

ภาคผนวก 1 บทความสำหรับการเผยแพร่

ในช่วงที่ประเทศไทยมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจสูง การขยายตัวของที่อยู่อาศัยและอุตสาหกรรมการผลิตและบริการได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมาก มีการขยายตัวในภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม ภาคบริการ และ ชุมชนทั้งที่อยู่อาศัยและพาณิชยกรรม ซึ่งล้วนแต่มีผลทำให้ความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นทั้งสิ้น พื้นที่ของ 2 จังหวัดในภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งได้แก่ อุตรดิตถ์ และ พิษณุโลก เป็นจังหวัดที่มีบริเวณต่อเนื่องกันและใช้น้ำจากแหล่งน้ำหลักๆ เดียวกัน คือ ลุ่มน้ำน่าน ดังนั้น การใช้น้ำของพื้นที่ซึ่งตั้งอยู่ต้นน้ำก็จะมีผลถึงปริมาณน้ำสำหรับพื้นที่ปลายน้ำด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลาที่มีน้ำน้อย เช่น ฤดูแล้ง ปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่จะรุนแรงและชัดเจน จนบ่อยครั้งการขาดแคลนน้ำกลายเป็นสาเหตุของความขัดแย้งระหว่างพื้นที่หรือชุมชน จากเหตุผลข้างต้น ถ้าปล่อยให้การใช้น้ำเป็นไปอย่างไม่มีแบบแผน และไม่มีระบบฐานข้อมูลความต้องการใช้น้ำอย่างชัดเจน ความขัดแย้งในการใช้น้ำจะเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงและหาข้อยุติได้ยาก ในกรณีนี้ งานวิจัยเพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลและแบบจำลองของความต้องการน้ำในส่วนต่างๆ ของทั้งระบบ จะทำให้มีเครื่องมือที่สามารถประมาณความต้องการน้ำตามสภาวะและเงื่อนไขที่กำหนดได้ และจะช่วยให้สามารถรู้ความต้องการน้ำได้ชัดเจนและประเมินผลกระทบโดยรวมที่อาจจะเกิดขึ้นได้ล่วงหน้า อันจะเป็นประโยชน์มากสำหรับพื้นที่หรือจังหวัดที่ใช้น้ำจากแหล่งร่วมกัน ระบบที่จะพัฒนาขึ้นนี้จึงนับว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการจัดการ การหาข้อยุติข้อตกลง หรือวางแผนล่วงหน้า ที่จะช่วยลดความขัดแย้งหรือปัญหาเรื่องการใช้น้ำได้ก่อนที่จะเกิดขึ้นจริง

โครงการนี้เป็นงานวิจัยเพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศความต้องการน้ำ และแบบจำลองการใช้น้ำของเมืองและชนบท ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับเป็นระบบที่สนับสนุนการจัดการทรัพยากรน้ำทางด้านอุปสงค์ (demand side) โดยศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลปฐภูมิและทุติยภูมิทั้งในเขตเมือง (ซึ่งหมายถึงพื้นที่ในเขตเทศบาลนคร เทศบาลเมือง และเทศบาลตำบล) และชนบท (ซึ่งหมายถึงพื้นที่นอกเขตเทศบาล) ครอบคลุมพื้นที่ 2 จังหวัด คือ อุตรดิตถ์ และพิษณุโลก ที่ใช้น้ำผิวดินจากลุ่มน้ำที่เป็นแหล่งเดียวกัน เพื่อนำไปพัฒนาเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้เทคนิคระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) แล้วนำมาพัฒนาเป็นแบบจำลองหลักๆ 3 ประเภท คือ แบบจำลองพื้นที่เสี่ยงแล้ง แบบจำลองสมดุลน้ำ และแบบจำลองความต้องการน้ำในภาคชุมชน อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม ของพื้นที่ต่างๆ ทั้งนี้เพื่อเป็นระบบที่สามารถนำไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจด้านการจัดการน้ำ โดยระบบที่จะพัฒนาขึ้นนี้ ประกอบด้วยฐานข้อมูลความต้องการน้ำเชิงพื้นที่และแบบจำลองความต้องการน้ำของชุมชน

อุตสาหกรรม และการเกษตร ซึ่งฐานข้อมูลและแบบจำลองสามารถนำไปใช้เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบาย หรือใช้สังเคราะห์ข้อมูลที่สนับสนุนการบริหารการใช้ทรัพยากรน้ำให้เป็นไปอย่างเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ โดยสามารถมองเห็นภาพรวมและผลกระทบที่มีต่อพื้นที่อื่นซึ่งใช้น้ำจากแหล่งเดียวกันด้วย ระบบดังกล่าวนี้สามารถนำเสนอเงื่อนไข เช่น ปัจจัยด้านภูมิอากาศ ประเภทการใช้ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากร เข้ามาเป็นองค์ประกอบในการประมวลผลได้ด้วย โดยมีสรุปผลงานวิจัยที่ดำเนินการแล้วดังนี้

1. สร้างระบบฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การวิจัยในส่วนนี้ได้รวบรวมและนำข้อมูลระดับปฐภูมิและหัตถภูมิทั้งในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ เพื่อจัดสร้างเป็นระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยได้จัดทำตามมาตรฐานโครงสร้างข้อมูลในรูปพจนานุกรมข้อมูล (data dictionary) ตามที่ได้ออกแบบไว้โดยใช้หลักของแบบจำลองเชิงสัมพันธ์ (relational model) เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในเนื้อหาส่วนต่างๆในโครงการวิจัย

2. พัฒนาระบบฐานข้อมูล พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ และสร้างแบบจำลองพื้นที่เสี่ยงแล้ง

การวิจัยในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้งของพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดพิษณุโลก ฐานข้อมูลในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งประกอบด้วยตัวแปรสิ่งแวดล้อมทั้งหมด 15 ตัวแปร ซึ่งได้แบ่งเป็น 4 ด้านหลักๆ คือ ด้านน้ำฝน ด้านศักยภาพน้ำใต้ดินและลุ่มน้ำ ด้านระยะห่างจากแหล่งน้ำ และด้านสภาพภูมิประเทศและดิน สำหรับการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งได้วิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีการ 3 วิธี ได้แก่ 1) อาศัยเกณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญ (expert system) และ 2) วิธีสถิติจำแนกกลุ่ม (discriminant analysis) สุดท้าย ทั้ง 2 วิธีได้ให้ผลการทางคณิตศาสตร์ในการกำหนดระดับเสี่ยงภัยแล้งในทุกพื้นที่ขนาด 40x40 เมตร โดยระดับเสี่ยงภัยแล้งถูกแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ไม่เสี่ยง เสี่ยงต่ำ เสี่ยงปานกลาง และเสี่ยงสูง ซึ่งผลที่วิเคราะห์ได้นำมาเปรียบเทียบกับผลการประเมินจากแบบสำรวจจากภาคสนามและแบบสำรวจข้อมูล กชช. 2 ค เพื่อเลือกวิธีการที่ให้ความถูกต้องมากที่สุดในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

