บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาโครงการวิจัยเรื่อง "การศึกษาผลกระทบของภูมิอากาศ และการใช้ที่ดินที่มีต่อปริมาณน้ำท่าด้วยภาพถ่ายดาวเทียมธีออส" ซึ่งได้นำแบบจำลอง SWAT เป็นเครื่องมือในการคำนวณหาค่าปริมาณน้ำท่า และใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จ. นครราชสีมา ปี พ.ศ. 2523, 2544 และ 2551 แผนที่เส้นขั้นความสูง แผนที่เส้นแม่น้ำ ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา ข้อมูลคุณสมบัติดิน เป็นต้น สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

1. ภาพถ่ายดาวเทียมธีออส

1.1 ภาพถ่ายดาวเทียมธีออส เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่เพิ่งมีการเก็บข้อมูลมาได้ไม่นาน จึงยังไม่ควรที่จะนำมาคำนวณและประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อคำนวณหาค่าต่าง ๆ เช่น ค่า NDVI ค่าการคายระเหย เป็นต้น เนื่องจากความไม่เสถียรภาพของค่าคงที่สำหรับการปรับแก้ และการแปลงผลภาพถ่ายดาวเทียม ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงได้นำภาพถ่ายดาวเทียมธีออส มาตรวจสอบและวิเคราะห์ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2551 ด้วยระบบแผนที่สารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งพบว่า ขอบเขตของการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลทั้งสองแบบนี้มีความสอดคล้องกัน แต่อย่างไรก็ตาม การนำภาพถ่ายดาวเทียมธีออสมาใช้เพียงเพื่อตรวจสอบและวิเคราะห์ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน จึงยังไม่ได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ในเบื้องต้น

2. สภาพภูมิอากาศ

2.1 โดยภาพรวมของทั้งจังหวัดนครราชสีมา ในช่วงข้อมูลอากาศ 32 ปี ลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ สามารถสรุปได้ดังนี้

- ค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย เท่ากับ 32.41 $^{\circ}$C ค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย เท่ากับ 21.88 $^{\circ}$C และค่าอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 27.14 $^{\circ}$C ซึ่งค่าอุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นด้วยอัตรา 0.015 $^{\circ}$C, 0.044 $^{\circ}$C และ 0.014 $^{\circ}$C ต่อ 32 ปี สำหรับอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิเฉลี่ย ตามลำดับ

- ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวัน อยู่ในช่วง 5.92 ถึง -10.13 $^{\circ}$C แต่ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวันตลอดทั้ง 32 ปี มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ นั้นแสดงว่าอุณหภูมิในแต่ละวัน ส่วนใหญ่จะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

- จำนวนวันโดยเฉลี่ยที่มีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวันมากกว่า 3 $^{\circ}$C ของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 27.81, 12.25, 7.62 วัน ตามลำดับ

- จำนวนวันโดยเฉลี่ยที่มีค่าอุณหภูมิต่ำกว่า 25 $^{\circ}$C ของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 5.40, 317.35, 71.42 วัน ตามลำดับ

- จำนวนวันโดยเฉลี่ยที่มีค่าอุณหภูมิสูงกว่า 35 °C ของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ย เท่ากับ 73.50, 0, 0 วัน ตามลำดับ

- อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 35.60 °C ในเดือนเมษายน มีอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 17.17 °C ในเดือนธันวาคม และมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 29.69 °C ในเดือนเมษายน และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 23.17 °C ในเดือนธันวาคม

