนทับและคัดกรองตามพื้นที่จังหวัดโดยการใช้ฟังก์ชัน gepandas.sjoin() ทำให้ได้จุดแสดงแทนประชากร และรหัสจังหวัดจาก FGDS_Prov มาปรับปรุง geodataframe จากนั้นจึงใช้ pandas.DatfFramme.groupby() พร้อมฟังก์ชัน sum() ในการรวมจำนวนประชากรในแต่ละจังหวัด หากนำจังหวัด 5 จังหวัดแรกที่มีประชากรมากที่สุดและประชากรน้อยที่สุด สามารถเปรียบเทียบได้ดังกราฟแท่งต่อไปนี้



รูปที่ 3.10-1 การเปรียบเทียบข้อมูลประชากรจาก 3 แหล่ง

ในภาพแสดงตัวอย่างของจุดแสดงแทนข้อมูลประชากรจาก FBAI จะเห็นได้ว่าตำแหน่งของจุดที่แสดงแทนประชากรสอดคล้องกับพื้นที่ของบ้านเรือนอาคาร ดังนั้นข้อมูล FBAI มีศักยภาพและมีความสะดวกในการนำไปใช้วิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่นๆ

รูปที่ 3.10-2 ตัวอย่างของจุดแสดงแทนข้อมูลประชากรจาก FBAI

จากข้อมูลงานวิจัยที่นำมาแสดงทำให้เห็นถึงประโยชน์ของชุดข้อมูลชนิดเปิด (Open Data) ที่มีการแปรค่าจำนวนประชากรได้ใกล้เคียงกับข้อมูลสถิติ และอาจแสดงข้อมูลประชากรแฝงที่ไม่ได้อยู่ในข้อมูลสถิติ ช่วยให้ข้อมูลสถิตแบบข้อมูลประชากรที่แต่เดิมคำนวณการกระจายด้วยการหารเฉลี่ยต่อพื้นที่ทำให้ไม่ได้สะท้อนถึงความหนาแน่นที่แท้จริงของพื้นที่ ในขณะที่ชุดข้อมูลเปิด (Open Data) ที่นำเสนอสามารถแสดงให้เห็นถึงความหนาแน่นของประชากรที่มีความสอดคล้องกับการตั้งบ้านเรือนของประชาชน ซึ่งมีประโยชน์โดยตรงต่อการบริหารจัดการและการวางแผนด้านทรัพยากรได้อย่างเหมาะสม รายละเอียดและเนื้อหาจะอยู่ในภาคผนวก ก

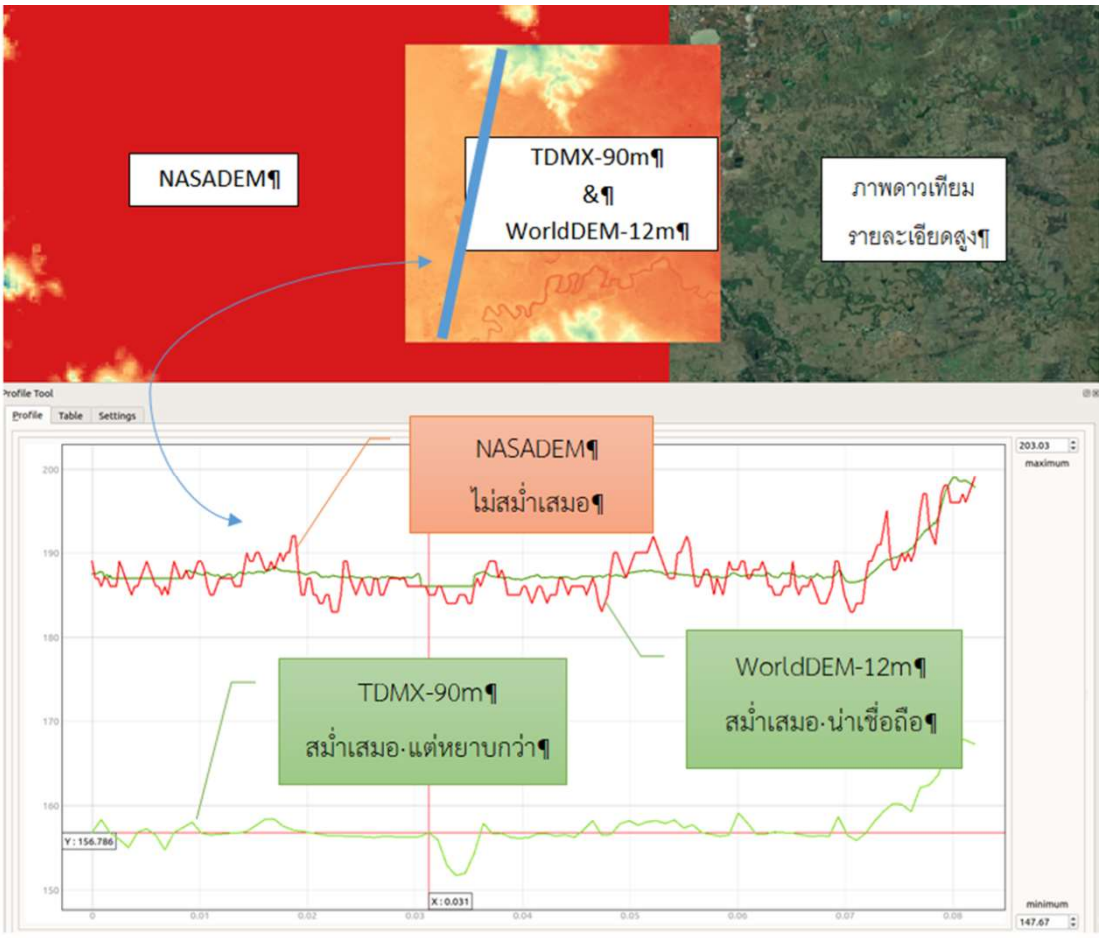
3.10.2 การศึกษาการใช้ประโยชน์แบบจำลองระดับ WorldDEM

แบบจำลองระดับ WorldDEM เป็นแบบจำลองระดับครอบคลุมทั่วโลกกว่า 148.5 ล้านตารางกิโลเมตร แบบจำลองระดับ WorldDEM พัฒนาต่อยอดจากผลผลิตภารกิจดาวเทียมคู่แฝดปฏิบัติงานสำรวจโลก TanDEM-X โดยความร่วมมือ German Aerospace Center (DLR) กับบริษัท Airbus Defence and Space WorldDEM ในการประมวลผลต่อเนื่องจากข้อมูลเรดาร์ชนิด intereferometric

processing เพื่อผลิตแบบจำลองพื้นผิว Digital Surface Mode : DSM ทั่วโลกด้วยความละเอียดสูง ข้อมูลเรดาร์จาก TanDEM-X ที่นำมาใช้ผลิตนี้ได้ถูกบันทึกระหว่าง เดือนมกราคม คศ. 2011 จนถึงกลางปี คศ. 2015

ตารางที่ 3.10-1 แบบจำลองระดับที่เลือกใช้ในการศึกษา

แบบจำลองระดับและชื่อย่อ	**ความละเอียดจุดภาพ**	**ความละเอียดถูกต้องทางดิ่ง**	**ข้อสังเกตุ**
NASADEM	30 เมตร	7- 14 เมตร	ดาวโหลดฟรี
Tandem-X (TDMX-90m)	90 เมตร	2- 4 เมตร	ดาวโหลดฟรี แต่ลดความละเอียดมาจาก WorldDEMcore
WorldDEM (WorldDEM-12m)	12 เมตร	2- 4 เมตร	มีค่าลิขสิทธิ์ มีผลิตภัณฑ์ WorldDEM DTM ที่เป็นค่าระดับความสูงเหนือภูมิประเทศ



รูปที่ 3.10-3 แนวรูปตัดตามยาวจากชุดข้อมูล NASADEM, TDMX-90m และ WorldDEM-12m

จากแนวรูปตัดที่เลือกมาสรุปได้ว่า NASADEM มีสัญญาณรบกวน ผนวกกับค่าระดับให้เป็นเลขจำนวนเต็ม ค่าระดับไม่สม่ำเสมอค่อนข้างมาก แต่ในภาพรวมยังสอดคล้องกับ WorldDEM-12m ดังนั้น NASADEM อาจนำไปใช้ในการออกแบบเบื้องต้น (FS) ได้ แต่คงจะไม่เหมาะกับการออกแบบถึงขั้นการออกแบบยกร่าง (PD) เมื่อพิจารณาแบบจำลองระดับ WorldDEM-12m มีความราบเรียบสอดคล้องกับภูมิประเทศในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และมีความราบเรียบดูน่าเชื่อถือ ค่าระดับจาก NASADEM และ WorldDEM-12m สอดคล้องกับระดับทะเลปานกลางของไทย

ในขณะที่ TDMX-90m ที่จริงแล้วได้จากการสุ่มมาจาก WorldDEM-12m ให้หยาบขึ้นแล้วจึงนำข้อมูลจากการสุ่มที่ได้มาปล่อยให้ผู้ใช้ทั่วไปดาวโหลดไปใช้ได้ฟรี ข้อมูล TDMX-90m ใกล้เคียงกับ WorldDEM-12m แต่หยาบกว่า และมิได้มีการประมวลในขั้นสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีค่าระดับผิดปกติหลายแห่ง เช่น บริเวณแหล่งน้ำ เส้น break-line ไม่มีการรักษาสภาพสำหรับ TDMX-90m นอกจากนี้ค่าระดับของ TDMX-90m ที่ให้มาเป็นค่าระดับเหนือทรงรีไม่ใช้ระดับทะเลปานกลาง ดังนั้นก่อนนำไปใช้งานจริงต้องปรับแก้ด้วยแบบจำลองยีออยด์เสียก่อน

การศึกษาข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ออกแบบในขั้นตอนของการออกแบบแนวคิดชั้นต้น (feasibility study) ไปจนถึงการออกแบบชั้นยกร่าง (preliminary design) เนื่องจากแบบจำลองระดับ WorldDEM DTM เป็นแบบจำลองที่แสดงแทนระดับของภูมิประเทศและสอดคล้องกับภูมิสัณฐาน โดยเฉพาะการรักษารูปร่างของตลิ่ง บริเวณแหล่งน้ำและทางน้ำ และเส้น break-line นอกจากนี้ยังมีความละเอียดถูกต้องสูงทั้งค่าพิกัดทางราบและค่าระดับทะเลปานกลาง WorldDEM DTM 12m สามารถจัดหาและผ่านกระบวนการผลิตขั้นสูงที่มีคุณภาพและสามารถส่งมอบได้อย่างรวดเร็ว แต่ก่อนนำไปใช้งานออกแบบควรจะปรับแก้แบบจำลองระดับยีออยด์ EGM2008 ให้เปลี่ยนมาเป็นแบบจำลองระดับยีออยด์ TGM2017 ของไทยเสียก่อนรายละเอียดและเนื้อหาจะอยู่ในภาคผนวก ข

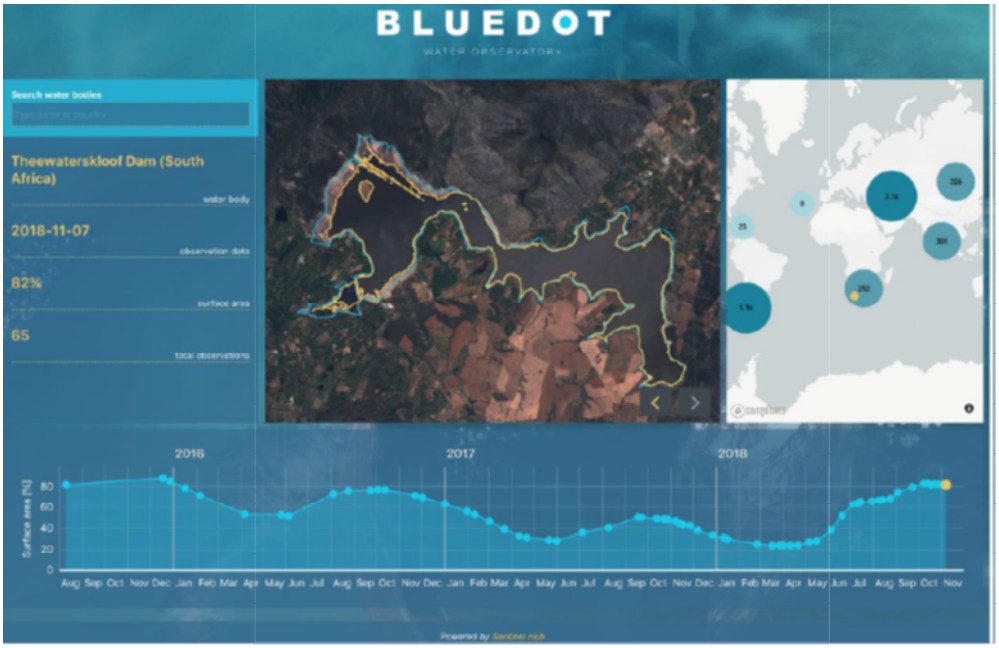
3.10.3 การศึกษาการพัฒนาข้อมูลเปิดสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

ในภาพรวมของบัญชีแหล่งน้ำของโลกในห้วง 2 ทศวรรษที่ผ่านมา มีการใช้ข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น Shuttle Radar Terrain Model ได้จาก Interferometry Synthetic Aperture Radar ทำให้ได้แบบจำลองระดับของโลกแล้วนำคุณลักษณะทางเรขาคณิตมาวิเคราะห์หาพื้นที่น้ำผิวดิน หลังจากนั้นวิเคราะห์รูปร่างทางเรขาคณิตเพื่อนำไปสร้างบัญชีแหล่งน้ำ ในตารางที่ 3.10-2 ต่อไปนี้แสดงข้อมูลแหล่งน้ำของโลกที่รู้จักกันแพร่หลายและสามารถเข้าถึงได้ผ่านอินเทอร์เน็ต ได้แก่ SWBD, ASTWD, WRZ และ GRIN

ตารางที่ 3.10-2 ข้อมูลแหล่งน้ำของโลกที่รู้จักกันแพร่หลายและสามารถเข้าถึงได้ผ่านอินเทอร์เน็ต

ชื่อย่อ	ชื่อชุดข้อมูล	ชนิดข้อมูล	เทคโนโลยีการรวบรวมข้อมูลและหน่วยงาน
SWBD 2003	SRTM Water Body Data	เวกเตอร์	Interferometry Synthetic Aperture Radar จาก Space} US National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) และ NASA
ASTBD 2019	ASTER Global Water Bodies Database	เวกเตอร์	วิเคราะห์จาก ASTER Global Digital Elevation Model โดยวิธีสเตอริโอจากภาพออฟติคัล AST_L1A ข้อมูลแหล่งน้ำขนาดใหญ่กว่า 0.2 ตร.กม. จำแนกออกเป็น 0:land, 1:ocean, 2:river, 3:lake
WRZ 2019	Water Resource Zone Level 1 to 4	เวกเตอร์	การวิเคราะห์เชิงเลขของแหล่งน้ำจืดพัฒนาต่อเนื่องจาก HydroSHEDS, HydroROUT, HDMA
GRIN 2017	Global River Network	เวกเตอร์	วิเคราะห์จากการไหลของน้ำในแบบจำลองคอมพิวเตอร์

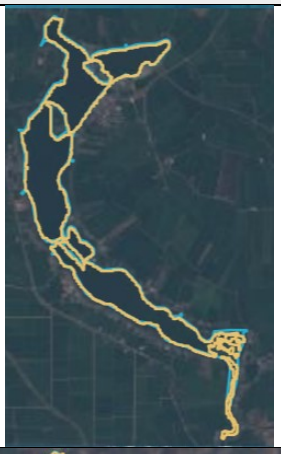
การสำรวจระยะไกลแบบเปิดทำให้นักวิจัยสามารถเข้าถึงข้อมูลการสำรวจดาวเทียมที่เป็นชนิด active และ optical ได้สะดวกและสามารถดึงข้อมูลใหม่ๆ ที่ทันสมัยรายวัน ครอบคลุมพื้นที่สนใจ ณ จุดใดๆ ทั่วโลกได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายซื้อข้อมูล ตลอดจนการสำรวจระยะไกลแบบเปิดมีการส่งเสริมให้มีซอฟต์แวร์และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการใช้งานได้อย่างสะดวกและถูกต้อง ผลของการสำรวจระยะไกลแบบเปิดทำให้มีการใช้ภาพเรดาร์มาวิเคราะห์พื้นที่แหล่งน้ำ มีการนำภาพมัลติสเปกตรัมมีผลิตเป็นข้อมูล Normalized Difference Water Index (NDWI) ที่ทำให้การวิเคราะห์หาพื้นที่แหล่งน้ำมีความแม่นยำเป็นไปได้มากขึ้นไป อีกทั้งเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ของการเรียนรู้จากภาพ (Artificial :AI / Machine Learnin : ML) ก็สามารถนำมาใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมมัลติสเปคตรัมหรือผสมผสานกับข้อมูลคำนวณดัชนีต่างๆ ทำให้เราสามารถตรวจจับแหล่งน้ำได้สะดวกและแม่นยำสูงมาก ตัวอย่างปรากฏในโครงการ BLUEDOT – Water Resource Monitoring from Space



รูปที่ 3.10-4 การตรวจจับพื้นที่ของแหล่งน้ำอัตโนมัติรายเดือน (Bluedot)

จากการศึกษาการพัฒนาข้อมูลเปิดสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในเบื้องต้น พบว่าสามารถดึงข้อมูลอัตโนมัติเพื่อเข้าไปดาวน์โหลดและประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อตรวจจับขอบเขตแหล่งน้ำได้ โดยเมื่อนำผลลัพธ์ที่ประมวลผลได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลเปิดต่างๆ พบว่าขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้และปริมาณพื้นผิวแหล่งน้ำที่คำนวณได้มีความคล้ายคลึงกัน แต่ยังมีข้อจำกัดในบางเรื่องสำหรับการตรวจจับขอบเขตแหล่งน้ำด้วยสคริปต์ภาษา คือ จะประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายได้ต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงเวลาปี 2019 เป็นต้นไป เนื่องจากก่อนหน้านี้แหล่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมยังไม่ได้ให้บริหารในระบบเปิด ซึ่งผู้ใช้งานสามารถส่งคำขอไปหาองค์กรที่ดูแลเผื่อให้ทางองค์กรปล่อยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงก่อนปี 2019 ได้ และยังมีประเด็นในเรื่องคุณภาพของภาพถ่ายที่ไม่ดี ได้แก่ บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำที่ทำการตรวจจับขอบเขตมีเมฆมาบดบังและคุณภาพสีบริเวณแหล่งน้ำของภาพถ่ายดาวเทียมในบางช่วงเวลามีความกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมข้างเคียง ทำให้สคริปต์ภาษาที่เขียนขึ้นเองไม่สามารถให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องได้ อาจจะต้องมีการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมชนิดอื่นเข้ามาช่วยในการตรวจสอบและตรวจจับขอบเขตแหล่งน้ำในลำดับถัดไป ดูตัวอย่างการตรวจจับได้จากกรณีที่ได้ศึกษาบริเวณบึงฉวากช่วงวันที่ 5 เดือนเมษายน พ.ศ. 2562 โดยรายละเอียดตามตารางที่ 3.10-3

ตารางที่ 3.10.-3 ผลการเปรียบเทียบระหว่างแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ภาษาที่เขียนขึ้นเองกับข้อมูล BLUEDOT

วัน/เดือน/ปี	ขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ภาษา	ขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จาก BLUEDOT
01-02-2019		
23-03-2019		
05-04-2019		

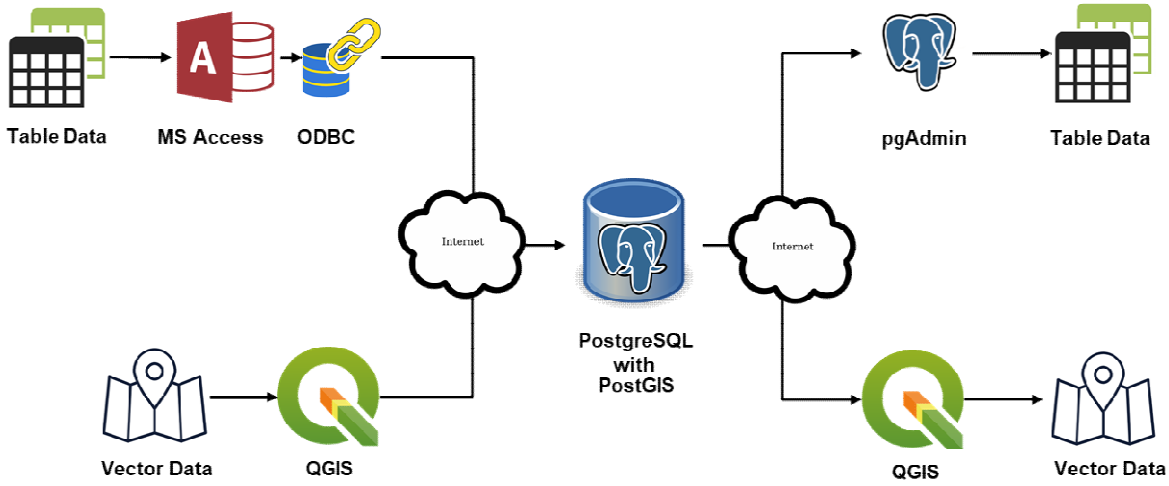
ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะมีบัญชีแหล่งน้ำของโลกเป็นข้อมูลตั้งต้นในการค้นหาแหล่งน้ำในประเทศไทย หรืออาจจะใช้บัญชีแหล่งน้ำของ สทนช-สทอภ ประกอบด้วย จากนั้นใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเรดาร์และมัลติสเปคตรัม มาตรวจหาพื้นที่แหล่งน้ำที่ปรากฏปัจจุบัน และเรายังสามารถเลือกภาพในฤดูฝน และฤดูแล้ง มาวิเคราะห์หาพื้นที่แหล่งน้ำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการวิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำรายละเอียดและเนื้อหาจะอยู่ในภาคผนวก ค

จากการศึกษาชุดข้อมูลเปิด (Open Data) ทำให้ทราบถึงประโยชน์และการนำไปใช้ข้อมูลดังกล่าวในงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำ ทั้งนี้ก็ยังได้ค้นพบข้อจำกัดของข้อมูลที่จำเป็นจะต้องมีการศึกษาเพื่อพัฒนาการใช้ประโยชน์ข้อมูลเพิ่มขึ้นในอนาคต เพราะข้อมูลเหล่านี้มีประโยชน์เป็นแหล่งข้อมูลที่เผยแพร่โดยไม่มีค่าใช้จ่าย และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทางทีมวิจัยเห็นว่าในอนาคตควรทำการศึกษาและพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อการใช้ประโยชน์ และเพิ่มความถูกต้องของข้อมูลเพื่อรองรับงานวิจัยในอนาคต

บทที่ 4
ระบบฐานข้อมูล

ในส่วนงานนี้โครงการ “ศูนย์วิจัยข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ” ทำการรวบรวมข้อมูลจากโครงการวิจัยในกลุ่มงานที่ 3 ด้านเทคนิคของโครงการ “การบริหารจัดการแผนงานยุทธศาสตร์เป้าหมาย (Spearhead) ด้านสังคม แผนงาน การบริหารจัดการน้ำ” จากทั้งหมด 8 โครงการย่อย โดยข้อมูลที่รวบรวมจะอยู่ในลักษณะตารางข้อมูล และข้อมูลแผนที่สารสนเทศภูมิศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการจัดเก็บรวบรวม และการเรียกใช้งาน ทางโครงการจึงใช้ระบบโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องคือ ระบบโปรแกรมฐานข้อมูล PostgreSQL ที่มีความสามารถในการรวบรวมข้อมูลทั้งสองรูปแบบไว้ด้วยกันได้ รวมถึงมีความสามารถในการทำงานผ่านระบบเครือข่ายและระบบ Internet ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในบทนี้จะนำเสนอการทำงานของระบบโปรแกรมฐานข้อมูล PostgreSQL ในด้าน โปรแกรมที่ใช้การเชื่อมต่อฐานข้อมูล การใช้งานฐานข้อมูล การนำเข้าข้อมูลสู่ฐานข้อมูล และการเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล โดยไม่ขอกล่าวถึงการติดตั้งโปรแกรมเพื่อความกระชับของเนื้อหาบท เพราะโปรแกรมที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นโปรแกรมที่มีการติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปอยู่แล้ว หรือสามารถหามาติดตั้งได้จากเว็บไซต์ของผู้พัฒนาโปรแกรม



รูปที่ 4.1-1 โครงสร้างการทำงานของระบบฐานข้อมูล

4.1 การเชื่อมต่อฐานข้อมูล

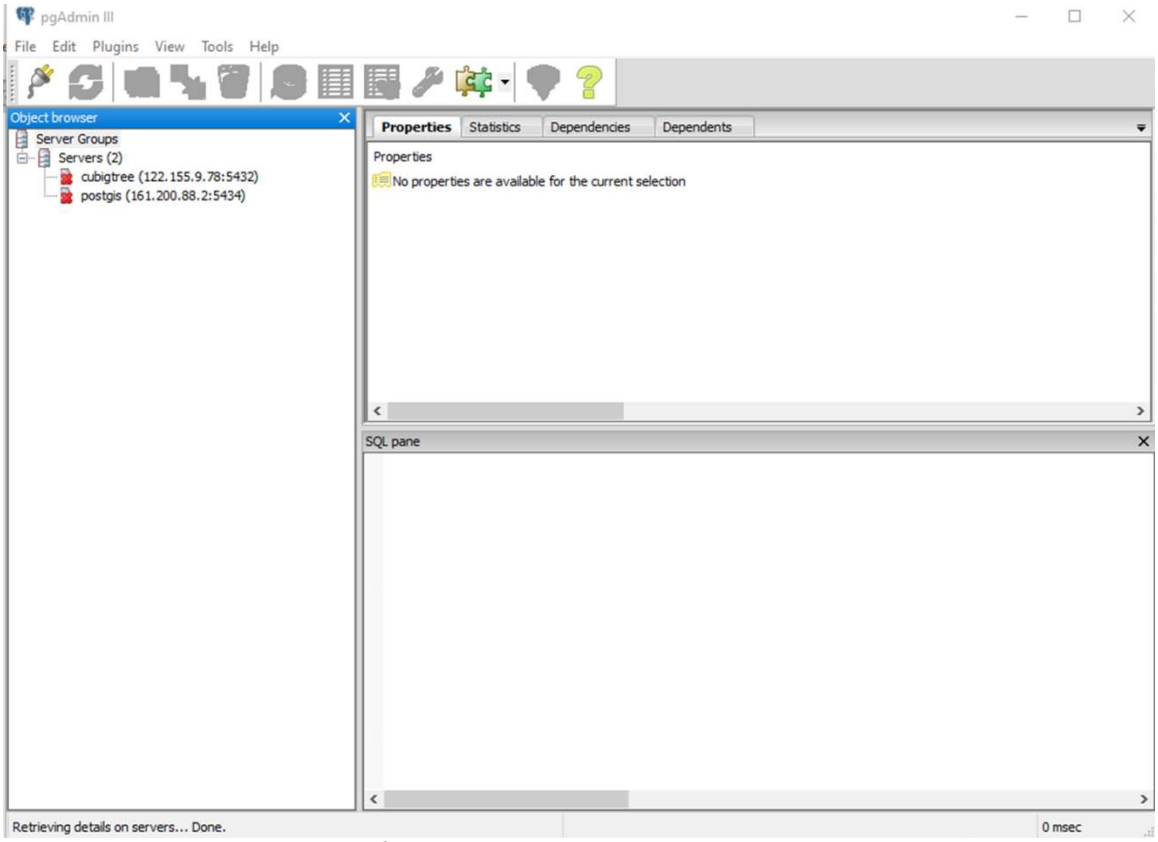
4.1.1 การเชื่อมต่อฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม pgAdmin III

โปรแกรม pgAdmin III เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับจัดการฐานข้อมูล PostgeSQL โดยสามารถติดตั้งแยกจากโปรแกรม PostgreSQL ได้โดยเป็นการทำงานผ่านการเชื่อมโยงผ่านระบบเครือข่าย และระบบ Internet โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งฐานข้อมูลไว้ในเครื่องช่วยให้สามารถเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลได้ทุกที่ทุกเวลา

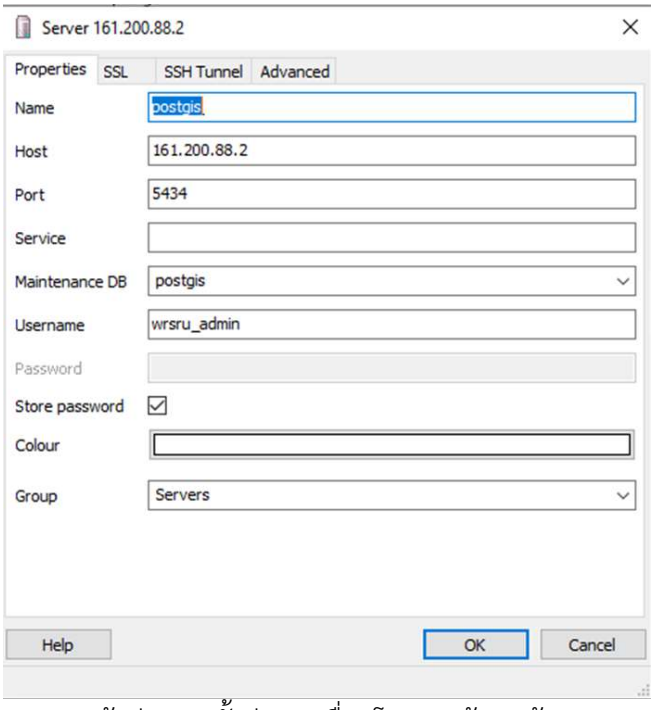
ในการทำงานโปรแกรม pgAdminIII จะทำการเชื่อมโยงไปที่แม่ข่ายของฐานข้อมูล (ตามรูปที่ 4.1-2) โดย

1) การกำหนดชื่อแม่ข่ายฐานข้อมูล (Name) (สามารถกำหนดชื่อได้เอง)
2) กำหนดที่ตั้งแม่ข่าย (Host) เช่น 161.200.88.3 หรือ www.project-wre.eng.chula.ac.th เป็นต้น
3) กำหนด Port การเชื่อมโยง โดยทั่วไปฐานข้อมูล PostgreSQL จะใช้ Port 5432 ในการเชื่อมโยง
4) กำหนดชื่อของฐานข้อมูลที่จะติดต่อ (Maintenance DB) โดยทั่วไปจะเป็นชื่อ postgres แต่ทั้งนี้ขึ้นกับผู้ให้บริการกำหนดชื่อ
5) กำหนด ชื่อผู้ใช้ (User) และรหัสผู้ใช้ (Password)

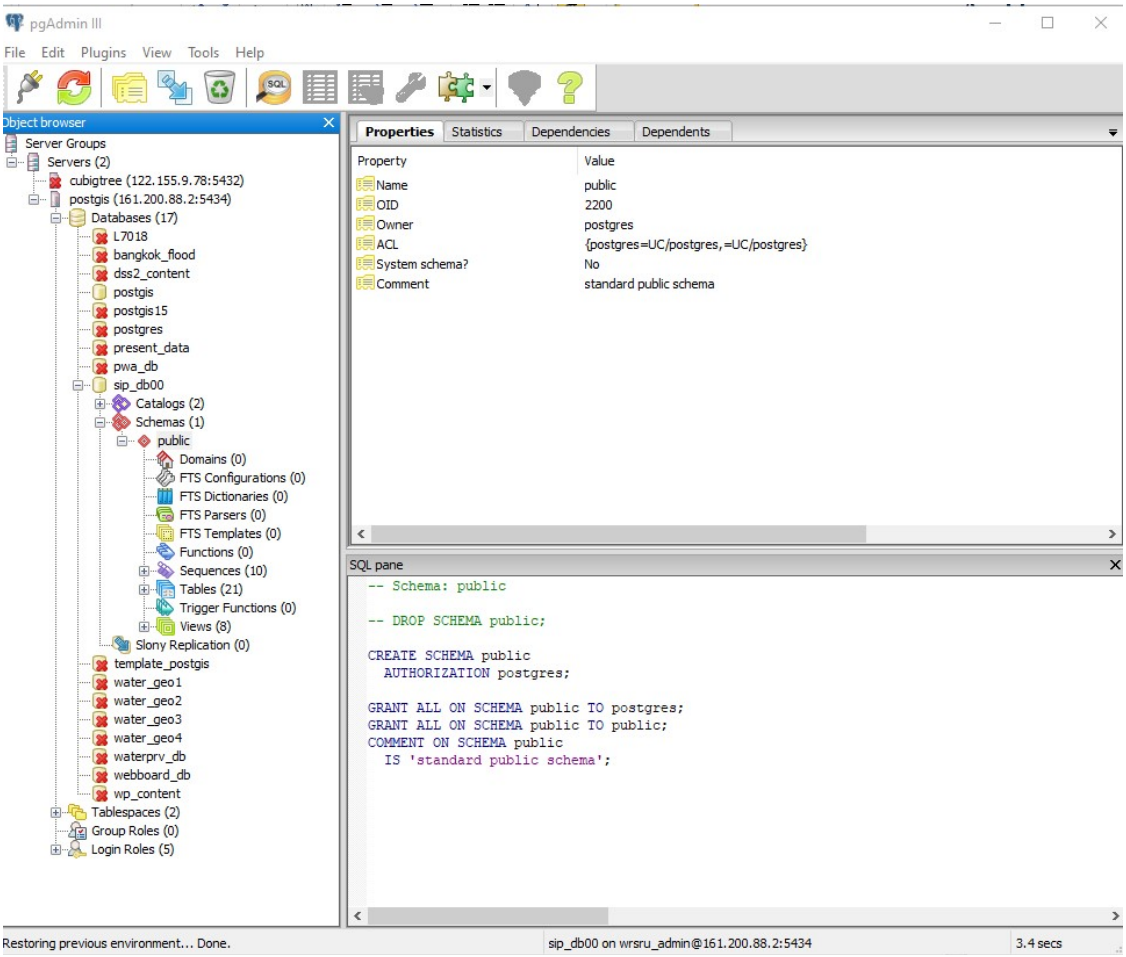
เมื่อกำหนดค่าเสร็จสิ้นให้ทำการกด OK เพื่อทำการเชื่อมต่อฐานข้อมูลดังรูปที่ 4.1-3



รูปที่ 4.1-2 หน้าต่างโปรแกรม pdAdmin III



รูปที่ 4.1-3 หน้าต่างการตั้งค่าการเชื่อมโยงฐานข้อมูลด้วย pgAdminIII



รูปที่ 4.1-4 หน้าต่างแสดงการเชื่อมโยงฐานข้อมูลด้วย pgAdminIII

4.1.2 การเชื่อมต่อฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม ODBC Data Sources

โปรแกรม ODBC Data Source เป็นโปรแกรมพื้นฐานของระบบปฏิบัติการ Windows ทั้งนี้ในการเชื่อมโยงฐานข้อมูล PostgreSQL จำเป็นต้องติดตั้ง Driver ของระบบฐานข้อมูล PostgreSQL ชื่อว่า psqodbc จากเว็บไซต์ https://www.postgresql.org/ftp/odbc/versions/ โดยแนะนำให้ใช้เวอร์ชันล่าสุด (12.02.00) เพื่อให้สามารถรองรับการทำงานกับฐานข้อมูลรุ่นล่าสุด โดย psqodbc จะมีทั้งแบบ 32bit และ 64bit สามารถติดตั้งให้เหมาะสมกับระบบปฏิบัติการ Windows และโปรแกรม Microsoft Office ที่ใช้อยู่

โปรแกรม ODBC Data Source อยู่ในกลุ่มโปรแกรม Administrative Tools หัวข้อ ODBC Data Sources (32-bit) โดยมีหน้าต่างดังรูปที่ 4.1-4 โดยทำการเชื่อมโยงกับฐานข้อมูล PostgreSQL ทำได้โดยการกด Add เพื่อกำหนดการเชื่อมโยงตามรูปที่ 4.1-5

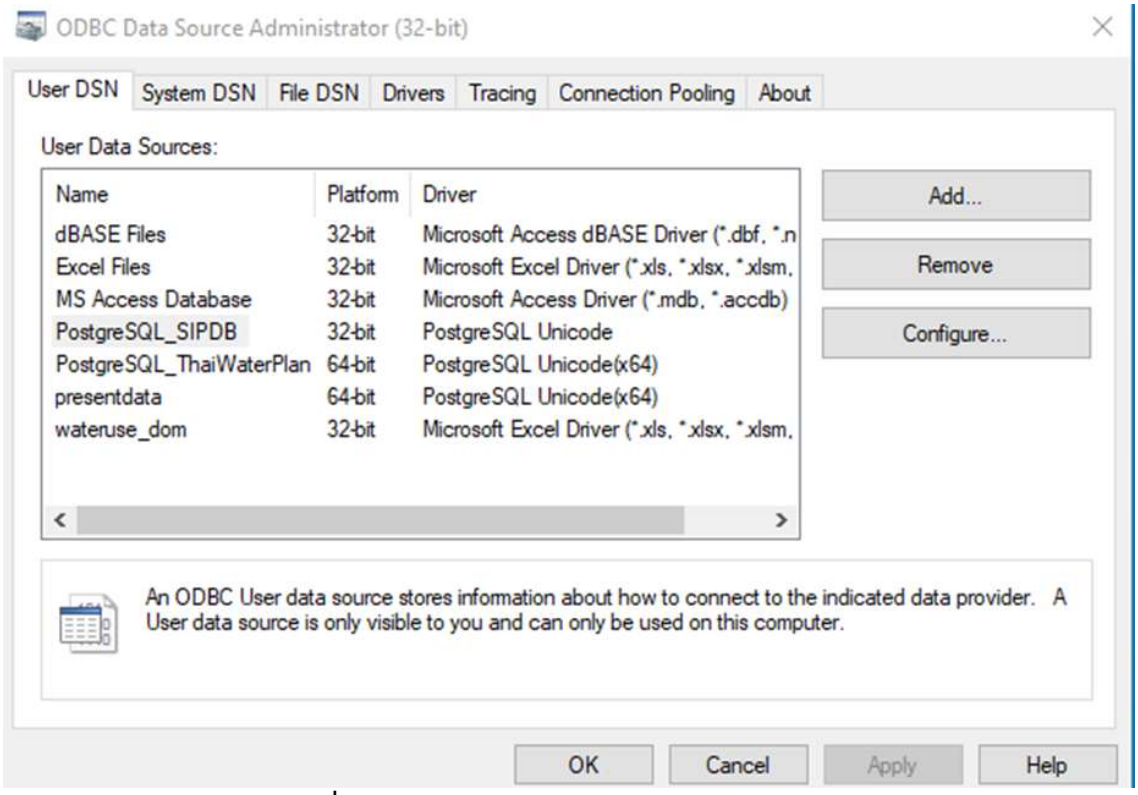
1) เพิ่มการเชื่อมโยงฐานข้อมูลโดยการกด Add จะไปที่การกำหนด Driver (รูปที่ 4.1-5) หน้าต่าง Create New Data Source โดยเลือก PostgreSQL Unicode สำหรับรองรับ

ภาษาไทยแบบ UTF-8 และ PostgreSQL ANSI สำหรับรองรับภาษาไทยแบบ Windows 874 หรือ TIS-620 (เป็นปัญหาจากมาตรฐานของภาษาไทย) แล้วกด Finish ตัวอย่างเลือกใช้ PostgreSQL Unicode

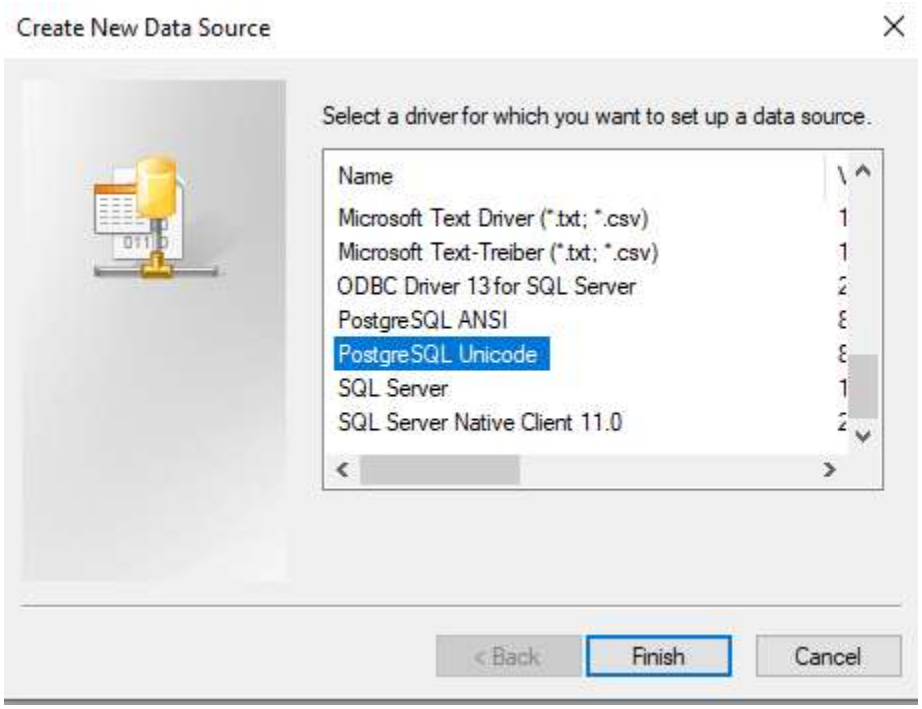
2) จะได้หน้าต่าง (รูปที่ 4.1-6) แสดง PostgreSQL Unicode ODBC Driver (psqlODBC) Setup สามารถกำหนดการเชื่อมโยงกับฐานข้อมูล ดังนี้

- กำหนดชื่อการเชื่อมโยง (Data Source) สามารถตั้งได้ตามความต้องการ
- ฐานข้อมูล (Database) กำหนดชื่อตามฐานข้อมูลที่จะเชื่อมโยง เช่น postgres
- กำหนดที่ตั้งแม่ข่าย (Server) เช่น 161.200.88.3 หรือ www.project-wre.eng.chula.ac.th เป็นต้น
- กำหนด ชื่อผู้ใช้ (User) และรหัสผู้ใช้ (Password)
- กำหนด Port การเชื่อมโยง โดยทั่วไปฐานข้อมูล PostgreSQL จะใช้ Port 5432 ในการเชื่อมโยง
- กด Test เพื่อทดสอบการเชื่อมโยง และกด Save เพื่อบันทึกการตั้งค่า

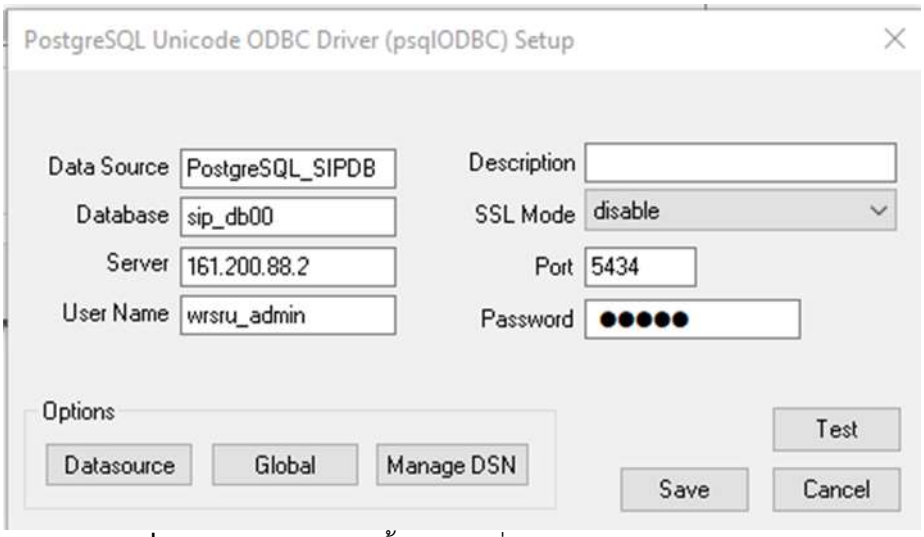
เมื่อทำการเพิ่มการเชื่อมโยงเสร็จสิ้นชื่อการเชื่อมโยงจะปรากฏในรายการ User Data Sources ตามที่ได้กำหนดไว้ (รูปที่ 4.1-5)