ผลการวิจัย พบว่า วิธีสถิติจำแนกกลุ่มสามารถให้ความถูกต้องของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมากกว่าวิธีอื่น โดยเมื่อใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ได้จากวิธีสถิติจำแนกกลุ่มซึ่งคำนวณจากตัวแปรทั้ง 15 ตัวแปรสามารถอธิบายความเสี่ยงต่อภัยแล้งของพื้นที่ได้ร้อยละ 95.4 ทั้งนี้พบว่าระดับความเสี่ยงภัยแล้งมีค่าสหสัมพันธ์กับปัจจัยด้านศักยภาพน้ำใต้ดินและลุ่มน้ำ ($R=0.95$) มากกว่า

ปัจจัยด้านสภาพภูมิประเทศและดิน ($R=0.92$) ปัจจัยด้านระยะห่างจากแหล่งน้ำ ($R=0.91$) และปัจจัยด้านน้ำฝน ($R=0.88$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ในจำนวนทั้งหมด 15 ตัวแปร มี 4 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์สูงกับระดับเสี่ยงภัยแล้ง คือ ตัวแปรระยะห่างจากพื้นที่ชลประทาน ศักยภาพชั้นหินให้น้ำ ความสามารถในการให้น้ำของบ่อบาดาล และระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดิน ผลการวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงแล้งได้นำมาประเมินขนาดเนื้อที่ของการใช้ที่ดินในแต่ละอำเภอที่เสี่ยงต่อภัยแล้งสูง ปานกลาง ต่ำ และไม่เสี่ยง

3. สร้างแบบจำลองความต้องการน้ำประปา

การวิจัยในส่วนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับประเมินสถานภาพการใช้น้ำประปาและสร้างแบบจำลองความต้องการน้ำประปาของการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย รวมทั้งศึกษาปัจจัยด้านประชากร และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีอิทธิพลต่อความต้องการน้ำประปา โดยเลือกพื้นที่เทศบาลนครพิษณุโลกในการจำลอง โดยการจำลองความต้องการน้ำประปาจากอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรที่คำนวณได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Exponential growth formula) และทำการพยากรณ์ความต้องการน้ำประปาตามปีเป้าหมายที่กำหนดไว้ทุก 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 – 2565

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณความต้องการน้ำประปาทั้งหมดของการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยในรอบ 3 ปี (พ.ศ. 2543 – 2545) มีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย 102.20 ± 35.24 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี คิดเป็น 280.00 ± 96.56 ลิตร/คน/วัน และจากการประเมินสถานภาพความต้องการน้ำประปาในแต่ละเขตการให้บริการน้ำประปาพบว่า 6 เขตบริการที่มีปริมาณความต้องการน้ำเกินอัตราการใช้น้ำเฉลี่ย คือ เขตที่ 11 (417.56 ลิตร/คน/วัน) เขตที่ 1 (400.19 ลิตร/คน/วัน) เขตที่ 9 (395.17 ลิตร/คน/วัน) เขตที่ 3 (381.95 ลิตร/คน/วัน) เขตที่ 10 (322.00 ลิตร/คน/วัน) และเขตที่ 5 (287.64 ลิตร/คน/วัน) และจากการวิเคราะห์ปัจจัยด้านประชากร เศรษฐกิจ สังคม และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่คาดว่ามียังปัจจัยอิทธิพลต่อความต้องการน้ำประปาในพื้นที่เทศบาลนครพิษณุโลก ในรูปแบบของสมการถดถอยแบบพหุคูณแบบขั้นตอน พบว่ามีกลุ่มตัวแปรพยากรณ์ 3 ตัวที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ในการพยากรณ์ คือ จำนวนประชากรเฉลี่ยต่อครัวเรือน เนื้อที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม และจำนวนที่อยู่อาศัยประเภทบ้านแฝด โดยสมการถดถอยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.77 ในส่วนของการคาดการณ์จำนวนประชากรในอนาคตในปี พ.ศ. 2545-2565 นั้น ในการคำนวณค่าอัตราเพิ่มของประชากรจากสมการอัตราเพิ่มของประชากรโดยอาศัยข้อมูลสถิติประชากรปีพ.ศ. 2535-2545 พบว่าเทศบาลนครพิษณุโลกมีอัตราเพิ่มประชากรเท่ากับ 1.02 ซึ่งค่าอัตราเพิ่มของประชากรนี้ได้นำมาเพื่อใช้

คำนวณจำนวนประชากรในป้อนาคตเป้าหมาย โดยวิธีการคำนวณด้วยสมการ Exponential growth และโดยวิธีการจำลองด้วยโปรแกรม STELLA ผลการคำนวณพบว่าการทำนายจำนวนประชากร โดยวิธีการจำลองด้วยโปรแกรม STELLA ให้ผลการคำนวณใกล้เคียงกับสถิติจำนวนประชากรปีพ.ศ. 2535-2545 มากกว่าเมื่อเทียบกับวิธีการคำนวณด้วยสมการ Exponential growth โดยผลการคำนวณได้จำนวนประชากรในปี พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2555 และ พ.ศ. 2560 เท่ากับ 89,390 94,085 และ 99,026 คน ตามลำดับ อย่างไรก็ตามจากสถิติสำมะโนประชากรของจังหวัดพิษณุโลก พ.ศ. 2543 พบว่ามีประชากรเขตเทศบาลเพียงร้อยละ 79.4 เท่านั้นที่เกิดในจังหวัดเดียวกับที่อยู่ในปัจจุบัน (ที่เหลืออีกร้อยละ 21.6 มีการย้ายถิ่นไปอยู่ที่อื่น) ดังนั้นจึงได้นำค่าร้อยละ 79.4 มาปรับแก้ค่าจำนวนประชากรที่คาดการณ์เพื่อให้ได้จำนวนประชากรสุทธิที่อาศัยอยู่ในเขตเทศบาลนครพิษณุโลกจริง ดังนั้นเมื่อคำนวณอัตราการใช้น้ำต่อหัวของประชากรสุทธิ จากปริมาณการจำหน่ายน้ำในส่วนของประเภทการใช้ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย พบว่ามีอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยตั้งแต่ พ.ศ. 2535-2545 เท่ากับ 296.31 ± 28.44 ลิตรต่อวันต่อคน หรือ 108.15 ± 10.38 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี หรือได้สมการถดถอยเส้นตรงคือ อัตราการใช้น้ำ = $7.2073 * \text{จำนวนปี} + 253.06$ ($R^2 = 0.72$) อย่างไรก็ตามในการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำในป้อนาคตนั้น ในการวิจัยได้ใช้อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของข้อมูล 3 ปีล่าสุด (พ.ศ. 2543-2545) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 115.81 ± 3.63 ลูกบาศก์เมตร/คน/ปี เพื่อคำนวณความต้องการน้ำประปาในเขตเทศบาลนครพิษณุโลกเพื่อการอยู่อาศัย ผลการจำลองด้วยโปรแกรม STELLA พบว่า ความต้องการน้ำประปาในปี พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2555 พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2565 เท่ากับ 8,323,841 8,761,008 9,221,134 และ 9,705,426 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

