



การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง
ด้วยดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน และดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา
พัฒนา วิจิตรพงษ์สกุล^{a*}, จรูญ สารินทร์^a, พันธุ์ทิพย์ กล่อมเจ็ก^a และสมบัติ ชื่นชุกกลิ่น^b

Meteorological drought in the Sakea Krang River basin using the Standardized
Precipitation Index (SPI) and the Meteorological Drought Index (D)

Patana Wichitarapongsakun^{a*}, Charoon Sarin^a, Pantip Klomjek^a, and Sombat Chuenchooklin^b

^aภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

^bภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

^aDepartment of Natural Resource and Environment, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok

^bCivil Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok

* Corresponding author. E-mail address: patanaw55@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและบ่งชี้ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาของลุ่มน้ำสะแกกรัง ด้วยการใช้น้ำฝนมาตรฐาน (SPI) และดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา (D) โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนระหว่างปี พ.ศ. 2528–2557 จากสถานีตรวจวัดน้ำฝน จำนวน 8 สถานีตรวจวัดทั้งในและนอกพื้นที่ลุ่มน้ำ 2) เปรียบเทียบผลการศึกษากับผลการวิเคราะห์ความแห้งแล้งของกรมทรัพยากรน้ำ ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรังประสบสภาวะความแห้งแล้งในระดับน้อยถึงปานกลาง โดยมีค่าดัชนี SPI อยู่ระหว่าง -0.45 ถึง -1.41 และดัชนี D อยู่ระหว่าง -11.75 ถึง -26.62 เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษากับผลการวิเคราะห์ความแห้งแล้งของกรมทรัพยากรน้ำ พบว่าการบ่งชี้ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งด้วยดัชนี SPI มีค่าที่สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความแห้งแล้งของกรมทรัพยากรน้ำมากกว่าการบ่งชี้ด้วยค่าดัชนี D โดยดัชนี SPI มีค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) เท่ากับ 20.83 % และดัชนี D มีค่า MAPE เท่ากับ 29.17 % ซึ่งจากผลการศึกษาข้างต้นชี้ว่า ค่าดัชนี SPI มีความเหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งในระดับพื้นที่ ลุ่มน้ำ รวมทั้งเพื่อใช้ในการคาดการณ์ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้ง กรณีที่มีการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนที่แม่นยำ

คำสำคัญ: ความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา ดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน ดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา ลุ่มน้ำสะแกกรัง

Abstract

The objectives of this research were 1) to study and indicate the severity levels of meteorological drought in the sub-basins of the Sakea Krang River basin using the Standardized Precipitation Index (SPI) and the Meteorological Drought Index (D). Rainfall data between 1985 and 2014 from eight rain gauge stations were used in this study. 2) to compare the severity levels of drought from this study with those indicated by the Department of Water Resources. The SPI and D index from this study were between -0.45 and -1.41 and between -11.75 and -26.62, respectively that indicated the severity levels of drought in the Sakea Krang River basin were between mild drought and moderate drought. Comparison between study results and the severity levels analyzed by the Department of Water Resources, SPI index showed the severity levels more agreeable with MAPE of 20.83% than those indicated by D index with MAPE of 29.17%. The results from this study, therefore, illustrated that SPI index is appropriate to be used for drought severity level analysis in level of watershed area. Beside, this index can be applied for drought severity level prediction when accurate rainfall data prediction is available.

Keywords: Meteorological drought, The Standardized Precipitation Index, The Meteorological Drought Index, The Sakae Krang River basin



บทนำ

ปัญหาความแห้งแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่สร้างความเสียหายและส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและวิถีชีวิตของประชาชนที่สำคัญของประเทศไทยเป็นอย่างมาก ซึ่งประเทศไทยได้ประสบกับปัญหาความแห้งแล้งเป็นประจำทุกปี จากสถิติความเสียหายจากภัยแล้งของประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2532-2556 พบว่า มีจังหวัดที่ประสบภัยแล้งอยู่ระหว่าง 29-72 จังหวัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี พ.ศ. 2548 ได้เกิดภัยแล้งที่รุนแรงและมีมูลค่าความเสียหาย มากที่สุด โดยมีจังหวัดที่ประสบภัยแล้งมากถึง 71 จังหวัด และมีมูลค่าความเสียหายสูงถึง 7,565.9 ล้านบาท (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2558)

ลุ่มน้ำสะแกกรังเป็น 1 ใน 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทยที่ประสบกับปัญหาความแห้งแล้งมาอย่างต่อเนื่อง จากการวิเคราะห์โดยกรมทรัพยากรน้ำ (2551, น. 57) พบว่าลุ่มน้ำสะแกกรังมีระดับความรุนแรงในการขาดแคลนน้ำมากที่สุด ซึ่งหากไม่มีการบริหารจัดการเพื่อป้องกันปัญหาความแห้งแล้ง ก็จะสร้างความเสียหายและส่งผลกระทบต่อประชาชนในพื้นที่เป็นอย่างมาก

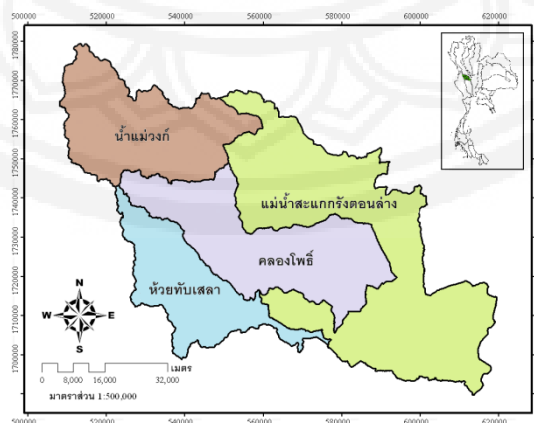
การวิเคราะห์และคาดการณ์ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งเป็นสิ่งสำคัญซึ่งสามารถนำไปวางแผนป้องกัน ลดผลกระทบและความเสียหาย อย่างไรก็ตาม การศึกษาเพื่อบ่งชี้ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งยังคงมีอยู่น้อย ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้ทำการวิเคราะห์

และเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งด้วยค่าดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน (The Standardized Precipitation Index: SPI) และดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา (The Meteorological Drought Index: D) กับผลการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งของกรมทรัพยากรน้ำ เพื่อเป็นแนวทางหรือเครื่องมือที่เหมาะสมในการวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ในการคาดการณ์เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและการแก้ไขปัญหาความแห้งแล้งในพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม มีประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์อย่างสูงสุด

เครื่องมือและระเบียบวิธีวิจัย

1. พื้นที่ในการศึกษาวิจัย

พื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง ตั้งอยู่ทางตอนกลางของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 5,055.88 ตร.กม. พื้นที่ส่วนใหญ่ครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ อุทัยธานี นครสวรรค์ และกำแพงเพชร ลักษณะลุ่มน้ำวางตัวตามแนวตะวันตก-ตะวันออก ระหว่างเส้นรุ้งที่ $14^{\circ} 25'$ เหนือ ถึงเส้นรุ้งที่ $15^{\circ} 08'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $99^{\circ} 05'$ ตะวันออก ถึงเส้นแวง ที่ $100^{\circ} 05'$ ตะวันออก ทิศเหนือของลุ่มน้ำติดกับลุ่มน้ำปิง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำท่าจีน ทิศตะวันตกติดกับ ลุ่มน้ำแม่กลอง และทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำสะแกกรังประกอบไปด้วยลุ่มน้ำสาขา จำนวน 4 ลุ่มน้ำสาขา ได้แก่ น้ำแม่वंก คลองโพธิ์ ห้วยทับเสลา และแม่น้ำสะแกกรังตอนล่าง แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลุ่มน้ำสะแกกรังและลุ่มน้ำสาขา

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในระหว่างปี พ.ศ.2528-2557 (คาบ 30 ปี) จากกรมชลประทาน

2.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.2.1 โปรแกรม HEC-4 Monthly Streamflow Simulation สำหรับการต่อขยายข้อมูลปริมาณน้ำฝน

2.2.2 โปรแกรม SPI_SL_6 สำหรับการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งด้วยดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน (SPI)

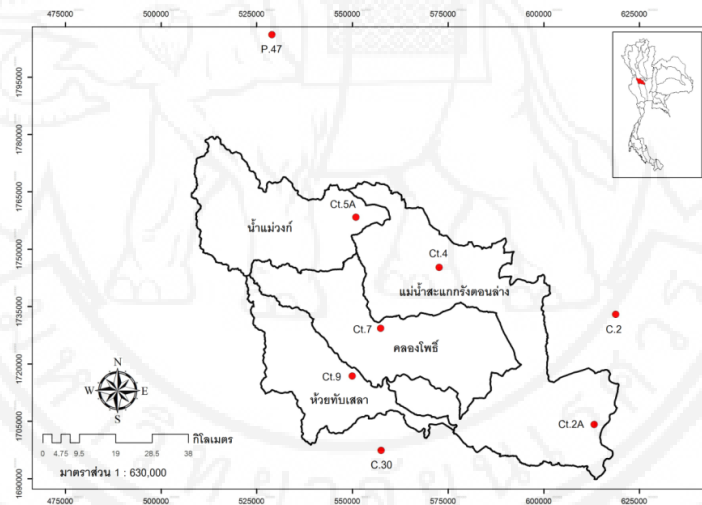
2.2.3 โปรแกรม Microsoft Excel สำหรับการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งด้วยดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา (D)

3. การรวบรวม ตรวจสอบ และวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝน

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝน ตรวจสอบความเพียงพอของจำนวนสถานีวัดน้ำฝน ต่อขยายข้อมูลปริมาณน้ำฝน ทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝน และหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝน

เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทานที่มีข้อมูลครบถ้วนและต่อเนื่องในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง จำนวน 5 สถานี และนอกพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง จำนวน 3 สถานี รวมทั้งสิ้น 8 สถานี เพื่อหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา แสดงดังรูปที่ 2 และตารางที่ 1



รูปที่ 2 สถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 1 รายละเอียดสถานีวัดน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษา

สถานี	ลุ่มน้ำ	ตำแหน่งพิกัดที่ตั้งสถานี	ช่วงสถิติปีข้อมูล	จำนวนปีข้อมูล
C.2	เจ้าพระยา	N 15-40-14 E 100-07-34	พ.ศ. 2540 - 2557	18 ปี
Ct.2A	สะแกกรัง	N 15-24-38 E 100-03-27	พ.ศ. 2545 - 2557	13 ปี
Ct.4	สะแกกรัง	N 15-47-09 E 99-40-42	พ.ศ. 2518 - 2557	40 ปี
Ct.5A	สะแกกรัง	N 15-55-41 E 99-30-11	พ.ศ. 2513 - 2557	45 ปี
Ct.7	สะแกกรัง	N 15-38-25 E 99-32-25	พ.ศ. 2518 - 2557	40 ปี
Ct.9	สะแกกรัง	N 15-31-06 E 99-29-01	พ.ศ. 2548 - 2557	10 ปี
C.30	ท่าจีน	N 15-20-59 E 99-32-02	พ.ศ. 2526 - 2557	32 ปี
P.47	ปิง	N 16-19-48 E 99-15-29	พ.ศ. 2527 - 2557	31 ปี