รูปที่ 4.1-5 หน้าต่างโปรแกรม ODBC Data Source



รูปที่ 4.1-6 หน้าต่างกำหนด Driver สำหรับ PostgreSQL Unicode



รูปที่ 4.1-7 หน้าต่างการตั้งค่าการเชื่อมโยงฐานข้อมูลด้วย ODBC

4.1.3 การเชื่อมต่อฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม QGIS

โปรแกรม QGIS สามารถเชื่อมโยงฐานข้อมูล PostgreSQL โดยจะเข้าใช้และแสดงเฉพาะข้อมูลแผนที่สารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยขอแนะนำให้ใช้ QGIS เวอร์ชันที่ 3.0.2 ในการเชื่อมโยงเนื่องจากที่ได้ทดสอบพบความผิดพลาดในเวอร์ชันที่ต่ำกว่าและสูงกว่า

การเชื่อมโยงทำได้โดยการเปิดโปรแกรม QGIS Desktop 3.0.2 แล้วทำการเชื่อมโยงดังนี้ (รูปที่ 4.1-8)

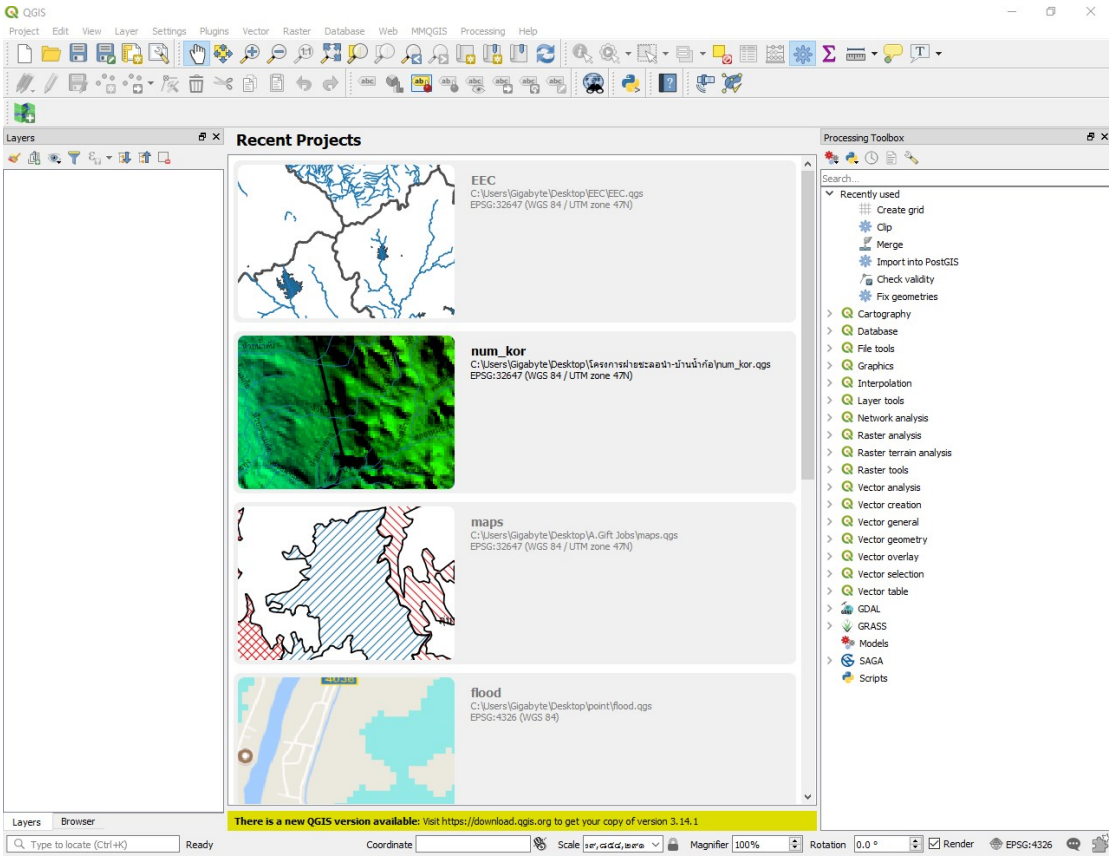
1) เลือกเมนูบาร์หัวข้อ Layer และเลือก Data Source Manager (รูปที่ 4.1-9)

2) หน้าต่าง Data Source Manager เลือก PostGIS (รูปที่ 4.1-10)

3) กด New จะได้หน้าต่าง Create a New PostGIS Connection เพื่อทำการเชื่อมโยงฐานข้อมูลโดยกำหนดค่าดังนี้ (รูปที่ 4.11)

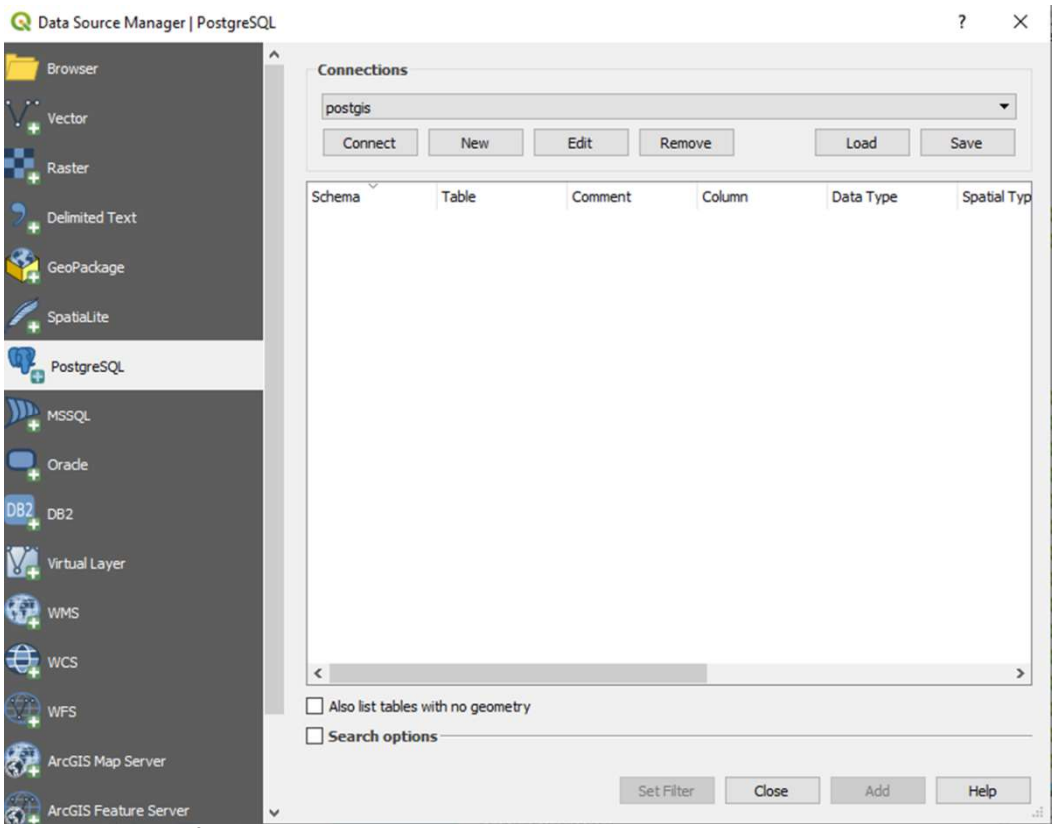
   - ชื่อฐานข้อมูล (Name) ชื่อฐานข้อมูลที่ต้องการเชื่อมต่อ เช่น postgis
   - ชื่อแม่ข่าย (Host) เช่น 161.200.88.3 หรือ www.project-wre.eng.chula.ac.th เป็นต้น
   - Port การเชื่อมต่อโดยกำหนดการเชื่อมโยง โดยทั่วไปฐานข้อมูล PostgreSQL จะใช้ Port 5432 ในการเชื่อมโยง
   - ใน Authetication ให้เลือกแทบ Basic เพื่อกำหนด ชื่อผู้ใช้ (User Name) และรหัสผู้ใช้ (Password)
   - กด Test Connection เพื่อทำการทดสอบการเชื่อมโยงจากนั้นทำการกด OK เพื่อบันทึกการเชื่อมโยง

รายการที่บันทึกจะขึ้นใน Connections ใน Drop Down List ตามรูปที่ 4.1-8

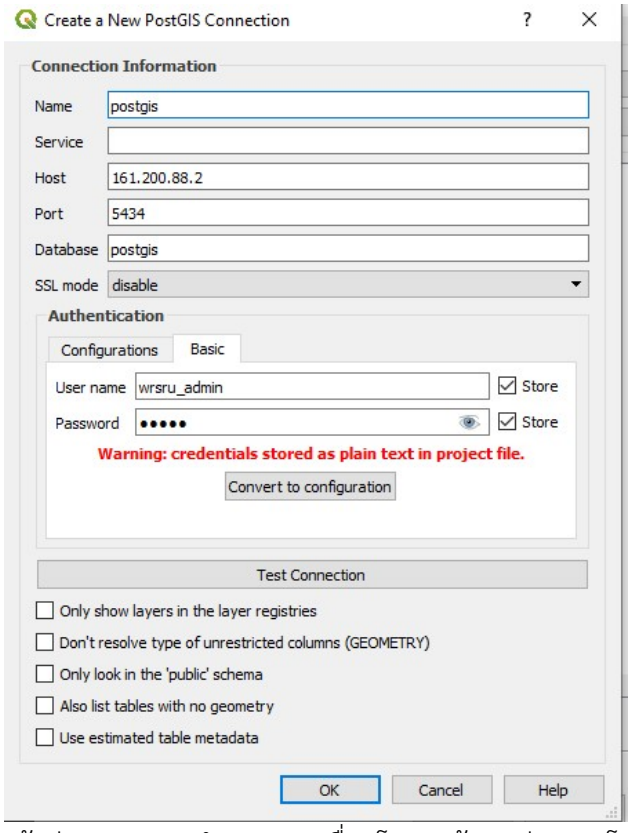


รูปที่ 4.1-8 หน้าต่างแสดงโปรแกรม QGIS

รูปที่ 4.1-9 หน้าต่างการกำหนดการเชื่อมโยงฐานข้อมูล PostgreSQL ด้วย QGIS



รูปที่ 4.1-10 หน้าต่าง Data Source Manager ของโปรแกรม QGIS



รูปที่ 4.1-11 หน้าต่างแสดงการกำหนดการเชื่อมโยฐานข้อมูลผ่านทางโปรแกรม QGIS

4.2 การใช้งานฐานข้อมูล

จากการที่ฐานข้อมูลเป็นแบบเครือข่ายและแบบ Internet และได้ทำการเชื่อมต่อฐานข้อมูลแล้วตามหัวข้อ 4.1 ในการใช้งานฐานข้อมูลสามารถใช้งานได้ 2 วิธี โดยอาศัยโปรแกรม ppgAdminIII เป็นการเข้าใช้ข้อมูลในรูปแบบตารางทั้งแบบข้อมูลตารางและแบบตารางข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์กับโปรแกรม QGIS ที่สามารถเข้าใช้ได้เพียงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์

4.2.1 การใช้งานฐานข้อมูลผ่านโปรแกรม pgAdminIII

โปรแกรม pgAdminIII ถูกออกแบบให้สามารถเข้าใช้โปรแกรมฐานข้อมูล PostgreSQL ได้แม้นไม่มีโปรแกรมในเครื่อง โดย pdAdminIII สามารถเข้าถึงข้อมูลทุกรูปแบบที่จัดเก็บในฐานข้อมูล โดยสามารถเรียกดูข้อมูลดังนี้

1) เลือกฐานข้อมูลที่จะใช้งาน ตามรูปที่ 4.2-1
2) เลือกรายการด้านล่าง Schemas -> public -> Tables โดยข้อมูลที่จัดเก็บทั้งหมดจะแสดงเป็นรายการข้างล่าง ตามรูปที่ 4.2-2

3) เรียกดูข้อมูลในตารางได้โดยการคลิกขวาที่ตารางข้อมูลและเลือกรายการ View Data ตามรูปที่ 4.2-3

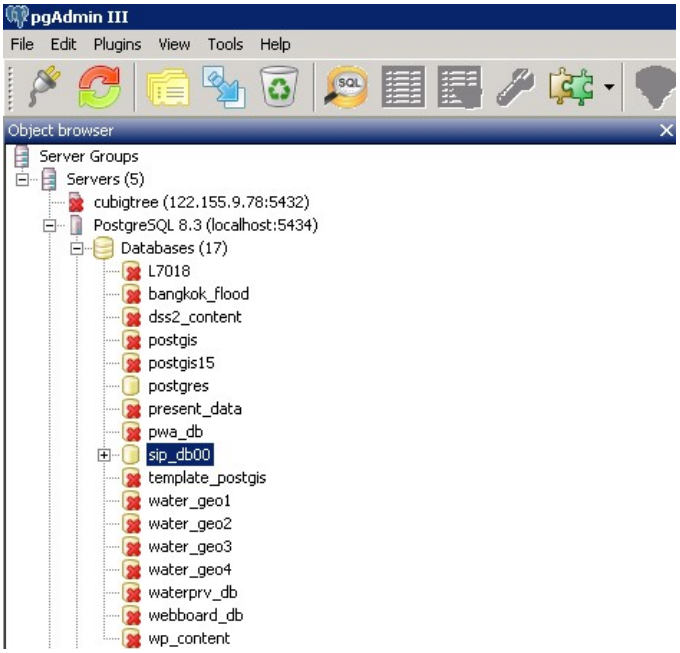
- View Top 100 Rows และ View Last 100 Rows เป็นการเรียกดูข้อมูลในตารางที่มีข้อมูลจำนวนมาก เพราะการเลือกดูข้อมูลทั้งหมดแบบเครือข่าย และแบบ Internet จะใช้ระยะเวลานาน หากวัตถุประสงค์ต้องการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้น
- View All Rows เป็นการเรียกดูข้อมูลในตารางทั้งหมด ตามรูป 4.2-4
- View Filtered Rows เป็นการเลือกดูข้อมูลในตารางที่กำหนดคุณลักษณะจะปรากฏหน้าจอ View Data Options ตามรูปที่ 4.2-5 โดยสามารถกำหนดคำสั่งในการเรียกดู ในตัวอย่าง mb_code>’10’ เมื่อพิมพ์คำสั่งเสร็จสามารถตรวจสอบความถูกต้องด้วยปุ่ม Validate จะได้ผลตามรูปที่ 4.2-5 จากนั้นกดปุ่ม OK จะได้ข้อมูลในตารางตามรูปที่ 4.2-6

4) เรียกดูข้อมูลด้วย SQL โดยคลิกที่ไอคอน จะได้หน้าจอตามรูปที่ 4.2-7 โดยสามารถใช้งานด้วยการพิมพ์คำสั่งด้วยภาษา SQL โดยตัวอย่าง select * from “25_basin” แล้วกดไอคอน จะได้ตารางข้อมูลตามรูปที่ 4.2-8

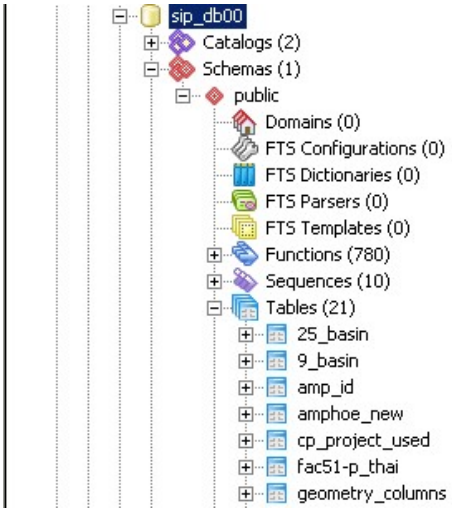
4.2.2 การใช้งานฐานข้อมูลผ่านโปรแกรม QGIS

โปรแกรม QGIS เป็นโปรแกรมที่ใช้เข้าถึงและแสดงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยสามารถเรียกดูและแสดงข้อมูลเป็นภาพแผนที่และตารางข้อมูล สามารถบันทึกเป็นไฟล์เพื่อใช้งานได้ด้วยโปรแกรมสารสนเทศอื่นๆ

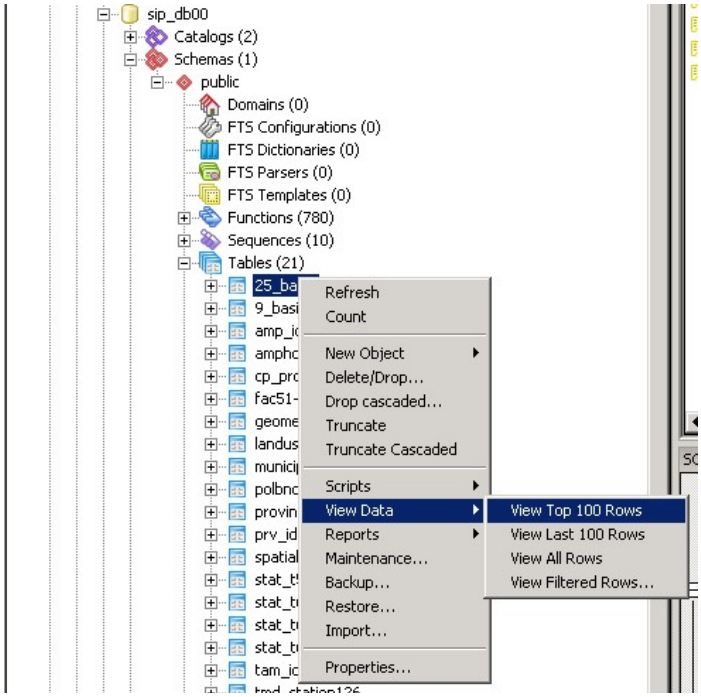
1) แทบเมนูบาร์เลือก Layer จากนั้นเลือก Add Layer ->Add PostGIS Layers ตามรูปที่ 4.2-9
2) หลังจากคลิก Add PostGIS Layers จะแสดงหน้าต่าง Data Source Manager ตามรูปที่ 4.2-10 จากนั้นให้เลือกฐานข้อมูลที่ต้องการติดต่อแล้วกดปุ่ม Connect จะได้รายการข้อมูลใน public ตามรูปที่ 4.2-10
3) จากนั้นเลือกข้อมูลจากรายการที่ต้องการเรียกใช้ แล้วกดปุ่ม Add จากนั้น Close ข้อมูลที่เรียกใช้จะปรากฏในหน้าจอโปรแกรม QGIS เป็นภาพแผนที่ ตามรูปที่ 4.2-11 เลือกรายชื่อข้อมูลในโปรแกรม QGIS คลิกขวาที่รายการเลือก Open Attribute Table เพื่อแสดงตารางข้อมูลของรายการตามรูปที่ 4.2-12 และรูปที่ 4.2-13



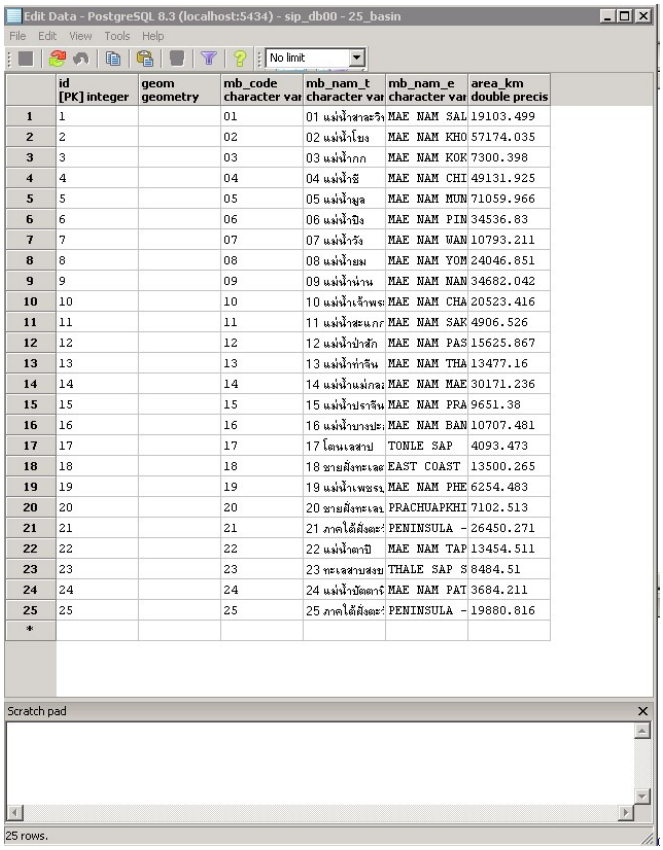
รูปที่ 4.2-1 การเลือกใช้งานฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม pgAdminIII



รูปที่ 4.2-2 แสดงรายการตารางข้อมูลด้วยโปรแกรม pgAdminIII

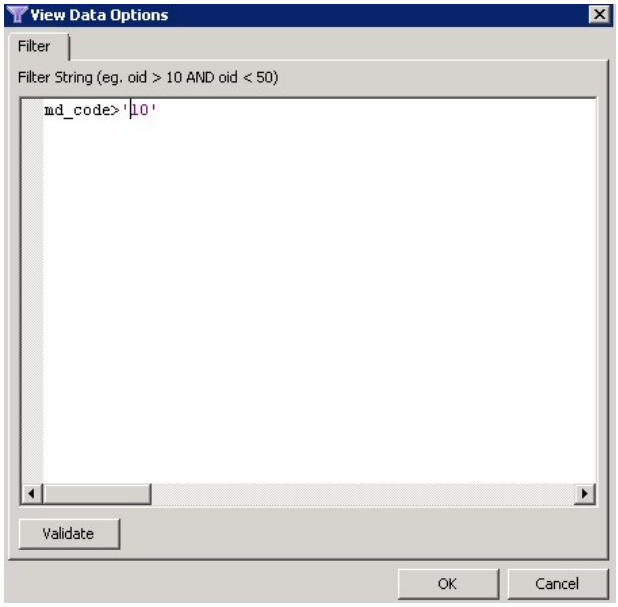


รูปที่ 4.2-3 แสดงการเลือกรายการแสดงข้อมูลจากตารางข้อมูลด้วยโปรแกรม pgAdminIII

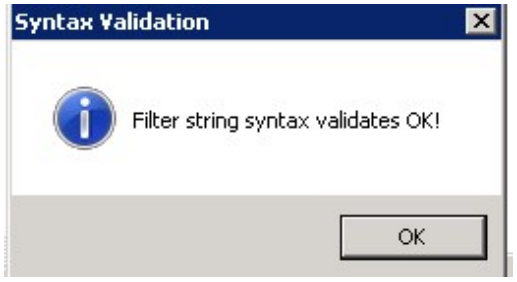


	id [PK] integer	geom geometry	mb_code character var	mb_nam_t character var	mb_nam_e character var	area_km double precis
1	1		01	01 แม่น้ำสาละวิ	MAE NAM SAL	19103.499
2	2		02	02 แม่น้ำโขง	MAE NAM KHO	57174.035
3	3		03	03 แม่น้ำกก	MAE NAM KOK	7300.398
4	4		04	04 แม่น้ำชี	MAE NAM CHI	49131.925
5	5		05	05 แม่น้ำมูล	MAE NAM MUN	71059.966
6	6		06	06 แม่น้ำปิง	MAE NAM PIN	34536.83
7	7		07	07 แม่น้ำวัง	MAE NAM WAN	10793.211
8	8		08	08 แม่น้ำยม	MAE NAM YOM	24046.851
9	9		09	09 แม่น้ำน่าน	MAE NAM NAN	34682.042
10	10		10	10 แม่น้ำเจ้าพระ	MAE NAM CHA	20523.416
11	11		11	11 แม่น้ำสะแกก	MAE NAM SAK	4906.526
12	12		12	12 แม่น้ำป่าสัก	MAE NAM PAS	15625.867
13	13		13	13 แม่น้ำท่าจีน	MAE NAM THA	13477.16
14	14		14	14 แม่น้ำแม่กล	MAE NAM MAE	30171.236
15	15		15	15 แม่น้ำปราจีน	MAE NAM PRA	9651.38
16	16		16	16 แม่น้ำบางปะ	MAE NAM BAN	10707.481
17	17		17	17 โตนเลสาป	TONLE SAP	4093.473
18	18		18	18 ชายฝั่งทะเล	EAST COAST	13500.265
19	19		19	19 แม่น้ำเพชรบ	MAE NAM PHE	6254.483
20	20		20	20 ชายฝั่งทะเบ	PRACHUAPKHI	7102.513
21	21		21	21 ภาคใต้ฝั่งตะ	PENINSULA -	26450.271
22	22		22	22 แม่น้ำตาปี	MAE NAM TAP	13454.511
23	23		23	23 ทะเลสาบสงข	THALE SAP S	8484.51
24	24		24	24 แม่น้ำปัตตานี	MAE NAM PAT	3684.211
25	25		25	25 ภาคใต้ฝั่งตะ	PENINSULA -	19880.816
*						

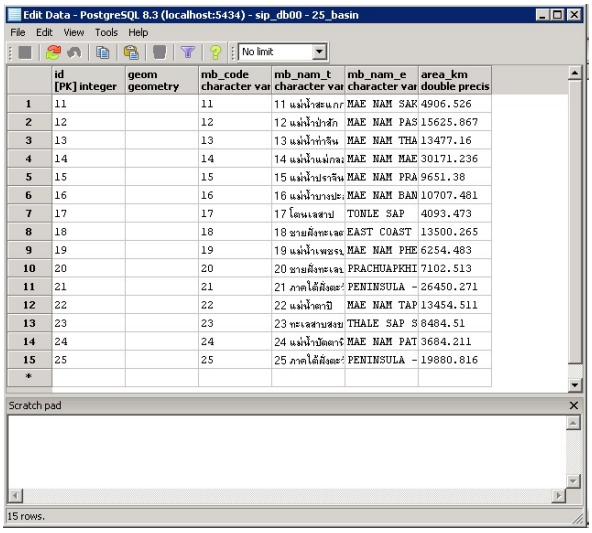
รูปที่ 4.2-4 ตารางข้อมูลที่เรียกด้วย View All Rows ด้วยโปรแกรม pgAdminIII



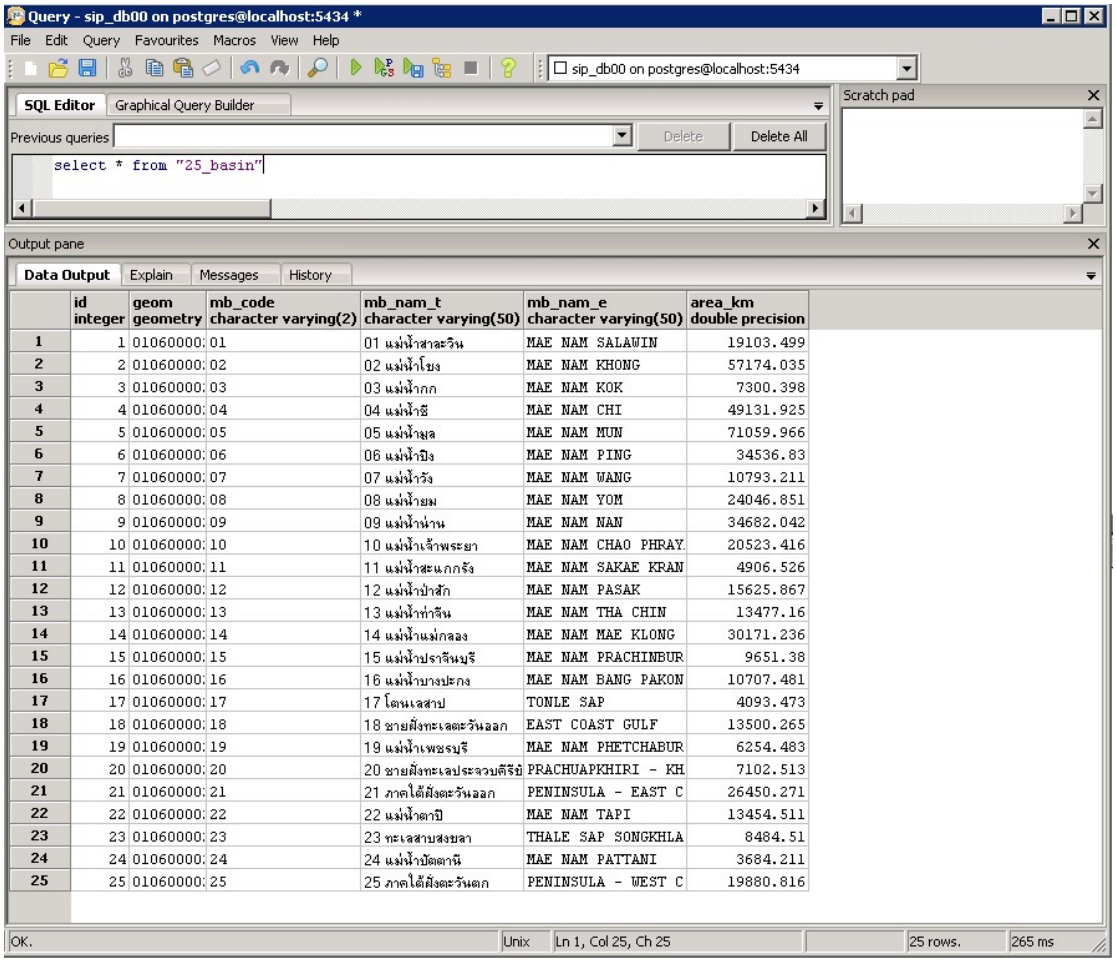
รูปที่ 4.2-5 หน้าจอ View Data Options จากการเรียกใช้ View Filtered Rows ด้วยโปรแกรม pgAdminIII



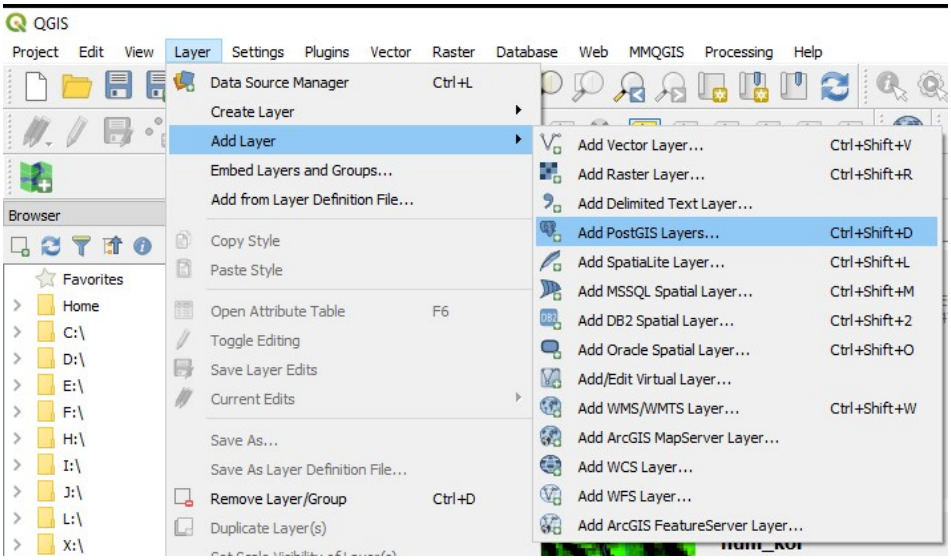
รูปที่ 4.2-6 หน้าจอ Syntax Validation จากการเรียกใช้ View Filtered Rows ด้วยโปรแกรม pgAdminIII



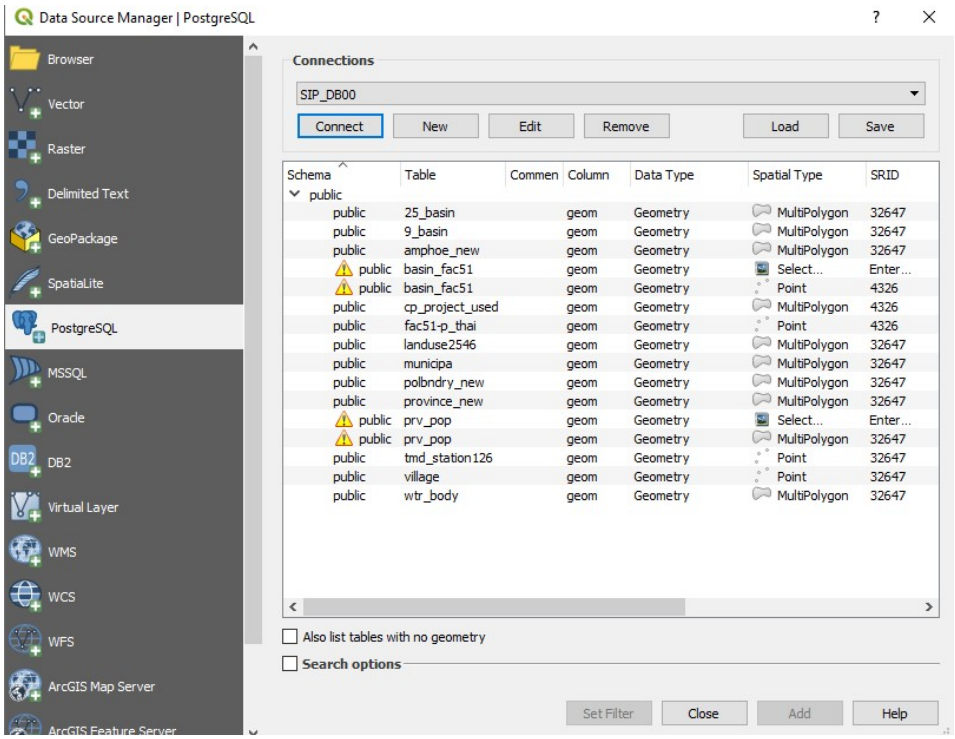
รูปที่ 4.2-7 หน้าจอข้อมูลตารางจากการเรียกใช้ View Filtered Rows ด้วยโปรแกรม pgAdminIII



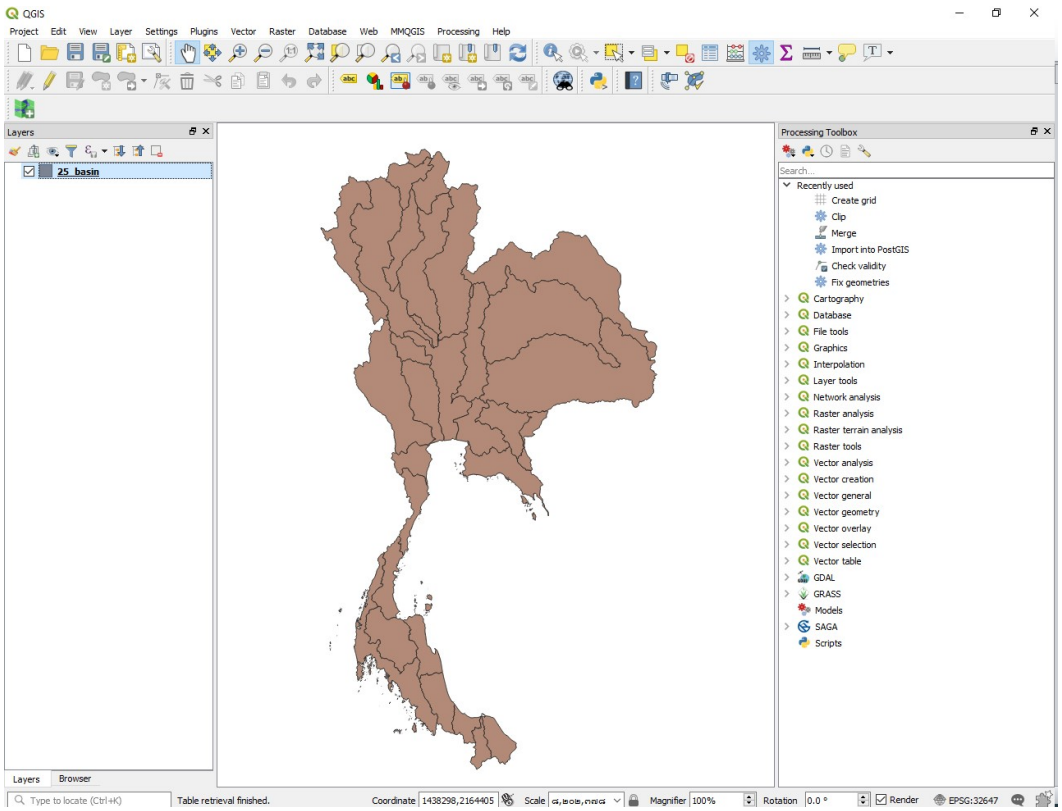
รูปที่ 4.2-8 หน้าจอ Query ด้วยโปรแกรม pgAdminIII



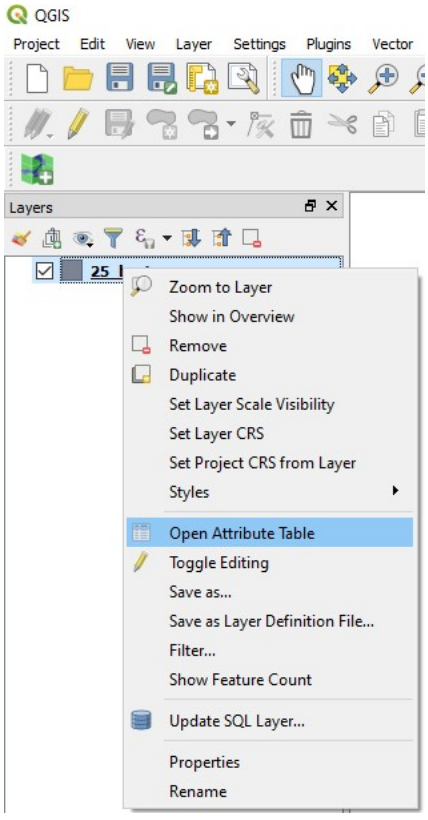
รูปที่ 4.2-9 แสดงการเรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล PostgreSQL ด้วยโปรแกรม QGIS



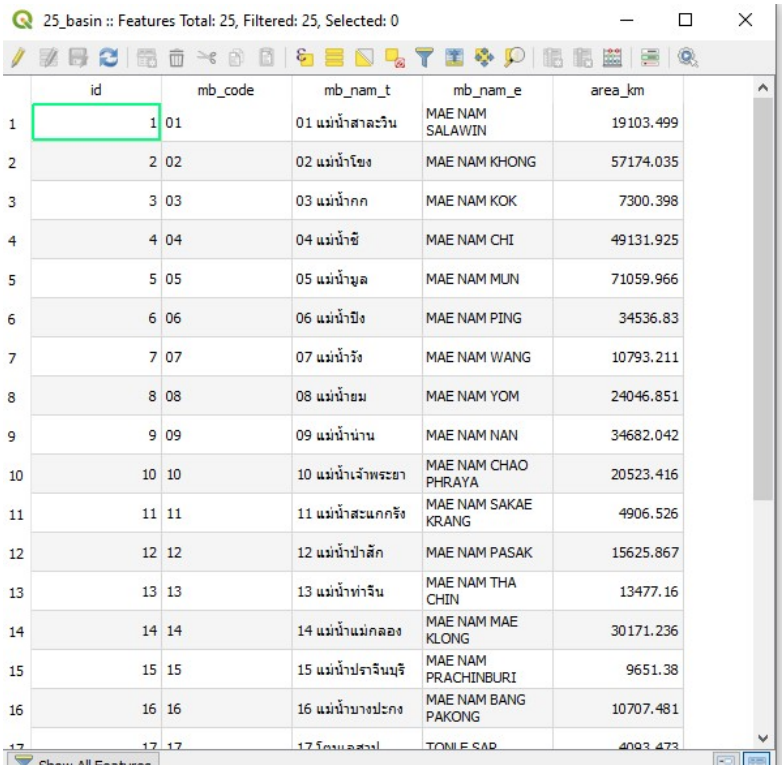
รูปที่ 4.2-10 แสดงการเรียกดูข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม QGIS



รูปที่ 4.2-11 หน้าจอแสดงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม QGIS



รูปที่ 4.2-12 แสดงการเรียกตารางของรายการข้อมูล ด้วยโปรแกรม QGIS



	id	mb_code	mb_nam_t	mb_nam_e	area_km
1	1	01	01 แม่น้ำสาละวิน	MAE NAM SALAWIN	19103.499
2	2	02	02 แม่น้ำโขง	MAE NAM KHONG	57174.035
3	3	03	03 แม่น้ำกก	MAE NAM KOK	7300.398
4	4	04	04 แม่น้ำชี	MAE NAM CHI	49131.925
5	5	05	05 แม่น้ำมูล	MAE NAM MUN	71059.966
6	6	06	06 แม่น้ำปิง	MAE NAM PING	34536.83
7	7	07	07 แม่น้ำวัง	MAE NAM WANG	10793.211
8	8	08	08 แม่น้ำยม	MAE NAM YOM	24046.851
9	9	09	09 แม่น้ำน่าน	MAE NAM NAN	34682.042
10	10	10	10 แม่น้ำเจ้าพระยา	MAE NAM CHAO PHRAYA	20523.416
11	11	11	11 แม่น้ำสะแกกรัง	MAE NAM SAKAE KRANG	4906.526
12	12	12	12 แม่น้ำป่าสัก	MAE NAM PASAK	15625.867
13	13	13	13 แม่น้ำท่าจีน	MAE NAM THA CHIN	13477.16
14	14	14	14 แม่น้ำแม่กลอง	MAE NAM MAE KLONG	30171.236
15	15	15	15 แม่น้ำปราจีนบุรี	MAE NAM PRACHINBURI	9651.38
16	16	16	16 แม่น้ำบางปะกง	MAE NAM BANG PAKONG	10707.481
17	17	17	17 โตนเลสาป	TONLE SAP	4093.473

รูปที่ 4.2-13 ตารางข้อมูลด้วยโปรแกรม QGIS

4.3 การนำเข้าข้อมูลสู่ฐานข้อมูล

ในการนำเข้าข้อมูลสู่ระบบฐานข้อมูล PostgreSQL สามารถนำเข้าได้ 2 รูปแบบ รูปแบบข้อมูลตารางใช้การนำเข้าผ่านโปรแกรม Microsoft Access และรูปแบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นำเข้าด้วยโปรแกรม QGIS