4. สร้างแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน

การวิจัยในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน และประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทาน รวมทั้งสร้างแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน โดยเลือกพื้นที่โครงการชลประทานหลายชุมพลในการจำลอง ในการประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน และประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทาน คำนวณจากสมการด้านล่างนี้

$$IWD = [CWR - (ER - COR)] * (A / Ef) \text{ (ถ้าฝนตกมากกว่า CRW ให้ IWDnet = 0)}$$

$$IWS = \text{ปริมาณน้ำเฉลี่ยรายสัปดาห์ที่ส่งจริง (m3/sec)} * 0.6048$$

$$IRR_{ef} = [(IWD - GWU) / IWS] * 100$$

$$IWU_{ef} = PRO / (IWS - GWU)$$

- เมื่อ IRR_{ef} หมายถึง ประสิทธิภาพการชลประทาน (%)
- IWU_{ef} หมายถึง ประสิทธิภาพการใช้น้ำชลประทาน (Kg/m^3)
- IWD หมายถึง ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน (mcm)
- CRW หมายถึง ปริมาณความต้องการน้ำของพืช (mm.)
- ER หมายถึง ปริมาณฝนใช้การ (mm.)
- A หมายถึง พื้นที่เพาะปลูกรายโซน (ไร่)
- E_f หมายถึง ค่าคงที่ของประสิทธิภาพคลองชลประทาน
- GWU หมายถึง ปริมาณน้ำใต้ดินเฉลี่ยที่เกษตรกรสูบน้ำในพื้นที่ (m^3)
- IWS หมายถึง ปริมาณน้ำเฉลี่ยรายสัปดาห์ที่จัดส่ง (mcm)
- PRO หมายถึง ปริมาณผลผลิต (Kg)

จากค่าประสิทธิภาพการชลประทานการชลประทานและการใช้น้ำชลประทาน ได้นำมาวิเคราะห์หสัมพันธ์กับข้อมูลคุณลักษณะของพื้นที่และคุณลักษณะของเกษตร เช่น ความยาวคลอง ความหนาแน่นของคลอง ความกว้างยาวของพื้นที่(หรือระยะห่างจากคลอง) จำนวนรายเกษตรกร และระดับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำ

5. แบบจำลองน้ำในดินและการประเมินปฏิทินการเพาะปลูกพืชแบบอาศัยน้ำฝน

การวิจัยในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประมาณปริมาณน้ำในดินรายสัปดาห์ในรอบปีของทุกพื้นที่ขนาด 40x40 เมตรของจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยอาศัยแบบจำลองสมดุลน้ำ (water balance model) ซึ่งอาศัยหลักสมดุลของสมการที่ประกอบด้วยตัวแปรหลักๆ 5 ตัว คือ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณการระเหย ปริมาณน้ำท่า ปริมาณการซึมลึก และปริมาณน้ำในดิน ซึ่งปริมาณน้ำในดินที่คำนวณได้มีค่าแตกต่างกันตามการผันแปรเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝน ปริมาณการระเหย ความลาดชัน และประเภทเนื้อดิน ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำในดินรายสัปดาห์ได้นำมาจัดทำในรูปแบบที่ปฏิทินการเพาะปลูกพืชตามความเหมาะสมของจำนวนสัปดาห์ที่มีปริมาณน้ำในดินเพียงพอและแผนที่ปฏิทินการเพาะปลูกพืชตามความเหมาะสมของจำนวนสัปดาห์ที่มีปริมาณน้ำในดินเพียงพอเมื่อพิจารณาร่วมกับความเหมาะสมของดินสำหรับการปลูกพืชแต่ละชนิดที่กำหนดไว้ในโปรแกรม Soil View โดยในการศึกษานี้ได้แบ่งชนิดพืชออกเป็น 4 ประเภทหลักๆ ตามปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช คือ พืชผัก (vegetable) พืชไร่ (field crops) ข้าวไร่ (upland rice) และข้าวที่ลุ่มต่ำ (lowland rice) ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของปฏิทินการเพาะปลูกพืชรายสัปดาห์ได้นำมาประเมินขนาดเนื้อที่การเพาะปลูกในแต่ละประเภทในระดับรายตำบล

จากการศึกษาสมดุลน้ำ โดยใช้แบบจำลองสมดุลน้ำที่ประกอบด้วยตัวแปรหลักคือ น้ำฝน ปริมาณการคายระเหย ปริมาณน้ำท่า ปริมาณการซึมลึก และปริมาณน้ำในดิน สรุปได้ดังนี้

(1) จังหวัดพิษณุโลกมีปริมาณของน้ำฝนเท่ากับ 2,094 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ซึ่งผลรวมทั้งจังหวัดเท่ากับ 13,948 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี และจังหวัดอุดรดิตถ์มีปริมาณของน้ำฝนเท่ากับ 1,925 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ซึ่งผลรวมทั้งจังหวัดเท่ากับ 9,395 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี

(2) จังหวัดพิษณุโลกมีปริมาณการระเหย (จากผากระเหย) เท่ากับ 2,540 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ซึ่งผลรวมของการระเหยทั้งจังหวัดเท่ากับ 16,914 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี สำหรับจังหวัดอุดรดิตถ์มีปริมาณการระเหยเท่ากับ 2,363 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ซึ่งผลรวมของการระเหยทั้งจังหวัดเท่ากับ 11,534 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี จังหวัดพิษณุโลกมีปริมาณการระเหยจริงเท่ากับ 1,431 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ซึ่งมีปริมาณรวมทั้งจังหวัดเท่ากับ 9,532 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี จังหวัดอุดรดิตถ์มีปริมาณการระเหยจริงเท่ากับ 1,275 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ซึ่งมีปริมาณรวมทั้งจังหวัดเท่ากับ 6,213 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี

(3) จังหวัดพิษณุโลกมีปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 515.9 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี มีผลรวมของทั้งจังหวัดเท่ากับ 3,435 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี จังหวัดอุดรดิตถ์มีปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 537 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี ผลรวมของทั้งจังหวัดเท่ากับ 2,617 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี

(4) จังหวัดพิษณุโลกมีปริมาณการซึมลึกทั้งหมดเฉลี่ย 247.0 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี มีผลรวมของทั้งจังหวัดเท่ากับ 1,644 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี จังหวัดอุดรดิตถ์มีปริมาณการซึมลึกเฉลี่ย 196.5 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ปี มีผลรวมของทั้งจังหวัดเท่ากับ 957 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี

(5) จังหวัดพิษณุโลกมีปริมาณน้ำในดินเฉลี่ย 97 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีผลรวมของปริมาณน้ำในดินตลอดทั้งปีสำหรับพื้นที่ทั้งหมด เท่ากับ 645 ล้านลูกบาศก์เมตร และเมื่อคิดเฉพาะพื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณเฉลี่ย 88 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีผลรวมของปริมาณน้ำในดินเท่ากับ 309 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับปริมาณน้ำในดินจังหวัดอุดรดิตถ์มีปริมาณเฉลี่ย 79 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีผลรวมของปริมาณน้ำในดินตลอดทั้งปีสำหรับพื้นที่ทั้งหมด เท่ากับ 384 ล้านลูกบาศก์เมตร และเมื่อคิดเฉพาะพื้นที่เพาะปลูก มีปริมาณเฉลี่ย 37 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีผลรวมของปริมาณน้ำในดินเท่ากับ 81 ล้านลูกบาศก์เมตร