ที่มา: กรมชลประทาน (2557)



3.2 การตรวจสอบความเพียงพอของจำนวนสถานีวัดน้ำฝน

เพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ถูกต้องและสามารถใช้เป็นตัวแทนของปริมาณน้ำฝนในพื้นที่อย่างแท้จริงจึงจำเป็นต้องตรวจสอบความเพียงพอของจำนวน

สถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา โดย C_v method ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำ มีที่มาจากสมการ (กิริติ ลีวิจันกุล, 2543)

$$N = \left[\frac{C_v}{\varepsilon} \right]^2 \quad (1)$$

โดยที่	N	คือ จำนวนสถานีวัดน้ำฝนที่เหมาะสม
	C_v	คือ สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน จำนวน m สถานี
	ε	คือ เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ในการประมาณการจากปริมาณฝนเฉลี่ย กำหนดให้ $\varepsilon = 10\%$ ตามคำแนะนำขององค์การอุทกนิยามวิทยาโลก (Subramanya, 2008)

$$C_v = \frac{100\sigma_{m-1}}{\bar{P}} \quad (2)$$

โดยที่	σ	คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากข้อมูลปริมาณฝน จำนวน m สถานี
	\bar{P}	คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยจากข้อมูลปริมาณฝน จำนวน m สถานี

$$\sigma_{m-1} = \sqrt{\frac{\sum_1^m [p_i - \bar{p}]^2}{m-1}} \quad (3)$$

P_i คือ ปริมาณฝนที่วัดได้จากสถานีที่ i โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, m$

3.3 การต่อขยายข้อมูลปริมาณน้ำฝน

เนื่องจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนมีจำนวนปีข้อมูลที่ไม่เท่ากัน โดยส่วนใหญ่มีจำนวนปีข้อมูลมากกว่า 30 ปี อย่างไรก็ตามสถานี C.2, Ct.2A และ Ct.9 พบข้อมูลน้อยกว่า 30 ปี ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของข้อมูล จึงจำเป็นต้องทำการต่อขยายข้อมูลปริมาณน้ำฝนของทั้ง 3 สถานี ให้มีจำนวนปีข้อมูลเท่ากับ 30 ปี โดยการใช้โปรแกรม HEC-4 Monthly Streamflow Simulation ซึ่งพัฒนาโดย Hydrologic Engineering Center (US Army Corps of Engineers-HEC, 1971) ก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

3.4 การทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ความไม่แน่นอนของข้อมูลปริมาณน้ำฝนอาจเกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝน การเปลี่ยนชนิดเครื่องวัดน้ำฝน การเก็บข้อมูลน้ำฝนที่ไม่ถูกต้อง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมรอบสถานีวัดน้ำฝน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการทดสอบความน่าเชื่อถือรวมทั้งการปรับแก้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนหากไม่ผ่านเกณฑ์การทดสอบ รวมทั้งการตรวจสอบกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนของกรมอุทกนิยามวิทยาในพื้นที่ศึกษา ซึ่งในการศึกษานี้ได้ใช้วิธีเส้นโค้งทับทวี (Double Mass Curve Method) (Searcy & Hardison,



1960) ในการทดสอบ เพื่อให้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแต่ละสถานีมีคุณภาพเพียงพอก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

3.5 การหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำสาขา

การหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำสาขามีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าปริมาณน้ำฝนที่เป็นตัวแทนของปริมาณฝนที่ตกกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ เพื่อให้เป็นตัวแทนของปริมาณน้ำฝนในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่จะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป โดยทั่วไปนิยมใช้ 3 วิธี ได้แก่ วิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ วิธีทิสเสน และวิธีเส้นชั้นน้ำฝน ซึ่งในการศึกษาคั้งนี้พิจารณาเลือกใช้วิธีทิสเสน เนื่องจากมีหลักการที่ดีกว่าวิธีเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์และ

เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด (นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์, 2551)

4. การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้ง

4.1 ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (The Standardized Precipitation Index: SPI) เป็นดัชนีที่ใช้ปริมาณน้ำฝนเป็นหลักในการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้ง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ในหลายช่วงเวลา ได้แก่ 1, 3, 6, 9, 12 และ 24 เดือน (McKee, Doesken, & Kleist, 1993) ซึ่งในการศึกษาในครั้งนี้กำหนดให้มีการวิเคราะห์ในช่วงเวลา 12 เดือน เพื่อการวิเคราะห์เป็นรายปี ในปี พ.ศ. 2557 โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPI_SL_6 ที่จัดทำและเผยแพร่โดย National Drought Mitigation Center ซึ่งมีที่มาจากสมการ (วรรณช จันทรสุริย์, 2551)

$$SPI = \frac{X_{ij} - X_{im}}{\sigma} \tag{4}$$

โดยที่ X_{ij} คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานีที่ต้องการวิเคราะห์
 X_{im} คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของทุกสถานีที่นำมาศึกษา
 σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2 ดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา (The Meteorological Drought Index: D) เป็นดัชนีที่ Kerang Li ได้พัฒนาและใช้ในการศึกษาและจำแนกความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในประเทศจีน (Li, 2000) ซึ่งใช้ปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลหลักในการวิเคราะห์ โดย

พิจารณาจากผลต่างจากค่าปกติของปริมาณน้ำฝนเป็นรายเดือน ซึ่งคำนวณดัชนี D ได้จากสมการ (5) ทั้งนี้ในการศึกษานี้ได้ประยุกต์นำมาใช้วิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งเป็นรายปี ในปี พ.ศ 2557 มาจากสมการ (เทวินทร์ โจมทา, 2550)

$$D = \left(\frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \right) \times 100 \tag{5}$$

โดยที่ D = ค่าดัชนีวัดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา
 P = ปริมาณน้ำฝนรายปี
 \bar{P} = ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี คาบ 30 ปี

4.3 การวิเคราะห์ความแห้งแล้งของกรมทรัพยากรน้ำ ซึ่งใช้การบูรณาการผลการวิเคราะห์ความแห้งแล้งจาก 3 หน่วยงานที่ได้ทำการวิเคราะห์ความแห้งแล้ง แล้ว

จึงนำมาซ้อนทับกันเป็นแผนที่แสดงระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งใน 25 ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2557 โดยเงื่อนไขของข้อมูลในการวิเคราะห์



สร้างแผนที่เสี่ยงภัยแล้งของหน่วยงานต่าง ๆ พิจารณาจาก

4.3.1 กรมพัฒนาที่ดิน โดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ลักษณะ ประกอบด้วยพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูง และพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง โดยใช้ลักษณะของดินและการใช้ที่ดินเป็นเกณฑ์หลักในการจำแนก

4.3.2 กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย โดยการแบ่งพื้นที่ตามการสำรวจสถานการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ ซึ่งได้แบ่งพื้นที่ตามความถี่ของการเกิดภัยแล้งจำแนกเป็น 3 ลักษณะ คือ เกิดภัยแล้ง 1 ครั้ง เกิดภัยแล้ง 2 ครั้ง และเกิดภัยแล้ง 3 ครั้ง ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557

4.3.3 สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยการจัดแบ่งพื้นที่

จำแนกตามดัชนีความแตกต่างของความชื้น จากภาพถ่ายดาวเทียมช่วงเดือนเมษายน ปี พ.ศ. 2557

5. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความแห้งแล้ง

เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความแห้งแล้งระหว่างการใช้ดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) และดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา (D) กับผลการวิเคราะห์ความแห้งแล้งของกรมทรัพยากรน้ำ จากค่าน้ำหนักตามลักษณะความแห้งแล้ง จากตารางที่ 2 ด้วยค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) ซึ่งเป็นเทคนิคในการวัดความแม่นยำ โดยคำนวณออกมาเป็นค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน หากค่าที่คำนวณได้มีค่าที่ต่ำแสดงว่ามีความถูกต้องแม่นยำสูง ซึ่งมีที่มาจากสมการ (อัจฉรา จันทร์ฉาย, 2557)

$$MAPE = \frac{\sum \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \times 100}{n} \quad (6)$$

โดยที่ X_t = ค่าน้ำหนักความแห้งแล้งในลุ่มน้ำสาขา t (กรมทรัพยากรน้ำ)
 F_t = ค่าน้ำหนักความแห้งแล้งในลุ่มน้ำสาขา t (ดัชนี SPI หรือ D)
 n = จำนวนลุ่มน้ำสาขา

ทั้งนี้ทำการแบ่งระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งที่บ่งชี้ด้วยค่าดัชนี SPI ค่าดัชนี D และของกรมทรัพยากร

น้ำ ในรูปของลักษณะความแห้งแล้งและค่าน้ำหนัก เพื่อวิเคราะห์ค่า MAPE แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การแบ่งระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งที่บ่งชี้ด้วยค่าดัชนี SPI และค่าดัชนี D

ลักษณะความแห้งแล้ง	ค่าดัชนี SPI	ค่าดัชนี D	กรมทรัพยากรน้ำ	ค่าน้ำหนัก
ไม่แห้งแล้ง	0.01 to > 2.00	> 1	ไม่แห้งแล้ง	1
แห้งแล้งน้อย	-0.99 to 0.00	-1 to -25%	แห้งแล้งน้อย	2
แห้งแล้งปานกลาง	-1.00 to -1.49	-26 to -50%	แห้งแล้งปานกลาง	3
แห้งแล้งมาก	-1.50 to -1.99	-51 to -80%	แห้งแล้งมาก	4
แห้งแล้งมากที่สุด	< -2.00	< -80%	-	5

ปรับปรุงจาก (เทวินทร์ โฉมทา, 2550; World Meteorological Organization, 2012; Makee et al., 1993)



ผลการวิจัย

**1. การตรวจสอบความเพียงพอของจำนวนสถานี
วัดน้ำฝน**

ตรวจสอบความเพียงพอของจำนวนสถานีวัดน้ำฝน โดย C_v method พบว่า จำนวนสถานีที่เพียงพอต่อการนำ ข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ที่เหมาะสมในพื้นที่ลุ่มน้ำ สะแกกรังเท่ากับ 1 สถานี จากสมการ (1)