4.3.1 การนำเข้าข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Access

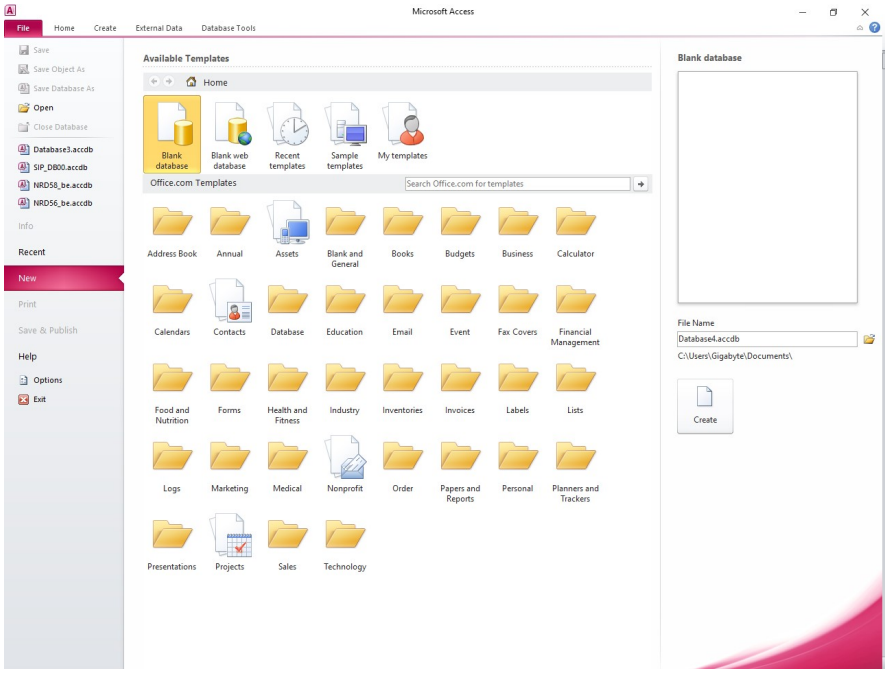
Microsoft Access เป็นโปรแกรมฐานข้อมูลที่ติดตั้งพร้อมชุดโปรแกรม Microsoft Office ตัวโปรแกรมสามารถนำเข้าข้อมูลจากโปรแกรม Microsoft Excel ได้โดยตรงและส่งออกข้อมูลไปยังฐานข้อมูล PostgreSQL โดยอาศัยการใช้ ODBC ที่ได้สร้างไว้ในข้อก่อนหน้านี้ทั้งนี้ขอยกตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลดังนี้

1) เปิดโปรแกรม Microsoft Access เลือก Create ตามรูปที่ 4.3-1 เพื่อสร้างฐานข้อมูลจะได้หน้าจอตามรูปที่ 4.3-2 โปรแกรมจะสร้างค่าเริ่มต้นเป็น Database... เพื่อให้ใช้งานเมื่อจัดการข้อมูลเสร็จสามารถเลือกบันทึกเป็นชื่อใหม่ได้

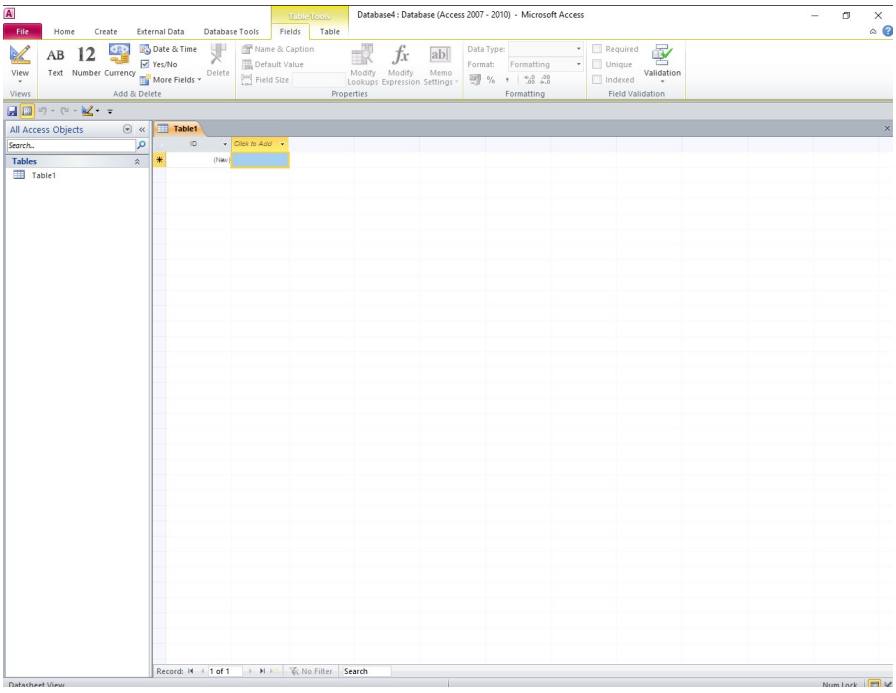
2) เลือกเมนูบาร์ External Data และกดเลือกไอคอน Excel เพื่อนำเข้าข้อมูลตารางจาก Excel ตามรูปที่ 4.3-3

3) หน้าจอนำเข้าข้อมูล Excel ตามรูปที่ 4.3-4 ให้เลือก Browse เพื่อเลือกไฟล์ Excel ที่ต้องการนำเข้าแล้วกดปุ่ม OK จะได้หน้าจอตามรูปที่ 4.3-5 ข้อมูลแสดงตาราง Excel เลือก Worksheet ที่ต้องการนำเข้าข้อมูล แล้วกดปุ่ม Next โปรแกรมจะทำการแปลงแถวแรกของข้อมูลเป็น Column Headings โดยอัตโนมัติตามรูปที่ 4.3-6 หลังจากนั้นกดปุ่ม Next เพื่อเข้าสู่หน้าจอกำหนดคุณลักษณะข้อมูลสามารถกำหนดได้ทั้ง ชื่อ (Field Name), ชนิดข้อมูล (Data Type), กำหนดเป็นดัชนี (Indexed) และสามารถยกเลิกการนำเข้าบางคอลัมน์ ตามรูปที่ 4.3-7 หลังจากนั้นกดปุ่ม Next จะเข้าสู่หน้าจอกำหนด Primary Key ทั้งนี้มีทางเลือกให้ 3 รูปแบบ 1) ให้โปรแกรมกำหนดให้ (Let Access add primary key) โปรแกรมจะสร้าง Primary Key ให้โดยการเพิ่มคอลัมน์ ID ให้โดยอัตโนมัติ 2) แบบเลือก Primary Key จากคอลัมน์ในตารางข้อมูล (Choose my own primary key) 3) แบบไม่กำหนด Primary Key (No primary key) ตามรูปที่ 4.3-8 จากนั้นกดปุ่ม Next จะเข้าสู่หน้าจอตั้งชื่อตารางตามรูปที่ 4.3-9 แล้วกดปุ่ม Finish จะเข้าหน้าจอเพื่อจบการนำเข้าข้อมูลตารางตามรูปที่ 4.3-10 ให้กดปุ่ม Close เพื่อสิ้นสุด ข้อมูลตารางจะถูกเพิ่มในฐานข้อมูล Microsoft Access ตามรูปที่ 4.3-11 (ขั้นตอนที่ 2-3 สามารถทำซ้ำเพื่อนำข้อมูลตารางอื่นเข้าได้)

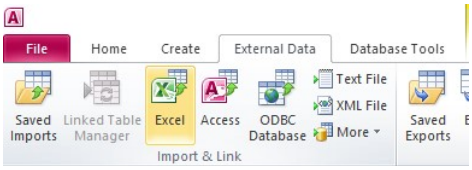
4) เลือกตารางข้อมูลที่ต้องการส่งออกไปยังฐานข้อมูล PostgreSQL โดยคลิกขวาแล้วเลือก Export -> ODBC Database ตามรูปที่ 4.3-12 แล้วคลิกจะได้หน้าจอแสดงชื่อข้อมูลที่ส่งออก ตามรูปที่ 4.13 คลิก OK จะแสดหน้าจอเพื่อเลือก Data Source ตามรูปที่ 4.3-14 ให้เลือก Machine Data Source และเลือก Data Source Name จากรายการข้างล่าง จากนั้นกด OK ข้อมูลจะถูกส่งผ่านเครือข่ายหรือ Internet ไปสู่ฐานข้อมูล PostgreSQL ที่กำหนดไว้



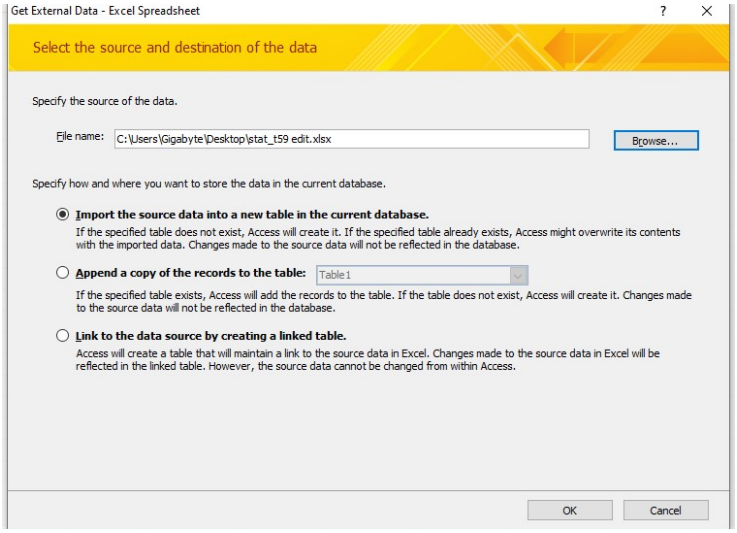
รูปที่ 4.3-1 หน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม Microsoft Access



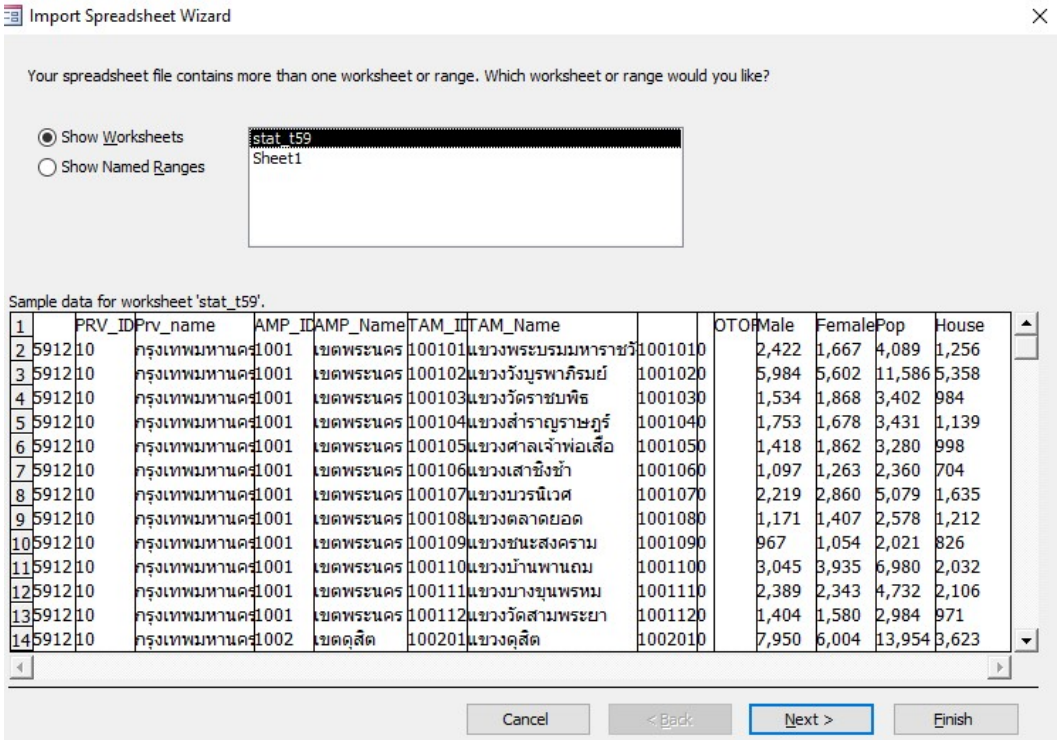
รูปที่ 4.3-2 หน้าจอฐานข้อมูลของโปรแกรม Microsoft Access



รูปที่ 4.3-3 เลือกนำเข้าข้อมูลจาก Excel ด้วยโปรแกรม Microsoft Access

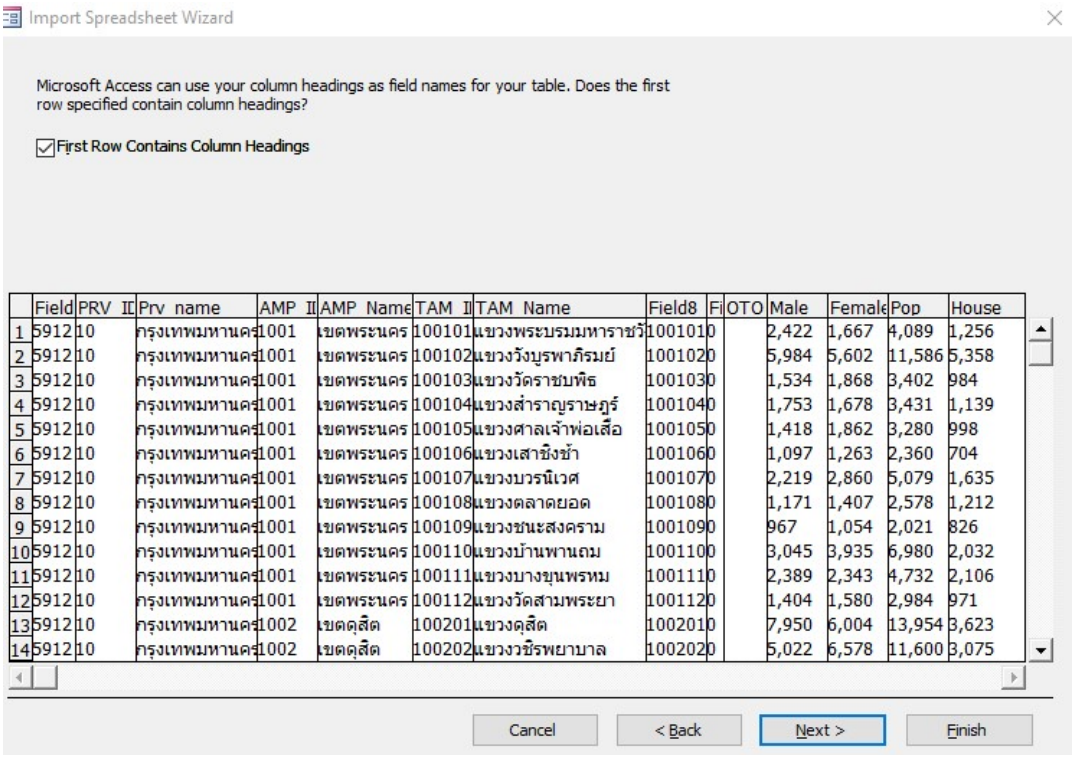


รูปที่ 4.3-4 หน้าจอนำเข้าข้อมูล Excel



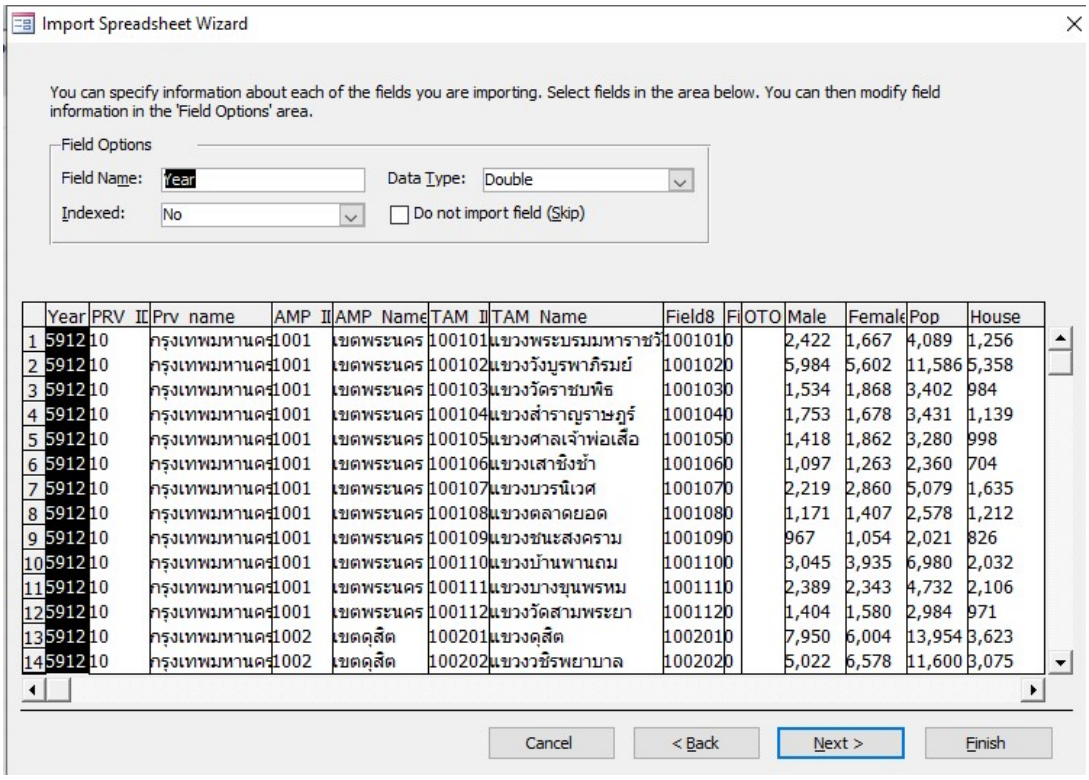
		PRV_ID	Prv_name	AMP_ID	AMP_Name	TAM_ID	TAM_Name		OTOP	Male	Female	Pop	House
1													
2	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100101	แขวงพระบรมมหาราชวั	1001010		2,422	1,667	4,089	1,256
3	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100102	แขวงวังบูรพาภิรมย์	1001020		5,984	5,602	11,586	5,358
4	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100103	แขวงวัดราชบพิธ	1001030		1,534	1,868	3,402	984
5	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100104	แขวงสำราญราษฎร์	1001040		1,753	1,678	3,431	1,139
6	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100105	แขวงศาลเจ้าพ่อเสือ	1001050		1,418	1,862	3,280	998
7	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100106	แขวงเสาชิงช้า	1001060		1,097	1,263	2,360	704
8	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100107	แขวงบวรนิเวศ	1001070		2,219	2,860	5,079	1,635
9	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100108	แขวงตลาดยอด	1001080		1,171	1,407	2,578	1,212
10	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100109	แขวงชนะสงคราม	1001090		967	1,054	2,021	826
11	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100110	แขวงบ้านพานถม	1001100		3,045	3,935	6,980	2,032
12	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100111	แขวงบางขุนพรหม	1001110		2,389	2,343	4,732	2,106
13	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100112	แขวงวัดสามพระยา	1001120		1,404	1,580	2,984	971
14	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1002	เขตดุสิต	100201	แขวงดุสิต	1002010		7,950	6,004	13,954	3,623

รูปที่ 4.3-5 หน้าจอแสดงข้อมูลจากตารางข้อมูล Excel



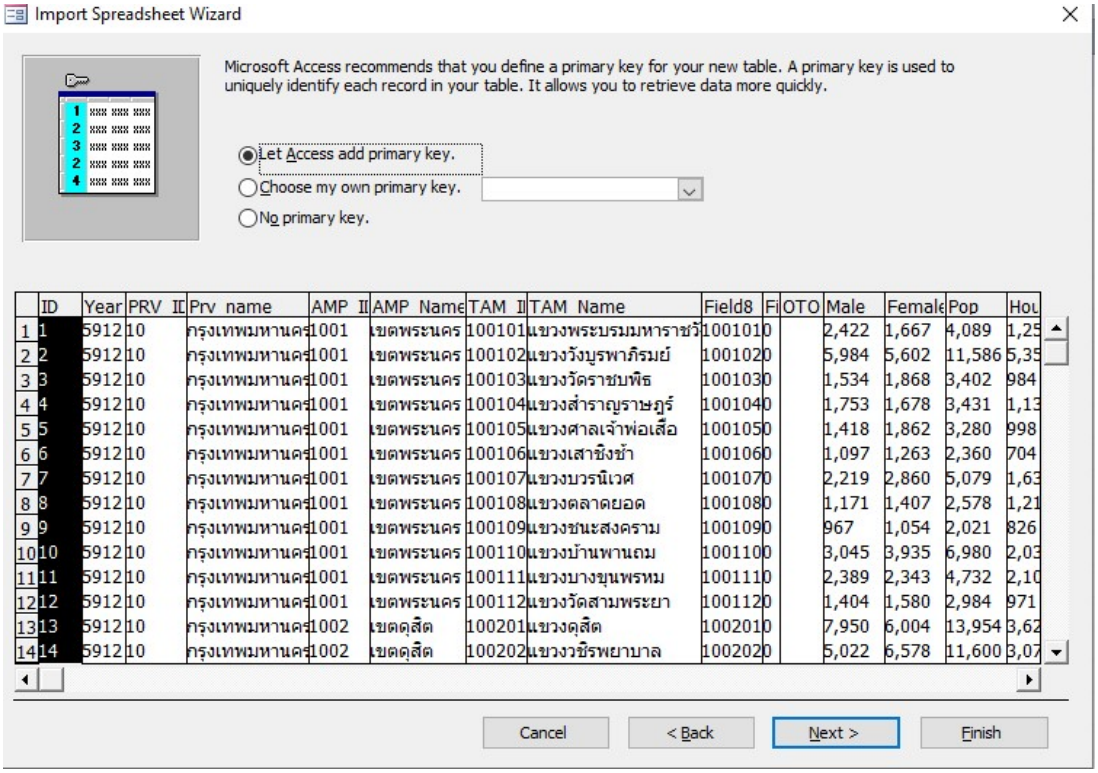
	Field	PRV	Prv_name	AMP	AMP_Name	TAM	TAM_Name	Field8	Fi	OTO	Male	Female	Pop	House
1	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100101	แขวงพระบรมมหาราชวั	1001010			2,422	1,667	4,089	1,256
2	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100102	แขวงวังบูรพาภิรมย์	1001020			5,984	5,602	11,586	5,358
3	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100103	แขวงวัดราชบพิธ	1001030			1,534	1,868	3,402	984
4	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100104	แขวงสำราญราษฎร์	1001040			1,753	1,678	3,431	1,139
5	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100105	แขวงศาลเจ้าพ่อเสือ	1001050			1,418	1,862	3,280	998
6	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100106	แขวงเสาชิงช้า	1001060			1,097	1,263	2,360	704
7	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100107	แขวงบวรนิเวศ	1001070			2,219	2,860	5,079	1,635
8	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100108	แขวงตลาดยอด	1001080			1,171	1,407	2,578	1,212
9	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100109	แขวงชนะสงคราม	1001090			967	1,054	2,021	826
10	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100110	แขวงบ้านพานถม	1001100			3,045	3,935	6,980	2,032
11	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100111	แขวงบางขุนพรหม	1001110			2,389	2,343	4,732	2,106
12	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100112	แขวงวัดสามพระยา	1001120			1,404	1,580	2,984	971
13	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1002	เขตดุสิต	100201	แขวงดุสิต	1002010			7,950	6,004	13,954	3,623
14	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1002	เขตดุสิต	100202	แขวงวชิรพยาบาล	1002020			5,022	6,578	11,600	3,075

รูปที่ 4.3-6 หน้าจอการกำหนดหัวตารางข้อมูล Excel

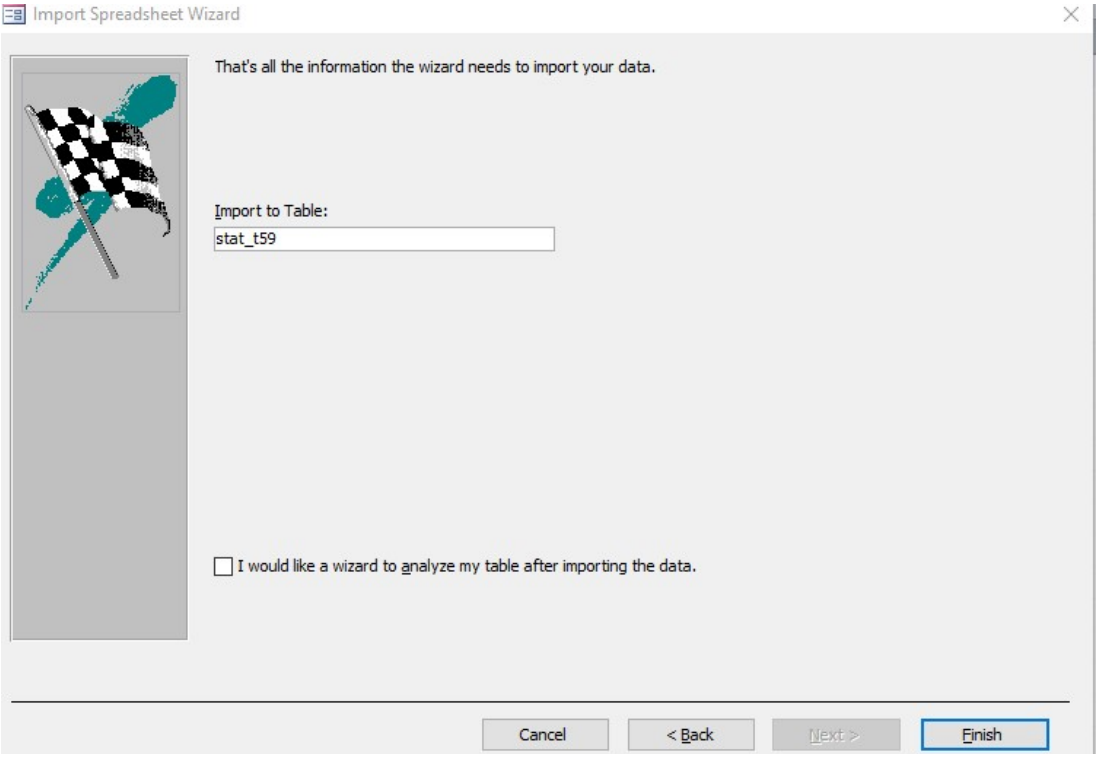


	Year	PRV	Prv_name	AMP	AMP_Name	TAM	TAM_Name	Field8	Fi	OTO	Male	Female	Pop	House
1	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100101	แขวงพระบรมมหาราชวั	1001010			2,422	1,667	4,089	1,256
2	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100102	แขวงวังบูรพาภิรมย์	1001020			5,984	5,602	11,586	5,358
3	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100103	แขวงวัดราชบพิธ	1001030			1,534	1,868	3,402	984
4	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100104	แขวงสำราญราษฎร์	1001040			1,753	1,678	3,431	1,139
5	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100105	แขวงศาลเจ้าพ่อเสือ	1001050			1,418	1,862	3,280	998
6	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100106	แขวงเสาชิงช้า	1001060			1,097	1,263	2,360	704
7	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100107	แขวงบวรนิเวศ	1001070			2,219	2,860	5,079	1,635
8	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100108	แขวงตลาดยอด	1001080			1,171	1,407	2,578	1,212
9	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100109	แขวงชนะสงคราม	1001090			967	1,054	2,021	826
10	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100110	แขวงบ้านพานถม	1001100			3,045	3,935	6,980	2,032
11	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100111	แขวงบางขุนพรหม	1001110			2,389	2,343	4,732	2,106
12	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1001	เขตพระนคร	100112	แขวงวัดสามพระยา	1001120			1,404	1,580	2,984	971
13	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1002	เขตดุสิต	100201	แขวงดุสิต	1002010			7,950	6,004	13,954	3,623
14	5912	10	กรุงเทพมหานคร	1002	เขตดุสิต	100202	แขวงวชิรพยาบาล	1002020			5,022	6,578	11,600	3,075

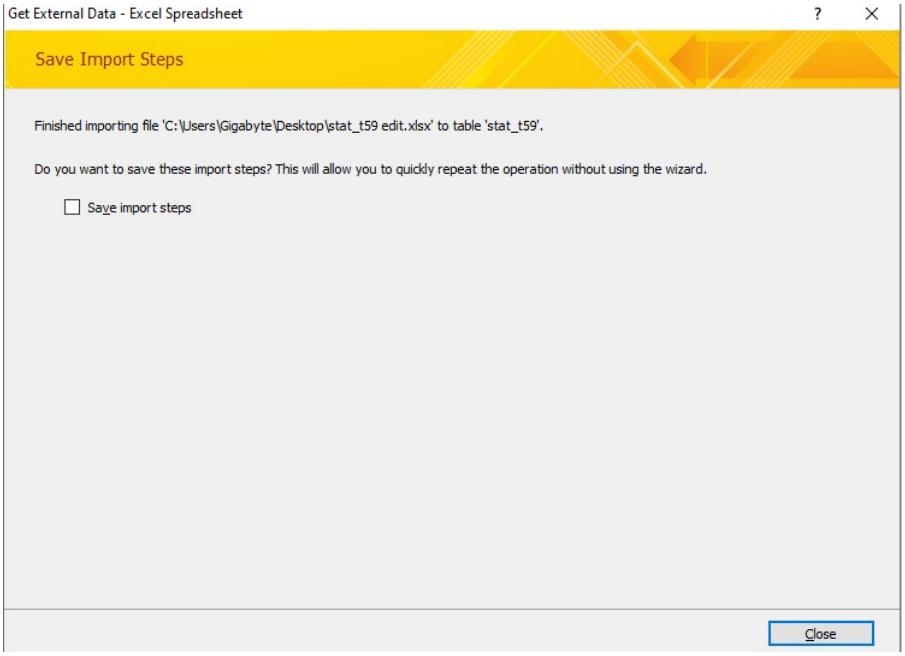
รูปที่ 4.3-7 หน้าจอการกำหนดคุณลักษณะข้อมูล Excel



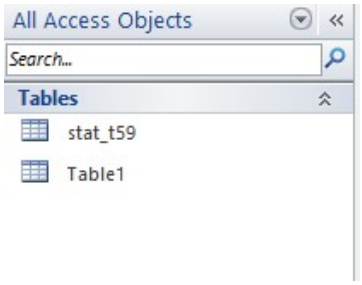
รูปที่ 4.3-8 หน้าจอกำหนด Primary Key



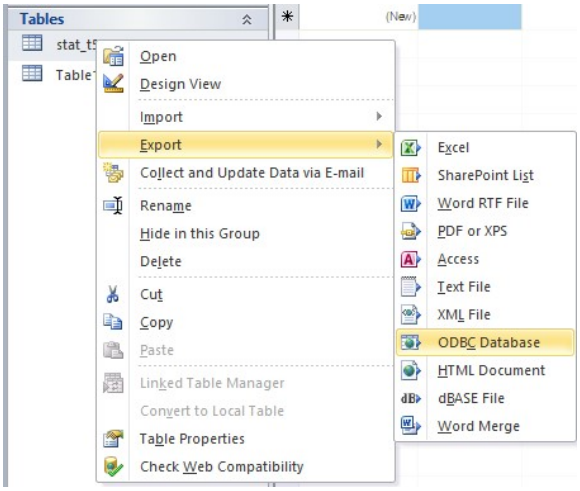
รูปที่ 4.3-9 หน้าจอกำหนดชื่อตารางข้อมูล Excel



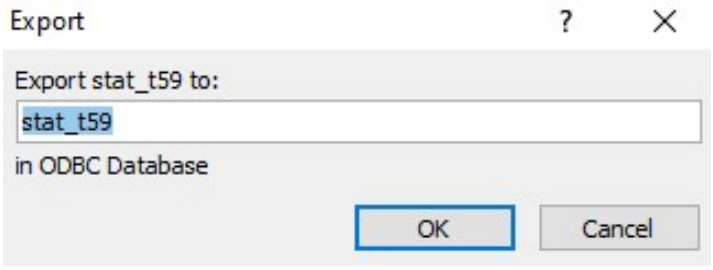
รูปที่ 4.3-10 หน้าจอแสดงเสร็จสิ้นการนำเข้าข้อมูลตาราง Excel



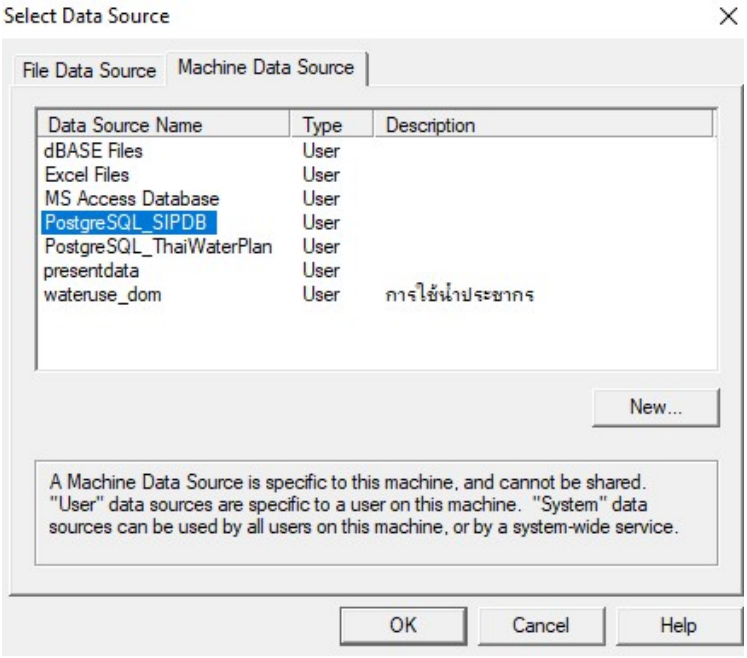
รูปที่ 4.3-11 หน้าจอแสดงตารางข้อมูลที่เพิ่มของ Microsoft Access



รูปที่ 4.3-12 แสดงการเลือกส่งออกข้อมูลผ่าน ODBC ของ Microsoft Access



รูปที่ 4.3-13 หน้าจอแสดงข้อมูลตารางที่จะส่งออกของ Microsoft Access

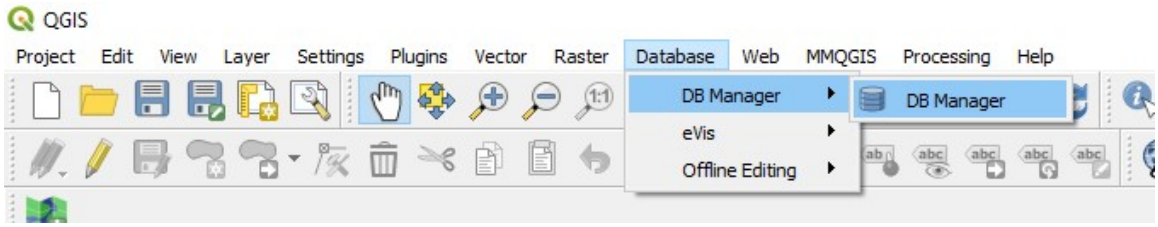


รูปที่ 4.3-14 แสดงการส่งออกข้อมูลโดยเลือก Data Source ที่เชื่อมไว้ ของ Microsoft Access

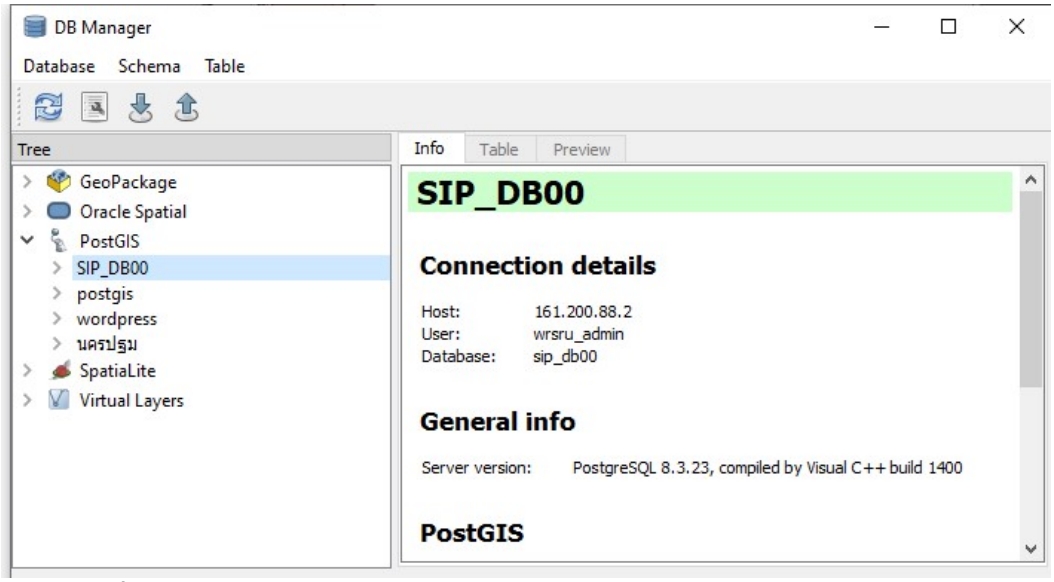
4.3.2 การนำเข้าข้อมูลด้วยโปรแกรมQGIS

โปรแกรม QGIS นอกจากการสามารถแสดงข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ โปรแกรมยังสามารถส่งออกข้อมูลสู่ฐานข้อมูล PostgreSQL ได้ดังนี้

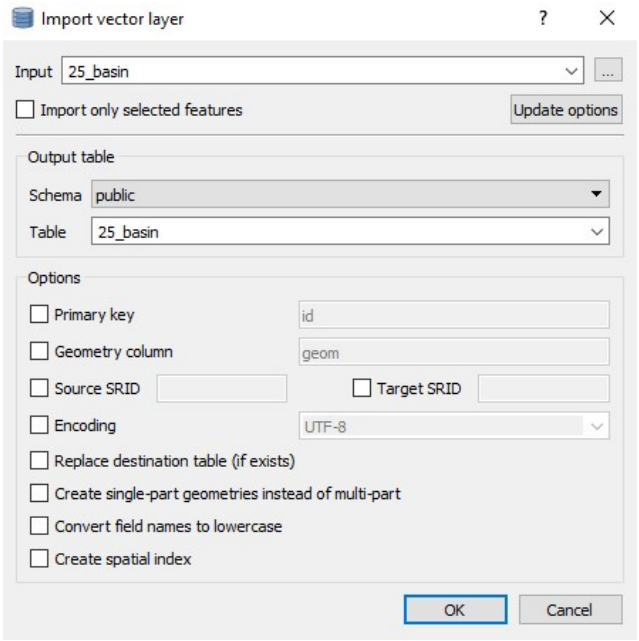
1) เลือกเมนูบาร์ Database เลือก DB Manager -> DB Manager ตามรูปที่ 4.3-15 แล้วคลิก จะเจอหน้าจอตามรูปที่ 4.3-16 เลือกไอคอน จะแสดงหน้าจอ Import vector layer ตามรูปที่ 4.3-17 เลือก Input ไฟล์ที่ต้องการ ในส่วน Output table เลือก Schema เป็น public พร้อมตั้งชื่อตารางไฟล์เพื่อนำเข้าแล้วกดปุ่ม OK เพื่อนำเข้าข้อมูลสู่ PostgreSQL
2) เมื่อเสร็จสิ้นข้อมูลจะปรากฏตามรายการตามรูปที่ 4.3-18



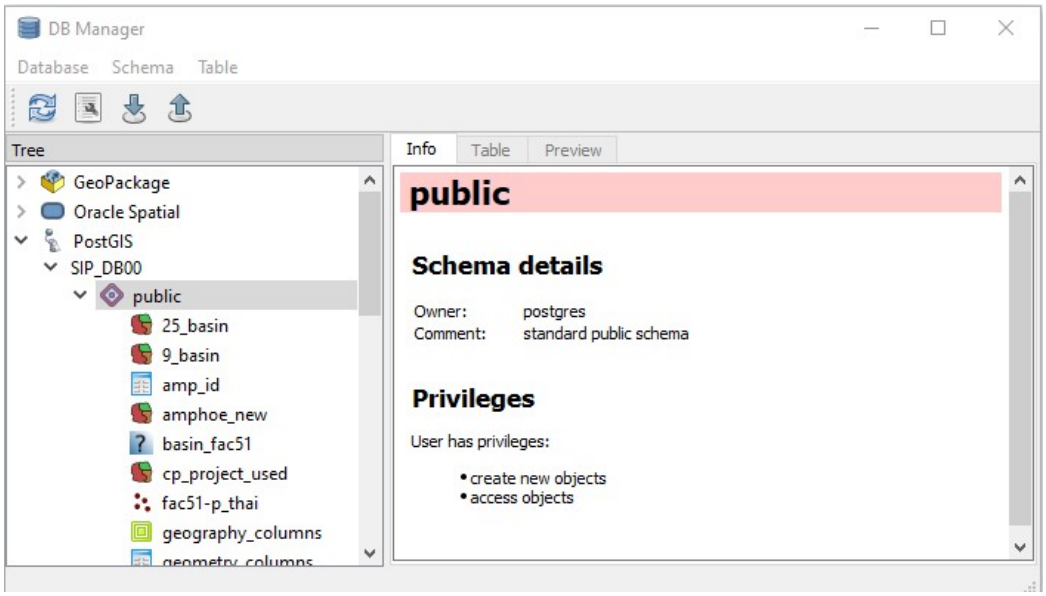
รูปที่ 4.3-15 การเลือกการส่งออกข้อมูลไปยังฐานข้อมูล PostgreSQL ด้วยโปรแกรม QGIS



รูปที่ 4.3-16 หน้าจอ DB Manager ฐานข้อมูล PostgreSQL ด้วยโปรแกรม QGIS



รูปที่ 4.3-17 หน้าจอ Import vector layer ฐานข้อมูล PostgreSQL ด้วยโปรแกรม QGIS



รูปที่ 4.3-18 หน้าจอแสดงรายการข้อมูลจากการนำเข้าข้อมูลสู่ฐานข้อมูล PostgreSQL ด้วยโปรแกรม QGIS

ขั้นตอนที่แสดงในบทนี้แสดงให้เห็นการทำงานผ่านแบบเครือข่ายและแบบ Internet ที่เครือข่ายนักวิจัยสามารถนำเข้าข้อมูลสู่ระบบฐานข้อมูล และสามารถแบ่งปันข้อมูลระหว่างกันผ่านระบบเครือข่ายและระบบ Internet โดยไม่จำเป็นต้องสร้างฐานข้อมูลแยกตามแต่ละโครงการ รวมถึงผู้สร้างข้อมูลสามารถจัดการข้อมูลได้ตลอดเวลา นับเป็นความสะดวกของนักวิจัยและผู้จัดการข้อมูลกลาง

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโครงการนับเป็นส่วนสรุปสุดท้ายภายใต้โครงการเข็มมุ่ง ด้านสังคม แผนงานการบริหารจัดการน้ำ แผนงานวิจัยที่ 3 เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีและสนับสนุนด้านพฤติกรรมผู้ใช้น้ำ การทำงานของโครงการส่วนหนึ่งต้องเป็นการประสานและสัมภาษณ์ เพื่อรวบรวมข้อมูลและองค์ความรู้จากงานวิจัยต่างๆ โดยทางโครงการได้รวบรวมข้อมูลจากแต่ละโครงการที่เกี่ยวข้องที่จัดทำเสร็จสมบูรณ์แล้ว เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาในระยะต่อไป ทั้งนี้มีบางกิจกรรมที่ต้องลดทอน เช่น การพัฒนาระบบนำเสนอข้อมูลเพื่อให้ยังคงความสำเร็จของโครงการไว้

5.1 สรุปผลการศึกษา

ทั้งนี้ขอแบ่งการทำงานของโครงการออกเป็น 3 ส่วนหลักเพื่อให้เห็นภาพความก้าวหน้าของโครงการได้อย่างชัดเจนโดยประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 ด้านการพัฒนาระบบ