การศึกษาปริมาณน้ำในดินสะสมเริ่มต้นคิดจากสัปดาห์ที่ 17 โดยกำหนดให้ปริมาณน้ำที่ดินสะสมสามารถกักเก็บได้ไม่เกินความสามารถอุ้มน้ำได้ของดินโดยกำหนดให้ดินที่ความลึกที่ 50 ดินสามารถกักเก็บน้ำได้สูงสุดร้อยละ 50 ปริมาตรของดินทั้งหมด (การศึกษาค้างนี้ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินสูงสุดเท่ากับ 400 ลูกบาศก์เมตร/ไร่) ผลการศึกษา พบว่า

จังหวัดพิษณุโลกมีปริมาณของน้ำในดินเริ่มเกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 18 ถึง สัปดาห์ที่ 2 (สัปดาห์ที่ 2 ของปีถัดมา) รวมทั้งสิ้น 36 สัปดาห์ ซึ่งสัปดาห์ที่ 3 ถึงสัปดาห์ที่ 17 เป็นช่วงเวลาที่ไม่มีน้ำในดิน มีปริมาณน้ำในดินต่ำสุด คือ 0 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ปริมาณน้ำในดินสูงสุดเท่ากับ 400 (สัปดาห์ที่ 33 ถึง สัปดาห์ที่ 41) สัปดาห์ที่มีปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยสูงสุดคือสัปดาห์ที่ 38 เท่ากับ 75.1 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีผลรวมทั้งจังหวัดเท่ากับ 74.4 ล้านลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือสัปดาห์ที่ 40 และ 39 เท่ากับ 73.6 และ 73.2 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และมีผลรวม ตามลำดับ 71.3 และ 75.3 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับผลการศึกษาปริมาณน้ำในดินสะสมของจังหวัดอุดรติดิพบว่าปริมาณของน้ำในดินเริ่มเกิดขึ้นในสัปดาห์ที่ 18 ถึง สัปดาห์ที่ 3 (สัปดาห์ที่ 3 ของปีถัดมา) รวมทั้งสิ้น 37 สัปดาห์ ซึ่งสัปดาห์ที่ 4 ถึงสัปดาห์ที่ 17 เป็นช่วงเวลาที่ไม่มีน้ำในดิน มีปริมาณน้ำในดินต่ำสุด คือ 0 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ปริมาณน้ำในดินสูงสุดเท่ากับ 400 (สัปดาห์ที่ 34 ถึง สัปดาห์ที่ 40) สัปดาห์ที่มีปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยสูงสุดคือสัปดาห์ที่ 39 เท่ากับ 34.5 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ มีผลรวมทั้งจังหวัดเท่ากับ 75.4 ล้านลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือสัปดาห์ที่ 38 และ 40 เท่ากับ 34.1 และ 32.7 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และมีผลรวม ตามลำดับ 74.3 และ 71.3 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดิน ผลการศึกษาพบว่า ทั้ง 2 จังหวัด ในสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 25 เป็นช่วงที่มีความชื้นระดับจุดเหี่ยวถาวรทั่วไปส่วนปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อการปลูกพืชจะเริ่มกระจายตัวตั้งแต่สัปดาห์ที่ 26 ถึงสัปดาห์ที่ 52 สำหรับสัปดาห์ที่ 28 ถึงสัปดาห์ที่ 46 มีความชื้นระดับความชื้นสนาม และในสัปดาห์ที่ 33 ถึงสัปดาห์ที่ 41 จะมีพื้นที่ที่มีความชื้นระดับดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งกระจายตามพื้นที่ส่วนใหญ่ทางด้านทิศใต้ของทั้ง 2 จังหวัด

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของปริมาณน้ำในดินต่อการปลูกพืชการครั้งนี้ได้แบ่งปริมาณของน้ำในดิน 4 ระดับตามปริมาณการใช้น้ำของพืช 4 ชนิด พืชผัก พืชไร่ ข้าวไร่ และข้าว ซึ่งเป็นปริมาณความต้องการน้ำของพืชเฉลี่ยต่อสัปดาห์ และกำหนดให้มีระยะเวลาที่มีปริมาณน้ำในดินต่อเนื่องจนครบอายุเก็บเกี่ยว พบว่า จังหวัดพิษณุโลกมีความเหมาะสมของปริมาณน้ำในดินที่สามารถรองรับการปลูกทั้ง 4 ประเภท พบว่า พืชผักเหมาะสมปลูกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 20 ถึง 46 รวม 26 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่มีพื้นที่เหมาะสมปลูกพืชผักมากที่สุดคือสัปดาห์ที่ 37 มีพื้นที่ 716,726 ไร่ (จากพื้นที่ปลูกได้จริง 1,359,608 ไร่) พืชไร่เหมาะสมปลูกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 21 ถึง 44 รวม 23 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่มีพื้นที่เหมาะสมปลูกพืชไร่มากที่สุดคือสัปดาห์ที่ 35 มีพื้นที่ 1,231,965 ไร่ (จากพื้นที่ปลูกได้จริง 1,297,241 ไร่) และข้าวไร่เหมาะสมปลูกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 33 จนถึงสัปดาห์ที่ 37 รวม 5 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่มีพื้นที่เหมาะสมปลูกข้าวไร่มากที่สุดคือสัปดาห์ที่ 35 มีพื้นที่ 24,784 ไร่ (จากพื้นที่ปลูกได้จริง 65,276 ไร่) และข้าวเหมาะสมปลูกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 29 จนถึง

สัปดาห์ที่ 38 รวม 13 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่เหมาะสมปลูกข้าวมากที่สุดคือสัปดาห์ที่ 34 มีพื้นที่ 103,994 ไร่ จังหวัดพิษณุโลกมีความเหมาะสมรวมของพื้นที่ปลูกพืชมากที่สุดในสัปดาห์ที่ 3 53, 4 และ 36 คือ 1,513,281 ไร่, 1,491,927 ไร่ และ 1,480,409 ไร่ ตามลำดับ สำหรับจังหวัดอุดรธานีพบว่า พืชผักเหมาะสมปลูกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 19 ถึง 47 รวม 28 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่มีพื้นที่เหมาะสมปลูกพืชผักมากที่สุดคือสัปดาห์ที่ 36 มีพื้นที่ 211,836 ไร่ (จากพื้นที่ปลูกได้จริง 396,200 ไร่) พืชไร่เหมาะสมปลูกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 19 ถึง 45 รวม 26 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่มีพื้นที่เหมาะสมปลูกพืชไร่มากที่สุดคือสัปดาห์ที่ 34 มีพื้นที่ 309,458 ไร่ (จากพื้นที่ปลูกได้จริง 328,202 ไร่) และข้าวไร่เหมาะสมปลูกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 33 จนถึงสัปดาห์ที่ 36 รวม 4 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่มีพื้นที่เหมาะสมปลูกข้าวมากที่สุดคือสัปดาห์ที่ 34 มีพื้นที่ 5,516 ไร่ (จากพื้นที่ปลูกได้จริง 18,744 ไร่) และข้าวเหมาะสมปลูกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 26 จนถึงสัปดาห์ที่ 35 รวม 13 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่เหมาะสมปลูกข้าวมากที่สุดคือสัปดาห์ที่ 34 มีพื้นที่ 18,067 ไร่ จังหวัดอุดรธานีมีความเหมาะสมรวมของพื้นที่ปลูกพืชมากที่สุดคือในสัปดาห์ที่ 3 43, 5 และ 36 คือ 497,376 ไร่, 423,724 ไร่ และ 396,200 ไร่ ตามลำดับ