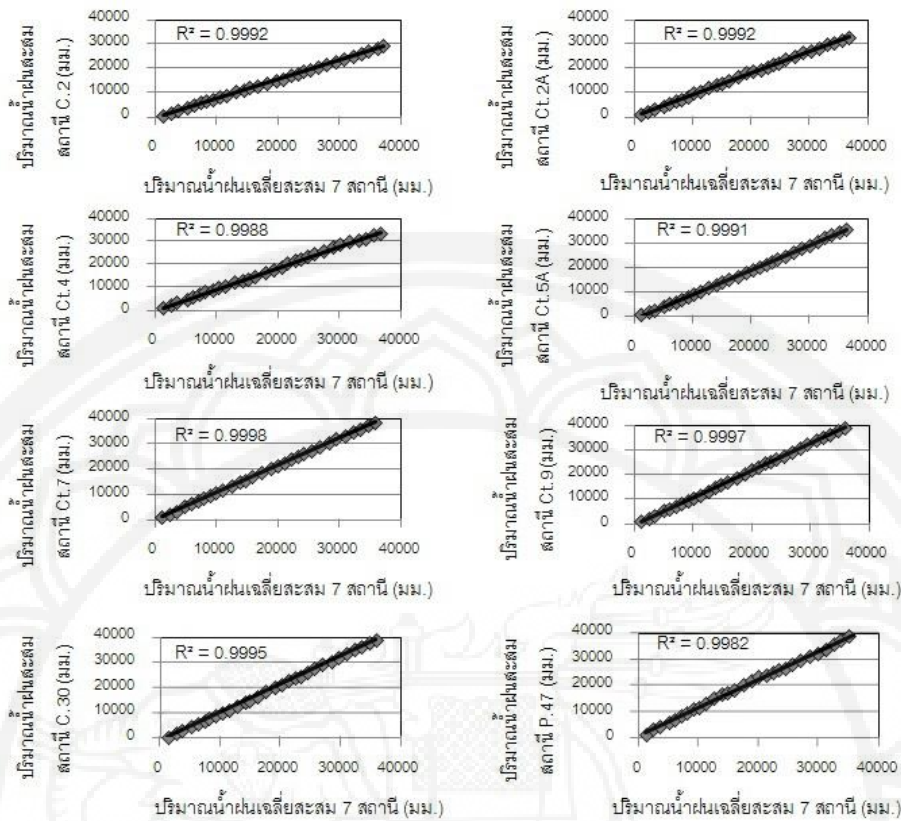
$$N = \left[\frac{9.50}{10} \right]^2 = 0.9 \text{ (1 สถานี)}$$

ดังนั้น สถานีวัดน้ำฝนจำนวน 5 สถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำ สะแกกรัง และอีก 3 สถานีข้างเคียง นอกพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมจำนวน 8 สถานี จึงเพียงพอสำหรับการศึกษาในครั้งนี้

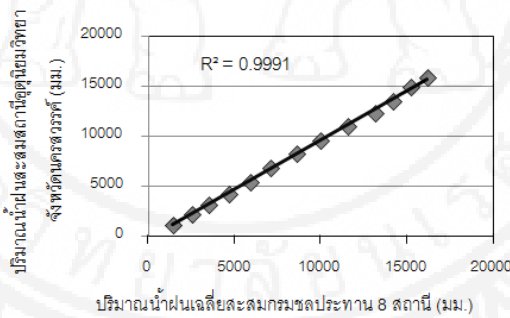
**2. การต่อขยายและการทดสอบความน่าเชื่อถือของ
ข้อมูลปริมาณน้ำฝน**

ทำการต่อขยายข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานี Ct.9, Ct.2A และ C.2 ซึ่งมีจำนวนปีข้อมูลเท่ากับ 10 ปี, 13 ปี และ 18 ปี ตามลำดับ ให้มีจำนวนปีข้อมูลเท่ากับ 30 ปี โดยใช้โปรแกรม HEC-4 ในการต่อขยาย ผลการศึกษา ด้วย Double Mass Curve Method พบว่า ข้อมูลปริมาณ น้ำฝนของทั้ง 3 สถานี ที่ได้รับการต่อขยายนั้น มีความ ต่อเนื่องเป็นเนื้อเดียวกัน มีคุณภาพและน่าเชื่อถือ สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้ ทั้งนี้ผล การทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝนของ

ทั้ง 8 สถานี ด้วย Double Mass Curve Method พบว่า ข้อมูลปริมาณน้ำฝนของทั้ง 8 สถานี มีลักษณะเส้นกราฟ เป็นเส้นตรงเพียงเส้นเดียวและมีความลาดชันคงที่ โดยมี ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ระหว่าง 0.9982- 0.9998 หรือ 99.82%-99.98% แสดงดังรูปที่ 3 และ เมื่อทดสอบกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนของสถานี อุดุนิยมวิทยา จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9991 หรือ 99.91% แสดงดังรูปที่ 4 ทั้งนี้ หากค่า R^2 มีค่ามากกว่า 0.90 หรือ 90% จัดเป็นข้อมูลที่มีค่า สัมประสิทธิ์การตัดสินใจสูง (กรมชลประทาน, 2555) ดังนั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จึงเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพและเชื่อถือได้ โดยไม่ต้องทำการ ปรับแก้ข้อมูลก่อนนำไปใช้แต่อย่างใด



รูปที่ 3 ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแต่ละสถานีวัดน้ำฝน



รูปที่ 4 ผลการทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุวิทยากับกรมชลประทาน

3. การวิเคราะห์ความแห้งแล้ง

3.1 วิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้ง ในปี พ.ศ.2557 โดยการใช้ดัชนี SPI

ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง ประสบสภาวะความแห้งแล้งในระดับน้อยถึงปานกลาง ซึ่งหากพิจารณาเป็นรายพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาพบว่า ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำสะแกกรังตอนล่าง และน้ำแม่वंก์ ประสบ

สภาวะความแห้งแล้งในระดับปานกลาง ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาคลองโพธิ์และห้วยทับเสลา ประสบสภาวะความแห้งแล้งในระดับน้อย โดยมีค่าดัชนี SPI เท่ากับ -1.41, -1.11, -0.98 และ -0.45 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3



ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งที่บ่งชี้ด้วยค่าดัชนี SPI และค่าดัชนี D

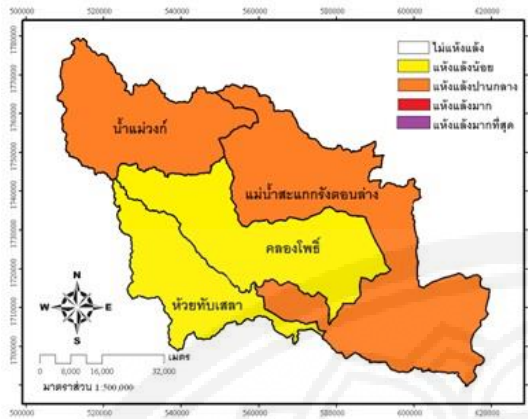
พื้นที่ลุ่มน้ำสาขา	ค่าดัชนี SPI	ค่าดัชนี D
น้ำแม่वंก	-1.11	-26.62
คลองโพธิ์	-0.98	-19.17
ห้วยทับเสลา	-0.45	-11.75
แม่น้ำสะแกกรังตอนล่าง	-1.41	-22.21

3.2 วิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้ง ในปี พ.ศ.2557 โดยการใช้ดัชนี D

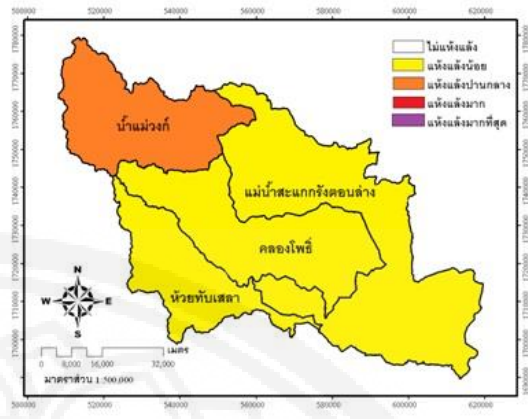
ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรังในภาพรวมประสบสภาวะความแห้งแล้งในระดับน้อยถึงปานกลาง ซึ่งหากพิจารณาเป็นรายพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาพบว่า ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่वंก ประสบสภาวะความแห้งแล้งในระดับปานกลาง ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำสะแกกรังตอนล่าง คลองโพธิ์ และห้วยทับเสลา ประสบสภาวะความแห้งแล้งในระดับน้อย โดยมีค่าดัชนี D เท่ากับ -26.62, -22.21, -19.17 และ -11.75 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3

4. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งกับผลการวิเคราะห์ของกรมทรัพยากรน้ำ

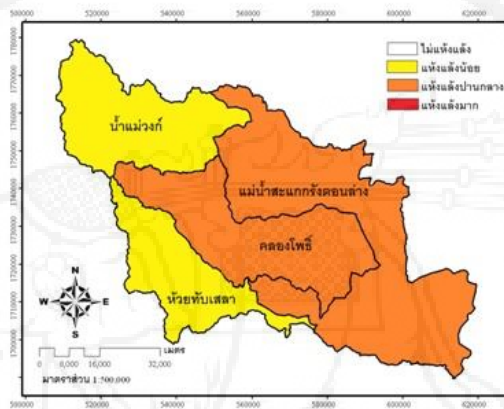
จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งเมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยดัชนี SPI และดัชนี D กับผลการวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งของกรมทรัพยากรน้ำ ซึ่งบูรณาการผลการวิเคราะห์ความแห้งแล้งจาก 3 หน่วยงาน โดยได้แบ่งระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งออกเป็น 4 ระดับ คือ ไม่แห้งแล้ง แห้งแล้งน้อย แห้งแล้งปานกลาง และแห้งแล้งมาก โดยผลการวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งของกรมทรัพยากรน้ำพบว่า ในปี พ.ศ.2557 ลุ่มน้ำสาขาคองโพธิ์ และแม่น้ำสะแกกรังตอนล่าง ประสบสภาวะความแห้งแล้งในระดับปานกลาง ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่वंก และห้วยทับเสลา ประสบสภาวะความแห้งแล้งในระดับน้อย แสดงเป็นแผนที่ระดับความแห้งแล้ง ดังรูปที่ 5



แผนที่ระดับความแห้งแล้ง ในปี พ.ศ.2557 วิเคราะห์ด้วยดัชนี SPI



แผนที่ระดับความแห้งแล้ง ในปี พ.ศ.2557 วิเคราะห์ด้วยดัชนี D



แผนที่ระดับความแห้งแล้ง ในปี พ.ศ.2557 ปรับปรุงจากผลการวิเคราะห์ของกรมทรัพยากรน้ำ

รูปที่ 5 การเปรียบเทียบผลการศึกษาระดับความแห้งแล้งกับการวิเคราะห์ความแห้งแล้งของกรมทรัพยากรน้ำ

จากการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ดัชนี SPI ในการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งกับผลการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งของกรมทรัพยากรน้ำพบว่า มีลุ่มน้ำสาขาที่มีระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งสอดคล้องกันจำนวน 2 พื้นที่ลุ่มน้ำสาขา จากพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาทั้งหมดจำนวน 4 ลุ่มน้ำสาขา ได้แก่ ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำสะแกกรังตอนล่าง และห้วยทับเสลา โดยมีค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) เท่ากับ 20.83 % หรือมีค่าความถูกต้องสัมพันธ์กัน 79.17% ส่วนการใช้ดัชนี D ในการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งของกรมทรัพยากรน้ำ พบว่า มีลุ่มน้ำสาขาที่มีระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้ง