ในส่วนนี้อยู่ในระหว่างการดำเนินการ โดยปัจจุบันได้พัฒนาโครงสร้างการนำเข้าข้อมูลของโครงการในกลุ่ม 3.2 ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารเขื่อน และในกลุ่มที่ 2 ที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ท่อทองแดง จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งการทำงานยังมีอุปสรรคหลายส่วนเพราะเป็นการประสานงานร่วมกันกับหลายโครงการ ที่ปัจจุบันแต่ละโครงการมีความก้าวหน้าไม่เท่ากันอันเนื่องมาจากสถานการณ์โควิด-19 และการปิดทำการของสถาบันการศึกษา ซึ่งส่วนใหญ่นักวิจัยต้องอาศัยทรัพยากรภายในมหาวิทยาลัยในการดำเนินการวิจัย ทำให้ความก้าวหน้าในส่วนนี้จะเป็นความก้าวหน้าที่อยู่ในช่วง 3 เดือนแรก ได้แก่ การรวบรวมโครงสร้างข้อมูลนำเข้าระบบ และแนวคิดการเชื่อมโยงข้อมูลในระบบ ซึ่งยังขาดการโครงสร้างข้อมูลส่งออกจากระบบ, รูปแบบการนำเสนอข้อมูล และรูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ในส่วนนี้ทางโครงการได้จัดรวบรวมข้อมูลและพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อจัดเก็บ โดยโครงการได้เลือกเอาโปรแกรม PostgreSQL มาใช้ในการพัฒนาตามเนื้อหาในบทที่ 4 ทำให้สามารถรวบรวมข้อมูลที่เกิดจากการพัฒนาในชุดโครงการในโครงการเข็มมุ่งและสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลของโครงการฯ ในการแบ่งปันข้อมูลระหว่างกัน ช่วยให้แต่ละโครงการสามารถปรับปรุงข้อมูลของแต่ละโครงการและเข้าใช้ข้อมูล

โครงการอื่นที่เกี่ยวข้อง รวมถึงข้อมูลที่เป็นข้อมูลพื้นฐานที่ปรากฏในหลายโครงการช่วยลดความซ้ำซ้อนในการจัดเก็บและสามารถตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลระหว่างกันได้

ส่วนที่ 2 ด้านการรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการได้ทำการรวบรวมเท่าที่รวบรวมได้เนื่องจากโครงการส่วนใหญ่ยังอยู่ในระหว่างการดำเนินงาน และข้อมูลเบื้องต้นจะเป็นข้อมูลประเภทข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการประมวลผลและวิเคราะห์ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีความก้าวหน้า และในส่วนผลลัพธ์ของการวิจัยที่เป็นข้อมูลที่จะนำมาพัฒนาเพื่อส่งผ่านระหว่างโครงการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการวิจัยที่เป็นความคาดหวังหนึ่งของโครงการ

ทางโครงการได้เข้าหารือกับแต่ละโครงการเพื่อรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาโครงการ และจัดเก็บข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์ โดยรายละเอียดปรากฏในบทที่ 2 ทั้งนี้ข้อมูลบางส่วนเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ปรากฏในหลายโครงการ, ข้อมูลที่เป็นเฉพาะงานวิจัย, และข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์ของงานวิจัย ซึ่งจากภาวะโควิด และความล่าช้าของบางงานวิจัยงานในส่วนนี้อาจจะรวบรวมเพิ่มในภายหลัง เนื่องจากโครงการเข็มมุ่งเป็นโครงการต่อเนื่องระยะเวลา 3 ปี และข้อมูลที่ได้จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ตลอดระยะเวลาโครงการ

ตารางที่ 5.1-1 รายการข้อมูลที่รวบรวมจากแต่ละโครงการ

ลำดับ	รหัสโครงการ	หัวหน้าโครงการ	ชื่อโฟลเดอร์/ไฟล์	ลักษณะข้อมูล	พื้นที่	ช่วงเวลา
1	SIP6230001	รศ.ดร.พยุง มีสัจ	ผลการติดตั้งประตูระบายน้ำ.pdf	Pdf	โครงการชลประทานท่อทองแดง	2019-2020
2			ผลการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน.pdf	Pdf	โครงการชลประทานท่อทองแดง	2019-2020
3			ผลการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ.pdf	Pdf	โครงการชลประทานท่อทองแดง	2019-2020
4	SIP6230002	ผศ.ดร.ภาณุวัฒน์ ปิ่นทอง	Area	Pdf	โครงการชลประทานท่อทองแดง	2019-2020
5			Plan	Pdf	โครงการชลประทานท่อทองแดง	2019-2020
6			gate.txt	Text	โครงการชลประทานท่อทองแดง	2019-2020
7			moisture.txt	Text	โครงการชลประทานท่อทองแดง	2019-2020
8			rain.txt	Text	โครงการชลประทานท่อทองแดง	2019-2020
9			waterlevel.txt	Text	โครงการชลประทานท่อทองแดง	2019-2020
10	SIP6230003	นายธีติธร จุลละพราหมณ์	INT_18_สัมภาษณ์_260462_ดร.สุจริต_ครั้งที่ 2_1.mp4	Video	SIP	2019-2020
11			SIP_EEC_TCP-01-20201015 V3.mp4	Video	SIP	2019-2020
12			SPC_02_แนะนำโครงการ_190662.mp4	Video	SIP	2019-2020
13			SPC_44_ประมวลกิจกรรมเปิดตัวโครงการท่อทองแดง มิ.ย.62.mp4	Video	SIP	2019-2020

ลำดับ	รหัสโครงการ	หัวหน้าโครงการ	ชื่อโฟลเดอร์/ไฟล์	ลักษณะข้อมูล	พื้นที่	ช่วงเวลา
14	SIP6230004	วารีวิทยา	รวม clip ทุกบท.pdf	Pdf	SIP	2019-2020
15	SIP6230026	สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย	ข้อมูลผลการดำเนินงาน.pdf	Pdf	EEC	2019-2020
16	SIP6230007	ดร.ทรงศักดิ์ ภัทราวุฒิชัย	ผลการศึกษาทุเรียน.pdf	Pdf	EEC	2019-2020
17	SIP6230008	รศ.ดร.ชัยศรี สุขสาโรจน์	ผลการศึกษาภาคครัวเรือน.pdf	Pdf	EEC	2019-2020
18	SIP6230009	รศ.ดร.บัญชา ขวัญยืน	ผลประเมินความต้องการน้ำ EEC.pdf	Pdf	EEC	2019-2020
19			ผลประเมินสมดุลน้ำและข้อเสนอแนะ.pdf	Pdf	EEC	2019-2020
20	SIP6230011	ดร.จุติเทพ วงษ์เพ็ชร์	ผลการศึกษาน้ำท่า.pdf	Pdf	EEC	2019-2020
21			ผลการศึกษาปริมาณความต้องการน้ำ.pdf	Pdf	EEC	2019-2020
22			ผลการศึกษาสมดุลน้ำและการขาดแคลน.pdf	Pdf	EEC	2019-2020
23	SIP6230012	ดร.กนกศรี ศรินนภากร	data	Excel	ประเทศไทย	2018-2019
24			Forecast	Excel	ประเทศไทย	2018-2020
25			CFSV1_reanalysis.zip	Zip	ประเทศไทย	2018-2020
26			CFSV2.zip	Zip	ประเทศไทย	2018-2020
27			CHIRPS.zip	Zip	ประเทศไทย	2018-2020
28			metadata_daily_rain.csv	Csv	ประเทศไทย	2018-2020
29			TMD_642STN.zip	Zip	ประเทศไทย	2018-2020
30	SIP6230013	รศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล	ผลการศึกษาศักยภาพน้ำเสียชุมชน.pdf	Pdf	EEC	2019-2020
31	SIP6230014	ดร. พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์	ผลการทดสอบแบบจำลองความเสียหายและการสูญเสียทางอ้อม.pdf	Pdf	ประเทศไทย	2019-2020
32			ผลประเมินความเสียหายจากน้ำท่วม-ภัยแล้ง.pdf	Pdf	ประเทศไทย	2019-2020
33	SIP6230015	รศ.ดร.สนิท วงศา	Database NAN	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่ลุ่มน้ำน่าน	2018-2020

ลำดับ	รหัสโครงการ	หัวหน้าโครงการ	ชื่อโฟลเดอร์/ไฟล์	ลักษณะข้อมูล	พื้นที่	ช่วงเวลา
34			Database_CPY	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2018-2020
35			DATABASE_PING	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่ลุ่มน้ำปิง	2018-2020
36	SIP6230016	รศ.ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล	9. ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล-elog-pumptest-10จังหวัด	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
37			ANN	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
38			IRR_Project	Shape Files	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
39			plot เปรียบเทียบระดับน้ำ	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
40			SHP	Shape Files	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
41			กชช 2ค	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
42			กราฟข้อมูลบ่อน้ำบาดาล	Excel	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
43			ข้อมูลน้ำฝน-น้ำท่า	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
44			ข้อมูลน้ำท่าตัวแทนลุ่มน้ำ	Excel	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
45			ข้อมูลประชากร	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
46			ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม	Excel	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
47			ข้อมูลเศรษฐกิจ	Pdf	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
48			ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ	Excel	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
49			ข้อมูลอุตุอุทก	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
50			ตำแหน่งบ่อบาดาล	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
51			ระดับน้ำเขื่อนนเรศวร	Excel	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
52			ระดับน้ำบ่อสังเกตการณ์	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019
53			ระดับน้ำภาคกลาง 2563	Excel	พื้นที่ภาคกลางตอนบน	2018-2019

ลำดับ	รหัสโครงการ	หัวหน้าโครงการ	ชื่อโฟลเดอร์/ไฟล์	ลักษณะข้อมูล	พื้นที่	ช่วงเวลา
54	SIP6230017	รศ.ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์	การศึกษาการพัฒนาข้อมูลเปิดสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ.pdf	Pdf	ประเทศไทย	2019-2020
55			การศึกษาข้อมูลประชากร Opendata.pdf	Pdf	ประเทศไทย	2019-2020
56			การศึกษาแบบจำลองระดับ WorldDEM.pdf	Pdf	ประเทศไทย	2019-2020
57			คู่มือระบบฐานข้อมูล.pdf	Pdf	ประเทศไทย	2019-2020
58	SIP6230018	ผศ.ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์	1.1 Meteorology	Excel	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	1969-2018
59			1.2 GSMAP_rainfall	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
60			1.3 Hydrology	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
61			1.4 Hydrogeology	Shape Files	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
62			1.5 WaterAllocation	Excel	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
63			1.6 Discharge@gate	Excel	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
64			1.7 Cultivated_Eco_Crop	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
65			1.8 Culativated_Plan	Pdf	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
66			1.9 Landuse	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
67			1-10 WaterResourcesList	Excel	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
68			1-11 GisWaterResources	Shape Files	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
69			1-12 Reservoir	Excel	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
70			1-13 Prapa	Excel	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
71			1-14_18 Groundwater	Excel	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
72			1-15_16_17 Prapa_village	Excel	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
73			1-19 Industrial_DirectPumping	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020

ลำดับ	รหัสโครงการ	หัวหน้าโครงการ	ชื่อโฟลเดอร์/ไฟล์	ลักษณะข้อมูล	พื้นที่	ช่วงเวลา
74			1-20 Elec Pumping	Excel	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
75			2.1 Rain_grid	Text	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
76			2.2 Data-Hydro	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
77			2.3_4 Runoff_grid	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
78			Output.1_2_WaterAllocation	Excel	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
79			Output_3_4_5_6_Runoff	ไฟล์หลายประเภท	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
80			Output_7_WaterDemand	Excel	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
81			Output_8_9_GroundwaterUse	Excel	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
82			Output-10_WaterBalance	Excel	พื้นที่เจ้าพระยาตอนล่าง	2018-2020
83	SIP6230019	คุณชิษนุวัฒน์ มณีศรีขำ	1 ปริมาณน้ำต้นทุน.doc	Document	โครงการชลประทานท่อทองแดง	2019-2020
84			2 กระบวนการชุมชน 10 ตำบล.docx	Document	โครงการชลประทานท่อทองแดง	2019-2020
85			3 สรุปรวมจำนวนแหล่งน้ำต้นทุน-ความต้องการใช้น้ำ.doc	Document	โครงการชลประทานท่อทองแดง	2019-2020
86			SUBข้อมูลน้ำต้นทุน.xls	Excel	โครงการชลประทานท่อทองแดง	2019-2020
87	SIP6230020	ดร.แมน ปุโรทกานนท์	ผลการสำรวจพื้นที่.pdf	Pdf	โครงการชลประทานท่อทองแดง	2019-2020
88	SIP6230021	ดร.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์	01_Cropping Area	ไฟล์ภาพ	พื้นที่ราบภาคกลาง	2001-2019
89			02_Crop Coeeficient (Kc)	ไฟล์ภาพ	พื้นที่ราบภาคกลาง	2001-2019
90			03_Crop Evapotranspiration (ETc)	ไฟล์ภาพ	พื้นที่ราบภาคกลาง	2001-2019

ลำดับ	รหัสโครงการ	หัวหน้าโครงการ	ชื่อโฟลเดอร์/ไฟล์	ลักษณะข้อมูล	พื้นที่	ช่วงเวลา
91			04_Effective Rainfall (Re)	ไฟล์ภาพ	พื้นที่ราบภาคกลาง	2001-2019
92			05_Crop Water Requirement (CWR)	ไฟล์ภาพ	พื้นที่ราบภาคกลาง	2001-2019
93			2020-07-23 Cropping Area - Total.xlsx	Excel	พื้นที่ราบภาคกลาง	2001-2019
94			2020-07-23 NIR 8Day_Total.xlsx	Excel	พื้นที่ราบภาคกลาง	2001-2019
95	SIP6230022	รศ.ดร.อารียา ฤทธิมา	SIP_AI Results	Excel	เขื่อนภูมิพล	2019-2020
96			SIP_AI Results_22June2020	Excel	เขื่อนภูมิพล	2019-2020
97			SIP_Climate Data	Excel	เขื่อนภูมิพล	2019-2020
98			SIP_Corun2_10Sep2020	ไฟล์หลายประเภท	เขื่อนภูมิพล	2019-2020
99			SIP_CPY Water Allocation_Final	Excel	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2019-2020
100			SIP_Energy Model	Excel	เขื่อนภูมิพล	2019-2020
101			SIP_ETc&EffRainfall_CPY_Final	Excel	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2019-2020
102			SIP_ETc&EffRainfall_LowerPing_Final	Excel	ลุ่มน้ำปิงตอนล่าง	2019-2020
103			SIP_ETo Estimation	Excel	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2019-2020
104			SIP_GIS Maps	Pdf	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2019-2020
105			SIP_Irrigation Area_GCPYIP_Final	Excel	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2019-2020
106			SIP_IrriSAT Result	Excel	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	2019-2020
107			SIP_MIKE_SRES	ไฟล์หลายประเภท	เขื่อนภูมิพล	2019-2020
108			SIP_Monthly and Annual Reservoir Data	Excel	เขื่อนภูมิพล	2019-2020
109			SIP_Reformatted HydroData	ไฟล์ภาพ	เขื่อนภูมิพล	2019-2020
110			SIP_Simulink Model	Excel	เขื่อนภูมิพล	2019-2020

ลำดับ	รหัสโครงการ	หัวหน้าโครงการ	ชื่อโฟลเดอร์/ไฟล์	ลักษณะข้อมูล	พื้นที่	ช่วงเวลา
111			SIP_Allocation Factor & Water Release Factor.xlsx	Excel	เขื่อนภูมิพล	2019-2020
112			SIP_Summary of Research Data_18Sep2019.xlsx	Excel	เขื่อนภูมิพล	2019-2020
113			SIP_Target Storage Analysis_BB Dam_10Jan2020.xlsx	Excel	เขื่อนภูมิพล-เขื่อนสิริกิติ	2019-2020
114			SIP_Water Demand Plan_BB&SK.xlsx	Excel	เขื่อนภูมิพล-เขื่อนสิริกิติ	2019-2020
115			SIP_Water Level at WS-DS_BB&SK.xlsx	Excel	เขื่อนภูมิพล-เขื่อนสิริกิติ	2019-2020
116			SIP_Water Storage&Rule Curve_SK.xlsx	Excel	เขื่อนสิริกิติ	2019-2020
117			SIP_WYNYDY Results1.xlsx	Excel	เขื่อนภูมิพล	2019-2020
118	SIP6230023	ผศ.ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล	โครงการพัฒนาต้นแบบระบบตรวจวัดสภาพอากาศ.pdf	Pdf	อุทยาน 100 ปี จุฬาฯ	2019-2020
119			แผนงานติดตั้งอุปกรณ์ IoT.pdf	Pdf	อุทยาน 100 ปี จุฬาฯ	2019-2020
120			ระบบแม่ข่าย SensLink.pdf	Pdf	อุทยาน 100 ปี จุฬาฯ	2019-2020
121	SIP6230024	ผศ.ดร.ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์	spi_1	ไฟล์ภาพ	พื้นที่เจ้าพระยาตอนบน	2019-2020
122			SRI-1	ไฟล์ภาพ	พื้นที่เจ้าพระยาตอนบน	2019-2020
123	SIP6230025	รศ.ดร.สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์	ผลสำรวจความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่ศึกษา.pdf	Pdf	พื้นที่เจ้าพระยา	2019-2020
124	SIP6230026	ดร.ชาญยุทธ กาฬกาญจน์	คู่มือ	Pdf	มหาวิทยาลัยบูรพา	2019-2020
125			แบบฟาร์ม.pdf	Pdf	มหาวิทยาลัยบูรพา	2019-2020
126			แบบระบบบำบัด.pdf	Pdf	มหาวิทยาลัยบูรพา	2019-2020
127	SIP6230027	ผศ.ดร.ธนพล เพ็ญรัตน์	1_High Construction_Stable Water	Excel	EEC	2019-2020
128			2_Stable Construction_High Water	ไฟล์หลายประเภท	EEC	2019-2020
129			3_High Construction_High water	ไฟล์หลายประเภท	EEC	2019-2020
130			4_Stable Con Stable Water	ไฟล์หลายประเภท	EEC	2019-2020

ลำดับ	รหัสโครงการ	หัวหน้าโครงการ	ชื่อโฟลเดอร์/ไฟล์	ลักษณะข้อมูล	พื้นที่	ช่วงเวลา
131	SIP6230028	ผศ.ดร.สุกรี สินธุภิญโญ	NWP	ไฟล์หลายประเภท	ประเทศไทย	2019-2020
132			Training-Set	ไฟล์หลายประเภท	ประเทศไทย	2019-2020
133			WRFROMS	ไฟล์หลายประเภท	ประเทศไทย	2019-2020
134	SIP6230029	ดร.เปี่ยมจันทร์ ดวงมณี	Co-Run.pdf	Pdf	ประเทศไทย	2019-2020
135			NWP models for Thailand.pdf	Pdf	ประเทศไทย	2019-2020
136			Workshop_material_NWP_modelling_Envision edit.pdf	Pdf	ประเทศไทย	2019-2020
137			Workshop_material_NWP_modelling_Envision.pdf	Pdf	ประเทศไทย	2019-2020
138			การเพิ่มความแม่นยำของการพยากรณ์อากาศด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง.pdf	Pdf	ประเทศไทย	2019-2020

ส่วนที่ 3 ด้านการรวบรวมองค์ความรู้

เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นแนวคิดและกระบวนการวิจัยของโครงการต่างๆ ในส่วนนี้จึงมีอยู่ในรายงานฉบับสมบูรณ์ เพราะส่วนใหญ่เป็นส่วนที่ทุกโครงการต้องตั้งเป้าหมาย และกระบวนการทำงานไว้ก่อนหน้านี้แล้ว จึงทำให้ส่วนนี้มีความก้าวหน้ามากที่สุด

นอกจากนี้จากการนำเสนอรายงานที่ผ่านมา และจากปัญหาที่บางกิจกรรมไม่สามารถดำเนินการได้จากสถานการณ์โควิด-19 ดังนั้นโครงการวิจัยจึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาข้อมูลประเภท Opendata เพื่อใช้สนับสนุนการทำงานของโครงการในอนาคต จากการนำเสนอแนวคิดได้รับการตอบรับที่ดีจากผู้ทรงคุณวุฒิและนักวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดข้อมูลที่นำเสนอ โดยทางโครงการได้พัฒนางานศึกษาด้านการพัฒนาชุดข้อมูลเปิด (Open Data๗ ประกอบด้วย 1) การศึกษาชุดข้อมูลประชากรโลกชนิดเปิดสำหรับพื้นที่ประเทศไทยด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่, 2) การศึกษาการใช้ประโยชน์แบบจำลองระดับ WorldDEM และ 3) การศึกษาการพัฒนาข้อมูลเปิดสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ซึ่งงานศึกษาทั้ง 3 จะมีรายละเอียดเกี่ยวกับการศึกษาการกระจายตัวของประชากร, การนำข้อมูล WorldDEM มาปรับเทียบเพื่อใช้ทดแทน ข้อมูล DEM ในปัจจุบัน และการใช้ข้อมูลชุดเปิดเพื่อศึกษาและติดตามการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำขนาดใหญ่

จากการพัฒนาระบบฐานข้อมูล, รวบรวมข้อมูล และองค์ความรู้ ช่วยให้ทราบถึงโครงสร้างข้อมูลที่จำเป็น รวมถึงงานวิจัยและผลลัพธ์ของงานวิจัยที่ช่วยเสริมการทำงานสำหรับการพัฒนาการจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ ทั้งในภาพของพื้นที่เช่น โครงการชลประทานท่อทองแดง และการจัดการแบบภาพรวมของพื้นที่ชลประทานภาคกลาง โดยความมุ่งหวังของโครงการจะนำโครงสร้างข้อมูล และองค์ความรู้ที่ได้ ไปเผยแพร่ให้กับหน่วยงานเพื่อให้นำไปใช้วางโครงสร้างข้อมูลและองค์ความรู้ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลและเป็นตัวอย่างในการใช้ประโยชน์ข้อมูลและองค์ความรู้จากสิ่งที่โครงการได้รวบรวมไว้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทำงานพบปัญหาและอุปสรรคหลายอย่างในการจัดรวบรวมข้อมูล และการประสานงานระหว่างโครงการเนื่องจากทุกโครงการวิจัยอยู่ในระยะเริ่มต้นทำให้ยังมีความไม่ชัดเจนในโครงสร้างข้อมูลที่ใช้และองค์ความรู้ที่สังเคราะห์ได้ จากประสบการณ์ที่ได้จากการพัฒนาโครงการทำให้ได้ข้อเสนอแนะดังนี้

1) *ควรมีการพัฒนาระบบฐานข้อมูลกลาง* สำหรับงานวิจัยโดยให้หน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งรวบรวม เพื่อให้ผู้บริหารสามารถเรียกใช้และประมวลข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและทันต่อเหตุการณ์
2) *ควรมีการตั้งคณะกรรมการระหว่างหน่วยงานและผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำ* เพื่อให้สามารถควบคุมและสื่อสารข้อมูลระหว่างกันลดความซ้ำซ้อนและความขัดแย้งของข้อมูลที่นำมาหารือระหว่างกัน
3) *ควรมีการพัฒนาองค์ความรู้อย่างต่อเนื่อง* เพราะเหตุการณ์ปัจจุบันและข้อมูลปัจจุบันจำเป็นอาศัยองค์ความรู้ที่เป็นปัจจุบันเพื่อการบริหารจัดการทั้งในด้านทรัพยากรน้ำเอง และการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและเศรษฐกิจที่ทำให้รูปแบบการจัดการทรัพยากรน้ำเดิมไม่สามารถตอบสนองได้ จึงจำเป็นต้องพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ๆ เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

ทิพย์วรรณ ทอดแสน, ไอศวรรย์ ชั้นกาญจน์, ศุจิรา กิตติราษฎร์, กนกศรี ศรินนภากร และสุรเจตส์ บุญญาอรุณเนตร. การวิเคราะห์ความแม่นยำในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนระยะสั้น สำหรับประเทศไทยจากแบบจำลองสภาพอากาศ WRF การประชุมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 14-16 พฤษภาคม 2557 จังหวัดขอนแก่น.

ภาษาอังกฤษ

Manomaiphiboon, K., Boonya-Aroonnet.S., Sarinnapakorn, K., Assareh, N., Aman, N., Tantianuparp, P., Thodsan, T., Pratumthong, A. (2017) Improvement of Input Spatial Information to Support Meteorological Modeling. Final report, jointly conducted by Hydro and Agro Informatics Institute and the Joint Graduate School of Energy and Environment, funded by Hydro and Agro Informatics Institute.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2016. Next Generation Earth System Prediction: Strategies for Subseasonal to Seasonal Forecasts. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/21873.

Reggiani P. and Weerts A. H. A Bayesian approach to decision-making under uncertainty: An application toreal-time forecasting in the River Rhine. Journal of Hydrology, 356:56–69, 2008.

Reggiani P., Sivapalan M. and Hassanizadeh S. M. A unifying framework for watershed thermodynamics:Balance equations for mass, momentum, energy and entropy and the second law of thermodynamics.Advances in Water Resources, 22(4):367–398, 1998.

Reggiani P., Sivapalan M. and Hassanizadeh S. M. Conservation equations governing hillslope responses:Exploring the physical basis of water balance. Water Resources Research, 36(7):1845–1863, 2000.

Reggiani P., Sivapalan M., Hassanizadeh S. M. and Gray W. G. Coupled equations for mass and momentumbalance in a stream network: Theoretical derivation and computational experiments. Proceedings of theRoyal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 457(2005):157, 2001.

Reichl J. P. C.,Western A.W., McIntyre N. R. and Chiew F. H. S. Optimization of a similarity measure for estimatingungauged streamflow. Water Resources Research, 45:W10423, DOI:10.1029/2008WR007248, 2009.

Renard B., Kavetski D. and Kuczera G. Comment on “An integrated hydrologic Bayesian multimodelcombination framework: Confronting input, parameter, and model structural uncertainty in hydrologicprediction” by Ajami Q. Y., Duan N. K. and Sorooshian S. Water Resources Research, 45:W03603,DOI:10.1029/2007WR006538, 2009.

Renard B., Kavetski D., Kuczera G., Thyer M. and Franks S. W. Understanding predictive uncertainty inhydrologic modeling: The challenge of identifying input and structural errors. Water Resources Research,46:W05521, DOI:10.1029/2009WR008328, 2010.

Sarinnapakorn,K., Thodsan, T., Torsi, K., Boonya-Aroonnet, S., Qin, X. (2016) Numerical Simulation of Bangkok Heavy Rainfall with Urbanization Effects. International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE2016) in conjunction with the 1st International Conference on Climate Technology and Innovation (CTI2016), November 28-30, 2016, Dusit Thani Hotel, Bangkok, Thailand.

Sarinnapakorn,K., Thodsan, T., Torsi, K., Chaowiwat, W., and Boonya-Aroonnet, S., Precipitation Data Assimilation WRFDA (4DVar) for Heavy Rainfall in Thailand, The 14th CAS-TWAS-WMO Forum, International Symposium on Coupled Data Assimilation, July 5-8, 2015, Beijing, China

Torsri, K., Wannawong, W., Sarinnapakorn, K., Boonya-Aroonnet, S., and Chitradon, R., An Application of Air-Sea Model Components in the Coupled Ocean-Atmosphere-

Wave-Sediment Transport (COAWST) Modeling System over an Indochina Peninsular Subregion: Impact of high spatiotemporal SST on WRF model in precipitation prediction, AOGS, The 11th Annual Meeting, July 28 – August 1, 2014, Sapporo, Japan.

ภาคผนวก ก

การศึกษาชุดข้อมูลประชากรโลกชนิดเปิดสำหรับพื้นที่ประเทศไทย ด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่

ภาคผนวก ก

การศึกษาชุดข้อมูลประชากรโลกชนิดเปิดสำหรับพื้นที่ประเทศไทยด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่

A Study of Open Global Population Datasets for Thailand Using Geospatial Big Data Analytics

บทคัดย่อ

ข้อมูลประชากรโลกมีความสำคัญสำหรับการวิเคราะห์วางแผนดำเนินการในทุกกิจกรรมเชิงพื้นที่ต่างๆ เนื่องจากมนุษย์เป็นศูนย์กลางและมีส่วนเกี่ยวข้องเสมอในห้วงเวลาเกือบสองทศวรรษที่ผ่านมาสถาบันต่างๆ มีความพยายามในการจัดทำข้อมูลประชากรโลกด้วยวิธีสำรวจระยะไกลและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนเพื่อให้ได้ข้อมูลประชากรโลกและปรับปรุงให้ข้อมูลมีความละเอียดทางตำแหน่งสูงขึ้นและให้เป็นปัจจุบันที่สุด ในงานวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาชุดข้อมูลประชากรโลกที่มีพัฒนาละเอียดเชิงพื้นที่สูงสุดและเป็นข้อมูลเปิด 2 ชุดคือชุดข้อมูล WorldPop (WLPP) และชุดข้อมูล Facebook/AI Population (FBAI) ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยพร้อมกันนี้ได้มีการนำมาเปรียบเทียบ ข้อมูลสถิติประชากรศาสตร์แห่งชาติเป็นข้อมูลประชากรได้จากงานสำรวจสัมมโนประชากรสรุปรวมในพื้นที่เขตการปกครองในขณะที่ข้อมูลประชากรโลกเป็นข้อมูลเชิงตำแหน่งและมีความละเอียดสูง ในงานวิจัยได้ทดลองประยุกต์ใช้โดยมีการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ Python/Geopandas มาช่วยในการวิจัยและใช้ในศึกษากรรมวิธีประมวลเพื่อให้การใช้ข้อมูลขนาดใหญ่ให้มีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยเปิดเผยให้เห็นว่าข้อมูลประชากรโลกมีคุณภาพและสามารถประยุกต์ใช้ได้ดีกว่ากว่าข้อมูลสถิติประชากรศาสตร์ และในงานวิจัยยังสรุปได้ว่าชุดข้อมูลประชากรโลกจาก Facebook/AI Population (FBAI) มีคุณภาพและความสอดคล้องกับสภาพการตั้งถิ่นฐานจริงของประชากรในพื้นที่จังหวัดต่างๆ ของประเทศโดยที่ข้อมูลประชากรโลก Facebook/AI Population มีจำนวนจุดประมาณ 14 ล้านจุดเพื่อแสดงแทนประชากรของประเทศไทยประมาณ 67 ล้านคนข้อมูล FBAI แสดงความเป็นเมือง 2.45% ในงานวิจัยยังแสดงให้เห็นการนำไปประยุกต์ตามแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่เชิงพื้นที่ที่จะเปิดโอกาสนำใช้ในด้านต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง

คำสำคัญ ข้อมูลประชากรโลกข้อมูลสถิติประชากรศาสตร์ของไทยการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่, ชุดข้อมูล Facebook/AI Population, ชุดข้อมูล WorldPop

Abstract

Global Population datasets are always needed for analysis, planning and supporting operation of nearly all kinds of activity on the Earth. In the last two decades institutions have been attempting to develop global population datasets from remote sensing technique aiming to improve coverage, spatial resolution and updating time. In this research we opt two open global population datasets namely WorldPop (WLPP) and Facebook/AI Population (FBAI). In the research we incorporated Thai demographic data from the Thai National Statistical Office (NSO) which is developed from the annual census campaign under the government management. To prove the usability of the population dataset, Geospatial Big Data tools e.g. Python/Geopandas have been used throughout the research for data processing and analytics. The research outcome has revealed the superlative quality and possibilities of open global population datasets. The Facebook/AI Population dataset (FBAI has been well modeled and represent Thai population with approximate 14 million points for the whole 67 million of population. The occupied grid implies 2.45% of populated area over Thailand. The open global population could fit well with geospatial Big Data analytics application and will more utilized in the future.

Keywords: Global Population Dataset, Thai National Population Statistic, Big Data Analytics, Facebook/AI Population Dataset, WorldPop Dataset

1. ความสำคัญของปัญหา

ข้อมูลประชากรโลกมีความสำคัญสำหรับการวิเคราะห์วางแผนดำเนินการในทุกกิจกรรม เนื่องจากมนุษย์เป็นศูนย์กลางและเกี่ยวข้องอยู่เสมอ โดยเฉพาะในปัจจุบันที่เราต้องการข้อมูลเป็นเครื่องมือในการวางแผนจัดการทรัพยากร การป้องกันและการศึกษาผลกระทบจากการประยุกต์ใช้สารสนเทศเชิงพื้นที่ในกิจกรรมต่างๆ เช่น การบริหารจัดการภาครัฐงานบรรเทาภัยพิบัติการบริหารจัดการโรคระบาดการวางแผนด้านธุรกิจการคมนาคมขนส่งและโลจิสติกเป็นต้นในห้วงเวลาเกือบสองทศวรรษที่ผ่านมา สถาบันต่างๆ มีความพยายามในการจัดทำข้อมูลประชากรโลกด้วยวิธีสำรวจระยะไกลและ

สร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนเพื่อผลิตข้อมูลประชากรโลกให้ได้ข้อมูลครอบคลุม มีความละเอียดทางตำแหน่งสูงขึ้นและให้เป็นปัจจุบันที่สุด

ข้อมูลประชากรโลกที่ได้จากเทคนิคการสำรวจระยะไกลโดยเฉพาะภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง ประกอบกับข้อมูลกายภาพอื่นๆ ที่ส่งผลต่อรูปแบบการตั้งถิ่นฐานของประชากรโลก และมีความละเอียดเชิงพื้นที่ตลอดจนมีการผลิตเผยแพร่ต่อเนื่องรายปีชุดข้อมูลในยุคแรกคือ LandScan เผยแพร่เป็นครั้งแรกในปีคศ. 1998 โดย Oak Ridge National Laboratory ประเทศสหรัฐอเมริกาและได้มีการเผยแพร่รายปีต่อเนื่องมาจนปัจจุบันเป็น LandScan Global 2019 ชุดข้อมูล LandScan แสดงข้อมูลประชากรโลกเฉลี่ยในรอบวันบนพื้นที่กริดขนาด 30x30 ฟิลิปดาหรือประมาณ 1 x 1 กิโลเมตร โดยอาศัยการรวบรวมข้อมูลสัมมโนประชากรแล้วนำมากระจายลงในพื้นที่ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่คำนึงถึงความใกล้ไกลถนนหนทางความลาดเอียงภูมิประเทศการใช้ที่ดินข้อมูลขอบเขตชายฝั่งและแสงสว่างในตอนกลางคืน ข้อมูลแสงสว่างในตอนกลางคืนได้จากการสำรวจระยะไกลและมีความสำคัญยิ่งยวดต่อการวิเคราะห์เนื่องจากมีปัจจัยสองตัวแปรคือ การใช้ที่ดินและแสงสว่างในตอนกลางคืนที่สะท้อนกิจกรรมการอยู่อาศัยของมนุษย์ ข้อมูลแสงสว่างในตอนกลางคืนตรวจจับได้จากภาพถ่ายดาวเทียม Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) นอกจากนี้ล่าสุดวิวัฒนาการวิเคราะห์ข้อมูลประชากรโลกยังมีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงในตรวจสอบและปรับแต่ง (verification and validate) ทำข้อมูลให้ถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น รายละเอียดด้านเทคนิคการจำลองแบบข้อมูลประชากรโลกสามารถหาอ่านได้ใน Dobson et.al. (2000) จากนั้นข้อมูลประชากรโลกได้มีสถาบันอื่นๆ ได้พยามจัดทำขึ้นในลักษณะเดียวกันอีกหลายสถาบัน การใช้ข้อมูลจากภาพดาวเทียมที่มีความละเอียดสูงขึ้นและมีการถ่ายภาพซ้ำในแต่ละรอบปี มีพื้นที่ครอบคลุมทั่วโลก เทคนิคการประมวลผลวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงยังมีการใช้ความสามารถรู้จำของเครื่อง (machine learning) จากวิธีการปัญญาประดิษฐ์อีกด้วย

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาชุดข้อมูลโลกที่มีพัฒนาละเอียดสูงสุดและเป็นข้อมูลเปิด 2 ชุดคือ ชุดข้อมูล WorldPop จาก University of Southamton ประเทศอังกฤษเรียกในที่นี้ว่า “WLPP” และชุดข้อมูลจาก Facebook’s AI Team เรียกในที่นี้ว่า “FBAI” ชุดข้อมูลประชากร FBAI ดูจะน่าสนใจมากเนื่องจากมีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดมาวิเคราะห์เพื่อหาส่วนของภาพว่าเป็นบ้านหรือไม่ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดย Facebook’s AI Team ได้ประมวลข้อมูลในพื้นที่ประเทศไทยเป็นครั้งแรกและเผยแพร่ในปีพศ. 2562 ที่ผ่านมา (Bonafilia, 2019)

ในพื้นที่ประเทศไทยได้มีการสำรวจสัมมโนประชากรและให้บริการในรูปแบบข้อมูลสถิติประชากรศาสตร์ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ซึ่งเป็นข้อมูลประชากรที่ใช้ในการบริหารราชการและอ้างอิงเป็นส่วนใหญ่ ข้อมูลสถิติประชากรศาสตร์ของสำนักงานสถิติแห่งชาติเรียกย่อว่า NSO

เนื่องจากข้อมูลประชากรโลกเป็นข้อมูลเชิงตำแหน่งและมีความละเอียดสูง ในงานวิจัยเปรียบเทียบมีการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ Python/Geopandas มาช่วยในวิจัยและนำมาใช้ศึกษากรรมวิธีประมวลเพื่อให้การประยุกต์ใช้มีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยเปิดให้เห็นคุณภาพที่เหนือชั้นกว่าข้อมูลสถิติประชากรศาสตร์และยังได้ให้แนวทางเลือกใช้ชุดข้อมูลประชากรโลก ในงานวิจัยยังมีการศึกษาประยุกต์ตามแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่เชิงพื้นที่ (geospatial big data analytic) อีกด้วย

2. ขอบเขตงานวิจัย

ชุดข้อมูลประชากรโลกชนิดเปิดสำหรับพื้นที่ประเทศไทยในงานวิจัยนี้มี 2 ชุดคือ FBAI และ WLPP ส่วนข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ (สสช.) เรียกว่า NSO สสช. เป็นองค์กรหลักในการบริหารจัดการระบบสถิติเพื่อการพัฒนาประเทศสสช. ได้ให้บริการออนไลน์ระบบสถิติทางการทะเบียนสามารถเรียกดูจำนวนประชากรแยกรายอายุทั่วประเทศหากเรียกดูสรุปข้อมูลแยกรายอายุทั่วประเทศเดือนธันวาคมพ.ศ. 2561 เรียกว่าชุดข้อมูล NSO มีประชากรรวม 66,413.979 คน ซึ่งปรากฏสถิติในรายละเอียดดังภาพต่อไปนี้

จำนวนประชากรแยกรายอายุ ทั่วประเทศ

เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2561

ลักษณะข้อมูล	ชาย	หญิง	รวม
แยกตามเพศ	32,556,271	33,857,708	66,413,979
แยกตามลักษณะสถานะของบุคคล			
- ผู้ที่มีสัญชาติไทย และมีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้าน	31,689,714	33,127,160	64,816,874
-ผู้ที่ไม่ได้สัญชาติไทย และมีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้าน	365,797	334,875	700,672
-ผู้ที่มีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านกลาง (ทะเบียนซึ่งผู้อำนวยการทะเบียนกลางกำหนดให้จัดทำขึ้นสำหรับ ลงรายการบุคคลที่ไม่อาจมีชื่อในทะเบียนบ้าน)	403,401	339,015	742,416
-ผู้ที่อยู่ระหว่างการย้าย (ผู้ที่ย้ายออกแต่ยังไม่ได้ย้ายเข้า)	97,359	56,658	154,017

ภาพที่ 1 ระบบสถิติของสสชแสดงจำนวนประชากรเดือนธันวาคม 2561

ในงานวิจัยนี้ในขั้นแรกได้รวบรวมชุดข้อมูลประชากรโลก FBAI และ WLPP พร้อมกับชุดข้อมูลประชากรศาสตร์ของสสช. (NSO) เพื่อการเปรียบเทียบ แล้วนำมาเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ geopandas/Python ข้อมูลชุดข้อมูลประชากรศาสตร์ทั้งสามสามารถสรุปคุณลักษณะที่สำคัญได้ในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะสำคัญของข้อมูลประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ชุดข้อมูล	**NSO**	**FBAI**	**WLPP**
พื้นที่ครอบคลุม	เฉพาะประเทศไทย	บางประเทศรวมประเทศไทย	ทุกประเทศในโลก
ปีที่สรุปข้อมูล	สิ้นสุด 31 ธ.ค. 2561	1 มิ.ย. 2562	ล่าสุดปีพ.ศ. 2563 (คศ. 2010) แต่ยังมีคศ. 2015 และ 2020
วิธีการรวบรวม	สรุปจากฐานข้อมูลทะเบียนราษฎร์กรมการปกครองกระทรวงมหาดไทย	ได้จากการประเมินภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงและข้อมูลประชากรศาสตร์ ผลิตเป็นข้อมูลกริดประชากรทุกๆ 1 ฟิลิปดา (~30 เมตร) แยกประชากรชาย-หญิง (men , women)	ได้จากการประเมินภาพถ่ายดาวเทียมหลายประเภทผนวกรวมกับข้อมูลประชากรศาสตร์และข้อมูลประกอบอื่นๆ ข้อมูลแล้วทำนายด้วยเทคนิค RandomForest แล้วผลิตเป็นกริดทุกๆ 100 เมตรในรูปแบบ people per pixel (ppp) people per hectare (pph), พร้อมปรับลด UNadj
รูปแบบการจัดเก็บ	ฐานข้อมูลตัวเลขรายตำบล อำเภอและจังหวัด	ข้อมูลกริดรูปแบบ GeoTIFF แต่ละกริดแสดงจำนวนประชากรมีจุดทศนิยม และข้อมูล CSV ประกอบด้วยค่าพิกัดแลติจูด, ค่าพิกัดลองกิจูดและจำนวนประชากร	ข้อมูลกริดรูปแบบ GeoTIFF แต่ละกริดแสดงจำนวนประชากรมีจุดทศนิยม (แล้วแปลงเป็นข้อมูล CSV ประกอบด้วยค่าพิกัดแลติจูด, ค่าพิกัดลองกิจูดและจำนวนประชากร)
จำนวนจุดแสดงตำแหน่ง	(77จังหวัด)	14,077,981	61,412,590

ประชากร			
จำนวนประชากรรวม	66,413,979	67,892,908	67,823,103

ในงานวิจัยนี้จะมีการวิเคราะห์จำนวนประชากรในพื้นที่หน่วยย่อยลงไปอีกในระดับจังหวัด ในการตรวจนับประชากรรายจังหวัดสำหรับชุดข้อมูล FBAI และ WLPP ได้เลือกใช้ข้อมูลแผนที่เขตการปกครองจังหวัดเผยแพร่โดยคณะกรรมการภูมิสารสนเทศแห่งชาติและเรียกชื่อในที่นี้ว่า FGDS_Prov แล้วนำจำนวนประชากรรายจังหวัดไปเปรียบเทียบกับชุดข้อมูล NSO

แม้ว่าข้อมูลประชากร WLPP ที่มาในรูปแบบกริด GeoTIFF พบว่า สามารถอ่านได้สะดวกด้วย Python/Rasterio แต่เนื่องไฟล์มีขนาดใหญ่และเมื่ออ่านไปแล้วต้องการนำไปประยุกต์ใช้แบบ Geospatial Bigdata ในงานวิจัยจึงได้ทำการแปลงข้อมูลกริดให้เป็น CSV ให้มีรูปแบบเช่นเดียวกันกับ FBAI จากนั้นทำการอ่านเข้าวิเคราะห์ด้วย pandas.read_csv() เพื่อให้ได้แบบจำลองในซอฟต์แวร์เป็น Geodataframe และประหยัดเวลาในการพัฒนาซอฟต์แวร์ผลที่ได้คือในการอ่านข้อมูลประชากร FBAI ได้ 14,077,981 จุดและ WLPP ได้ 61,412,590 จุดหรือกล่าวได้ว่า WLPP มีจำนวนจุดมากกว่า FBAI ถึง 4.36 เท่าหรือสรุปได้ว่าจำนวนจุดประชากรจากแบบจำลอง WLPP มีการกระจายตัวมากกว่า FBAI