เมื่อนำปริมาณของน้ำในดินมาหาวิเคราะห์ความเหมาะสมเชิงพื้นที่ร่วมกับความเหมาะสมของดินของโปรแกรม Soil View ผลการศึกษาพบว่าลักษณะความเหมาะสมที่ 1 ถึง 55 เป็นลักษณะที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชจากปัจจัยของน้ำในดินและคุณสมบัติของดินที่เอื้อต่อการเพาะปลูก ลักษณะที่ 14, 28, 42 และลักษณะที่ 56 พบว่าปัจจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติของดินไม่มีความเหมาะสมสำหรับปลูกพืช ลักษณะที่ 57 ถึง 69 พบว่าปัจจัยเกี่ยวกับน้ำในดินไม่มีความเหมาะสมสำหรับปลูกพืช สำหรับลักษณะที่ 70 พบว่าทั้งน้ำในดินและคุณสมบัติของดินไม่มีความเหมาะสมสำหรับปลูกพืช ผลการศึกษา พบว่า จังหวัดพิษณุโลกเหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชผักตั้งแต่สัปดาห์ที่ 20 ถึง 46 รวม 26 สัปดาห์ พืชไร่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 22 ถึง 44 รวม 22 สัปดาห์ ข้าวไร่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 33 จนถึงสัปดาห์ที่ 37 รวม 5 สัปดาห์ และข้าวเหมาะสมต่อการเพาะปลูกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 29 จนถึงสัปดาห์ที่ 38 รวม 9 สัปดาห์ สัปดาห์ที่มีพื้นที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชมากที่สุดคือสัปดาห์ที่ 35 มีเนื้อที่ 1,380,076 ไร่ รองลงมาคือสัปดาห์ที่ 34 และ 36 มีเนื้อที่ 1,357,386 ไร่ และ 1,349,421 ไร่ ตามลำดับ และสำหรับจังหวัดอุดรธานีมีพื้นที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชผักตั้งแต่สัปดาห์ที่ 19 ถึง 47 รวม 28 สัปดาห์ พืชไร่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 29 ถึง 45 รวม 26 สัปดาห์ ข้าวไร่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 33 จนถึงสัปดาห์ที่ 36 รวม 4 สัปดาห์ และข้าวเหมาะสมต่อการเพาะปลูกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 29 จนถึงสัปดาห์ที่ 39 รวม 10 สัปดาห์ สัปดาห์ที่มี

พื้นที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชมากที่สุดคือสปีดนาห์ที่ 34 มีเนื้อที่ 469,820 ไร่ รองลงมาคือสปีดนาห์ที่ 35 และ 36 มีเนื้อที่ 394,005 ไร่ และ 369,048 ไร่ ตามลำดับ

ซึ่งพื้นที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชจากทั้ง 2 ปัจจัยของจังหวัดพิษณุโลกในสปีดนาห์ที่ 35 ซึ่งเป็นสปีดนาห์ที่มีเนื้อที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกมากที่สุด มีเนื้อที่ลดลงจากความเหมาะสมต่อการเพาะปลูกจากปัจจัยของน้ำในดินเพียงอย่างเดียว คือจากเนื้อที่ 1,513,281 ไร่ ลดลงเหลือ 1,380,076 ไร่ สำหรับจังหวัดอุดรธานีพบว่า ในสปีดนาห์ที่ 34 ซึ่งเป็นสปีดนาห์ที่มีเนื้อที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกมากที่สุด มีเนื้อที่ลดลงจากความเหมาะสมต่อการเพาะปลูกจากปัจจัยของน้ำในดินเพียงอย่างเดียว คือจากเนื้อที่ 497,376 ไร่ ลดลงเหลือ 469,820 ไร่

6. หิ้งตำบลหนึ่งแหล่งน้ำ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ดัชนีอุปสงค์และดัชนีอุปทานสำหรับจัดลำดับการพัฒนาแหล่งน้ำ โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และนำดัชนีที่ได้มาใช้ในการจัดลำดับในการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรของแต่ละตำบล ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

การจัดลำดับการพัฒนาแหล่งน้ำระดับตำบลโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ในการวิเคราะห์ดัชนีทั้ง 7 ได้แก่ ดัชนีเสี่ยงแล้ง ดัชนีความต้องการน้ำของพืช ดัชนีเศรษฐกิจ ดัชนีน้ำท่า ดัชนีน้ำในดิน ดัชนีแหล่งน้ำ และดัชนีระยะห่างจากแหล่งน้ำ ร่วมกับการใช้วิธีสถิติการจำแนกกลุ่ม (K-Mean Clustering Analysis และ Discriminant Analysis) นั้น พบว่าผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถอธิบายถึงขีดความสามารถของศักยภาพทั้งทางด้านอุปสงค์ และทางด้านอุปทานที่เกิดขึ้นในแต่ละตำบลได้ โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ดัชนีทั้ง 7 ดังนั้นลำดับของคะแนนที่เกิดขึ้นจากแต่ละดัชนีจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในแต่ละด้านที่เกิดขึ้นของระดับตำบล ซึ่งผลการศึกษาสามารถนำไปเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาและการจัดการในอนาคตได้อย่างถูกต้อง ตามสภาพที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละพื้นที่ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ทำให้ได้สมการถดถอยเชิงพหุ ที่สามารถทำนายทั้งลำดับของดัชนีเศรษฐกิจที่เกิดขึ้น ในระดับตำบลโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลของ กชช 2ค ซึ่งมีการจัดเก็บทุก 2 ปีได้ และยังสามารถทำนายลำดับของการพัฒนาแหล่งน้ำระดับตำบลโดย สมการถดถอยเชิงพหุที่ได้จากการวิเคราะห์ ซึ่งมาจากดัชนีทั้ง 7 ดัชนี

ดัชนีอุปสงค์

สำหรับดัชนีอุปสงค์ ซึ่งประกอบไปด้วย ดัชนีเสี่ยงแล้ง ดัชนีความต้องการน้ำของพืช และดัชนีเศรษฐกิจ จะเป็นตัวกำหนดระดับความต้องการน้ำสำหรับพื้นที่เกษตรในแต่ละตำบล

ดัชนีเสี่ยงแล้ง

ระดับของพื้นที่เสี่ยงแล้ง จะเป็นดัชนีหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงสภาพของพื้นที่ที่มีปัญหาทางด้านการขาดแคลนน้ำในระดับตำบล โดยที่สมการสำหรับการวิเคราะห์ดัชนีเสี่ยงแล้งได้มาจาก 4 ปัจจัยด้วยกัน (15 ตัวแปร) ได้แก่ ปัจจัยทางด้านความเสี่ยงแล้งด้านน้ำฝน ด้านระยะห่างจากแหล่งน้ำ ด้านสภาพภูมิประเทศและดิน และด้านศักยภาพน้ำใต้ดินและลุ่มน้ำ ซึ่งพบว่าในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดอุตรดิตถ์ มีตำบลทั้งสิ้น 156 ตำบล อยู่ในพื้นที่ จังหวัดพิษณุโลก 93 ตำบล และจังหวัดอุตรดิตถ์ 63 ตำบล อยู่ในระดับเสี่ยงแล้งต่ำมากถึงไม่เสี่ยง จำนวน 62 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 39.74 อยู่ในระดับเสี่ยงแล้งต่ำ จำนวน 72 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 46.15 อยู่ในระดับเสี่ยงแล้งปานกลาง จำนวน 19 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 12.18 และอยู่ในระดับเสี่ยงแล้งสูง จำนวน 3 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 1.92