สอดคล้องกัน จำนวน 1 พื้นที่ลุ่มน้ำสาขา จาก 4 พื้นที่ลุ่มน้ำสาขา ได้แก่ ลุ่มน้ำสาขาห้วยทับเสลา โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 29.17 % หรือมีค่าความถูกต้องสัมพันธ์กัน 70.83 % แสดงเป็นแผนที่ระดับความแห้งแล้ง ดังรูปที่ 5

อภิปรายผล

การวิเคราะห์ความแห้งแล้งทางอุตุนิยมิวิทยาด้วยดัชนี SPI และดัชนี D ซึ่งใช้ปริมาณน้ำฝนเป็นตัวแปรหลักในการวิเคราะห์เช่นเดียวกัน ผลการศึกษาพบว่า ผลการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้ง โดยทั้งสองดัชนีพบว่า มีค่าสอดคล้องกัน จำนวน 3 พื้นที่ลุ่มน้ำสาขา จาก 4 พื้นที่ลุ่มน้ำสาขา ได้แก่ พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่वंก ประสบสภาวะความแห้งแล้งในระดับ

ปานกลาง ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาคลองโพธิ์และห้วยทับเสลา ประสบภาวะความแห้งแล้งในระดับน้อย อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งของกรมทรัพยากรน้ำ ซึ่งใช้การบูรณาการผลการวิเคราะห์ความแห้งแล้งจากหลายหน่วยงาน โดยใช้ตัวแปรในการวิเคราะห์หลากหลายตัวแปรนั้นพบว่า การใช้ดัชนี SPI ให้ค่าที่สอดคล้องกันในเชิงพื้นที่และทางสถิติมากกว่าผลการวิเคราะห์ด้วยดัชนี D โดยผลการวิเคราะห์ความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งด้วยค่าดัชนี SPI มีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ของกรมทรัพยากรน้ำ จำนวน 2 พื้นที่ลุ่มน้ำสาขา จาก 4 พื้นที่ลุ่มน้ำสาขา ซึ่งในอีก 2 พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่เหลือนั้นพบว่า ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งมีค่าแตกต่างกันเพียงระดับเดียว เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ ศิริวิวัฒน์ จิตตานุนท์ (2557) ซึ่งได้ทำการศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งของประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ตัวแปรในการศึกษา จำนวน 6 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณฝนสะสม ฝนขาดช่วง ระดับน้ำในลำน้ำสายหลัก ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ พื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำอุปโภค-บริโภค-จุดจ่ายน้ำบาดาล และพื้นที่ที่ประสบปัญหาภัยแล้งซ้ำซาก โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ในการถ่วงน้ำหนักในการวิเคราะห์ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำอุปโภค-บริโภค-จุดจ่ายน้ำบาดาล เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถปรับปรุงให้เป็นปัจจุบันได้ ส่วนปัจจัยพื้นที่ที่ประสบปัญหาภัยแล้งซ้ำซากนั้น ความละเอียดของข้อมูลในอดีตและปัจจุบันไม่สอดคล้องกัน และที่สำคัญคือการวิเคราะห์สถานการณ์ภัยแล้งจะมีความถูกต้องและสามารถนำไปใช้ได้ล่วงหน้าเพียง 1-2 สัปดาห์เท่านั้น ซึ่งอาจไม่เพียงพอสำหรับการเตรียมการรับมือกับปัญหาภัยแล้ง เช่นเดียวกับ World Meteorological Organization (2012) ซึ่งระบุว่า การใช้ดัชนี SPI ซึ่งใช้ปริมาณน้ำฝนในการวิเคราะห์เพียงตัวแปรเดียว จะมีความสะดวกและรวดเร็วในการวิเคราะห์มากกว่าดัชนีอื่นๆ ที่ยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่า เช่น Palmer Drought Severity Index เป็นต้น ดังนั้นการใช้ดัชนี SPI จึงมีความสอดคล้องกับข้อมูลของหน่วยงานหลักที่เกี่ยวข้อง มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งในพื้นที่ระดับลุ่มน้ำได้ โดยเฉพาะถ้ามีการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนล่วงหน้าที่เหมาะสม ก็จะสามารถใช้ดัชนี SPI

วิเคราะห์ระดับความรุนแรงในการเกิดความแห้งแล้งในอนาคตได้ในหลายช่วงเวลา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับปัญหาความแห้งแล้ง ส่วนการใช้ดัชนี D เพื่อวิเคราะห์ความแห้งแล้งนั้น มีข้อจำกัดบางอย่างในการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความแห้งแล้งในแต่ละพื้นที่ ซึ่งต้องได้รับการปรับและประยุกต์ค่าดัชนีเพื่อให้มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ความแห้งแล้ง ดังเช่น การปรับและประยุกต์ใช้ค่าดัชนีดังกล่าวของ เทวินทร์ ใจมทา (2550) ที่ได้ปรับและประยุกต์ค่าดัชนีจากเกณฑ์ของ Li et al. (1996) เพื่อให้มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ความแห้งแล้งในพื้นที่ประสบภัยแล้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรัง ในปี พ.ศ. 2557 ได้ประสบภาวะความแห้งแล้งในระดับน้อยถึงปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาโดยใช้ดัชนี SPI ในการวิเคราะห์พบว่า ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำสะแกกรังตอนล่าง และน้ำแม่वंก ได้ประสบภาวะความแห้งแล้งในระดับปานกลาง ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาคลองโพธิ์และห้วยทับเสลา ได้ประสบภาวะความแห้งแล้งในระดับน้อย และหากพิจารณาเป็นรายพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาโดยใช้ดัชนี D ในการวิเคราะห์พบว่า ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่वंก ได้ประสบภาวะความแห้งแล้งในระดับปานกลาง ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำสะแกกรังตอนล่าง คลองโพธิ์และห้วยทับเสลา ได้ประสบภาวะความแห้งแล้งในระดับน้อย สำหรับการเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งของกรมทรัพยากรน้ำ พบว่า การใช้ดัชนี SPI ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความสอดคล้องมากกว่าดัชนี D โดยมีค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) เท่ากับ 20.83 % และ 29.17 % ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาและพัฒนาดัชนีอื่น ๆ ในการวิเคราะห์ความแห้งแล้ง รวมถึงการประยุกต์หรือผสมผสานดัชนีหลายรูปแบบมาใช้ในการวิเคราะห์ความแห้งแล้งร่วมกัน อีกทั้งควรศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาดัชนีในการวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งที่จะเกิดขึ้นใน