ในการวิเคราะห์ความเป็น “เมือง” หากเรานิยามว่า “เมือง” คือพื้นที่ใดที่มีประชากรอาศัยอยู่ หรือในที่นี้คือการที่ข้อมูลกริดประชากรที่มีค่ามากกว่าศูนย์ดังนั้นหากใช้พื้นที่ประเทศไทย 513,120 ตร.กม. (http://th.wikipedia.org/wiki/ประเทศไทย) ในตารางต่อไปนี้สรุปคุณลักษณะทางสถิติของชุดข้อมูล FBAI และ WLPP พร้อมพื้นที่ความเป็นเมืองสำหรับประเทศไทย

ตารางที่ 2 แสดงสถิติโดยสรุปของข้อมูลกริดประชากรและพื้นที่ความเป็นเมืองของประเทศไทย

ชุดข้อมูล	FBAI	WLPP
สถิติโดยสรุปของกริดประชากร	count 14,092,083 mean 4.822520 std 3.995502 min 0.824457 25% 3.228478	count 61,437,580 mean 1.104503 std 5.715376 min 0.001774 25% 0.171943

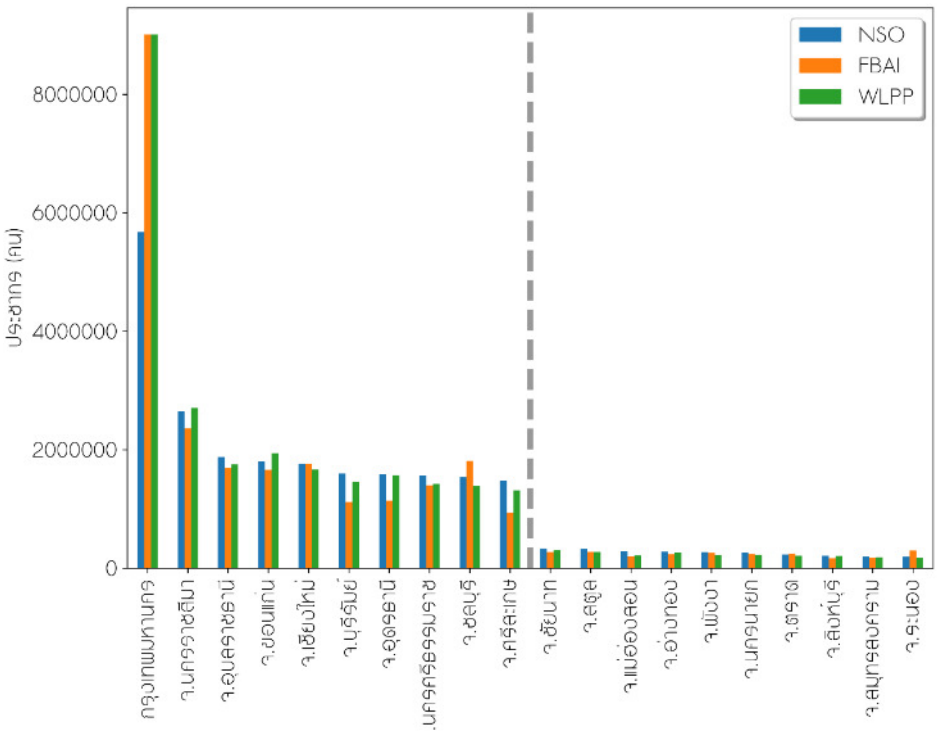
	50% 3.820553 75% 4.782141 max 61.878041	50% 0.502517 75% 0.953835 max 812.584717
พื้นที่กริดข้อมูล	30 เมตร x 30 เมตร	~100 เมตร x ~100 เมตร
จำนวนกริดในประเทศไทย	570 ล้านจุด	51 ล้านจุด
พื้นที่เมือง (%)	2.45 %	100 % (ทุกจุดทั่วประเทศไทย)

3. ผลการวิจัยเปรียบเทียบ

3.1 จำนวนประชากรรายจังหวัด

ในแรกจะเป็นการปรับจำนวนประชากรรวมทั้ง 3 ชุดข้อมูลให้เท่ากันเนื่องจากข้อมูลทั้งสามชุด NSO, FBAI และ WLPP มีความเหลื่อมกันด้านเวลาคือเป็นสรุปจำนวนประชากรจากพ.ศ. 2561, 2562 และ 2563 อีกทั้งจำนวนประชากรรวมเป็น 66,413,979 คน สำหรับ NSO ส่วนข้อมูลประชากรโลกจาก FBAI และ WLPP นั้นใกล้เคียงกันมากคือ 67,892,908 คน และ 67,823,103 คน ดังนั้น งานวิจัยจึงได้ทำการปรับลดจำนวนประชากรของ FBAI และ WLPP เป็นสัดส่วน 66,413,979/67,892,908 และสัดส่วน 66,413,979/67,823,103 สำหรับการวิเคราะห์จำนวนประชากรรายจังหวัดให้ข้อมูลทั้งสามชุด NSO, FBAI และ WLPP มีจำนวนประชากรรวมเท่ากัน

เมื่อนำข้อมูลขอบเขตจังหวัด FGDS_Prov มาทำการซ้อนทับและคัดกรองตามพื้นที่จังหวัดทำให้ได้จุดแสดงแทนประชากรในการรวมจำนวนประชากรในแต่ละจังหวัดสรุปจำนวนประชากรายจังหวัดที่ได้จากชุดข้อมูล NSO WLPP และ FBAI ดูได้จาก**ภาพผนวก ก สรุปจำนวนประชากรและผลต่างระหว่างชุดข้อมูล NSO, FBAI และ WLPP** หากนำ 5 จังหวัดแรกที่มีประชากรมากที่สุดและอีก 5 จังหวัดแรกที่มีประชากรน้อยที่สุดสามารถเปรียบเทียบได้ดังกราฟแท่งต่อไปนี้



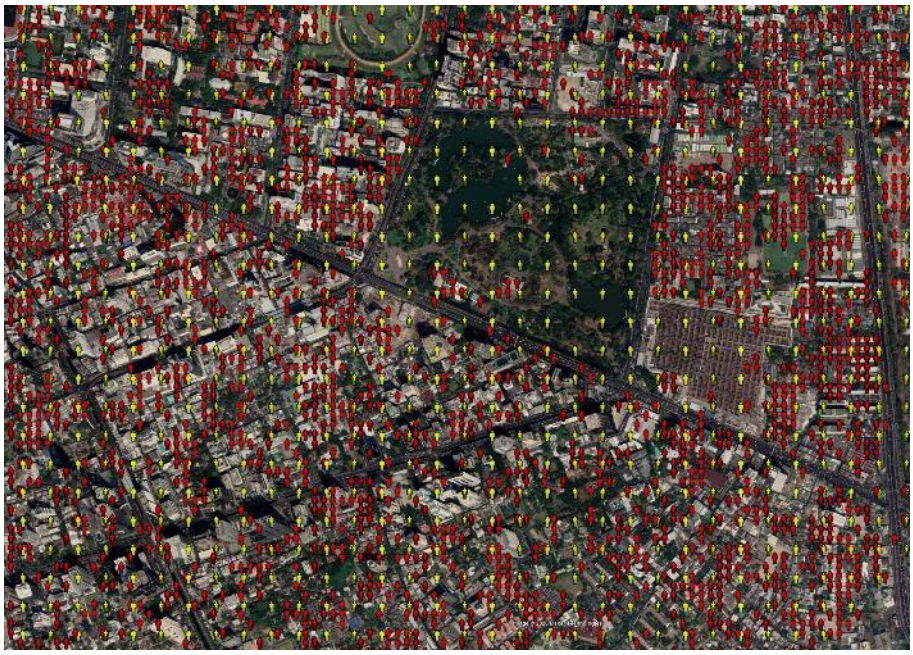
ภาพที่ 2 เปรียบเทียบจำนวนประชากรรายจังหวัดจากชุดข้อมูล NSO, FBAI และ WLPP

จากการเปรียบเทียบพบว่าประชากรจากข้อมูลประการโลกมีตัวเลขไม่ต่างกันมากนันแต่หากเปรียบเทียบกับประชากรจากสำนักสถิติแห่งชาติแตกต่างกันมาก และมีลักษณะเกิดขึ้นในเมืองใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานคร FBAI มีประชากรมากกว่า NSO เป็น +58.7% ซึ่งอาจเป็นลักษณะที่คาดเดาว่ากทม. มี “ประชากรแฝง” มาก อีกตัวอย่างเมืองที่มีแรงงานต่างชาติพำนักอาศัยอยู่จำนวนมาก เช่น สมุทรสาคร ประชากรจาก FBAI มีจำนวนมากกว่าสถิติ NSO ถึง +100.8% จำนวนประชาการที่แตกต่างกันนี้สมมุติฐานน่าจะเป็นจำนวนประชาแฝงที่เกิดจากการย้ายถิ่นฐานแต่ไม่ได้ย้ายจดแจ้งในทะเบียนราษฎร์หรือเกิดจากแรงงานอพยพต่างด้าวจำนวนมาก ตัวเลขแสดงความแตกต่างของประชากร NSO FBAI และ WLPP รายละเอียดดูได้จากตารางใน*ภาคผนวก ก สรุปจำนวนประชากรและผลต่างระหว่างชุดข้อมูล NSO, FBAI และ WLPP*

3.2 การกระจายจุดแสดงจำนวนประชากร

เมื่อพิจารณาการกระจายจุดแสดงจำนวนประชากรจากชุดข้อมูล FBAI และ WLPP ข้อมูล FBAI มีจุดที่หนาแน่นกว่าด้วยระยะห่างจุดทุกๆ 30 เมตร ในขณะที่ข้อมูล WLPP มีระยะห่างจุดทุกๆ 100 เมตร ในตัวอย่างต่อไปนี้แสดงข้อมูลในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน โดยเมื่อนำข้อมูลจากทั้งสอง

แหล่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 2 x 3 ตารางกิโลเมตร ในพื้นที่ทิศเหนือของถนนพระราม 4 ประกอบด้วยพื้นที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์สวนสาธารณะลุมพินี พื้นที่โรงงานยาสูบและพื้นที่อยู่อาศัยและการพาณิชย์ต่างด้านทิศใต้ของถนนพระราม 4 และดูเหมือนว่าการในภาพแสดงตัวอย่างของจุดแสดงแทนข้อมูลประชากรจาก FBAI (ไอคอนสีแดง) จะเห็นได้ว่าตำแหน่งของจุดที่แสดงแทนประชากรสอดคล้องกับพื้นที่ของบ้านเรือนอาคาร ในขณะที่ข้อมูล WLPP (ไอคอนสีเหลือง) กระจายทั่วเต็มพื้นที่และรวมถึงพื้นที่สวนสาธารณะ เช่น มีศักยภาพและมีความสะดวกในการนำไปใช้วิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่นๆ และในภาพนี้ก็สอดคล้องกับจำนวนนับจุดแสดงแทนประชากรในชุด WLPP มีจำนวนจุดมากกว่า FBAI ถึง 4.36 เท่า



ภาพที่ 3 แสดงจุดข้อมูล FBAI และWLPPในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน

4. การวิจัยประยุกต์ใช้ Big Data Analytics

สำหรับชุดข้อมูลประชากร FBAI และ WLPP เป็นข้อมูลขนาดใหญ่มีหลายสิบล้านเรคคอร์ดในรูปแบบ zipped CSV และ GeoTIFF ในรูปแบบแรสเตอร์หรือข้อมูลกริด (gridded data) จากการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลที่ตั้งประชากรน่าจะเป็นลักษณะข้อมูลกริดมีช่องว่างมาก (sparse gridded data) ดังนั้นข้อมูลประชากรสมควรที่จะคัดกรองใช้งานเฉพาะกริดที่มีประชากรเท่านั้น ในตัวอย่างประเทศที่ที่พื้นที่ป่าเขาพื้นที่สูงชันต่างๆ พื้นที่น้ำและแหล่งน้ำพื้นที่สวนสาธรณะไม่จำเป็นและไม่น่าที่จะต้องมีข้อมูลจุดหรือกริดแสดงแทนประชากร ดังนั้นในการวิจัยจึงเตรียมข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในรูปแบบ zipped CSV กริดใดมีประชากรเป็นศูนย์ก็ไม่ต้องจัดเก็บ

สำหรับ FBAI ข้อมูลประชากรมีการจำแนกเป็นชายหญิง (men/women) อีกด้วย ดังนั้นในการประยุกต์ใช้ทั่วไปอาจจะต้องอ่านจำนวนประชากรทั้งสองเพศแล้วนำมารวมกัน ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ภาษา Python เป็นเครื่องมือในการอ่านข้อมูลเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์แล้ววิเคราะห์หรือประยุกต์ใช้ต่างๆ ในปัจจุบันวิทยาการข้อมูล (data science) ก้าวหน้าไปมากโดยเฉพาะเมื่อการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (big data analytics) ดังนั้นงานวิจัยพบว่าข้อมูลชนิด Zipped CSV สามารถอ่านเข้าได้ง่ายรวดเร็วและสะดวกกว่าข้อมูลกริดแรสเตอร์ และด้วยเหตุผลข้อมูลที่ตั้งประชากรน่าจะเป็นลักษณะข้อมูลกริดมีช่องว่างมากที่กล่าวมาแล้ว

ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการใช้งานข้อมูล FBAI และ WLPP ไปพร้อมๆ กันได้โดยง่าย งานวิจัยจึงใช้ซอฟต์แวร์ไลบรารี่เดียวกันเข้าถึงได้สะดวกทั้งสองข้อมูล ในงานวิจัยจึงทำการแปลงค่าของประชากรในกริดของ WLPP และผลิตเป็น Zipped CSV เช่นเดียวกันกับ FBAI ข้อมูลตัวอย่างปรากฏในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างข้อมูล zip CSV จากชุดข้อมูล FBAI และ WLP

ชุดข้อมูล Zipped CSV จาก FBAI (men)	**ชุดข้อมูล Zipped CSV จาก WLPP**
latitude,longitude,population	latitude,longitude,population
8.7193056,99.7901389,1.798162	20.4645491,99.9605243,1.148018
8.7223611,99.79375,1.798162	20.4637158,99.9555245,1.187064
8.8495833,99.6181944,1.798162	20.4637158,99.9563578,1.187016
8.8743056,99.6231944,1.798162	20.4637158,99.9571911,1.165497
8.7190278,99.7868056,1.798162	20.4637158,99.9580244,1.160803
...	...

การเลือกใช้ภาษา Python เพราะเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลนาดใหญ่ข้อมูล Zipped CSV จะถูกอ่านข้อมูลเข้าด้วยไลบรารี่ pandas read_csv() ที่มีประสิทธิภาพมีออฟชั่นให้เลือกใช้มากมายและอ่านเข้าได้รวดเร็วเมื่ออ่านเข้าไปแล้วโปรแกรมวิเคราะห์จะสร้างวัตถุ GeoDataFrame() จากฟังก์ชันใน Pandas/GeoPandas ในการสร้างวัตถุ GeoDataFrame จากข้อมูล Point geometry จะมีฟังก์ชันช่วยคือ points_from_xy()

เมื่อข้อมูลจุดประชากรปรากฏอยู่ในรูปแบบ GeoDataFrame เราสามารถที่ประยุกต์ใช้ในแนวคิดของ big data analytic ได้ง่ายและสดวกมากการประยุกต์ใช้ที่พบบ่อยคือการเชื่อมโยงเชิงพื้น (spatial join) ซึ่งแนวคิดนี้ในการวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศก็คือการวิเคราะห์การซ้อนทับกันเชิงพื้นที่ (spatial overlaying) นั่นเองโดย GeoDataFrame ก็จะมีฟังก์ชันอำนวยความสดวกในการทบซ้อนกันเชิงพื้นที่คือฟังก์ชัน geopandas.sjoin() โดยมีรูปแบบการใช้ดังนี้

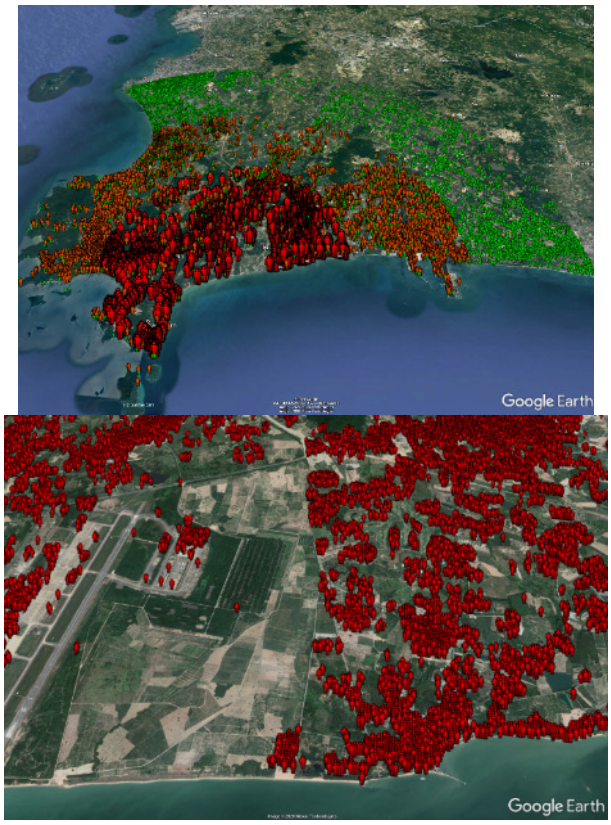
```
geopandas.sjoin(left_df, right_df, how='inner', op='intersects', lsuffix='left', rsuffix='right')
```

นอกจากนั้นการประยุกต์ใช้อาจจะต้องใช้การวิเคราะห์เรขาคณิตการสร้างวัตถุเรขาคณิต เช่น Point, Linestring, Polygon ในการนี้ python มีไลบรารี่จัดการข้อมูลวัตถุเรขาคณิต shapely ไว้ให้เรียกใช้งานได้

5. ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน

จากการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลประชากรโลก FBAI มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงกว่า WLPP อีกทั้งจำนวนจุดแสดงตำแหน่งประชากรของ FBAI ก็มีน้อยกว่า WLPP ถึง 4.36 เท่าทำให้โปรแกรมวิเคราะห์หรือโปรแกรมประยุกต์อ่านได้รวดเร็วและวิเคราะห์ต่อเนื่องได้ดีกว่าในการประยุกต์ใช้งานจึงได้เลือกใช้ FBAI ในการวิจัยประยุกต์ใช้ต่อมา

ตัวอย่างหนึ่งในการใช้ข้อมูลประชากรศาสตร์จากการปฏิวัติข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) นี้ เช่น ชุดข้อมูลประชากร FBAI อาจนำมาใช้ในการศึกษาวางแผนการจัดทำแผนแม่บทมหานครการบินภาคตะวันออกแบบบูรณาการ ในตัวอย่างการวางแผนครั้งนี้กำหนดพื้นที่ที่ต้องวิเคราะห์ 30 กม x 30 กม โดยรอบสนามบินอู่ตะเภาข้อมูลในด้านประชากรศาสตร์ FBAI มีค่าพิกัดในตัวเอง ดังนั้นข้อมูลสามารถนำไปบูรณาการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานและสาธารณูปโภคสาธารณูปการ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลแผนที่กรรมสิทธิ์ที่ดิน ข้อมูลโครงข่ายคมนาคม ข้อมูลผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวมไปจนถึงข้อมูลเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ในตัวอย่างเป็นการวิเคราะห์จำนวนประชากรที่เกี่ยวข้องการพัฒนาเมืองใหม่รอบสนามบินอู่ตะเภา ในภาพจะเห็นถึงความแม่นยำถูกต้องของประชาชนที่มีที่ตั้งบ้านเรือนกระจัดกระจายในพื้นที่โดยรอบสนามบินอู่ตะเภา



ภาพที่ 4 การกระจายประชากรในรัศมี 10 , 20 และ 30 กิโลเมตร ปรากฏเป็นสีแดงสีส้มและสีเขียว

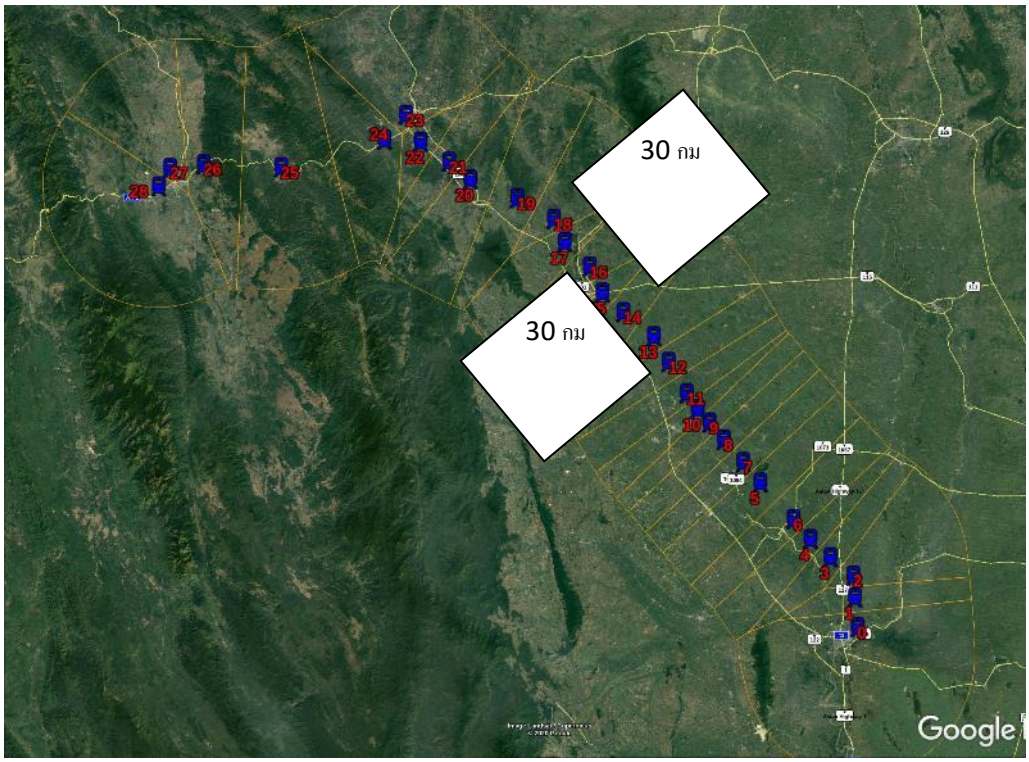
โดยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ที่ตั้งและการกระจายประชากรในรัศมี 10 , 20 และ 30 กิโลเมตร โปรแกรมที่เขียนด้วย python/shapely จะสร้างเรขาคณิตของรูปวงกลมที่ได้จากฟังก์ชัน shapely.geometry.buffer() ข้อมูลเรขาคณิตของจุดที่สร้างบัฟเฟอร์จะนำไปซ้อนทับกับข้อมูลประชากร FBAI และวิเคราะห์การเกิดขึ้นพร้อมกันด้วย GeoDataFrame.sjoin() ดังกล่าวผลที่ได้จะนำไปวิเคราะห์บูรณาการต่อไปในเบื้องต้นสรุปได้ในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 จำนวนประชากรที่ตั้งอยู่ในรัศมี 10, 20 และ 30 กิโลเมตรและจำนวนบ้านเรือน *ที่มีอยู่ในกริด 30 x 30 เมตร

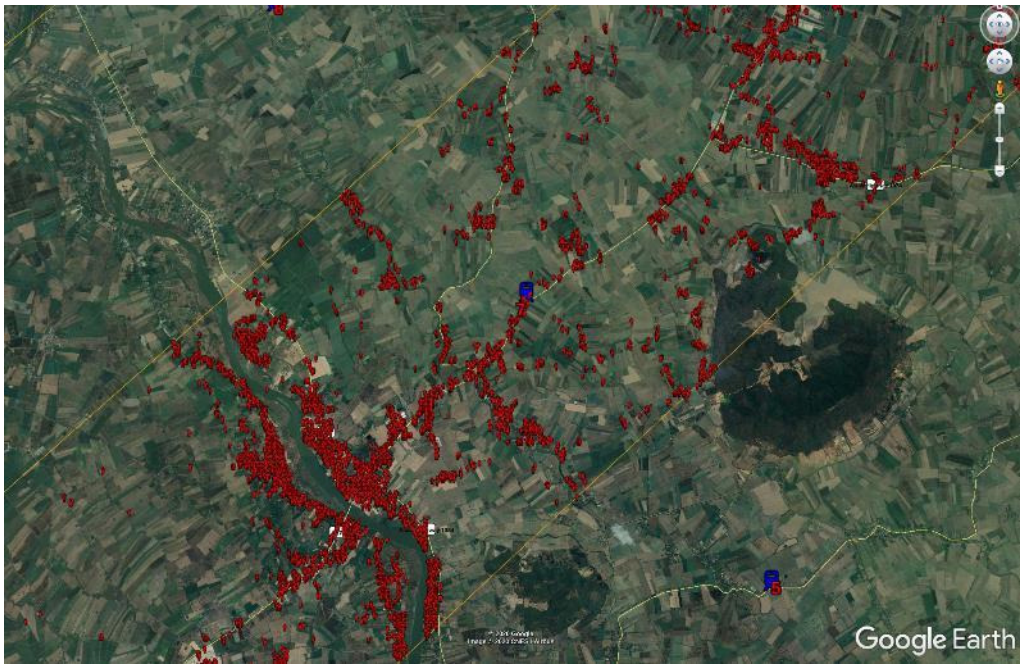
ระยะห่างจากสนามบิน	ประชากรในพื้นที่ห่างออกมาสะสม (คน)	ประชาชนเฉพาะในพื้นห่างมากขึ้น (คน)
10 กิโลเมตร	138,356	138,356
20 กิโลเมตร	390,491	252,135
30 กิโลเมตร	674,375	283,884

อีกตัวอย่างในประยุกต์ใช้ในการศึกษาออกแบบแนวเส้นทางรถไฟสายใหม่เส้นหนึ่งได้มีการกำหนดแนวเส้นทางและตำแหน่งสถานีรถไฟในเบื้องต้นไว้ หากนำสถานีทั้งหมดและแนวเส้นทางมาพล็อตบนแผนที่ภาพดาวเทียมจะปรากฏในภาพ ในการศึกษาทบทวนที่ตั้งสถานีอาจคำนึงถึงปัจจัยพิจารณาต่างๆ เช่น การรองรับการให้บริการประชาชนและการให้บริการขนส่งสินค้าการต่อเชื่อมต่อกับโครงข่ายคมนามโดยเฉพาะโครงข่ายถนนที่ต่อเชื่อมเข้ามาเพื่อป้อนผู้โดยสารและสินค้า ลักษณะภูมิประเทศกายภาพโดยรอบและผลกระทบสิ่งแวดล้อมรวมทั้งภาวะเสี่ยงภัยพิบัติต่างๆ

ปัจจัยแรกคือการรองรับการให้บริการประชาชนและการให้บริการขนส่งสินค้าน่าจะสำคัญที่สุด ในการศึกษาจึงการสร้างพื้นที่บัฟเฟอร์ (buffer) เป็นรัศมีโดยรอบจากแนวเส้นทางออกไปข้างละ 30 กม. เนื่องจากสถานีรถไฟนี้อาจรองรับการขนส่งผู้โดยสารท้องถิ่นด้วยสถานีที่วางแผนไว้จึงอยู่ห่างกันโดยประมาณ 10 กม. ในการวิเคราะห์จึงใช้วิธีการทางวิเคราะห์สร้างเส้นแบ่งครึ่งระยะทางเชื่อมทุกๆ คู่สถานี เส้นแบ่งกึ่งกลางระหว่างสถานีจะไปตัดพื้นที่บัฟเฟอร์ก่อนหน้านี้ วิธีการนี้เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการแบ่งจัดสรรทรัพยากรเชิงพื้นที่ที่เรียกว่าการสร้างรูป “voronoi” พื้นที่ในรูปหลายเหลี่ยม “voronoi” ทำให้ได้ “พื้นที่ที่สถานีจะมีศักยภาพการให้บริการประชาชนโดยรอบ”



ภาพที่ 5 พื้นที่ที่สถานีจะมีศักยภาพการให้บริการประชาชนโดยรอบ



ภาพที่ 6 ที่ตั้งของประชากรในพื้นที่ที่สถานีรถไฟมีศักยภาพในการให้บริการที่ใกล้ที่สุด

จากหลักการข้างต้นที่อธิบายมาแล้วเมื่อนำข้อมูลประชากร FBAI มาวิเคราะห์ “ศักยภาพการให้บริการ” ของแต่ละสถานีพบว่าจำนวนประชากรในพื้นที่การให้บริการในสถานีต่างๆสามารถนำไปประมาณการหาขนาดของสถานีที่แตกต่างกันเป็นขนาดต่างๆ เช่น ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ อันเนื่องมาจากประชากรที่อยู่ใกล้ๆ ในพื้นที่ให้บริการได้สดวกและข้อมูลประกอบอื่นๆ สรุปเป็นตัวอย่างได้ดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงชื่อสถานีรถไฟจำนวนประชากรที่อยู่ในพื้นที่ให้บริการและชนาดสถานี

หมายเลข	ชื่อสถานี	จำนวนประชากร	ขนาดสถานี
0	สถานีบึงเสนา	271,837	large
1	สถานีบ้านมะเกลือ	36,768	small
2	สถานีมหาโพธิ์	75,669	large
3	สถานีห้วดง	45,660	medium
4	สถานีบางตาหงาย	45,173	medium

6. บทสรุปและแนวทางการดำเนินการต่อไป

ข้อมูลประชากรโลกมีความสำคัญสำหรับการวิเคราะห์วางแผนดำเนินการในทุกกิจกรรม เนื่องจากมนุษย์เป็นศูนย์กลางและเกี่ยวข้องเสมอในห้วงเวลาเกือบสองทศวรรษที่ผ่านมาสถาบันต่างๆ มีความพยายามในการจัดทำข้อมูลประชากรโลกด้วยวิธีสำรวจระยะไกลและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ที่ซับซ้อนเพื่อให้ได้ข้อมูลประชากรโลกและปรับปรุงให้ข้อมูลมีความละเอียดทางตำแหน่งสูงขึ้นและให้เป็นปัจจุบันที่สุด และล่าสุดทีมวิจัย Facebook AI Team ได้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงมาวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้จำของเครื่อง (machine learning) ทำให้ได้ข้อมูลประชาระดับหลังคาเรือนแต่เผยแพร่ในรูปแบบกริดเฉลี่ยนขนาด 30 เมตร x 30 เมตร ในงานวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาชุดข้อมูลโลกที่มีพัฒนาละเอียดสูงสุดและเป็นข้อมูลเปิด 2 ชุดคือชุดข้อมูล WorldPop (WLPP) และชุดข้อมูล Facebook/AI Population (FBAI) ในพื้นที่ประเทศไทยพร้อมกันได้มีการนำข้อมูลสถิติประชากรศาสตร์ของสำนักงานสถิติแห่งชาติมาเปรียบเทียบข้อมูลสถิติประชากรศาสตร์แห่งชาติเป็นข้อมูลประชากรได้จากงานสำรวจสัมมโนประชากร

ข้อมูลประชากรโลกที่ได้เป็นข้อมูลเชิงตำแหน่งและมีความละเอียดสูงและมีลักษณะเป็น sparse data เนื่องจากการตั้งถิ่นฐานไม่สม่ำเสมอและมีพื้นบนโลกอีกเป็นจำนวนมากที่ไม่เหมาะกับการตั้งถิ่นฐาน ดังนั้นหากต้องการแสดงประชากรโลกด้วยแบบจำลองข้อมูลกริด (gridded data) จึงอาจกล่าวได้ว่าข้อมูลประชากรโลกเป็นข้อมูลมีช่องว่างมาก (sparse gridded data) ในงานวิจัยพบว่าข้อมูลประชากรจาก FBAI มีตำแหน่งของจุดที่แสดงแทนประชากรสอดคล้องกับพื้นที่ของบ้านเรือนอาคารมากกว่าข้อมูล WLPP ดังนั้นข้อมูล FBAI จึงมีศักยภาพและมีความสะดวกในการนำไปใช้วิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่นๆ และจำนวนนับจุดแสดงแทนประชากรในชุดก็มีจำนวนจุดไม่มากนักสำหรับประเทศไทยมีประมาณ 14 ล้านจุดสำหรับประชากรในประเทศไทย 67 ล้านคนคิดเป็นพื้นที่เมือง 2.45%

ในงานวิจัยได้มีเปรียบเทียบมีการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ Python/Geopandas และไลบรารีอื่นๆ เช่น python/shapely มาช่วยในวิจัยและนำมาใช้ศึกษากรรมวิธีประมวลเพื่อให้การประยุกต์ใช้มีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยเปิดให้เห็นว่าข้อมูลประชากรโลก FBAI มีคุณภาพและสามารถประยุกต์ใช้ได้ดีกว่ากว่าข้อมูลสถิติประชากรศาสตร์จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ และในงานวิจัยยังสรุปได้ว่าชุดข้อมูลประชากรโลกจาก Facebook/AI Population มีคุณภาพและความสอดคล้องกับสภาพการตั้งถิ่นฐานจริงของประชากรในพื้นที่จังหวัดต่างๆ ของประเทศในงานวิจัยยังแสดงให้เห็นการนำไปประยุกต์ตามแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่เชิงพื้นที่โดยวิธีการวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศ ที่จะเปิดโอกาสนำไปใช้ในด้านต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง

7. บรรณานุกรม

Bonafillia D., Gill J., Young D., Kirsanov D., Basu S. (2019) Building High Resolution Maps for Huminitarian Aid and Development with Weakly- and Semi-Supervised Learning, CVPR Workshop 2019,

Dobson, Jerome & Bright, E. & Coleman, P. & Durfee, R. & Worley, B.. (2000). A Global Population Database for Estimating Population at Risk. PhotogrammEng Rem Sens. 66. Jatem A.J. (2017) WorldPop, open data for spatial demography

Lloyd Christopher T., Sorichetta A., Tatem A.J. (2017) Data Descriptor : High Resolution Global Gridded Data for Use in Population Studies , SCIENTIFIC DATA

Thailand: High Resolution Population Density Maps + Demographic Estimates, visited 1 June, 2020, https://data.humdata.org/dataset/thailand-high-resolution-population-density-maps-demographic-estimates#

ภาพผนวก ก

สรุปจำนวนประชากรและผลต่างระหว่างชุดข้อมูล NSO, FBAI และ WLPP

ลำดับ	รหัส	จังหวัด	NSO	FBAI	ผลต่าง	ผลต่าง%	WLPP	ผลต่าง	ผลต่าง%
1	10	กรุงเทพมหานคร	5,676,648	9,010,640	3,333,992	(+58.7%)	9,011,724	3,335,076	(+58.8%)
2	11	จ.สมุทรปราการ	1,326,608	2,319,686	993,078	(+74.9%)	1,744,255	417,647	(+31.5%)
3	12	จ.นนทบุรี	1,246,295	1,600,344	354,049	(+28.4%)	1,444,479	198,184	(+15.9%)
4	13	จ.ปทุมธานี	1,146,092	1,773,766	627,674	(+54.8%)	1,186,693	40,601	(+3.5%)
5	14	จ.พระนครศรีอยุธยา	817,441	765,899	(51,542)	(-6.3%)	807,467	(9,974)	(-1.2%)
6	15	จ.อ่างทอง	280,840	233,756	(47,084)	(-16.8%)	261,281	(19,559)	(-7.0%)
7	16	จ.ลพบุรี	758,733	753,526	(5,207)	(-0.7%)	744,969	(13,764)	(-1.8%)
8	17	จ.สิงห์บุรี	209,377	164,991	(44,386)	(-21.2%)	202,145	(7,232)	(-3.5%)
9	18	จ.ชัยนาท	328,263	271,294	(56,969)	(-17.4%)	304,694	(23,569)	(-7.2%)
10	19	จ.สระบุรี	645,024	766,478	121,454	(+18.8%)	628,227	(16,797)	(-2.6%)
11	20	จ.ชลบุรี	1,535,445	1,809,461	274,016	(+17.8%)	1,385,952	(149,493)	(-9.7%)
12	21	จ.ระยอง	723,316	962,486	239,170	(+33.1%)	618,031	(105,285)	(-14.6%)
13	22	จ.จันทบุรี	536,496	466,613	(69,883)	(-13.0%)	478,992	(57,504)	(-10.7%)
14	23	จ.ตราด	229,914	245,051	15,137	(+6.6%)	207,938	(21,976)	(-9.6%)
15	24	จ.ฉะเชิงเทรา	715,009	737,602	22,593	(+3.2%)	625,582	(89,427)	(-12.5%)
16	25	จ.ปราจีนบุรี	491,640	603,478	111,838	(+22.7%)	442,296	(49,344)	(-10.0%)
17	26	จ.นครนายก	260,093	239,767	(20,326)	(-7.8%)	225,441	(34,652)	(-13.3%)
18	27	จ.สระแก้ว	564,092	555,966	(8,126)	(-1.4%)	488,931	(75,161)	(-13.3%)
19	30	จ.นครราชสีมา	2,646,401	2,363,528	(282,873)	(-10.7%)	2,706,739	60,338	(+2.3%)
20	31	จ.บุรีรัมย์	1,594,850	1,116,226	(478,624)	(-30.0%)	1,461,569	(133,281)	(-8.4%)
21	32	จ.สุรินทร์	1,397,857	979,586	(418,271)	(-29.9%)	1,275,365	(122,492)	(-8.8%)
22	33	จ.ศรีสะเกษ	1,473,011	932,065	(540,946)	(-36.7%)	1,312,994	(160,017)	(-10.9%)
23	34	จ.อุบลราชธานี	1,874,548	1,687,376	(187,172)	(-10.0%)	1,755,752	(118,796)	(-6.3%)
24	35	จ.ยโสธร	538,729	433,677	(105,052)	(-19.5%)	491,323	(47,406)	(-8.8%)
25	36	จ.ชัยภูมิ	1,138,777	858,255	(280,522)	(-24.6%)	1,051,564	(87,213)	(-7.7%)
26	37	จ.อำนาจเจริญ	378,621	240,664	(137,957)	(-36.4%)	334,862	(43,759)	(-11.6%)
27	38	จ.บึงกาฬ	423,940	330,516	(93,424)	(-22.0%)	356,050	(67,890)	(-16.0%)
28	39	จ.หนองบัวลำภู	512,117	462,388	(49,729)	(-9.7%)	444,020	(68,097)	(-13.3%)
29	40	จ.ขอนแก่น	1,805,895	1,658,604	(147,291)	(-8.2%)	1,940,177	134,282	(+7.4%)
30	41	จ.อุดรธานี	1,586,666	1,138,414	(448,252)	(-28.3%)	1,566,563	(20,103)	(-1.3%)
31	42	จ.เลย	642,773	490,637	(152,136)	(-23.7%)	563,129	(79,644)	(-12.4%)
32	43	จ.หนองคาย	522,103	421,338	(100,765)	(-19.3%)	475,918	(46,185)	(-8.8%)
33	44	จ.มหาสารคาม	963,047	733,999	(229,048)	(-23.8%)	851,311	(111,736)	(-11.6%)
34	45	จ.ร้อยเอ็ด	1,307,208	964,160	(343,048)	(-26.2%)	1,238,414	(68,794)	(-5.3%)
35	46	จ.กาฬสินธุ์	985,346	740,291	(245,055)	(-24.9%)	907,648	(77,698)	(-7.9%)
36	47	จ.สกลนคร	1,152,282	852,429	(299,853)	(-26.0%)	1,015,527	(136,755)	(-11.9%)
37	48	จ.นครพนม	718,786	512,982	(205,804)	(-28.6%)	633,334	(85,452)	(-11.9%)
38	49	จ.มุกดาหาร	352,282	362,937	10,655	(+3.0%)	298,471	(53,811)	(-15.3%)
39	50	จ.เชียงใหม่	1,763,742	1,765,763	2,021	(+0.1%)	1,666,210	(97,532)	(-5.5%)
40	51	จ.ลำพูน	405,955	421,982	16,027	(+3.9%)	383,363	(22,592)	(-5.6%)

ภาพผนวก ก

สรุปจำนวนประชากรและผลต่างระหว่างชุดข้อมูล NSO, FBAI และ WLPP (ต่อ)

ลำดับ	รหัส	จังหวัด	NSO	FBAI	ผลต่าง	ผลต่าง%	WLPP	ผลต่าง	ผลต่าง%
41	52	จ.ลำปาง	742,883	669,591	(73,292)	(-9.9%)	752,644	9,761	(+1.3%)
42	53	จ.อุตรดิตถ์	455,403	404,539	(50,864)	(-11.2%)	445,685	(9,718)	(-2.1%)
43	54	จ.แพร่	445,090	440,414	(4,676)	(-1.1%)	467,711	22,621	(+5.1%)
44	55	จ.น่าน	478,989	453,721	(25,268)	(-5.3%)	444,247	(34,742)	(-7.3%)
45	56	จ.พะเยา	475,215	362,847	(112,368)	(-23.6%)	457,303	(17,912)	(-3.8%)
46	57	จ.เชียงราย	1,292,130	1,136,531	(155,599)	(-12.0%)	1,318,389	26,259	(+2.0%)
47	58	จ.แม่ฮ่องสอน	282,566	197,881	(84,685)	(-30.0%)	217,097	(65,469)	(-23.2%)
48	60	จ.นครสวรรค์	1,063,964	900,678	(163,286)	(-15.3%)	1,002,759	(61,205)	(-5.8%)
49	61	จ.อุทัยธานี	329,433	279,849	(49,584)	(-15.1%)	294,501	(34,932)	(-10.6%)
50	62	จ.กำแพงเพชร	727,807	820,674	92,867	(+12.8%)	651,656	(76,151)	(-10.5%)
51	63	จ.ตาก	654,676	520,701	(133,975)	(-20.5%)	488,932	(165,744)	(-25.3%)
52	64	จ.สุโขทัย	597,257	614,032	16,775	(+2.8%)	562,841	(34,416)	(-5.8%)
53	65	จ.พิษณุโลก	866,891	929,306	62,415	(+7.2%)	820,327	(46,564)	(-5.4%)
54	66	จ.พิจิตร	539,374	512,145	(27,229)	(-5.0%)	508,300	(31,074)	(-5.8%)
55	67	จ.เพชรบูรณ์	994,540	882,609	(111,931)	(-11.3%)	908,114	(86,426)	(-8.7%)
56	70	จ.ราชบุรี	873,518	757,359	(116,159)	(-13.3%)	828,640	(44,878)	(-5.1%)
57	71	จ.กาญจนบุรี	893,151	795,317	(97,834)	(-11.0%)	756,915	(136,236)	(-15.3%)
58	72	จ.สุพรรณบุรี	848,720	797,873	(50,847)	(-6.0%)	790,941	(57,779)	(-6.8%)
59	73	จ.นครปฐม	917,053	974,887	57,834	(+6.3%)	915,589	(1,464)	(-0.2%)
60	74	จ.สมุทรสาคร	577,964	1,160,540	582,576	(+100.8%)	568,641	(9,323)	(-1.6%)
61	75	จ.สมุทรสงคราม	193,791	171,925	(21,866)	(-11.3%)	180,298	(13,493)	(-7.0%)
62	76	จ.เพชรบุรี	484,294	466,449	(17,845)	(-3.7%)	444,732	(39,562)	(-8.2%)
63	77	จ.ประจวบคีรีขันธ์	548,815	450,998	(97,817)	(-17.8%)	451,344	(97,471)	(-17.8%)
64	80	จ.นครศรีธรรมราช	1,560,433	1,398,434	(161,999)	(-10.4%)	1,421,552	(138,881)	(-8.9%)
65	81	จ.กระบี่	473,738	358,214	(115,524)	(-24.4%)	388,131	(85,607)	(-18.1%)
66	82	จ.พังงา	268,240	257,593	(10,647)	(-4.0%)	222,487	(45,753)	(-17.1%)
67	83	จ.ภูเก็ต	410,211	711,843	301,632	(+73.5%)	390,439	(19,772)	(-4.8%)
68	84	จ.สุราษฎร์ธานี	1,063,501	1,029,163	(34,338)	(-3.2%)	966,834	(96,667)	(-9.1%)
69	85	จ.ระนอง	191,868	293,619	101,751	(+53.0%)	171,613	(20,255)	(-10.6%)
70	86	จ.ชุมพร	510,963	453,336	(57,627)	(-11.3%)	471,155	(39,808)	(-7.8%)
71	90	จ.สงขลา	1,432,628	1,525,625	92,997	(+6.5%)	1,423,223	(9,405)	(-0.7%)
72	91	จ.สตูล	321,574	276,349	(45,225)	(-14.1%)	274,618	(46,956)	(-14.6%)
73	92	จ.ตรัง	643,116	566,705	(76,411)	(-11.9%)	606,440	(36,676)	(-5.7%)
74	93	จ.พัทลุง	525,044	449,074	(75,970)	(-14.5%)	456,259	(68,785)	(-13.1%)
75	94	จ.ปัตตานี	718,077	584,804	(133,273)	(-18.6%)	618,706	(99,371)	(-13.8%)
76	95	จ.ยะลา	532,326	419,868	(112,458)	(-21.1%)	485,622	(46,704)	(-8.8%)
77	96	จ.นราธิวาส	802,474	639,865	(162,609)	(-20.3%)	699,893	(102,581)	(-12.8%)
		รวม	66,413,979	66,413,979			66,413,978		