ดัชนีความต้องการน้ำของพืช

สำหรับดัชนีความต้องการน้ำของพืช จะเป็นดัชนีที่แสดงให้เห็นถึงสภาพของพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกและมีความต้องการน้ำสำหรับเพาะปลูกพืชในแต่ละพื้นที่ ตัวแปรที่ใช้ ได้แก่ เนื้อที่เพาะปลูกพืชแต่ละชนิด ค่าความต้องการน้ำของพืชชนิดต่างๆ และจำนวนครั้งที่ปลูกในรอบปี ซึ่งพบว่าระดับของดัชนีความต้องการน้ำของพืช ของทั้งจังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดอุตรดิตถ์ มีตำบลที่มีปริมาณความต้องการน้ำของพืชอยู่ในระดับต่ำมากถึงไม่ต้องการ จำนวน 23 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 14.74 ตำบลที่มีปริมาณความต้องการน้ำของพืชอยู่ในระดับต่ำ จำนวน 66 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 42.31 ตำบลที่มีปริมาณความต้องการน้ำของพืชอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 56 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 35.90 และตำบลที่มีปริมาณความต้องการน้ำของพืชอยู่ในระดับที่สูง จำนวน 11 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 7.05

ดัชนีเศรษฐกิจสังคม

ดัชนีเศรษฐกิจสังคมจะเป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงสภาพเศรษฐกิจและสังคม ที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำและการเกษตร ของแต่ละพื้นที่ โดยดัชนีนี้จะได้มาจากการการคัดเลือกข้อมูล กชช 2ค จึงมีตัวแปรทั้งสิ้น 56 ตัวแปร และได้้นำตัวแปรทั้ง 56 มาวิเคราะห์เพื่อหาสมการถดถอยเชิงพหุสำหรับพยากรณ์ ระดับของดัชนีเศรษฐกิจสังคมที่จะเกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ของทั้งจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่ามีตำบลที่มีสภาพของเศรษฐกิจสังคมดีมาก จำนวน 42 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 26.92 ตำบลที่มีสภาพของเศรษฐกิจสังคมดี จำนวน 60 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 38.46 ตำบลที่มีสภาพของเศรษฐกิจสังคมปานกลาง จำนวน 50 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 32.05 และตำบลที่มีสภาพของเศรษฐกิจสังคมต่ำ จำนวน 4 ตำบล คิดเป็น ร้อยละ 2.56

ดัชนีอุปทาน

ในส่วนของดัชนีอุปทาน ซึ่งเป็นดัชนีที่แสดงให้เห็นถึงสภาพของน้ำต้นทุนที่มีอยู่ในแต่ละพื้นที่ ทั้งของจังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดอุตรดิตถ์ ประกอบไปด้วย ดัชนีน้ำท่า ดัชนีน้ำในดิน ดัชนีแหล่งน้ำ และดัชนีระยะห่างจากแหล่งน้ำ

ดัชนีน้ำท่า

ดัชนีน้ำท่า เป็นดัชนีที่แสดงให้เห็นถึงระดับของปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นของแต่ละพื้นที่ ซึ่งพบว่าระดับของดัชนีน้ำท่า ของทั้งจังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดอุตรดิตถ์ มีตำบลที่มีปริมาณน้ำท่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงไม่มี จำนวน 41 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 26.28 ตำบลที่มีปริมาณน้ำท่าอยู่ในระดับต่ำ จำนวน 79 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 50.64 ตำบลที่มีปริมาณน้ำท่าอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 4 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 2.56 และตำบลที่มีปริมาณน้ำท่าอยู่ในระดับที่สูง จำนวน 32 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 20.51

ดัชนีน้ำในดิน

ดัชนีน้ำในดิน เป็นดัชนีที่สามารถบอกถึงระดับของน้ำในดินที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ ของทั้งจังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่ามีตำบลที่มีระดับน้ำในดินต่ำมากถึงไม่มี จำนวน 12 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 7.69 ตำบลที่มีระดับน้ำในดินต่ำ จำนวน 48 ตำบล คิดเป็น ร้อยละ 30.77 ตำบลที่มีระดับน้ำในดินปานกลาง จำนวน 65 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 41.67 และตำบลที่มีระดับน้ำในดินสูง 31 ตำบล คิดเป็น ร้อยละ 19.87

ดัชนีแหล่งน้ำ

ดัชนีแหล่งน้ำ เป็นดัชนีที่สามารถบอกถึงระดับของร้อยละของแหล่งน้ำที่มีเทียบกับพื้นที่เกษตรของแต่ละตำบล ซึ่งพบว่ามีตำบลที่มีร้อยละของแหล่งน้ำมาก จำนวน 3 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 1.92 ตำบลที่มีร้อยละของแหล่งน้ำปานกลาง จำนวน 1 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 0.64 ตำบลที่มีร้อยละของแหล่งน้ำน้อย จำนวน 49 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 31.41 และตำบลที่มีร้อยละของแหล่งน้ำต่ำ จำนวน 103 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 66.03

ดัชนีระยะห่างจากแหล่งน้ำ

ดัชนีระยะห่างจากแหล่งน้ำ เป็นดัชนีที่แสดงให้เห็นถึงค่าเฉลี่ยของระยะห่างจากแหล่งน้ำจากตำบลถึงแหล่งน้ำที่มีอยู่ และยังสามารถแสดงให้เห็นถึงความศักยภาพของการมีแหล่งน้ำ และการนำน้ำจากแหล่งน้ำไปใช้ประโยชน์ในแต่พื้นที่ของจังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งพบว่ามีตำบลที่มีระยะห่างจากแหล่งน้ำน้อย จำนวน 21 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 13.46 ตำบลที่มีระยะห่างจากแหล่งน้ำปานกลาง จำนวน 28 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 17.95 ตำบลที่มีระยะห่างจาก

แหล่งน้ำมาก จำนวน 103 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 66.03 และตำบลที่มีระยะห่างจากแหล่งน้ำมากที่สุด จำนวน 4 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 2.56

สำหรับการจัดลำดับการพัฒนาแหล่งน้ำ ซึ่งใช้ค่าผลรวมของระดับของดัชนีทั้ง 7 ดัชนี มาวิเคราะห์และจำแนกกลุ่มโดยใช้วิธีสถิติการจำแนกกลุ่ม ออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน พบว่าสมการของการลำดับการพัฒนาแหล่งน้ำที่ใช้ค่ามาตรฐานของดัชนีทั้ง 7 สามารถอธิบายการจัดลำดับการพัฒนาแหล่งน้ำระดับตำบลได้ถึงร้อยละ 86.2 และดัชนีทั้ง 7 มีค่าทดสอบทางสถิติ t น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 สำหรับพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่าตำบลที่ไม่ควรได้รับการพัฒนา มีจำนวน 24 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 15.38 ตำบลที่ควรได้รับการพัฒนาระยะหลัง จำนวน 56 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 35.90 ตำบลที่ควรได้รับการพัฒนาระยะปานกลาง จำนวน 56 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 35.90 และตำบลที่ควรได้รับการพัฒนาระยะแรก จำนวน 20 ตำบล คิดเป็นร้อยละ 12.82