2.2 โดยภาพรวมของทั้งจังหวัดนครราชสีมา ในช่วงข้อมูลอากาศ 32 ปี ลักษณะการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน สามารถสรุปได้ว่า ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมมีปริมาณน้ำฝนสูง (โดยเฉลี่ยมีปริมาณน้ำฝนรวมสูงกว่า 100 มม.ต่อเดือน) โดยเฉพาะเดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนรวมเฉลี่ยสูงถึง 218.81 มม.ต่อเดือน ในขณะที่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนมีปริมาณน้ำฝนต่ำ (โดยเฉลี่ยมีปริมาณน้ำฝนรวมต่ำกว่า 90 มม.ต่อเดือน) โดยเฉพาะเดือนธันวาคมมีปริมาณน้ำฝนรวมเฉลี่ยเพียง 3.52 มม.ต่อเดือน สำหรับปริมาณน้ำฝนรวมเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1073.62 มม. ปริมาณฝนรวมสูงสุดรายปี และปริมาณฝนรวมต่ำสุดรายปีเท่ากับ 1386.33 (พ.ศ. 2543) มม. และ 693.13 มม. (พ.ศ. 2540) ตามลำดับ

2.3 โดยภาพรวมของทั้งจังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2524 ถึงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ. 2553 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ สามารถสรุปได้ว่า มีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย เท่ากับ 88.27%, 52.15%, 72.03% ตามลำดับ

2.4 โดยภาพรวมของทั้งจังหวัดนครราชสีมา ในช่วงข้อมูลอากาศ 32 ปี ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการระเหย สามารถสรุปได้ว่า มีค่าการระเหยเฉลี่ยรายเดือน สูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย เท่ากับ 7.34, 3.25 และ 4.93 มม. ตามลำดับ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคมมีค่าการระเหยเฉลี่ยรายเดือนสูงกว่า 5 มม. ซึ่งเดือนเมษายนมีค่าการระเหยเฉลี่ยสูงสุด และเดือนตุลาคมมีค่าการระเหยเฉลี่ยต่ำสุด โดยค่าการระเหยเฉลี่ยมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นด้วยอัตราเพียง 0.0008 ต่อ 32 ปี

3. ปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง SWAT

3.1 จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของปี พ.ศ. 2523 พ.ศ. 2544 และ พ.ศ. 2551 พบว่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนตุลาคม มีปริมาณน้ำท่ามากที่สุด ในขณะที่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม มีปริมาณน้ำท่าน้อยที่สุด

3.2 เมื่อพิจารณาตามลุ่มน้ำย่อย พบว่า สำหรับลุ่มน้ำ SB01 ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด ดังนั้น จึงเป็นช่วงที่ต้องมีการเฝ้าระวังการเกิดภาวะน้ำท่วม ในทางตรงกันข้าม ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด จึงเป็นช่วงที่ต้องมีการเฝ้าระวังการเกิดภาวะภัยแล้ง สำหรับลุ่มน้ำ SB05 ตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด ดังนั้น จึงเป็นช่วงที่ต้องมีการเฝ้าระวังการเกิดภาวะน้ำท่วม ในทางตรงกันข้าม ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนเป็นช่วงที่มี

ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด จึงเป็นช่วงที่ต้องมีการเฝ้าระวังการเกิดภาวะภัยแล้ง สำหรับลุ่มน้ำ SB07 ตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงเดือนพฤศจิกายน เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด ดังนั้น จึงเป็นช่วงที่ต้องมีการเฝ้าระวังการเกิดภาวะน้ำท่วม ในทางตรงกันข้าม ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด จึงเป็นช่วงที่ต้องมีการเฝ้าระวังการเกิดภาวะภัยแล้ง และสำหรับลุ่มน้ำ SB02 SB03 SB04 SB06 SB08 SB09 SB10 และ SB11 ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด ดังนั้น จึงเป็นช่วงที่ต้องมีการเฝ้าระวังการเกิดภาวะน้ำท่วม ในทางตรงกันข้าม ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด จึงเป็นช่วงที่ต้องมีการเฝ้าระวังการเกิดภาวะภัยแล้ง

3.3 โดยภาพรวมของทั้งจังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด ดังนั้น จึงเป็นช่วงที่ต้องมีการเฝ้าระวังการเกิดภาวะน้ำท่วม ในทางตรงกันข้าม ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนเป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด จึงเป็นช่วงที่ต้องมีการเฝ้าระวังการเกิดภาวะภัยแล้ง

4. ดัชนีชี้วัดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีต่อปริมาณน้ำท่า