ภาคผนวก ข

แบบจำลองระดับ WorldDEM

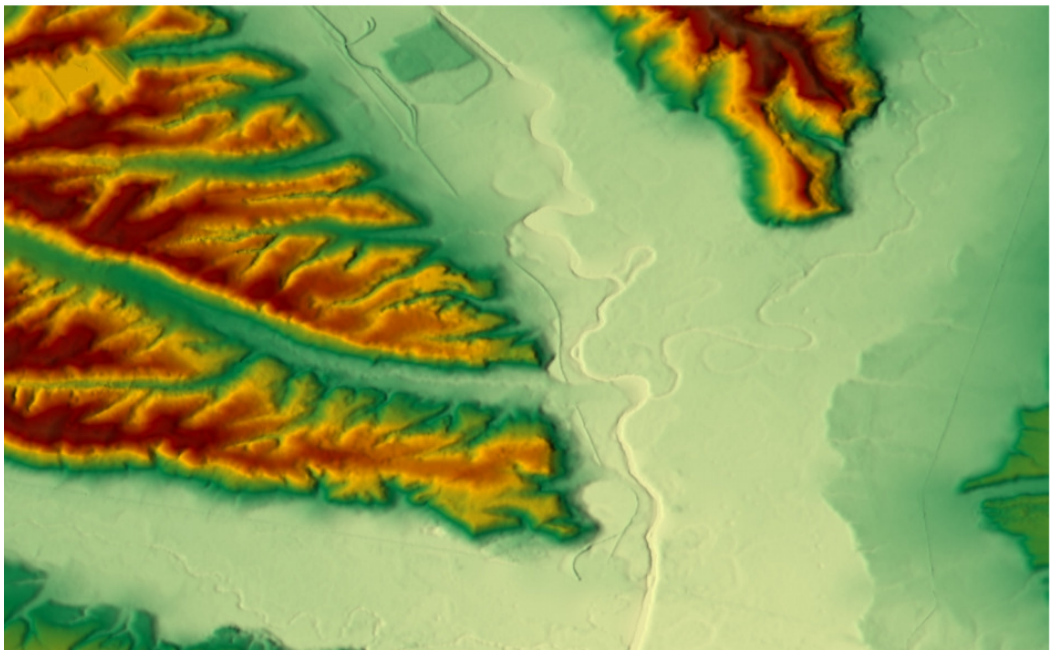
ภาคผนวก ข

แบบจำลองระดับ WorldDEM

แบบจำลองระดับ WorldDEM

แบบจำลองระดับ WorldDEM เป็นแบบจำลองระดับครอบคลุมทั่วโลกกว่า 148.5 ล้านตารางกิโลเมตร แบบจำลองระดับ WorldDEM พัฒนาต่อยอดจากผลผลิตภาระกิจดาวเทียมคู่แฝดปฏิบัติงานสำรวจโลก TanDEM-X โดยความร่วมมือ German Aerospace Center (DLR) กับบริษัท Airbus Defence and Space WorldDEM ในการประมวลผลต่อเนื่องจากข้อมูลเรดาร์ชนิด intereferometric processing เพื่อผลิตแบบจำลองพื้นผิว Digital Surface Mode : DSM ทั่วโลกด้วยความละเอียดสูง ข้อมูลเรดาร์จาก TanDEM-X ที่นำมาใช้ผลิตนี้ได้ถูกบันทึกระหว่าง เดือนมกราคม คศ. 2011 จนถึงกลางปี คศ. 2015

ข้อมูล WorldDEM ที่เลือกใช้ในการออกแบบแนวเส้นทางคือผลิตภัณฑ์ที่ Airbus ต่อยอดจากการประมวลของ DLR และเรียกชื่อผลิตภัณฑ์นี้ว่า World DTM (Digital) ผลิตภัณฑ์นี้เป็นข้อมูลแบบจำลองระดับของพื้นผิวภูมิประเทศ โดยได้มีการขจัดสิ่งปลูกสร้างและพืชพรรณปกคลุมออกไปแล้ว ในขณะเดียวกันมีความพยายามในการรักษาคุณลักษณะสำคัญของพื้นผิวภูมิประเทศ (terrain feature) เช่น แนวสันเขา ร่องลึก ร่องน้ำแนวหรือร่องน้ำที่กั้นอยู่ระหว่างพื้นภูมิประเทศที่มีความลาดเอียงพื้นที่อาจเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงข้ามอย่างฉับพลันเรียกว่า เส้นเบรคไลน์ (break-line) เส้นเบรคไลน์จะปรากฏตามแนวคันดิน ริมตลิ่งทางน้ำ ขอบหลุมเหมืองเปิด รวมไปถึงแนวคันกั้นน้ำ ขอบตลิ่งของแหล่งน้ำต่างๆ ด้วย



ภาพที่ 1 ภาพเฉดสีของแบบจำลองระดับ WorldDEM DTM

ข้อมูล WorldDTM มีระยะห่างระหว่างจุดข้อมูล 12 เมตร ความละเอียดถูกต้องทางดิ่ง ±2 เมตร ข้อมูล WorldDEM ถูกผลิตเป็นข้อมูลชนิด 32-bit floating point ระบบพิกัดอ้างอิงบนแบบจำลองโลก WGS 1984 ส่วนค่าระดับทางดิ่งได้ถูกลดทอนลงพื้นผิวยีออยด์ด้วยแบบจำลอง EGM2008 ดังนั้น ในเบื้องต้นค่าระดับที่ได้จาก WorldDTM เทียบเท่ากับระดับทะเลปานกลาง (รทก หรือ MSL)

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของ WorldDTM

Specification Parameter		Value
File Format		GeoTIFF
Data Type		32 Bit, floating
NoData Value		-32767.0
Projection		Geographic Coordinates
Coordinate Reference System	**Horizontal**	WGS84-G1150
	Vertical	EGM2008
Pixel Spacing		0.4 arcsec (approx. 12m) *)
Vertical Unit		Meter
Absolute Vertical Accuracy **) ***) ****)		< 4m (90% linear error)
Relative Vertical Accuracy **) ***) ****)		< 2m (slope ≤20%) < 4m (slope > 20%) (90% linear point-to-point error within an area of 1° x 1°)
Absolute Horizontal Accuracy **) ***) ****)		< 6m (90% circular error)

ข้อมูล WorldDTM ได้จากการรังวัดบนข้อมูลเรดาร์จากดาวเทียมจึงสัมพันธ์กับค่าระดับความสูงเหนือทรงรี (ellipsoidal height : h) ผู้ผลิตข้อมูล WorldDTM ได้ใช้แบบจำองยีออยด์ (Geoid Undulation : N) ปรับระดับให้เป็นค่าระดับออร์โทเมตริก (orthometric height : H) ดังกล่าวมาแล้ว แต่อย่างไรก็ดี แบบจำลองยีออยด์ EGM 2008 นั้นเป็นแบบจำลองคำนวณจากข้อมูลการรังวัดครอบคลุมทั่วโลก ในพื้นที่ประเทศไทยอาจมีความถูกต้องในระดับ “เมตร” เท่านั้น เมื่อไม่นานมานี้ในประเทศไทยได้ดำเนินการโครงการแบบจำลองยีออยด์ความละเอียดสูงของประเทศไทย (Thailand Geoid Model 2017 : TGM-2017) โดยกรมแผนที่ทหารร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แบบจำลองยีออยด์ TGM-2017 มีความถูกต้องได้ระดับ “5-เซนติเมตร” (Puttinpol and Duangdee, 2019)

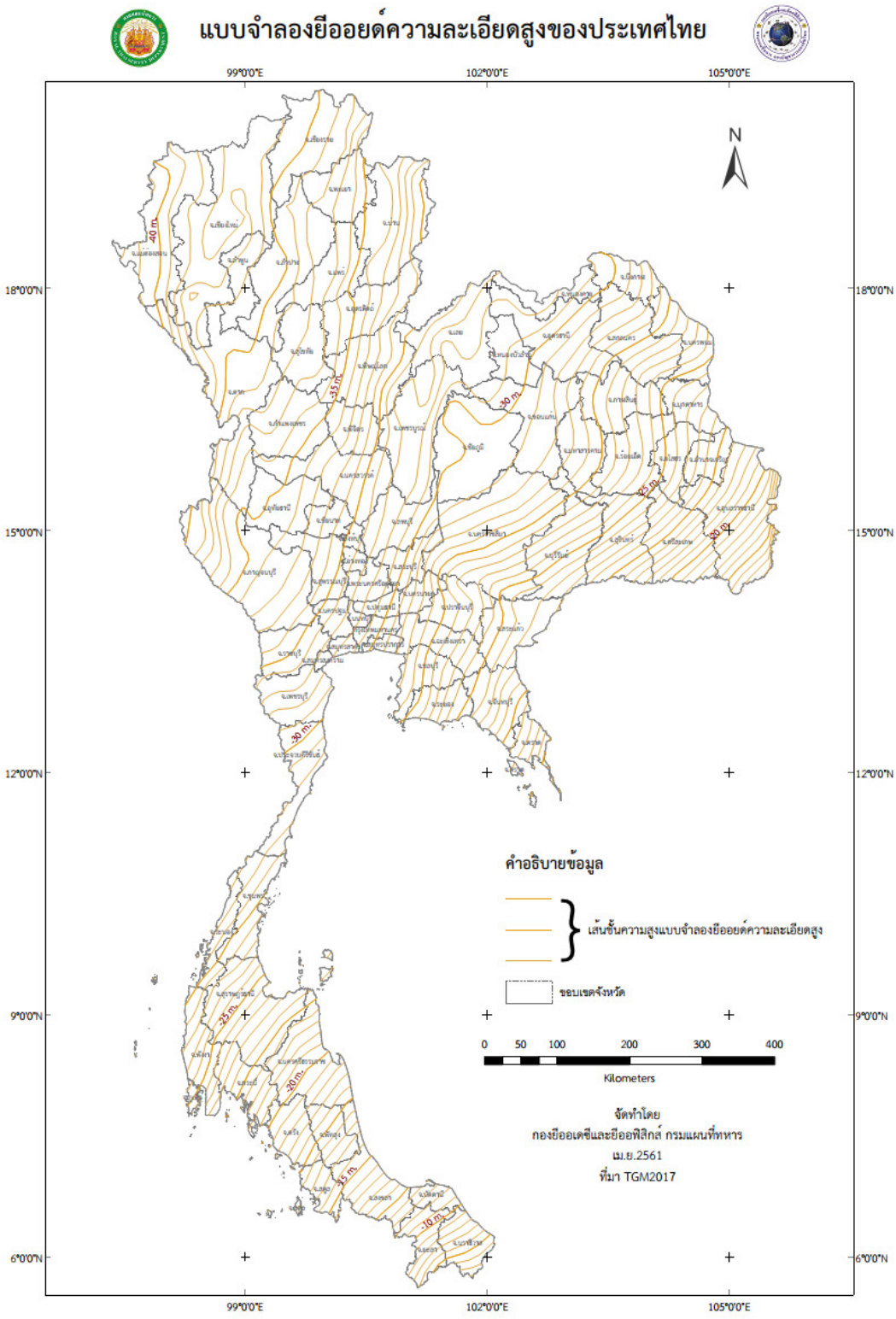
ดังนั้นที่ในโครงการฯ เพื่อการวิเคราะห์ตั้งบนพื้นฐานระดับทะเลปานกลางของไทยจึงได้ทำการปรับแก้ข้อมูล WorldDTM(H_{DTM}) ที่ได้จัดหามาแล้วนำค่า N จากแบบจำลอง EGM-2008 $N_{EGM2008}$ ไปบวกกลับเข้าไป เพื่อให้ได้ค่าระดับความสูงเหนือทรงรีเดิม h จากความสัมพันธ์

$$h = N_{EGM2008} + H_{DTM}$$

จากนั้นนำค่าแก้จากแบบจำลองยีออยด์ ($N_{TGM2017}$) ไปปรับแก้ค่าระดับเหนือรูปทรงรีอีกครั้งหนึ่งนั่นเพื่อให้ได้ระดับออร์โทเมตริกหรือค่าระดับทะเลปานกลางของไทย เรียกในที่นี้ว่า ($H_{TGM2017}$) แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$H_{MSL} = h - N_{TGM2017}$$

ค่าแก้จากแบบจำลองยีออยด์ ($N_{TGM2017}$) ในประเทศไทยมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ -10 ถึง -40 เมตร ค่าค่าแก้จากแบบจำลองยีออยด์ ($N_{TGM2017}$) แสดงในแผนที่ต่อไปนี้



ภาพที่ 2 แบบจำลองยีออยด์ความละเอียดสูงสำหรับประเทศไทย TGM-2017

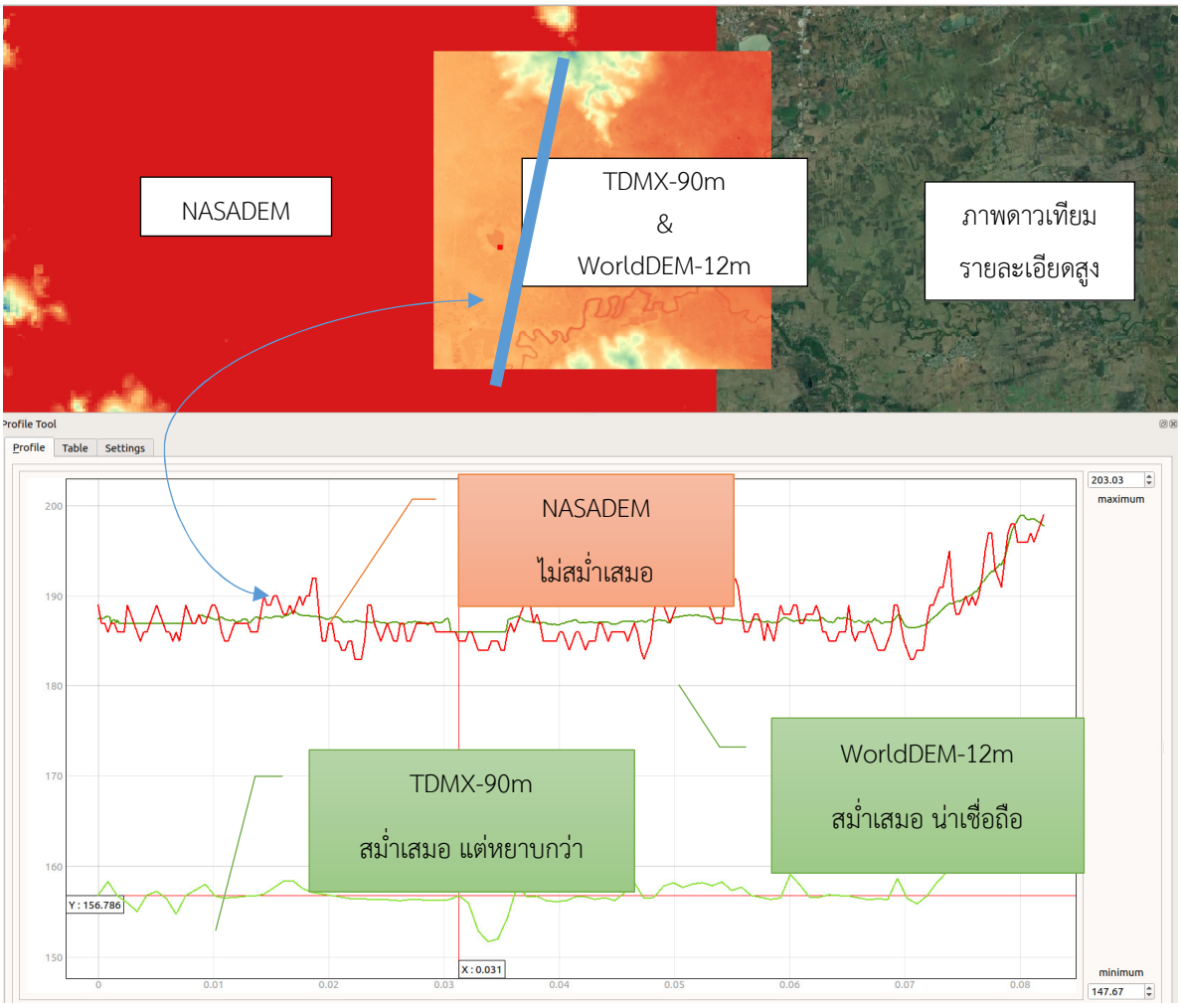
ผลการประเมินความละเอียดถูกต้อง

ในเบื้องต้นที่ปรึกษาได้ทำการประเมินแบบจำลองระดับของโลก (global DEM) ที่มีศักยภาพพอที่จะนำไปใช้ในการศึกษาการออกแบบแนวเส้นทางสำหรับขั้นตอนของการออกแบบแนวคิดขั้นต้น (feasibility study : FS) ไปจนถึงการออกแบบยกร่าง (preliminary design : PD) ปัจจุบันแบบจำลองระดับที่ครอบคลุมทั่วโลก ดังกล่าวอาจสรุปคุณลักษณะสำคัญชื่อย่อใช้เรียก และข้อสังเกตุได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 แบบจำลองระดับที่เลือกใช้ในการออกแบบแนวคิดขั้นต้นและการออกแบบยกร่าง

แบบจำลองระดับและชื่อย่อ	**ความละเอียดจุดภาพ**	**ความละเอียดถูกต้องทางดิ่ง**	**ข้อสังเกตุ**
NASADEM	30 เมตร	7- 14 เมตร	ดาวน์โหลดฟรี
Tandem-X (TDMX-90m)	90 เมตร	2- 4 เมตร	ดาวน์โหลดฟรี แต่ลดความละเอียดมาจาก WorldDEMcore
WorldDEM (WorldDEM-12m)	12 เมตร	2- 4 เมตร	มีค่าลิขสิทธิ์ มีผลิตภัณฑ์ WorldDEM DTM ที่เป็นค่าระดับความสูงเหนือภูมิประเทศ

ที่ปรึกษาได้ทำการรวบรวมและจัดหาข้อมูลทั้ง 3 รูปแบบนำมาเปรียบเทียบกันพื้นที่ทดสอบปรากฏในจังหวัดชัยภูมิ ซึ่งเป็นที่ราบสูงสลับภูเขาโดย WorldDEM-DTM ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท Airbus Defence and Space เพื่อการประเมินคุณภาพเบื้องต้นที่ปรึกษาได้ศึกษากำหนดเส้นรูปตัดตามยาว (profile) โดยลากผ่านพื้นที่ที่เป็นภูเขา ที่ราบและแหล่งน้ำ เป็นแนวยาวประมาณ 800 เมตร ทั้งนี้เพื่อดูความสอดคล้องกับภูมิประเทศจริง เพื่อการประเมินความลาดชันของเส้นทางให้เหมาะสมกับข้อกำหนดของระบบขนส่งจราจรที่จะออกแบบ นอกจากนี้ยังเป็นการประเมินคุณภาพแบบจำลองระดับว่ามีการรักษารูปร่างภูมิสัณฐาน เช่น เส้น break-line ที่ขอบแหล่งน้ำ ขอบทางน้ำ ร่องน้ำ ซึ่งจะมีผลต่อการประเมินแนวเส้นทางว่าจะต้องออกแบบให้มีโครงสร้างสะพานเริ่มต้นและเส้นสุดอย่างไร



ภาพที่ 3 แสดงแนวรูปตัดตามยาวจากชุดข้อมูล NASADEM, TDMX-90m และ WorldDEM-12m

จากแนวรูปตัดที่เลือกมาสรุปได้ว่า NASADEM มีสัญญาณรบกวนผนวกับค่าระดับให้เป็นเลขจำนวนเต็ม ค่าระดับไม่สม่ำเสมอค่อนข้างมาก แต่ในภาพรวมยังสอดคล้องกับ WorldDEM-12m ดังนั้น NASADEM อาจนำไปใช้ในการออกแบบเบื้องต้น (FS) ได้ แต่คงจะไม่เหมาะกับการออกแบบถึงขั้นการออกแบบยกร่าง(PD) เมื่อพิจารณาแบบจำลองระดับ WorldDEM-12m มีความราบเรียบสอดคล้องกับภูมิประเทศของจังหวัดชัยภูมิที่ตั้งในพื้นที่ภาพตะวันออกเฉียงเหนือ และมีความราบเรียบดูน่าเชื่อถือ ค่าระดับจาก NASADEM และ WorldDEM-12m สอดคล้องกับระดับทะเลปานกลางของไทย

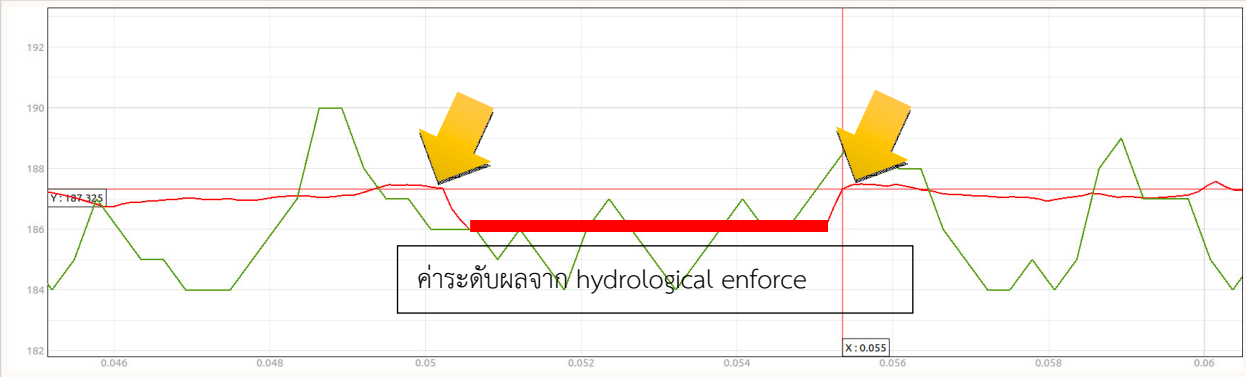
ในขณะที่ TDMX-90m ที่จริงแล้วได้จากการสุ่มมาจาก WorldDEM-12m ให้หยาบขึ้นแล้วปล่อยให้ผู้ใช้ดาวน์โหลดได้ฟรี ข้อมูล TDMX-90m ใกล้เคียงกับ WorldDEM-12m แต่หยาบกว่า และมิได้มีการประมวลในขั้นสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีค่าระดับผิดปกติหลายแห่ง เช่น บริเวณแหล่งน้ำ เส้น break-line ไม่มี

การรักษาสภาพสำหรับ TDMX-90m นอกจากนี้ค่าระดับของ TDMX-90m ที่ให้มาเป็นค่าระดับเหนือทรงรีไม่ใช้ระดับทะเลปานกลาง ดังนั้นก่อนนำไปใช้งานจริงต้องปรับแก้ด้วยแบบจำลองยีออยด์เสียก่อน

เพื่อการประเมินคุณภาพว่าเหมาะสำหรับงานออกแบบอย่างไร จึงได้ขยายภาพดูค่าระดับของรูปตัดโดยละเอียด โดยการเลือกดูรูปตัดในพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ประกอบกับการเปิดดูภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงเพื่อการตรวจสอบพื้นที่แหล่งน้ำอย่างละเอียด จะเห็นได้ว่าข้อมูล WorldDEM-12m ที่มีการปรับแก้พื้นที่แหล่งน้ำให้มีค่าระดับราบเรียบที่เรียกว่า hydrological enforcement จริงตามที่ผู้ผลิตกล่าวอ้าง และได้ความพยายามคงสภาพเส้น break-line บริเวณตลิ่งทำให้รูปตัดขณะข้ามแหล่งน้ำมีรูปตัดที่เหมาะ เป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการออกแบบโครงสร้างสะพานขณะข้ามแหล่งน้ำอย่างยิ่ง ดังภาพต่อไปนี้

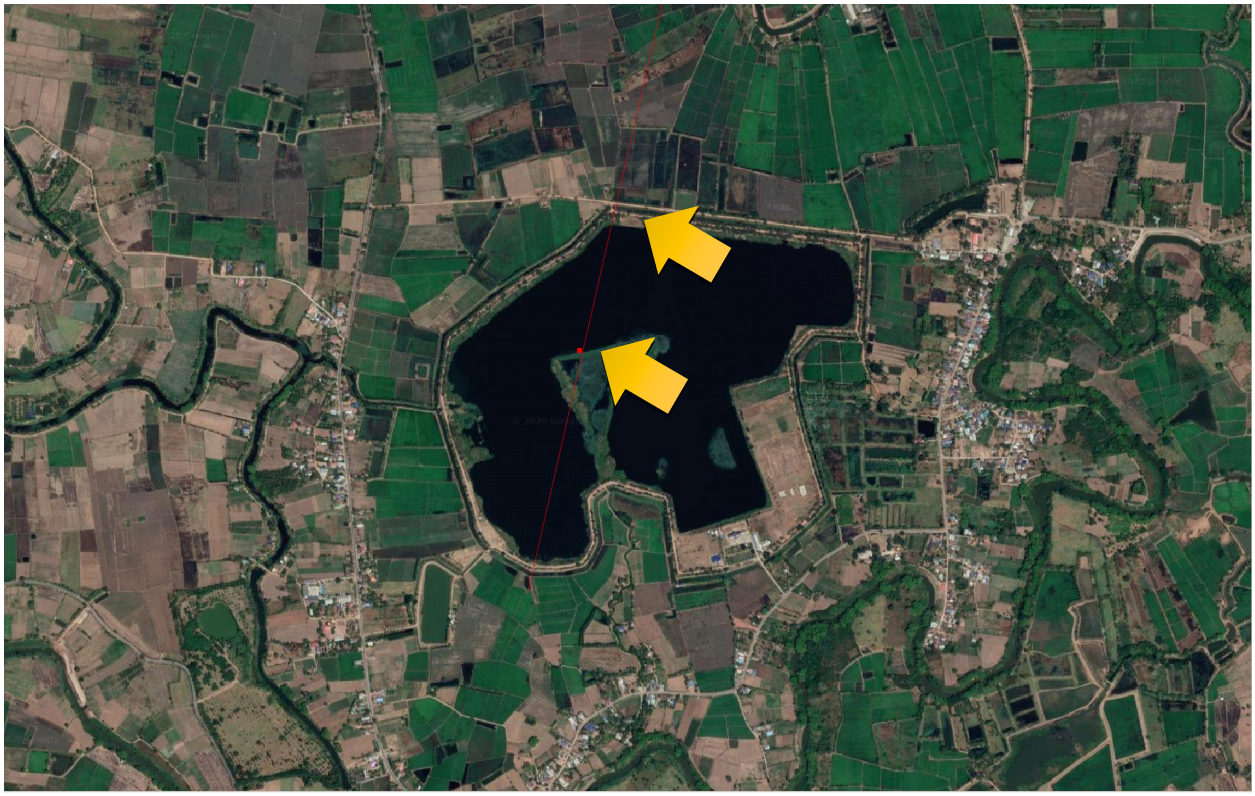
ภาพที่ 4 เส้นรูปตัดขณะพาดผ่านแหล่งน้ำแสดงขอบเขตแหล่งน้ำ-1

เมื่อพิจารณาข้อมูลจาก WorldDEM-12m ปรากฏเป็นเส้นสีแดงจะเห็นว่าเป็นรูปร่างตลิ่งชัดเจน ส่วนค่าระดับน้ำของแหล่งน้ำได้มีการปรับแต่งให้ราบเรียบดังภาพ



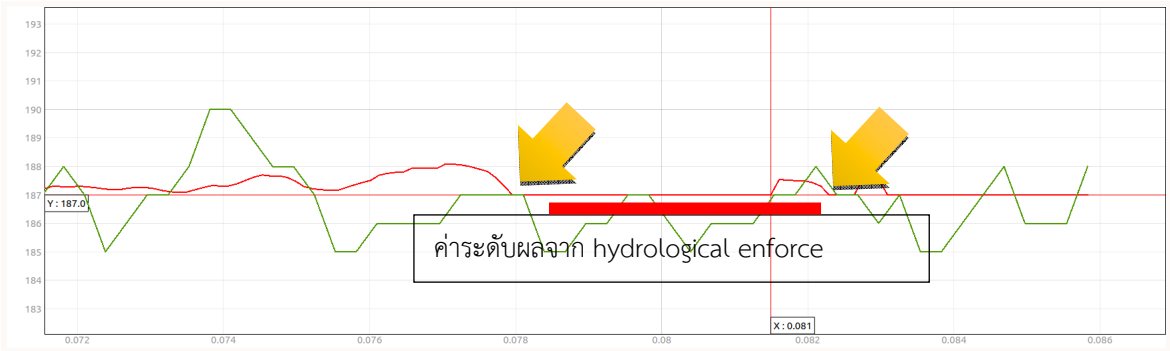
ภาพที่ 5 รูปตัดชณะพาดผ่านแหล่งน้ำแสดงตลิ่งของแหล่งน้ำ-1

เช่นเดียวกันอีกแหล่งน้ำแห่งหนึ่งในส่วนของรูปตัดที่ศึกษา ในรูปถัดไปนี้



ภาพที่ 6 เส้นรูปตัดชณะพาดผ่านแหล่งน้ำแสดงขอบเขตแหล่งน้ำ-2

เช่นเดียวกันเมื่อพิจารณาข้อมูลจาก WorldDEM-12m ปรากฏเป็นเส้นสีแดงจะเห็นว่าเป็นรูปร่างตลิ่งชัดเจน ข้อมูลปรากฏ break-line บริเวณตลิ่งชัดเจนทำให้รูปตัดขณะข้ามแหล่งน้ำมีข้อมูลเหมาะสำหรับไปใช้ในการออกแบบโครงสร้างในแนวเส้นทางเช่นกัน



ภาพที่ 7 เส้นรูปตัดชณะพาดผ่านแหล่งน้ำแสดงขอบเขตแหล่งน้ำ-2

ดังนั้นโครงการฯ จึงได้เลือกใช้จัดหาแบบจำลองระดับ WorldDEM DTM ความละเอียดจุดภาพ 12m ให้ครอบคลุมทั้งโครงการ สำหรับการวิเคราะห์ออกแบบในขั้นตอนของการออกแบบแนวคิดชั้นต้น (feasibility study) ไปจนถึงการออกแบบชั้นยกร่าง (preliminary design) เนื่องจากแบบจำลองระดับ WorldDEM DTM เป็นแบบจำลองที่แสดงแทนระดับของภูมิประเทศและสอดคล้องกับภูมิสัณฐาน โดยเฉพาะการรักษารูปร่างของตลิ่ง บริเวณแหล่งน้ำและทางน้ำ และเส้น break-line นอกจากนี้ยังมีความละเอียดถูกต้องสูงทั้งค่าพิกัดทางราบและค่าระดับทะเลปานกลาง WorldDEM DTM 12m สามารถจัดหาและผ่านกระบวนการผลิตขั้นสูงที่มีคุณภาพและสามารถส่งมอบได้อย่างรวดเร็ว แต่ก่อนนำไปใช้งานออกแบบควรจะปรับแก้แบบจำลองระดับยีออยด์ EGM2008 ให้เปลี่ยนมาเป็นแบบจำลองระดับยีออยด์ TGM2017 ของไทยเสียก่อน

เอกสารอ้างอิง

Airbus 2015 : **WorldDEM Technical Product Specification, Digital Surface Model, Digital Terrain Model, Version 2.5,** Airbus Defence and Space Intelligence

Damrongchai P., Duangdee N. (2019) :**Evaluation of TGM2017 for Height System Using GNSS/Levelling Data in Thailand**, Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies. Volume 10 No.10 ISSN 2228-9860

ภาคผนวก ค

รายงานปฏิบัติงานวิจัย การศึกษาการพัฒนาข้อมูลเปิด สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

ภาคผนวก ค

รายงานปฏิบัติงานวิจัย

การศึกษาการพัฒนาข้อมูลเปิดสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

(Open Data Development Study for Water Resources Management)

เสนอ

ศูนย์วิจัยข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ

(Water Management Program Data Lab)

จัดทำโดย

ถิรวัฒน์ บรรณกุลพิพัฒน์ นิสิตปริญญาโท

อิศรา เชาวน์วุฒิสุข นิสิตปริญญาตรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พฤษภาคม 2563 - กรกฎาคม 256

สารบัญ

หัวข้อเรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตในการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีความรู้ที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 งานวิจัยและกรอบความคิดที่เกี่ยวข้อง	7
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการ	
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย	10
3.2 การออกแบบการวิจัย	11
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	13
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1 ผลการเปรียบเทียบระหว่างแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอนที่เขียนขึ้นเองกับข้อมูล BLUEDOT	22
4.2 ผลการเปรียบเทียบขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอนที่เขียนขึ้นเองกับข้อมูลเปิด	26
บทที่ 5 อภิปรายผลและสรุปผล	
5.1 อภิปรายผล	28
5.2 สรุปผลงานวิจัย	29

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	ภาพเฉดสีของแบบจำลองระดับ WorldDEM DTM	3
2	แบบจำลองยีออยด์ความละเอียดสูงสำหรับประเทศไทย TGM-2017	6
3	การตรวจจับพื้นที่ของแหล่งน้ำอัตโนมัติรายเดือน	8

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณลักษณะของ WorldDTM	4
2	แถบสเปกตรัมแต่ละเซ็นเซอร์ของ Sentinel-2 (S2A & S2B)	7

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในงานวิจัยปัจจุบันทางนักวิจัยในโครงการต่างๆ จำเป็นต้องอาศัยของมูลทุติยภูมิที่หน่วยงานราชการได้เก็บรวบรวมและพัฒนาขึ้นตามภาระหน้าที่ของแต่ละหน่วยงาน โดยข้อมูลต่างๆ เหล่านั้นอาจมีเผยแพร่ในเว็บไซต์หรือระบบของหน่วยงาน รวมทั้งต้องขอใช้ข้อมูลเป็นครั้งๆ ตามเหตุผลในการขอใช้ของโครงการวิจัย และบางข้อมูลมีค่าใช้จ่ายอันเกิดจากข้อกำหนดของหน่วยงาน และมีเงื่อนไขการให้สิทธิในการเผยแพร่หรือส่งต่อข้อมูลตามกฎและข้อบังคับของหน่วยงาน นอกจากนี้ข้อมูลดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในเรื่องรูปแบบของข้อมูล ความถี่ในการจัดเก็บ และช่วงเวลาในการรวบรวม ทำให้ข้อมูลที่ได้อาจไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย และเป็นข้อมูลที่ไม่ทันสมัยเท่าที่ควร รวมถึงคาบเวลาที่อ้างอิงข้อมูลอาจคลาดเคลื่อนจากระยะเวลาที่เผยแพร่ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้สามารถส่งผลให้งานวิจัยในโครงการต่างๆ มีความคลาดเคลื่อนในผลของงานวิจัย

ทั้งนี้การที่ทางนักวิจัยต้องการพัฒนาข้อมูลขึ้นเพื่อเพิ่มความสะดวกในงานวิจัย และเป็นข้อมูลที่เป็นที่ยอมรับในการนำมาใช้ในงานวิจัยจึงเป็นส่วนที่สำคัญ ในการเพิ่มทางเลือกของข้อมูลในงานวิจัยที่อาจตอบสนองวัตถุประสงค์ของงานวิจัยและความเป็นปัจจุบันในประเด็นที่ข้อมูลแหล่งอื่นไม่สามารถปรับตามงานวิจัยได้เนื่องจากกฎเกณฑ์และข้อบังคับของหน่วยงานต่างๆ ในโครงการนี้ได้ให้ความสนใจไปที่ข้อมูลเปิด (Open Data) ที่เผยแพร่ในระบบข้อมูลระดับโลก เช่น ข้อมูลประชากรจาก Facebook AI Team, แบบจำลองระดับ World DEM, World Resource Monitoring from Space ของ BLUEDOT เป็นต้น เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลแล้วนำมาวิจัยปรับปรุงทั้งด้านรูปแบบและความถูกต้องให้เหมาะสมกับการทำงานในโครงการวิจัยด้านทรัพยากรน้ำ เพราะข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลเปิด (Open Data) ที่เปิดเผยให้ใช้งานและมีการนำไปใช้ในโครงการวิจัยระหว่างประเทศ รวมทั้งมีความต่อเนื่องและมีการปรับปรุงความทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ทำให้งานวิจัยสามารถใช้ประโยชน์จากผลของการวิจัยในการอ้างอิงผลการศึกษาได้โดยไม่มีข้อจำกัด

นอกจากนี้องค์ความรู้ซึ่งเป็นผลที่รวบรวมจากส่วนงานต่างๆ สามารถนำไปต่อยอด เพื่อพัฒนา “องค์ความรู้เพื่อการบริหารจัดการน้ำในระดับภาคและระดับประเทศ” ซึ่งเป็นเป้าหมายของแผนงานบริหารจัดการน้ำ ผ่านตัวชี้วัด ได้แก่ 1) ผลิตภาพการใช้น้ำต่อหน่วยผลิต (ภาคธุรกิจ ภาคเกษตร และภาคบริโภคอุปโภค) เพิ่มขึ้นในพื้นที่ EEC โดยเปรียบเทียบได้จากปีฐานที่กำหนด 2) ร้อยละของปริมาณการใช้

น้ำลดลงในอุตสาหกรรมเป้าหมายได้แก่ อุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ EEC อุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำสูงและตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีแนวโน้มขาดแคลนน้ำในระยะ 5 ปีข้างหน้า ลดลงอย่างน้อยร้อยละ 15 โดยเปรียบเทียบได้จากปีฐานที่กำหนด 3) มีกลไกสนับสนุนการจูงใจภาคธุรกิจ เช่น กลไกระบบ water footprint ในผลิตภัณฑ์และองค์กร กลไกสนับสนุนรูปแบบการลงทุนใหม่ อาทิเช่น ธุรกิจใหม่ด้านเทคโนโลยีและการบริการที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดน้ำ และ 4) ร้อยละของน้ำต้นทุนที่สูญเสียในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำและการกระจายน้ำในระบบลดลงโดยเปรียบเทียบได้จากปีฐานที่กำหนด ทำให้ฐานข้อมูลที่ถูกพัฒนาครอบคลุมถึงแนวทางที่นอกเหนือจากทรัพยากรน้ำแต่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อกิจกรรมที่เกี่ยวเนื่องกับทรัพยากรน้ำ เพื่อช่วยให้ข้อมูลเปิด (Open Data) มีประโยชน์ต่อระดับนโยบายในการลงทุนที่จะเกิดขึ้นและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงนโยบายในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนางานข้อมูลเปิด (Open data) เพื่อพัฒนารูปแบบและความถูกต้องเป็นฐานข้อมูลกลางของแผนงาน

1.2.2 เพื่อพัฒนารูปแบบการใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจ

1.3 ขอบเขตการวิจัย

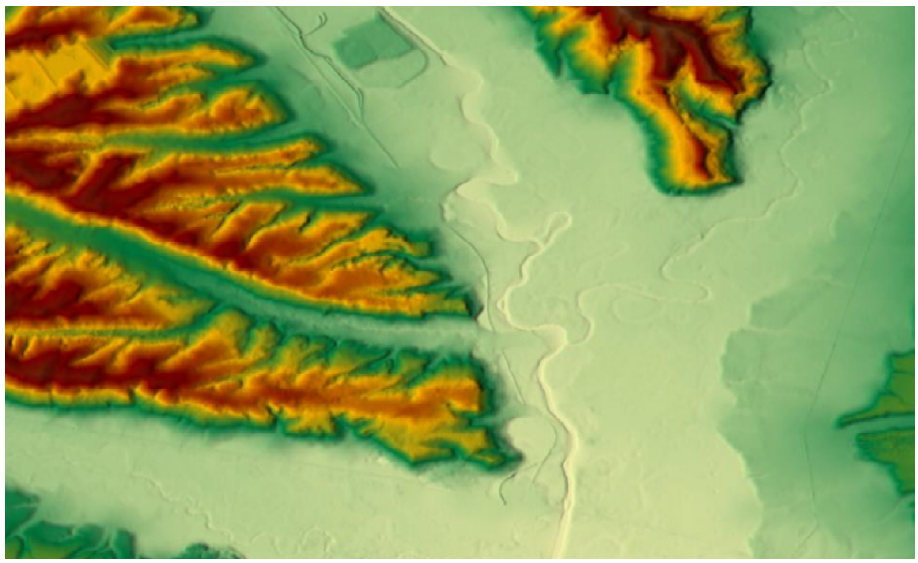
ทำการศึกษาข้อมูลเปิด (Open Data) ที่เผยแพร่ในระบบข้อมูลระดับโลก ได้แก่ แบบจำลองระดับ World DEM, World Resource Monitoring from Space ของ BLUEDOT และภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลแล้วนำมาวิจัยปรับปรุงทั้งด้านรูปแบบและความถูกต้องให้เหมาะสมกับการทำงานในโครงการวิจัยด้านทรัพยากรน้ำซึ่งการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาในเรื่องของการตรวจจับขอบเขตแหล่งน้ำต่างๆ ในประเทศไทยแล้วนำมาตรวจสอบเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลผ่านการพิจารณาค่าปริมาณพื้นผิวของน้ำ (Surface area) โดยพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาระยะแรก คือ บริเวณบึงฉวาก จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งตลอดขั้นตอนการประมวลผลจะเป็นการเขียนสคริปต์ภาษาไพทอนบน Jupyter Notebook ทั้งหมดเพื่อศึกษาผลลัพธ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

บทที่ 2
ทฤษฎีและองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีความรู้ที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 แบบจำลองระดับ World DEM