7. การพัฒนาโปรแกรมชื่อ “ น้ำน่าน ” สำหรับเรียกใช้และแสดงผลฐานข้อมูล

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจต้องมีย่อประกอบสำคัญ 3 ประการคือ (1) ระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (2) องค์ความรู้ และ (3) ระบบเรียกใช้และแสดงผล จุดเด่นของระบบสนับสนุนการตัดสินใจคือสามารถนำข้อมูลด้านต่าง ๆ มาวิเคราะห์ร่วมกันอย่างบูรณาการ โดยที่ผู้ตัดสินใจสามารถจำลองสถานการณ์หรือตั้งเงื่อนไขของสถานการณ์หรือกำหนดทางเลือกเพื่อคาดคะเนผลที่อาจเกิดขึ้น ในการวิจัยส่วนนี้เป็นการนำฐานข้อมูลและองค์ความรู้จากการวิจัยมาพัฒนาเป็นระบบเรียกใช้ในรูปโปรแกรม “ น้ำน่าน ” ซึ่งผู้ใช้สามารถตั้งเงื่อนไขเพื่อจำลองสถานการณ์ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อให้สามารถเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของพื้นที่ โปรแกรม น้ำน่าน ประกอบด้วยโมดูลทั้งหมด 6 โมดูล คือ DROUGHT, WATBUD, CROPWAT, URBWAT, WATMAN และ WATDEM โดยแต่ละโมดูลมีเนื้อหาสรุปได้ดังนี้

- (1) DROUGHT เป็นโมดูลเรียกใช้ฐานข้อมูลและองค์ความรู้ด้านพื้นที่ขาดแคลนน้ำ
- (2) WATBUD เป็นโมดูลเรียกใช้ฐานข้อมูลและองค์ความรู้ด้านงบประมาณน้ำในรูปน้ำฝน น้ำระเหย น้ำท่าผิวดิน น้ำในดิน และน้ำซึมลึก
- (3) CROPWAT เป็นโมดูลเรียกใช้ฐานข้อมูลและองค์ความรู้ด้านความต้องการใช้เพื่อการเพาะปลูกพืช
- (4) URBWAT เป็นโมดูลเรียกใช้ฐานข้อมูลและองค์ความรู้ด้านความต้องการใช้น้ำเพื่อการประปา

(5) WATMAN เป็นโมดูลเรียกใช้ฐานข้อมูลและองค์ความรู้ด้านการจัดลำดับการพัฒนาแหล่งน้ำรายตำบล โดยพิจารณาจากปัจจัยทางอุปสงค์และอุปทานด้านทรัพยากรน้ำของพื้นที่

(6) WATDEM เป็นโมดูลเรียกใช้ฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุปสงค์และอุปทานน้ำ

ภาคผนวก 2 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

โครงการวิจัยได้จัดกิจกรรมการประชุม 2 ครั้ง ดังรายละเอียดดังนี้

ครั้งที่ 1 การประชุมความก้าวหน้าการพัฒนาระบบฐานข้อมูลและสร้างแบบจำลองความต้องการน้ำในเขตเมืองและชนบท จัดขึ้นในวันอังคารที่ 26 สิงหาคม 2546 ณ ห้องประชุม AG 2203 คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร





ครั้งที่ 2 การประชุมเผยแพร่ผลการวิจัยและโปรแกรม "น่านาน" จัดขึ้นในวันที่ 27-28 ตุลาคม 2547 ณ ห้องประชุม AG 2203 คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร









ภาคผนวก 3 ตารางเปรียบเทียบกิจกรรมที่วางแผนไว้และกิจกรรมที่ดำเนินการจริง โดยจำแนกตามรายงวดประมาณ 6 เดือน

งวดที่	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการจริง
1	1. การรวบรวมและสำรวจข้อมูล ทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง - วางแผนการออกเก็บข้อมูลและสำรวจข้อมูล - ขอข้อมูล เอกสารและรายงานจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง - ออกสำรวจและเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ของโครงการ - ทบทวนเอกสาร งานวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง - ศึกษามาตรฐานข้อมูล 2. วิเคราะห์สาเหตุและกำหนดตัวแปรของการขาดแคลนน้ำ - ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการขาดแคลนน้ำ - จัดแบ่งกลุ่มข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการขาดแคลนน้ำ - กำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการขาดแคลนน้ำ 3. ออกแบบและจัดสร้างฐานข้อมูล - ออกแบบโครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลคุณลักษณะจากทุกหน่วยงาน - นำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่จากการรวบรวมเข้าสู่โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 4. วิเคราะห์เชิงพื้นที่ เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงในการขาดแคลนน้ำ - ศึกษาฐานข้อมูลด้านภูมิอากาศ อุทกวิทยา และกายภาพ ที่ใช้สำหรับกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง - กำหนดค่าองศาความรุนแรงของตัวแปรในแต่ละด้าน	1. รวบรวมและสำรวจข้อมูล - ได้ข้อมูลทั้งในรูปแบบดิจิทัลและรายงานที่เกี่ยวข้อง - นำข้อมูลมาจัดประเภทเพื่อให้เป็นหมวดหมู่ที่เหมาะสมต่อการตั้งชื่อและเรียกใช้งาน - จัดประชุมระดมความคิดเห็นจากหน่วยงานท้องถิ่นเพื่อสร้างเครือข่ายความร่วมมือในการให้ข้อมูลและระดมความคิดเห็นต่อทิศทางงานวิจัยที่ควรจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ 2. ทบทวนเอกสารงานวิจัย - ทราบชนิดข้อมูลที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์การขาดแคลนน้ำ - พิจารณาความเหมาะสมของการเลือกข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์การวิจัยมีการวิเคราะห์กำหนดปัจจัยและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการขาดแคลนน้ำ 3. ออกแบบและจัดสร้างฐานข้อมูล - จัดทำพจนานุกรมข้อมูล - ได้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่และฐานข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ตามรูปแบบมาตรฐาน - วิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อสร้างแบบจำลองพื้นที่เสี่ยงขาดแคลนน้ำ - จัดสร้างข้อมูลกริดของตัวแปรจำนวน 16 ตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ - พัฒนาวិธีการสร้างแบบจำลองพื้นที่เสี่ยงขาดแคลนน้ำโดยการใช้อัตริสถิติจำแนกกลุ่มโดยแยกแบบจำลองพื้นที่เสี่ยงขาดแคลนน้ำตามสาเหตุออกเป็น 4 แบบจำลอง

งวดที่	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการจริง
	-วิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง	-ทดสอบและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองแบบวิธีสถิติจำแนกกลุ่มกับวิธีดั้งเดิมคือแบบอาศัยผู้เชี่ยวชาญ
	- นำเข้าข้อมูลหมู่บ้านประสบภัยแล้ง จากข้อมูล กชช. 2 ค และข้อมูล จปฐ.	-วิเคราะห์หมู่บ้านเสี่ยงแล้งประเภทน้ำดื่ม น้ำใช้ และน้ำการเกษตรจากข้อมูล กชช. 2 ค และข้อมูล จปฐ. -ได้แบบจำลองคณิตศาสตร์ แผนที่และฐานข้อมูลของพื้นที่เสี่ยงขาดแคลนน้ำ
	5. สร้างแบบสอบถามเพื่อประเมินความถูกต้องของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ - วางแผนการออกเก็บข้อมูลและสำรวจข้อมูลแบบสอบถาม - สร้างแบบสอบถาม	5. สร้างแบบสอบถาม -ได้แบบสอบถามสำหรับประเมินความถูกต้องของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่
	6. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 - พิมพ์รายงาน จัดทำรูปเล่มและจัดส่งรายงานความก้าวหน้า	6. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 -จัดส่งรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1
2	7. ประเมินความถูกต้องของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ ด้วยแบบสอบถาม - เก็บข้อมูลภาคสนาม โดยใช้แบบสอบถาม - นำเข้าข้อมูลจากการสำรวจเข้าสู่โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล - วิเคราะห์และสรุปผลข้อมูล - ประเมินความถูกต้องของแผนที่พื้นที่เสี่ยงขาดแคลนน้ำ - ปรับแก้ไขค่าถ่วงน้ำหนักและระดับความรุนแรงของตัวแปรให้เหมาะสมกับพื้นที่	7. ประเมินความถูกต้องของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ ด้วยแบบสอบถาม -ออกสำรวจด้วยแบบสอบถามกับประชากรกลุ่มตัวอย่างทุกหมู่บ้าน - ประเมินความถูกต้องของแผนที่พื้นที่เสี่ยงขาดแคลนน้ำ -แผนที่พื้นที่เสี่ยงขาดแคลนน้ำที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง -แผนที่เสี่ยงขาดแคลนน้ำด้านน้ำดื่ม น้ำใช้ และน้ำการเกษตร
	8. ศึกษาการใช้ที่ดินในเขตเมือง	8. ศึกษาการใช้ที่ดินในเขตเมือง
	- ศึกษาฐานข้อมูลด้านการใช้ที่ดิน	-จัดสร้างฐานข้อมูลคุณลักษณะของการใช้ที่ดินในเขตเมืองให้สอดคล้องกับข้อมูลการจำแนกน้ำประปาของเทศบาลนครพิษณุโลก

งวดที่	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการจริง
	- นำเข้าข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศในหลายช่วงเวลา - สกัดข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเพื่อหาขอบเขตการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เมือง - วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ที่ดินจากข้อมูลสถิติ	- ทราบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเขตเมือง
	9. วิเคราะห์ข้อมูลน้ำต้นทุน - ประเมินปริมาณน้ำต้นทุนของเขื่อนสิริกิติ์ - ประเมินปริมาณน้ำต้นทุนของแม่น้ำน่าน	9. วิเคราะห์ข้อมูลน้ำต้นทุนและพัฒนาแบบจำลองสมมูลน้ำ - จัดสร้างฐานข้อมูลปริมาณน้ำต้นทุนรายเดือนของเขื่อนสิริกิติ์และแม่น้ำน่าน - สร้างแบบจำลองสมมูลน้ำ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า น้ำในดิน และน้ำซึมลึกของลุ่มน้ำย่อย ซึ่งถือว่าเป็นน้ำต้นทุนของพื้นที่แต่ละแห่ง
	10. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 - พิมพ์รายงาน จัดทำรูปเล่มและจัดส่งรายงานความก้าวหน้า	10. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 - จัดส่งรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2
3	11. ประเมินความต้องการใช้น้ำสภาวะปกติ (Norm) - ประเมินความต้องการใช้น้ำชลประทานในพื้นที่เกษตร - ประเมินความต้องการใช้น้ำประปาในเขตเมือง	11. ประเมินความต้องการใช้น้ำสภาวะปกติ (Norm) - ประเมินความต้องการใช้น้ำชลประทานในพื้นที่เกษตร - ประเมินความต้องการใช้น้ำประปาในเขตเมือง
	12. วิเคราะห์ข้อมูลสถิติการใช้น้ำ (Actual) - ประเมินปริมาณการใช้น้ำชลประทานในพื้นที่เกษตร - ประเมินปริมาณการใช้น้ำอุปโภคบริโภคในเขตเมือง	12. วิเคราะห์ข้อมูลสถิติการใช้น้ำ (Actual) - ปริมาณการใช้น้ำชลประทานในพื้นที่เกษตรและน้ำประปาในเขตเมือง - สร้างแผนที่และฐานข้อมูลความต้องการใช้น้ำในพื้นที่เกษตรและเขตเมือง
	13. คำนวณและประเมินสถานการณ์อุปสงค์ของการใช้น้ำ - เปรียบเทียบระหว่างค่าการใช้น้ำที่แท้จริง (actual) กับความต้องการใช้น้ำในภาวะปกติ (norm)	13. คำนวณและประเมินสถานการณ์อุปสงค์ของการใช้น้ำ - สร้างแผนที่สถานการณ์อุปสงค์ของการใช้น้ำชลประทานในพื้นที่เกษตรและน้ำประปาในเขตเมือง
	14. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้น้ำประปาและชลประทาน	14. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการใช้น้ำประปาและชลประทาน

งวดที่	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการจริง
	- รวบรวมข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการใช้น้ำ - วิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการใช้น้ำ	- สร้างฐานข้อมูลของปัจจัยที่มีผลต่อการใช้น้ำ - วิเคราะห์ผลการทางสถิติของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการใช้น้ำประจำและชุดประทาน
	15. พัฒนาแบบจำลองการใช้น้ำ - สร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำ	15. พัฒนาแบบจำลองการใช้น้ำเพื่อการเกษตร - สร้างแบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน จากปริมาณฝนใช้การ ฤดูกาลเพาะปลูกและเนื้อที่เพาะปลูก
		- สร้างแบบจำลองประเมินความชื้นในดินสะสม - ประเมินและสร้างปฏิทินการเพาะปลูกพืชรายสัปดาห์ที่เหมาะสมกับควมชื้นในดินสะสม
	16. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3 - พิมพ์รายงาน จัดทำรูปเล่มและจัดส่งรายงานความก้าวหน้า	16. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3 - จัดส่งรายงานความก้าวหน้า
4	17. ทดสอบและแก้ไขแบบจำลองการใช้น้ำ - ทดสอบการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการใช้น้ำ	17. พัฒนาโปรแกรมคำนวณ - เขียนโปรแกรมคำนวณ สำหรับเรียกแสดงผลข้อมูลและการจำลองแบบพื้นที่เสี่ยงแล้งน้ำต้นทุนในรูปแบบน้ำท่าและน้ำในดิน การใช้น้ำของเมืองและชุมชน การใช้น้ำประจำและชุดประทาน การใช้น้ำในภาคชุมชน ชุมสหกรณ์และเกษตร
	18. จัดประชุมและเผยแพร่ฐานข้อมูลและแบบจำลอง - ประชุมเผยแพร่ผลการวิจัย - จัดอบรมการเรียกใช้ฐานข้อมูลและแบบจำลอง	18. จัดประชุมและเผยแพร่ฐานข้อมูลและโปรแกรมคำนวณ - ประชุมเผยแพร่ผลการวิจัย - จัดอบรมการเรียกใช้ฐานข้อมูลและแบบจำลอง
	19. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ - พิมพ์รายงาน จัดทำรูปเล่มและจัดส่งรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์	19. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ - จัดส่งรายงานฉบับสมบูรณ์