อนาคต เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการลดมูลค่าความเสียหายและผลกระทบจากความแห้งแล้ง รวมทั้งเพื่อเป็นการเตรียมการอย่างทันทั่วทั้งและมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. (2557). ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคกลาง. สืบค้นจาก <http://hydro-5.com/> [1]

กรมชลประทาน. (2555). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนแขวนลอยกับพื้นที่ลุ่มน้ำใน 25 ลุ่มน้ำหลัก. กรุงเทพฯ: สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน. [2]

กรมทรัพยากรน้ำ. (2551). การบริหารจัดการลุ่มน้ำ. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมและประสานมวลชนกรมทรัพยากรน้ำ. [3]

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2558). สถิติสาธารณภัย. สืบค้นจาก <http://122.155.1.145/in.directing-6.191/> [4]

กীরติ ลีวจินกุล. (2543). อุทกวิทยา. ปทุมธานี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต. [5]

เทวินทร์ โจมทา. (2550). การศึกษาแบบจำลองดัชนีความแห้งแล้งทางอุทกนิยมนิเวศวิทยาในพื้นที่ประสบภัยแล้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมอุทกนิเวศวิทยา. [6]

นิตยา หวังวงศ์โรจน์. (2551). อุทกวิทยา. กรุงเทพฯ: ด่านสุทธา. [7]

วรณัฐ จันทร์สุริย์. (2551). การประเมินความแห้งแล้งของลุ่มน้ำป่าสัก ด้วยดัชนีความแห้งแล้ง จากข้อมูลอุทกนิยมนิเวศวิทยา และเทคนิคการสำรวจระยะไกล. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. [8]

ศิริวัฒน์ จิตตุนนท์. (2557). พื้นที่ที่เสี่ยงภัยแล้งของประเทศไทย. ใน รายงานการศึกษา. ปทุมธานี: วิทยาลัยป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. [9]

อัจฉรา จันทร์ฉาย. (2557). เทคนิคการพยากรณ์เพื่อการจัดการ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. [10]

Li, K. (2000). *Drought Early Warning Impact Assessment in China*. Chinese Academy of Sciences, Beijing: China.

McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Eighth Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society, 17-22 January 1993 (pp. 179-186). Anaheim California: n.p.

Searcy, J. K., & Hardison, C. H. (1960). *Double-Mass Curve*. Washington: United States Government Printing Office.

Subramanya, K. (2008). *Hydrology*. New Delhi: Yata McGraw-Hill.

US Army Corps of Engineers—HEC. (1971). *HEC-4 Monthly Streamflow Simulation*. Hydrologic Engineering Center: CA.

World Meteorological Organization. (2012). *Standardized Precipitation Index User Guide*. Geneva: World Meteorological Organization.

Translated Thai Reference

Chandrachai, A. (2014). *Forecasting Techniques for Management*. Bangkok: Chulalongkorn University Press. [In Thai] [10]



- Chansury, W. (2008). *Drought Assessment of Pasak Watershed Using Hydrometeorological-based Drought Indices and Remote Sensing Technique*. (Master's thesis). Kasetsart University, Bangkok. [In Thai] [8]
- Chomtha, T. (2007). *A Study of Meteorological Drought Index Model for Drought Areas in Northeastern Thailand*. Bangkok: Meteorological Department. [In Thai] [6]
- Department of Disaster Prevention and Mitigation. (2015). Disaster Statistics. Retrieved from <http://122.155.1.145/in.directing-6.191/> [In Thai] [4]
- Department of Water Resources. (2008). *Watershed Management*. Bangkok: Department of Water Resources. [In Thai] [3]
- Jittanoon, S. (2014). Drought Risk Area of Thailand. In *Study Report*. Pathumthani: Disaster Prevention and Mitigation College. Pathumthani: Department of Disaster Prevention and Mitigation. [In Thai] [9]
- Leewujanakul, K. (2000). *Hydrology*. Pathumthani: Rangsit University Publishing. [In Thai] [5]
- Royal Irrigation Department. (2014). *Hydrology Irrigation Center for Central Region*. Retrieved from <http://hydro-5.com/> [In Thai] [1]
- Royal Irrigation Department. (2012). *The Relation between Suspended Sediment and Drainage Area in 25 River Basin*. Royal Irrigation Department. [In Thai] [2]
- Wangwongwiroj, N. (2008). *Hydrology*. Bangkok: Darnsutha Press. [In Thai] [7]