แบบจำลองระดับ WorldDEM เป็นแบบจำลองระดับครอบคลุมทั่วโลกกว่า 148.5 ล้านตารางกิโลเมตร แบบจำลองระดับ WorldDEM พัฒนาต่อยอดจากผลผลิตภาระกิจดาวเทียมคู่แฝดปฏิบัติงานสำรวจโลก TanDEM-X โดยความร่วมมือ German Aerospace Center (DLR) กับบริษัท Airbus Defence and Space WorldDEM ในการประมวลผลต่อเนื่องจากข้อมูลเรดาร์ชนิด intereferometric processing เพื่อผลิตแบบจำลองพื้นผิว Digital Surface Mode : DSM ทั่วโลกด้วยความละเอียดสูง ข้อมูลเรดาร์จาก TanDEM-X ที่นำมาใช้ผลิตนี้ได้ถูกบันทึกระหว่าง เดือนมกราคม คศ. 2011 จนถึงกลางปี คศ. 2015



รูปที่ 1 ภาพเฉดสีของแบบจำลองระดับ WorldDEM DTM

ข้อมูล WorldDEMที่เลือกใช้ในการออกแบบแนวเส้นทางคือผลิตภัณฑ์ที่ Airbus ต่อยอดจากการประมวลของ DLR และเรียกชื่อผลิตภัณฑ์นี้ว่า World DTM (Digital) ผลิตภัณฑ์นี้เป็นข้อมูลแบบจำลองระดับของพื้นผิวภูมิประเทศ โดยได้มีการขจัดสิ่งปลูกสร้างและพืชพรรณปกคลุมออกไปแล้ว ในขณะเดียวกันมีความพยายามในการรักษาคุณลักษณะสำคัญของพื้นผิวภูมิประเทศ (terrain

feature) เช่น แนวสันเขา ร่องลึก ร่องน้ำ แนวหรือร่องนี้กั้นอยู่ระหว่างพื้นภูมิประเทศที่มีความลาดเอียงพื้นที่อาจเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงข้ามอย่างฉับพลันเรียกว่า เส้นเบรคไลน์ (break-line) เส้นเบรคไลน์จะปรากฏตามแนวคันดิน ริมตลิ่งทางน้ำ ขอบหลุมเหมืองเปิด รวมไปถึงแนวคันกั้นน้ำ ขอบตลิ่งของแหล่งน้ำต่างๆ ด้วย

ข้อมูล WorldDTMมีระยะห่างระหว่างจุดข้อมูล 12 เมตร ความละเอียดถูกต้องทางดิ่ง ±2 เมตร ข้อมูล WorldDEMถูกผลิตเป็นข้อมูลชนิด 32-bit floating point ระบบพิกัดอ้างอิงบนแบบจำลองโลก WGS 1984 ส่วนค่าระดับทางดิ่งได้ถูกลดทอนลงพื้นผิวยีออยด์ด้วยแบบจำลอง EGM2008 ดังนั้นในเบื้องต้นค่าระดับที่ได้จาก WorldDTMเทียบเท่ากับระดับทะเลปานกลาง (รทก หรือ MSL)

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของ WorldDTM

Specification Parameter		Value
File Format		GeoTIFF
Data Type		32 Bit, floating
NoData Value		-32767.0
Projection		Geographic Coordinates
Coordinate Reference System	**Horizontal**	WGS84-G1150
	Vertical	EGM2008
Pixel Spacing		0.4 arcsec (approx. 12m) *)
Vertical Unit		Meter
Absolute Vertical Accuracy **) ***) ****)		< 4m (90% linear error)
Relative Vertical Accuracy **) ***) ****)		< 2m (slope ≤20%) < 4m (slope > 20%) (90% linear point-to-point error within an area of 1° x 1°)
Absolute Horizontal Accuracy **) ***) ****)		< 6m (90% circular error)

ข้อมูล WorldDTM ได้จากการรังวัดบนข้อมูลเรดาร์จากดาวเทียมจึงสัมพันธ์กับค่าระดับความสูงเหนือทรงรี (ellipsoidal height : h) ผู้ผลิตข้อมูล WorldDTM ได้ใช้แบบจำองยีออยด์ (Geoid Undulation : N) ปรับระดับให้เป็นค่าระดับออร์โทเมตริก (orthometric height : H) ดังกล่าวมาแล้ว แต่อย่างไรก็ดี แบบจำลองยีออยด์EGM 2008 นั้นเป็นแบบจำลองคำนวณจากข้อมูลการรังวัดครอบคลุมทั่วโลก ในพื้นที่ประเทศไทยอาจมีความถูกต้องในระดับ “เมตร” เท่านั้น เมื่อไม่นานมานี้ในประเทศไทยได้ดำเนินการโครงการ แบบจำลองยีออยด์ควำมละเอียดสูงของประเทศไทย (Thailand Geoid Model 2017 : TGM-2017) โดยกรมแผนที่ทหารร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แบบจำลองยีออยด์ TGM-2017 มีความถูกต้องได้ระดับ “5-เซนติเมตร” (Puttinpol and Duangdee, 2019)

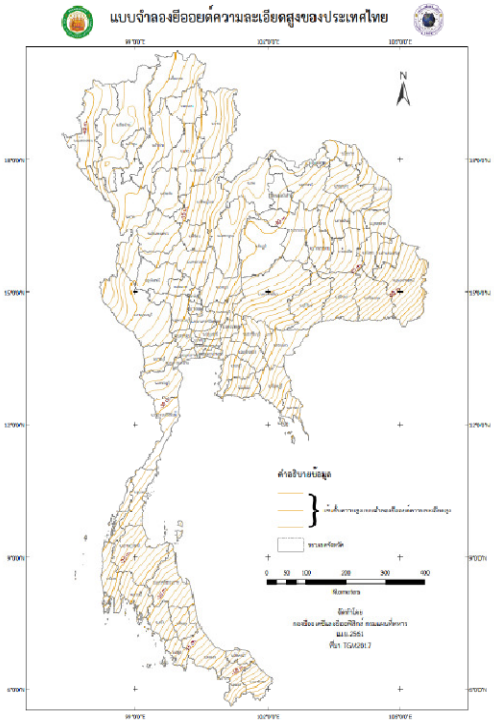
ดังนั้นที่ในโครงการฯ เพื่อการวิเคราะห์ตั้งบนพื้นฐานระดับทะเลปานกลางของไทย จึงได้ทำการปรับแก้ข้อมูล WorldDTM (H_{DTM}) ที่ได้จัดหามา แล้วนำค่า N จากแบบจำลอง EGM-2008 $N_{EGM}2008$ ไปบวกกลับเข้าไป เพื่อให้ได้ค่าระดับความสูงเหนือทรงรีเดิม h จากความสัมพันธ์

$$h = N_{EGM}2008 + H_{DTM}$$

จากนั้นนำค่าแก้จากแบบจำลองยีออยด์ ($N_{TGM}2017$) ไปปรับแก้ค่าระดับเหนือรูปทรงรีอีกครั้งหนึ่งนั่น เพื่อให้ได้ระดับออร์โทเมตริกหรือค่าระดับทะเลปานกลางของไทย เรียกในที่นี้ว่า ($H_{TGM}2017$) แสดงได้ด้วยสมกำรต่อไปนี้

$$H_{MSL} = h - N_{TGM_{2017}}$$

ค่าแก้จากแบบจำลองยีออยด์ ($N_{TGM}2017$) ในประเทศไทยมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ -10 ถึง -40 เมตร ค่าแก้จากแบบจำลองยีออยด์ ($N_{TGM}2017$) แสดงในแผนที่ต่อไปนี้



รูปที่ 2 แบบจำลองยีออยด์ความละเอียดสูงสำหรับประเทศไทย TGM-2017

2.1.2 ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2

ดาวเทียม Sentinel-2 ดำเนินงานโดยโครงการ European Copernicus Program ภายใต้ Airbus Defense and Space for the European Space Agency (ESA) ซึ่งมีดาวเทียมสองดวง Sentinel-2A และ Sentinel-2B ดาวเทียมสองดวงนี้จะทำงานตรงข้ามกับวงโคจรโลก Sentinel-2A ถูกปล่อยขึ้นสู่อวกาศเมื่อวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2558 ต่อมาได้ปล่อยดาวเทียม Sentinel-2B เป็นดวงที่สอง เมื่อวันที่ 7 มิถุนายน 2560

ดาวเทียม Sentinel-2A ใช้เซ็นเซอร์แบบ Multi-Spectral Instrument (MSI) ประกอบด้วยช่วงคลื่น 13 แบนด์ได้แก่ ช่วงคลื่นตามองเห็น (Visible) ช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด (Near Infrared) ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสั้น (Short wave infrared) และช่วงคลื่นความถี่ (Spectrum) ระบบดาวเทียม Sentinel-2A ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลกเริ่มจาก 56° S ถึง 84° N ทางชายฝั่งทะเล และรวมถึงทะเลเมดิเตอร์เรเนียน (Mediterranean Sea) จะมีการโคจรกลับมายังพื้นที่เดิมทุก 5 วัน ด้วยค่ามุมเดิมความละเอียดเชิงพื้นที่ 10 m 20 m และ 60 m ความกว้างภาพ 290 km เพื่อลดเมฆที่บดบัง และได้รับแสงอย่างเหมาะสมขณะถ่ายภาพ ได้ออกแบบวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ 14 รอบต่อวัน ที่ความสูง 786 km ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A เป็นข้อมูลที่ไม่มีค่าใช้จ่าย

ตารางที่ 2 แถบสเปกตรัมแต่ละเซ็นเซอร์ของ Sentinel-2 (S2A & S2B)

Spectral bands for the Sentinel-2 sensors[15]

Sentinel-2 bands	Sentinel-2A		Sentinel-2B		
	Central wavelength (nm)	Bandwidth (nm)	Central wavelength (nm)	Bandwidth (nm)	Spatial resolution (m)
Band 1 – Coastal aerosol	442.7	21	442.2	21	60
Band 2 – Blue	492.4	66	492.1	66	10
Band 3 – Green	559.8	36	559.0	36	10
Band 4 – Red	664.6	31	664.9	31	10
Band 5 – Vegetation red edge	704.1	15	703.8	16	20
Band 6 – Vegetation red edge	740.5	15	739.1	15	20
Band 7 – Vegetation red edge	782.8	20	779.7	20	20
Band 8 – NIR	832.8	106	832.9	106	10
Band 8A – Narrow NIR	864.7	21	864.0	22	20
Band 9 – Water vapour	945.1	20	943.2	21	60
Band 10 – SWIR – Cirrus	1373.5	31	1376.9	30	60
Band 11 – SWIR	1613.7	91	1610.4	94	20
Band 12 – SWIR	2202.4	175	2185.7	185	20

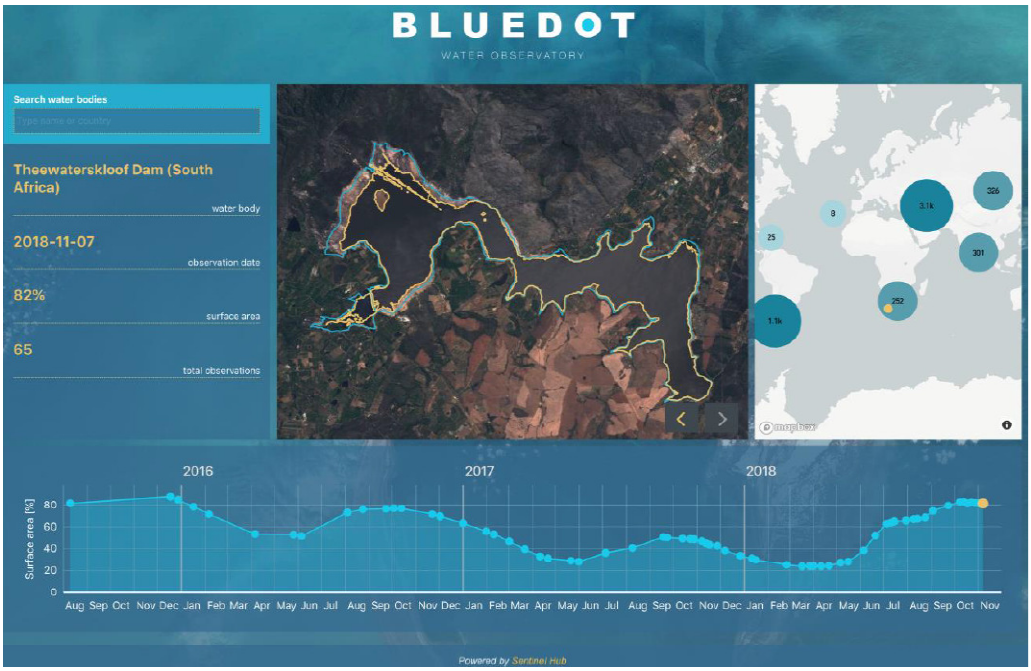
2.2 งานวิจัยและกรอบความคิดที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 World Resource Monitoring from Space ของ BLUEDOT

ในภาพรวมของบัญชีแหล่งน้ำของโลกในห้วง 2 ทศวรรษที่ผ่านมา มีการใช้ข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยีสมัยใหม่เช่น Shuttle Radar Terrain Model ได้จาก Interferometry Synthetic Aperture Radar ทำให้ได้แบบจำลองระดับของโลกแล้วนำคุณลักษณะทางเรขาคณิตมาวิเคราะห์หาพื้นที่น้ำผิวดิน หลังจากนั้นวิเคราะห์รูปร่างทางเรขาคณิตเพื่อนำไปสร้างบัญชีแหล่งน้ำ ในตารางต่อไปนี้แสดง ข้อมูลแหล่งน้ำของโลกที่รู้จักกันแพร่หลายและสามารถเข้าถึงได้ผ่านอินเตอร์เน็ตได้แก่ SWBD, ASTWD, WRZ และ GRIN

ชื่อย่อ	ชื่อชุดข้อมูล	ชนิดข้อมูล	เทคโนโลยีการรวบรวมข้อมูลและหน่วยงาน
SWBD 2003	SRTM Water Body Data	เวกเตอร์	Interferometry Synthetic Aperture Radar จาก Space , US National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) และ NASA
ASTBD 2019	ASTER Global Water Bodies Database	แรสเตอร์	วิเคราะห์จาก ASTER Global Digital Elevation Model โดยวิธีสเตอริโอจากภาพออฟติคัล AST_L1A ข้อมูลแหล่งน้ำขนาดใหญ่กว่า 0.2 ตร.กม. จำแนกออกเป็น 0:land, 1:ocean, 2:river , 3:lake
WRZ 2019	Water Resource Zones Level 1 to 4	เวกเตอร์	การวิเคราะห์เชิงเลขของแหล่งน้ำจืด พัฒนาต่อเนื่องจาก HydroSHEDS, HydroROUT, HDMA
GRIN 2017	Global River Network	เวกเตอร์	วิเคราะห์จากการไหลของน้ำในแบบจำลองคอมพิวเตอร์

นอกจากนี้ในห้วงทศวรรษที่ผ่านมาการสำรวจระยะไกลของประเทศในทวีปอเมริกาเหนือและสหภาพยุโรปได้ก้าวสู่การส่งเสริมให้ใช้งาน การสำรวจระยะไกลแบบเปิด (Open Remote Sensing) เพื่อนำไปใช้ในการติดตาม แก้ปัญหา ทางด้านสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกที่ท้าทายมนุษยชาติในขณะนี้ การสำรวจระยะไกลแบบเปิดทำให้นักวิจัยสามารถเข้าถึงข้อมูลการสำรวจดาวเทียมที่เป็นชนิด active และ optical ได้สะดวกและสามารถดึงข้อมูลใหม่ๆ ที่ทันสมัยรายวัน ครอบคลุมพื้นที่สนใจ ณ จุดใดๆ ทั่วโลกได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายซื้อข้อมูล ตลอดจนการสำรวจระยะไกลแบบเปิดมีการส่งเสริมให้มีซอฟต์แวร์และการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการใช้งานได้อย่างสะดวกและถูกต้อง ผลของการสำรวจระยะไกลแบบเปิดทำให้มีการใช้ภาพเรดาร์มาวิเคราะห์พื้นที่แหล่งน้ำ มีการนำภาพมัลติสเปกตรัมมีผลิตเป็นข้อมูล Normalized Difference Water Index (NDWI) ที่ทำให้การวิเคราะห์หาพื้นแหล่งน้ำมีความแม่นยำเป็นไปได้มากขึ้นไป อีกทั้งเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ของการเรียนรู้จากภาพ (Artificial :AI / Machine Learnin : ML) ก็สามารถนำมาใช้กับภาพถ่ายดาวเทียมมัลติสเปคตรัมหรือผสมผสานกับข้อมูลคำนวนดัชนีต่างๆ ทำให้เราสามารถตรวจจับแหล่งได้สะดวกและแม่นยำสูงมาก ตัวอย่างปรากฏในโครงการ BLUEDOT – Water Resource Monitoring from Space



รูปที่ 3 การตรวจจับพื้นที่ของแหล่งน้ำอัตโนมัติรายเดือน

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะมีการบัญชีแหล่งน้ำของโลกเป็นข้อมูลตั้งต้นในการค้นหาแหล่งน้ำในประเทศไทย หรืออาจจะใช้บัญชีแหล่งน้ำของ สทนช-สทอภ ประกอบด้วย จากนั้นใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเรดาร์และมัลติสเปคตรัม มาตรวจหาพื้นที่แหล่งน้ำที่ปรากฏปัจจุบัน และเรายังสามารถเลือกภาพในฤดูฝนและฤดูแล้ง มาวิเคราะห์หาพื้นที่แหล่งน้ำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการวิเคราะห์การบริหารจัดการน้ำ

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1.1 ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 จาก Copernicus Open Access Hub

โดยใช้การเขียนโปรแกรมภาษาไพทอนในการดาวโหลดชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมผ่าน Application Programming Interface (API) โดยมี URL Address คือ https://scihub.copernicus.eu/

หมายเหตุ : สำหรับข้อมูลที่สามารถดาวน์โหลดได้ จะขึ้นสถานะ Online ซึ่งจะมีในช่วงปี 2019-2020 เป็นส่วนมาก หากต้องการดาวน์โหลดในปีนอกเหนือดังกล่าว จำเป็นต้องมีการ request ข้อมูล

3.1.1.2 ไฟล์ FormatKML ระบุขอบเขตแหล่งน้ำ

ในการวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Google Earth Pro ในการสร้างไฟล์ FormatKML ที่ระบุข้อมูลทางภูมิศาสตร์ และขอบเขตแหล่งน้ำที่สนใจ

3.1.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.1.2.1 Python version 3.8.3

Library ที่ใช้ในโปรแกรมนี้

- Sentinelsat version 0.14 : ใช้ในการเข้าถึง API เพื่อดาวน์โหลดภาพถ่ายดาวเทียม รวมถึงการ Query ข้อมูล จากการใช้ KML
- Rasterioversion 1.1.5 : ใช้อ่านข้อมูล bands ของภาพถ่ายดาวเทียม รวมถึงการประมวลผลข้อมูลเพื่อสร้าง NDWI (Normalized Difference Water Index) และใช้ในการบันทึกข้อมูลประเภท raster ออกมาใน Format TIFF
- Scikit-image version 0.16.2 : ใช้ในการทำ Image Processing เพื่อหาขอบเขตของแหล่งน้ำ
- Shapely version 1.7.0 : ใช้ในการจัดการ Spatial Data ของแหล่งน้ำ

หมายเหตุ: library ข้างต้นเป็นส่วนหลักของโปรแกรม ซึ่งมี library ที่ใช้งานนอกเหนือจากนี้ ได้แก่ Geopandas, GeoJSON, datetime, matplotlib, ogr2ogr, gdal

3.1.2.2 Google Earth Pro version 7.3.3.7721

ใช้สำหรับการสร้างไฟล์ FormatKMLในการระบุขอบเขตของแหล่งน้ำที่สนใจ

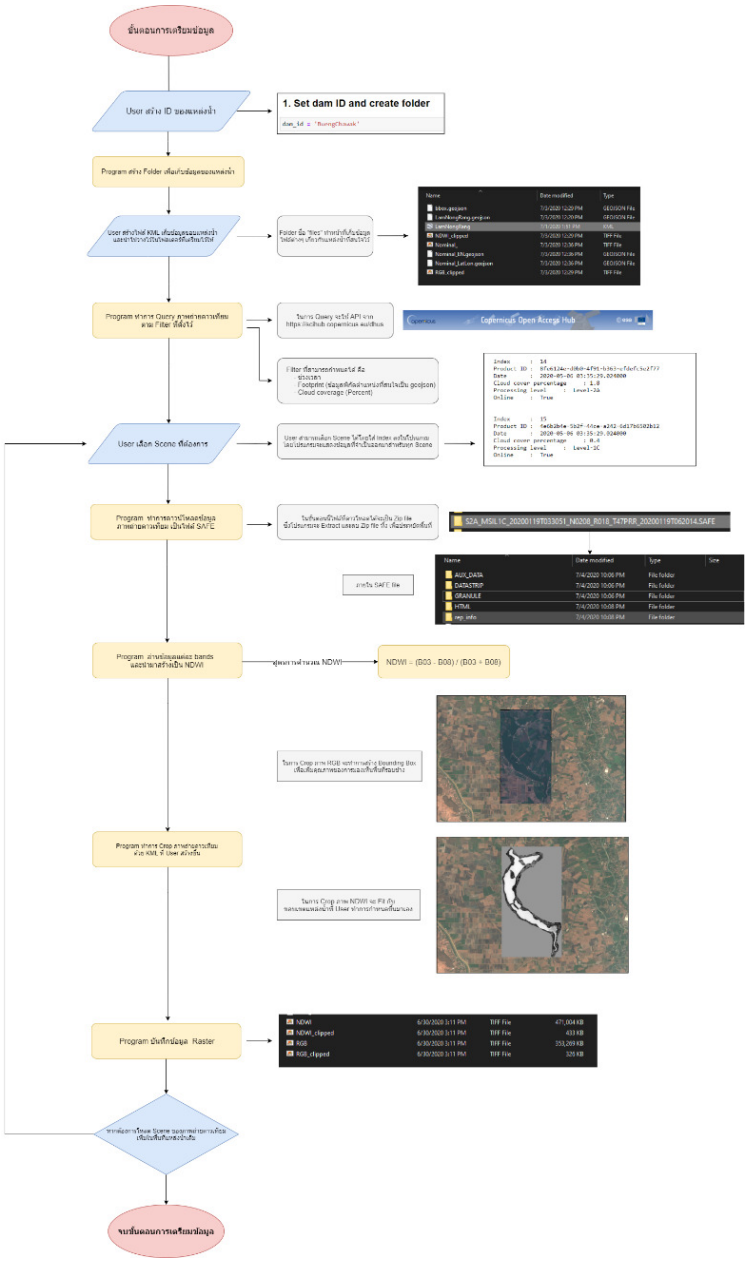
3.1.2.3 QGIS version 3.10.7

ใช้สำหรับการดูข้อมูล Raster และ Vector เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของค่าพิกัดระบบพิกัด รวมถึงรูปร่างของขอบเขตแหล่งน้ำที่ประมวลผลออกมา

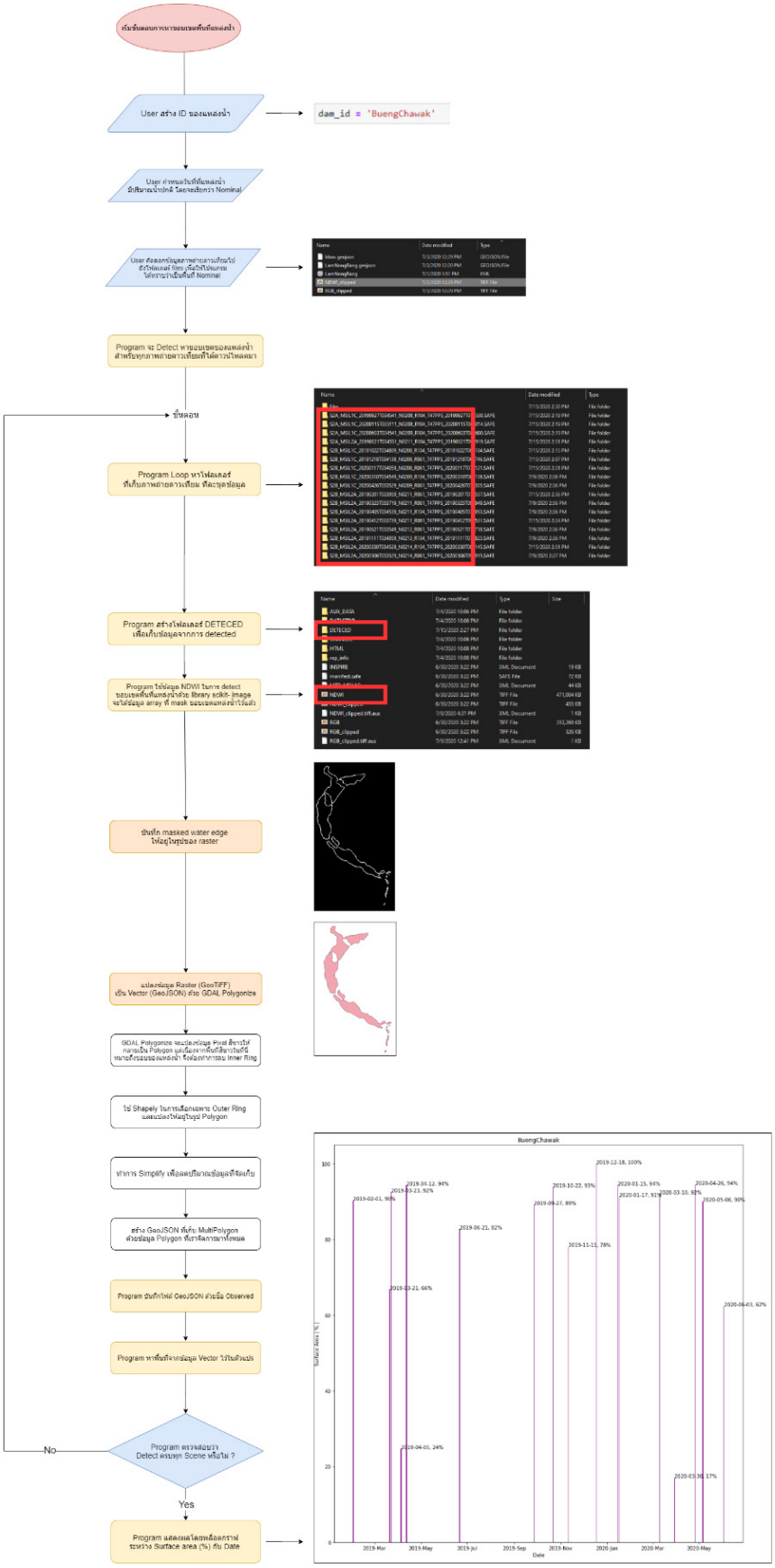
3.2 การออกแบบการวิจัย

แบ่งการศึกษางานวิจัยเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่

3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

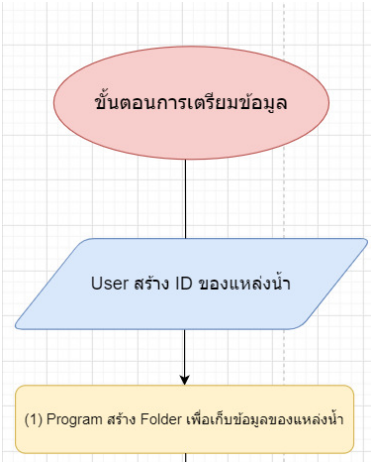
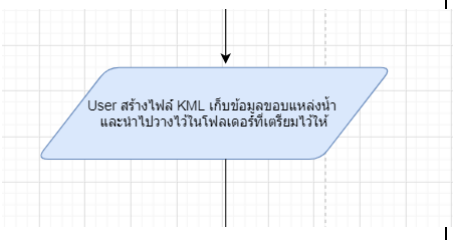


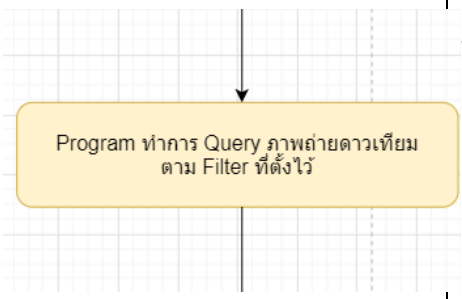
3.2.2 ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล



3.3 ขั้นตอนการดำเนินการ

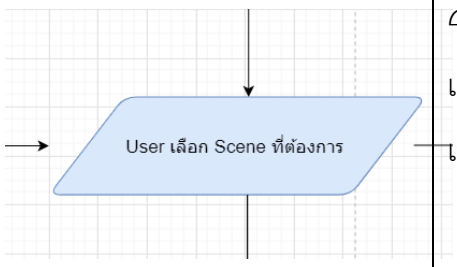
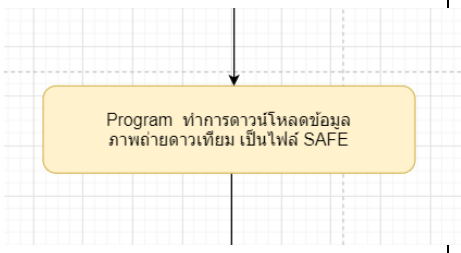
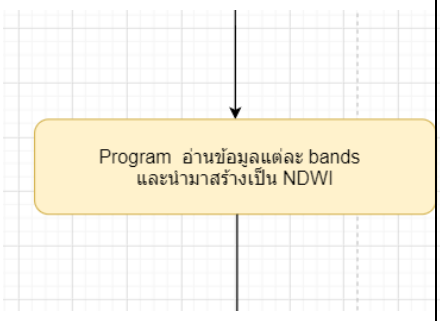
3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

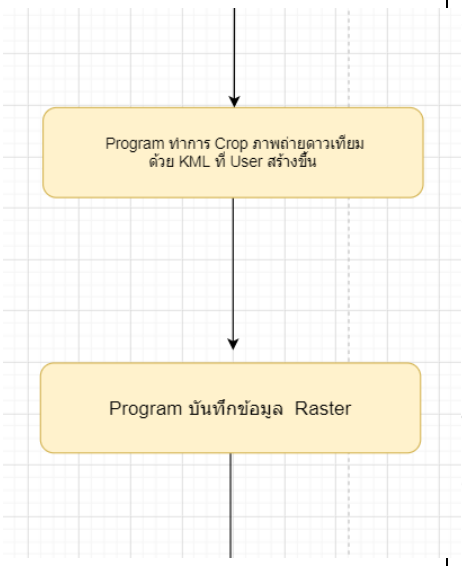
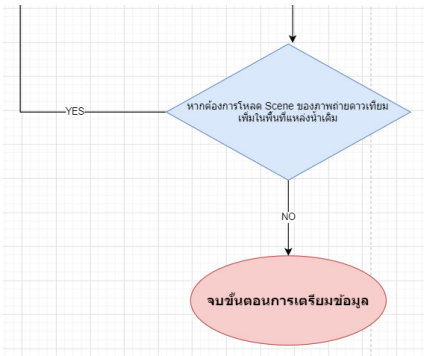
ลำดับ	Flow Chart	คำอธิบาย
1		1.1 กำหนด ID ของแหล่งน้ำ โดยจะถูกเก็บข้อมูลไว้ใน Text Variable ชื่อ dam_idซึ่งสามารถตั้งได้ภายในสคริปต์ **1. Set dam ID and create folder** `dam_id = 'BuengChawak'` 1.2 ID จะนำไปใช้เป็นชื่อโฟลเดอร์สำหรับการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น ชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแต่ละซีน (SAFE Format), ไฟล์ KML ที่ระบุขอบเขตของแหล่งน้ำ **หมายเหตุ**: ในการตั้งชื่อ ID ของแหล่งน้ำในอนาคตจะถูกตั้งด้วย Geocode system ประเภท Geohash
2		2. ขั้นตอนนี้ผู้ใช้ต้องทำการนำเข้าไฟล์ KML ที่ระบุขอบเขตของแหล่งน้ำมาไว้ยังโฟลเดอร์ชื่อ files ภายใต้โฟลเดอร์ที่ถูกสร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 1 **หมายเหตุ 1**: ชื่อของไฟล์ KML จะต้องเป็นชื่อเดียวกับ ID ของแหล่งน้ำที่กำหนดไว้ในเริ่มต้น **หมายเหตุ 2** : การสร้างไฟล์ KML สามารถสร้างได้ผ่านโปรแกรม Google Earth Pro โดยการระบุขอบเขตให้เลือกแบบ Polygon และควรสร้างขอบเขตที่พอดีกับพื้นที่ที่สนใจ โปรแกรมจะทำการตรวจหาขอบของแหล่งน้ำในขั้นตอนต่อไป

ลำดับ	Flow Chart	คำอธิบาย
		 ภาพแสดงขอบเขตแหล่งน้ำ ที่ระบุโดยไฟล์ KML
3		3.1 กำหนด parameter ที่จะใช้ในการ Query ข้อมูล ซึ่งมี parameter ที่สามารถตั้งได้ดังนี้ - Time Interval คือการกำหนดวันเดือนที่ของภาพถ่ายดาวเทียม โดยกำหนดเป็นช่วงเวลาเริ่มและสิ้นสุด - Footprint คือข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์เป็น wkt format โดยโปรแกรมจะแปลงไฟล์ KML ที่ได้สร้างขึ้นให้เป็น format เดียวกัน - Cloud Coverage (Percentage) คือการกำหนดปริมาณเมฆที่สูงสุดที่ยอมรับได้ เป็นเปอร์เซ็นต์ 3.2 โปรแกรมจะ Query ข้อมูลผ่าน API จาก https://scihub.copernicus.eu/dhus และส่งออกข้อมูลเป็น Product ID ทั้งหมดที่มีเงื่อนไขตรงตามที่กำหนด ไว้ในตัวแปร product_id **หมายเหตุ 1**: ในการ Query ภาพถ่าย และดาวน์โหลด จะใช้ library sentinelsat

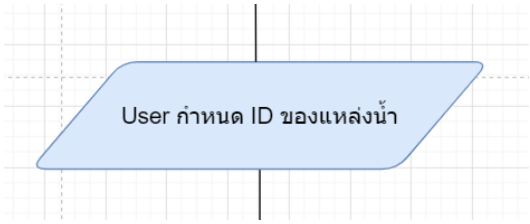
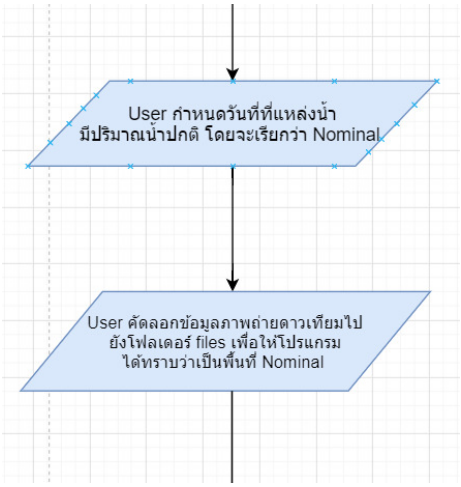
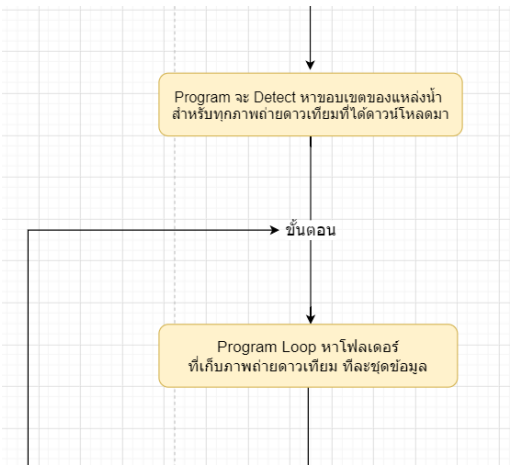
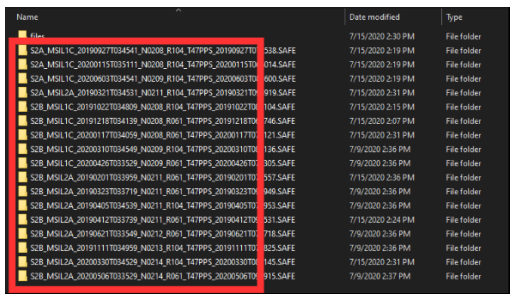
ลำดับ	Flow Chart	คำอธิบาย

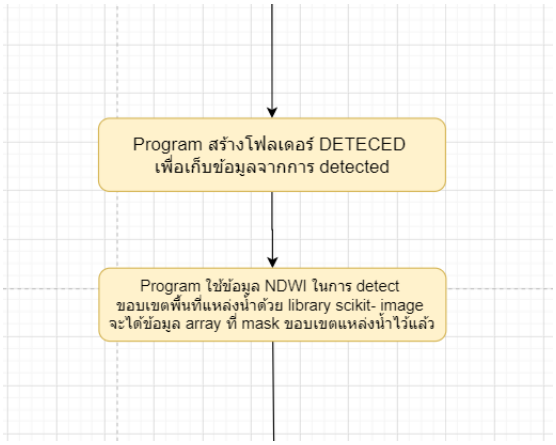
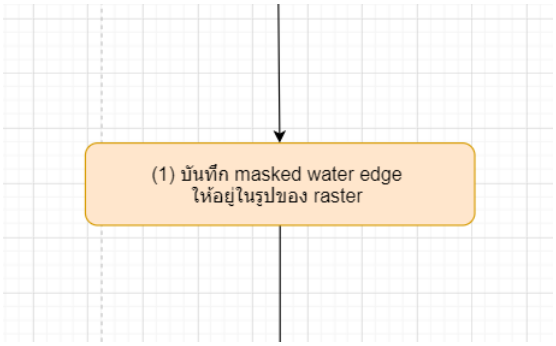
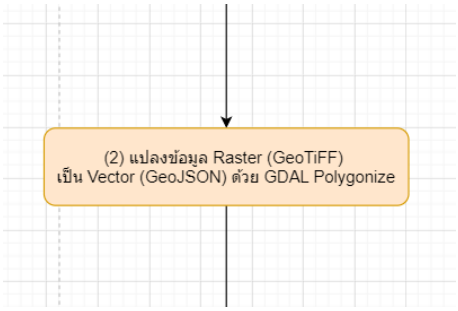
		หมายเหตุ 2: ขณะที่โปรแกรมกำลังทำการ Query จะแสดงข้อมูลเบื้องต้นของภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละซีนออกมาด้วยพร้อมกัน
		`Index : 14`
		`Product ID : 8fe6124e-d0b0-4f91-b363-efdefc5e2f77`
		`Date : 2020-05-06 03:35:29.024000`
		`Cloud cover percentage : 1.8`
		`Processing level : Level-2A`
		`Online : True`
		
		`Index : 15`
		`Product ID : 4e6b2b4e-5b2f-44ce-a242-6d17b6502b12`
		`Date : 2020-05-06 03:35:29.024000`
		`Cloud cover percentage : 0.4`
		`Processing level : Level-1C`
		`Online : True`

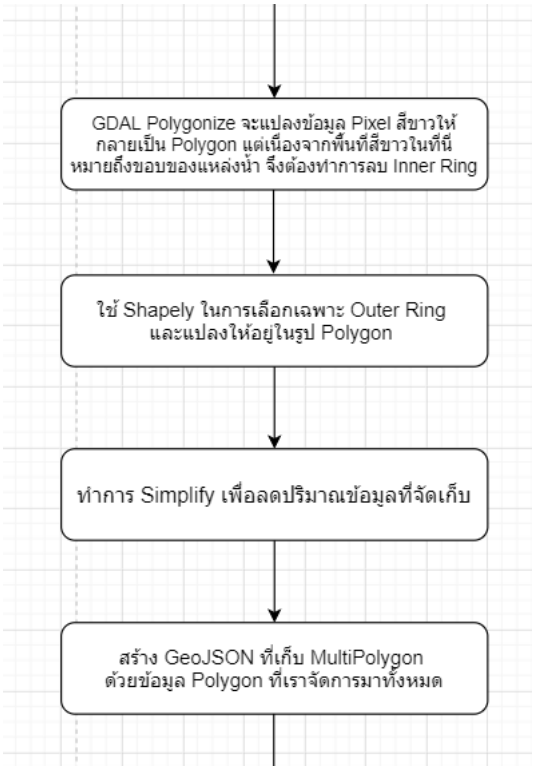
4		4. เมื่อโปรแกรม Query ข้อมูลเสร็จสิ้นแล้ว สามารถเลือกดาวน์โหลด Scene ที่ต้องการได้ โดยการระบุเลข Index ในตัวแปร product_index
5		5. ขั้นตอนนี้จะทำการดาวน์โหลดชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป็น format SAFE ซึ่งจะถูกจัดเก็บอยู่ภายใต้โฟลเดอร์ชื่อ ID ของแหล่งน้ำ
6		6. ขั้นตอนนี้โปรแกรมจะสร้าง NDWI จากข้อมูลแต่ละ band ที่มีอยู่ในชุดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ดาวน์โหลดมา โดยจะอ่านข้อมูล band 3 และ band 8 จากนั้นจะประมวลผลสร้าง NDWI ภาพ True Color Image จะถูกอ่านออกมาด้วยเช่นกัน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของบริเวณรอบข้างแหล่งน้ำ **หมายเหตุ**: ฟอร์แมตของข้อมูลแต่ละ Band คือ .jp2

ลำดับ	Flow Chart	คำอธิบาย
		ซึ่งจะทำการอ่านด้วย library rasterioและเขียนบันทึกออกมาเป็นฟอร์แมตTIFF
7		7.1 ขั้นตอนนี้โปรแกรมจะใช้ rasterioคำสั่ง mask และจะใช้ตัวเลือกแบบ intersect โดยพื้นที่ที่ intersect จะใช้ไฟล์ KML ที่ได้สร้างไว้ในขั้นตอนแรก 7.2 จากนั้นจะบันทึกภาพที่ถูก crop ด้วยพื้นที่แหล่งน้ำที่ได้สร้างขอบเขตไว้แล้วเป็นไฟล์ TIFF ชื่อ RGB_clippedและ NDWI_clipped **หมายเหตุ**: สำหรับภาพ NDWI จะถูก crop ตามขอบเขตที่ระบุไว้ เป็นรูปร่างของแหล่งน้ำ ต่างกับ RGB จะถูกบันทึกเป็นสี่เหลี่ยม และจะขยายให้เห็นพื้นที่รอบข้างออกมา
8		8.1 หลังจากบันทึกรูปเสร็จสิ้นแล้ว หากต้องการดาวน์โหลด scene วันที่อื่น สามารถทำได้โดยเปลี่ยน index ในขั้นตอนที่ 4 และเริ่มดำเนินการต่อมาเช่นเดิม 8.2 หากดาวน์โหลด scene ครบถ้วนแล้ว หรือไม่ต้องการดาวน์โหลดต่อ โปรแกรมจะสิ้นสุดขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพียงเท่านี้

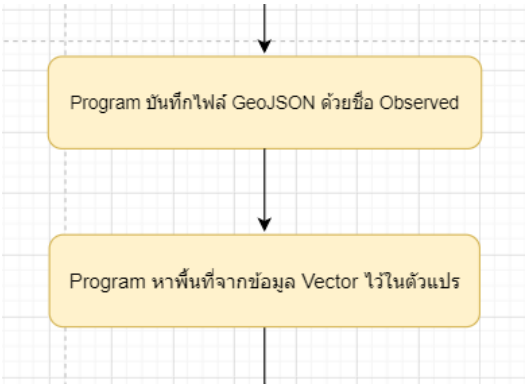
3.3.2 ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล

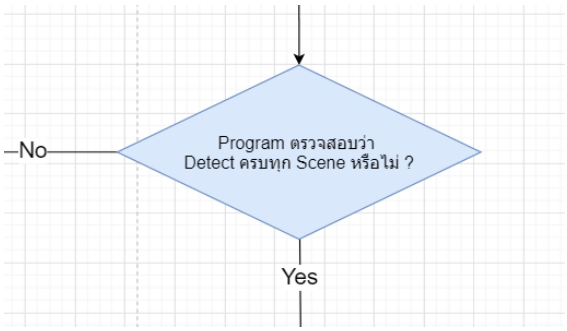
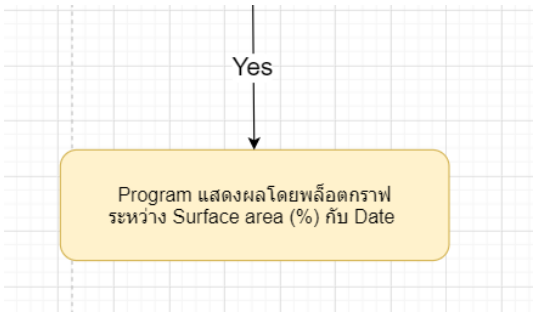
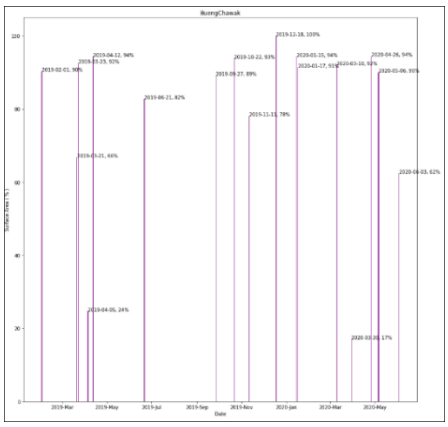
ลำดับ	Flow Chart	คำอธิบาย
1		1. กำหนด ID ของแหล่งน้ำ ที่จะทำการประมวลผลเพื่อหาขอบเขตของแหล่งน้ำ และ surface area
2		2.1 กำหนดวันเดือนปีที่แหล่งน้ำนั้นมีปริมาณน้ำปกติ โดยเลือกจาก Scene ภาพถ่ายดาวเทียมที่ดาวน์โหลดมา ซึ่งจะเรียกว่า Nominal 2.2 คัดลอกไฟล์ RGB_clipped.tiff และ NDWI_clippedที่เป็น Nominal มายังโฟลเดอร์ชื่อ files **หมายเหตุ**: โปรแกรมจะกำหนดให้ข้อมูลภาพถ่าย RGB และ NDWI ที่อยู่ในโฟลเดอร์ Files เป็นแหล่งน้ำที่มีปริมาณน้ำปกติ (Nominal) เพื่อนำพื้นที่ที่หาได้ไปเทียบกับภาพดาวเทียมในช่วงเวลาอื่น เพื่อดูปริมาณน้ำที่เปลี่ยนไป
3		3. ในขั้นตอนนี้โปรแกรมจะหาขอบเขตของแหล่งน้ำจาก NDWI ของชุดภาพถ่ายดาวเทียมทั้งหมดที่อยู่ภายใต้โฟลเดอร์ตามชื่อที่กำหนด 

4		4. โปรแกรมจะสร้างโฟลเดอร์ DETECTED เพื่อเก็บข้อมูลขอบเขตของแหล่งน้ำทั้ง Raster (Format TIFF) และ Vector (Format GeoJSON) โดย Library ที่ใช้ในการทำ Image Processing คือ Scikit- image **หมายเหตุ** : กรณีภาพถ่ายดาวเทียมที่มีเมฆปกคลุม ในอนาคตจะมีการเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจหาปริมาณ Cloud Coverage ที่ปกคลุมแหล่งน้ำที่เราสนใจ เพื่อหลีกเลี่ยงการนำมาใช้ตรวจหาขอบเขตของแหล่งน้ำ
5		5. ผลลัพธ์เบื้องต้นที่ได้จากการหาขอบเขตของแหล่งน้ำคือ Array ที่เก็บข้อมูล masked ซึ่งในขั้นตอนนี้จะทำการบันทึกใน Format Raster
6		6. ทำการแปลงจาก Raster เป็น Vector ด้วย library GDAL คำสั่ง Polygonize

<table>
<tr>
<td>7</td>
<td> 
</td>
<td>7.1 สำหรับหลักการทำงานของ polygonizeคือการเปลี่ยนพื้นที่มี pixel สีขาว ให้เป็น polygon แต่เนื่องจากพื้นที่ pixel สีขาวของเราคือขอบเขตของแหล่งน้ำ จึงต้องทำการแก้ไขโดยการบันทึกเฉพาะข้อมูล Exterior Ring และจัดเก็บในรูป Multi Polygon ไว้ในตัวแปร

7.2 ก่อนจะทำการจัดเก็บข้อมูลจะทำการ simplify เพื่อลบส่วนที่ไม่จำเป็นของข้อมูล จากนั้นจัดเก็บในไฟล์ GeoJSON

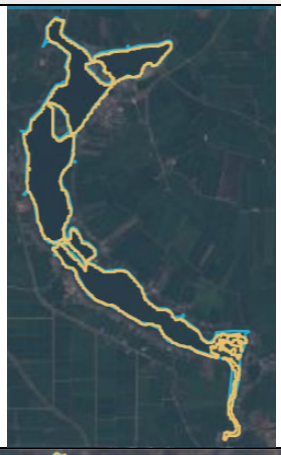
 </td>
</tr>
<tr>
<td>8</td>
<td> 
</td>
<td>8. สำหรับแหล่งน้ำแต่ละ Scene จะถูกเก็บข้อมูลขอบเขตแหล่งน้ำไว้ในไฟล์ชื่อ Observed และทำการหา Surface Area ของภาพถ่ายดาวเทียม Scene นั้นไว้ เพื่อทำไปเปรียบเทียมกับ Nominal</td>
</tr>
</table>

9		9.1 หากโปรแกรม Detect ยังไม่ครบทุก Scene จะวนเข้าไปอ่านในโฟลเดอร์ที่เก็บชุดภาพถ่ายดาวเทียมโฟลเดอร์ถัดไป 9.2 หากโปรแกรม Detect ครบทุก Scene จะดำเนินการต่อในขั้นตอนถัดไป
10		10. โปรแกรมแสดงผลเป็นกราฟแท่งแสดงวันเวลาของภาพถ่ายดาวเทียม และ Surface Area  เป็นเปอร์เซ็นต์ เทียบกับ Nominal กราฟเวลาของภาพถ่ายดาวเทียม และ Surface area(%)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการเปรียบเทียบระหว่างแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอนที่เขียนขึ้นเองกับข้อมูล BLUEDOT

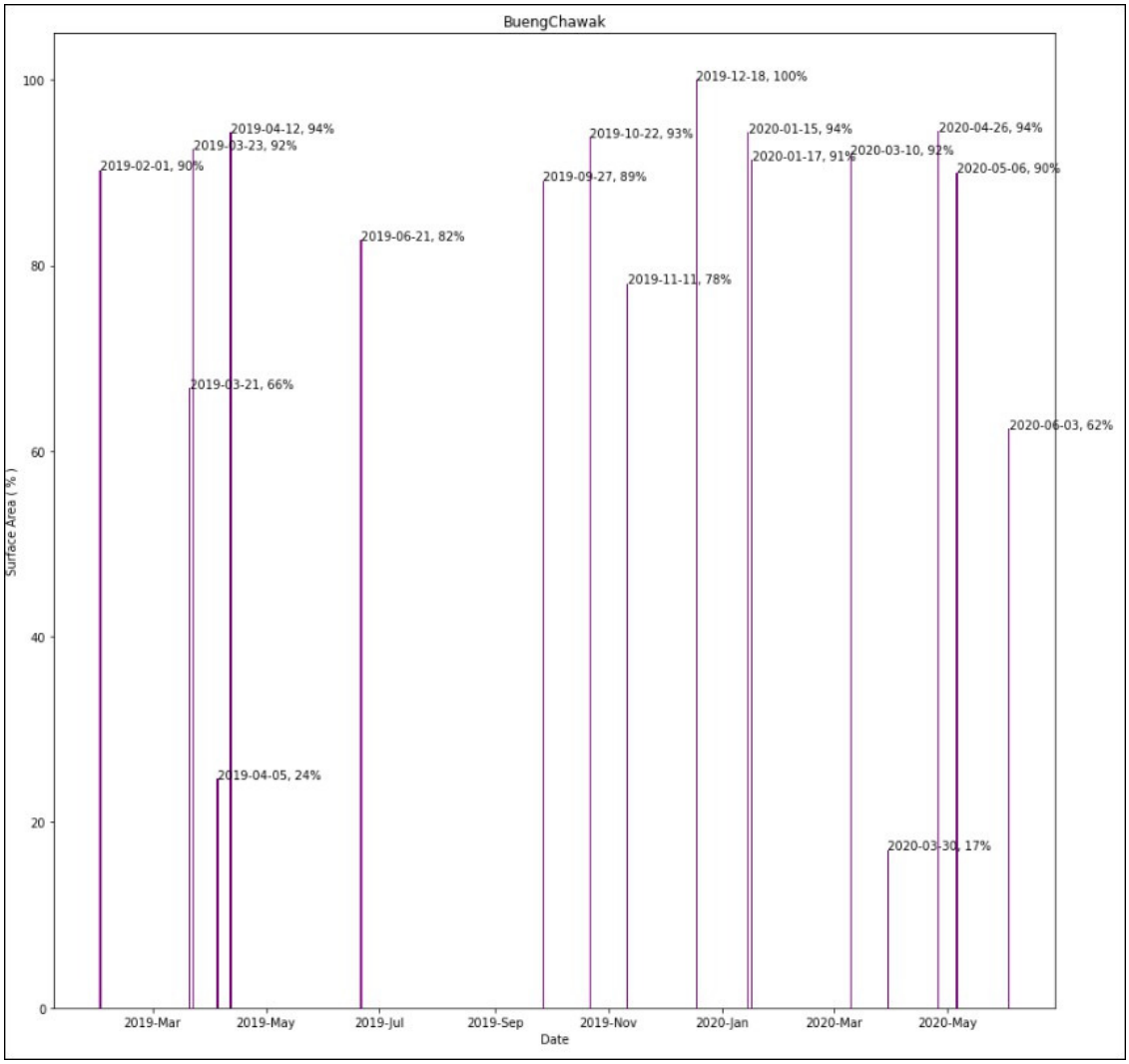
4.1.1 ขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอนเปรียบเทียบกับข้อมูล BLUEDOT

วัน/เดือน/ปี	ขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอน	ขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จาก BLUEDOT
01-02-2019		
23-03-2019		
05-04-2019		

วัน/เดือน/ปี	ขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอน	ขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จาก BLUEDOT
12-04-2019		
22-10-2019		
11-11-2019		

วัน/เดือน/ปี	ขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอน	ขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จาก BLUEDOT
10-03-2020		

4.1.2 ปริมาณพื้นผิวของน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอนเปรียบเทียบกับข้อมูล BLUEDOT



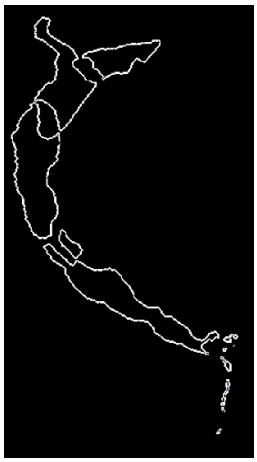
กราฟเวลาของภาพถ่ายดาวเทียม และ Surface area(%) ที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอน

กราฟเวลาของภาพถ่ายดาวเทียม และ Surface area(%) ที่ตรวจจับได้จากข้อมูล **BLUEDOT**

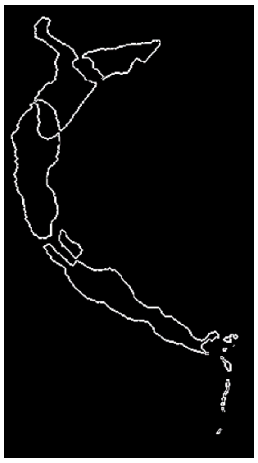
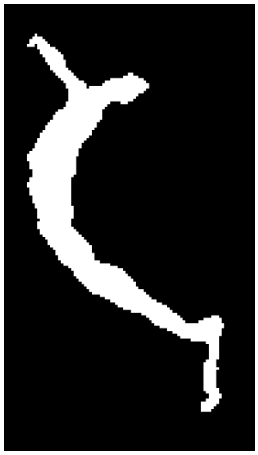
4.2 ผลการเปรียบเทียบขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอนที่เขียนขึ้นเองกับข้อมูลเปิด

โดยข้อมูลเปิด (Open data) ที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบประกอบไปด้วย 2 ข้อมูล ได้แก่ Shuttle Radar Topography MissionWater Body Data Product Specific Guidance (SWBD) เป็นข้อมูลที่มาจากดาวเทียมที่สแกนแบบ Radar และ The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Water Bodies Database (ASTWBD) เป็นข้อมูลที่มาจากดาวเทียมที่สแกนแบบ Optical

4.2.1 ขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอนเปรียบเทียบกับข้อมูล SWBD

ผลลัพธ์จากสคริปต์ไพทอน			ผลลัพธ์จากข้อมูล SWBD	
Satellite Image	GeoJSON	GeoTIFF	Satellite Image	ESRI Shapefile
				

4.2.2 ขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอนเปรียบเทียบกับข้อมูล ASTWBD

ผลลัพธ์จากสคริปต์ไพทอน			ผลลัพธ์จากข้อมูล ASTWBD	
Satellite Image	GeoJSON	GeoTIFF	Satellite Image	GeoTIFF
				

บทที่ 5
อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 อภิปรายผล

5.1.1 ผลการเปรียบเทียบระหว่างแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอนที่เขียนขึ้นเองกับข้อมูลBLUEDOT

จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองวิธีการ พบว่าขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอนได้ผลลัพธ์ที่มีความคล้ายคลึงกับข้อมูล BLUEDOT ที่ได้มาจาก World Resource Monitoring from Space แต่อาจจะมีบางช่วงเวลาที่การตรวจจับด้วยสคริปต์ไพทอนตรวจจับแหล่งน้ำได้ผิดไป มีสาเหตุมาจากภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการตรวจจับมีลักษณะของคุณภาพของภาพถ่ายที่ไม่ดี ได้แก่ บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำที่ทำการตรวจจับขอบเขตมีเมฆมาบดบัง, คุณภาพสีบริเวณแหล่งน้ำของภาพถ่ายดาวเทียมมีความกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมข้างเคียง เป็นต้น

หลังจากพิจารณาขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้แล้ว หากพิจารณาค่าการแสดงปริมาณพื้นผิวของน้ำที่ตรวจจับได้พบว่า ปริมาณพื้นผิวของน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอนก็ให้ผลลัพธ์ที่คล้ายคลึงกับข้อมูล BLUEDOT ที่ได้มาจาก World Resource Monitoring from Space เช่นกัน

5.1.2 ผลการเปรียบเทียบขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอนที่เขียนขึ้นเองกับข้อมูลเปิด

โดยข้อมูลเปิดที่นำมาเปรียบเทียบผลลัพธ์ประกอบไปด้วยข้อมูล SWBD เป็นข้อมูลที่ได้มาจากดาวเทียมที่สแกนแบบ Radar และข้อมูล ASTWBD เป็นข้อมูลที่ได้มาจากดาวเทียมที่สแกนแบบ Optical จากการเปรียบเทียบขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้จากสคริปต์ไพทอนที่เขียนขึ้นเองกับข้อมูลเปิดทั้ง SWBD และ ASTWBD ความแตกต่างที่เกิดขึ้นคือ สกุลไฟล์ของผลลัพธ์ที่ได้สคริปต์ไพทอนที่เขียนขึ้นเองจะให้ผลลัพธ์สองอย่างได้แก่ ไฟล์ GeoJSON และ ไฟล์ GeoTIFF ซึ่งข้อมูลเปิด SWBD ให้ข้อมูลในรูปแบบไฟล์ ESRI Shapefile และข้อมูล ASTWBD ให้ข้อมูลในรูปแบบไฟล์ GeoTIFF เมื่อนำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบ พบว่าการตรวจจับขอบเขตแหล่งน้ำด้วยสคริปต์ไพทอน สามารถตรวจจับขอบเขตรายละเอียดของแหล่งน้ำได้ดีกว่าทั้งข้อมูลเปิด SWBD และข้อมูลเปิด ASTWBD

5.2 สรุปผลงานวิจัย

ข้อมูล	SWBD Ver. 2.1	ASTWBD Ver. 001	ODDS WRM
รายละเอียด	Shuttle Radar Topography Mission Water Body Data Product Specific Guidance	The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Water Bodies Database	Open Data Development Study for Water Resources Management
Satellites scan	Radar	Optical	Radar
วันที่จัดทำข้อมูล	March 12, 2003	2000, 03 – 2013, 11	2015-2019
ดาวเทียม	Landsat	Terra	Sentinel-2
Resolution	30m x 30m.	30m x 30m.	10m x 10m.
Tile Size	1 degree x 1 degree 111 km. x 111 km.	1 degree x 1 degree 111 km. x 111 km.	1 degree x 1 degree 111 km. x 111 km.
Format	Vector : ESRI Shapefile	Raster :GeoTiff	Raster: GeoTiff Vector :GeoJSON

จากการศึกษาการพัฒนาข้อมูลเปิดสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในเบื้องต้น พบว่าสามารถเขียนสคริปต์ไพทอน เข้าไปดาวน์โหลดและประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อตรวจจับขอบเขตแหล่งน้ำได้ โดยเมื่อนำผลลัพธ์ที่ประมวลผลได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลเปิดต่างๆ พบว่าขอบเขตแหล่งน้ำที่ตรวจจับได้และปริมาณพื้นผิวแหล่งน้ำที่คำนวณได้มีความคล้ายคลึงกัน แต่ยังมีข้อจำกัดในบางเรื่องสำหรับการตรวจจับขอบเขตแหล่งน้ำด้วยสคริปต์ไพทอน คือ จะประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายได้ต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงเวลาปี 2019 เป็นต้นไป เนื่องจากก่อนหน้านี้แหล่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมยังไม่ได้ให้บริหารในระบบเปิด ซึ่งผู้ใช้งานสามารถส่งคำขอไปหาองค์กรที่ดูแลเผื่อให้ทางองค์กรปล่อยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงก่อนปี 2019 ได้ และยังมีประเด็นในเรื่องคุณภาพของภาพถ่ายที่ไม่ดี ได้แก่ บริเวณพื้นที่แหล่งน้ำที่ทำการตรวจจับขอบเขตมีเมฆมาบดบังและคุณภาพสีบริเวณแหล่งน้ำของภาพถ่ายดาวเทียมในบางช่วงเวลามีความกลมกลืนกับสภาพแวดล้อมข้างเคียง ทำให้สคริปต์ไพทอนที่เขียนขึ้นเองไม่สามารถ

ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องได้ อาจจะต้องมีการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมชนิดอื่นเข้ามาช่วยในการตรวจสอบและตรวจจับขอบเขตแหล่งน้ำในลำดับถัดไป ดูตัวอย่างการตรวจจับได้จากกรณีที่ได้ศึกษาบริเวณบึงฉวากช่วงวันที่ 5 เดือนเมษายน พ.ศ. 2562

ภาคผนวก ง

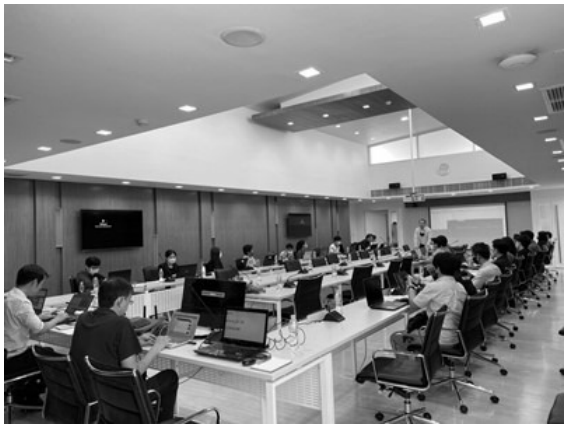
สรุปการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ 28-29 ตุลาคม 2563

ภาคผนวก ง

สรุปการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ

เรื่อง การประมวลข้อมูลสำรวจระยะไกลแบบเปิดและการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่
สำหรับการจัดการทรัพยากรน้ำและธรณีพิบัติ

Workshop for Open Remote Sensing and Big Data Analytic
for Water Resource Management and Geohazard



ณ ห้องประชุม 206 สมาคมนิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์

28-29 ตุลาคม 2563

สกสว
TSRI

วช.
NRCT

วช. / สกสว.

คำนำ

รายงานฉบับนี้ได้สรุปการจัดประชุม ภายใต้ภายใต้โครงการ โครงการศูนย์วิจัยข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบข้อมูลเพื่อประมวลและรวบรวมข้อมูลเป็นฐานข้อมูลกลางของแผนงาน และองค์ความรู้ที่ได้จากส่วนงานในโครงการหลัก “แผนการบริหารจัดการน้ำ” นอกจากนี้ได้สรุปประเด็นและข้อเสนอแนะจากผู้เข้าร่วมประชุมไว้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

หัวหน้าโครงการ

30 ตุลาคม 2563

สารบัญ

คำนำ

สารบัญ

1) หลักการและเหตุผล 1

2) วัตถุประสงค์ของการสัมมนา 2

3) สรุปเนื้อหาการสัมมนา 2

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เอกสารนำเสนอ

ภาคผนวก ข กำหนดการ

ภาคผนวก ค รายนามหน่วยงานเข้าร่วมสัมมนา

ภาคผนวก ง ประมวลภาพการสัมมนา

ภาคผนวก จ สรุปแบบประเมินการสัมมนา

1) หลักการและเหตุผล

ในการศึกษา “แผนงานบริหารจัดการน้ำ” ที่มุ่งเน้นที่การบริหารจัดการน้ำในภาพที่นำงานศึกษาวิจัยไปส่งเสริมการทำงานของหน่วยงานราชการ และผู้เกี่ยวข้อง เนื่องจากทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาประเทศ มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในกระทรวง, กรม, กองเดียวกัน และนอกหน่วยงาน มีความจำเป็นต้องเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกัน รวมถึงศึกษาและพัฒนากลไกและกระบวนการผ่านงานวิจัย ซึ่งในโครงการมีส่วนงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ 1) งานศึกษากลไกการจัดการการใช้น้ำ, การจัดสรรน้ำ, ความต้องการน้ำใช้ การจัดการความขัดแย้งจากการใช้น้ำระหว่างภาคส่วนและระหว่างพื้นที่ ต้นน้ำกลางน้ำ และปลายน้ำ รวมถึงระหว่างชุมชนกับชุมชน ในพื้นที่ Eastern Economic Corridor (EEC) ที่เป็นยุทธศาสตร์หลักในพื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศ 2) ผลกระทบจากการประหยัดเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของหน่วยงานรัฐในการจัดหาน้ำและลดงบประมาณการบริหารจัดการน้ำต้นทุน ที่งานบริหารจัดการในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาในรายละเอียดนี้ 3) โครงการพัฒนาด้านน้ำของรัฐบาลที่ลดการขัดขวางและไม่ได้รับการยอมรับจากภาคประชาชน เนื่องจากโครงการประเภทนี้ต้องการพื้นที่พัฒนาและทรัพยากรในการพัฒนาที่เปลี่ยนแปลงการใช้น้ำในพื้นที่ที่มีผลกระทบกับผู้เกี่ยวข้อง และ 4) การลงทุนในธุรกิจ (Startup) จากเทคโนโลยีใหม่ด้านการประหยัดน้ำและธุรกิจบริการการประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำที่สนับสนุนการทำงานของภาครัฐ

ซึ่งส่วนงานเหล่านี้จะมีการใช้ข้อมูลพื้นฐานจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และพัฒนาข้อมูล ทั้งจากการสำรวจและการวิเคราะห์จำนวนมาก ดังนั้นเพื่อช่วยลดความซ้ำซ้อนในการดำเนินการด้านข้อมูล จึงจำเป็นต้องพัฒนา “โครงการศูนย์ข้อมูลแผนงานการบริหารจัดการน้ำ” เพื่อทำหน้าที่รวบรวมจัดเก็บและวางโครงสร้างของข้อมูล รวมถึงการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างส่วนงานที่เกี่ยวข้องผ่านระบบสารสนเทศที่ได้จัดเตรียมไว้ ซึ่งรูปแบบที่ได้สามารถนำไปวางโครงสร้างการทำงานด้านสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการน้ำ ทั้งด้าน Hardware, Software และ Database รวมถึง Application และการนำเสนอสามารถถ่ายทอดการใช้ประโยชน์ต่อหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการเชื่อมโยงกับหน่วยงาน และการใช้ประโยชน์จากข้อมูลสารสนเทศจากดาวเทียมเพื่อพัฒนาเป็น “การตรวจจับระยะไกล” (Remote Sensing) ใช้สนับสนุนข้อมูล เช่น การตรวจจับการเพาะปลูก, การตรวจจับความชื้นในดิน, การตรวจจับและพยากรณ์ฝน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในส่วนงานของโครงการวิจัย

นอกจากนี้องค์ความรู้ซึ่งเป็นผลที่รวบรวมจากส่วนงานต่างๆ สามารถนำไปต่อยอด เพื่อพัฒนา “องค์ความรู้เพื่อการบริหารจัดการน้ำในระดับภาคและระดับประเทศ” ซึ่งเป็นเป้าหมายของแผนงานบริหารจัดการน้ำ ผ่านตัวชี้วัด ได้แก่ 1) ผลิตภาพการใช้น้ำต่อหน่วยผลิต (ภาคธุรกิจ ภาคเกษตร และภาคบริโภคอุปโภค) เพิ่มขึ้นในพื้นที่ EEC โดยเปรียบเทียบได้จากปีฐานที่กำหนด 2) ร้อยละของปริมาณ

การใช้น้ำลดลงในอุตสาหกรรมเป้าหมาย ได้แก่ อุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ EEC อุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำสูงและตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีแนวโน้มขาดแคลนน้ำในระยะ 5 ปีข้างหน้า ลดลงอย่างน้อยร้อยละ 15 โดยเปรียบเทียบได้จากปีฐานที่กำหนด 3) มีกลไกสนับสนุนการจูงใจภาคธุรกิจ เช่น กลไกระบบ water footprint ในผลิตภัณฑ์และองค์กร กลไกสนับสนุนรูปแบบการลงทุนใหม่ อาทิเช่น ธุรกิจใหม่ด้านเทคโนโลยีและการบริการที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดน้ำ และ 4) ร้อยละของน้ำต้นทุนที่สูญเสียในการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำและการกระจายน้ำในระบบลดลงโดยเปรียบเทียบได้จากปีฐานที่กำหนด ทำให้ฐานข้อมูลที่ถูกพัฒนาครอบคลุมถึงแนวทางที่นอกเหนือจากทรัพยากรน้ำแต่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อกิจกรรมที่เกี่ยวเนื่องกับทรัพยากรน้ำ เพื่อช่วยให้สารสนเทศมีประโยชน์ต่อระดับนโยบายในการลงทุนที่จะเกิดขึ้นและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงนโยบายในอนาคต

2) วัตถุประสงค์

1) พัฒนางานระบบข้อมูลเพื่อประมวลและรวบรวมข้อมูลเป็นฐานข้อมูลกลางของแผนงาน
2) รวบรวมข้อมูล และองค์ความรู้ที่ได้จากส่วนงานในโครงการหลัก “แผนการบริหารจัดการน้ำ” เพื่อเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจ

3) สรุปเนื้อหาการสัมมนา

จากแนวคิดด้านงานด้านข้อมูลปัจจุบันที่มีการพัฒนาข้อมูลแบบเปิด (Open Data) เพื่อใช้ในวงกว้าง โดยในการสัมมนาเชิงปฏิบัติการครั้งนี้นำเสนอการใช้ประโยชน์โดยการประมวลข้อมูลสำรวจระยะไกลแบบเปิดและการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่สำหรับการจัดการทรัพยากรน้ำและธรณีพิบัติ ซึ่งในส่วนแรกเป็นการนำเสนอที่มาของข้อมูล Optical Radar Remote Sensing และภาพถ่ายทางอากาศและยูเอวี ที่เป็นแหล่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการอบรมทั้งนี้ในการสัมมนาใช้ซอฟท์แวร์ ESA SNAP ซึ่งเป็นซอฟท์แวร์ที่ใช้ดึงข้อมูลจากดาวเทียม Sentinal Hub (โดยรายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ก) นอกจากนี้ยังมีการแนะนำการดึงข้อมูลผ่านทาง Corpernicus, Open Access Hub และASFVertext ที่เป็น Website เผยแพร่ข้อมูล

ในการสัมมนาวันที่ 28 ตุลาคม 2563 เป็นการใช้ซอฟท์แวร์ Sentinal Hub ได้แนะนำการใช้ประโยชน์ข้อมูลในการประมวล Water Bodies, การใช้ที่ดิน, การหาพื้นที่น้ำท่วม และการหาแผ่นดินยุบเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการบริหารจัดการน้ำและการจัดการพิบัติภัย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการใช้ข้อมูลแบบเปิด (Open Data) โดยความสำคัญที่ผู้ใช้ประโยชน์ไม่จำเป็นต้องจัดเก็บข้อมูลทั้งหมดไว้บน

เครื่องเพียงเรียกใช้ข้อมูลที่จำเป็นมาเพื่อการประมวลวิเคราะห์ลดภาระในการจัดเก็บและการปรับปรุงความทันสมัยของข้อมูล เพราะข้อมูลประเภท Optical มีขนาดใหญ่และมีการปรับปรุงข้อมูลใหม่ทุก 3-8 วัน นับเป็นภาระในการจัดเก็บรวบรวมมาก

ในการสัมนาวันที่ 29 ตุลาคม 2563 เป็นการใช้ซอฟท์แวร์ภาษา Python ในการเรียกใช้ข้อมูล Sentinal Satellite ซึ่งเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์ข้อผ่านระบบสคริปท์ภาษาที่ให้ผลการทำงานไม่แตกต่างกับการใช้โปรแกรม ESA SNAP และสามารถกำหนดรูปแบบผลลัพท์ได้ซับซ้อนกว่า รวมถึงใช้ทรัพยากรเครื่องน้อยกว่า โดยการสัมมนาได้นำเสนอการหาค่า ค่าดัชนีผลต่างความชื้นของน้ำ (Normalized Difference Water Index; NDWI), ค่าดรรชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index; NDVI) และค่าอัตรส่วนการเผาไหม้ (Normalized Burn Ratio; NBR) นอกจากนี้ยังนำเสนอการใช้ Google Colab ซึ่งเป็นระบบการประมวลผลด้วย Cloud Computing ของ Google โดยอาศัยโปรแกรมภาษา Python ที่ติดตั้งบน Google Colabในการทำงาน เป็นอีกทางเลือกในการทำงานด้วยโปรแกรภาษา Python

ในช่วงบ่ายได้นำเสนอการเรียกใช้ประโยชน์ข้อมูล Facebook AI Population ที่จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ GeoDataFrame โดยการใช้โปรแกรมภาษา Python ทั้งนี้การใช้งานช่วยลดขนาดการเข้าถึงข้อมูลทั้งหมดได้เนื่องจากข้อมูลมีขนาดมากกว่า 2 ล้านข้อมูล (Big Data) หากเปิดใช้ข้อมูลทั้งหมดจะทำให้กินทรัพยากรเครื่องอย่างมากและมีการนำเสนอการใช้ GeoDataFrame เพื่อเรียกข้อมูลไฟป่า (FIRE INFORMATION FOR RESOURCE MANAGEMENT SYSTEM; FIRMS) ขององค์กร NASA ทำให้เห็นการใช้ประโยชน์โดยการใช้คุณลักษณะของ GeoDataFrame จะช่วยลดการเข้าถึงและเพิ่มความเร็วในการใช้ประโยชน์ข้อมูลได้

ภาคผนวก ก

เอกสารนำเสนอ

หมายเหตุ: เอกสารนำเสนอสามารถเข้าไปดูได้ที่

http://project-wre.eng.chula.ac.th/watercu_th/?q=node/41

ภาคผนวก ข

กำหนดการ

วันพุธที่ 28 ตุลาคม 2563

08:30-09:00 ลงทะเบียน

09:00-09:30 หลักการเบื้องต้น Optical Radar Remote Sensing

09:30-10:00 หลักการเบื้องต้นการทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศและยูเอวี

10:00-10:15 พักรับประทานอาหารว่าง

10:15-12:00 การประยุกต์ใช้ Sentinel Hub
การดึงข้อมูลจาก Corpernicus Open Access Hub, ASFVertext
การใช้ ESA SNAP ในการประมวล Water Bodies

12:00-13:00 พักรับประทานอาหารเที่ยง

13:00-14:30 การใช้ ESA SNAP ในการประมวล ข้อมูล Optical Multispectral กรณี การใช้ที่ดิน ป่าไม้ ด้วย Machine Learning RandomForest

14:30-14:45 พักรับประทานอาหารว่าง

14:45-16:00 การใช้ESA-SNAP ประมวลข้อมูล radar สำหรับ Water Bodies, Flood
การใช้ ESA-SNAPประมวลข้อมูล radar สำหรับการตรวจสอบแผ่นดินยุบด้วย radar interferometry

วันพฤหัสบดีที่ 29ตุลาคม 2563

08:30-09:00 ลงทะเบียน

09:00-10:00 การใช้งาน python , rasterio, sentinelsatสำหรับการเข้าถึงข้อมูล Open Remote Sensing

10:00-10:15 พักรับประทานอาหารว่าง

10:15-12:00 การประมวลอัตโนมัติด้วย python script สำหรับการติดตามแหล่งน้ำ time-series water resource (NDWI)
การประมวลอัตโนมัติด้วย python script สำหรับ Crop Monitoring with NDVI ,

พื้นที่เผาใหม้ NBR

12:00-13:00 พักรับประทานอาหารเที่ยง

13:00-14:30 การใช้ Python / GeoDataFrameเข้าถึงข้อมูลประชากร (Facebook AI Population)

14:30-14:45 พักรับประทานอาหารว่าง

14:45-16:00 การเข้าถึงข้อมูลไฟป่า (FIRMS) ด้วยวิธีการ GeoDataFrame

ภาคผนวก ค

รายนามหน่วยงานเข้าร่วมการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ

การสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การประมวลข้อมูลสำรวจระยะไกลแบบเปิดและการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่สำหรับการจัดการทรัพยากรน้ำและธรณีพิบัติ ณ ห้องประชุม 206 สมาคมนิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ วันที่ 28-29 ตุลาคม 2563 มีผู้เข้าร่วมสัมมนาดังรายละเอียดต่อไปนี้

วันที่ 28 ตุลาคม 2563

ลำดับ	หน่วยงาน	จำนวน (คน)
1	กรมชลประทาน	2 คน
2	การจัดการความเสี่ยง/ภัยพิบัติ	1 คน
3	การประปาส่วนภูมิภาค	3 คน
4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	8 คน
5	บริษัท ทีมคอนซัลติ้งฯ	2 คน
6	บริษัท ปัญญาคอนซัลแตนท์ จำกัด	2 คน
5	บริษัท เมอร์เคเทอร์ จำกัด	1 คน
6	บริษัท อินฟราพลัส จำกัด	2 คน
7	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	3 คน
8	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	2 คน
9	มหาวิทยาลัยนเรศวร	1 คน
10	ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านการจัดการโครงสร้างพื้นฐาน	1 คน
11	ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เขต 5 นครราชสีมา	1 คน
12	สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)	2 คน
13	สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ	2 คน
14	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)	5 คน
	รวม	**38 คน**

วันที่ 29 ตุลาคม 2563

ลำดับ	หน่วยงาน	จำนวน (คน)
1	กรมชลประทาน	2 คน
2	การจัดการความเสี่ยง/ภัยพิบัติ	1 คน
3	การประปาส่วนภูมิภาค	3 คน
4	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	9 คน
5	บริษัท ทีมคอนซัลติ้งฯ	2 คน
6	บริษัท ปัญญาคอนซัลแตนท์ จำกัด	2 คน
5	บริษัท เมอร์เคเทอร์ จำกัด	1 คน
6	บริษัท อินฟราพลัส จำกัด	2 คน
7	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	2 คน
8	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	1 คน
9	มหาวิทยาลัยนเรศวร	1 คน
10	ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านการจัดการโครงสร้างพื้นฐาน	1 คน
11	ศูนย์ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เขต 5 นครราชสีมา	1 คน
12	สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน)	2 คน
13	สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ	2 คน
14	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)	5 คน
	รวม	**37 คน**

ภาคผนวก ง

ประมวลภาพงานสัมมนา

28-29 ตุลาคม 2563

ผู้เข้าอบรมวันที่ 28 ตุลาคม 2563

ผู้เข้าอบรมวันที่ 28 ตุลาคม 2563

ภาคผนวก จ

สรุปแบบประเมินการสัมมนา

แบบประเมินการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ

เรื่อง การประมวลข้อมูลสำรวจระยะไกลแบบเปิดและการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่

สำหรับการจัดการทรัพยากรน้ำและธรณีพิบัติ

ณ ห้องประชุม 206 สมาคมนิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์

วันที่ 28-29 ตุลาคม 2563

---

1. ตารางความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมประชุม

วันที่ 28 ตุลาคม 2563 มีผู้ตอบแบบประเมินทั้งหมด 26 คน ซึ่งผลการวิเคราะห์แบ่งได้ดังนี้

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ / ความรู้ความเข้าใจ / การนำความรู้ไปใช้					รวม (ร้อยละ) (จำนวน)
	มากที่สุด (ร้อยละ) (จำนวน)	มาก (ร้อยละ) (จำนวน)	ปานกลาง (ร้อยละ) (จำนวน)	น้อย (ร้อยละ) (จำนวน)	น้อยที่สุด (ร้อยละ) (จำนวน)	
ด้านวิทยากร						
1. การเตรียมตัวและความพร้อมของวิทยากร	57.69 15	34.62 9	7.69 2	-	-	
2. การถ่ายทอดของวิทยากร	42.31 11	53.85 14	3.85 1	-	-	
3. สามารถอธิบายเนื้อหาได้ชัดเจนและตรงประเด็น	50.00 13	46.15 12	3.85 1	-	-	100.00 26
4. การตอบคำถามของวิทยากร	40.00 10	52.00 13	8.00 2	-	-	100.00 25

ด้านความรู้ความเข้าใจ						
5. ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้ก่อนการประชุม	11.54 3	7.69 2	42.31 11	38.46 10	-	100.00 26
6. ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้หลังการประชุม	30.77 8	53.85 14	15.38 4	-	-	
7. สามารถบอกประโยชน์ได้	48.00 12	52.00 13	-	-	-	100.00 25
ด้านการนำความรู้ไปใช้						
8. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้	42.31 11	53.85 14	3.85 1	-	-	
9. สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่ / ถ่ายทอดแก่ชุมชนได้	26.92 7	46.15 12	26.92 7	-	-	100.00 26
10. สามารถให้คำปรึกษาแก่ผู้ร่วมงานได้	26.92 7	46.15 12	26.92 7	-	-	
ด้านสถานที่						
11. การบริการของเจ้าหน้าที่	76.92 20	19.23 5	3.85 1	-	-	
12. การประสานงานของเจ้าหน้าที่โครงการ	65.38 17	26.92 7	7.69 2	-	-	
13. ระยะเวลาในการอบรม / สัมมนามีความเหมาะสม	61.54 16	34.62 9	3.85 1	-	-	100.00 26
14. สถานที่สะอาดและมีความเหมาะสม	80.77 21	15.38 4	3.85 1	-	-	

2. ข้อเสนอแนะอื่นๆ

- ระบบอินเตอร์เน็ต
- ควรมี manual ประกอบการสาธิตในแต่ละขั้นตอน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถติดตามการสอนได้ดีขึ้น
- ขยายระยะเวลาการอบรมเพิ่มขึ้นในการอบรมครั้งต่อๆ ไป
- วิทยากรพูดเร็วไป
- ได้รับความรู้ที่เป็นประโยชน์อย่างมาก

2. ตารางความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมประชุม

วันที่ 29 ตุลาคม 2563 มีผู้ตอบแบบประเมินทั้งหมด 25 คน ซึ่งผลการวิเคราะห์แบ่งได้ดังนี้

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ / ความรู้ความเข้าใจ / การนำความรู้ไปใช้					รวม (ร้อยละ) (จำนวน)
	มากที่สุด (ร้อยละ) (จำนวน)	มาก (ร้อยละ) (จำนวน)	ปานกลาง (ร้อยละ) (จำนวน)	น้อย (ร้อยละ) (จำนวน)	น้อยที่สุด (ร้อยละ) (จำนวน)	
ด้านวิทยากร						
1. การเตรียมตัวและความพร้อมของวิทยากร	60.00 15	36.00 9	4.00 1	-	-	
2. การถ่ายทอดของวิทยากร	36.00 9	60.00 15	4.00 1	-	-	
3. สามารถอธิบายเนื้อหาได้ชัดเจนและตรงประเด็น	44.00 11	40.00 10	16.00 4	-	-	100.00 25
4. การตอบคำถามของวิทยากร	56.00 14	40.00 10	4.00 1	-	-	

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ / ความรู้ความเข้าใจ / การนำความรู้ไปใช้					รวม (ร้อยละ) (จำนวน)
	มากที่สุด (ร้อยละ) (จำนวน)	มาก (ร้อยละ) (จำนวน)	ปานกลาง (ร้อยละ) (จำนวน)	น้อย (ร้อยละ) (จำนวน)	น้อยที่สุด (ร้อยละ) (จำนวน)	
ด้านความรู้ความเข้าใจ						
5. ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้ก่อนการประชุม	16.00 4	16.00 4	40.00 10	24.00 6	4.00 1	
6. ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้หลังการประชุม	24.00 6	68.00 17	8.00 2	-	-	100.00 25
7. สามารถบอกประโยชน์ได้	32.00 8	56.00 14	12.00 3	-	-	
ด้านการนำความรู้ไปใช้						
8. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้	44.00 11	40.00 10	16.00 4	-	-	100.00 25
9. สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่ / ถ่ายทอดแก่ชุมชนได้	28.00 7	44.00 11	28.00 7	-	-	
10. สามารถให้คำปรึกษาแก่ผู้ร่วมงานได้	32.00 8	40.00 10	28.00 7	-	-	
ด้านสถานที่						
11. การบริการของเจ้าหน้าที่	64.00 16	32.00 8	4.00 1	-	-	
12. การประสานงานของเจ้าหน้าที่โครงการ	68.00 17	24.00 6	8.00 2	-	-	100.00 25

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ / ความรู้ความเข้าใจ / การนำความรู้ไปใช้					รวม (ร้อยละ) (จำนวน)
	มากที่สุด (ร้อยละ) (จำนวน)	มาก (ร้อยละ) (จำนวน)	ปานกลาง (ร้อยละ) (จำนวน)	น้อย (ร้อยละ) (จำนวน)	น้อยที่สุด (ร้อยละ) (จำนวน)	
13. ระยะเวลาในการอบรม / สัมมนามีความเหมาะสม	68.00 17	20.00 5	12.00 3	-	-	
14. สถานที่สะอาดและมีความเหมาะสม	72.00 18	28.00 7	-	-	-	

2. ข้อเสนอแนะอื่นๆ

- อยากให้นำเสนอ show case ที่เคยใช้ศึกษาหรือพัฒนาระบบฯ สำหรับใช้งานจริง
- ควรมีเอกสารประกอบการสาธิตในแต่ละขั้นตอน เพื่อให้ผู้ฟังสามารถตามทัน
- อยากให้ทำสไลด์ละเอียดกว่านี้ในส่วนของ colab ซึ่งมีประโยชน์มาก
- การจัดอบรมครั้งต่อไปอยากให้แนบ QR code เพื่อดาว์นโหลดข้อมูลที่ใช้ประกอบการ workshop เพื่อลดเวลาในการเตรียมข้อมูลการทำ workshop + ตัวโปรแกรม