4.1 เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนมีแนวโน้มลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้น ดัชนีชี้วัดด้านอุณหภูมิจึงไม่มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า และสมการความสัมพันธ์เพื่อพิจารณาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณน้ำท่า คือ $Y = 0.0326X^5 - 4.1173X^4 + 206.3X^3 - 5131X^2 + 63371X - 310781$ ($R^2 = 0.1651$)

4.2 เมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มมากขึ้น ปริมาณน้ำท่ามีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้น ดัชนีชี้วัดด้านปริมาณน้ำฝนจึงมีนัยสำคัญ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า และสมการความสัมพันธ์เพื่อพิจารณาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณน้ำท่า คือ $Y = -5E^{-10}X^5 + 4E^{-7}X^4 - 0.0001X^3 + 0.018X^2 - 0.7137X + 34.103$ ($R^2 = 0.4279$)

4.3 เมื่อความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น ปริมาณน้ำท่ามีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้น ดัชนีชี้วัดด้านความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยจึงมีนัยสำคัญ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า และสมการความสัมพันธ์เพื่อพิจารณาผลของการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่มีต่อปริมาณน้ำท่า คือ $Y = 0.0012e^{0.1431X}$ ($R^2 = 0.7239$)

4.4 เมื่อการระเหยเพิ่มมากขึ้น ปริมาณน้ำท่ามีแนวโน้มลดลง ดังนั้น ดัชนีชี้วัดด้านการระเหยจึงมีนัยสำคัญ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า และสมการความสัมพันธ์เพื่อพิจารณาผลของการเปลี่ยนแปลงการระเหยที่มีต่อปริมาณน้ำท่า คือ $Y = 2.593X^5 - 68.619X^4 + 712.88X^3 - 3622.3X^2 + 8934.4X - 8389$ ($R^2 = 0.3973$)

4.5 เมื่อพิจารณาการใช้ประโยชน์ที่ดินและปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากแบบจำลอง SWAT ในปี พ.ศ. 2523 พ.ศ. 2544 และ พ.ศ. 2551 พบว่า ดัชนีชี้วัดการใช้ประโยชน์ที่ดินในด้านพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง และพื้นที่น้ำ สำหรับการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าดัชนีชี้วัดเหล่านี้ควรมีประกอบกันด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสม ดังแสดงในกรณีที่ 2 ที่มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี แต่ทั้งนี้ควรที่จะมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมของดัชนีชี้วัดด้านต่าง ๆ

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชี้วัดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและการใช้ที่ดินสำหรับการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในอนาคต สำหรับกรณีที่ 1 สมการที่ใช้ในการพิจารณาปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน คือ $y = -0.0253x^5 + 0.756x^4 - 8.5289x^3 + 45.589x^2 - 103.75x + 85.264$ ($R^2 = 0.9381$) สำหรับกรณีที่ 2 สมการที่ใช้ในการพิจารณาปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน คือ $y = -0.0298x^5 + 0.8794x^4 - 9.8056x^3 + 51.99x^2 - 117.04x + 96.797$ ($R^2 = 0.9186$) และสำหรับกรณีที่ 3 สมการที่ใช้ในการพิจารณาปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน คือ $y = -0.0277x^5 + 0.8132x^4 - 8.9598x^3 + 46.498x^2 - 101.83x + 81.108$ ($R^2 = 0.9006$)

4.7 เมื่อกำหนดให้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นค่าคงที่ และสภาพภูมิอากาศเป็นค่าที่มีการเปลี่ยนแปลง (พ.ศ. 2522-2553) ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้ในแต่ละปีมีค่าที่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าเป็นแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในปีเดียวกัน นอกจากนี้ เมื่อกำหนดให้สภาพภูมิอากาศเป็นค่าคงที่และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเปลี่ยนแปลง (กรณีที่ 1 กรณีที่ 2 และกรณีที่ 3) ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้ในแต่ละกรณีมีค่าที่แตกต่างกัน แม้จะเป็นข้อมูลสภาพภูมิอากาศในปีเดียวกัน ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า ทั้งแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า การพิจารณาปริมาณน้ำท่าจึงต้องคำนึงถึงทั้งแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศรวมกัน นอกจากนี้ สัดส่วนที่เหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่าง ๆ จะต้องมีสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้มีปริมาณน้ำท่าที่สม่ำเสมอตลอดทั้งปี และมีปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการการใช้น้ำทั้งเพื่อการเกษตรกรรม และอุปโภค-บริโภค สำหรับพื้นที่นั้น ๆ

ข้อเสนอแนะ

1. หากมีดาวเทียมธีออสดวงที่ 2 ถูกยิงขึ้นสู่อวกาศเพื่อนำมาใช้เก็บข้อมูลต่อจากดาวเทียมธีออสที่กำลังใช้งานในปัจจุบัน จะทำให้ภาพถ่ายดาวเทียมธีออสเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงเวลาที่มีความสำคัญ และเป็นประโยชน์ต่อการคำนวณและประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียมเป็นอย่างมาก เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมธีออสเป็นข้อมูลที่มีความละเอียดทั้งในเชิงพื้นที่และในเชิงเวลา

2. เนื่องจากข้อมูลด้าน อุตุ-อุทกวิทยา เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญมากต่อการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า และค่าต่าง ๆ ในระบบวัฏจักรน้ำ ด้วยหลักการสมดุลน้ำ ดังนั้น จำนวนสถานีวัดและความต่อเนื่องของข้อมูลจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ที่จะต้องมีสถานีวัดที่กระจายอย่างครอบคลุมพื้นที่และข้อมูลมีความต่อเนื่องเป็นระยะเวลาที่ยาวนานในทุก ๆ สถานีวัด

3. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมในการพิจารณาว่าดัชนีชี้วัดด้านสภาพภูมิอากาศ และดัชนีชี้วัดการใช้ประโยชน์ ว่าศึกษาถึงลำดับความสำคัญมากน้อยของดัชนีชี้วัดในแต่ละด้าน นอกจากนี้ ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงความสำคัญของดัชนีชี้วัดการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่า เมื่อกำหนดให้ ดัชนีชี้วัดด้านสภาพภูมิอากาศในแต่ต่าง ๆ เป็นค่าคงที่

4. สำหรับสมการที่ใช้ในการพิจารณาปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจากการศึกษานี้ มีความเหมาะสมสำหรับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกรณีที่ 1 กรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 หากนำไปใช้กับพื้นที่ที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างจากที่กล่าวมาควรทำการศึกษาด้วยวิธีเช่นเดียวกับการศึกษานี้

5. ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT สามารถบอกได้ว่าแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยมีปริมาณน้ำท่าเท่าไร แต่ยังไม่สามารถที่จะบอกได้ว่าในแต่ละพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันในลุ่มน้ำย่อยนั้นจะมีปริมาณน้ำท่าเท่าไร ดังนั้น หากทำการศึกษาเพิ่มเพื่อพัฒนานำเอาภาพถ่ายดาวเทียม เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม THEOS ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ภาพถ่ายดาวเทียม MODIS ภาพถ่ายดาวเทียม NOAA เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ดีมาก มาเป็นข้อมูลด้านเข้าเพื่อพิจารณาปริมาณน้ำท่า จะทำให้ได้ค่าปริมาณน้ำท่าที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ดีมาก โดยจะสามารถบอกได้ว่าในแต่ละพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันในลุ่มน้ำย่อยนั้นจะมีปริมาณน้ำท่าเท่าไร

6. แบบจำลอง SWAT เป็นแบบจำลองที่มีความต้องการข้อมูลด้านเข้าที่ละเอียดเป็นอย่างมากทั้งข้อมูลด้านภูมิประเทศ ด้านอุตุ-อุทกวิทยา คุณสมบัติดิน เป็นต้น ดังนั้น ในการนำแบบจำลองนี้ไปใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จึงควรมีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นอย่างละเอียด ครบถ้วน และมีความต่อเนื่องของข้อมูลเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน