



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและ
สภาพภูมิอากาศ ต่อผลผลิตทางการเกษตรและความรุนแรงของภัยแล้ง
ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

โดย

ผศ.ดร. กิตติเวช ขันตียวิชัย และคณะ

เมษายน 2564

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพ
ภูมิอากาศ ต่อผลผลิตทางการเกษตรและความรุนแรงของภัยแล้ง
ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. ผศ.ดร.กิตติเวช ชันติยวิชัย | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 2. ผศ.ดร.รัตนา หอมวิเชียร | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 3. นายศรายุทธ วงษาศรี | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 4. น.ส.กาญจนา เกิดกรุง | สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ |
| 5. นายปฏิเวธ เฉลิมพงษ์ | สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ |
| 6. น.ส.เมธาวี ศรีสวัสดิ์ | สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ |

สนับสนุนโดย

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกสว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง “การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ ต่อผลผลิตทางการเกษตรและความรุนแรงของภัยแล้ง ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอ (Impact Assessment of Land Use and Climate Changes on Crop Yield and Drought Severity in the Huai Sam Mo River Basin) สัญญาเลขที่ RDG6230012 อยู่ภายใต้ทุนอุดหนุนการวิจัย โดยได้รับการสนับสนุนจาก “สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) (ฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ)” คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ให้การสนับสนุนทุนแก่โครงการวิจัยนี้ ขอบพระคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ส่งเสริมและอำนวยความสะดวกต่อการดำเนินการตามโครงการวิจัยจนงานสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย ขอบพระคุณศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (THAI-GLOB) บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุน ช่วยเหลือ และติดต่อประสานงานกับฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ (ฝ่าย3) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และภารกิจการวิจัยและนวัตกรรมของประเทศด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) รวมถึงให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาของการดำเนินโครงการ

ขอขอบพระคุณองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอ ซึ่งประกอบด้วย จ.ขอนแก่น ได้แก่ ทต.โพธิ์ชัย (อ.โคกโพธิ์ชัย) อบต.ชัยสมบุญ (อ.โคกโพธิ์ชัย) และ จ.ชัยภูมิ ได้แก่ ทต.ธาตุทอง (อ.ภูเขียว) อบต.โคกสูง (อ.แก้งคร้อ) อบต.ช่องสามหมอ (อ.แก้งคร้อ) อบต.นาหนองทุ่ม (อ.แก้งคร้อ) อบต.บ้านแก้ง (อ.แก้งคร้อ) อบต.หนองไผ่ (อ.แก้งคร้อ) อบต.หนองขาม (อ.แก้งคร้อ) อบต.หลุบคา (อ.แก้งคร้อ) อบต.ช่องสามหมอ (อ.คอนสวรรค์) อบต.ศรีสำราญ (อ.คอนสวรรค์) อบต.ห้วยไร่ (อ.คอนสวรรค์) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลภาคสนามที่เกี่ยวข้องกับแผนพัฒนาแหล่งน้ำในอนาคตและผลผลิตทางการเกษตร

ขอขอบพระคุณศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน สำนักงานชลประทานที่ 6 กรมชลประทาน ศูนย์อุตุวิทยามหาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน กรมอุตุนิยมวิทยา และโครงการไฟฟ้าพลังน้ำห้วยประทวน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษาวิจัยและทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเตรียมความพร้อมและรับมือกับสถานการณ์ภัยแล้งแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องรวมถึงประชาชนที่อาจจะได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง ซึ่งจะส่งผลดีต่อการพัฒนามาตรการเฝ้าระวังและติดตามภัยแล้งที่มีประสิทธิภาพต่อไป

ผศ.ดร.กิตติเวช ชันติยวิชัย และคณะ
เมษายน 2564

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ ต่อผลผลิตทางการเกษตรและความรุนแรงของภัยแล้ง ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก โดยจะเกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT สำหรับการประเมินปริมาณความชื้นในดิน การคายระเหย และปริมาณน้ำท่า เพื่อใช้สำหรับการคำนวณค่าดัชนีภัยแล้งทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ดัชนีภัยแล้งทางด้านอุทกนิเวศวิทยา ด้านการเกษตร ด้านอุทกวิทยา และด้านภัยแล้งรวม และจัดทำแผนที่ความเสี่ยงภัยแล้งแต่ละด้าน รวมถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT สำหรับการประเมินผลผลิตทางการเกษตรของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ 4 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 กรณี คือกรณีอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) และกรณีในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642) ซึ่งกรณีในอนาคตจะทำการประเมินโดยใช้ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ที่วิเคราะห์และสร้างขึ้นจากแบบจำลอง Land Change Modeler (LCM) รวมถึงการใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอนาคตในโครงการ COordinated Regional climate Downscaling EXperiment (CORDEX) แล้วนำเข้าข้อมูลเพื่อใช้สำหรับการจำลองสภาพในกรณีอนาคตด้วยแบบจำลอง SWAT หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งและผลผลิตทางการเกษตรจากอดีตถึงปัจจุบัน และอนาคต ซึ่งจะแสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปของอนุกรมเวลา (Time series) และเชิงพื้นที่ (Spatial) นอกจากนี้ยังขยายผลไปสู่การวิเคราะห์ความแตกต่างของผลลัพธ์ในรูปของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งและผลผลิตทางการเกษตรในอนาคต ในกรณีไม่มีและมีการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ ทั้งนี้ ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาทำให้ทราบว่า แนวโน้มของทั้ง 10 ดัชนีภัยแล้งที่วิเคราะห์โดย สทอภ. สามารถบ่งชี้ได้ว่าปี พ.ศ. 2555, 2558, 2559, 2561 และ 2562 เป็นปีที่เกิดความแห้งแล้ง ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลสถิติฝนรายปีย้อนหลังในรอบ 39 ปี และปริมาณฝนรายภาค ของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ นอกจากนี้ ดัชนี DRI ซึ่งบ่งชี้ความแห้งแล้งที่ใช้ทั้งดัชนีทางด้านอุทกนิเวศวิทยา (LST, TCI, SPI) ทางด้านอุทกวิทยา (DVI) และทางด้านการเกษตร (NDVI, VCI, VHI, DHI, NDWI) ยังพบว่ามีความเหมาะสมกับลักษณะของประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรมได้เป็นอย่างดี ในส่วนของปริมาณน้ำท่าในอนาคตในลุ่มน้ำห้วยสามหมอก กรณีไม่มีแผนพัฒนาแหล่งน้ำ จะลดลงจากกรณีอดีตถึงปัจจุบัน 47.2 – 84.4 มม./ปี ในขณะที่เมื่อมีแผนฯ ปริมาณน้ำท่าจะเพิ่มขึ้นจากกรณีไม่มีแผนฯ 12.8% – 27.5% ในแง่ของผลผลิตทางการเกษตรในอนาคตของพืชทั้ง 4 ชนิด ของลุ่มน้ำห้วยสามหมอก กรณีมีแผนฯ จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณีไม่มีแผนฯ ในขณะที่ทั้งกรณีไม่มีและมีการพัฒนา ในอนาคต ผลผลิตทางการเกษตรของพืชทั้ง 4 ชนิด จะมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ตามช่วงปี พ.ศ. ที่เพิ่มขึ้นในอนาคต ในขณะที่เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2558 พื้นที่นาข้าวและพื้นที่อื่นๆ จะมีแนวโน้มลดลงมากที่สุดในอนาคต ส่วนพื้นที่ปลูกอ้อยและที่อยู่อาศัยจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุดในอนาคต ในส่วนของปริมาณฝนรายปีและอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายปี พบว่าจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากอดีตถึงอนาคต โดยที่กรณี RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณี RCP 4.5 นอกจากนี้ยังพบอีกว่าลุ่มน้ำห้วยสามหมอกมีแนวโน้มของการเกิดภัยแล้งลดลงในอนาคต ดังจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยของดัชนีชี้วัดภัยแล้ง SPEI, SRI, ETDI, และ ADI ที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (DHI) โดยสรุป ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการตัดสินใจในการวางแผนการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรและการชลประทาน สำหรับการเพิ่มปริมาณผลผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

จากสถานการณ์ความไม่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดปัญหาภัยแล้งที่รุนแรงขึ้นกว่าสภาพปัจจุบัน รวมถึงอาจส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลงอีกด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการเตรียมพร้อมรับมือและมีข้อมูลทางวิชาการสำหรับการตัดสินใจเพื่อการวางแผนและพัฒนาด้านการเกษตรและการชลประทานในพื้นที่อย่างยั่งยืน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ ต่อผลผลิตทางการเกษตรและความรุนแรงของภัยแล้ง ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ที่ผ่านการสอบเทียบ (ปี พ.ศ. 2543 – 2552) และตรวจสอบ (ปี พ.ศ. 2553 – 2561) แบบจำลองโดยการปรับพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่ารายวัน ณ สถานีวัดน้ำท่า E.9 และ E.21 รวมถึงผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่ของข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา ซึ่งพบว่าค่าทางสถิติ R^2 และ NSE ของทั้งกรณีสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองมีค่ามากกว่า 0.50 ในขณะที่ค่า PBIAS มีค่าต่ำกว่า ± 25 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารวมถึงผลผลิตต่อไร่ที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจำลองสถานการณ์ต่างๆ ต่อไปได้ สำหรับการประเมินปริมาณความชื้นในดิน การคายระเหย และปริมาณน้ำท่า เพื่อใช้สำหรับการคำนวณค่าดัชนีภัยแล้งทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ดัชนีภัยแล้งทางด้านอุทกนิยมนิเวศวิทยา ด้านการเกษตร ด้านอุทกวิทยา และด้านภัยแล้งรวม และจัดทำแผนที่ความเสี่ยงภัยแล้งแต่ละด้าน รวมถึงการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT สำหรับการประเมินผลผลิตทางการเกษตรของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ 4 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 กรณี คือกรณีอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) และกรณีในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642) ซึ่งกรณีในอนาคตจะทำการประเมินโดยใช้ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ที่วิเคราะห์และสร้างขึ้นจากแบบจำลอง Land Change Modeler (LCM) รวมถึงการใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอนาคตในโครงการ COordinated Regional climate Downscaling EXperiment (CORDEX) จำนวน 3 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลอง CNRM-CM5, EC-EARTH และ NorESM1-M แล้วนำเข้าสู่ข้อมูลเพื่อใช้ในการจำลองสภาพในกรณีอนาคตด้วยแบบจำลอง SWAT หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งและผลผลิตทางการเกษตรจากอดีตถึงปัจจุบัน และอนาคต ซึ่งจะแสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปของอนุกรมเวลา (Time series) และเชิงพื้นที่ (Spatial) นอกจากนี้ยังขยายผลไปสู่การวิเคราะห์ความแตกต่างของผลลัพธ์ในรูปของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งและผลผลิตทางการเกษตรในอนาคต ในกรณีไม่มีและมีการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ ทั้งนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า แนวโน้มของทั้ง 10 ดัชนีภัยแล้งที่วิเคราะห์โดย สทอภ. สามารถบ่งชี้ได้ว่าปี พ.ศ. 2555, 2558, 2559, 2561 และ 2562 เป็นปีที่เกิดความแห้งแล้ง ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลสถิติฝนรายปีย้อนหลังในรอบ 39 ปี และปริมาณฝนรายภาค ของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ นอกจากนี้ดัชนี DRI ซึ่งบ่งชี้ความแห้งแล้งที่ใช้ทั้งดัชนีทางด้านอุทกนิยมนิเวศวิทยา (LST, TCI, SPI) ทางด้านอุทกวิทยา (DVI) และทางด้านการเกษตร (NDVI, VCI, VHI, DHI, NDWI) ยังพบว่ามีค่าเหมาะสมกับลักษณะของประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรมได้เป็นอย่างดี ในส่วนของปริมาณน้ำท่าในอนาคตในลุ่มน้ำห้วยสามหมอก กรณีไม่มีแผนพัฒนาแหล่งน้ำ จะลดลงจากกรณีอดีตถึงปัจจุบัน 47.2 – 84.4 มม./ปี ในขณะที่เมื่อมีแผนฯ ปริมาณน้ำท่าจะเพิ่มขึ้นจากกรณีไม่มีแผนฯ 12.8% – 27.5% ในแง่ของผลผลิตทางการเกษตรในอนาคตของพืชทั้ง 4 ชนิด ของลุ่มน้ำห้วยสามหมอก กรณีมีแผนฯ จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณีไม่มีแผนฯ ในขณะที่ทั้งกรณีไม่มีและไม่มีแผนฯ ในอนาคต ผลผลิตทางการเกษตรของพืชทั้ง 4 ชนิด จะมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ตามช่วงปี พ.ศ. ที่

เพิ่มขึ้นในอนาคต ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2623 – 2642 กับปี พ.ศ. 2558 พบว่าพื้นที่นาข้าวและพื้นที่อื่นๆ จะมีแนวโน้มลดลงมากที่สุดในอนาคต 61.0 ตร.กม. และ 37.5 ตร.กม. ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ปลูกอ้อยและที่อยู่อาศัยจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุดในอนาคต 107.9 ตร.กม. และ 6.0 ตร.กม. ตามลำดับ ในส่วนของปริมาณฝนรายปีและอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายปี พบว่าจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากอดีตถึงอนาคต โดยที่กรณี RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณี RCP 4.5 โดยที่ปริมาณฝนกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.64 และ 2.15 มิลลิเมตร/ปี ตามลำดับ ในแง่ของอุณหภูมิสูงสุดกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.019 °C/ปี และ 0.037 °C/ปี ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.024 °C/ปี และ 0.047 °C/ปี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าลุ่มน้ำห้วยสามหม่อมมีแนวโน้มของการเกิดภัยแล้งลดลงในอนาคต ดังจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยของดัชนีชี้วัดภัยแล้ง SPEI, SRI, ETDI, และ ADI ที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (DHI) โดยสรุป ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการตัดสินใจในการวางแผนการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรและการชลประทาน สำหรับการเพิ่มปริมาณผลผลิตทางการเกษตร

Abstract

The uncertainty of future climate and land use changes may probably result in a more severe drought than current condition, as well as a decrease in agricultural production. Therefore, to prepare and provide information for making decision for sustainable agricultural and irrigation planning and development, the main objective of this research was to assess the impacts of land use and climate changes on crop yield and drought severity in the Huai Sam Mo River Basin. The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) was applied, in which the model was calibrated (years 2000 – 2009) and validated (years 2010 – 2018) by adjusting the parameters affecting the daily discharges measured at streamflow stations E.9 and E.21, and crop yield per area of rice, sugarcane, cassava, and rubber. It was found that the Coefficient of Determination (R^2), Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) of both model calibration and validation were greater than 0.50, whereas the Percent bias (PBIAS) values were also below ± 25 , which indicate a very good agreement between the runoff and crop yield per rai calculated by SWAT and the observed ones. As a result, the calibrated SWAT model was further applied for the assessment of soil moisture content, evapotranspiration, and runoff, to be used for calculating the meteorological, agricultural, hydrological, and aggregate drought indices, as well as generating the drought risk maps for each drought indicator. The SWAT model was also applied for evaluating the yields of rice, sugarcane, cassava, and rubber, for historical to present (2000 – 2018) and future periods (2020 – 2099). For future scenario simulations, the future land use maps generated by the Land Change Modeler (LCM) and the downscaled future climate from the Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX), driven with three Global Climate Models (GCMs), i.e. CNRM-CM5, EC-EARTH, and NorESM1-M, were imported to the SWAT model. Thereafter, the analysis of changing in drought risk areas and crop yields can be carried out and presented in the forms of time series and spatial plots, as well as the difference of both obtained results under with and without the water resources development project(s). Based on the main findings of this research, the ten drought indices analyzed by GISTDA indicated that the years 2012, 2015, 2016, 2018, and 2019 were found to be drought years, which is consistent with the annual rainfall statistics for the past 39 years and the regional rainfall analyzed by the Hydro-Informatics Institute (HII). In addition, the Drought Reconnaissance Index (DRI), which combines the meteorological (LST, TCI, SPI), hydrological (DVI), and agricultural (NDVI, VCI, VHI, DHI, NDWI) drought indices, was found to be suitable for the agricultural-based country like Thailand. In view of future streamflow in the Huai Sam Mo River Basin, without the water resources development plan, the future streamflow will be decreased from the historical to present period by 47.2 – 84.4 mm/year, whereas it will be increased by 12.8% – 27.5% in comparison to the without plan case. With the plan, the yields of rice, sugarcane,

cassava, and rubber, was found to be increased compared to the without plan case, in which the yields of all four crops tend to be decreased in the future. Regarding the land use changes since 2015, the paddy rice field and miscellaneous area during 2080 – 2099 were found to be decreased by 61.0 km² and 37.5 km², respectively, while the sugarcane farming and residential areas tend to be increased by 107.9 km² and 6.0 km², respectively. It can also be noticed that the annual rainfall and the annual average high and low temperatures, were found to be increased from the past to the future periods, in which under RCP 8.5 seems to be increased more than RCP 4.5. In details, the future rainfall, highest temperature, and lowest temperature, under RCPs 4.5 and 8.5 tend to be increased by 0.64 and 2.15 mm/year, 0.019 °C/year and 0.037 °C/year, and 0.024 °C/year and 0.047 °C/year, respectively. Moreover, it was also found that the Huai Sam Mo River Basin seems to have a lower future drought risk as can be seen from the higher future average SPEI, SRI, ETDI, and ADI drought indicator values, which is consistent with the analysis of the Drought Hazard Index (DHI). In conclusion, the results obtained from this study will be of great benefit to decision-making in planning the development of water resources for agriculture and irrigation, which will result in the increase in crop yields.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	iii
บทคัดย่อ	v
Abstract	vii
สารบัญ	ix
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 สภาพทั่วไปของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก	7
บทที่ 3 ดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งในระดับพื้นที่ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (สทอภ.)	21
บทที่ 4 การสนับสนุน พัฒนา และทดสอบดัชนีภัยแล้งในระดับพื้นที่ของ สทอภ. ให้มีความถูกต้อง	63
บทที่ 5 การสอบเทียบและตรวจสอบจำลองทางคณิตศาสตร์	95
บทที่ 6 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำในดิน การคายระเหย และปริมาณน้ำท่า	117
บทที่ 7 การประเมินผลผลิตทางการเกษตร	131
บทที่ 8 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต	141
บทที่ 9 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต	147
บทที่ 10 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้ง	155
บทที่ 11 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม	167
บทที่ 12 สรุปและข้อเสนอแนะ	181
ภาคผนวก	193

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบกับปัญหาภัยแล้งอยู่เป็นประจำทุก ๆ ปี ซึ่งจากการสำรวจสถานการณ์ภัยแล้งของประเทศไทยช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2532 – 2560 โดยกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยพบว่ามีความเสียหายจากภัยแล้งเฉลี่ยประมาณ 19.04 ล้านบาท/ปี พื้นที่เกษตรได้รับความเสียหายเฉลี่ย 2.57 ล้านไร่/ปี ในขณะที่ปีที่เกิดความเสียหายมากที่สุดคือ ปี พ.ศ. 2548 มีความเสียหายถึง 7,565.86 ล้านบาท พื้นที่เกษตรได้รับความเสียหายสูงถึง 13.74 ล้านไร่ โดยได้รับความเสียหายและผลกระทบครอบคลุมเกือบทุกพื้นที่ในประเทศไทยคือ 71 จังหวัด 756 อำเภอ 5,244 ตำบล และ 44,519 หมู่บ้าน (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2562) ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากปริมาณฝนที่ตกน้อยกว่าเกณฑ์ปกติ และทั้งช่วงเป็นระยะเวลานาน โดยที่ภัยแล้งที่เกิดขึ้นในประเทศไทยจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อภาคการเกษตร เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศประกอบอาชีพเกษตรกรรม ซึ่งภัยแล้งจะส่งผลกระทบต่อกิจกรรมทางการเกษตรไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ดินขาดความชุ่มชื้น พืชขาดน้ำ พืชหยุดการเจริญเติบโต ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำและมีปริมาณลดลง เป็นต้น

จากข้อมูลสถิติพื้นที่เพาะปลูกของประเทศไทยปี พ.ศ. 2560 มีพื้นที่เพาะปลูกทางการเกษตรรวมประมาณ 149.25 ล้านไร่ แบ่งออกเป็น นาข้าว 68.73 ล้านไร่ (46.1%) พืชไร่ 30.73 ล้านไร่ (20.6%) ไม้ผลและไม้ยืนต้น 36.93 ล้านไร่ (24.7%) และพื้นที่ทางการเกษตรอื่นๆ 12.86 ล้านไร่ (8.6%) (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ซึ่งพบว่าพื้นที่การทางเกษตรประเภทนาข้าวมีพื้นที่มากที่สุดและเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ในขณะที่หากพิจารณาจากข้อมูลพื้นที่เก็บเกี่ยวข้าวรวมทุกพื้นที่ทั่วโลกประมาณ 1,001.6 ล้านไร่ ในปีการผลิต 2561/62 จะพบว่าประเทศไทยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวมากที่สุดเป็นลำดับที่ 5 ของโลก (65.0 ล้านไร่) มีผลผลิต 320 กก./ไร่ ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของผลผลิตทั่วโลกที่มีผลผลิต 485 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ซึ่งจัดอยู่ในลำดับ 9 ของประเทศผู้ผลิตข้าวที่สำคัญ 10 อันดับแรกของโลก ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1.1-1 ทั้งนี้ ปัจจัยที่ส่งผลให้ผลผลิตข้าวของประเทศไทยต่ำ มีสาเหตุมาจากการที่พื้นที่ทำการเกษตรในประเทศไทยส่วนใหญ่ประมาณ 78% หรือคิดเป็นพื้นที่ 116.30 ล้านไร่ (กรมชลประทาน, 2561) ต้องอาศัยน้ำฝนในการเพาะปลูก ดังนั้นหากในปีใดมีปริมาณฝนตกน้อยกว่าปกติหรือฝนทิ้งช่วงเป็นระยะเวลานาน ก็จะส่งผลให้มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของพืช และส่งผลให้ผลผลิตตกต่ำลงไปด้วย ซึ่งในประเทศไทยเป็นที่ทราบกันดีว่าพื้นที่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพื้นที่ที่ประสบกับปัญหาภัยแล้งมากที่สุด ประกอบกับสถานการณ์ความไม่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ซึ่งอาจจะส่งผลให้เกิดปัญหาภัยแล้งที่รุนแรงขึ้นกว่าสภาพปัจจุบัน รวมถึงอาจส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลงอีกด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการเตรียมพร้อมรับมือและมีข้อมูลทางวิชาการสำหรับการตัดสินใจเพื่อการวางแผนและพัฒนาด้านการเกษตรและการชลประทานในพื้นที่อย่างยั่งยืน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ ต่อผลผลิตทางการเกษตรและความรุนแรงของภัยแล้ง โดยพิจารณาพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ซึ่งเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำชี และตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับเป็นพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 1.1-1 พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ของข้าว ของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญ 10 อันดับแรก ปี พ.ศ. 2561/62

ที่	ประเทศ	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ล้านไร่)	ผลผลิต (ล้านตัน)	ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ (กก./ไร่)	ลำดับผลผลิตต่อ หน่วยพื้นที่
	รวมทั่วโลก	1,001.6	490.9	485	
1	อินเดีย	275.0	111.0	404	8
2	จีน	187.9	143.6	764	2
3	อินโดนีเซีย	76.5	37.3	488	5
4	บังกลาเทศ	73.0	34.5	473	6
5	ไทย	65.0	21.4	320	9
6	เวียดนาม	48.5	29.1	599	4
7	เมียนมาร์	44.4	13.1	296	10
8	ฟิลิปปินส์	30.0	12.2	405	7
9	บราซิล	12.3	8.2	666	3
10	ญี่ปุ่น	9.8	7.7	790	1
11	อื่นๆ	18.9	72.9	385	

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2561)

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษาการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ ต่อผลผลิตทางการเกษตรและความรุนแรงของภัยแล้ง ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อดังนี้

- 1) เพื่อสนับสนุน พัฒนา และทดสอบดัชนีภัยแล้งในระดับพื้นที่ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (สทอภ.) ให้มีความถูกต้องและเหมาะสม
- 2) เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ ต่อผลผลิตทางการเกษตรและความรุนแรงของภัยแล้ง ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

1.3 แนวทางการดำเนินงานวิจัย

1.3.1 การศึกษาการสนับสนุน พัฒนาและทดสอบดัชนีภัยแล้งในระดับพื้นที่ของ สทอภ. ให้มีความถูกต้องและเหมาะสม ประกอบด้วยแนวทางการวิจัยดังนี้ (รูปที่ 1.3-1)

- (1) ศึกษา ตรวจสอบ และพิจารณาถึงความเหมาะสมของดัชนีภัยแล้งประเภทต่างๆ
- (2) วิเคราะห์และคัดเลือกดัชนีภัยแล้งที่เหมาะสมต่อลักษณะของประเทศไทย จำนวน 10 ดัชนี
- (3) ศึกษารายละเอียด ข้อมูล ขั้นตอน และวิธีการในการจัดทำดัชนีภัยแล้งทั้ง 10 ดัชนี
- (4) จัดเตรียมข้อมูลทั้งในส่วนข้อมูลจากดาวเทียม และข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศ สำหรับการจัดทำและการประเมินผลของทั้ง 10 ดัชนี (ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2552 – 2562)
- (5) ประมวลผลและจัดทำดัชนีภัยแล้ง ทั้ง 10 ดัชนี ย้อนหลัง 10 ปี
- (6) ตรวจสอบ วิเคราะห์ และประเมินศักยภาพของทั้ง 10 ดัชนี

1.3.2 การศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี ค.ศ. 2020 ถึง ค.ศ. 2099 โดยจะทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีต 2 ช่วงปี และ

อาศัยแนวโน้มดังกล่าว เพื่อนำมาคาดการณ์แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต โดยใช้แบบจำลอง Land Change Modeler (LCM)

1.3.3 การศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในช่วงปี ค.ศ. 2020 ถึง ค.ศ. 2099 ทำการศึกษาโดยการรวบรวมข้อมูลแบบจำลองสภาพภูมิอากาศระดับภูมิภาค (Regional Climate Model, RCM) จากโครงการ CORDEX (COordinated Regional climate Downscaling EXperiment) ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะ ข้อมูลปริมาณฝน และอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด แล้วทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองภูมิอากาศโดยใช้เทคนิคการปรับแต่งข้อมูล (Bias correction) ด้วยแบบจำลอง CMhyd (Climate Model data for hydrologic modeling) เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลปริมาณฝน และอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ของลุ่มน้ำห้วยสามหมอกในอนาคต

1.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำในดิน การคายระเหย และปริมาณน้ำท่า ด้วยแบบจำลอง SWAT ทำการรวบรวมและนำเข้าข้อมูลปริมาณฝน อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ข้อมูล GIS แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดของดิน ขอบเขตลุ่มน้ำ เส้นลำน้ำ และแหล่งน้ำผิวดิน ข้อมูลโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรในปัจจุบัน ข้อมูลปฏิทินการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิด แล้วนำเข้าสู่แบบจำลอง SWAT แล้วทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ (Sensitivity analysis) และทำการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง (Model calibration and validation) ด้วยปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดจนได้ผลลัพธ์ที่มีความน่าเชื่อถือ แล้วนำแบบจำลองที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ปริมาณน้ำในดิน การคายระเหย และปริมาณน้ำท่า จากแบบจำลอง SWAT

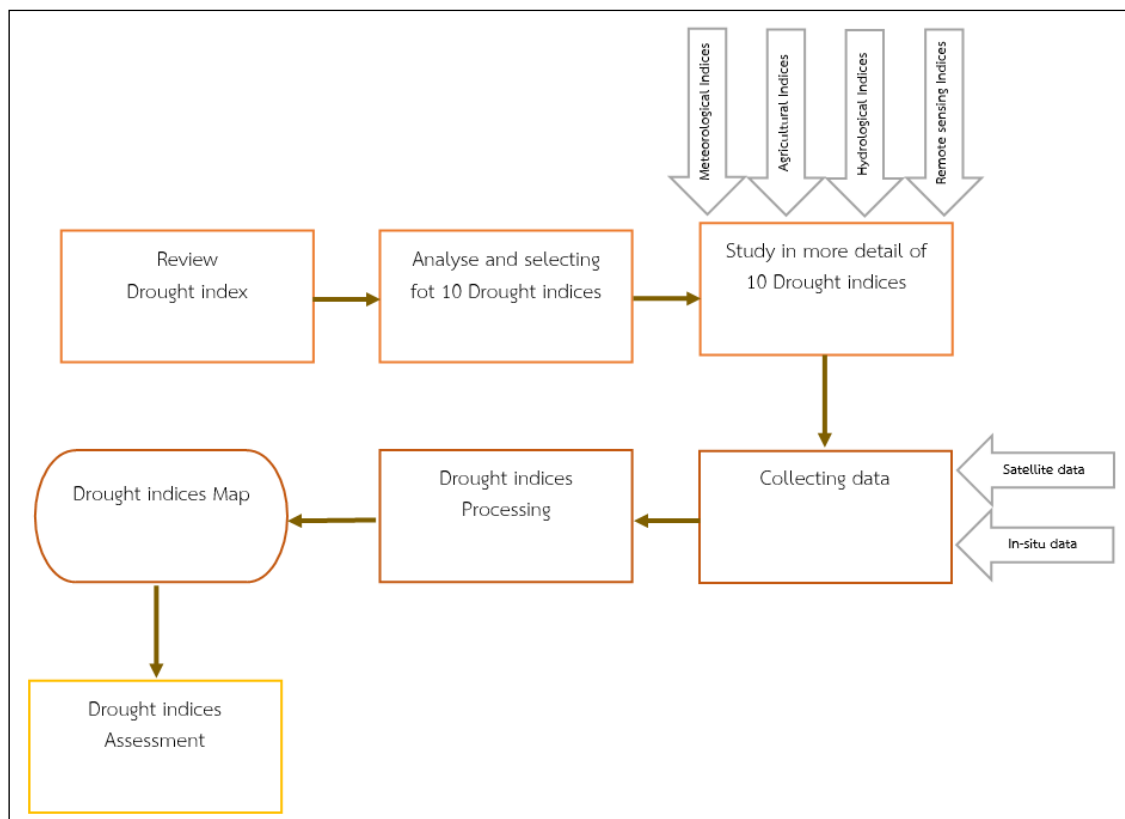
1.3.5 คำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งและจัดทำแผนที่ความเสี่ยงภัยแล้งทางด้านอุตุนิยมวิทยา (Meteorological drought) ด้านการเกษตร (Agricultural drought) ด้านอุทกวิทยา (Hydrological drought) และด้านภัยแล้งรวม (Aggregate drought) โดยอาศัยข้อมูลผลลัพธ์ปริมาณน้ำในดิน การคายระเหย และปริมาณน้ำท่า จากแบบจำลอง SWAT แล้วทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของค่าดัชนีภัยแล้งด้านภัยแล้งรวม (Aggregate drought) โดยการเปรียบเทียบกับดัชนีพืชพรรณมาตรฐาน (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) พร้อมทั้งจัดทำแผนที่ความเสี่ยงภัยแล้งในแต่ละด้านจากอดีตถึงปัจจุบัน และในอนาคต ช่วงปี ค.ศ. 2020 ถึง ค.ศ. 2099

1.3.6 การวิเคราะห์ผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่และจัดทำแผนที่แสดงผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่ ด้วยแบบจำลอง SWAT สำหรับพืช 4 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา

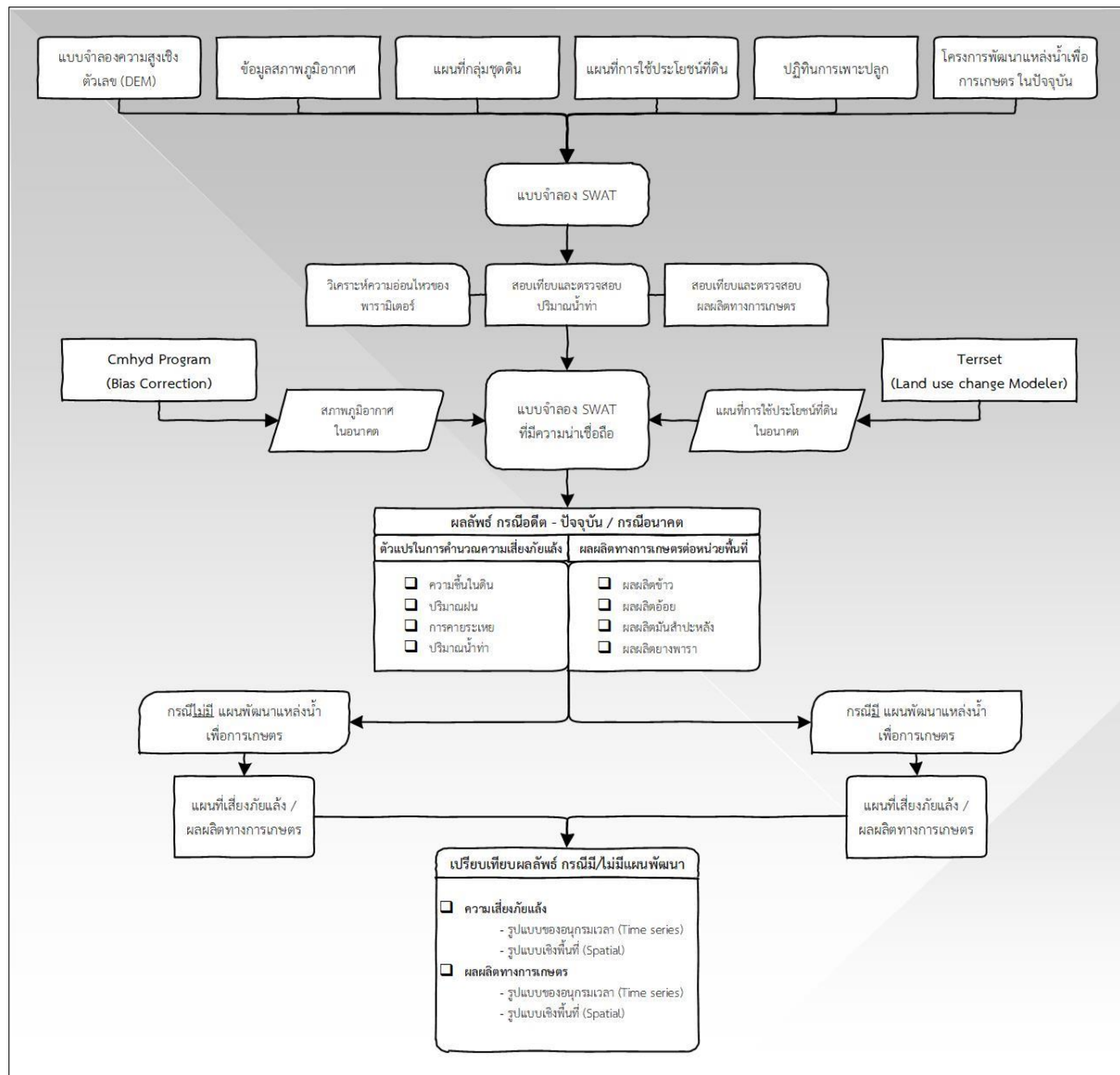
1.3.7 การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งและผลผลิตทางการเกษตรจากอดีตถึงปัจจุบัน และในอนาคต (ช่วงปี ค.ศ. 2020 ถึง ค.ศ. 2099) โดยทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในแต่ละด้านในอนาคตระหว่าง ปี ค.ศ. 2020 ถึง ค.ศ. 2099 เปรียบเทียบกับกรณีอดีตถึงปัจจุบัน และเปรียบเทียบผลลัพธ์การเปลี่ยนแปลงผลผลิตทางการเกษตร ในอนาคตระหว่าง ปี ค.ศ. 2020 ถึง ค.ศ. 2099 เปรียบเทียบกับกรณีอดีตถึงปัจจุบัน

1.3.8 การเปรียบเทียบพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งและผลผลิตทางการเกษตรในอนาคต กรณีมีและไม่มีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก โดยอาศัยการจำลองสภาพด้วยแบบจำลอง SWAT โดยเปรียบเทียบพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งและผลผลิตทางการเกษตรในอนาคต กรณีมีและไม่มีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

โดยที่แนวทางสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ จะประกอบด้วยขั้นตอนการวิเคราะห์สำหรับการเปรียบเทียบผลลัพธ์ความเสี่ยงภัยแล้งและผลผลิตทางการเกษตรในกรณีมีและไม่มีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 1.3-2



รูปที่ 1.3-1 ขั้นตอนการพัฒนาและทดสอบดัชนีภัยแล้งในระดับพื้นที่ของ สทอภ.



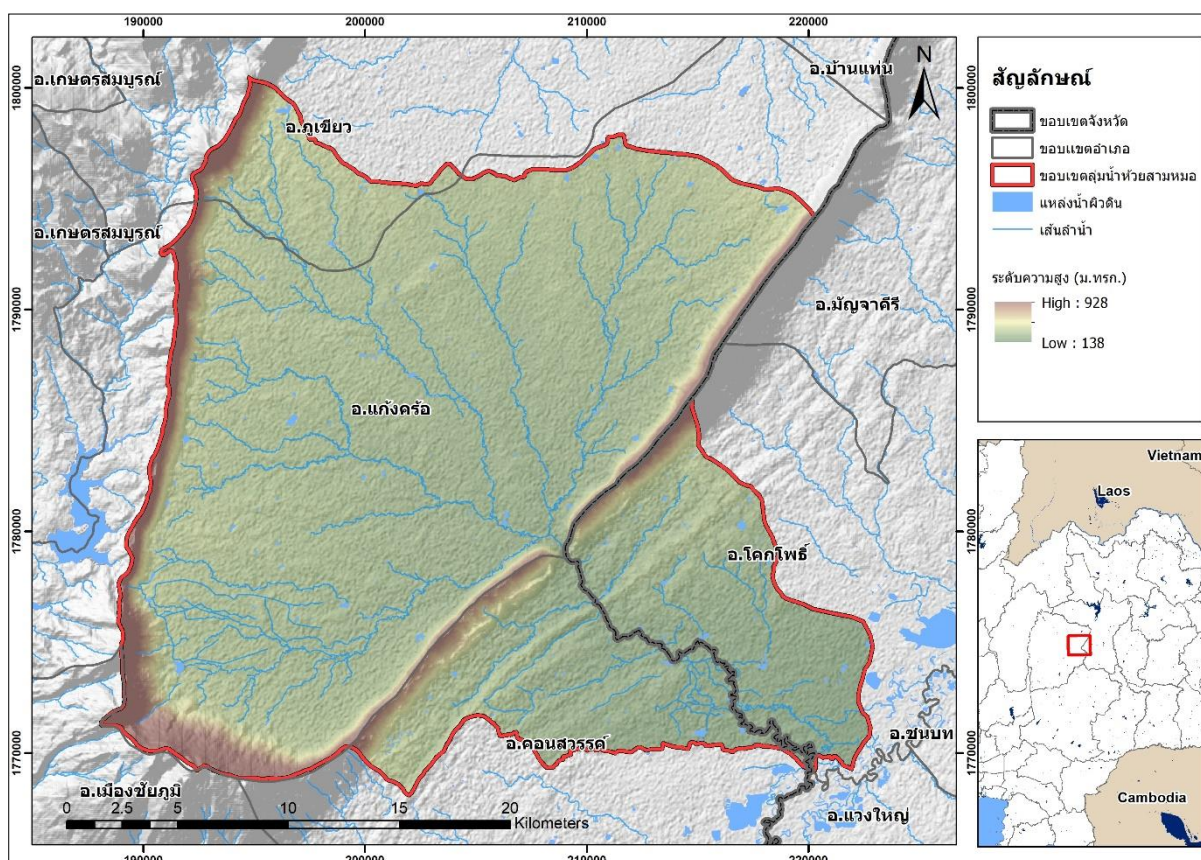
รูปที่ 1.3-2 แผนผังขั้นตอนการศึกษาการเปรียบเทียบผลลัพธ์ความเสี่ยงภัยแล้งและผลผลิตทางการเกษตรในกรณีมีและไม่มีโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร

บทที่ 2

สภาพทั่วไปของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอ

2.1 สภาพภูมิประเทศ

กลุ่มห้วยสามหมอตั้งอยู่ภายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และเป็นลุ่มน้ำย่อยหนึ่งในลุ่มน้ำชี มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 764.28 ตารางกิโลเมตร หรือ 477,673.08 ไร่ (กรมทรัพยากรน้ำ, 2549) ครอบคลุมในพื้นที่ 5 อำเภอ 2 จังหวัด ได้แก่ อ.โคกโพธิ์ไชย จ.ขอนแก่น และ อ.คอนสวรรค์ อ.ภูเขียว อ.เมืองชัยภูมิ อ.แก้งคร้อ จ.ชัยภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 2.1-1 และตารางที่ 2.1-1 สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอ มีอาณาเขตด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำสาขาลำน้ำชีส่วนที่ 2 ด้านทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำสาขาลำน้ำเชิญ และทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำสาขาลำน้ำชีส่วนที่ 3 ลักษณะลุ่มน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส พื้นที่สันปันน้ำด้านทิศตะวันตก ด้านทิศใต้ และทิศตะวันออก เป็นสันเขาสูงของเทือกเขา ระดับความสูงจากข้อมูล DEM ขนาด 30x30 เมตร ประมาณ 928 ม.รทก. ในบริเวณภูเขียว ส่วนด้านทิศตะวันตก อ้อมไปทางทิศใต้ และทิศตะวันออกของเทือกเขาภูเม็ง ซึ่งมีระดับความสูงจากข้อมูล DEM ขนาด 30x30 เมตร ประมาณ 400 – 600 ม.รทก. แล้วลาดต่ำลงสู่ที่ราบลุ่มน้ำตรงกลางบริเวณอำเภอแก้งคร้อ ซึ่งมีระดับความสูงจากข้อมูล DEM ขนาด 30x30 เมตร 100 – 200 ม.รทก.



รูปที่ 2.1-1 สภาพภูมิประเทศลุ่มน้ำห้วยสามหมอจากข้อมูล DEM 30x30 เมตร

ตารางที่ 2.1-1 พื้นที่ครอบคลุมลุ่มน้ำห้วยสามหมอกจำแนกตามอำเภอ

จังหวัด	อำเภอ	พื้นที่ลุ่มน้ำ	
		ตร.กม.	ไร่
จ.ขอนแก่น	อ.โคกโพธิ์	102.43	64,020.44
	อ.เมืองชัยภูมิ	0.05	30.12
จ.ชัยภูมิ	อ.แก้งคร้อ	521.28	325,799.52
	อ.คอนสวรรค์	96.12	60,073.19
	อ.ภูเขียว	44.40	27,749.81
รวม		764.28	477,673.08

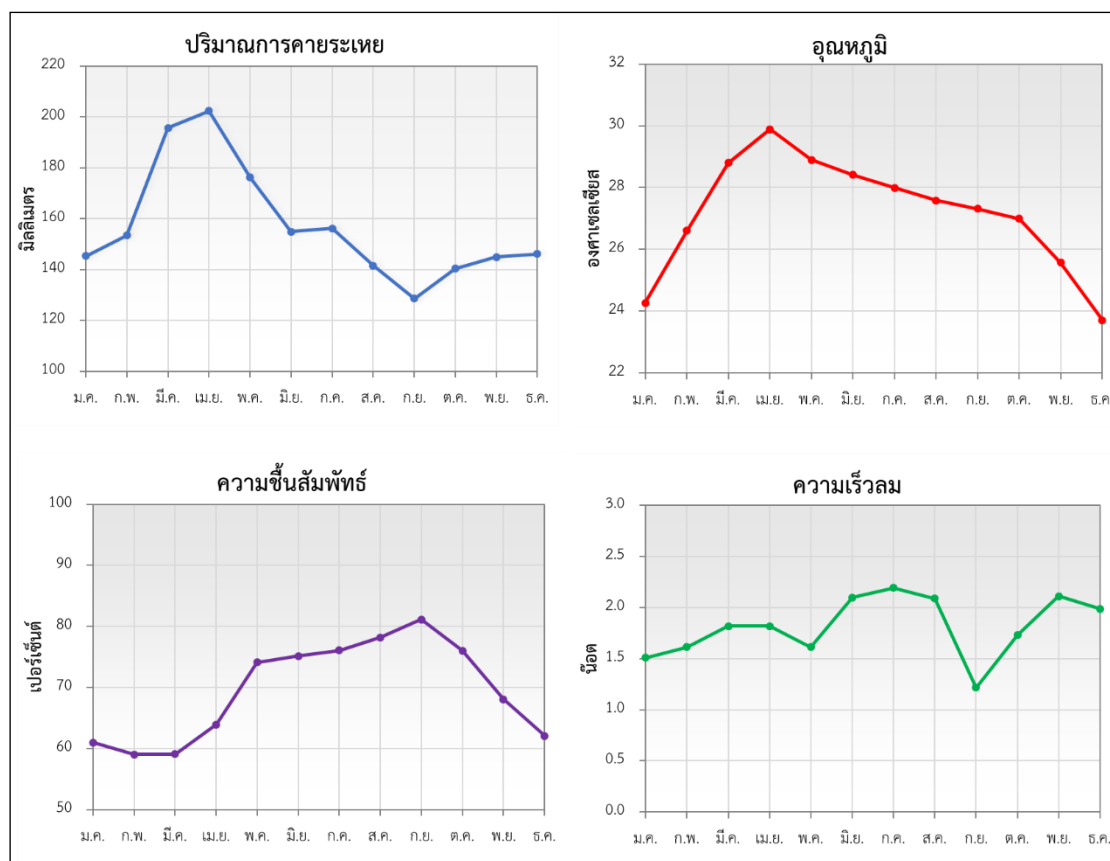
2.2 สภาพภูมิอากาศ

ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกได้รับอิทธิพลของมรสุมที่พัดประจำฤดูกาล 2 ชนิด คือ 1) มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดพามวลอากาศเย็นและแห้งจากประเทศจีนเข้าปกคลุมประเทศไทยตั้งแต่ประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงประมาณเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย ทำให้ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกมีอากาศหนาวเย็นและแห้งทั่วไป 2) มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดพามวลอากาศชื้นจากทะเลและมหาสมุทรเข้าปกคลุมประเทศไทยในช่วงฤดูฝน (ประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงประมาณกลางเดือนตุลาคม) ทำให้มีฝนตกชุกทั่วไป (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2562)

จากการรวบรวมข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ณ สถานีตรวจวัดอากาศอำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ ซึ่งบันทึกไว้โดยกรมอุตุนิยมวิทยา ย้อนหลัง 30 ปี ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2533 – 2562 สามารถสรุปค่าเฉลี่ย และช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละตัวแปรอากาศหลักของแต่ละสถานีตรวจอากาศดังตารางที่ 2.2-1 ส่วนการแปรผันรายเดือนของแต่ละตัวแปรภูมิอากาศ แสดงดังรูปที่ 2.2-1

ตารางที่ 2.2-1 ค่าเฉลี่ยตัวแปรภูมิสภาพภูมิอากาศของสถานีตรวจวัดอากาศลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

สถานี	ตัวแปรภูมิอากาศ	ค่าเฉลี่ยรายปี	ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน
จังหวัดชัยภูมิ	1. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	27.2	23.7 (ธ.ค.) – 29.7 (เม.ย.)
	2. ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	71.0	61.0 (มี.ค.) – 81.0 (ก.ย.)
	3. ความเร็วลม (น็อต)	2.2	1.5 (ต.ค.) – 2.7 (มี.ค.)
	4. ปริมาณการระเหยจากผิวดิน (มม.)	1,551.0	106.0 (ธ.ค.) – 163.0 (เม.ย.)



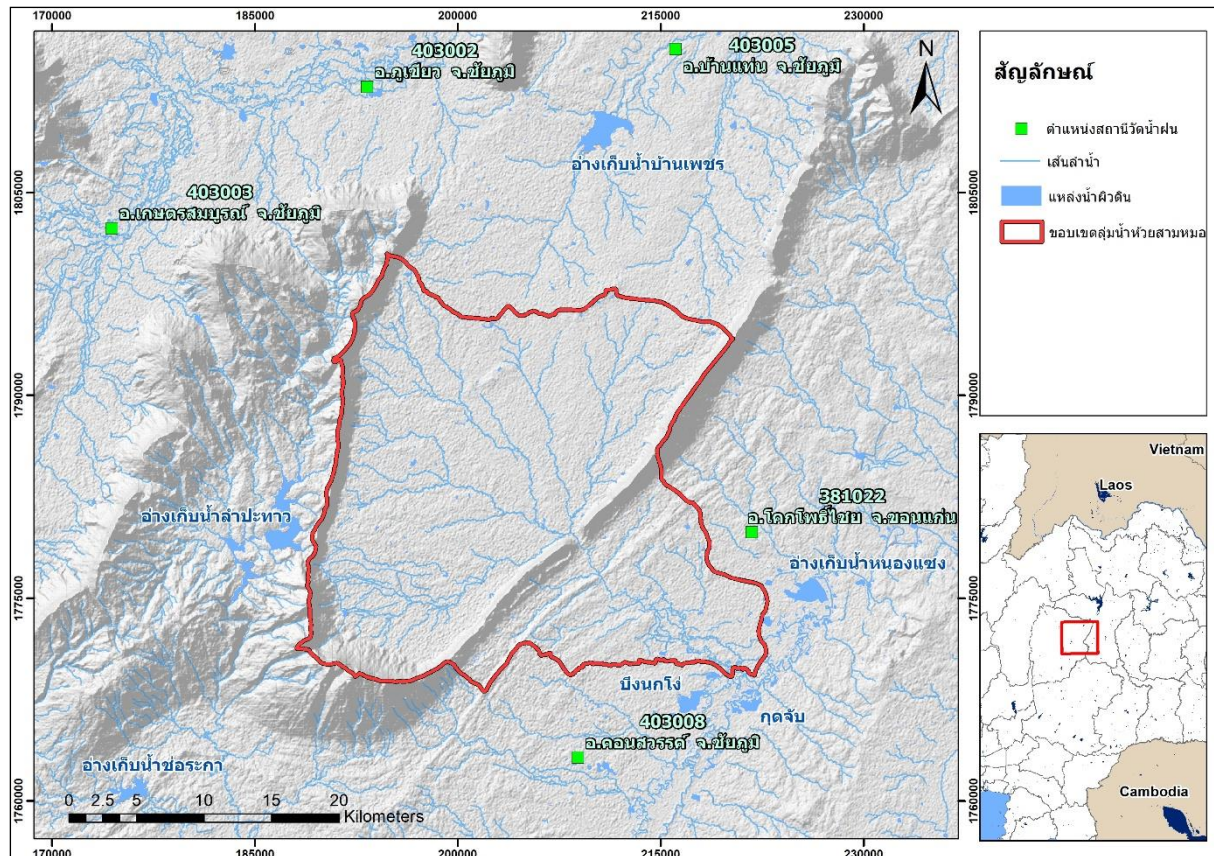
รูปที่ 2.2-1 การผันแปรรายเดือนของสภาพภูมิอากาศของสถานีตรวจอากาศลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

2.3 ปริมาณฝน

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณฝน ที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก จำนวน 5 สถานี โดยใช้ช่วงปีสถิติข้อมูลที่ย้อนหลัง 30 ปี ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2533 – 2562 ดังแสดงรายชื่อสถานีไว้ดังตารางที่ 2.3-1 และตำแหน่งที่ตั้งสถานีในรูปที่ 2.3-1

ตารางที่ 2.3-1 รายชื่อสถานีวัดน้ำฝนในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

ที่	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	จังหวัด	ตำแหน่ง		หน่วยงาน
				ละติจูด	ลองจิจูด	
1	381022	อ.โคกโพธิ์ไชย	ขอนแก่น	16.09	102.40	กรมอุตุนิยมวิทยา
2	403002	อ.ภูเขียว	ชัยภูมิ	16.38	102.13	กรมอุตุนิยมวิทยา
3	403003	อ.เกษตรสมบูรณ์	ชัยภูมิ	16.28	101.95	กรมอุตุนิยมวิทยา
4	403005	อ.บ้านแท่น	ชัยภูมิ	16.41	102.34	กรมอุตุนิยมวิทยา
5	403008	อ.คอนสวรรค์	ชัยภูมิ	15.93	102.28	กรมอุตุนิยมวิทยา



รูปที่ 2.3-1 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

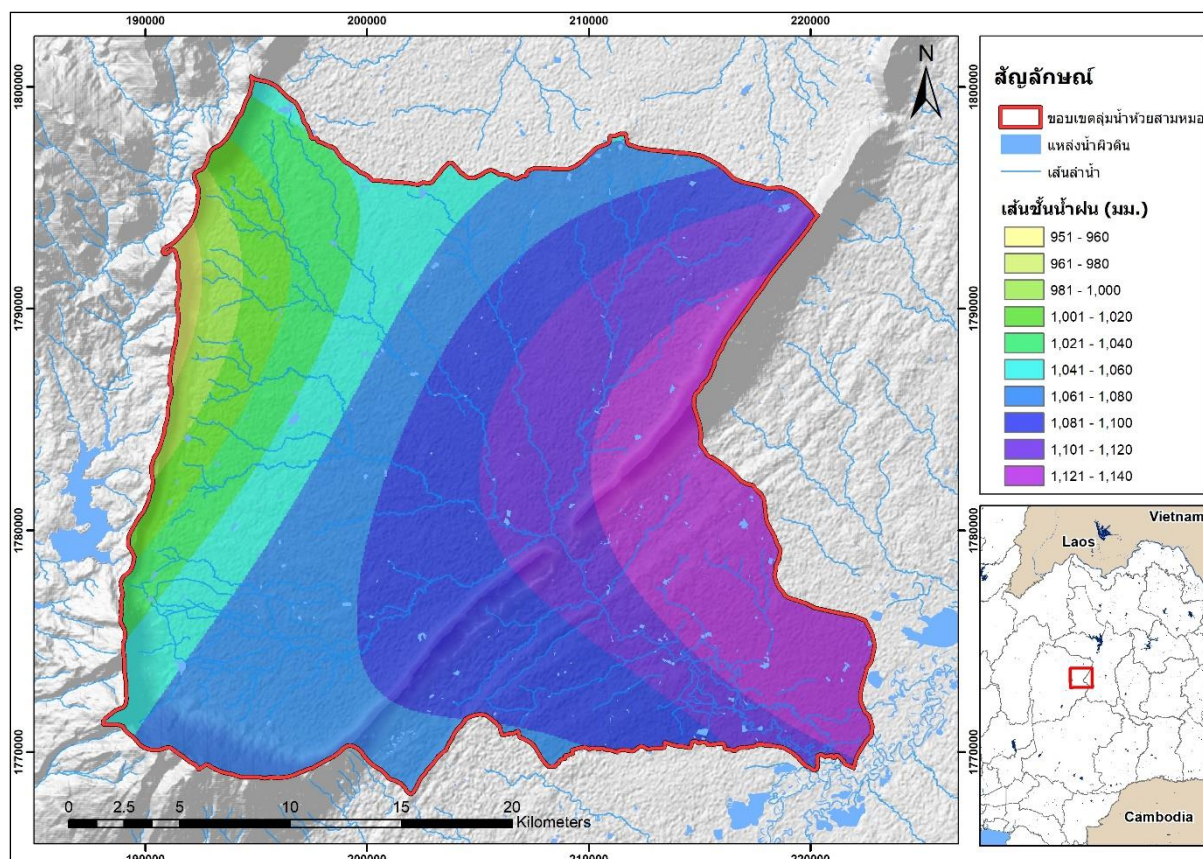
โดยจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนและรายปีของทั้ง 5 สถานีดังกล่าวข้างต้น ได้ผลลัพธ์ของปริมาณฝนรายเดือนและรายปีดังแสดงในตารางที่ 2.3-2 และสามารถนำมาสร้างแผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีและรายเดือนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกได้ดังรูปที่ 2.3-2 และ รูปที่ 2.3-3 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถแสดงการกระจายรายเดือนของปริมาณฝนเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 5 สถานี ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกได้ดังรูปที่ 2.3-4

ตารางที่ 2.3-2 ปริมาณฝนรายเดือนและรายปีเฉลี่ยของสถานีวัดน้ำฝนที่อยู่บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

ที่	รหัสสถานี	ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ย (มม.)												ปริมาณฝนเฉลี่ย (มม.)		
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	รายปี
1	381022	5.0	10.6	40.2	74.9	148.2	115.7	128.7	189.9	280.1	111.2	20.2	5.7	973.9	156.6	1,130.4
2	403002	7.4	10.2	42.2	64.4	130.7	100.3	108.7	164.6	278.9	125.1	34.9	7.0	908.3	166.1	1,074.4
3	403003	2.7	5.5	36.9	55.2	110.8	65.8	90.1	143.2	198.5	109.2	14.6	2.8	717.6	117.7	835.3
4	403005	4.9	5.9	32.8	65.4	144.1	97.8	113.5	168.2	243.1	111.7	27.1	4.9	878.4	141.0	1,019.4
5	403008	8.0	10.2	43.6	77.0	160.9	120.1	115.3	182.0	235.2	102.4	19.5	3.6	915.9	161.9	1,077.8

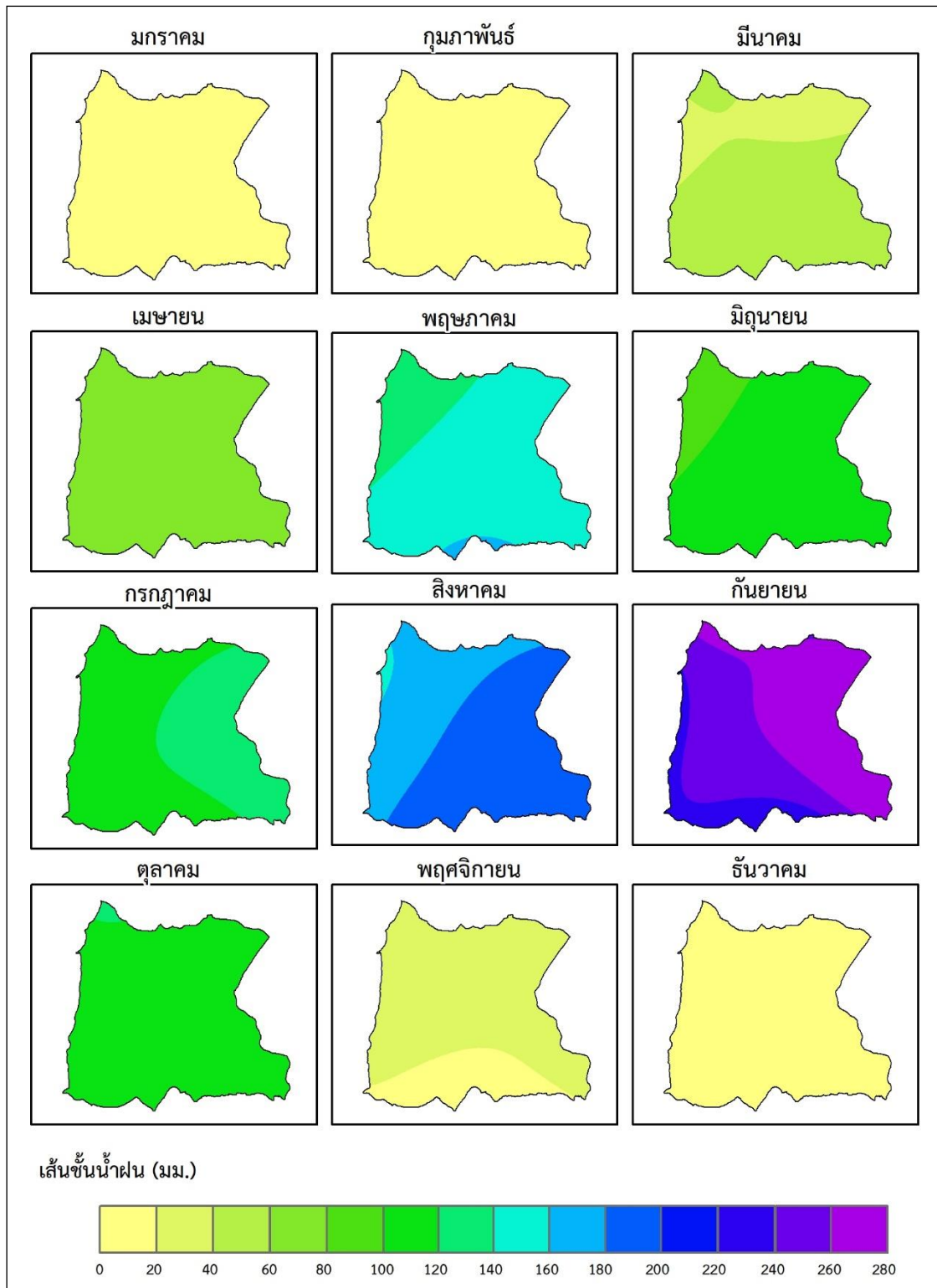
หมายเหตุ: ฤดูฝน อยู่ในช่วงระหว่างเดือน พ.ค. - ต.ค.

ฤดูแล้ง อยู่ในช่วงระหว่างเดือน พ.ย. - เม.ย.

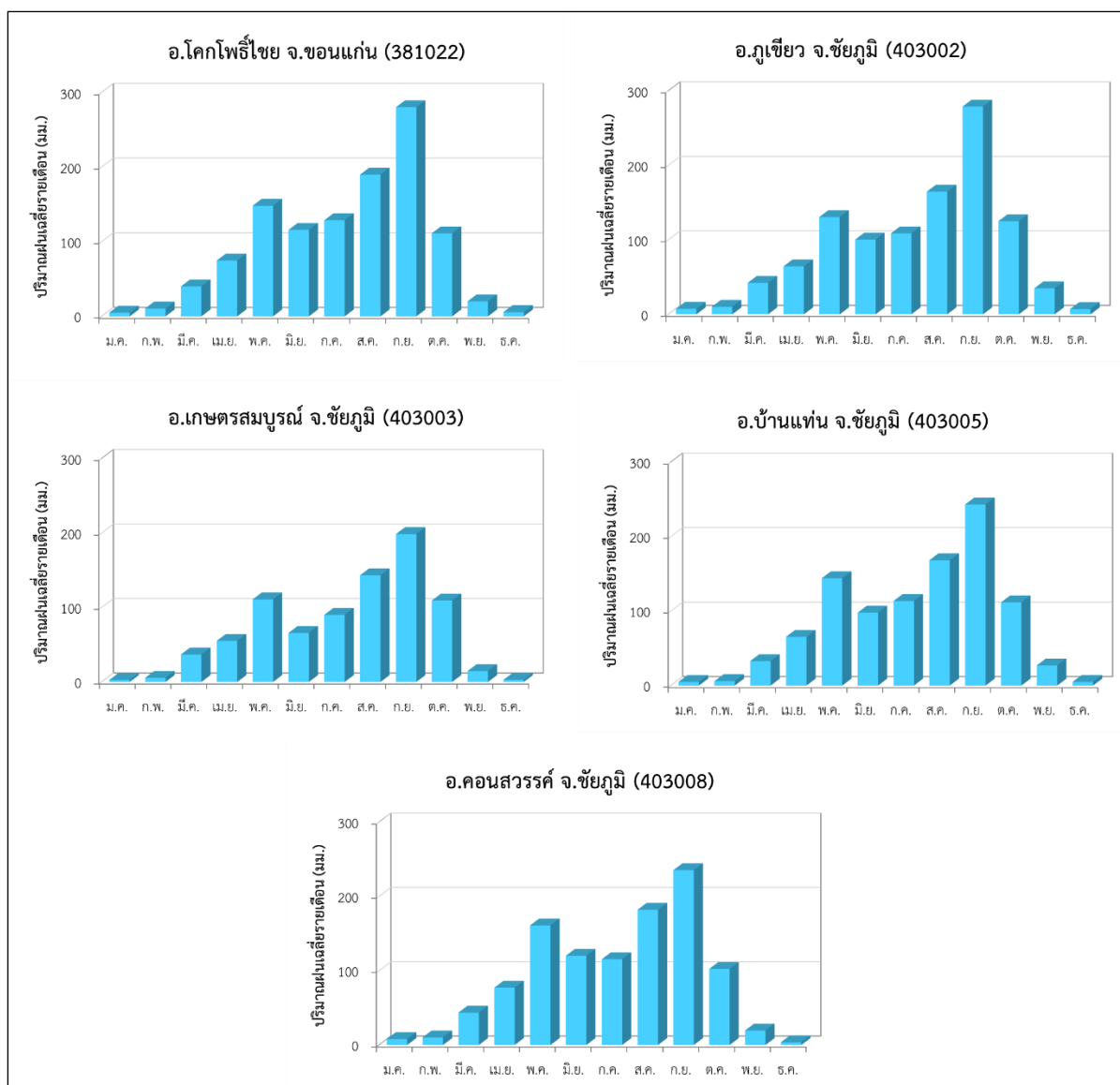


รูปที่ 2.3-2 เส้นชั้นปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกในรอบ 30 ปี ย้อนหลัง

จากรูปที่ 2.3-2 จะเห็นว่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ผันแปรตามพื้นที่ จากปริมาณฝนต่ำสุด 951.0 มิลลิเมตร ที่บริเวณพื้นที่ตอนบนของกลุ่มน้ำทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ จนถึง สูงสุดประมาณ 1,140.0 มิลลิเมตร บริเวณพื้นที่ตอนล่างของกลุ่มน้ำทางด้านทิศตะวันออก



รูปที่ 2.3-3 เส้นชั้นปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกในรอบ 30 ปี ย้อนหลัง



รูปที่ 2.3-4 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอ จำนวน 5 สถานี

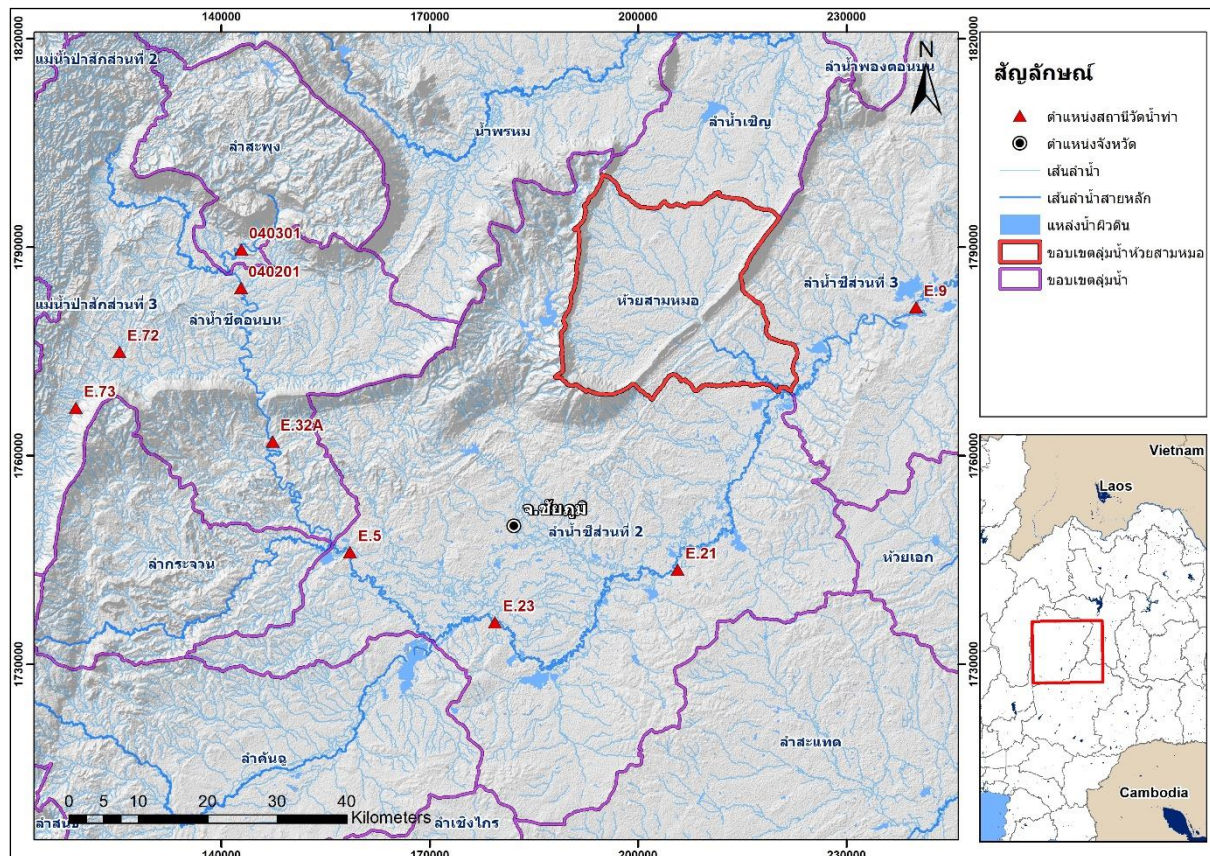
2.4 ปริมาณน้ำท่า

การศึกษานี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำท่าบริเวณใกล้เคียงกับลุ่มน้ำห้วยสามหมอ จากหน่วยงานต่างๆ ได้แก่ กรมชลประทาน และ กรมทรัพยากรน้ำ โดยสถานีที่จะนำมาใช้จะต้องเป็นสถานีที่มีข้อมูลสมบูรณ์ และไม่อยู่ทางด้านท้ายน้ำของอ่างเก็บน้ำ เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากการบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจากการคัดเลือกสถานีวัดน้ำท่าแล้วพบว่ามีจำนวน 9 สถานี ที่สามารถนำมาใช้ได้ โดยแบ่งเป็นสถานีวัดน้ำจากกรมชลประทาน 7 สถานี และสถานีวัดน้ำจากกรมทรัพยากรน้ำ 2 สถานี ดังแสดงตำแหน่งในรูปที่ 2.4-1 และแสดงรายละเอียดของสถานีวัดน้ำดังตารางที่ 2.4-1 หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและขนาดของพื้นที่รับน้ำ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการประเมินปริมาณน้ำท่า ณ ตำแหน่งที่สนใจในลุ่มน้ำห้วยสามหมอและพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 2.4-2 และจากการวิเคราะห์ความถดถอยจะได้สมการแสดงความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2.1

$$Q_F = 1.1807 A^{0.7993} \quad (R^2 = 0.9613) \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

เมื่อ Q_F คือ ปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย (ล้าน ลบ.ม.)

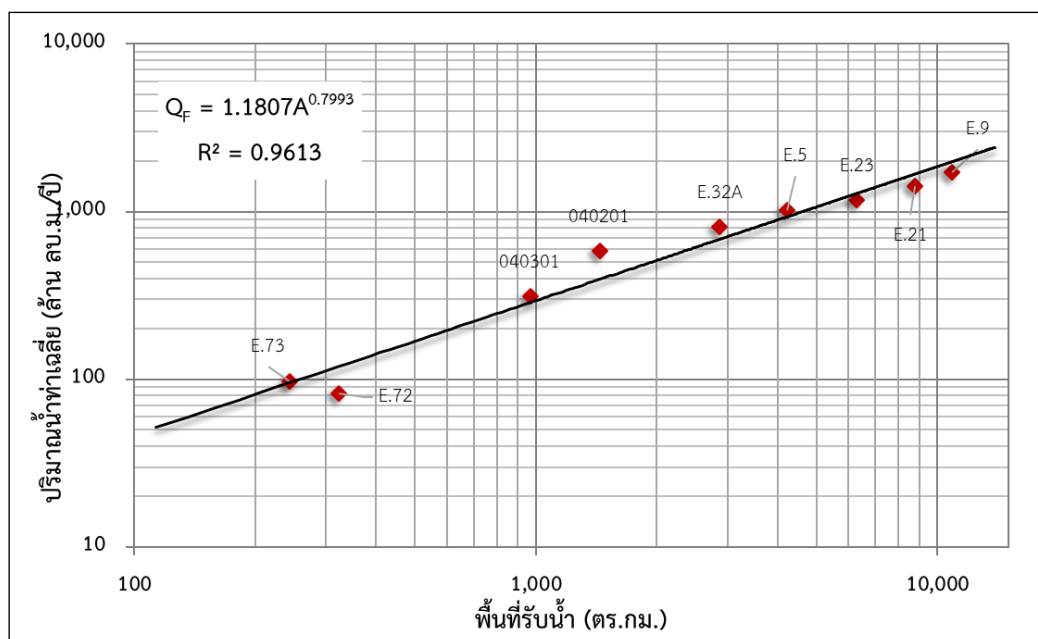
A คือ พื้นที่รับน้ำฝน (ตร.กม.)



รูปที่ 2.4-1 ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำ

ตารางที่ 2.4-1 รายละเอียดของสถานีวัดน้ำท่า

ที่	สถานีวัดน้ำท่า	รหัส สถานี	จังหวัด	พิกัด		พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ช่วงปีสถิติ ข้อมูล	จำนวนปี	ปริมาณน้ำท่ารายปี (ล้าน ลบ.ม.)		
				ละติจูด	ลองจิจูด				เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
กรมชลประทาน											
1	บ้านโนนเปือย	E.5	ชัยภูมิ	15.77	101.81	4,208.0	2501-2561	61	1,023.73	2,311.26	345.08
2	บ้านท่านางเลื่อน	E.9	ขอนแก่น	16.10	102.57	10,878.0	2510-2561	52	1,725.40	4,799.90	272.60
3	บ้านแก่งโก	E.21	ชัยภูมิ	15.75	102.25	8,777.0	2511-2561	51	1,426.30	3,790.20	339.30
4	บ้านค่าย	E.23	ชัยภูมิ	15.68	102.01	6,282.0	2511-2562	52	1,168.70	3,843.00	330.40
5	บ้านหนองอ้อ	E.32A	ชัยภูมิ	15.91	101.71	2,867.0	2510-2561	61	813.10	2,118.20	260.60
6	บ้านเจียง	E.72	ชัยภูมิ	16.03	101.50	323.0	2531-2561	31	82.40	165.90	32.20
7	บ้านวังตะกั่ว	E.73	ชัยภูมิ	15.95	101.44	243.0	2532-2557	26	96.74	195.27	39.78
กรมทรัพยากรน้ำ											
1	บ้านโนนตูม	040201	ชัยภูมิ	16.11	101.66	1,440.0	2530-2556	27	586.58	1,010.59	205.10
2	บ้านนาเจริญ	040301	ชัยภูมิ	16.16	101.66	968.0	2532-2556	25	314.68	570.30	80.19



รูปที่ 2.4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ยและขนาดของพื้นที่รับน้ำฝนบริเวณใกล้เคียงกับลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

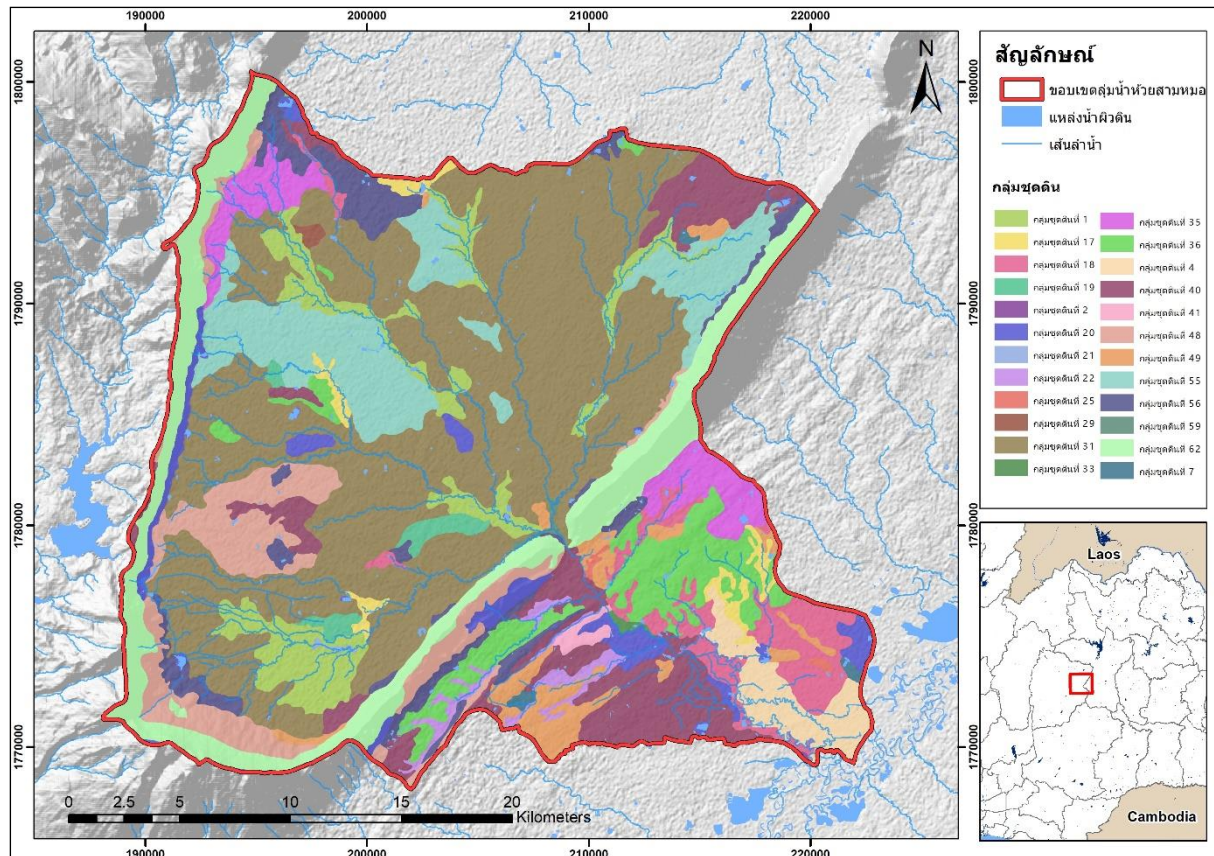
2.5 ทรัพยากรดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

2.5.1 ทรัพยากรดิน

จากการศึกษาข้อมูลแผนที่กลุ่มชุดดินในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2544 พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกมี 24 กลุ่มชุดดิน โดยกลุ่มชุดดินที่มากที่สุด คือ กลุ่มชุดดินที่ 31 พื้นที่ 174,483.53 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 36.53 ของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก และรองลงมาคือ กลุ่มชุดดินที่ 62 พื้นที่ 42,511.72 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.90 ของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก โดยในรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2.5.1-1 และรูปที่ 2.5.1-1

ตารางที่ 2.5.1-1 รายละเอียดกลุ่มชุดดินในลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

ที่	กลุ่มชุดดิน	พื้นที่ (ตร.กม.) (ไร่)		ร้อยละ ของพื้นที่	ที่	กลุ่มชุดดิน	พื้นที่ (ตร.กม.) (ไร่)		ร้อยละ ของพื้นที่
1	กลุ่มชุดดินที่ 1	42.24	26,399.59	5.53	13	กลุ่มชุดดินที่ 31	279.17	174,483.53	36.53
2	กลุ่มชุดดินที่ 2	0.11	66.60	0.01	14	กลุ่มชุดดินที่ 33	0.70	436.54	0.09
3	กลุ่มชุดดินที่ 4	17.66	11,037.54	2.31	15	กลุ่มชุดดินที่ 35	23.64	14,776.46	3.09
4	กลุ่มชุดดินที่ 7	1.74	1,090.07	0.23	16	กลุ่มชุดดินที่ 36	36.29	22,679.58	4.75
5	กลุ่มชุดดินที่ 17	9.05	5,656.15	1.18	17	กลุ่มชุดดินที่ 40	59.48	37,172.98	7.78
6	กลุ่มชุดดินที่ 18	27.91	17,444.82	3.65	18	กลุ่มชุดดินที่ 41	2.24	1,398.79	0.29
7	กลุ่มชุดดินที่ 19	6.26	3,912.24	0.82	19	กลุ่มชุดดินที่ 48	46.01	28,758.48	6.02
8	กลุ่มชุดดินที่ 20	21.48	13,426.22	2.81	20	กลุ่มชุดดินที่ 49	19.65	12,280.42	2.57
9	กลุ่มชุดดินที่ 21	0.42	260.34	0.05	21	กลุ่มชุดดินที่ 55	60.94	38,086.48	7.97
10	กลุ่มชุดดินที่ 22	7.61	4,758.06	1.00	22	กลุ่มชุดดินที่ 56	30.73	19,204.67	4.02
11	กลุ่มชุดดินที่ 25	0.96	599.41	0.13	23	กลุ่มชุดดินที่ 59	0.99	618.38	0.13
12	กลุ่มชุดดินที่ 29	0.98	614.00	0.13	24	กลุ่มชุดดินที่ 62	68.02	42,511.72	8.90
รวมทั้งหมด							764.28	477,673.08	100.00



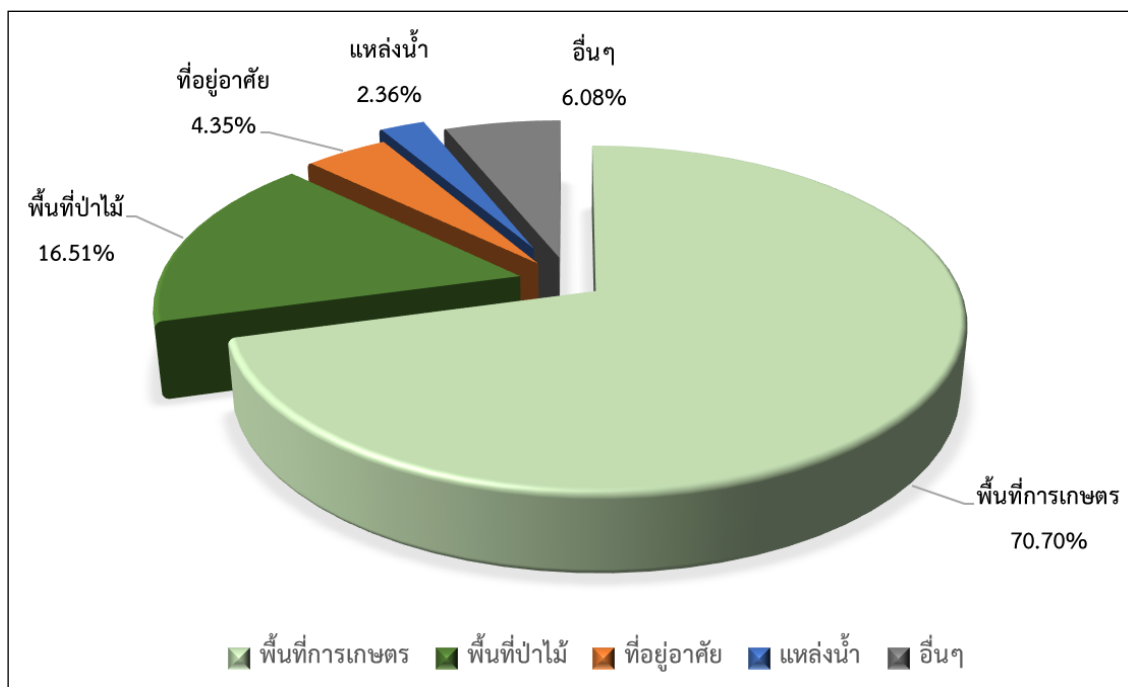
รูปที่ 2.5.1-1 กลุ่มชุดดินในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

2.5.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

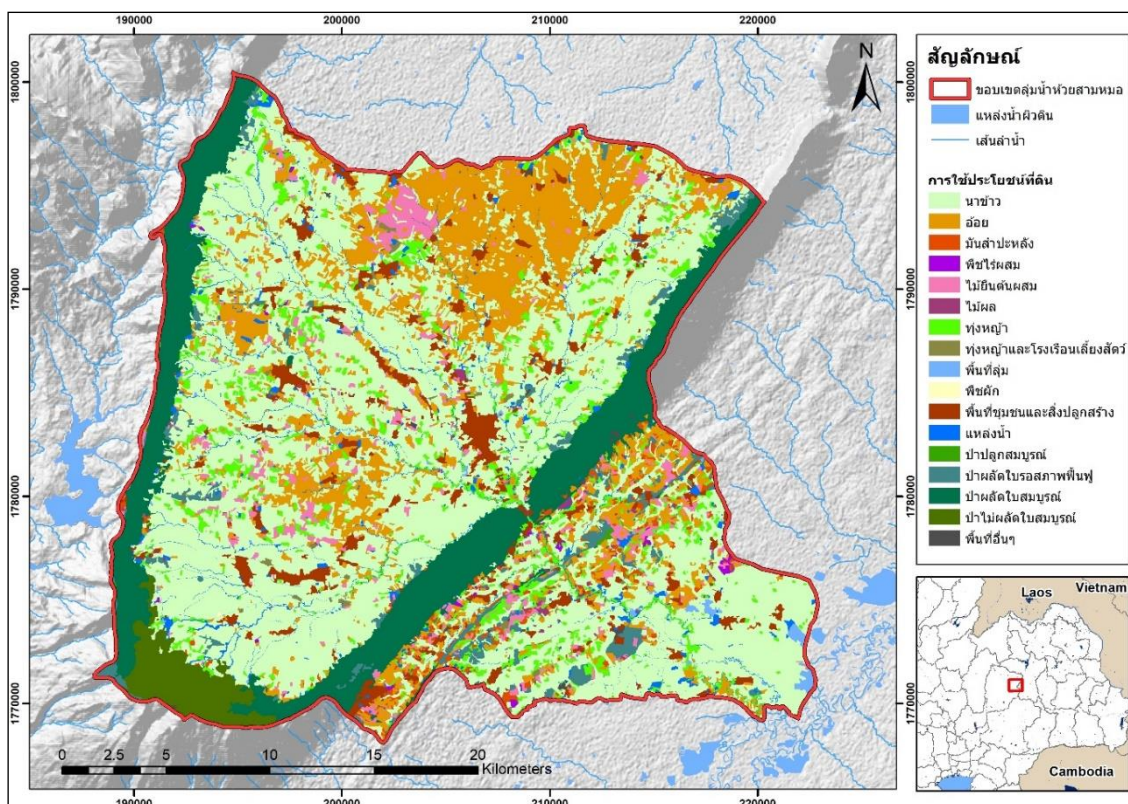
ข้อมูลสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2558 จากกรมพัฒนาที่ดินในลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ประกอบด้วยการใช้ประโยชน์ที่ดิน 5 ประเภทคือ

- 1) **พื้นที่การเกษตร** มีพื้นที่ประมาณ 337,705.96 ไร่ หรือร้อยละ 70.70 ของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก โดยการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรประกอบด้วยพื้นที่นาข้าว พืชไร่ผสม อ้อย มันสำปะหลัง ไม้ยืนต้นผสม ไม้ผล และอื่นๆ
- 2) **พื้นที่ป่าไม้** มีพื้นที่ประมาณ 78,852.69 ไร่ หรือร้อยละ 16.51 ของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก โดยประกอบด้วยป่าไม้ผลัดใบสมบูรณ์ ป่าผลัดใบรกร้างพื้นที่ฟู ป่าผลัดใบสมบูรณ์ และป่าปลูกสมบูรณ์
- 3) **พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง** มีพื้นที่ประมาณ 20,793.90 ไร่ หรือร้อยละ 4.35 ของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก โดยประกอบด้วยตัวเมืองและย่านการค้า พื้นที่หมู่บ้าน และพื้นที่อื่นๆ
- 4) **พื้นที่แหล่งน้ำ** มีพื้นที่ประมาณ 11,279.50 ไร่ หรือร้อยละ 2.36 ของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก โดยประกอบด้วยแม่น้ำ ลำห้วย หนองบึง อ่างเก็บน้ำ บ่อน้ำในไร่นา และคลองชลประทาน
- 5) **พื้นที่อื่นๆ** มีพื้นที่ประมาณ 29,040.99 ไร่ หรือร้อยละ 6.08 ของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก โดยประกอบด้วยทุ่งหญ้า พื้นที่ลุ่ม และอื่นๆ

สัดส่วนของสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในกลุ่มน้ำห้วยสามหมอ แสดงในรูปที่ 2.5.2-1 ส่วนในรูปที่ 2.5.2-2 และตารางที่ 2.5.2-1 แสดงรายละเอียดการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในเขตพื้นที่กลุ่มน้ำห้วยสามหมอ



รูปที่ 2.5.2-1 สัดส่วนสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทในเขตพื้นที่กลุ่มน้ำห้วยสามหมอ ปี พ.ศ. 2558



รูปที่ 2.5.2-2 สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่กลุ่มน้ำห้วยสามหมอ ปี พ.ศ. 2558

ตารางที่ 2.5.2-1 รายละเอียดสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ปี พ.ศ. 2558

ประเภทที่ดิน	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่		ร้อยละของพื้นที่
		(ตร.กม.)	(ไร่)	
พื้นที่การเกษตร	นาข้าว	372.39	232,743.0	48.72
	พืชไร่ผสม	1.26	788.1	0.16
	อ้อย	128.60	80,376.4	16.83
	มันสำปะหลัง	9.08	5,673.6	1.19
	ไม้ยืนต้นผสม	23.32	14,577.5	3.05
	ไม้ผล	2.84	1,776.5	0.37
	อื่นๆ	2.83	1,770.8	0.37
รวม		540.33	337,705.96	70.70
พื้นที่ป่าไม้	ป่าไม่ผลัดใบสมบูรณ์	17.32	10,824.6	2.27
	ป่าผลัดใบรกร้างพื้นที่	19.18	11,990.3	2.51
	ป่าผลัดใบสมบูรณ์	89.36	55,849.1	11.69
	ป่าปลูกสมบูรณ์	0.30	188.8	0.04
รวม		126.16	78,852.69	16.51
ที่อยู่อาศัย	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	33.27	20,793.9	4.35
	รวม	33.27	20,793.94	4.35
แหล่งน้ำ	แหล่งน้ำ	18.05	11,279.5	2.36
	รวม	18.05	11,279.51	2.36
อื่นๆ	ทุ่งหญ้า	42.46	26,536.3	5.56
	พื้นที่ลุ่ม	2.98	1,862.9	0.39
	อื่นๆ	1.03	641.8	0.13
รวม		46.47	29,040.99	6.08
รวมทั้งหมด		764.28	477,673.08	100.00

2.5.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีตจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม

การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 (LS-5) และ LANDSAT-8 (LS-8) ปี พ.ศ. 2533, 2538, 2543, 2548, 2553, 2558 และ 2562 ซึ่งได้จำแนกประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.5.3-1 และรูปที่ 2.5.3-1

ตารางที่ 2.5.3-1 ร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 และ LANDSAT-8

ที่	ประเภท	ร้อยละของพื้นที่						
		พ.ศ. 2533	พ.ศ. 2538	พ.ศ. 2543	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2553	พ.ศ. 2558	พ.ศ. 2562
1	เกษตรกรรม	70.94	70.77	70.92	72.06	71.98	78.02	81.15
2	ป่าไม้	22.61	22.69	22.52	20.98	21.35	15.39	12.27
3	ชุมชน	4.09	4.14	4.19	4.38	4.38	4.32	4.48
4	แหล่งน้ำ	2.36	2.40	2.37	2.29	2.29	2.28	2.10



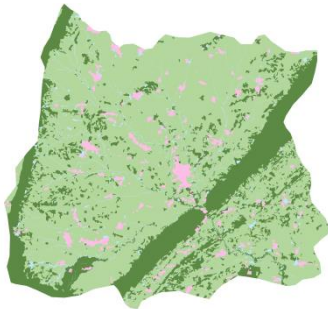
LS-5: 29 มีนาคม 2533



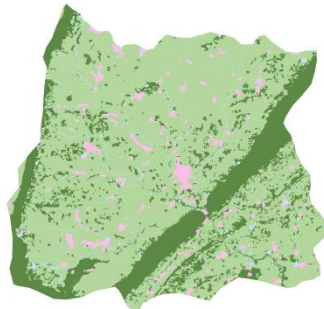
LS-5: 7 กุมภาพันธ์ 2538



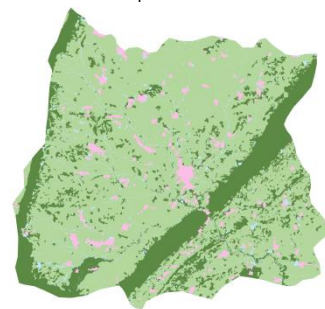
LS-5: 5 กุมภาพันธ์ 2543



Landuse: 29 มีนาคม 2533



Landuse: 7 กุมภาพันธ์ 2538



Landuse: 5 กุมภาพันธ์ 2543



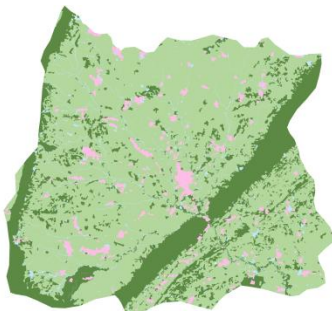
LS-5: 18 กุมภาพันธ์ 2548



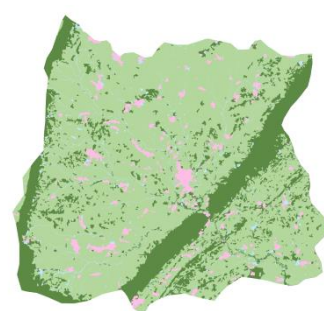
LS-5: 21 เมษายน 2553



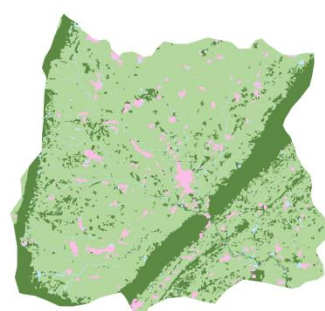
LS-8: 29 มกราคม 2558



Landuse: 18 กุมภาพันธ์ 2548



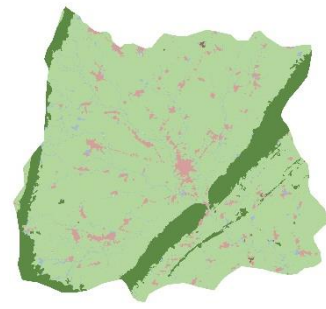
Landuse: 21 เมษายน 2553



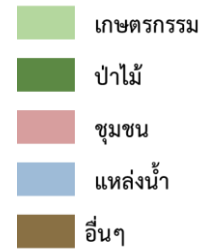
Landuse: 29 มกราคม 2558



LS-8: 24 มกราคม 2562



Landuse: 24 มกราคม 2562



รูปที่ 2.5.3-1 ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 และ LANDSAT-8 และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม

จากการเปรียบเทียบผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายจากดาวเทียมในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 – 2562 พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันคือ พื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มลดลง โดยมีพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนเพิ่มขึ้น ประเภทป่าไม้ที่ลดลงนั้นมีแนวโน้มที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2533, 2538, 2543, 2548 โดยต้องมีการปรับแก้ด้วยสายตาเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังพบอีกว่าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการจำแนกจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 และ LANDSAT-8 มีความแตกต่างจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งมีสาเหตุมาจากข้อจำกัดบางอย่างของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT เช่น การแยกพื้นที่เพาะปลูกออกจากพื้นที่ป่าไม้จะดำเนินการได้ยาก หรือการจำแนกแหล่งน้ำขนาดเล็กอาจดำเนินการได้ไม่แม่นยำ และอาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมนั้นใช้เพียงข้อมูลจากภาพดาวเทียม LANDSAT เพียงอย่างเดียวสำหรับแต่ละปี รวมถึงไม่ได้อยู่ในช่วงฤดูกาลเดียวกันทั้งหมด

บทที่ 3

ดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งในระดับพื้นที่ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (สทอภ.)

3.1 บทนำ

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (สทอภ.) ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองและระบบประมวลผลเพื่อการหาพื้นที่เสี่ยงภาวะความแห้งแล้งแบบอัตโนมัติ หรือ Automatic Drought Monitoring : NPP-Suomi Mission (ADM) โดยใช้ศักยภาพของข้อมูลจากดาวเทียมที่มีอยู่ในการจัดทำแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่แห้งแล้งของประเทศไทยแบบอัตโนมัติ สำหรับสนับสนุนการประเมินและติดตามสถานการณ์ภัยแล้งของภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง และการตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาลำดับการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ (Computer Algorithms) ที่เหมาะสำหรับการจัดทำข้อมูลแผนที่ความแห้งแล้งจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระดับประเทศ และทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับพื้นที่ เน้นการศึกษาและพัฒนาการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่จัดหาได้เองในประเทศและข้อมูลปัจจัยอื่นที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาระบบที่สามารถทำงาน และรายงานผลแบบอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในแง่ของการลดขั้นตอนการทำงานของมนุษย์ และความเร็วในการประมวลผลแผนที่พร้อมใช้งานในรูปแบบออนไลน์ โดย สทอภ. ได้พัฒนาดัชนีความเสี่ยงภัยแล้ง (Drought Risk Index, DRI) ซึ่งเป็นดัชนีชี้ความเสี่ยงต่อการเกิดความแห้งแล้งหรือภัยแล้งในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งจากปัจจัยที่มีอิทธิพลให้เกิดความแห้งแล้ง อันได้แก่ ปัจจัยด้านความรุนแรงของความแห้งแล้ง (Drought Hazard) และปัจจัยด้านความเปราะบางต่อความแห้งแล้ง (Drought Vulnerability) ที่สร้างโดยอาศัยหลักการคิดค่าคะแนนจากการถ่วงน้ำหนักปัจจัย ซึ่งดัชนีที่ได้นี้ไม่ได้ชี้ชัดว่าความเสี่ยงที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากสาเหตุใด เช่น จากลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา หรือจากความแล้งทางด้านอุทกวิทยา เป็นต้น นอกจากนี้แม้ว่าจะบ่งชี้ถึงระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งตั้งแต่ ระดับ 0 – 100 แต่ไม่ได้ระบุว่าที่ระดับเท่าใดถึงเริ่มเข้าสู่ภาวะความแห้งแล้ง และเนื่องจากระบบ ADM เพิ่งถูกพัฒนาขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2560 จึงยังไม่ได้มีการนำดัชนีที่ได้จากระบบมาประเมินถึงความแม่นยำหรือความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน ดังนั้นหนึ่งในวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะประเมินดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งที่ สทอภ. พัฒนาขึ้น พร้อมกับการศึกษาถึงดัชนีความแห้งแล้งอื่นๆ ที่เหมาะสมกับลักษณะของประเทศไทย เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงลักษณะและรูปแบบของความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นภายใต้สถานการณ์สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป สำหรับการนำไปพัฒนาต่อยอดให้กับระบบติดตามสถานการณ์ความแห้งแล้ง และการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ แก้ไข บรรเทา หรือรับมือกับสถานการณ์ภัยแล้งที่จะเกิดขึ้นต่อไปได้

3.2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ภัยแล้งในประเทศไทยเกิดขึ้นบ่อยครั้งและยากต่อการคาดการณ์ ซึ่งในปัจจุบันภัยแล้งเกิดขึ้นทั่วทุกพื้นที่ของประเทศ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการใช้น้ำในการอุปโภคบริโภคของภาคประชาชน ภาคการเกษตร และภาคอุตสาหกรรม เป็นต้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีการบริหารจัดการและแก้ไขปัญหาภัยแล้งอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อรับมือกับวิกฤตที่จะเกิดขึ้น (นรากร นันทไตรภพ, 2562)

ปัญหาภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่นำความเสียหายทางเศรษฐกิจและสังคม ทั้งทางด้านการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และด้านผลผลิตทางการเกษตรที่ต้องพึ่งพาแหล่งน้ำจากธรรมชาติ ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่สำคัญในตลาดโลก ภัยแล้งจึงมีผลกระทบโดยตรงต่อการลดลงของผลผลิตทางการเกษตรของไทยและมีผลกระทบทางอ้อม ได้แก่ การอพยพทั้งที่ดินทำกิน ละทิ้งที่อยู่อาศัยไปหางานทำในเมือง ซึ่งเป็นที่ประจักษ์แล้วว่าได้ก่อให้เกิดปัญหาทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และ วัฒนธรรม ตามมา ปัญหาภัยแล้งจึงจัดเป็นปัญหาสำคัญของชาติ (สิตาวีร์ วีรวิรุฬห์, 2558)

ประเทศไทยได้เผชิญกับปัญหาภัยแล้งเป็นประจำทุกปี ซึ่งปัญหาภัยแล้งที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากปริมาณฝนไม่เพียงพอ การกระจายของฝนไม่ทั่วถึง และความสามารถในการอุ้มน้ำของดินต่ำ ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการเกษตร แหล่งกักเก็บน้ำ แหล่งน้ำธรรมชาติ และสร้างความเดือดร้อนให้แก่ประชาชน เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศประกอบอาชีพเกษตรกรรม ภัยแล้งจึงส่งผลกระทบโดยตรงแก่ประชาชนที่ใช้น้ำทั้งอุปโภคและบริโภค และสร้างความเสียหายต่อการดำเนินกิจกรรมทางการเกษตร เช่น พื้นดินขาดความชุ่มชื้น พืชขาดน้ำ และชะงักการเจริญเติบโต ผลผลิตที่ได้ลดลงและมีคุณภาพต่ำ (ชรินทร์ และคณะ, 2547)

3.2.2 ประเภทของความแห้งแล้ง

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2559) ได้อธิบายถึงปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะความแห้งแล้ง ได้แก่ ปริมาณฝนจำนวนวันที่ฝนตกสภาวะฝนทิ้งช่วงในฤดู ปริมาณน้ำท่าลดน้อยและการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อม การที่มีปริมาณฝนที่ได้รับไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงนับได้ว่า ฝนเป็นตัวประกอบสำคัญ และมีอิทธิพลต่อความแห้งแล้งชัดเจนกว่าข้อมูลอุตุนิยมวิทยาอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น หรือการระเหยของน้ำ เป็นต้น ดังรูปที่

3.2.2-1 แสดงสาเหตุการเกิดภัยแล้งและผลกระทบจากภัยแล้ง โดยที่ความแห้งแล้งมีลักษณะการเกิด 4 แบบ ดังแสดงรายละเอียดดังนี้

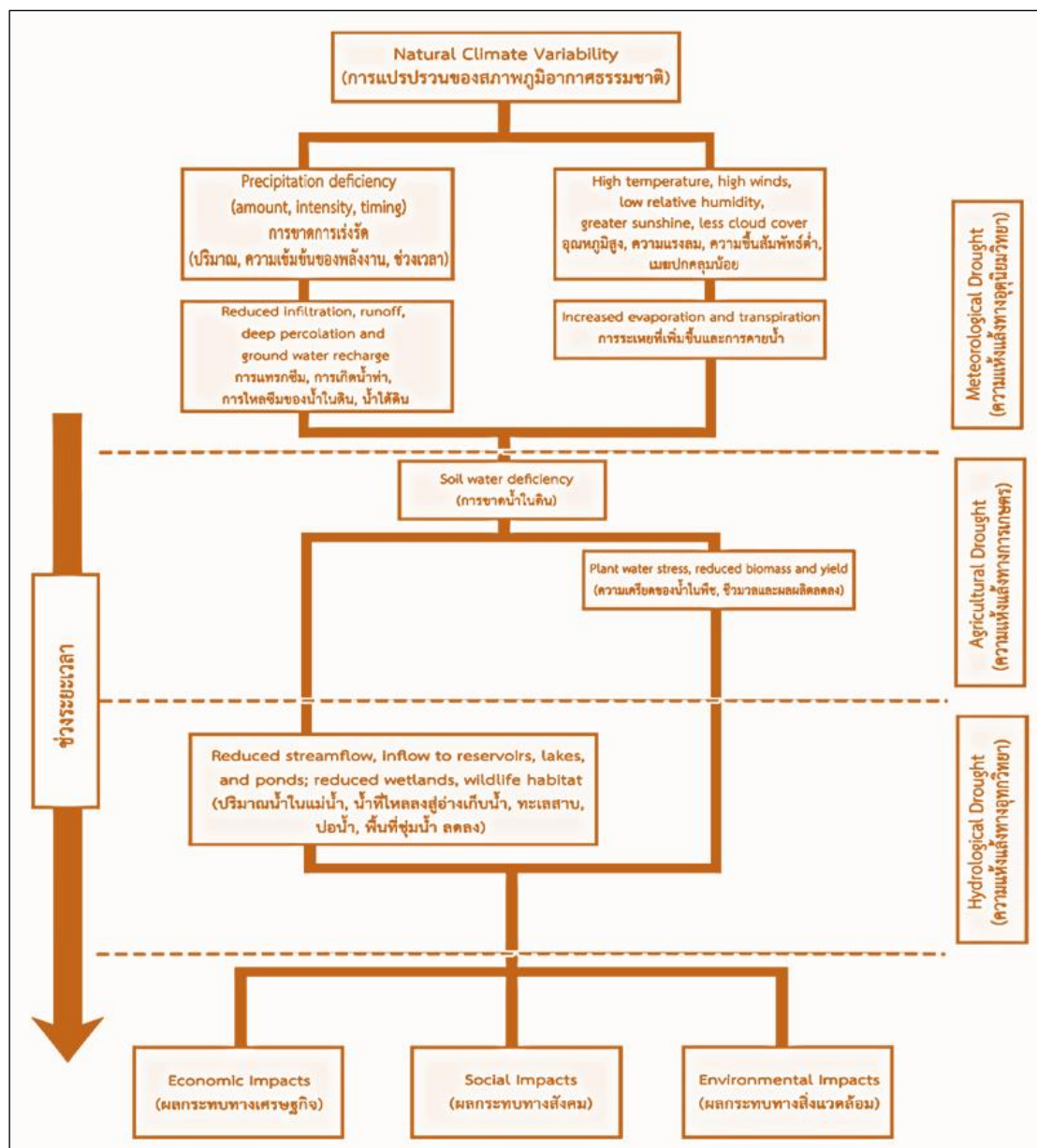
1) ความแห้งแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Drought) เกิดขึ้นเนื่องจากการมีฝนตกน้อยกว่าปกติ หรือมีจำนวนวันที่ฝนตกน้อยกว่าปกติ (ฝนทิ้งช่วง) เป็นบริเวณกว้างและเป็นระยะเวลานานต่อเนื่องกัน สามารถพิจารณาจากจำนวนวันที่ฝนตกน้อยกว่าระดับที่กำหนด ความแห้งแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยาเป็นจุดเริ่มต้นของปัญหาความแห้งแล้งในลักษณะอื่นๆ ที่จะเกิดขึ้นตามมาได้

2) ความแห้งแล้งเชิงอุทกวิทยา (Hydrological Drought) เป็นผลกระทบต่อเนื่องมาจากความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาเกิดเนื่องจากปริมาณน้ำท่า (ในแม่น้ำลำคลอง หนอง บึง และอ่างเก็บน้ำต่างๆ) มีน้อยกว่าระดับปกติ หรือระดับน้ำใต้ดินลดลง เป็นความแห้งแล้งที่เกิดจากการที่ช่วงฤดูกาลมีปริมาณฝนน้อยหรือไม่มีฝนกว่าเกณฑ์ปกติ ความแห้งแล้งทางอุทกวิทยามักพิจารณาในระดับลุ่มน้ำโดยความแห้งแล้งจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ระดับความรุนแรงของปัญหาก็ประเมินได้ยาก

3) ความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรม (Agricultural Drought) ความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับความแห้งแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยาและความแห้งแล้งเชิงอุทกวิทยา เป็นสภาวะที่พื้นขาดน้ำซึ่งเกิดเนื่องจากปริมาณฝนรวมและการกระจายตัวของฝนน้อยผิดปกติ การระเหยของน้ำ และความชื้นในดินมีน้อย ทำให้ระดับน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำผิวดินลดลง จึงทำให้ผลผลิตการเกษตร (พืชพันธุ์และสัตว์เลี้ยง) ลดน้อยลง

4) ความแห้งแล้งทางเศรษฐกิจและสังคม (Socio-economic Drought) เป็นความแห้งแล้งที่พิจารณาจากทรัพยากรที่มีอยู่ (Supply) และความต้องการทรัพยากรนั้น (Demand) แต่เนื่องจากความจำกัด

ของทรัพยากรที่มีอยู่ในขณะที่ความต้องการทรัพยากรมีมากจึงก่อให้เกิดความขาดแคลนขึ้นโดยพิจารณาที่ความต้องการใช้กับความจำกัดของทรัพยากร หากมีผลกระทบต่อเนื่องถึงสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมตามมา จะถือเป็นความแห้งแล้งหรือภัยแล้งทางเศรษฐกิจและสังคม



รูปที่ 3.2.2-1 แผนผังการเกิดภัยแล้งและผลกระทบจากภัยแล้ง

3.2.3 สาเหตุของการเกิดภัยแล้ง

ปัจจัยที่ก่อให้เกิดภัยแล้งสำหรับประเทศไทย นอกจากฝน ยังมีปัจจัยอื่นที่เป็นองค์ประกอบอีกหลายอย่าง เช่น ระบบการหมุนเวียนของบรรยากาศ การเปลี่ยนแปลงส่วนผสมของบรรยากาศ การเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศกับน้ำทะเลหรือมหาสมุทร ดังนั้นการเกิดภัยแล้งจึงมิใช่เกิดจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งเพียงอย่างเดียว ซึ่งพอจะประมวลสาเหตุของการเกิดภัยแล้งได้ ดังนี้ (ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม, 2551)

1) โดยธรรมชาติ

- เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโลก ซึ่งทำให้สภาวะอากาศในฤดูร้อนที่ร้อนมากกว่าปกติ
- เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ที่ส่งผลต่อการพัดพาของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
- ความผิดปกติของตำแหน่งร่องมรสุม ทำให้ฝนตกในพื้นที่ไม่ต่อเนื่อง
- ความผิดปกติเนื่องจากพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนที่ผ่านประเทศไทยน้อยกว่าปกติ

2) โดยการกระทำของมนุษย์

- การเปลี่ยนแปลงความสมดุลของพลังงานที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ เช่น การเผา พลาสติก น้ำมันและถ่านหิน ทำให้เกิดรูโหว่ในชั้นโอโซน
- ผลกระทบจากปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจกเนื่องจากส่วนผสมของบรรยากาศ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำลอยขึ้นไปเคลือบชั้นล่างของชั้นโอโซน ทำให้ความร้อนสะสมอยู่ในอากาศใกล้ผิวโลกมากขึ้น ทำให้อากาศร้อนกว่าปกติ
- การพัฒนาด้านอุตสาหกรรมต่างๆ
- การตัดไม้ทำลายป่า ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมอันเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของภูมิอากาศ เช่น ฝน อุณหภูมิและความชื้น

3.2.4 การเกิดภัยแล้งและสถานการณ์ภัยแล้งในประเทศไทย

1) การเกิดภัยแล้งในประเทศไทย โดยทั่วไปประเทศไทยมักประสบกับภาวะความแห้งแล้งอยู่ 2 ช่วง (ตารางที่ 3.2.4-1) ดังนี้

- ในฤดูหนาวระหว่างเดือนตุลาคม – กุมภาพันธ์ ต่อเนื่องมาถึงฤดูร้อนระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ – พฤษภาคม คือช่วงสิ้นสุดฤดูฝน ซึ่งเริ่มจากครึ่งหลังของเดือนตุลาคมเป็นต้นไป บริเวณประเทศไทยตอนบนจะไม่มีฝนตกมา หรือถ้ามีก็จะมีเพียงจำนวนเล็กน้อยและลดลงเป็นลำดับ ส่วนมากจะเป็นฝนจากพายุฝนฟ้าคะนอง จึงทำให้เกิดความแห้งแล้งเป็นประจำทุกปีในช่วงนี้ และมักจะมีไฟป่าเกิดขึ้นตามมาด้วย (สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2548)
- ในฤดูฝนระหว่างเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม ในช่วงของกลางฤดูฝนตั้งแต่ปลายเดือนมิถุนายน – กรกฎาคม ในบริเวณประเทศไทยตอนบนจะเกิดความแห้งแล้ง เนื่องจากฝนทิ้งช่วงเกิดขึ้น ประมาณ 1 – 2 สัปดาห์ หรืออาจจะ 1 เดือน ปริมาณฝนในช่วงนี้จะลดลงมีผลกระทบต่อการเกษตรมาก ทำให้พืชขาดน้ำ เหี่ยวเฉา และแห้งตายไปในที่สุด (สวีณา พลพิชน์, 2548) โดยตารางที่ 3.2.4-1 จะแสดงภูมิภาคและช่วงเวลาที่เหมาะสมปัญหาฝนแล้งของประเทศไทย

ตารางที่ 3.2.4-1 ภูมิภาคและช่วงเวลาที่เหมาะสมปัญหาฝนแล้ง

เดือน	ภาค					
	เหนือ	ตะวันออกเฉียงเหนือ	กลาง	ตะวันออก	ใต้ฝั่งตะวันออก	ใต้ฝั่งตะวันตก
ม.ค.	-	-	-	-	-	ฝนแล้ง
ก.พ.	-	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง	-	-	ฝนแล้ง
มี.ค.	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง
เม.ย.	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง	ฝนแล้ง	-	ฝนแล้ง
พ.ค.	-	-	-	-	-	ฝนแล้ง
มิ.ย.	ฝนทิ้งช่วง	ฝนทิ้งช่วง	ฝนทิ้งช่วง	ฝนทิ้งช่วง	-	-
ก.ค.	ฝนทิ้งช่วง	ฝนทิ้งช่วง	ฝนทิ้งช่วง	ฝนทิ้งช่วง	-	-

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป

ภัยแล้งที่เกิดขึ้นในพื้นที่ประเทศไทยส่วนใหญ่มีผลกระทบต่อการเกษตรกรรม โดยเป็นภัยแล้งที่เกิดจากการขาดฝนหรือ “ฝนแล้ง” ในช่วงฤดูฝน และเกิดฝนทิ้งช่วง ในเดือนมิถุนายนต่อเนื่องถึงเดือนกรกฎาคม พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งมาก ได้แก่ บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางเพราะเป็นบริเวณที่อิทธิพลมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เข้าไปไม่ถึงและถ้าปีใดไม่มีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนผ่านในแนวดังกล่าวจะก่อให้เกิดภัยแล้งรุนแรงมากขึ้น

2) สถานการณ์ภัยแล้งของประเทศไทย ซึ่งในอดีตนั้นภัยแล้งส่งผลกระทบต่อประเทศไทยและเป็นปัญหาที่ในหลายพื้นที่เนื่องจากฝนทิ้งช่วงกลางฤดูฝนเป็นระยะเวลายาวนานกว่าปกติจนถึงช่วงปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 3.2.4-2

ตารางที่ 3.2.4-2 สถานการณ์ภัยแล้งของประเทศไทยในอดีต พ.ศ. 2510 – 2536

ที่	ปี พ.ศ.	ปัญหาภัยแล้ง
1	2510	พื้นที่ตั้งแต่จังหวัดชุมพรขึ้นมา รวมถึงตอนบนของประเทศเกือบทั้งหมดในภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้งกรุงเทพมหานคร มีปริมาณฝนน้อยมาก ทำให้เกิดภัยแล้งขึ้น
2	2511	พื้นที่ตั้งแต่ตอนกลางของภาคเหนือบริเวณจังหวัดพิษณุโลก ภาคกลางทั้งภาคตลอดถึงด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และตลอดฝั่งอ่าวไทยของภาคใต้เกือบทั้งหมด ได้รับปริมาณฝนน้อยมากและส่งผลให้เกิดภัยแล้ง
3	2520	เกิดภัยแล้งในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกลางเดือนสิงหาคม พื้นที่ที่ประสบภัยเกือบทั่วประเทศ
4	2522	เป็นปีที่เกิดฝนแล้งรุนแรง โดยมีรายงานว่าเกิดภัยแล้งในช่วงครึ่งหลังของเดือนกรกฎาคม และช่วงปลายเดือนสิงหาคมต่อเนื่องถึงสัปดาห์ที่ 3 ของเดือนกันยายน เนื่องจากปริมาณฝนตกลงมามีน้อยมาก ทำความเสียหายและมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะด้านเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมรวมทั้งการผลิตไฟฟ้า นอกจากนั้นยังกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชนในประเทศเพราะขาดน้ำกิน น้ำใช้ บริเวณที่แล้งจัดนั้นมีบริเวณกว้างที่สุดคือ ภาคเหนือต่อภาคกลางทั้งหมด ทางตอนบนและด้านตะวันตก ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน

ที่	ปี พ.ศ.	ปัญหาภัยแล้ง
5	2529	มีรายงานความเสียหายจากสำนักเลขาธิการป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน กระทรวงมหาดไทยว่า บริเวณที่ประสบภัยมีถึง 41 จังหวัด ซึ่งภัยแล้งในปีนี้เกิดจากภาวะฝนทิ้งช่วงที่ปรากฏ ชัดเจน เป็นเวลาหลายวัน คือช่วงปลายเดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนมิถุนายน ช่วงปลายเดือน มิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม ช่วงครึ่งหลังของเดือนกันยายนและช่วงครึ่งแรกของเดือนตุลาคม
6	2530	เป็นปีที่ประสบภัยแล้งหนักอีกครั้งหนึ่งหลังจากที่ประสบมาแล้วจากปี พ.ศ. 2529 โดย พื้นที่ที่ประสบภัยเป็นบริเวณกว้างใน เกือบทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และทวีความรุนแรงมากขึ้นในช่วงตอนกลางฤดูฝน
7	2533	มีฝนตกน้อยมากในเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายนทั่วประเทศ พื้นที่ทางการเกษตรที่ประสบ ปัญหาภัยแล้งส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้
8	2534	เป็นปีที่ปริมาณฝนสะสมมีน้อยตั้งแต่ต้นฤดูฝน เนื่องจากมีฝนตกในภาคเหนือ ภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง น้อยมาก อีกทั้งระดับน้ำในเขื่อนและอ่างเก็บน้ำต่างๆ อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าปกติมาก กรมชลประทานไม่สามารถที่จะระบายน้ำลงมาช่วงเกษตรกรรมที่ อยู่ได้เต็มที่ ทำให้เกิดภาวะการขาดแคลนน้ำขึ้น ในหลายพื้นที่บริเวณภาคเหนือตอนล่าง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันตก
9	2535	มีรายงานว่าเกิดภัยแล้งขึ้นในช่วงเดือนมีนาคมต่อเนื่องถึงเดือนมิถุนายนจากภาวะที่มีฝนตก ในช่วงฤดูร้อนน้อย และมีภาวะฝนทิ้งช่วงปลายเดือนมิถุนายนต่อเนื่องต้นเดือนกรกฎาคม โดยพื้นที่ที่ประสบภัยแล้งส่วนใหญ่อยู่ใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ และ ภาคเหนือ ตามลำดับ
10	2536	มีรายงานว่าเกิดภัยแล้ง ในช่วงเดือนมีนาคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม และในช่วงกลางเดือน มิถุนายน เนื่องจากเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงตั้งแต่ประมาณกลางเดือนมิถุนายนถึงต้นเดือน กรกฎาคม นอกจากนั้นในช่วงปลายฤดูเพาะปลูก ฝนหมดเร็วกว่าปกติ โดยพื้นที่ที่ประสบภัย ส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ ตามลำดับ

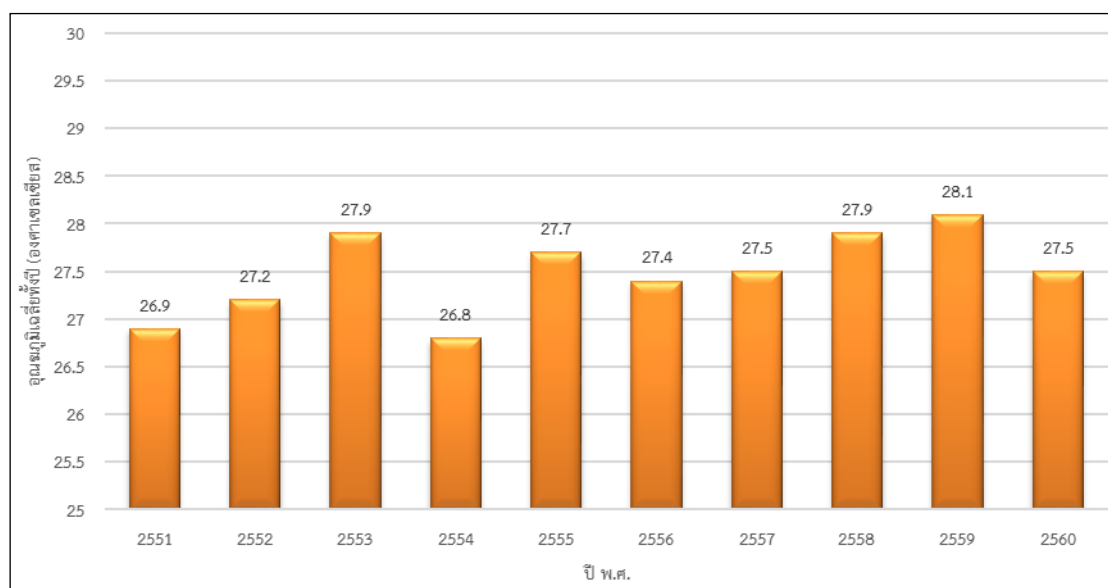
ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป

3) ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของประเทศไทย พ.ศ. 2551 - 2560 โดยใน พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีสูงกว่าค่าปกติ 0.4 องศาเซลเซียส หรือ 27.5 องศาเซลเซียส ต่ำกว่า พ.ศ. 2559 ซึ่งมี อุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าปกติ 1.0 องศาเซลเซียส หรือ 28.1 องศาเซลเซียส เนื่องจาก มีปริมาณฝนตกนอกฤดูมาก ผิดปกติส่งผลให้ประเทศไทยมีอุณหภูมิต่ำลงจนมีอากาศหนาวเป็นช่วงๆ ส่วนมาก ในเดือนธันวาคมและ มกราคม ส่วนช่วงฤดูร้อนเริ่มต้นช้ากว่าปกติประมาณ 2 สัปดาห์ โดยเริ่มต้นเมื่อวันที่ 3 มีนาคม ถึงสิ้นสุด กลางเดือนพฤษภาคม ทำให้ตลอดทั้งฤดูร้อน ในปี พ.ศ. 2560 อากาศไม่ร้อนมากนักและมีอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง เดือนเมษายนต่ำกว่าค่าปกติในเกือบทุกภาค ในขณะที่ ในฤดูฝนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติเกือบตลอดฤดู เมื่อพิจารณาในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2551 - 2560) พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของไทยมีแนวโน้มสูงขึ้น (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2561) โดยรายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 3.2.4-3 และรูปที่ 3.2.4-1

ตารางที่ 3.2.4-3 อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของประเทศไทย (หน่วย: องศาเซลเซียส)

เดือน	ปี พ.ศ.									
	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
มกราคม	24.9	23.2	25.9	24.1	25.4	25.3	23.1	24.0	25.3	25.7
กุมภาพันธ์	25.3	27.1	27.6	26.4	27.0	27.6	26.1	26.1	25.7	26.2
มีนาคม	27.9	28.0	28.9	26.0	28.3	28.8	28.7	28.8	29.3	28.5
เมษายน	29.0	29.1	30.8	28.3	29.4	30.0	29.7	29.5	31.7	29.3
พฤษภาคม	27.9	28.4	30.6	28.4	28.9	29.7	29.8	30.2	30.6	28.9
มิถุนายน	28.1	28.4	29.5	28.3	28.5	28.5	29.0	29.5	29.8	28.7
กรกฎาคม	27.7	27.9	28.5	27.9	27.9	27.8	28.3	28.6	28.1	27.8
สิงหาคม	27.7	28.2	27.7	27.5	27.8	27.7	27.9	28.2	28.4	28.2
กันยายน	27.4	27.8	27.8	27.4	27.5	27.4	27.8	28.0	27.8	28.2
ตุลาคม	27.4	27.5	26.9	27	27.6	26.9	27.3	27.4	27.7	27.5
พฤศจิกายน	25.4	26.0	25.9	26.4	27.5	26.7	26.9	27.6	27.1	26.5
ธันวาคม	23.6	25.2	25.1	24.2	26.4	22.8	25.1	26.3	25.5	24.7
เฉลี่ยทั้งปี	26.9	27.2	27.9	26.8	27.7	27.4	27.5	27.9	28.1	27.5
ผลต่างจากค่าปกติ	-0.2	0.1	0.8	-0.3	0.6	0.3	0.4	0.8	1.0	0.4

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป



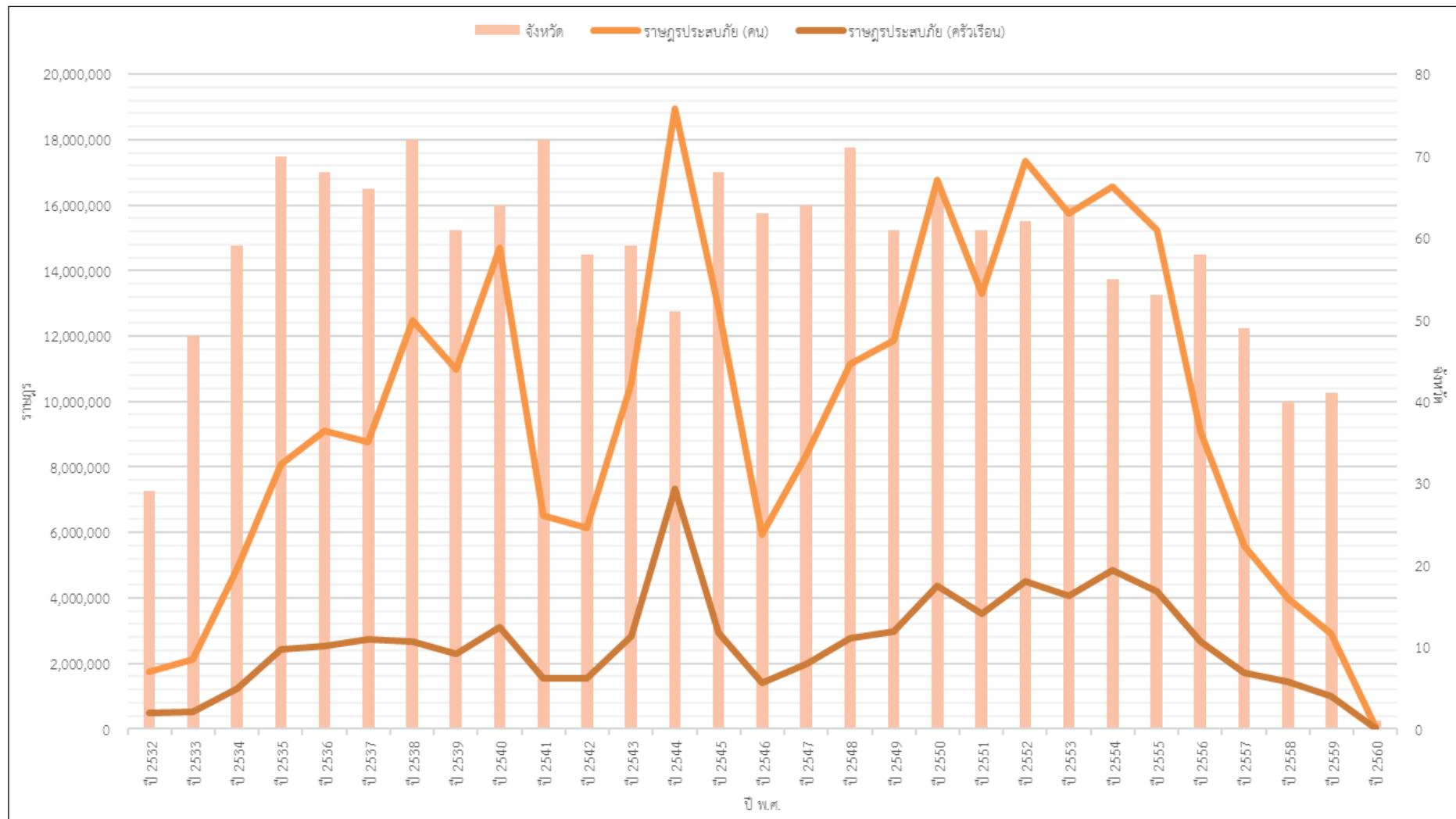
รูปที่ 3.2.4-1 อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของประเทศไทย (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป)

4) สถานการณ์ภัยแล้งของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2532 – 2560 จากตารางที่ 3.2.4-4 และรูปที่ 3.2.4-2 – 3.2.4-3 แสดงถึงข้อมูลสถิติของพื้นที่ มูลค่าความเสียหาย และการให้ความช่วยเหลือ ในสถานการณ์ภัยแล้ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 ถึง 2560 ที่ได้สำรวจข้อมูลจากกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2560)

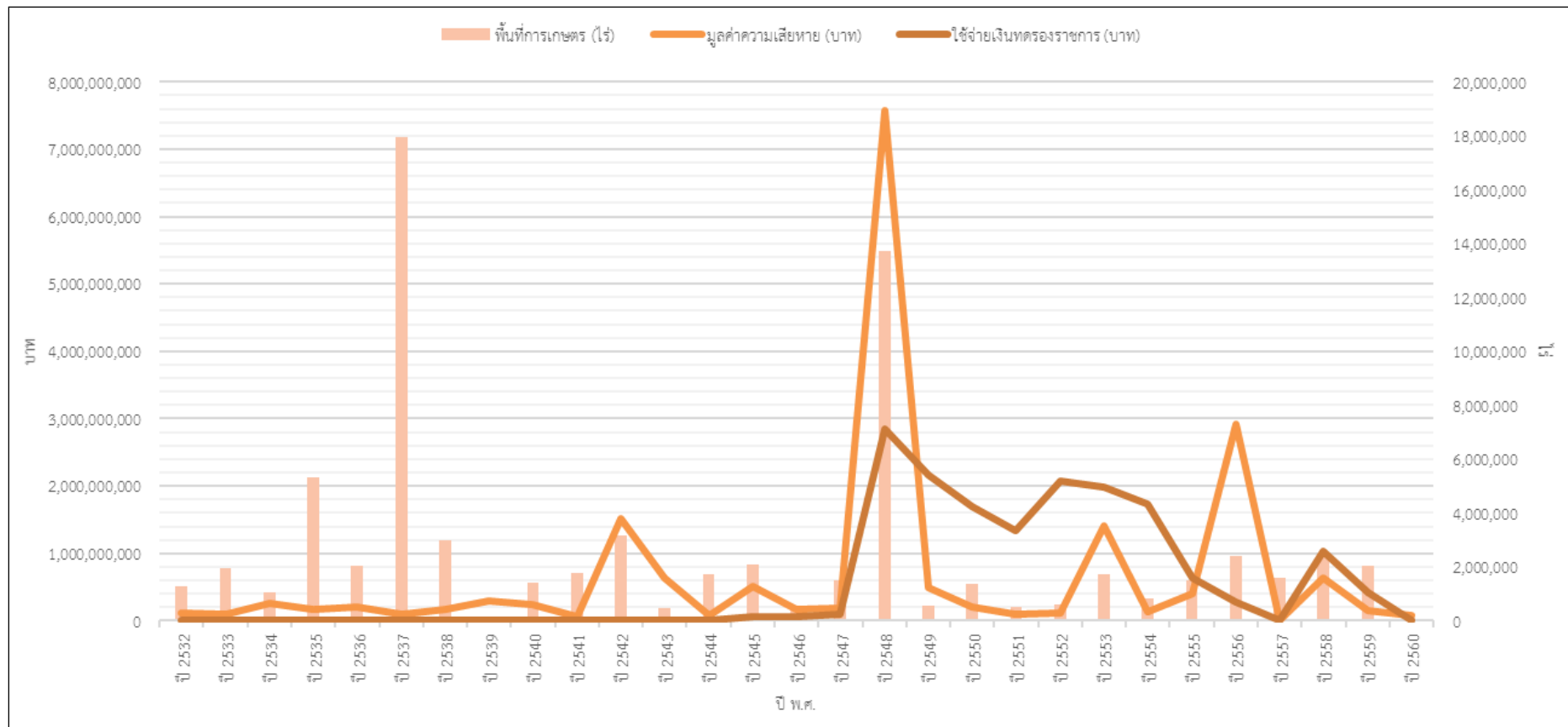
ตารางที่ 3.2.4-4 สถานการณ์ภัยแล้งของประเทศไทยในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2532 – 2560

ปี พ.ศ.	สถานการณ์ภัยแล้ง													
	พื้นที่ประสบภัย					ความเสียหายที่สำรวจพบ					การให้ความช่วยเหลือ			
	จังหวัด	อำเภอ	กิ่ง อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	ราษฎร ประสบภัย (คน)	ราษฎร ประสบภัย (ครัวเรือน)	พื้นที่ การเกษตร (ไร่)	ปศุสัตว์ (ตัว)	มูลค่าความเสียหาย (บาท)	รถบรรทุก น้ำ (คัน)	เครื่องสูบน้ำ (เครื่อง)	แจกจ่ายน้ำอุปโภค บริโภค (ลิตร)	ใช้จ่ายเงินอุดหนุน ราชการ (บาท)
2532	29	222	35	1,517	6,628	1,760,192	496,062	1,294,240	197	121,966,702	987	890	856,400,500	-
2533	48	253	51	1,490	7,234	2,107,100	536,550	1,970,703	872	92,170,601	814	1,025	756,200,500	-
2534	59	479	38	2,120	12,192	4,926,177	1,221,416	1,037,271	290	262,170,159	1,120	760	1,265,500,320	-
2535	70	676	43	2,410	25,766	8,100,916	2,430,663	5,334,471	417	176,180,163	967	1,002	758,600,320	-
2536	68	650	48	1,970	24,176	9,107,675	2,533,194	2,040,443	726	198,760,140	1,401	860	859,682,500	-
2537	66	645	40	2,360	29,191	8,763,014	2,736,643	17,923,817	510	98,762,160	1,207	930	1,145,600,300	-
2538	72	671	46	5,020	26,354	12,482,502	2,661,678	3,001,437	462	177,620,420	986	1,120	560,456,890	-
2539	61	588	44	4,125	21,067	10,967,930	2,277,787	101,900	573	289,164,000	1,187	920	2,350,400,600	-
2540	64	657	45	4,924	25,426	14,678,373	3,094,280	1,431,296	197	249,160,170	1,241	760	1,256,980,200	-
2541	72	698	52	4,170	18,902	6,510,111	1,531,295	1,789,285	1,107	69,170,111	1,450	2,560	2,865,045,000	-
2542	58	568	42	3,197	16,170	6,127,165	1,546,107	3,144,932	980	1,520,500,651	1,401	1,630	1,658,900,200	-
2543	59	584	49	3,754	20,593	10,561,526	2,830,297	472,700	2,071	641,712,873	834	801	856,950,200	-
2544	51	571	48	4,968	24,176	18,933,905	7,334,816	1,712,691	192	71,962,973	976	763	826,177,250	-
2545	68	640	69	4,489	25,299	12,841,110	2,939,139	2,071,560	-	508,781,944	1,099	1,123	1,003,290,289	65,128,084
2546	63	373	39	2,288	12,904	5,939,282	1,399,936	484,189	-	174,329,410	863	765	488,326,610	54,147,210
2547	64	446	43	2,936	19,027	8,388,728	1,970,516	1,480,209	-	190,668,884	989	850	832,381,994	99,838,323
2548	71	682	74	5,244	44,519	11,147,627	2,768,919	13,736,660	-	7,565,861,139	2,509	8,837	3,439,029,169	2,843,523,311
2549	61	524	58	3,709	31,115	11,862,358	2,960,824	578,753	-	495,275,738	1,445	941	1,029,765,802	2,159,136,346
2550	66	669	-	4,344	34,874	16,754,980	4,378,225	1,350,118	-	198,304,732	2,637	2,923	970,786,964	1,697,767,851
2551	61	660	-	4,306	38,170	13,298,895	3,531,570	524,999	-	103,900,841	1,882	883	797,526,730	1,344,600,348
2552	62	668	-	4,829	47,048	17,353,358	4,500,861	594,434	-	108,346,716	3,246	862	956,475,951	2,081,900,440
2553	64	684	-	4,842	45,958	15,740,824	4,077,411	1,716,853	-	1,415,223,466	2,765	1,108	837,854,815	1,985,558,249

ที่มา: กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2562)



รูปที่ 3.2.4-2 จำนวนจังหวัดและจำนวนราษฎรที่ประสบภัยแล้ง



รูปที่ 3.2.4-3 จำนวนใช้จ่ายเงินทดรองราชการ มูลค่าความเสียหาย และความเสียหายของพื้นที่การเกษตรที่ประสบภัยแล้ง

4) ร้อยละของประชากรของจังหวัดในประเทศไทยที่ประสบภัยแล้ง (%) ปี พ.ศ. 2555-2560 ตารางที่ 3.2.4-5 และรูปที่ 3.2.4-4 แสดงให้เห็นถึงจำนวนประชากรที่ประสบภัยแล้งในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 - 2560 จะเห็นว่าจังหวัดที่ประสบภัยแล้งสูงที่สุด คือ จังหวัดตราดในปี พ.ศ. 2559 เนื่องจาก สถานการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นตึงช่วงนานส่งผลให้แหล่งน้ำในอ่างเก็บน้ำเหลือไม่เพียงพอต่อการอุปโภคบริโภค อีกทั้งจากการที่เกษตรกรได้ปรับเปลี่ยนการทำการเกษตรจากการปลูกยางพาราเปลี่ยนมาปลูกผลไม้โดยเฉพาะทุเรียนจำนวนมาก ส่งผลให้มีความต้องการใช้น้ำในระยะที่กำลังออกดอกผลซึ่งมีความต้องการใช้น้ำมากกว่าปกติ (มติชน, 2562) ทั้งนี้จังหวัดตราดมีปริมาณฝนเฉลี่ย 4,000 – 5,000 ลบ.ม. (ลูกบาศก์เมตร) ต่อปี นับว่ามีปริมาณฝนสูงปริมาณน้ำในแม่น้ำลำคลองมีน้ำไหลตลอดปี แต่จะมีปัญหาน้ำเค็มในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากน้ำทะเลเข้ามายังแม่น้ำลำคลอง ทำให้ไม่สามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรและอุปโภคบริโภคได้ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี, ม.ป.ป)

ตารางที่ 3.2.4-5 ร้อยละของประชากรของจังหวัดในประเทศไทยที่ประสบภัยแล้ง

ที่	จังหวัด	ปี พ.ศ.					
		2555	2556	2557	2558	2559	2560
1	กรุงเทพมหานคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	สมุทรปราการ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	นนทบุรี	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	ปทุมธานี	0.00	8.07	20.08	0.00	0.00	0.00
5	นครปฐม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	สมุทรสาคร	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	พระนครศรีอยุธยา	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	อ่างทอง	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	ลพบุรี	0.00	0.00	0.00	1.38	0.00	0.00
10	สิงห์บุรี	0.00	0.00	3.1	0.00	0.00	0.00
11	ชัยนาท	18.69	5.91	16.6	10.98	14.23	0.00
12	สระบุรี	0.84	0.01	1.69	25.25	13.26	0.00
13	ราชบุรี	1.52	0.00	0.00	1.58	0.00	0.00
14	กาญจนบุรี	21.69	0.00	8.91	3.88	15.61	0.00
15	สุพรรณบุรี	8.95	6.08	8.08	0.03	0.00	0.00
16	สมุทรสงคราม	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	เพชรบุรี	38.08	18.05	6.37	8.04	8.35	0.00
18	ประจวบคีรีขันธ์	50.06	11.22	0.00	10.64	26.82	0.00
19	ชลบุรี	0.45	0.35	0.34	0.33	0.32	0.00
20	ระยอง	0.00	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00
21	จันทบุรี	45.32	24.37	22.93	38.5	31.66	0.00
22	ตราด	62.52	0.00	0.00	0.00	96.55	0.00
23	ฉะเชิงเทรา	20.32	0.08	1.79	0.00	0.00	0.00
24	ปราจีนบุรี	8.79	0.00	0.00	7.69	0.00	0.00
25	นครนายก	25.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	สระแก้ว	52.82	18.31	69.9	41.85	28.98	2.24
27	เชียงใหม่	29.04	19.85	32.32	31.81	16.45	0.00
28	ลำพูน	37.3	24.36	33.09	0.00	0.00	0.00
29	ลำปาง	30.22	9.25	0.00	1.48	4.72	0.00
30	อุตรดิตถ์	20.32	29.46	34.95	32.66	28.86	0.00
31	แพร่	39.77	0.58	6.7	18.56	0.00	0.00
32	น่าน	51.86	30.12	30.09	7.7	0.00	0.00

ที่	จังหวัด	ปี พ.ศ.					
		2555	2556	2557	2558	2559	2560
33	พะเยา	80.38	33.24	0.00	0.00	0.73	0.00
34	เชียงราย	33.34	13.07	0.00	0.00	0.00	0.00
35	แม่ฮ่องสอน	46.72	28.8	44.49	8.91	35.99	0.00
36	นครสวรรค์	20.92	14.16	0.52	11.12	4.66	0.00
37	อุทัยธานี	45.42	24.07	15.17	0.00	0.00	0.00
38	กำแพงเพชร	8.96	8.53	0.00	9.47	0.39	0.00
39	ตาก	41.79	28.12	18.66	42.47	23.58	0.00
40	สุโขทัย	35.59	26.53	0.00	0.09	8.61	0.00
41	พิษณุโลก	14.00	0.41	1.55	16.1	1.04	0.00
42	พิจิตร	7.52	11.1	1.19	3.54	2.79	0.00
43	เพชรบูรณ์	43.59	35.18	30.58	0.00	0.00	0.00
44	นครราชสีมา	34.95	27.28	0.1	17.84	4.77	0.00
45	บุรีรัมย์	57.07	34.99	18.29	2.93	0.14	0.00
46	สุรินทร์	75.21	31.59	0.00	0.6	9.24	0.00
47	ศรีสะเกษ	48.09	44.11	10.71	0.00	0.00	0.00
48	อุบลราชธานี	47.05	2.38	0.00	0.00	0.00	0.00
49	ยโสธร	62.2	14.97	0.00	0.00	0.00	0.00
50	ชัยภูมิ	17.46	0.00	45.47	5.19	0.00	0.00
51	อำนาจเจริญ	61.61	46.89	23.05	33.24	0.00	0.00
52	บึงกาฬ	47.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
53	หนองบัวลำภู	39.21	39.07	36.83	1.31	9.95	0.00
54	ขอนแก่น	55.62	48.3	31.25	21.09	17.45	0.00
55	อุดรธานี	54.01	8.9	1.15	0.00	0.00	0.00
56	เลย	45.08	42.11	0.00	0.00	0.00	0.00
57	หนองคาย	36.93	30.78	19.32	0.00	0.00	0.00
58	มหาสารคาม	51.58	43.99	71.46	0.42	13.62	0.00
59	ร้อยเอ็ด	0.00	59.37	0.00	0.00	0.00	0.00
60	กาฬสินธุ์	59.43	40.38	0.00	2.06	0.00	0.00
61	สกลนคร	35.81	0.00	0.00	6.32	0.00	0.00
62	นครพนม	40.66	7.5	0.00	0.00	1.19	0.00
63	มุกดาหาร	43.96	29.67	0.00	0.00	0.00	0.00
64	นครศรีธรรมราช	0.00	0.07	9.41	17.03	14.04	0.00
65	กระบี่	0.00	3.23	19.00	0.00	2.10	0.00
66	พังงา	0.00	0.00	0.00	7.99	3.01	0.00
67	ภูเก็ต	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
68	สุราษฎร์ธานี	0.00	15.36	4.80	0.00	0.39	0.00
69	ระนอง	0.00	31.62	0.00	0.00	0.00	0.00
70	ชุมพร	0.00	0.00	22.39	0.00	0.00	0.00
71	สงขลา	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00
72	สตูล	0.00	0.16	12.59	3.87	9.30	0.00
73	ตรัง	0.00	13.74	17.57	31.65	21.71	0.00
74	พัทลุง	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75	ปัตตานี	0.00	0.00	0.68	0.00	0.00	0.00
76	ยะลา	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
77	นราธิวาส	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ที่มา: กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2562)



3.2.5 ดัชนีความแห้งแล้ง

ความแห้งแล้งในประเทศไทย ส่วนใหญ่เกิดจากฝนแล้ง ฝนทิ้งช่วง และฝนที่ไม่ตกต้องตามฤดูกาล ความรุนแรงของความแห้งแล้งขึ้นอยู่กับ ปริมาณฝน ปริมาณน้ำที่เก็บกักที่ผิวดินและใต้ดิน ความชื้นในอากาศ ความชื้นของดิน ระยะเวลาและความกว้างใหญ่ของพื้นที่ที่เกิดความแห้งแล้ง ความแห้งแล้งมีผลมาจากการที่ได้รับปริมาณฝนไม่เพียงพอต่อความต้องการ ส่งผลให้เกิดความขาดแคลนน้ำเพื่อการบริโภคและอุปโภค พืชและสัตว์ต่างๆ เกิดการขาดน้ำ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตที่ไม่เป็นไปตามปกติและทำให้ผลผลิตลดลง

การลดการสูญเสียจากภาวะความแห้งแล้งวิธีการอย่างหนึ่ง คือ การติดตามและประเมินระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งที่เกิดขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนเพื่อรับมือและบรรเทาความแห้งแล้งที่เกิดขึ้น โดยวิธีการที่นิยมใช้ สำหรับการติดตามความแห้งแล้งคือ การใช้ดัชนีความแห้งแล้ง (Drought index) และเทคนิคสำรวจระยะไกล (Remote sensing) ซึ่งเป็นลักษณะทางกายภาพที่สามารถทำการตรวจวัดและเก็บบันทึกข้อมูลใช้สำหรับวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ต่อการเกิดความแห้งแล้ง จากความผิดปกติของความเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในรูปแบบของความรุนแรง (Intensity) ระยะเวลา (Duration) และขอบเขตเชิงพื้นที่ (Spatial extent)

3.2.6 ประเภทของดัชนีความแห้งแล้ง

ดัชนีเป็นตัวบ่งชี้เรื่องราวเพื่อให้เกิดความชัดเจนในขนาดและทิศทางที่ง่ายต่อการเข้าใจว่าการพิจารณาที่ค่าในหน่วยวัดของเรื่องนั้นๆ ค่าทางสถิติที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะของการเปลี่ยนแปลงในสิ่งที่ต้องการศึกษาและทิศทางที่ง่ายต่อการเข้าใจว่าการพิจารณาในหน่วยวัดเรื่องนั้นๆ ดัชนีความแห้งแล้ง (Drought index) ก็คือตัวบ่งชี้ความแห้งแล้งของพื้นที่หนึ่งๆ ที่ใช้แทนค่าของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแห้งแล้งของพื้นที่ การติดตามความแห้งแล้งด้วยดัชนีความแห้งแล้ง มีอยู่ด้วยกัน 3 ประเภท ได้แก่ (อภิรัฐ ปิ่นทอง และบัญชา ขวัญยืน, 2559)

1) ดัชนีความแห้งแล้งประเภทเดียว (Single index) เป็นการติดตามแบบรายเดือน ด้วยดัชนีความแห้งแล้ง Rainfall Deciles ซึ่งพิจารณาจากฝนเพียงอย่างเดียว โดยมีประเทศที่ใช้ติดตาม ได้แก่ ประเทศออสเตรเลีย

2) ดัชนีความแห้งแล้งประเภทเดียวหลายตัว (Multiple Indices) เป็นการใช้นิยามความแห้งแล้งประเภทเดียวหลายตัวร่วมกันในช่วงเวลาที่ต่างกัน โดยใช้ดัชนีความแห้งแล้ง Aridity Anomaly Index (AAI) ติดตามแบบหลายสัปดาห์ และดัชนีความแห้งแล้ง Standardized Precipitation Index (SPI) ติดตามแบบหลายเดือน โดยมีประเทศที่ใช้ติดตาม ได้แก่ ประเทศอินเดีย

3) ดัชนีความแห้งแล้งรวม (Composite Indices) ส่วนใหญ่ใช้ติดตามความแห้งแล้งและเดือนความเสียหายจากการเกษตร เป็นการนำดัชนีความแห้งแล้งประเภทเดียวหลายตัวมาหาค่าถ่วงน้ำหนักและค่าความเสี่ยงของแต่ละดัชนีมีการแบ่งเกณฑ์ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้ง โดยมีประเทศที่ใช้ติดตาม ได้แก่ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน หน่วยงานองค์การอาหารและเกษตรของสหประชาชาติ (FAO) ในประเทศโซมาเลีย และประเทศสหรัฐอเมริกา

3.2.7 ลักษณะของดัชนีความแห้งแล้ง

ดัชนีความแห้งแล้ง คือ ดัชนีที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยที่มีผลกระทบสะสมเกิดขึ้นเป็นระยะเวลานานและมีความผิดปกติของความชื้นที่ลดลง จากการพิจารณาดัชนีความแห้งแล้งที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันอยู่ในกลุ่มเดียวกันสามารถจัดกลุ่มได้ทั้งสิ้น 4 กลุ่ม ได้แก่

1) ดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา

- ดัชนีที่เกิดจากความผิดปกติของปริมาณฝน (Precipitation anomaly) รูปแบบความแห้งแล้งมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝนซึ่งอาจเป็น 3-4 สัปดาห์ถึงหลายๆ ปี ความแห้งแล้งจากดัชนีความแห้งแล้งที่ง่ายที่สุดคือการคำนวณค่าเบี่ยงเบนโดยเปรียบเทียบจากค่าปกติเพื่อการเปรียบเทียบที่ดีกว่า
- ความแห้งแล้งบรรยากาศ (Atmospheric drought) เป็นมาตรฐานของช่วงเวลาแห้งแล้งที่ความชื้นในบรรยากาศมีปริมาณน้อยขาดแคลนไอน้ำที่ทำให้ไอน้ำตามปกติ เช่น บางช่วงเวลากการวิเคราะห์ปกติจะสั้นกว่า 1 เดือนบางครั้งไม่กี่วัน
- ดัชนีที่มีคุณสมบัติเกี่ยวกับภูมิอากาศ เป็นดัชนีที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ในการเกษตร สามารถคำนวณได้โดยการประยุกต์หรือเลือกค่าที่ใกล้เคียงจากการกระจายของการประมาณค่ามาตรฐานของศักยภาพการระเหย วิธีง่ายที่สุดคือการประมาณค่าการระเหยโดยใช้อุณหภูมิชนิดเดียวหรืออุณหภูมิรวมและ Degree day

2) ดัชนีความชื้นในดิน (Soil moisture index) ใช้ตรวจวัดหรือคำนวณข้อมูลความชื้นในดิน

3) ดัชนีความแห้งแล้งทางอุทกวิทยา เป็นดัชนีที่เกิดจากปริมาณน้ำท่า (น้ำในแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง และอ่างเก็บน้ำต่างๆ) มีน้อยกว่าระดับปกติหรือระดับน้ำใต้ดินลดลง เกิดต่อเนื่องมาจากความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา (meteorological drought) ที่เป็นภาวะการทิ้งช่วงของฝนที่ยาวนานในระยะหนึ่ง จนระบบลุ่มน้ำขาดแคลนปริมาณน้ำในดินตามไปด้วย

4) ดัชนีความแห้งแล้งจากการสำรวจระยะไกล (Indices based on Remotely sensed information) การสะท้อนกลับเงาของพืชมีความแตกต่างกันจากแร่ธาตุที่อยู่ในดินเป็นส่วนใหญ่ หาได้จากการดูดกลืนของคลอโรฟิลล์ที่ช่วงคลื่นสีน้ำเงินและแดง ที่ใกล้เคียงกับอินฟราเรดรังสีจะถูกกระจายออกไปจากใบพืชซึ่งพืชมีการสะท้อนกลับที่ต่ำในช่วงคลื่น Visible ที่มากที่สุด เมื่อพืชมีความเครียดเมื่อขาดน้ำการดูดกลืนคลอโรฟิลล์น้อยลงและมีอัตราส่วนของอินฟราเรดสีแดงหรือการสะท้อนของ Visible ลดลง อัตราส่วนนี้เรียกว่าดัชนีพืช

3.2.8 ดัชนีความแห้งแล้งที่เหมาะสมกับประเทศไทย

การศึกษาตัวบ่งชี้หรือดัชนีที่ใช้ติดตามความแห้งแล้งที่เหมาะสมกับประเทศไทยนั้น ต้องมีความเข้าใจในพื้นฐานของการเลือกดัชนีในเบื้องต้นก่อนว่า ไม่มีดัชนีหรือตัวบ่งชี้ใดเพียงตัวเดียวที่สามารถนำไปใช้กับความแห้งแล้งทุกประเภท ทุกระบบภูมิอากาศหรือทุกภูมิภาคที่ได้รับผลกระทบภัยแล้งได้ ดังนั้น จากการศึกษาได้พบว่า ตัวบ่งชี้หรือดัชนีที่ง่ายที่สุด คือ ตัวบ่งชี้ที่ใช้ได้โดยทั่วไป เป็นตัวบ่งชี้ที่ถูกสร้างขึ้นมาใช้มานานแล้วและใช้อย่างอิสระ แต่ไม่ได้หมายความว่าดัชนีที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดของประเทศไทย โดยการเลือกดัชนีมาใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งานในการประเมินสภาพความแห้งแล้งและความเหมาะสมในแต่ละระดับพื้นที่ ได้แก่ ระดับชาติ ระดับภาคหรือระดับท้องถิ่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถิติหรือข้อมูลนำเข้าที่นำมาใช้ประกอบกันเพื่อบ่งชี้ระดับความแห้งแล้งของพื้นที่นั้นๆ อีกด้วย

ดังนั้นจึงเป็นการดีที่ต้องมีการวิเคราะห์อย่างละเอียดและการวิจัยเพื่อตรวจสอบว่าตัวชี้วัดใดทำงานได้ดีที่สุดในสภาพภูมิอากาศและสภาพทางภูมิศาสตร์ในแต่ละพื้นที่ โดยการวิจัยจะต้องมีการพิจารณาว่าตัวชี้วัดมีความเกี่ยวข้องกับฤดูกาลและสภาพความแห้งแล้งนั้นๆ มากที่สุด ผลกระทบที่เกิดขึ้นบนพื้นดินสามารถระบุตัวชี้วัดหรือดัชนี การให้ค่าความสำคัญในการพิจารณา ที่อาจเกี่ยวข้องกับการตอบสนองสภาวะแห้งแล้งหรือคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งเพื่อการดำเนินการบรรเทาภัยแล้งได้ โดยเกณฑ์หลักๆ ที่ควรนำมาพิจารณาการเลือกใช้ดัชนีเพื่อติดตามความแห้งแล้งของแต่ละพื้นที่ ได้แก่

- 1) เป็นตัวชี้วัดหรือดัชนีในระดับความรุนแรงต่างๆ ที่ตอบสนองและสะท้อนผลกระทบที่เกิดขึ้นบนพื้นดินในตำแหน่ง พื้นที่ หรือภูมิภาคที่กำหนดหรือไม่
- 2) เป็นตัวชี้วัดหรือดัชนีที่มีความอ่อนไหวต่อสภาพอากาศในเชิงพื้นที่และเวลา ในการพิจารณาการเริ่มต้นและสิ้นสุดของสภาพความแห้งแล้งหรือไม่
- 3) ในการวัดผลของตัวชี้วัดหรือดัชนีได้ค่าผลลัพธ์ที่เสถียรหรือไม่ กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ มีการบันทึกข้อมูลเป็นเวลานานจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ เป็นข้อมูลสถิติที่เพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำของผลลัพธ์ในอดีต หรือมีข้อมูลย้อนหลังในประวัติศาสตร์
- 4) เป็นตัวชี้วัดหรือดัชนีที่ใช้งานง่าย ทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจง่ายและไม่เสียทรัพยากรเวลามากขึ้น

ในการศึกษาดัชนีความแห้งแล้งได้แบ่งกลุ่มของดัชนีภัยแล้งประเภทต่างๆ ตามที่กล่าวข้างต้น โดยลักษณะของดัชนีและปัจจัยที่นำมาใช้พิจารณา มีรายละเอียด ดังนี้

3.2.9 ดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา

- 1) ดัชนีความแห้งแล้งที่ผิดปกติทางด้านเกษตรกรรม Aridity Anomaly Index (AI) ใช้การคำนวณจากค่าของอัตราส่วนของผลต่างของค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำของพืช (Potential Evapotranspiration) กับค่าของการระเหยจริง (Actual Evapotranspiration) ต่อค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำของพืช (World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016) โดยมีรายละเอียดของเกณฑ์การวัดความแห้งแล้งด้วยดัชนี AI แสดงได้ดังตารางที่ 3.2.9-1

ตารางที่ 3.2.9-1 เกณฑ์การวัดความแห้งแล้งด้วยดัชนี AI

ดัชนี AI	ระดับความรุนแรง
มีค่าตั้งแต่ 0 ลงไป	ไม่แล้ง (Non arid)
1 – 25	แล้งเล็กน้อย (Mild arid)
26 – 50	แล้งปานกลาง (Moderate arid)
มากกว่า 50 ขึ้นไป	แล้งรุนแรง (Severe arid)

ที่มา: อภิวัฒน์ ก้อนทอง และ ปานวิทย์ ฐะนุต (2559)

ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วย ข้อมูลรายวันของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็ว ลม และความยาวนานแสงแดด โดยจะนำไปคำนวณหาค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำของพืชและค่าของการระเหยจริง

2) ดัชนีความแห้งแล้ง Keetch-Byram Drought Index (KBDI) เป็นดัชนีที่บอกถึงระดับของการขาดแคลนความชื้นในดิน โดยมีการนำไปใช้ในการตรวจจับกับพื้นที่เสี่ยงการเกิดไฟไหม้ KBDI จะตรวจสอบจากค่าของความชื้นในดินชั้นบนและดินชั้นกลางที่อยู่ลึกลงไป ทำให้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายเพราะสามารถใช้ในการระบุพื้นที่ที่ได้รับความแห้งแล้งได้ง่าย การคำนวณ KBDI จะมีค่าอยู่ที่ 0 – 800 แทนการบอกสถานะของการขาดแคลนความชุ่มชื้น โดยที่ 0 คือ ไม่มีการขาดแคลนความชุ่มชื้นเลย และ 800 คือ มีการขาดแคลนความชุ่มชื้นมากที่สุดที่เป็นไปได้ จากนั้นจึงได้มีการนำผลลัพธ์ของ KBDI ไปแสดงความสัมพันธ์กับการเกิดไฟไหม้ดังแสดงในตารางที่ 3.2.9-2

ตารางที่ 3.2.9-2 ค่าความสัมพันธ์กับโอกาสในการเกิดไฟไหม้ด้วยดัชนี KBDI

ดัชนี KBDI	โอกาสเกิดไฟไหม้
0 – 200	น้อย (Low)
200 – 400	ปานกลาง (Moderate)
400 – 600	สูง (High)
600 – 800	สูงมาก (Very high)

ที่มา: อภิวัฒน์ ก้อนทอง และ ปานวิทย์ ฐะนุต (2559)

ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุดประจำวัน ปริมาณฝนรายวัน ปริมาณฝนเฉลี่ยประจำปี

3) ดัชนีร้อยละของปริมาณฝนปกติ (Percent of Normal Precipitation, PN) เป็นดัชนีภัยแล้งตัวหนึ่งที่ประเมินได้ง่ายที่สุด โดยใช้หลักการในการแสดงเปอร์เซ็นต์ของความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณฝนในช่วงเวลาที่ต้องการ และเนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย จึงสามารถอธิบายให้เข้าใจได้โดยง่าย ทำให้เหมาะกับการประกอบการรายงานข้อมูลข่าวสารการพยากรณ์อากาศ หรือการอธิบายให้คนทั่วไปเข้าใจได้โดยง่าย และยังสามารถใช้เปรียบเทียบเฉพาะในพื้นที่เดียวกันได้เป็นอย่างดี สำหรับข้อเสียที่สำคัญคือมีโอกาสเกิดความเข้าใจผิดในข้อมูลได้ เนื่องจากการกระจายตัวของปริมาณฝนสูงสุดไม่ได้เป็นโค้งปกติ ดังนั้นค่าเฉลี่ยจึงไม่เท่ากับมัธยฐาน เป็นผลให้การประเมินภาวะภัยแล้งเกิดการผิดพลาดได้โดยง่าย (นุชนารถ ศรีวงศ์ตานนท์, 2558) ในส่วนของปัจจัยที่พิจารณาจะประกอบด้วยค่าปริมาณฝนรายเดือนและข้อมูลความชื้นในดิน

4) ดัชนีปริมาณฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index, SPI) ถูกพัฒนาโดย McKee และคณะ (1993) ซึ่งพัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในการกำหนดและเฝ้าดูสภาวะภัยแล้ง SPI นับว่าเป็นดัชนีที่มีการนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น Colorado Climate Center, the Western Regional Center และ National Drought Mitigation Center เป็นต้น ในทางปฏิบัติแล้ว SPI จะใช้ในการวิเคราะห์กับเหตุการณ์ที่นานๆ จะเกิดขึ้นครั้งหนึ่ง เป็นดัชนีที่คำนวณมาจากปริมาณฝนเพียงอย่างเดียว สำหรับจุดแข็งของการประเมินดัชนี SPI คือ สามารถคำนวณค่าดัชนีในช่วงเวลาที่ต่างๆ กันได้ตามช่วงความแห้งแล้งที่ต้องการทราบ โดยดูจากปริมาณฝนสะสมในแต่ละช่วงเวลาที่น่าสนใจ ซึ่งอาจมีตั้งแต่ 1 เดือน 2 เดือน 3 เดือนจนถึง 72 เดือน เป็นผลให้ดัชนี SPI สามารถนำมาใช้ประเมินปริมาณน้ำต้นทุนในช่วงเวลาสั้นๆ ไปจนกระทั่งถึงช่วงเวลาที่ยาวขึ้น ตามปกติปริมาณฝนโดยทั่วไปจะมีการกระจายในรูปแบบฟังก์ชันการแจกแจงแบบแกมมา แต่เนื่องจาก

การศึกษาเพื่อหาค่าดัชนี SPI จะต้องใช้ฝนรวมเป็นหลักจึงได้พิจารณาโดยใช้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม (cumulative probability density function) ของปริมาณฝน แล้วทำการแปลง (transform) ให้เป็นค่าปกติมาตรฐาน Z ซึ่งจะได้ค่า SPI ที่ต้องการแล้วนำมาจัดรูปแบบความรุนแรงที่บอกถึงระดับความชุ่มชื้น และความแห้งแล้งของปริมาณฝนในแต่ละพื้นที่ ตารางที่ 3.2.9-3 คือเกณฑ์การวัดความแห้งแล้งด้วยดัชนี SPI

ตารางที่ 3.2.9-3 เกณฑ์การวัดความแห้งแล้งด้วยดัชนี SPI

ดัชนี SPI	เกณฑ์ที่ใช้วัดความแห้งแล้ง	ความน่าจะเป็น
2.00 ขึ้นไป	ฝนชุกมากที่สุด	0.977 – 1.000
1.50 – 1.99	ฝนชุกมาก	0.933 – 0.977
1.00 – 1.49	ฝนชุกปานกลาง	0.841 – 0.933
-0.99 – 0.99	ใกล้เคียงค่าปกติ	0.159 – 0.841
-1.00 – -1.49	ฝนแล้งปานกลาง	0.067 – 0.159
-1.50 – -1.99	ฝนแล้งรุนแรง	0.023 – 0.067
-2.00 ลงไป	ฝนแล้งรุนแรงมาก	0.000 – 0.023

นุชนารถ ศรีวงศ์ตานนท์ (2558) ได้สรุปถึงลักษณะเฉพาะที่เป็นจุดเด่นของค่าดัชนี SPI โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ค่าของดัชนี SPI มีความสัมพันธ์เป็นหนึ่งเดียวกับความน่าจะเป็นที่จะเกิดภาวะภัยแล้ง
- ปริมาณฝนที่ใช้ในการคำนวณดัชนี SPI สามารถใช้เป็นเกณฑ์พิจารณาปริมาณฝนในช่วงเวลาปัจจุบันว่ามีความแตกต่างจากปริมาณฝนตามปกติอย่างไร
- ปริมาณฝนที่ใช้ในการคำนวณดัชนี SPI สามารถใช้คำนวณร้อยละของปริมาณฝนเฉลี่ยในช่วงเวลาแต่ละเดือนที่พิจารณาได้
- ค่าของดัชนี SPI สามารถคำนวณตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำใน 5 ประเภท ซึ่งประกอบด้วย ความชื้นในดิน (น้ำในดิน) น้ำใต้ดิน หิมะ น้ำในลำน้ำ และน้ำในอ่างเก็บน้ำ
- ค่าของดัชนี SPI เป็นค่าที่ผ่านการจัดทำให้มีลักษณะเป็นโค้งแบบปกติ ดังนั้น จึงสามารถนำมาใช้เพื่ออธิบายภาวะทั้งในกรณีความแห้งแล้งและความชุ่มชื้นได้

ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยข้อมูลปริมาณฝนสะสมในช่วงเวลาที่สนใจ

5) ดัชนี China Z Index (CZI) ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศจีน โดยสร้างจากการคำนวณ SPI และปรับปรุงการคำนวณให้ดียิ่งขึ้นสำหรับผู้ใช้งาน สามารถนำมาใช้เพื่อระบุและตรวจสอบช่วงฤดูแล้ง ดัชนีนี้ถูกพัฒนาและเริ่มใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1995 โดยศูนย์ภูมิอากาศแห่งชาติของจีน คล้ายกับดัชนี SPI เนื่องจากใช้ข้อมูลปริมาณฝนเพื่อกำหนดช่วงเวลาเปียกและแห้ง โดยสันนิษฐานว่าข้อมูลปริมาณฝนเป็นไปตามการแจกแจงแบบเพียร์สัน III ใช้ขั้นตอนเวลารายเดือนตั้งแต่ 1 ถึง 72 เดือน ทำให้สามารถระบุความแห้งแล้งของช่วงเวลาต่างๆ ได้ ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยปริมาณฝนรายเดือน

6) ดัชนีความแห้งแล้งจากความชื้นที่พืชใช้ประโยชน์ (Crop Moisture Index, CMI) เป็นดัชนีที่พัฒนาจากหลักการที่คล้ายคลึงกับดัชนี PDSI สามารถวัดและเปรียบเทียบระดับความชื้นระหว่างพื้นที่ได้ แต่

ดัชนี CMI เน้นการวัดความชื้นในดินชั้นบน โดยคำนวณจากอุณหภูมิ และปริมาณฝนรวมในแต่ละสัปดาห์ ค่า CMI จะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วหากมีฝนตกหนักในสัปดาห์นั้นๆ ทำให้ค่า CMI ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้วัดความแห้งแล้งระยะยาว แต่เหมาะสำหรับการวัดในช่วงเวลาสั้นๆ และเหมาะในการติดตามเฝ้าระวังผลกระทบที่เกิดขึ้นกับพืชผลทางการเกษตร

7) ดัชนีการสำรวจความแห้งแล้ง (Drought Reconnaissance Index, DRI) จะอยู่บนพื้นฐานของสมการสมดุลน้ำ โดยพิจารณาจากปริมาณฝนและการระเหยกลายเป็นไอ มีผลลัพธ์ ได้แก่ ค่าเริ่มต้น ค่าปกติและค่ามาตรฐาน ค่า DRI ที่เป็นมาตรฐานนั้นคล้ายคลึงกับ SPI และสามารถนำมาเปรียบเทียบกับ SPI ได้โดยตรง อย่างไรก็ตาม DRI ใช้ตัวแทนมากกว่า SPI เนื่องจากมีการพิจารณาความสมดุลของน้ำเต็มรูปแบบแทนปริมาณฝนเพียงอย่างเดียว ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยอุณหภูมิรายเดือนและค่าปริมาณฝน

8) ดัชนีความแห้งแล้งแสดงผลกระทบเนื่องจากฝน (Effective Drought Index, EDI) เป็นค่าดัชนีที่คิดค้นโดย Byun H.R. และ Wilhite D.A. เมื่อปี ค.ศ. 1999 โดยเป็นค่าดัชนีที่ได้จากการคำนวณจากข้อมูลปริมาณฝนรายวันที่ได้จากการสำรวจเพียงค่าเดียว ในการคำนวณนั้นจะมีด้วยกัน 3 ขั้นตอน (อภิวัฒน์ ก้อนทอง และ ปานวิทย์ ฐะนุต, 2559) ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 จะเป็นการคำนวณหาปริมาณฝนในแต่ละวันที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยการคำนวณนั้นจะใช้เทคนิคของอนุกรมเวลา (time series) มาใช้ในการวิเคราะห์
- ขั้นตอนที่ 2 จะเป็นการหาค่าความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนรายวันที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้กับค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนรายวันที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
- ขั้นตอนที่ 3 จะเป็นการคำนวณเพื่อหาค่า EDI เมื่อทำการคำนวณครบทั้ง 3 ขั้นตอน ก็จะได้เป็นค่า EDI ออกมาดังแสดงในตาราง โดยพบว่าค่าของ EDI จะมีค่าอยู่ระหว่าง 2 ถึง -2 โดยที่ -2 หมายถึงค่า ความแห้งแล้งมากที่สุด และ 2 หมายถึงค่าความชื้นมากที่สุด โดยเกณฑ์การวัดระดับความแห้งแล้งด้วยดัชนี EDI แสดงได้ดังตารางที่ 3.2.9-4

ตารางที่ 3.2.9-4 เกณฑ์การวัดระดับความแห้งแล้งด้วยดัชนี EDI

ค่า EDI	ระดับความแห้งแล้ง
-2.0	ความแห้งแล้งมากที่สุด
$-2.0 < EDI < -1.5$	ความแห้งแล้งรุนแรง
$-1.5 < EDI < -1.0$	ความแห้งแล้งปานกลาง
$-1.0 < EDI < -2.0$	ใกล้เคียงค่าปกติ
2.0	ความชื้นมากที่สุด

อย่างไรก็ตามหนึ่งในจุดอ่อนที่สำคัญของค่า EDI คือการไม่ทราบความสัมพันธ์กับข้อมูลที่เป็นปัจจัยของภัยแล้งอื่น ทำให้ไม่สามารถทดสอบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องได้แม่นยำนักและยังพบว่าผลลัพธ์ที่ได้มีการแจกแจงทางสถิติที่ไม่ปกติ (Non-normal Distribution) อีกด้วย ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยปริมาณฝนรายวัน

9) ดัชนี NOAA Drought Index (NDI) จะเกี่ยวข้องกับการวัดปริมาณฝนที่เกิดขึ้นจริงและนำไปเปรียบเทียบกับค่าปริมาณฝนปกติในช่วงฤดูเพาะปลูก โดยมีการคำนวณค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนในแต่ละสัปดาห์และเปรียบเทียบกับค่าปกติปริมาณฝนเฉลี่ยแปดสัปดาห์ที่ผ่านมา ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยปริมาณฝนรายเดือนที่ถูกแปลงเป็นค่าปริมาณฝนรายสัปดาห์

10) ดัชนีความแห้งแล้งของพาล์มเมอร์ (Palmer Drought Severity Index, PDSI) เป็นดัชนีวัดความผิดปกติของความชื้น ใช้หลักการวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำและปริมาณน้ำที่มีในสมการสมดุลน้ำ (Water balance equation) ดัชนี PDSI เป็นตัวชี้วัดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ฝน ความชื้นดิน โดย PDSI สามารถนำมาเป็นมาตรฐานของความชื้นที่สามารถเปรียบเทียบได้ทั้งระหว่างพื้นที่และระหว่างเดือน PDSI เป็นดัชนีที่สะท้อนสภาพอากาศที่แห้งหรือชื้นเกินไป ได้รับการพัฒนาขึ้นในสหรัฐอเมริกา มีการใช้งานมาอย่างยาวนาน แม้ระยะหลังจะมีการพัฒนาดัชนีอื่นๆ ตามมา แต่มักจะต้องนำผลจากดัชนีที่คิดค้นขึ้นใหม่ไปเปรียบเทียบกับดัชนี PDSI อยู่เสมอ หน่วยงานในสหรัฐอเมริกาหลายหน่วยงานได้เลือกใช้ดัชนี PDSI ในการประเมินภัยแล้ง และใช้เป็นเกณฑ์ในการให้ความช่วยเหลือเพื่อบรรเทาผลกระทบจากภัยแล้ง ข้อจำกัดของดัชนี PDSI ที่สำคัญคือพื้นที่ที่มีการประยุกต์ใช้ดัชนีจำเป็นจะต้องเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะเหมือนหรือใกล้เคียงกันตลอดทั้งพื้นที่ศึกษา รวมทั้งเป็นดัชนีที่ไม่เหมาะสมในการใช้กับพื้นที่ประเภทภูเขา สลับซับซ้อนหรือมีลักษณะภูมิอากาศที่แปรปรวนมาก นอกจากนี้ ขั้นตอนในการคำนวณค่อนข้างยุ่งยากและผู้ใช้งานไม่สามารถเลือกช่วงเวลาในการคำนวณได้ตามที่ต้องการซึ่งแตกต่างจากดัชนี PSI ที่ผู้ใช้งานสามารถเลือกช่วงเวลาที่ต้องการศึกษาได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้ โดยช่วงเวลาในการคำนวณของดัชนี PDSI จะต้องพิจารณาเป็นรายเดือนเท่านั้น (นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, 2558) ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยข้อมูลนำเข้าที่สำคัญ คือ ข้อมูลปริมาณฝนและอุณหภูมิรายเดือน การประเมินตัวแปรสมดุลน้ำอื่นๆ ได้แก่ การคายระเหย ความชื้นในดินและปริมาณน้ำท่า โดยมีหลักการพื้นฐาน คือ หลักการสมดุลน้ำของปริมาณการไหลเข้า ปริมาณการไหลออก และปริมาณการเก็บกัก

11) ดัชนีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานผิดปกติ (Standardized Anomaly Index, SAI) แสดงถึงความผิดปกติของปริมาณฝนต่อหนึ่งหน่วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณฝน ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$SAI = \frac{P - m(P)}{d(P)} \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

เมื่อ SAI คือ ดัชนีฝนที่ผิดปกติจากมาตรฐาน

d(P) คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณฝน

m(P) คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนระยะนาน หรือค่ามาตรฐาน หรือค่าปกติทางภูมิอากาศในช่วงเวลานาน

ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยปริมาณฝนรายเดือน รายฤดูกาล หรือรายปี

12) ดัชนีการระเหยเป็นไอที่ได้มาตรฐาน (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, SPEI) เป็นส่วนขยายของดัชนีปริมาณฝนมาตรฐาน (SPI) ถูกออกแบบมาให้มีการคำนึงถึงข้อมูลสถิติ

ปริมาณฝนและการระเหยเป็นไอในการพิจารณาความแห้งแล้ง ค่าอุณหภูมิต่ำที่เพิ่มขึ้นตามความต้องการใช้น้ำของพืชเป็นหลัก สามารถคำนวณได้ในช่วงเวลาต่างๆ ตั้งแต่ 1 – 48 เดือน หรือในช่วงเวลาดำเนินการกว่า 18 เดือน ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยปริมาณฝนรายเดือน และข้อมูลอุณหภูมิ โดยจำเป็นจะต้องมีการบันทึกข้อมูลแบบสมบูรณ์โดยไม่มีเดือนที่ขาดหายไป

13) ดัชนีอ้างอิงทางการเกษตรสำหรับภัยแล้ง (Agricultural Reference Index for Drought, ARID) ใช้สำหรับทำนายสถานะของความพร้อมใช้งานของความชื้นในดิน ใช้การผสมผสานของการประมาณความเค้นน้ำและแบบจำลองพืชเพื่อระบุผลกระทบของความเครียดของพืชในด้านความต้องการใช้น้ำต่อการเจริญเติบโตของพืช พัฒนาการจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพด ส่วนปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยข้อมูลอุณหภูมิรายวันและปริมาณฝน นอกจากนี้ยังใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวโพด CERES-Maize เพื่อผลกระทบจากการขาดน้ำต่อการเจริญเติบโต ซึ่งดัชนีสามารถใช้แบบจำลองการปลูกพืชอื่นๆ ได้

14) ดัชนีความแห้งแล้งเฉพาะเพาะปลูก (Crop-specific Drought Index, CSDI) จะอาศัยการคำนวณสมมูลของน้ำในดินชั้นพื้นฐาน โดยจะพิจารณาถึงผลกระทบของความแห้งแล้ง ในรูปของความเครียดจากภัยแล้งในการเจริญเติบโตของพืชและผลกระทบที่น่าจะเกิดกับผลผลิต ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุดรายวัน อุณหภูมิต่ำสุดรายวัน ปริมาณฝน อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ความเร็วลม และการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ทั่วโลก สำหรับเป็นปัจจัยนำเข้าด้านภูมิอากาศ นอกจากนี้ยังจะต้องระบุถึงคุณสมบัติของดินเพื่อการพัฒนาแบบจำลอง รวมถึงข้อมูลผลผลิตและพัฒนาการของพืชจำเป็นสำหรับความสัมพันธ์ที่เหมาะสมกับวันที่กำลังเติบโต ความคืบหน้าของผลผลิต และผลผลิตขั้นสุดท้าย

15) ดัชนีความแห้งแล้งเรียกคืน (Reclamation Drought Index, RDI) พัฒนาขึ้นเพื่อกำหนดความรุนแรงของภัยแล้งรวมถึงสามารถใช้ในการทำนายระยะเวลาการเกิดและสิ้นสุดของฤดูแล้ง มีทั้งการประเมินความแห้งแล้งและความชุ่มชื้น และมีการคำนวณที่ระดับลุ่มน้ำในทำนองเดียวกันกับดัชนีการจ่ายน้ำผิวดิน (SWSI) RDI มีส่วนประกอบของข้อมูลความต้องการใช้น้ำและอุณหภูมิซึ่งช่วยให้สามารถคำนวณการระเหยในดัชนีได้ ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วย ปริมาณฝนรายเดือน ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กระแสน้ำ และอุณหภูมิ

จากดัชนีแห้งแล้งทางด้านอุตุนิยมวิทยาที่รวบรวมมาทั้งหมดนี้ เพื่อเป็นการประเมินการใช้งานดัชนีเบื้องต้น ทางผู้ศึกษาได้ทำการจัดลำดับดัชนีตามระดับการใช้งาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยแต่ละระดับมีความแตกต่างกัน ดังนี้

1) สีเขียว

- ดัชนีพร้อมใช้งานได้อย่างอิสระ
- โปรแกรมคำนวณหรือแอปพลิเคชันเพื่อเรียกใช้งานดัชนีนั้นพร้อมใช้งาน
- ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลรายวัน
- อนุญาตให้ข้อมูลที่ขาดหายไป
- กำลังส่งออกของดัชนีกำลังดำเนินการแล้วและพร้อมใช้งานออนไลน์

2) สีเหลือง

- จำเป็นต้องใช้ตัวแปรหรืออินพุตหลายรายการสำหรับการคำนวณ

- โปรแกรมคำนวณหรือแอปพลิเคชันเพื่อเรียกใช้งานดัชนีไม่สามารถใช้ได้ โดเมนสาธารณะ
- อาจต้องการเพียงอินพุตหรือตัวแปรเดียวเท่านั้น แต่ไม่มีรหัส
- ความซับซ้อนของการคำนวณที่จำเป็นในการสร้างดัชนีมีเพียงเล็กน้อย

3) สีแดง

- โปรแกรมคำนวณหรือแอปพลิเคชันจะต้องได้รับการพัฒนาเพื่อคำนวณดัชนีตามวิธีการที่กำหนด ในวรรณกรรม
- ดัชนีหรือผลิตภัณฑ์อนุพันธ์ไม่พร้อมใช้งาน
- ดัชนีดังกล่าวเป็นดัชนีที่ไม่ชัดเจนและไม่ได้ใช้กันอย่างแพร่หลาย
- ดัชนีมีรูปแบบการป้อนข้อมูลหรือเป็นส่วนหนึ่งของการคำนวณ

ในการจัดหมวดหมู่การใช้งานนั้น สีเขียวเป็นเพียงตัวบ่งชี้หรือดัชนีที่ง่ายที่สุดในการได้มาของข้อมูลหรือการใช้งาน แต่ไม่ได้หมายความว่าดีที่สุดสำหรับภูมิภาคหรือพื้นที่ใดๆ การตัดสินใจในการ นำตัวบ่งชี้หรือดัชนีไปใช้งานนั้นต้องได้รับการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งาน ร่วมกับข้อมูลแวดล้อมอื่นๆ ด้วย ทั้งนี้ ได้สรุปข้อมูลปัจจัยที่นำมาใช้พิจารณา จุดแข็งและจุดอ่อนของแต่ละดัชนี เพื่อการเปรียบเทียบและเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการนำดัชนีไปใช้งานให้เหมาะสมกับแต่ละพื้นที่ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่

3.2.9-5

ตารางที่ 3.2.9-5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของดัชนีภัยแล้งทางด้านอุตุวิทยามหา

ที่	ชื่อดัชนี	ระดับการใช้งาน	ปัจจัยที่ใช้พิจารณา	จุดแข็ง	จุดอ่อน
1	ดัชนีความแห้งแล้งผิดปกติ (Aridity Anomaly Index, AI)	เขียว	ข้อมูลรายวันของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และความยาวนานแสงแดด นำไปคำนวณค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำของพืชและการระเหยจริง	สำหรับการเกษตร คำนวณง่ายและอธิบายถึงระดับของภัยแล้งรายสัปดาห์ (อ่อนปานกลาง หรือรุนแรง) ขึ้นอยู่กับค่าที่แตกต่างจากปกติ	ไม่เหมาะสมกับเหตุการณ์ระยะยาวหรือหลายช่วงเวลา
2	ดัชนีความแห้งแล้ง (Keetch-Byram Drought Index, KBDI)	เขียว	อุณหภูมิสูงสุดประจำวัน ปริมาณฝนรายวัน ค่าการขาดความชุ่มชื้นแบบสะสมและปริมาณฝนเฉลี่ยประจำปี	แสดงการขาดความชื้นสำหรับพื้นที่และสามารถปรับขนาดเพื่อระบุลักษณะของแต่ละตำแหน่ง รวมถึงการคำนวณและวิธีใช้งานง่าย	มีข้อจำกัดบางอย่างเกี่ยวกับข้อมูลความชื้นที่ใช้ ซึ่งจะมีผลต่อระดับความแห้งแล้งในแต่ละพื้นที่
3	ดัชนีร้อยละของปริมาณฝนปกติ (Percent of Normal Precipitation, PN)	เขียว	ข้อมูลค่าปริมาณฝนรายเดือนอย่างน้อย 30 ปี สำหรับใช้เป็นข้อมูลของช่วงเวลาปกติ	- คำนวณง่าย - อธิบายให้เข้าใจได้ง่าย - เหมาะสำหรับเป็นข้อมูลให้บุคคลทั่วไปใช้ได้ - สามารถเปรียบเทียบเชิงลึกของข้อมูลฝนในแต่ละพื้นที่หรือแต่ละฤดูกาลได้	ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนสูงสุดที่ใช้เป็นค่าเฉลี่ยมักจะไม่ใกล้เคียงกับค่ามัธยฐาน ซึ่งแสดงว่าการกระจายของปริมาณฝนสูงสุดไม่เป็นแบบโค้งปกติ และส่งผลให้ค่าเฉลี่ยไม่สะท้อนถึงรูปแบบการกระจายตัวของปริมาณฝนสูงสุด

ที่	ชื่อดัชนี	ระดับการใช้งาน	ปัจจัยที่ใช้พิจารณา	จุดแข็ง	จุดอ่อน
4	ดัชนีปริมาณฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index, SPI)	เขียว	ข้อมูลปริมาณของฝนสะสมใน ช่วงเวลาที่สนใจ	- ประเมินดัชนีความแห้งแล้งได้ตามช่วงเวลาที่ต้องการทั้งระยะสั้นและระยะยาว - มีพื้นฐานการคำนวณทางสถิติและความน่าจะเป็น ทำให้สร้างฟังก์ชันตัวแทนของข้อมูลได้ดีกว่า - มีพื้นฐานทางสถิติจึงสามารถเตือนภัยล่วงหน้าได้ - ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย	ประสิทธิภาพของดัชนีขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาและความถี่ของข้อมูลที่ใช้
5	ดัชนี China Z Index (CZI)	เหลือง	ปริมาณฝนรายเดือน	- คำนวณง่าย แม้จะซับซ้อน - ใช้ได้ทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง - ใช้ได้กับข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง	ใช้ข้อมูลรายเดือน 1 – 72 เดือน ระยะเวลาที่สั้นกว่านี้อาจให้ผลลัพธ์ไม่ดีเท่า SPI
6	ดัชนีความชื้นของพืช (Crop Moisture Index, CMI)	เหลือง	ข้อมูลปริมาณฝนราย 10 วัน ข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความยาวนานของแสงแดด	- สามารถติดตามตรวจสอบภัยแล้งในระยะสั้นได้ดีถึงในระดับสัปดาห์ - เหมาะกับการติดตามตรวจสอบภัยแล้งในพื้นที่เพาะปลูก	- ไม่สามารถใช้ติดตามตรวจสอบภัยแล้งในระยะยาวได้ - เนื่องจากค่าดัชนีจะต้องเริ่มจากค่าศูนย์เมื่อเริ่มต้นฤดูกาลเพาะปลูกจึงไม่สามารถใช้ดัชนีนอกฤดูกาลเพาะปลูกได้

ที่	ชื่อดัชนี	ระดับการใช้งาน	ปัจจัยที่ใช้พิจารณา	จุดแข็ง	จุดอ่อน
7	ดัชนีการสำรวจความแห้งแล้ง (Drought Reconnaissance Index, DRI)	เหลือง	อุณหภูมิรายเดือนและค่า ปริมาณฝน	ข้อมูลการคายระเหยที่มี ประสิทธิภาพจะแสดงถึง สมดุลของน้ำในพื้นที่ได้ดีกว่า ดัชนี SPI และยังบ่งชี้ถึงระดับ ความรุนแรงของภัยแล้งได้ ถูกต้องยิ่งขึ้น	- คำนวณการคายระเหย อาจมีข้อผิดพลาดเมื่อใช้ อุณหภูมิเพียงอย่างเดียว - ข้อมูลรายเดือนอาจไม่ เพียงพอในการประเมิน สถานการณ์ความแห้งแล้ง ระยะสั้น
8	ดัชนีความแห้งแล้งที่มีประสิทธิภาพ (Effective Drought Index, EDI)	เหลือง	ปริมาณฝนรายวัน	- ใช้เพียงข้อมูลปริมาณฝน อย่างเดียว - มีเอกสารขั้นตอนและ โปรแกรมที่ได้มาตรฐาน สำหรับการจัดทำดัชนี EDI - เป็นดัชนีที่มีประสิทธิภาพใน การระบุการเริ่มต้นและสิ้นสุด ของเหตุการณ์ภัยแล้ง	การใช้ข้อมูลปริมาณฝน อย่างเดียวทำให้ผลกระทบ ของอุณหภูมิต่อสถานการณ์ ภัยแล้งไม่ได้ถูกรวมเข้า ด้วยกันโดยตรง ในขณะที่ การใช้ข้อมูลรายวันอาจทำ ให้การใช้ค่าดัชนี EDI เป็น เรื่องยากเนื่องจากอาจไม่ สามารถอัปเดตข้อมูลปัจจัย รายวันได้
9	ดัชนี NOAA Drought Index (NDI)	เหลือง	ข้อมูลฝนรายเดือนแปลงให้ เป็นรายสัปดาห์	- ใช้เพียงข้อมูลฝนอย่างเดียว - คำนวณง่าย มีคำอธิบาย ขั้นตอนชัดเจน	ต้องการข้อมูลอย่างน้อย 30 ปี ในการคำนวณค่าราย เดือนปกติ และต้องใช้ แอปพลิเคชันเฉพาะที่ เกี่ยวข้องกับการเกษตรและ การพัฒนาเกี่ยวกับพืชผล

ที่	ชื่อดัชนี	ระดับการใช้งาน	ปัจจัยที่ใช้พิจารณา	จุดแข็ง	จุดอ่อน
10	ดัชนีความแห้งแล้งของพาล์มเมอร์ (Palmer Drought Severity Index, PDSI)	เหลือง	ข้อมูลปริมาณฝน อุณหภูมิ การคายระเหย ความชื้นใน ดินและปริมาณน้ำท่า สำหรับ การคำนวณตามหลักการ สมดุลน้ำของปริมาณการไหล เข้า ปริมาณการไหลออกและ ปริมาณการเก็บกัก	- เป็นดัชนีที่มีถูกใช้เป็นหลัก ในการนำดัชนีอื่นมา เปรียบเทียบ - มีการใช้งานมานานและ แพร่หลายจึงมีงานวิจัย จำนวนมากรองรับ ประสิทธิภาพของดัชนี	- ไม่สามารถตรวจวัดภัยแล้ง ได้ทุกเดือน - ไม่เหมาะสมในการใช้กับ พื้นที่ภูเขาสลับซับซ้อนหรือ มีลักษณะภูมิอากาศ แปรปรวนมาก - ผลของดัชนีเป็นรายเดือน ไม่สามารถเลือกช่วง ระยะเวลาที่ต้องการได้
11	ดัชนีความผิดปกติมาตรฐาน (Standardized Anomaly Index, SAI)	เหลือง	ปริมาณฝนรายเดือน ฤดูกาล หรือรายปี	ใช้ข้อมูลนำเข้าเพียงปัจจัย เดียวซึ่งสามารถคำนวณตาม ช่วงเวลาที่กำหนดได้	เนื่องจากใช้เพียงข้อมูลฝน เท่านั้น ทำให้ประสิทธิภาพ ของดัชนีขึ้นอยู่กับคุณภาพ ของข้อมูลที่ใช้
12	ดัชนีการระเหยเป็นไอที่ได้มาตรฐาน (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, SPEI)	เหลือง	ปริมาณฝนรายเดือนและ ข้อมูลอุณหภูมิ จำเป็นต้องมี การบันทึกข้อมูลแบบสมบูรณ์ โดยไม่มีเดือนที่ขาดหายไป	- ใช้ข้อมูลร่วมกันระหว่าง ข้อมูล SPI และข้อมูลที่ เกี่ยวข้องกับการคายระเหย ทำให้มีประโยชน์อย่างมากใน การศึกษาการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ - เป็นดัชนีที่ใช้เพียงข้อมูล สถิติของภูมิอากาศ	- มีความอ่อนไหวต่ออัตรา การคายระเหย (PET) - ต้องใช้ข้อมูลย้อนหลัง อย่างน้อย 30 – 50 ปี เช่นเดียวกับดัชนีอื่นๆ

ที่	ชื่อดัชนี	ระดับการใช้งาน	ปัจจัยที่ใช้พิจารณา	จุดแข็ง	จุดอ่อน
13	ดัชนีอ้างอิงทางการเกษตรสำหรับภัยแล้ง (Agricultural Reference Index for Drought, ARID)	แดง	ใช้ข้อมูลอุณหภูมิรายวันและปริมาณฝน นอกจากนี้ยังใช้แบบจำลอง CERES-Maize ซึ่งสามารถใช้แบบจำลองการปลูกพืชอื่นๆ ร่วมได้	แบบจำลองของพืชและสมมูลน้ำเป็นประโยชน์ต่อการทำนายความชื้นในดินและความเครียดของพืช ในรูปแบบรายวัน ทำให้ติดตามภัยแล้งได้ทันสถานการณ์	ออกแบบและทดสอบในสหรัฐอเมริกาตะวันออกเฉียงใต้สำหรับระบบการปลูกพืชเพียงไม่กี่ระบบ จึงยากต่อการนำมาปรับใช้ในพื้นที่อื่นๆ
14	ดัชนีความแห้งแล้งเฉพาะเพาะปลูก (Crop-specific Drought Index, CSDI)	แดง	อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายวัน ปริมาณฝน อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ความเร็วลม และการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ทั่วโลก เป็นปัจจัยนำเข้าด้านภูมิอากาศ รวมถึงต้องระบุคุณสมบัติของดินเพื่อพัฒนาแบบจำลอง ข้อมูลผลผลิตและพัฒนาการของพืชจำเป็นสำหรับหาความสัมพันธ์ที่เหมาะสมกับผลผลิตขั้นสุดท้าย	เป็นดัชนีเฉพาะกับพืชผลชนิดใดชนิดหนึ่งและขึ้นอยู่กับสถานะการเจริญเติบโตของพืช แบบจำลองนี้คำนึงถึงเมื่อเกิดปัญหาความแห้งแล้งในระหว่างการเจริญเติบโตของพืชและประเมินผลกระทบโดยรวมของผลผลิต	ปัจจัยการผลิตค่อนข้างซับซ้อนและบางพื้นที่อาจขาดแคลนข้อมูลที่จำเป็นบางอย่าง พร้อมทั้งความไม่ต่อเนื่องของข้อมูล
15	ดัชนีความแห้งแล้งเรียกคืน (Reclamation Drought Index, RDI)	แดง	ปริมาณฝนรายเดือน หิมะระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ กระแสน้ำและอุณหภูมิ	แตกต่างจาก SWSI เป็นดัชนีสำหรับศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิต่อสภาพภูมิอากาศ สามารถตรวจสอบได้ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง	- มีปัจจัยในการคำนวณซับซ้อน - พื้นที่ศึกษาและทดสอบไม่หลากหลายยากต่อการนำมาปรับใช้ในพื้นที่อื่นๆ

3.2.10 ดัชนีความชื้นในดิน (WMO and GWP, 2016)

1) ดัชนีความผิดปกติของความชื้นในดิน (Soil Moisture Anomaly, SMA) ใช้ข้อมูลปริมาณฝนรายสัปดาห์หรือรายเดือนและค่าการระเหยที่มีศักยภาพในสมการสมดุลของน้ำอย่างง่าย มีจุดมุ่งหมายเพื่อสะท้อนระดับความแห้งหรือความอืดตัวของดินเมื่อเทียบกับสภาวะปกติและเพื่อแสดงว่าความชื้นในดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยข้อมูลอุณหภูมิและปริมาณฝนรายสัปดาห์หรือรายเดือนพร้อมกับวันที่และละติจูด ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และข้อมูลเฉพาะของแต่ละพื้นที่

2) ดัชนีการขาดดุลการคายระเหยของน้ำ (Evapotranspiration Deficit Index, ETDI) ข้อมูลรายสัปดาห์ที่ใช้ในการระบุความเครียดของพืชในการขาดน้ำ ETDI ถูกคำนวณพร้อมกับดัชนีการขาดสมดุลของดิน (SMDI) ซึ่งมีการคำนวณอัตราส่วนความเครียดของพืชในการขาดน้ำที่เทียบกับการระเหยของจริงในการปลูกพืช โดยอัตราส่วนความเครียดของพืชในการขาดน้ำจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่ามัธยฐานที่คำนวณได้ในช่วงระยะยาว ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยข้อมูลที่ได้จากการจำลองสภาพด้วยแบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT ซึ่งถูกนำมาใช้เพื่อคำนวณน้ำโซนรากในดินเป็นรายสัปดาห์

3) การกักเก็บน้ำในดิน (Soil Water Storage, SWS) เป็นการระบุปริมาณความชื้นในดินที่มีอยู่ภายในโซนรากของพืชซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและชนิดของดิน โดยค่าปริมาณฝนและข้อมูลชลประทานมีผลต่อผลลัพธ์ ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยความลึกของรากพืช ความจุน้ำที่มีอยู่ในแต่ละชนิดของดิน และข้อมูลปริมาณการขาดน้ำในดินสูงสุด

ทั้งนี้ ตารางที่ 3.2.10-1 จะแสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของดัชนีความชื้นในดินแต่ละตัว

ตารางที่ 3.2.10-1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของดัชนีความชื้นในดิน

ที่	ชื่อดัชนี	ระดับการใช้งาน	ปัจจัยที่ใช้พิจารณา	จุดแข็ง	จุดอ่อน
1	ดัชนีความผิดปกติของความชื้นในดิน (Soil Moisture Anomaly, SMA)	เหลือง	ข้อมูลอุณหภูมิและปริมาณฝนรายสัปดาห์หรือรายเดือนพร้อมกับวันที่และละติจูด ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและข้อมูลเฉพาะแต่ละพื้นที่	คำนึงถึงผลกระทบของทั้งอุณหภูมิและปริมาณฝนด้านความสมดุลของน้ำที่ทำให้ PDSI ได้รับความนิยมนั้นรวมอยู่กับความสามารถในการเปลี่ยนค่าคงที่ด้วยข้อมูลเฉพาะของสถานที่ พิจารณาความชื้นที่ชั้นต่างๆ ของดินและสามารถปรับ PDSI ไปยังตำแหน่งต่างๆ ได้มากกว่า	ข้อกำหนดด้านข้อมูลทำให้การคำนวณมีความท้าทาย การประมาณค่าการคายระเหยที่อาจเกิดขึ้นอาจแตกต่างกันไปตามภูมิภาค
2	ดัชนีการขาดดุลการคายระเหยของน้ำ (Evapotranspiration Deficit Index, ETDI)	เหลือง	ข้อมูลจำลองจากแบบจำลองทางอุทกวิทยาด้วยแบบจำลองการประเมินดินและน้ำ (SWAT) แบบจำลองถูกนำมาใช้เพื่อคำนวณน้ำโซนรากในดินเป็นรายสัปดาห์	วิเคราะห์ทั้งการระเหยจริงและที่อาจเกิดขึ้น สามารถระบุระยะเวลาเปียกและแห้งได้	การคำนวณจะขึ้นอยู่กับผลลัพธ์จากโมเดล SWAT แต่สามารถคำนวณได้หากมีข้อมูลนำเข้าที่เหมาะสม ความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของ ETDI เพิ่มขึ้นในช่วงฤดูร้อนในช่วงระยะเวลาของการคายระเหยที่มากที่สุดและค่าปริมาณฝนที่แปรผันอย่างมาก
3	การกักเก็บน้ำในดิน (Soil Water Storage, SWS)	เหลือง	ความลึกของรากพืช ความจุน้ำที่มีอยู่ของชนิดของดินและข้อมูลปริมาณการขาดน้ำในดินสูงสุด	การคำนวณเป็นที่รู้จักกันดีและง่ายต่อการติดตาม มีการวิเคราะห์ดินและพืชจำนวนมากโดยใช้วิธีนี้	ในพื้นที่ที่ดินไม่เป็นเนื้อเดียวกัน อาจมีการเปลี่ยนแปลงขนาดใหญ่ในระยะทางเล็กๆ

3.2.11 ดัชนีความแห้งแล้งทางอุทกวิทยา

ความแห้งแล้งทางอุทกวิทยา (Hydrological drought) เป็นความแห้งแล้งที่เกิดจากช่วงฤดูแล้งที่มีฝนตกน้อยหรือไม่มีฝนตกยาวนานระยะหนึ่ง จนกระทั่งส่งผลให้ปริมาณน้ำผิวดินลดระดับลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณน้ำท่า เช่น น้ำในแม่น้ำลำคลอง อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ และยังสามารถมีผลต่อการลดลงของน้ำที่อยู่ใต้ดินได้ (ปริมาณน้ำบาดาล และระดับน้ำใต้ดิน) ความแห้งแล้งทางอุทกวิทยามักจะเป็นความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ โดยเกิดต่อเนื่องมาจากความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorological drought) ที่เป็นภาวะการทิ้งช่วงของฝนที่ยาวนานในระยะหนึ่ง จนระบบลุ่มน้ำขาดแคลนปริมาณน้ำในดินตามไปด้วย (WMO and GWP, 2016) ทั้งนี้ความแห้งแล้งทางอุทกวิทยาจะมีภาวะความรุนแรง และช่วงระยะเวลาความแห้งแล้งแตกต่างกันไปในแต่ละสภาพภูมิประเทศ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ดัชนีภัยแล้งทางอุทกวิทยาของพาลเมอร์ Palmer Hydrological Drought Severity Index (PHDI) พัฒนาจากดัชนี PDSI ดั้งเดิมและได้รับการปรับเปลี่ยนให้คำนึงถึงความแห้งแล้งในระยะยาวซึ่งจะส่งผลต่อการกักเก็บน้ำ การไหลของน้ำและน้ำใต้ดิน PHDI มีความสามารถในการคำนวณว่าภัยแล้งจะสิ้นสุดเมื่อใดตามปริมาณฝนที่กำหนด โดยใช้อัตราส่วนของความชื้นที่ได้รับจริงต่อความชื้นที่ต้องใช้ตามความเป็นจริง กำหนดภัยแล้ง 4 ประเภท ได้แก่ ใกล้เคียงซึ่งเกิดขึ้นประมาณ 28% – 50% ของเวลาปานกลางซึ่งเกิดขึ้นประมาณ 11% – 27% ของเวลารุนแรงซึ่งเกิดขึ้นประมาณ 5% – 10% ของเวลา และรุนแรงมากซึ่งจะเกิดขึ้นประมาณ 4% ของเวลา ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยอุณหภูมิรายเดือนและปริมาณฝน ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและปริมาณฝนอย่างครบถ้วน

2) ดัชนีอุปทานอ่างเก็บน้ำมาตรฐาน (Standardized Reservoir Supply Index, SRSI) มีลักษณะคล้ายกับค่าดัชนี SPI โดยอาศัยข้อมูลรายเดือนสำหรับการคำนวณฟังก์ชันการกระจายความน่าจะเป็นของข้อมูลการเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำ ข้อมูลเกี่ยวกับน้ำประปาในภูมิภาคหรือน้ำในแอ่ง ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยปริมาณน้ำรายเดือนที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและปริมาณพื้นที่เก็บกักน้ำเฉลี่ย

3) ดัชนีน้ำท่ามาตรฐาน (Standardized Streamflow Index, SSFI) พัฒนาโดยใช้ค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือนและวิธีการที่เกี่ยวข้องกับค่าดัชนี SPI ที่ทำให้เป็นมาตรฐาน โดยสามารถคำนวณได้ทั้งข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการคาดการณ์ และให้มุมมองเกี่ยวกับช่วงเวลาการไหลสูงและต่ำที่เกี่ยวข้องกับภัยแล้งและน้ำท่วม ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันหรือรายเดือน

4) ดัชนีระดับน้ำมาตรฐาน (Standardized Water-level Index, SWI) เป็นตัวบ่งชี้ภัยแล้งที่ใช้ข้อมูลบ่อบาดาลหรือที่กักเก็บน้ำที่อยู่ในชั้นหินใต้ดินเพื่อประเมินความสมดุลของน้ำใต้ดิน ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยระดับน้ำในบ่อบาดาล

5) ดัชนีความแห้งแล้งปริมาณน้ำท่า (Streamflow Drought Index, SDI) ใช้ค่าน้ำท่ารายเดือนและวิธีการที่เกี่ยวข้องกับค่าดัชนี SPI สำหรับการพัฒนาดัชนีภัยแล้งตามข้อมูลปริมาณน้ำท่า โดยให้ผลลัพธ์คล้ายกับค่าดัชนี SPI ซึ่งสามารถใช้ในการตรวจสอบได้ทั้งช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือน

6) ดัชนีการจ่ายน้ำผิวดิน (Surface Water Supply Index, SWSI) มีหลักการพิจารณาคล้ายกับค่าดัชนี PDSI แต่ใช้ข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ข้อมูลน้ำประปา รวมถึงข้อมูลอ่างเก็บน้ำ โดยสามารถทำการคำนวณในระดับลุ่มน้ำ ซึ่งค่าดัชนี SWSI จะสามารถระบุระดับความรุนแรงได้ เช่น มาก (26% – 50%) ปานกลาง (14% – 26%) เล็กน้อย (2% – 14%) และไม่รุนแรง (2%) ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ น้ำท่า และปริมาณฝน

7) ดัชนีความแห้งกร้านรวม (Aggregate Dryness Index, AD) เป็นดัชนีความแห้งแล้งในภูมิภาคที่ใช้หลายตัวแปรในการดูแหล่งน้ำทั้งหมดในหลายๆ ช่วงเวลาและผลกระทบที่ได้รับ โดยเป็นดัชนีที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้กับสภาพภูมิอากาศที่มีความแปรปรวนน้อย ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วย การคายระเหย การไหลของน้ำ การเก็บกักน้ำ และความชื้นในดิน

ในขณะที่รายละเอียดของการเปรียบเทียบคุณสมบัติของดัชนีความแห้งแล้งทางอุทกวิทยาสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.2.11-1

ตารางที่ 3.2.11-1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของดัชนีความแห้งแล้งทางอุทกวิทยา

ที่	ชื่อดัชนี	ระดับการใช้งาน	ปัจจัยที่ใช้พิจารณา	จุดแข็ง	จุดอ่อน
1	ดัชนีภัยแล้งทางอุทกวิทยาของพาลเมอร์ (Palmer Hydrological Drought Severity Index, PHDI)	เหลือง	อุณหภูมิรายเดือนและปริมาณฝน ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน จำเป็นต้องมีการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและปริมาณฝนอย่างครบถ้วน	วิธีการสมมูลน้ำของดัชนีช่วยให้ระบบน้ำทั้งหมดได้รับการพิจารณา	ความถี่จะแตกต่างกันไปตามภูมิภาคและช่วงเวลาของปี ซึ่งภัยแล้งที่รุนแรงอาจไม่เป็นเหตุการณ์ที่หายากในบางเดือนของปี ผลกระทบของอิทธิพลของมนุษย์ เช่น การตัดสินใจในการจัดการและการชลประทานไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาในการคำนวณ
2	ดัชนีอุปทานอ่างเก็บน้ำมาตรฐาน (Standardized Reservoir Supply Index, SRSI)	เหลือง	ปริมาณน้ำรายเดือนไหลเข้าอ่างเก็บน้ำและข้อมูลปริมาณพื้นที่อ่างเก็บน้ำเฉลี่ย	ง่ายต่อการคำนวณเนื่องจากเลียนแบบการคำนวณ SPI โดยใช้การแจกแจงแกมมา มาตรฐานของฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น	ไม่คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการจัดการของอ่างเก็บน้ำและการสูญเสียอันเนื่องมาจากการระเหย
3	ดัชนีน้ำท่ามาตรฐาน (Standardized Streamflow Index, SSFI)	เหลือง	ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันหรือรายเดือน	ง่ายต่อการคำนวณโดยใช้โปรแกรม SPI ข้อมูลนำเข้าตัวแปรเดียวที่ช่วยให้ข้อมูลที่หายไปทำให้ใช้งานง่าย	พิจารณาเฉพาะข้อมูลปริมาณน้ำท่าในการตรวจสอบความแห้งแล้ง ไม่ตรวจสอบอิทธิพลของปัจจัยด้านอื่นๆ
4	ดัชนีระดับน้ำมาตรฐาน (Standardized Water-level Index, SWI)	เหลือง	ระดับน้ำในบ่อบาดาล	ผลกระทบจากภัยแล้งต่อน้ำใต้ดินเป็นองค์ประกอบสำคัญในแหล่งน้ำทางการเกษตรและชุมชน	ไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของทั้งภูมิภาคได้ และไม่สามารถใช้ได้กับทุกสภาพอากาศ

ที่	ชื่อดัชนี	ระดับการใช้งาน	ปัจจัยที่ใช้พิจารณา	จุดแข็ง	จุดอ่อน
5	ดัชนีความแห้งแล้งปริมาณน้ำท่า (Streamflow Drought Index, SDI)	เหลือง	ค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือนและข้อมูลย้อนหลัง	ใช้งานกันอย่างกว้างขวางและใช้งานง่าย อนุญาตให้มีข้อมูลที่ขาดหายไปและยังมีการเก็บข้อมูลน้ำท่ามากขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะแม่นยำขึ้น เช่นเดียวกับ SPI สามารถตรวจสอบเวลาต่างๆ ได้	ข้อมูลนำเข้าเดียว (น้ำท่า) ไม่ได้คำนึงถึงความต่อเนื่องของข้อมูล ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้
6	ดัชนีการจ่ายน้ำผิวดิน (Surface Water Supply Index, SWSI)	เหลือง	ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ น้ำท่า ก้อนหิมะและปริมาณฝน	การคำนึงถึงแหล่งน้ำเติมรูปแบบของกลุ่มน้ำเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีเกี่ยวกับสภาพทางอุทกวิทยาโดยรวมของกลุ่มน้ำหรือภูมิภาคนั้นๆ	เมื่อแหล่งข้อมูลเปลี่ยนแปลงหรือรวมข้อมูลเพิ่มเติมดัชนีทั้งหมดจะต้องได้รับการคำนวณใหม่เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ ทำให้ยากต่อการสร้างอนุกรมเวลาที่เป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจากการคำนวณอาจแตกต่างกันระหว่างแอ่งดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะเปรียบเทียบแอ่งหรือภูมิภาคที่เป็นเนื้อเดียวกัน
7	ดัชนีความแห้งกร้านรวม (Aggregate Dryness Index, ADI)	แดง	การเร่งรัดการคายระเหย การไหลของน้ำ การเก็บกักน้ำ ความชื้นในดินและปริมาณน้ำหิมะ ข้อมูลนำเข้าจะใช้เฉพาะเมื่อภูมิภาคซึ่งคำนวณ ADI นั้นมีตัวแปรอยู่	คำนึงถึงน้ำที่เก็บไว้รวมทั้งความชื้นที่มาจากการตกตะกอน	ไม่คำนึงถึงอุณหภูมิหรือน้ำใต้ดิน

3.2.12 ดัชนีความแห้งแล้งจากข้อมูลอนุพันธ์ภาพจากดาวเทียม

การประยุกต์การสำรวจระยะไกลเพื่อประเมินความแห้งแล้งมักเป็นการวิเคราะห์หาข้อมูลอนุพันธ์ภาพจากดาวเทียมสำรวจโลกที่สามารถสะท้อนสภาวะความแห้งแล้งของพื้นที่ได้ ทั้งนี้เพราะลักษณะทางซีพลักษณ์ที่แตกต่างกันของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นที่ล้วนมีความสัมพันธ์กับรูปแบบเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของความแห้งแล้ง เนื่องจากพืชจะตอบสนองต่อการขาดน้ำ เช่น เกิดการเหี่ยวเฉา หรือการทิ้งใบ การสังเกตการตอบสนองการขาดน้ำของพืชบริเวณที่ปกคลุมไปด้วยป่าผลัดใบเกือบทุกภูมิภาคของประเทศไทย หรือการเลือกปลูกพืชเกษตรพื้นเมืองหลายชนิดของเกษตรกรรมภูมิปัญญาที่สั่งสมมาสะท้อนเรื่องความสามารถของพืชที่ทนต่อการขาดน้ำได้แตกต่างกันอันเนื่องมาจากความแห้งแล้งในรอบปี ดังนั้น การประเมินความแห้งแล้งจึงสามารถใช้ลักษณะปรากฏของพืชพรรณที่ตรวจวัดได้จากการสำรวจด้วยดาวเทียมเป็นตัวบ่งชี้ได้ เทคโนโลยีการสำรวจด้วยดาวเทียมจึงเป็นทางเลือกที่ดีในการติดตามรูปแบบความแห้งแล้งได้ทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาที่เท่าทันต่อการรับสถานการณ์ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2559)

สำหรับประเทศไทย พบว่ามีรายงานการประยุกต์ใช้ข้อมูลอนุพันธ์ภาพจากดาวเทียมเพื่อการศึกษาเกี่ยวกับพืชพรรณ ความชื้น อุณหภูมิพื้นผิว ไฟป่า และความแห้งแล้ง ทั้งในระดับการศึกษาวิจัยและการดำเนินการตามภารกิจของหน่วยงาน แต่อย่างไรก็ตาม หลายการศึกษาในอดีตระบุว่าข้อมูลอนุพันธ์จากดาวเทียมเพียงอย่างเดียวสะท้อนความแห้งแล้งของพื้นที่ได้ไม่สมบูรณ์นัก จึงยังมีความพยายามที่จะนำดัชนีความแห้งแล้งรูปแบบต่างๆ มาใช้ร่วมกัน นอกจากนี้ก็มีการพัฒนาดัชนีแบบใหม่ๆ หรือดัดแปลงจากดัชนีที่มีอยู่ให้เหมาะสมขึ้นตามเทคโนโลยีการสำรวจด้วยดาวเทียมที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เทคนิคที่มีการใช้อนุพันธ์ข้อมูลภาพจากดาวเทียมที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณและความชื้นในลักษณะของการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลย้อนอดีตเป็นช่วงเวลายาวๆ จะให้ผลการประเมินความแห้งแล้งของพื้นที่ได้แม่นยำขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีที่ใช้ข้อมูลภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว อีกทั้งมีข้อดีที่สามารถให้ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ละเอียดขึ้น ดังตัวอย่างในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ใช้ดัชนีความแห้งแล้งที่ได้จากอนุพันธ์ข้อมูลภาพจากดาวเทียมในลักษณะของการประกอบชุดข้อมูลดัชนีพืชพรรณในคาบเวลาหนึ่งเข้าด้วยกัน กล่าวคือ ทำการเก็บค่าดัชนีพืชพรรณของพื้นที่หนึ่งๆ ณ เวลาหนึ่งที่ต่อเนื่องกันเป็นช่วงเวลาตามกำหนดเพื่อแสดงค่าที่ดีที่สุดเป็นค่าตัวแทนของพื้นที่นั้นๆ เรียกดัชนีรูปแบบนี้ว่า ดัชนีเชิงประกอบ หรือดัชนีคอมโพสิท (Composite index) และมีการใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาย้อนอดีตเพื่อเปรียบเทียบให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของความผิดปกติ โดยพิจารณาค่าปัจจุบันที่เบนห่างไปจากค่าปกติ และแสดงระดับของความแตกต่างเป็นร้อยละได้ ทำให้ง่ายต่อการตีความหมาย ดัชนีดังกล่าวได้มาจากการทำข้อมูลอนุพันธ์ภาพจากดาวเทียมประเภทโคจรผ่านขั้วโลก (Polar Orbit Earth Observation Satellites, POES) ที่สามารถบันทึกข้อมูลภาพพื้นที่หนึ่งๆ ได้ทุกวันและครอบคลุมได้ทั้งโลก โดยมีการบันทึกภาพในหลายช่วงคลื่นที่อยู่ในช่วงคลื่นตามองเห็น และช่วงคลื่นอินฟราเรด โดยผู้ศึกษาได้ทำการรวบรวมดัชนีความแห้งแล้งที่ได้จากข้อมูลอนุพันธ์ภาพจากดาวเทียม (WMO and GWP, 2016) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ดัชนีภัยแล้งทางอุทกวิทยาของพาลเมอร์ (Palmer Hydrological Drought Severity Index, PHDI) เป็นค่าดัชนีที่ได้จากการวัดปริมาณความชื้นในดินว่ามีมากขึ้นในดินอยู่ในระดับที่พืชจำเป็นต้องใช้ในการเจริญเติบโตหรือไม่ โดยที่ความสำเร็จในการวัดความชื้นในดินนั้นจะขึ้นอยู่กับสะท้อนหรือปล่อยรังสีในรูปแบบต่างๆ ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยการสะท้อนหรือปล่อยรังสีจากการวัดปริมาณความชื้นในดิน

2) ดัชนีความแตกต่างพืช (Normalized Differential Vegetation Index, NDVI) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของการสะท้อนแสง ช่วงคลื่น Near infrared และค่าการสะท้อนแสงช่วงคลื่นของสีแดง (Red) ค่าของ NDVI จะมีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ -1 ถึง +1 บริเวณที่ค่าของ NDVI มีค่าน้อยกว่า 0 หรือมีค่า

เข้าใกล้ -1 จะเป็นการแสดงถึงพื้นที่ที่เป็นน้ำ ในบริเวณที่ค่าของ NDVI มีค่าเข้าใกล้ 0 จะเป็นการแสดงถึงพื้นที่ที่มีพืชพรรณสีเขียวอ่อนหรือเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง และถ้าค่าของ NDVI มีค่าเข้าใกล้ +1 จะเป็นการแสดงถึงพื้นที่ที่มีพืชพันธุ์ปกคลุมอยู่มาก แต่ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บวิเคราะห์โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมทำให้ได้รับอิทธิพลจากเมฆหรือหมอกในชั้นบรรยากาศส่งผลให้ค่าที่อ่านอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยค่าของการสะท้อนแสง

3) ดัชนีความแตกต่างความชื้น (Normalized Differential Water Index, NDWI) เป็นดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบระดับความชื้นของแหล่งน้ำ ดิน และพืชพันธุ์ จากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่สะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) และช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น (SWIR) ดัชนี NDWI วิเคราะห์ได้จากผลิตภัณฑ์ MYD09A1 จากดาวเทียม Aqua ระบบ MODIS ซึ่งเป็นข้อมูลการสะท้อนแสงของชั้นบรรยากาศ เมฆ และประมวลผลด้วย Time Series Product Tool (TSPI) เพื่อลดสัญญาณรบกวนและแก้ไขช่องว่างของข้อมูล NDWI มีค่า -1 ถึง +1 โดยค่าบวกแสดงถึง บริเวณแหล่งน้ำ ค่าลบ แสดงถึง ลักษณะที่ไม่ใช่ น้ำ เช่น พืชพันธุ์ พื้นที่เปิดโล่ง ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยระดับความชื้นของแหล่งน้ำ ดิน และพืชพันธุ์ จากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่สะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

4) ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิวดิน (Land Surface Temperature, LST) เป็นความร้อนที่สะท้อนจากพื้นผิวของสภาพภูมิประเทศรวมทั้งเรือนยอดที่ปกคลุมผิวดิน และบริเวณที่ไม่มีพืชปกคลุมผิวดิน อุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายดาวเทียมได้จากการรังสีความร้อนที่ตรวจวัดโดยดาวเทียมแสดงในรูปแบบของอุณหภูมิ ดัชนี LST ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Aqua ระบบ MODIS โดยอุณหภูมิพื้นผิวที่มีพืชพันธุ์ปกคลุมมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าศักยภาพการระเหยของพืช (Potential Evapotranspiration, PET) และมีความสัมพันธ์โดยอ้อมกับปริมาณความชื้นในดินบริเวณรากพืช ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยอุณหภูมิพื้นผิว

5) ดัชนีสถานะอุณหภูมิ (Temperature Condition Index, TCI) เป็นดัชนีที่คำนวณได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่บันทึกในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (10.3-11.3) ค่า TCI สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการติดตามสภาพความแห้งแล้งได้ดีกว่าค่า NDVI และ VCI โดยเฉพาะในกรณีที่มีความชื้นในดินมากเกินไป อันเนื่องมาจากปริมาณฝนที่ตกหนักหรือสภาพที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมเป็นระยะเวลายาวนาน ในสภาพดังกล่าวส่งผลให้ค่า NDVI ลดลง และ VCI มีค่าต่ำ ซึ่งจะทำให้เกิดการตีความหมายที่ผิดพลาดได้ว่าบริเวณที่ศึกษานั้นอยู่ในสภาวะแห้งแล้งได้ ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่บันทึกในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน

6) ดัชนีสถานะพืช (Vegetation Condition Index, VCI) เป็นดัชนีที่ชี้สภาพพืชพรรณปัจจุบันว่าอยู่ในระดับที่แตกต่างไปจากปกติน้อยเพียงใด โดยอาศัยข้อมูลในอดีตเป็นการใช้อินพุต NDVI หลักการของดัชนี VCI เป็นการวิเคราะห์ช่วงค่ามาตรฐานที่พิจารณาสถานะของค่า NDVI ณ เวลาปัจจุบันที่สนใจว่าอยู่ในตำแหน่งใดในช่วงค่า NDVI ต่ำสุดกับค่า NDVI สูงสุดสำหรับพื้นที่หนึ่งๆ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบรายจุดภาพ ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยข้อมูลดาวเทียม AVHRR

7) ดัชนีสถานะความอุดมสมบูรณ์ของพืช (Vegetation Health Index, VHI) จะอาศัยข้อมูลจากดาวเทียมระบบ AVHRR ในช่วงคลื่นตามองเห็น ช่วงคลื่นอินฟราเรด และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ซึ่งสามารถตรวจสอบผลกระทบทางการเกษตรที่เกิดจากความเครียดของพืชในภาวะความแห้งแล้งได้ ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยข้อมูลดาวเทียม AVHRR

8) ดัชนีปรับปรุงพืชพรรณ (Enhanced Vegetation Index, EVI) การตรวจสอบพืชพรรณดาวเทียมโดยใช้ Radiometer ความละเอียดสูงขั้นสูง (AVHRR) เพื่อคำนวณ NDVI มีประโยชน์มาก EVI ใช้เทคนิคเดียวกันกับ NDVI จากการทดสอบนำข้อมูลจากดาวเทียม MODIS มาใช้ในการคำนวณหาดัชนี EVI

และ ดัชนี NDVI เปรียบเทียบกับข้อมูลจากระบบ AVHRR พบว่าดัชนี EVI ที่ได้จากข้อมูล AVHRR มีการตอบสนองต่อลักษณะของเรือนยอดของพืชได้ดีกว่า และยังมีความสัมพันธ์ต่อความเครียดของพืชที่เกิดจากความแห้งแล้งได้อีกด้วย ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยข้อมูลดาวเทียม MODIS

9) ดัชนีความเปราะบางจากความแห้งแล้ง (Drought Vulnerability Index, DVI) ใช้เป็นองค์ประกอบในปัจจัยหลักในการสร้างดัชนีเสี่ยงภัยแล้ง สามารถสร้างได้จากการให้ค่าคะแนนเพื่อถ่วงน้ำหนักกับปัจจัยย่อยต่างๆ ที่เชื่อมั่นได้ว่าสะท้อนถึงความเสี่ยงต่อความแห้งแล้งในพื้นที่ ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยค่า QI และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

10) ดัชนีความรุนแรงความแห้งแล้ง (Drought Hazard Index, DHI) ใช้เป็นองค์ประกอบปัจจัยหลักในการสร้างดัชนีเสี่ยงภัยแล้ง ที่สามารถสร้างได้จากการให้ค่าคะแนนเพื่อถ่วงน้ำหนักกับปัจจัยย่อยต่างๆ ที่เชื่อมั่นได้ว่าส่งผลต่อความรุนแรงของความแห้งแล้งในพื้นที่ ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยปริมาณฝนและค่าดัชนีสถานะความอุดมสมบูรณ์ของพืช (VHI)

11) ดัชนีการสำรวจความแห้งแล้ง (Drought Reconnaissance Index, DRI) จะอาศัยสมการสมดุลน้ำ โดยพิจารณาจากปริมาณฝนและการระเหยกลายเป็นไอ มีผลลัพธ์ ได้แก่ ค่าเริ่มต้น ค่าปกติและมาตรฐาน ค่า DRI ที่เป็นมาตรฐานคล้ายคลึงกับ SPI และสามารถนำมาเปรียบเทียบกับ SPI ได้โดยตรง อย่างไรก็ตาม DRI นั้นเป็นตัวแทนมากกว่า SPI เนื่องจากมีการพิจารณาความสมดุลของน้ำเต็มรูปแบบแทนปริมาณฝนเพียงอย่างเดียว ในส่วนของปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะประกอบด้วยอุณหภูมิรายเดือนและค่าปริมาณฝน

โดยที่ตารางที่ 3.2.12-1 จะแสดงถึงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของดัชนีความแห้งแล้งจากข้อมูลดาวเทียม

ตารางที่ 3.2.12-1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติดัชนีความแห้งแล้งจากดาวเทียม

ที่	ชื่อดัชนี	ระดับการใช้งาน	ปัจจัยที่ใช้พิจารณา	จุดแข็ง	จุดอ่อน
1	ดัชนีความแห้งแล้งจากความชื้นในดิน (Soil Moisture Estimate, SMESS)	เขียว	การสะท้อนหรือปล่อยรังสีจากการวัดปริมาณความชื้นในดิน	ดัชนีที่ได้จากการวัดปริมาณความชื้นในดินว่ามีความชื้นในดินอยู่ในระดับที่พืชจำเป็นต้องใช้ในการเจริญเติบโตหรือไม่	มีเทคนิคที่ลักษณะใช้งานแตกต่างกัน
2	ดัชนีความแตกต่างพืช (Normalized Differential Vegetation Index, NDVI)	เขียว	ค่าของการสะท้อนแสง	เป็นการนำค่าความแตกต่างของการสะท้อนของพื้นผิวดินระหว่างช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้กับช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดงมาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกทั้งสองช่วงคลื่น	การเก็บวิเคราะห์โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมทำให้ได้รับอิทธิพลจากเมฆหรือหมอกในชั้นบรรยากาศส่งผลให้ค่าที่อ่านอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้
3	ดัชนีความแตกต่างความชื้น (Normalized Differential Water Index, NDWI)	เขียว	ระดับความชื้นของแหล่งน้ำ ดิน และพืชพันธุ์ จากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่สะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้	ใช้ในการตรวจสอบระดับความชื้นของแหล่งน้ำ ดิน และพืชพันธุ์จากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่สะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) และช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น (SWIR)	เหมาะกับการใช้เกี่ยวกับความชื้น
4	ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิวดิน (Land Surface Temperature, LST)	เขียว	อุณหภูมิพื้นผิว	อุณหภูมิพื้นผิวจากภาพถ่ายดาวเทียมได้จากรังสีความร้อนที่ตรวจวัดโดยดาวเทียมแสดงในรูปแบบของอุณหภูมิ	เหมาะกับการใช้เกี่ยวกับดิน

ที่	ชื่อดัชนี	ระดับการใช้งาน	ปัจจัยที่ใช้พิจารณา	จุดแข็ง	จุดอ่อน
5	ดัชนีสถานะอุณหภูมิ (Temperature Condition Index, TCI)	เขียว	ข้อมูลดาวเทียมที่ บันทึกในช่วงคลื่น อินฟราเรดความร้อน	สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการ ติดตามสภาพความแห้งแล้งได้ ดีกว่าค่า NVDI และ VCI โดยเฉพาะในกรณีที่มีความชื้นใน ดินมากเกินไป อันเนื่องมาจาก ปริมาณฝนที่ตกหนักหรือสภาพที่ ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมเป็น ระยะเวลายาวนาน	ศักยภาพในการประเมินของเมฆ รวมถึงช่วงเวลาสั้นๆ ของการ บันทึก
6	ดัชนีสถานะพืช (Vegetation Condition Index, VCI)	เขียว	ข้อมูลดาวเทียม AVHRR	ความละเอียดสูงและการ ครอบคลุมเชิงพื้นที่ที่ดี	ศักยภาพในการประเมินของเมฆ รวมถึงช่วงเวลาสั้นๆ ของการ บันทึก
7	ดัชนีสถานะความอุดมสมบูรณ์ ของพืช (Vegetation Health Index, VHI)	เขียว	ข้อมูลดาวเทียม AVHRR	ครอบคลุมทั่วโลกด้วยความ ละเอียดสูง	ช่วงเวลาของการบันทึกข้อมูล ดาวเทียมนั้นสั้น
8	ดัชนีปรับปรุงพืชพรรณ (Enhanced Vegetation Index , EVI)	เขียว	ข้อมูลดาวเทียมMODIS	ความละเอียดสูงและครอบคลุม พื้นที่ได้ดีทั่วทุกพื้นที่	ความเครียดต่อพืชที่ปกคลุมด้วย หลังคาอาจเกิดจากผลกระทบ อื่นๆ นอกเหนือจากภัยแล้งและ เป็นการยากที่จะแยกแยะว่าใช้ EVI เพียงอย่างเดียว ช่วงเวลาของ การบันทึกข้อมูลดาวเทียมนั้นสั้น เนื่องจากความยากในการศึกษา ภูมิอากาศ

ที่	ชื่อดัชนี	ระดับการใช้งาน	ปัจจัยที่ใช้พิจารณา	จุดแข็ง	จุดอ่อน
9	ดัชนีความเปราะบางจากความแห้งแล้ง (Drought Vulnerability Index, DVI)	เขียว	ค่า QI และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	มีการรับสัญญาณแบบรายวันทำให้ได้ข้อมูลที่ทันสมัย	การใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ปรากฏในชุดข้อมูลดังกล่าวยึดตาม IGBP ซึ่งไม่สอดคล้องกับระบบการจำแนกประเภทของประเทศไทยนัก ดังนั้นการสะท้อนความเปราะบางอาจให้ผลไม่ดีเท่าที่ควร
10	ดัชนีความรุนแรงความแห้งแล้ง (Drought Hazard Index, DHI)	เขียว	ปริมาณฝนและค่าดัชนีสถานะความอุดมสมบูรณ์ของพืช (VHI)	ประกอบด้วยปัจจัยย่อย 2 ปัจจัยทางด้านอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลอนุพันธ์ภาพจากดาวเทียม ได้แก่ ดัชนี SPI (Standardized Precipitation Index) วิเคราะห์ได้จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และดัชนี VHI ตามแนวทางการวิเคราะห์ที่ใช้ประเมินความแห้งแล้งในระดับประเทศ ที่อยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ NDVI แบบอนุกรมเวลา	หากขาดปัจจัยที่ใช้ในการคำนวณ อาจทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์และถูกต้อง

ที่	ชื่อดัชนี	ระดับการใช้งาน	ปัจจัยที่ใช้พิจารณา	จุดแข็ง	จุดอ่อน
11	ดัชนีการสำรวจความแห้งแล้ง (Drought Reconnaissance Index, DRI)	เขียว	อุณหภูมิรายเดือนและค่า ปริมาณฝน	มีการรับสัญญาณแบบรายวันทำ ให้ได้ข้อมูลที่ทันสมัย	การใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ ปรากฏในชุดข้อมูลดังกล่าวยึด ตาม IGBP ซึ่งไม่สอดคล้องกับ ระบบการจำแนกประเภทของ ประเทศไทยนัก ดังนั้นการสะท้อน ความเปราะบางอาจให้ผลไม่ดี เท่าที่ควร

3.2.13 ตัวอย่างการใช้งานดัชนีความแห้งแล้งในต่างประเทศ

การวิเคราะห์ดัชนีภัยแล้งของแต่ละประเทศมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขและปัจจัยของแต่ละประเทศ (WMO and GWP, 2016) โดยมีรายละเอียดของตัวอย่างการใช้งานดัชนีความแห้งแล้งในต่างประเทศดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.2.13-1

ตารางที่ 3.2.13-1 ตัวอย่างการใช้งานดัชนีความแห้งแล้งในต่างประเทศ

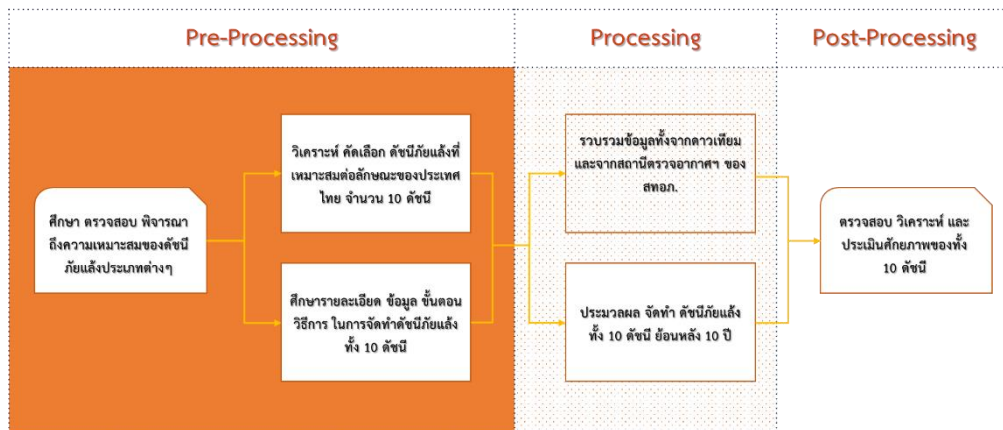
ที่	ประเทศ	ดัชนี
1	Argentina	Standardized Precipitation Index, Quintiles, Soil hydric balance, Probability of occurrence, Maximum period of days without precipitation
2	Australia	Standardized Precipitation Index, Percent of Normal Index
3	Austria	Standardized Precipitation Index, Rainfall deciles
4	Belarus	Standardized Precipitation Index, Rainfall deciles, Belarus Models of productivity of agricultural crops, Shashko moisture index, Protserova moisture measurement, Moisture reserves in soil, Number of days in month with relative humidity 30%
5	Belgium	Meteorological drought, Precipitation deficit
6	Belize	Standard Precipitation Index
7	Bosnia and Herzegovina	Standardized Precipitation Index, Hydro-thermal Coefficient (Selyaninov), Aridity Index, Palmer Drought Severity Index, Precipitation percentage of normal, Reference evapotranspiration, Water balance in soil
8	Brazil	Standardized Precipitation Index, Palmer Drought Severity Index, Standardized Evapotranspiration Index, Crop Moisture Index, Deciles and quintiles, Crop-specific drought indices
9	Bulgaria	Soil Moisture Index, Aridity Index, Thornthwaite Index, Standardized Precipitation Index, Palmer Drought Severity Index, Selyaninov's Hydro-thermal Coefficient
10	Canada	Standardized Precipitation Index, Vegetation Drought Response Index, Precipitation departure, Palmer Drought Severity Index, Blended indices used in test model
11	Chile	Standardized Precipitation Index, Normalized Difference Vegetation Index, Percentage of normal precipitation
12	China	Crop Water Deficit Index, Soil Moisture Index, Precipitation Abnormal Index, Precipitation Abnormal Index
13	Côte d'Ivoire	Water Satisfaction Requirements Index, Water balance
14	Croatia	Standardized Precipitation Index, Monitoring of dry/wet conditions and prediction seven days ahead, Cumulative precipitation, Walter diagram, Monthly temperature and precipitation anomalies
15	Cyprus	Standardized Precipitation Index, Bhalme-Mooley Drought Intensity Index

ที่	ประเทศ	ดัชนี
16	Czech Republic	Agro-meteorological drought, Actual and potential evapotranspiration and soil moisture modelling with operational water balance model, Climatic water balance, Percentage of precipitation compared with normal value, Hydrological measures (for example, streamflow and reservoir levels)
17	Democratic Republic of the Congo	Percentage of normal precipitation
18	Dominican Republic	Standard Precipitation Index
19	Germany	Standardized Precipitation Index, Standardized Temperature Index, Climatic Water Balance, Soil humidity expressed as plant-available water of field capacity at different depths
20	Greece	Standardized Precipitation Index, Palmer Drought Severity Index, Reclamation Drought Index, Palfai Drought Index
21	Hong Kong, China	Standardized Precipitation Index
22	Islamic Republic of Iran	Calculated daily: Effective Drought Index, Aridity Index, deciles, Percent of Normal Precipitation; Calculated weekly: Temperature Condition Index, Vegetation Condition Index, Vegetation Health Index; Calculated monthly: Standardized Precipitation Index, Reclamation Drought Index
23	India	Aridity Anomaly Index, Standardized Precipitation Index
24	Israel	Standardized Precipitation Index, Ratio of precipitation averages
25	Jamaica	Standardized Precipitation Index, Percentage of 30-year mean over two months
26	Jordan	Standardized Precipitation Index, Aridity Index
27	Kazakhstan	Hydro-thermal Coefficient of Selyaninov, Standardized Precipitation Index
28	Libya	Standardized Precipitation Index
29	Lithuania	Selyaninov's Hydro-thermal Coefficient, Standardized Precipitation Index
30	New Zealand	Days of soil moisture deficit, Standardized Precipitation Index, Depth of potential evapotranspiration deficit, Rainfall deciles and anomalies, Drought spatial assessments
31	Pakistan	Standardized Precipitation Index, Percent of Normal, Percentage departure, Normalized Difference Vegetation Index, Land surface temperature
32	Peru	Palmer Drought Severity Index, Standardized Precipitation Index, Standardized Runoff Index, Standardized Precipitation Evapotranspiration Index

บทที่ 4

การสนับสนุน พัฒนา และทดสอบดัชนีภัยแล้งในระดับพื้นที่ของ สทอภ. ให้มีความถูกต้อง

การดำเนินการศึกษาดัชนีภัยแล้งที่เหมาะสมกับประเทศไทย แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมการ (Pre-Processing) ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล (Processing) และขั้นตอนการประเมินผล (Post-Processing) โดยทั้ง 3 ขั้นตอนแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการศึกษาดัชนีภัยแล้งที่เหมาะสมกับประเทศไทย

4.1 การศึกษา ตรวจสอบ พิจารณาถึงความเหมาะสมของดัชนีภัยแล้งประเภทต่างๆ

ในส่วนนี้ได้ทำการศึกษาดัชนีความแห้งแล้งประเภทต่างๆ เช่น

- 1) ดัชนีความแห้งแล้งทางด้านอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ AI, KBDI, PNP, SPI, CZI, CMI, DRI, EDI, NDI, PDSI, SAI, SPEI, ARID, CSDI และ RDI
- 2) ดัชนีความผิดปกติของผิวดิน ได้แก่ SMA, ETDI และ SWS
- 3) ดัชนีภัยแล้งทางอุทกวิทยาทางอุทกวิทยา ได้แก่ PHDI, SRSI, SSFI, SWI, SDI, SWSI และ ADI
- 4) ดัชนีความแห้งแล้งจากข้อมูลอนุพันธ์ดาวเทียม ได้แก่ SMEST, NDVI, NDWI, LST, TCI, VCI, VHI และ EV

4.2 การวิเคราะห์และคัดเลือกดัชนีภัยแล้งที่เหมาะสมต่อลักษณะของประเทศไทย

ในการศึกษานี้ ได้ทำการวิเคราะห์และคัดเลือกดัชนีภัยแล้งที่เหมาะสมต่อลักษณะของประเทศไทย จำนวนทั้งสิ้น 10 ดัชนี โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ดัชนีความรุนแรงความแห้งแล้ง Drought Hazard Index (DHI)
- 2) ดัชนีเสี่ยงภัยแล้ง (Drought Risk Index, DRI)
- 3) ดัชนีความเปราะบางจากความแห้งแล้ง (Drought Vulnerability Index, DVI)
- 4) ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิวดิน (Land Surface Temperature, LST)
- 5) ดัชนีสถานะอุณหภูมิ (Temperature Condition Index, TCI)
- 6) ดัชนีสถานะพืช (Vegetation Condition Index, VCI)

- 7) ดัชนีสถานะความอุดมสมบูรณ์ของพืช (Vegetation Health Index, VHI)
- 8) ดัชนีปริมาณฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index, SPI)
- 9) ดัชนีความแตกต่างพืช (Normalized Differential Vegetation Index, NDVI)
- 10) ดัชนีความแตกต่างความชื้น (Normalized Differential Water Index, NDWI)

4.3 การศึกษารายละเอียด ข้อมูล ขั้นตอน และวิธีการในการจัดทำดัชนีภัยแล้ง

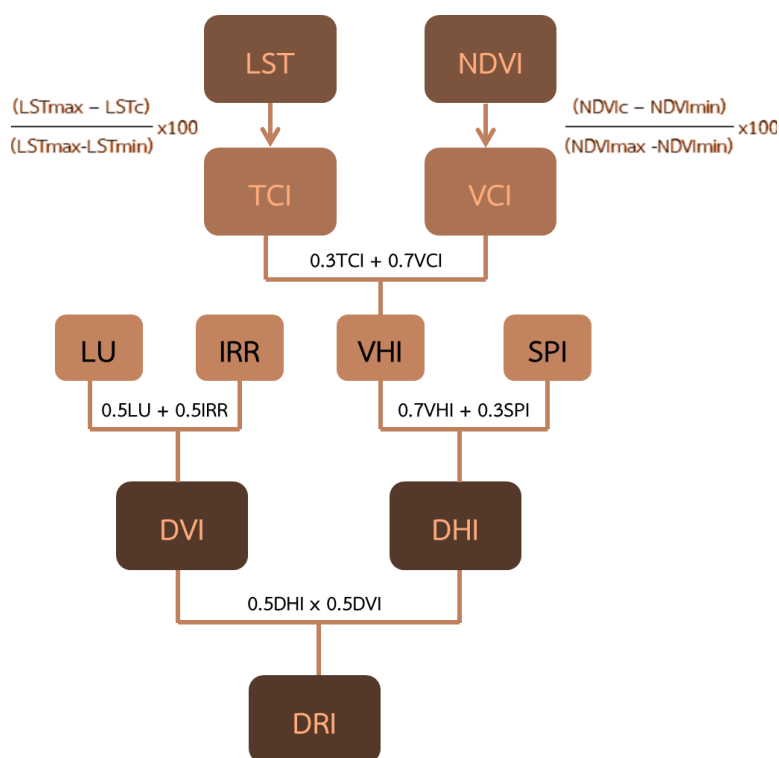
จากการศึกษารายละเอียดของดัชนีความแห้งแล้งทั้ง 10 ดัชนี ที่ได้คัดเลือกมานั้น มีรายละเอียดของข้อมูลนำเข้าของแต่ละดัชนี ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.3-1

ตารางที่ 4.3-1 รายละเอียดของข้อมูลนำเข้าสำหรับการประมวลผลของทั้ง 10 ดัชนี

ที่	ข้อมูลนำเข้า	แหล่งข้อมูล	ระยะเวลา (ช่วงปี พ.ศ.)
1	ข้อมูลปริมาณของน้ำฝนสะสม (รายเดือน)	สถานีตรวจวัดอากาศ 16 สถานี บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรมอุตุนิยมวิทยา	2533 – 2562
2	ข้อมูล MODIS แบบ NDVI	MODIS - Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m MOD13Q1 จำนวน 287 ภาพ และ MYD13Q1 จำนวน 288 ภาพ	2551 – 2562
3	ข้อมูล MODIS แบบ LST	MODIS Land Surface Temperature/Emissivity 8- Day L3 Global 1km MODIS MYD11A2 V6 จำนวน 552 ภาพ MODIS MOD11A2 V6 จำนวน 552 ภาพ	2551 – 2562
4	ข้อมูล MODIS ช่วงคลื่น Near Infrared และ ช่วงคลื่น Mid Infrared	MODIS - Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m MOD13Q1 จำนวน 287 ภาพ และ MYD13Q1 จำนวน 288 ภาพ	2551 – 2562
5	ข้อมูล LANDSAT-5 และ LANDSAT-8	LANDSAT-5 จำนวน 20 ภาพ LANDSAT-8 จำนวน 4 ภาพ	2533, 2538, 2543, 2548, 2553, 2558 และ 2563

4.4 การจัดเตรียมข้อมูลสำหรับสร้างดัชนีความแห้งแล้งทั้ง 10 ดัชนี

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดเตรียมข้อมูลทั้งในส่วนข้อมูลจากดาวเทียมและข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศ สำหรับการจัดทำและประเมินผลของดัชนีความแห้งแล้งทั้ง 10 ดัชนี ย้อนหลัง 12 ปี (ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562) ซึ่งรายละเอียดของผลลัพธ์แสดงในหัวข้อที่ 4.5 โดยรูปที่ 4.4-1 แสดงถึงภาพรวมของลำดับขั้นตอนในการประมวลผลของทั้ง 10 ดัชนี



รูปที่ 4.4-1 ภาพรวมของลำดับขั้นตอนในการประมวลผลของทั้ง 10 ดัชนี

4.5 การประมวลผลและจัดทำดัชนีภัยแล้งทั้ง 10 ดัชนี ย้อนหลัง 12 ปี

การประมวลผลและจัดทำดัชนีภัยแล้งที่ได้ทำการคัดเลือกมาทั้ง 10 ดัชนี ย้อนหลัง 12 ปี จะอาศัยข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศ และข้อมูลภาพจากดาวเทียมสำรวจโลกโคจรผ่านขั้วโลก (POES) ทั้งระบบ MODIS และ LANDSAT ที่สามารถนำข้อมูลย้อนอดีตรายสัปดาห์มาใช้ในโครงการฯ โดยย้อนไปได้ประมาณ 12 ปี ซึ่งปัจจุบันได้ดำเนินการวิเคราะห์ดัชนีภัยแล้งบริเวณลุ่มน้ำห้วยสามหมอกได้ดังตารางที่ 4.5-1 และสามารถแสดงแนวโน้มของแต่ละดัชนีได้ดังรูปที่ 4.5-1 – 4.5-11

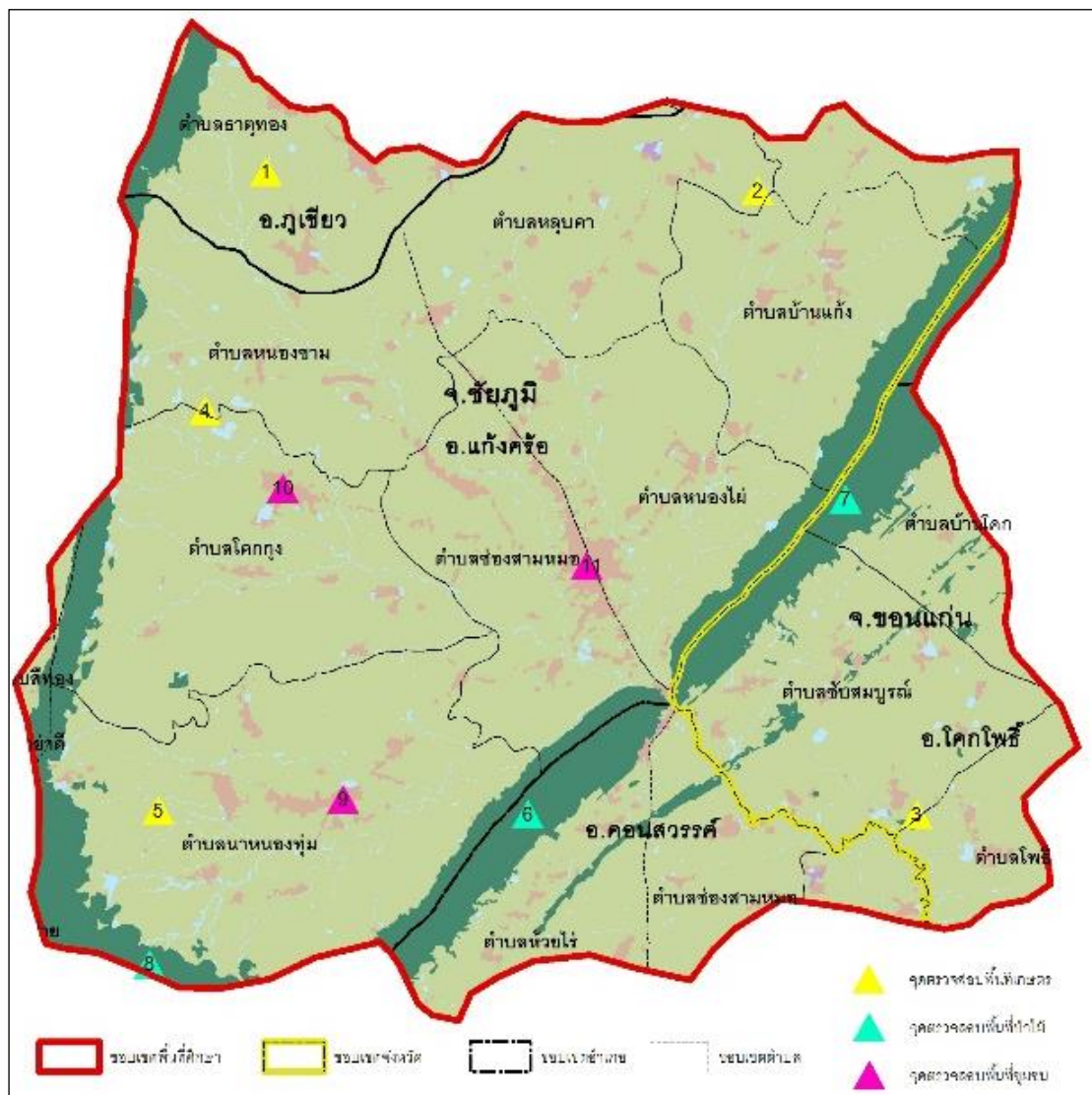
ตารางที่ 4.5-1 รายละเอียดของแต่ละดัชนีที่ดำเนินการวิเคราะห์

ที่	ดัชนีภัยแล้ง	ช่วงระหว่าง ปี พ.ศ.	ความถี่
1	Standardized Precipitation Index (SPI)	2551 – 2562	รายปี
2	Normalized Differential Water Index (NDWI)	2551 – 2562	ทุก 16 วัน
3	Land Surface Temperature (LST)	2551 – 2562	ทุก 8 วัน
4	Normalized Differential Vegetation Index (NDVI)	2551 – 2562	ทุก 16 วัน

ที่	ดัชนีภัยแล้ง	ช่วงระหว่าง ปี พ.ศ.	ความถี่
5	Temperature Condition Index (TCI)	2551 – 2562	ทุก 16 วัน
6	Vegetation Condition Index (VCI)	2551 – 2562	ทุก 16 วัน
7	Vegetation Health Index (VHI)	2551 – 2562	ทุก 16 วัน
8	Drought Hazard Index (DHI)	2551 – 2562	ทุก 16 วัน
9	Drought Vulnerability Index (DVI)	2548 – 2562	ทุก 5 ปี
10	Drought Risk Index (DRI)	2551 – 2562	ทุก 16 วัน

4.5.1 ตำแหน่งจุดที่ใช้ในการตรวจสอบดัชนี

ในการศึกษานี้ได้กำหนดจุดเพื่อตรวจสอบดัชนีทั้ง 10 ดัชนี โดยแยกเป็นพื้นที่เกษตรจำนวน 5 จุด พื้นที่ป่าไม้จำนวน 3 จุด และพื้นที่เมืองจำนวน 3 จุด (รูปที่ 4.5.1-1) ในขณะที่ตำแหน่งที่ตั้งของจุดตรวจสอบสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 4.5.1-1



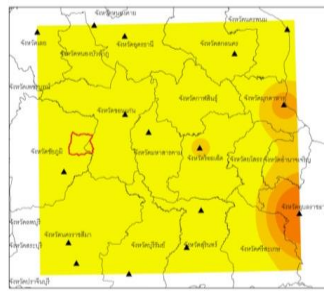
รูปที่ 4.5.1-1 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดที่ใช้ตรวจสอบดัชนีทั้ง 10 ดัชนี ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

ตารางที่ 4.5-2 ตำแหน่งที่ตั้งของจุดตรวจสอบทั้ง 11 จุด ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

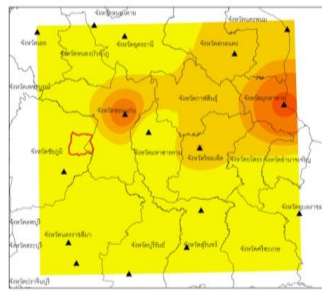
จุดที่	ประเภทของการใช้พื้นที่	ที่ตั้ง
1	พื้นที่เกษตร	ต.ธาตุทอง อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ
2	พื้นที่เกษตร	ต.หลุบคา อ.แก้งคร้อ จ.ชัยภูมิ
3	พื้นที่เกษตร	ต.ชัยสมบูรณ อ.โคกโพธิ์ไชย จ.ขอนแก่น
4	พื้นที่เกษตร	ต.หนองขาม อ.แก้งคร้อ จ.ชัยภูมิ
5	พื้นที่เกษตร	ต.นาหนองทุ่ม อ.แก้งคร้อ จ.ชัยภูมิ
6	พื้นที่ป่าไม้	ต.ห้วยไร่ อ.คอนสวรรค์ จ.ชัยภูมิ
7	พื้นที่ป่าไม้	ต.บ้านโคก อ.โคกโพธิ์ไชย จ.ขอนแก่น
8	พื้นที่ป่าไม้	ต.นาหนองทุ่ม อ.แก้งคร้อ จ.ชัยภูมิ
9	พื้นที่ชุมชน	ต.นาหนองทุ่ม อ.แก้งคร้อ จ.ชัยภูมิ
10	พื้นที่ชุมชน	ต.โคกสูง อ.แก้งคร้อ จ.ชัยภูมิ
11	พื้นที่ชุมชน	ต.ช่องสามหมอก อ.แก้งคร้อ จ.ชัยภูมิ

4.5.2 ดัชนีปริมาณฝนมาตรฐาน Standardized Precipitation Index (SPI)

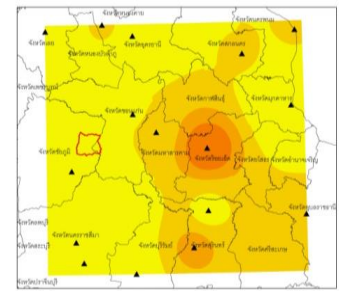
ดัชนีปริมาณฝนมาตรฐาน SPI เป็นดัชนีที่บ่งชี้ปริมาณของฝนมาตรฐานในช่วงเวลาที่สนใจ ซึ่งถือเป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญของการเกิดความแห้งแล้ง และเป็นดัชนีที่ได้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลดัชนี SPI คือ ข้อมูลน้ำฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 16 สถานี ระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562 ซึ่งรูปที่ 4.5.2-1 จะแสดงถึงดัชนี SPI ของแต่ละปีในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนรูปที่ 4.5.2-2 จะเป็นการเปรียบเทียบดัชนี SPI ตามจุดที่ตรวจสอบในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก จากรูปที่ 4.5.2-2 จะเห็นได้ว่าปีที่มีค่าดัชนี SPI ต่ำกว่า 0 จะประกอบด้วยปี พ.ศ. 2555 (ค.ศ. 2012) ปี พ.ศ. 2557 (ค.ศ. 2014) ปี พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 2015) ปี พ.ศ. 2561 (ค.ศ. 2018) และปี พ.ศ. 2562 (ค.ศ. 2019) ซึ่งสอดคล้องกับผลการประมวลผลดัชนี SPI ดังแสดงในรูปที่ 4.5.2-1 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าปี พ.ศ. ที่กล่าวมาข้างต้นมีความแห้งแล้งรุนแรงกว่าปีอื่นๆ



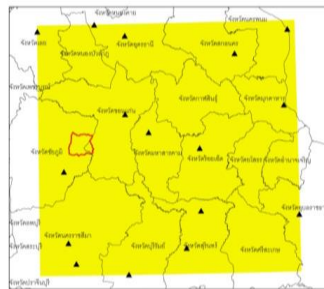
ปี พ.ศ. 2551



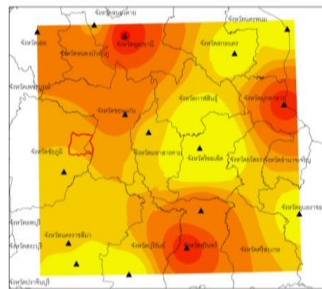
ปี พ.ศ. 2552



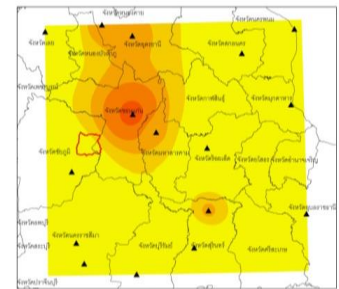
ปี พ.ศ. 2553



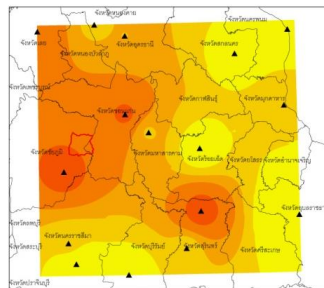
ปี พ.ศ. 2554



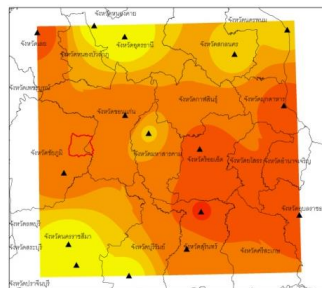
ปี พ.ศ. 2555



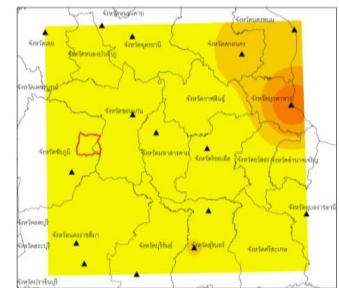
ปี พ.ศ. 2556



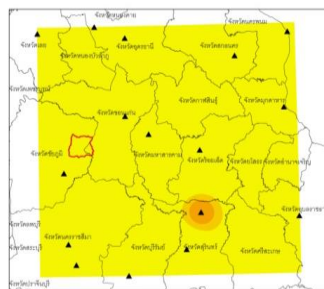
ปี พ.ศ. 2557



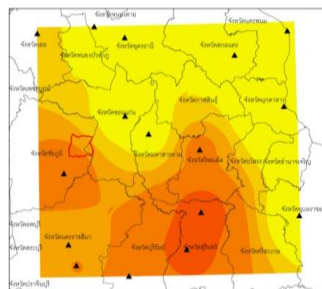
ปี พ.ศ. 2558



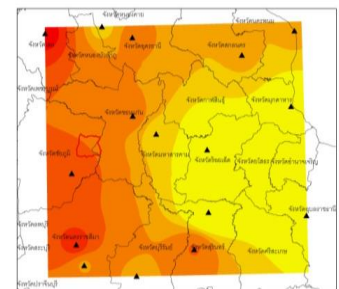
ปี พ.ศ. 2559



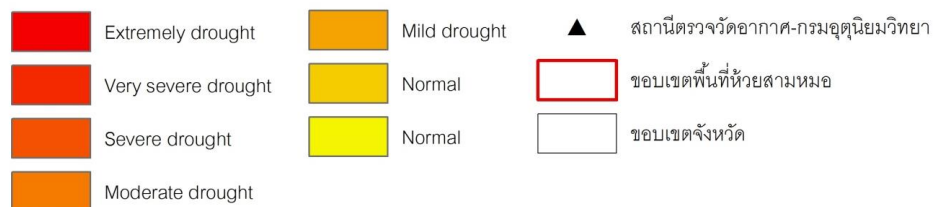
ปี พ.ศ. 2560



ปี พ.ศ. 2562



ปี พ.ศ. 2563



รูปที่ 4.5.2-1 ดัชนีปริมาณฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index, SPI) ปี พ.ศ. 2551 – 2562 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอ

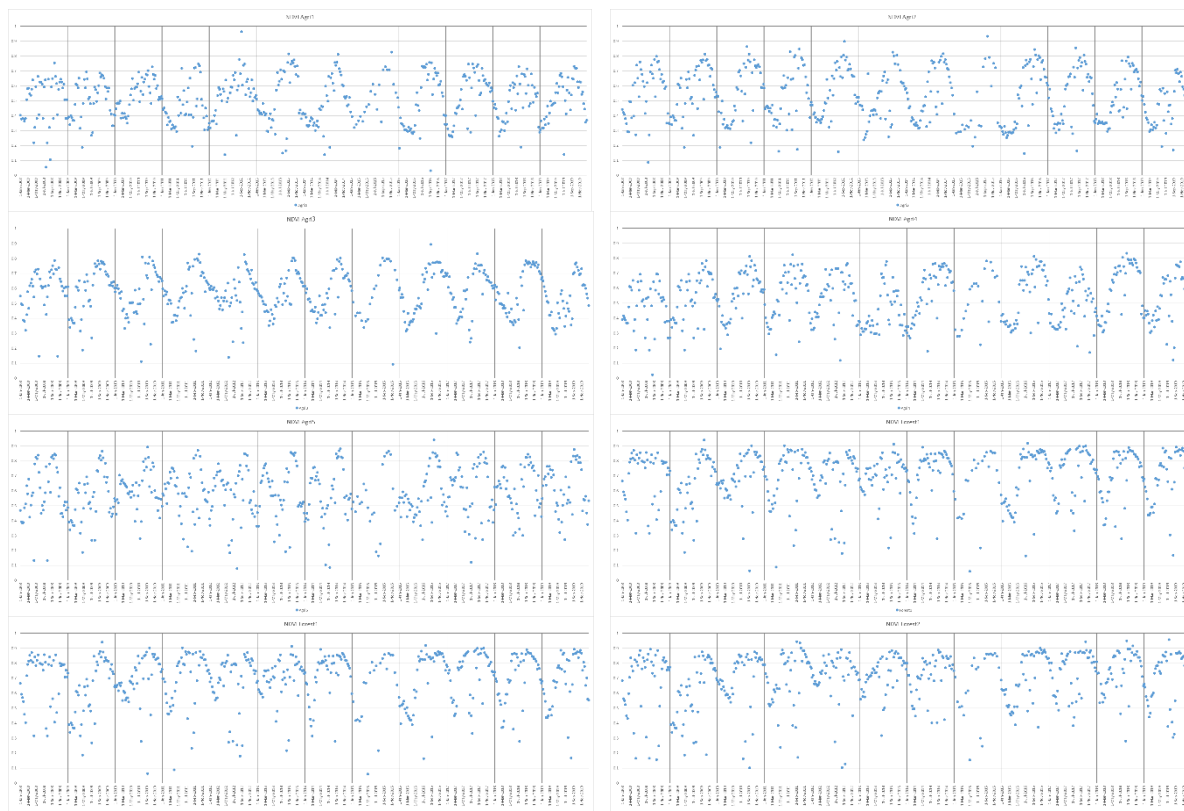


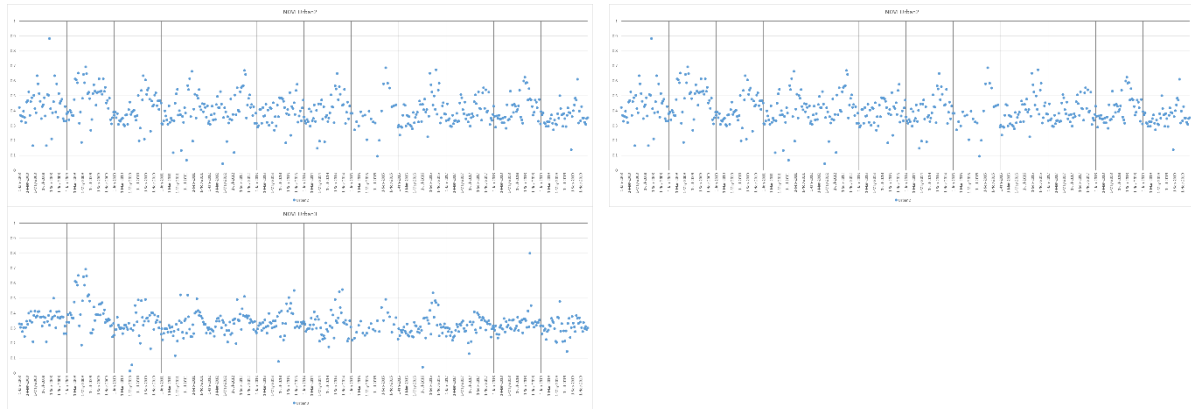
รูปที่ 4.5.2-2 ลักษณะ SPI ของจุดตรวจสอบ ระหว่างปี 2008-2019 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

4.5.3 ดัชนีความแตกต่างความชื้น Normalized Differential Water Index (NDWI)

ดัชนีความแตกต่างความชื้น NDWI เป็นดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบระดับความชื้นของแหล่งน้ำ ดิน และพืชพรรณ ซึ่งเป็นที่ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างของการขาดน้ำของพืชได้ดี โดยในการประมวลผลดัชนี NDWI จะใช้ข้อมูลจากดาวเทียม MODIS ช่วงคลื่น Near Infrared และ Mid Infrared แบบข้อมูล คอมโพสิต 16 วัน ระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562 และอาศัยสมการที่ 4.1 ในการคำนวณ โดยมี รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4.5.3-1

$$NDWI = \frac{NIR - MIR}{NIR + MIR} \quad \dots\dots\dots (4.1)$$



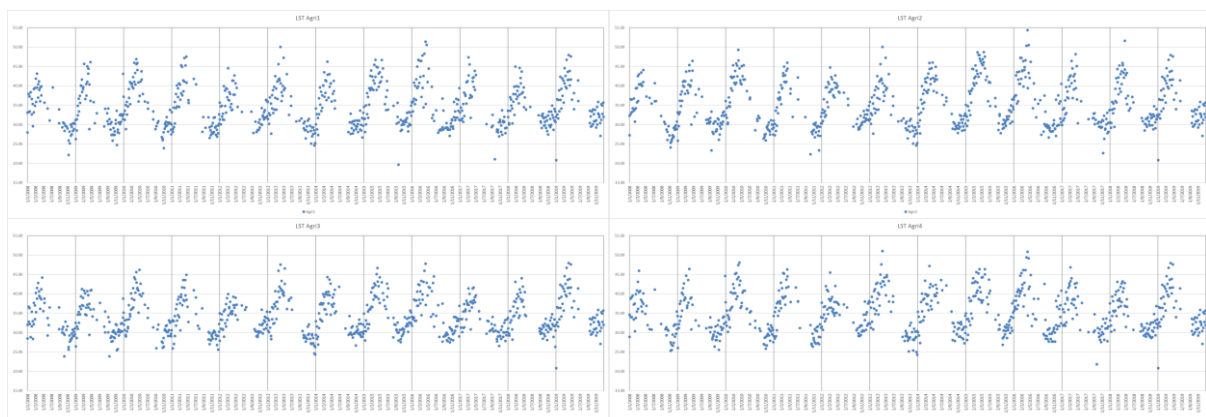


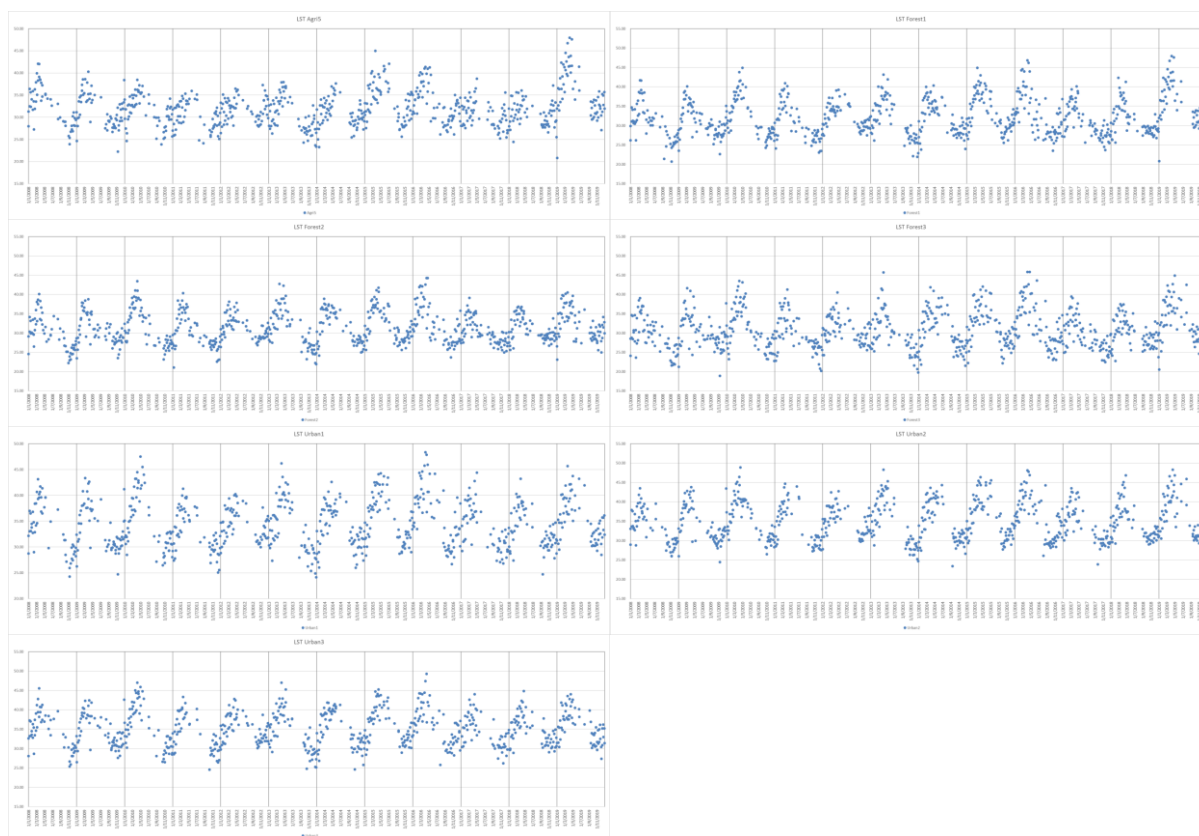
รูปที่ 4.5.3-1 ดัชนีความแตกต่างความชื้น Normalized Differential Water Index (NDWI) ของจุดตรวจสอบ ระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

จากรูปที่ 4.5.3-1 จะเห็นได้ว่าจุดตรวจสอบในบริเวณพื้นที่เกษตร โดยเฉพาะปี พ.ศ. 2562 (ค.ศ. 2019) จะมีค่าต่ำกว่าปีอื่นๆ ส่วนบริเวณที่เป็นพื้นที่ป่าไม้ยังบ่งชี้ถึงความแห้งแล้งได้ไม่ชัดเจน เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีพืชพรรณปกคลุมอยู่ตลอดเวลา เช่นเดียวกับบริเวณพื้นที่ชุมชนที่มีสิ่งปกคลุมดินอื่นๆ มากกว่าพืชพรรณและแหล่งน้ำ ซึ่งส่งผลให้สามารถสะท้อนถึงลักษณะของ NDWI ได้ไม่ชัดเจน

4.5.4 ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิวดิน Land Surface Temperature (LST)

ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิวดิน LST เป็นดัชนีที่ได้จากการนำข้อมูลจากดาวเทียมมาประเมินความร้อนที่สะท้อนจากพื้นผิวของสภาพภูมิประเทศทั้งแบบบริเวณที่มีเรือนยอดของพืชปกคลุมผิวดิน และบริเวณที่ไม่มีพืชปกคลุมผิวดิน โดยอุณหภูมิจะมีผลต่อบริเวณพื้นผิวที่มีพืชปกคลุมผิวดิน เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับอัตราการคายระเหยของพืช และปริมาณความชื้นในดินบริเวณรากพืช การประมวลผลดัชนี LST จะใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Land Surface Temperature/Emissivity จากดาวเทียม MODIS แบบข้อมูลคอมโพสิต 8 วัน ระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562 ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.5.4-1 ซึ่งแสดงถึงดัชนี LST ในแต่ละปีของทั้ง 11 จุดตรวจสอบ จากรูปที่ 4.5.4-1 จะเห็นได้ว่าข้อมูลปี พ.ศ. 2562 (ค.ศ. 2019) อุณหภูมิในช่วงปลายปี (ตั้งแต่เดือนกันยายนเป็นต้นไป) ของทุกจุดตรวจสอบจะมีค่าสูงกว่าปีอื่นๆ แต่เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมแล้ว อุณหภูมิของทุกจุดตรวจสอบในแต่ละปีมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันและไม่ได้แตกต่างกันอย่างชัดเจนมากนัก

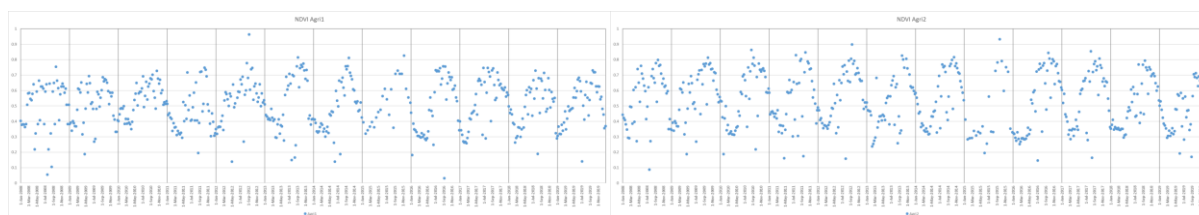


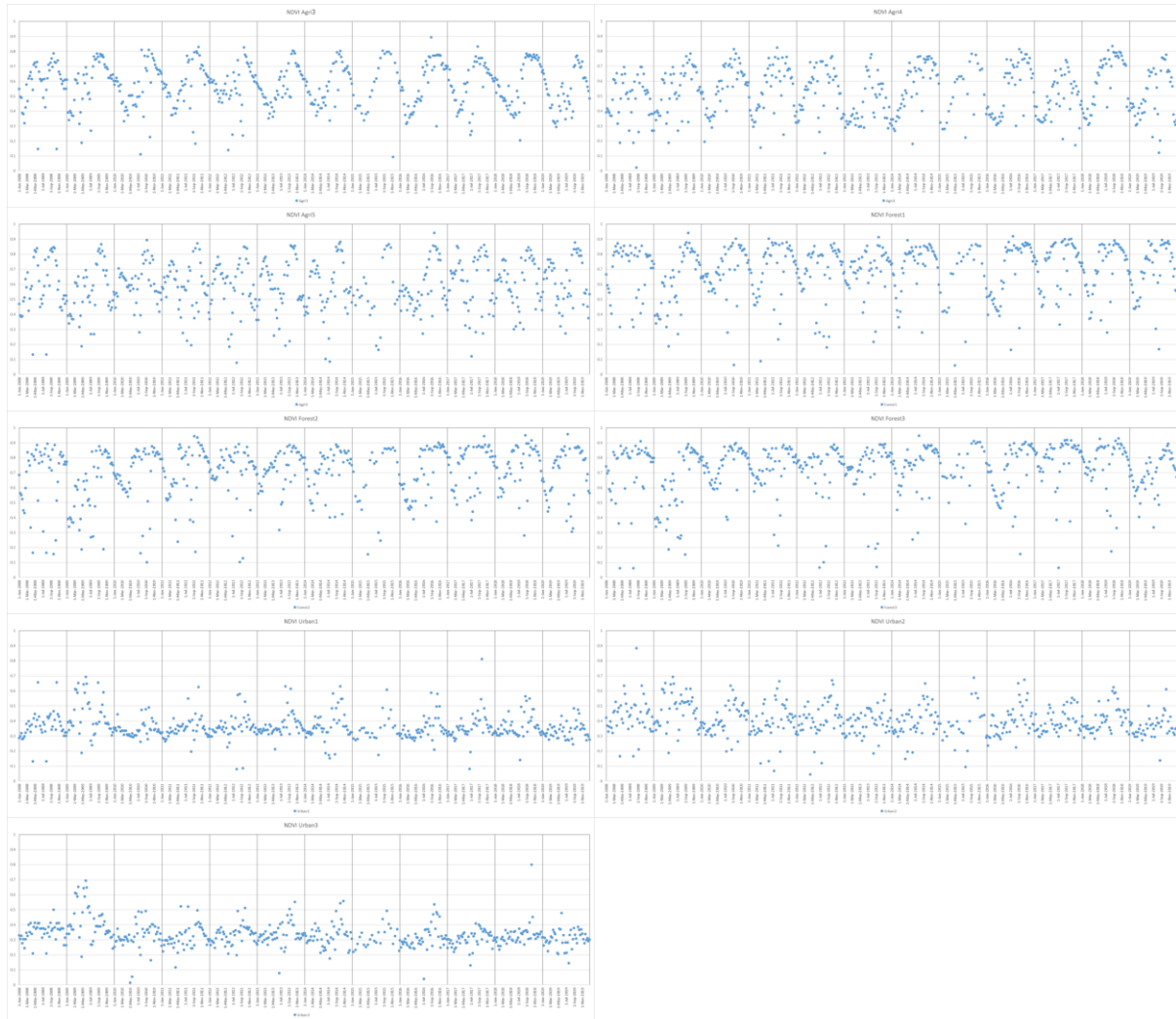


รูปที่ 4.5.4-1 ดัชนีอุณหภูมิพื้นผิวดิน Land Surface Temperature (LST) ของจุดตรวจสอบ ระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอ

4.5.5 ดัชนีความแตกต่างพืช Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

ดัชนีความแตกต่างพืชเป็นดัชนีบ่งชี้ความแตกต่างต่างมวลชีวภาพพืชได้ดี ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของพืชที่ได้รับอิทธิพลจากความแห้งแล้ง สะท้อนปรากฏการณ์ได้ดีในพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยพืชพรรณ ทั้งนี้ ดัชนี NDVI จะถูกใช้ในการหาความสัมพันธ์ของพืชพรรณที่ปกคลุมบนพื้นผิวโลก โดยมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ซึ่งบริเวณที่ค่าของ NDVI มีค่าน้อยกว่า 0 หรือเข้าใกล้ -1 จะเป็นพื้นที่ที่เป็นน้ำ ส่วนบริเวณที่ค่าของ NDVI มีค่าเข้าใกล้ 0 จะแสดงถึงบริเวณที่มีพืชพรรณสีเขียวน้อย โดยในการประมวลผลดัชนี NDVI จะใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ Vegetation Indices จากดาวเทียม MODIS แบบข้อมูลคอมโพสิต 16 วัน ระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562 ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.5.5-1 จากรูปที่ 4.5.5-1 จะเห็นได้ว่าจุดตรวจสอบบริเวณพื้นที่ชุมชนจะมีค่า NDVI ต่ำกว่าจุดตรวจสอบในบริเวณที่เป็นพื้นที่เกษตรและพื้นที่ป่าไม้ ในขณะที่จุดตรวจสอบบริเวณพื้นที่ป่าไม้จะมีค่า NDVI สูงกว่าจุดตรวจสอบที่เป็นพื้นที่เกษตร โดยหากพิจารณาภาพรวมในแต่ละปีจะพบว่าแต่ละจุดตรวจสอบมีค่า NDVI ไม่แตกต่างกันมากนัก





รูปที่ 4.5.5-1 ดัชนีความแตกต่างพืช Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ของจุดตรวจสอบ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

4.5.6 ดัชนีสถานะอุณหภูมิ Temperature Condition Index (TCI)

ดัชนีสถานะอุณหภูมิเป็นดัชนีที่บ่งชี้สภาพอุณหภูมิความส่องสว่างของพื้นผิวปัจจุบันว่าอยู่ในระดับที่แตกต่างไปจากปกติน้อยเพียงใด โดยสามารถวิเคราะห์ได้จากค่าดัชนี LST ณ เวลาปัจจุบันที่สนใจว่าอยู่ตำแหน่งใดของช่วงค่าดัชนี LST ต่ำสุด กับ LST สูงสุด ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 4.2 ในขณะที่รูปที่ 4.5.6-1 จะแสดงถึงดัชนี TCI ในแต่ละปีของทุกจุดตรวจสอบ จากรูป 4.5.6-1 จะเห็นได้ว่าช่วงปลายปี พ.ศ. 2562 (ตั้งแต่เดือนกันยายนเป็นต้นไป) ค่าดัชนี TCI ของจุดตรวจสอบบริเวณพื้นที่เกษตรและพื้นที่ป่าไม้ มีค่าต่ำกว่าปีอื่นๆ ในช่วงเวลาเดียวกัน ส่วนค่าดัชนี TCI บริเวณจุดตรวจสอบที่เป็นพื้นที่ชุมชนจะพบว่าไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละปี

$$TCI = \frac{LST_{max} - LST_c}{LST_{max} - LST_{min}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (4.2)$$



รูปที่ 4.5.6-1 ดัชนีสถานะอุณหภูมิ Temperature Condition Index (TCI) ของจุดตรวจสอบ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

4.5.7 ดัชนีสถานะพืช Vegetation Condition Index (VCI)

ดัชนีสถานะพืช VCI เป็นดัชนีที่บ่งชี้สภาพพืชพรรณปัจจุบันว่าอยู่ในระดับที่แตกต่างไปจากปกติมากน้อยเพียงใด โดยที่ดัชนี VCI จะมีความคล้ายคลึงกับดัชนี NDVI จึงทำให้สามารถวิเคราะห์ได้จากค่าดัชนี NDVI ณ เวลาปัจจุบันที่สนใจว่าอยู่ตำแหน่งใดของช่วงค่าดัชนี NDVI ต่ำสุด กับ NDVI สูงสุด ซึ่งคำนวณจากสมการที่ 4.3 ส่วนรูปที่ 4.5.7-1 จะแสดงถึงดัชนี VCI ในแต่ละปีของทุกจุดตรวจสอบ ซึ่งพบว่าค่าดัชนี VCI จากจุดตรวจสอบในบริเวณพื้นที่ชุมชนจะมีค่าน้อยที่สุด และค่าดัชนี VCI ของจุด

ตรวจสอบบริเวณพื้นที่ป่าจะมีค่าสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ แต่โดยภาพรวมจะพบว่าค่าดัชนี VCI ของแต่ละจุดตรวจสอบในแต่ละปีจะไม่แตกต่างกันมากนัก

$$VCI = \frac{NDVI_c - NDVI_{\max}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (4.3)$$



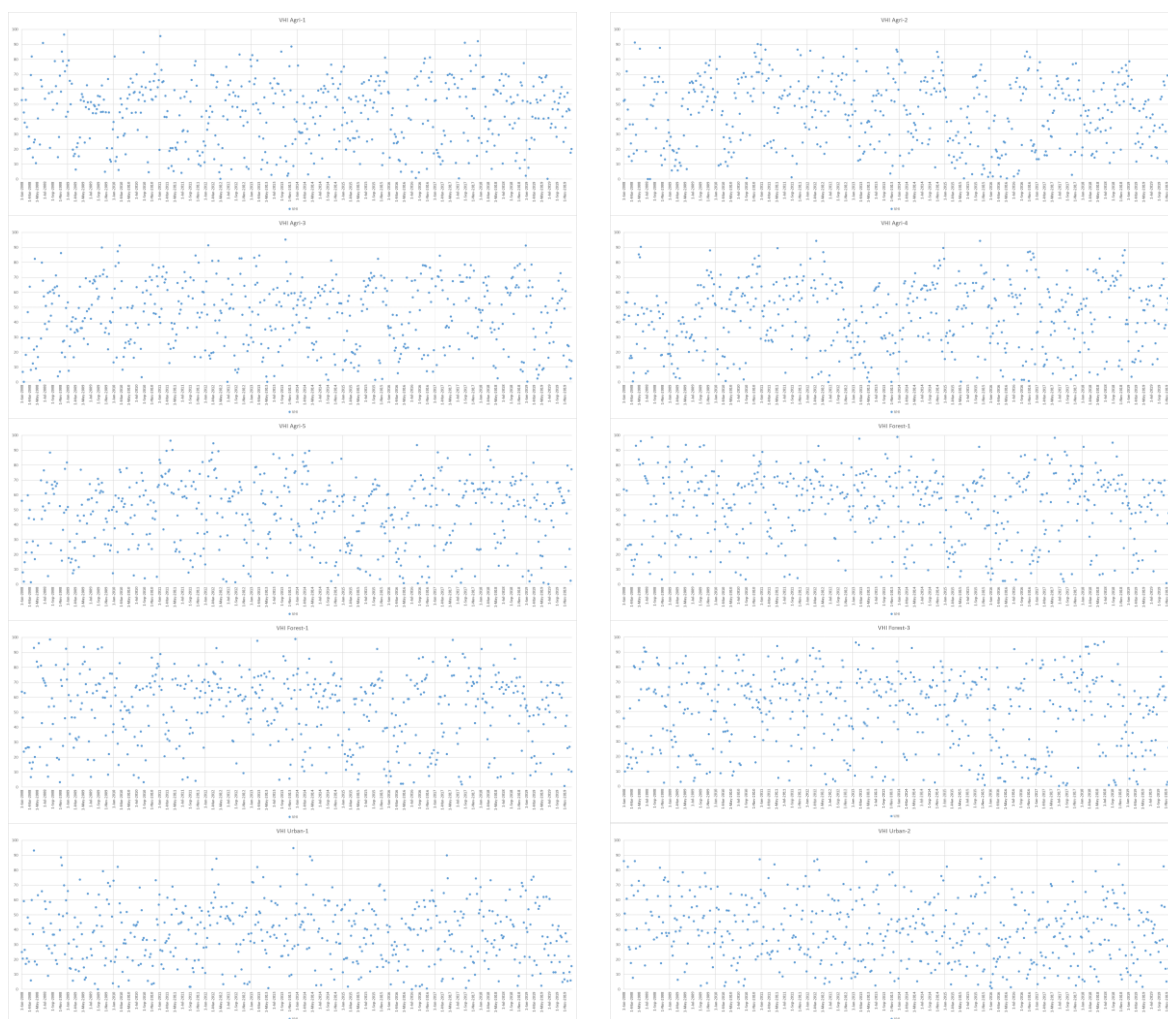
รูปที่ 4.5.7-1 ดัชนีสถานะพืช Vegetation Condition Index (VCI) ของจุดตรวจสอบ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

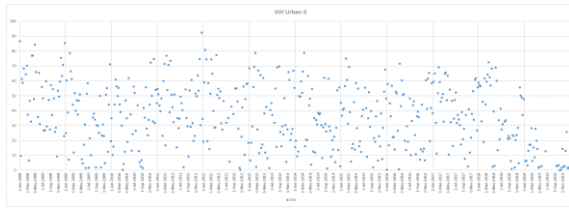
4.5.8 ดัชนีสถานะความอุดมสมบูรณ์ของพืช Vegetation Health Index (VHI)

ดัชนีสถานะความอุดมสมบูรณ์ของพืช VHI เป็นดัชนีที่ผสมผสานทั้งดัชนี VCI และดัชนี TCI โดยที่ลักษณะของดัชนี VHI จะมีความคล้ายกับดัชนี NDVI และ VCI ซึ่งจะบ่งชี้ความสมบูรณ์ของพืช สภาวะ

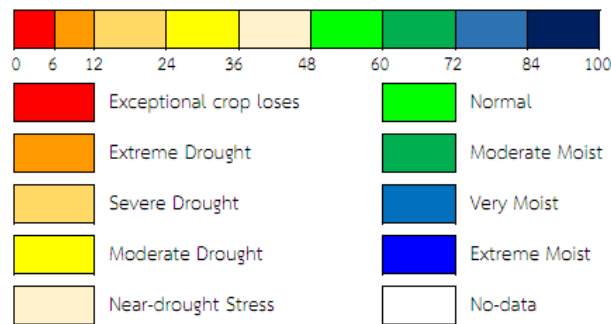
การขาดน้ำของพืชที่แตกต่างไปจากค่าปกติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 100 เปอร์เซนต์ ค่าที่ได้จะบอกสภาพความสมบูรณ์ของพืชพรรณได้รับอิทธิพลจากความแห้งแล้งในระดับต่างๆ ซึ่งสามารถให้ค่าน้ำหนักที่จะก่อให้เกิดภัยแล้งที่แตกต่างกัน การพิจารณาค่าน้ำหนักระหว่างดัชนี VCI และดัชนี TCI สำหรับการคำนวณดัชนี VHI จะพิจารณาจากเงื่อนไขที่ว่าค่า VCI จะเป็นค่าที่มีคุณภาพมากกว่า เนื่องจากเป็นค่าที่มีผลเรื่องความต่างของเวลาในการบันทึกข้อมูลน้อยกว่า และชี้ได้ชัดกว่าดัชนี TCI ซึ่งการที่วงโคจรของดาวเทียมระหว่าง Terra และ Aqua โคจรผ่านประเทศช่วงเวลาต่างกัน และในการทำภาพคอมโพสิตข้อมูลรายวันมากกว่า 1 ช่วงเวลา “อุณหภูมิจึงมีความแตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงควรให้ค่าน้ำหนักดัชนี VCI มากกว่าดัชนี TCI โดยในที่นี้พิจารณาให้ค่าน้ำหนักดัชนี VCI เป็น 0.7 และให้ค่าน้ำหนักดัชนี TCI เป็น 0.3 สำหรับการคำนวณในสมการที่ 4.4 ซึ่งรูปที่ 4.5.8-1 จะแสดงถึงดัชนี VHI ในแต่ละปีของทุกจุดตรวจสอบ ในขณะที่รูปที่ 4.5.8-2 จะเป็นตัวอย่างของการแบ่งช่วงค่า VHI ตามระดับความแห้งแล้ง ทั้งนี้พบว่าค่าดัชนี VHI จากจุดตรวจสอบในบริเวณพื้นที่ชุมชนจะมีค่าน้อยที่สุดซึ่งในภาพรวมจะมีค่าต่ำกว่า 50 ส่วนจุดตรวจสอบบริเวณป่าไม้จะมีค่าโดยรวมมากกว่า 50 และค่าดัชนี VHI ของจุดตรวจสอบในบริเวณพื้นที่เกษตรจะมีค่าอยู่ระหว่าง 20 – 70

$$VHI = (0.7) VCI + (0.3) TCI \quad \dots\dots\dots (4.4)$$





รูปที่ 4.5.8-1 ดัชนีสถานะความอุดมสมบูรณ์ของพืช Vegetation Health Index (VHI) ของจุดตรวจสอบ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

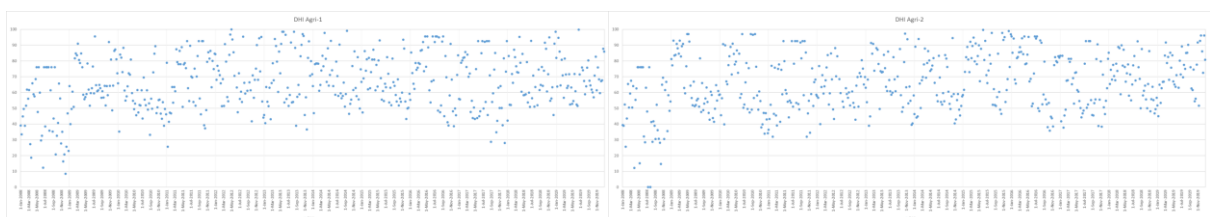


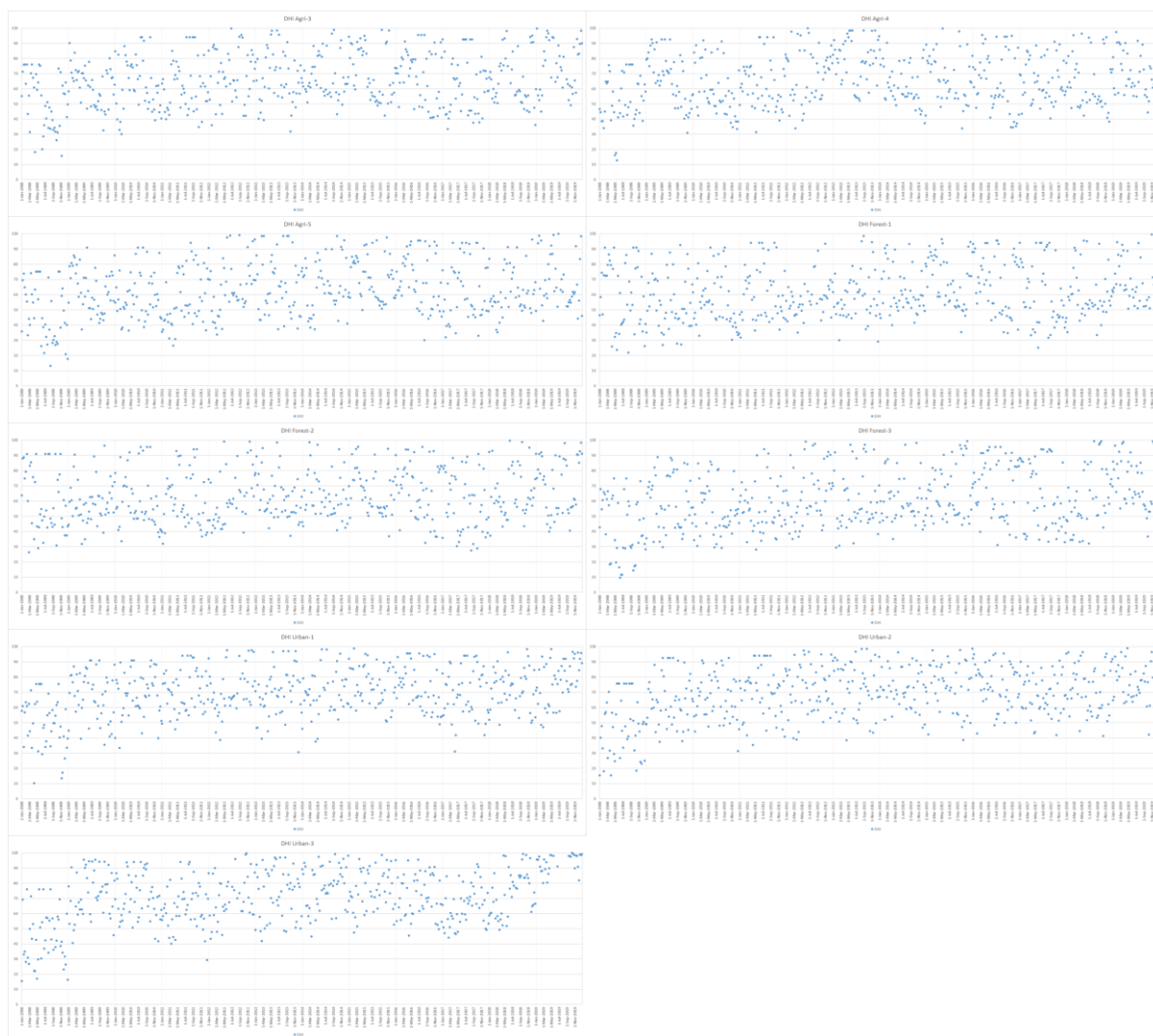
รูปที่ 4.5.8-2 ตัวอย่างการแบ่งช่วงค่า VHI ตามระดับความแห้งแล้ง

4.5.9 ดัชนีความรุนแรงความแห้งแล้ง Drought Hazard Index (DHI)

ดัชนีความรุนแรงความแห้งแล้งเป็นตัวบ่งชี้ด้านความรุนแรงของการเกิดภาวะความแห้งแล้งที่จะนำไปสู่การเกิดภัยแล้ง โดยในที่นี้ประกอบไปด้วยดัชนีจากข้อมูลสภาพดาวเทียม ได้แก่ ดัชนี VCI ดัชนี TCI และดัชนี VHI และดัชนีทางอุตุนิยมวิทยา SPI ที่ได้จากการประมวลผลจากข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดอากาศ โดยได้มีการปรับข้อมูล SPI เป็นค่าคะแนน 0 – 100 และเมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับดัชนี VHI ก็จะสามารถคำนวณหาค่าดัชนี DHI ได้จากสมการที่ 4.5 ส่วนรูปที่ 4.5.9-1 จะแสดงถึงดัชนี DHI ในแต่ละปีของทุกจุดตรวจสอบ ซึ่งพบว่าในปี พ.ศ. 2551 (พ.ศ. 2008) ค่าดัชนี DHI ของจุดตรวจสอบบริเวณพื้นที่เกษตร พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เมือง จะมีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่จุดตรวจสอบบริเวณพื้นที่เกษตรและพื้นที่ชุมชนจะมีลักษณะเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือมีค่าดัชนี DHI ค่อนข้างสูง ในขณะที่จุดตรวจสอบบริเวณพื้นที่ป่าไม้จะมีค่า DHI โดยภาพรวมไม่แตกต่างกันมากนัก ในกรณีที่รูปที่ 4.5.9-2 จะเป็นตัวอย่างของการปรับข้อมูล SPI สำหรับการประมวลผลดัชนี DHI

$$DHI = (0.7) VHI + (0.3) SPI \quad \text{..... (4.5)}$$

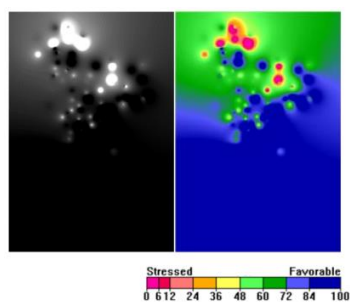




รูปที่ 4.5.9-1 ดัชนีความรุนแรงความแห้งแล้ง Drought Hazard Index (DHI) ของจุดตรวจสอบ ช่วงระหว่าง ปี พ.ศ. 2551 – 2562 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

ค่าคะแนน	SPI ตั้งแต่	จนถึง SPI
0-30	0 หรือน้อยกว่า	0.99
30-80	0.99	1.49
80-90	1.49	1.99
90-100	1.99	2 หรือมากกว่า

รูปที่ 4.5.9-2 การปรับข้อมูล SPI

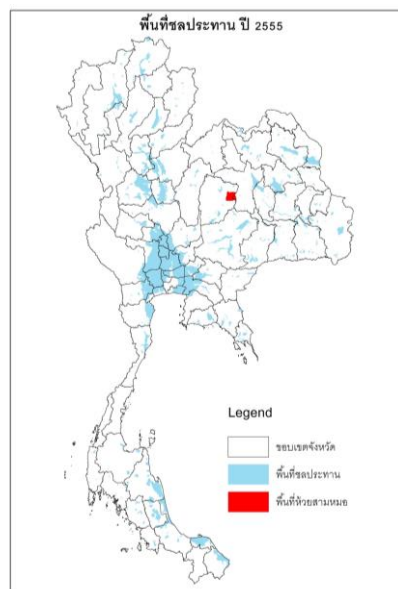


4.5.10 ดัชนีความเปราะบางจากความแห้งแล้ง Drought Vulnerability Index (DVI)

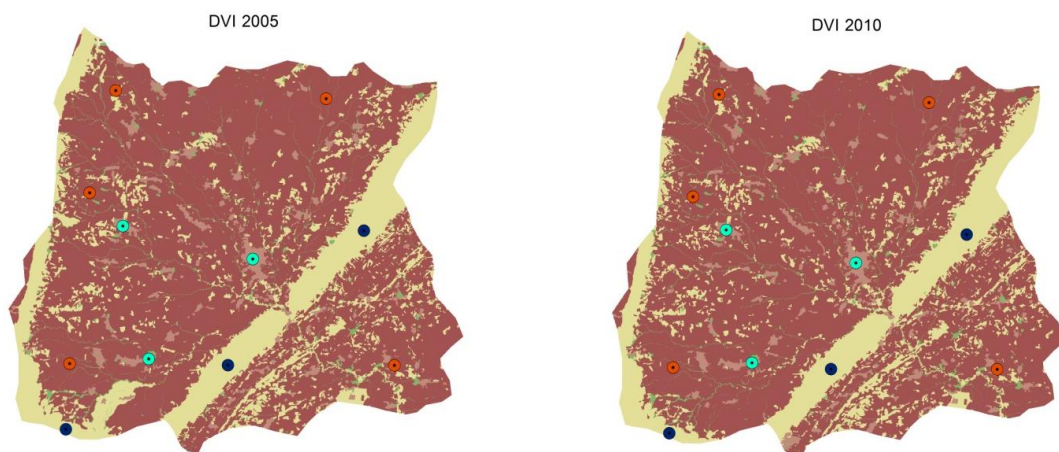
กลุ่มปัจจัยด้านความเปราะบางต่อความแห้งแล้ง ได้แก่ ดัชนีทางด้านอุทกวิทยา สิ่งปกคลุมดิน (Land surface type) หรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) โดยดัชนีทางด้านอุทกวิทยาจะได้จากการนำพื้นที่เขตชลประทาน (IRR) มาพิจารณา ซึ่งกำหนดให้พื้นที่เขตชลประทานมีความเปราะบางต่ำ ด้วยเหตุผลที่ว่ามีการจัดสรรน้ำเข้าไปในพื้นที่เพื่อช่วยเหลือการเกษตร (มีคะแนนความเปราะบางเท่ากับ 0)

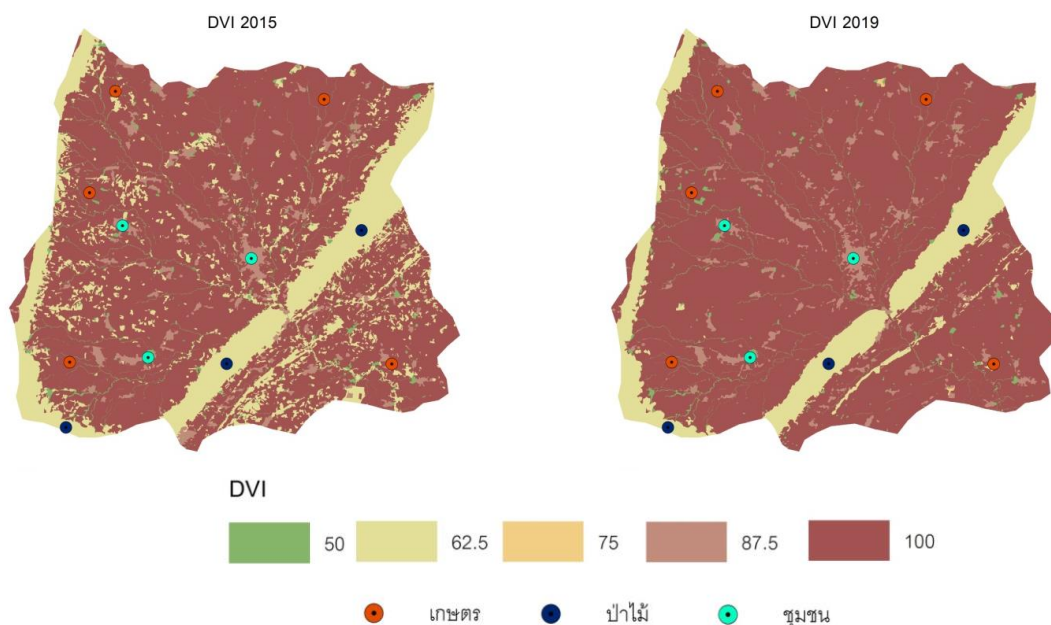
ดังแสดงขอบเขตของพื้นที่ชลประทานของประเทศไทยในรูปที่ 4.5.10-1 ในส่วนของสิ่งปกคลุมดิน (LU) ได้แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มข้อมูล และให้คะแนนรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรมเป็นข้อมูลที่มีความแปรปรวนมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 100 พื้นที่ชุมชนมีคะแนนความแปรปรวนเท่ากับ 75 พื้นที่ป่ามีคะแนนความแปรปรวนเท่ากับ 25 และแหล่งน้ำมีคะแนนความแปรปรวนเท่ากับ 0 จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองประเภทมาจัดทำเป็นดัชนี DVI โดยอาศัยสมการที่ 4.6 ในส่วนของรูปที่ 4.5.10-2 จะแสดงถึงลักษณะของดัชนี DVI ในทุก 5 ปี ของทุกจุดตรวจสอบ และรูปที่ 4.5.10-3 จะเป็นการเปรียบเทียบค่าดัชนี DVI ในทุกๆ 5 ปี ทั้งนี้ เป็นที่น่าสังเกตว่าลุ่มน้ำห้วยสามหมอกส่วนใหญ่แล้วจะเป็นพื้นที่เกษตรที่อยู่นอกเขตพื้นที่ชลประทาน ส่งผลให้ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกเป็นพื้นที่ที่มีความแปรปรวนจากความแห้งแล้งสูง อีกทั้งยังไม่ได้มีการพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ จึงทำให้ดัชนี DVI ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562 มีค่าเท่ากัน

$$DVI = (0.5)LU + (0.5)IRR \quad \dots\dots\dots (4.6)$$

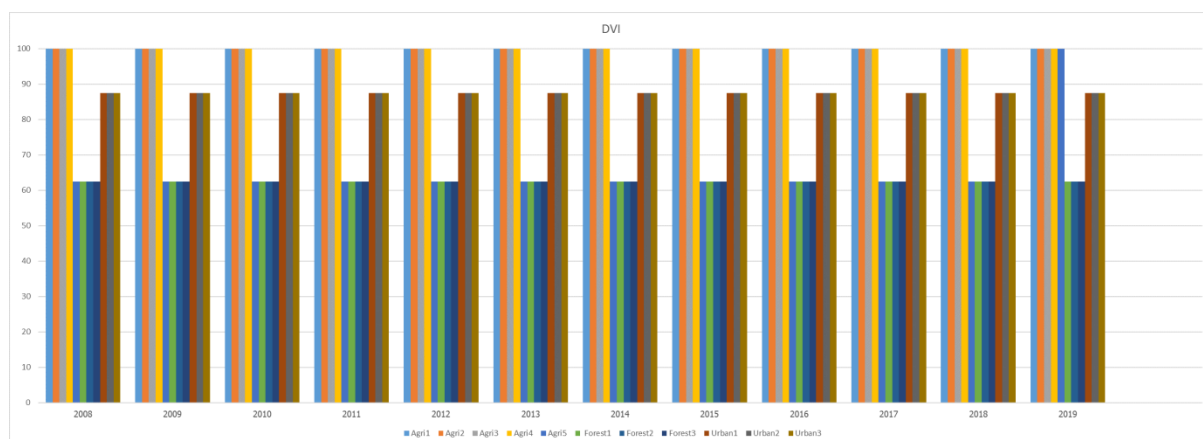


รูปที่ 4.5.10-1 แผนที่แสดงพื้นที่ชลประทานในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2555





รูปที่ 4.5.10-2 แผนที่แสดงลักษณะดัชนีความเปราะบางจากความแห้งแล้ง Drought Vulnerability Index (DVI) ของจุดตรวจสอบ ในปี พ.ศ. 2548, 2553, 2558 และ 2562



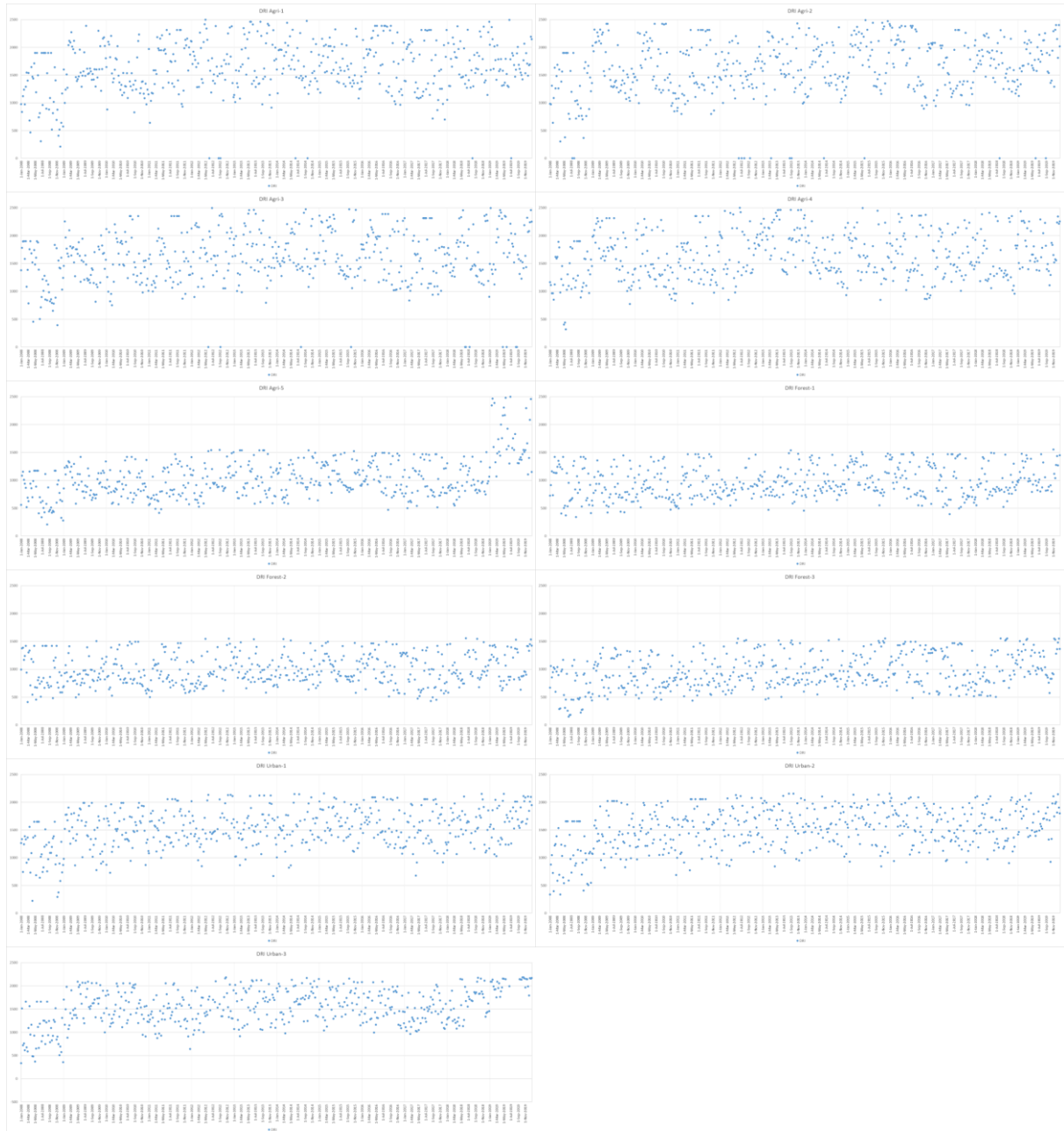
รูปที่ 4.5.10-3 กราฟแท่งเปรียบเทียบค่า DVI ของจุดตรวจสอบ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2562 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

4.5.11 ดัชนีเสี่ยงภัยแล้ง Drought Risk Index (DRI)

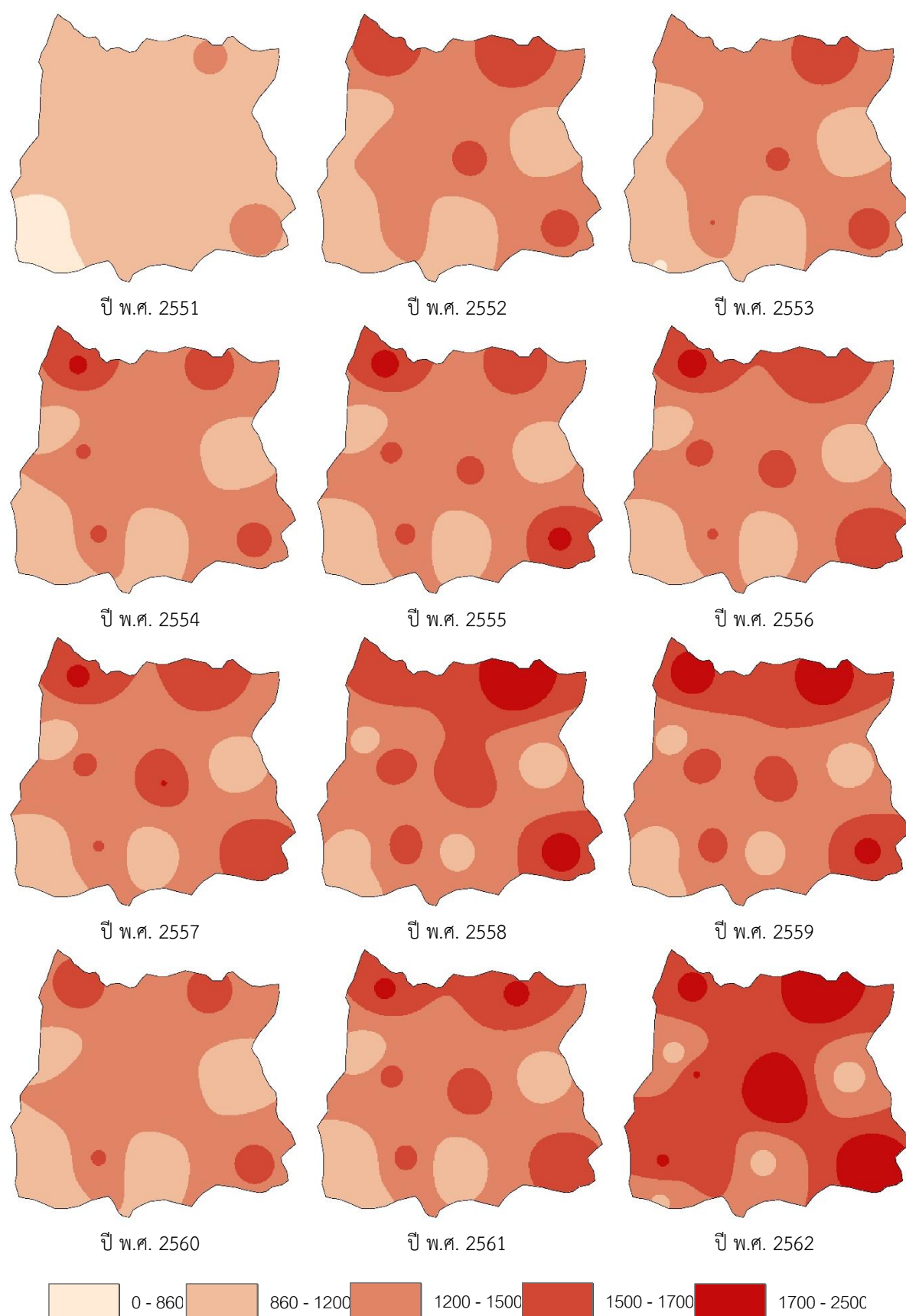
ดัชนีเสี่ยงภัยแล้ง DRI เป็นดัชนีบ่งชี้ความแห้งแล้งที่ใช้ทั้งข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา อุทกวิทยา และข้อมูลทางการเกษตร โดยสามารถบ่งชี้ถึงลักษณะของความแห้งแล้งได้เป็นอย่างดีและมีความเหมาะสมกับลักษณะของประเทศเกษตรกรรมอย่างประเทศไทยเป็นอย่างยิ่ง โดยที่เมื่อนำมาคูณดัชนี DHI และ DVI เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการประมวลผลดัชนี DRI โดยกำหนดค่าน้ำหนักที่ 0.5 เท่ากัน (ดังสมการที่ 4.7) เพื่อสังเกตค่าคะแนนระหว่างต่ำสุด (0 คะแนน) ไปจนถึงสูงสุด (2,500 คะแนน) โดยรูปที่ 4.5.11-1 แสดงถึงดัชนี DRI ในแต่ละปีของทุกจุดตรวจสอบ ส่วนรูปที่ 4.5.10-2 เป็นแผนที่แสดงดัชนี DRI ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกของแต่ละปี จากการประมวลผลค่าดัชนี DRI พบว่าบริเวณจุดตรวจสอบที่มีความเปราะบางจากความแห้งแล้งต่ำ เช่น พื้นที่ป่าไม้ จะมีค่าดัชนี DRI อยู่ระหว่าง 150 –

1,500 ในขณะที่บริเวณจุดตรวจสอบที่มีความเปราะบางจากความแห้งแล้งค่อนข้างสูง เช่น บริเวณพื้นที่ชุมชน จะมีค่าดัชนี DRI อยู่ระหว่าง 200 – 2,000 ส่วนพื้นที่บริเวณจุดตรวจสอบที่มีความเปราะบางจากความแห้งแล้งสูง เช่น พื้นที่เกษตร จะมีค่าดัชนี DRI อยู่ระหว่าง 200 – 2,500

$$DRI = (0.5)DHI \times (0.5)DVI \quad \dots\dots\dots (4.7)$$



รูปที่ 4.5.11-1 ดัชนีเสี่ยงภัยแล้ง Drought Risk Index (DRI) ของทั้ง 11 จุดตรวจสอบ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก



รูปที่ 4.5.11-2 แผนที่ดัชนีเสี่ยงภัยแล้ง Drought Risk Index (DRI) ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอ

4.6 การตรวจสอบ วิเคราะห์ และประเมินศักยภาพของทั้ง 10 ดัชนี

จากการจัดทำ วิเคราะห์ และตรวจสอบดัชนีภัยแล้งทั้ง 10 ดัชนี ย้อนหลัง 12 ปี (ปี พ.ศ. 2551 – 2562) มีผลการดำเนินการที่สามารถสรุปเป็นประเด็นสำคัญสำหรับแต่ละดัชนีดังนี้

- ดัชนี SPI แสดงให้เห็นว่า ปี พ.ศ. 2555, 2557, 2558, 2561 และ 2562 มีค่าดัชนีต่ำกว่าปีอื่นๆ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.5.2-2 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลสรุปสถานการณ์น้ำประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561 โดยสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (สสน.) (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, 2561) ที่ได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลสถิติฝนรายปีย้อนหลังในรอบ 39 ปี (พ.ศ. 2524 – 2562) พบว่า ปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณฝนลดลงจากปี พ.ศ. 2560 ค่อนข้างมาก โดยน้อยกว่าถึง 373 มิลลิเมตร หรือคิดเป็น 20% และหากเทียบกับข้อมูลย้อนหลังในรอบ 38 ปี พบว่าปีที่มีปริมาณฝนมากกว่าปกติมีอยู่ด้วยกัน 10 ปี ได้แก่ ปี พ.ศ. 2531, 2537, 2539, 2542, 2543, 2544, 2549, 2554, 2556 และ 2560 ส่วนปีที่มีปริมาณฝนน้อยกว่าปกติมีจำนวน 13 ปี ได้แก่ ปี พ.ศ. 2525, 2530, 2532, 2534, 2535, 2536, 2540, 2541, 2546, 2547, 2548, 2557 และ 2558 ส่วนปีที่มีปริมาณฝนใกล้เคียงปกติมีจำนวน 13 ปี ได้แก่ ปี พ.ศ. 2526, 2527, 2528, 2529, 2533, 2538, 2545, 2550, 2552, 2553, 2555 และ 2559 โดยมีผลการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลสถิติฝนรายปีของ สสน. กับสถิติการเกิดความแห้งแล้งที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยดัชนี SPI ดังแสดงในตารางที่ 4.6-1

ตารางที่ 4.6-1 การเปรียบเทียบข้อมูลสถิติฝนรายปีของ สสน. กับสถิติการเกิดความแห้งแล้งที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยดัชนี SPI

ปี พ.ศ.	ข้อมูลสถิติฝนของ สสน.	การเกิดความแห้งแล้งจากการวิเคราะห์ดัชนี SPI
2551	ใกล้เคียงปกติ	ปกติ
2552	ใกล้เคียงปกติ	ปกติ
2553	ใกล้เคียงปกติ	ปกติ
2554	มากกว่าปกติ	ปกติ
2555	ใกล้เคียงปกติ	ภัยแล้งเล็กน้อย
2556	มากกว่าปกติ	ปกติ
2557	น้อยกว่าปกติ	ภัยแล้งปานกลาง
2558	น้อยกว่าปกติ	ภัยแล้งรุนแรง
2559	ใกล้เคียงปกติ	ปกติ
2560	มากกว่าปกติ	ปกติ
2561	น้อยกว่าปกติ	ภัยแล้งเล็กน้อย-ปานกลาง
2562	น้อยกว่าปกติ	ภัยแล้งปานกลาง-รุนแรง

- ดัชนี NDWI แสดงให้เห็นว่าบริเวณพื้นที่เกษตรของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ทั้ง 5 ตำบล ช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคมหรือเมษายน มีค่าดัชนี NDWI ต่ำสุดในรอบปี และจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคมและมีค่าดัชนี NDWI สูงสุดในช่วงเดือนกันยายน และจะค่อยๆ ลดต่ำลงจนถึงเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นไปตามฤดูกาลของประเทศไทยที่ช่วงฤดูหนาวหรืออิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะส่งผลให้พื้นที่มีสภาพอากาศแห้งแล้ง และจะเริ่มมีฝนตกในช่วงเดือนเมษายน – พฤษภาคม ไปจนถึงช่วงเดือนกันยายน และจะค่อยๆ มีปริมาณฝนลดลงไปจนถึงเดือนธันวาคม ซึ่งปริมาณฝนจะมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนี NDWI ที่

สะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างของความชื้นในพื้นที่ ซึ่งพบว่าแหล่งน้ำที่ใช้สำหรับการเกษตรของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอกจะอาศัยน้ำจากน้ำฝนเป็นหลัก ส่งผลให้ค่าดัชนี NDWI บริเวณพื้นที่เกษตรมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณฝน ในส่วนของพื้นที่ป่าไม้ ค่าดัชนี NDWI ค่อนข้างแปรปรวน โดยจะมีค่าลดลงในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม และจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนกันยายน – ตุลาคม และจะเริ่มมีค่าลดลงจนถึงเดือนธันวาคม แต่ค่าดัชนี NDWI ในกรณีของพื้นที่ป่าไม้จะเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย โดยจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.3 – 0.8 เนื่องจากปริมาณความชื้นในพื้นที่ป่าไม้ค่อนข้างสม่ำเสมอ ซึ่งเมื่อมีฝนตกในพื้นที่ป่าไม้จะส่งผลให้ปริมาณความชื้นจะค่อนข้างสะสมอยู่ในพื้นที่ป่าไม้ได้นานกว่า ในส่วนของพื้นที่ชุมชนเมือง ค่าดัชนี NDWI จะมีค่าต่ำในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม และจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนกันยายน – ตุลาคม และจะค่อยๆ ลดลงจนถึงเดือนธันวาคม โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 0.4 โดยค่าดัชนี NDWI จะค่อนข้างกระจายตัวแตกต่างจากพื้นที่เกษตร เนื่องจากในพื้นที่ชุมชนเมืองจะมีสิ่งก่อสร้างปกคลุมพื้นดิน เช่น อาคาร ถนน ทำให้การสะท้อนพลังงานของพื้นที่เป็นไปในลักษณะเดียวกับพื้นดินแห้ง และส่งผลให้ค่าดัชนี NDWI ที่ปรากฏมีค่าไม่สูงมากนัก

- ดัชนี LST เพียงอย่างเดียวอาจจะยังไม่สามารถนำไปใช้บ่งชี้ถึงความแห้งแล้งได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าลักษณะของดัชนีทั้ง 12 ปี มีลักษณะใกล้เคียงกัน เนื่องจากค่าดัชนี LST เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการเร่งการคายระเหย แต่ไม่ได้บ่งบอกว่าอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดความแห้งแล้ง หากแต่ต้องมีปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ปริมาณความชื้นในอากาศสูง การคายระเหยก็จะลดลง หรือความชื้นในดินที่ยังคงสูงถึงแม้ว่าอุณหภูมิผิวดินจะสูง ก็ยังไม่ก่อให้เกิดความแห้งแล้ง เป็นต้น

- ดัชนี TCI, ดัชนี VCI และดัชนี VHI อาจจะยังไม่สามารถนำไปใช้บ่งชี้ถึงความแห้งแล้งได้ชัดเจนเมื่อนำไปวิเคราะห์แบบเดี่ยว ดังนั้นจึงควรจะต้องนำไปวิเคราะห์ร่วมกับดัชนีตัวอื่นๆ หรือนำไปประมวลผลต่อเพื่อให้เกิดเป็นดัชนีตัวอื่นๆ ต่อไป

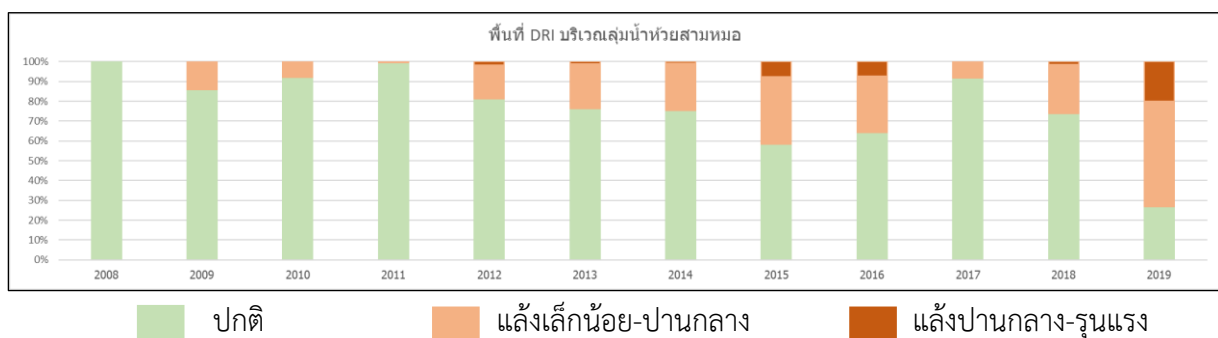
- ดัชนี NDVI เป็นดัชนีที่แสดงถึงความแห้งแล้งได้ดีในปีที่ประสบกับความแห้งแล้งปานกลางถึงรุนแรงในบริเวณพื้นที่เกษตรและพื้นที่ป่าไม้ แต่จากความจริงที่ว่าดาวเทียมจะไม่สามารถตรวจวัดพื้นที่ที่ประสบกับความแห้งแล้งได้โดยตรง เหมือนกับพื้นที่น้ำท่วม พื้นที่ไฟป่า และพื้นที่เผาไหม้จากไฟป่า ที่มีขอบเขตความเสียหายที่ชัดเจน ดังนั้นการบ่งชี้ถึงพื้นที่แห้งแล้งจำเป็นต้องอาศัยความสัมพันธ์ทางธรรมชาติในหลายมิติ ซึ่งดัชนี NDVI เป็นเพียงมิติความสัมพันธ์ระหว่างความสมบูรณ์ของพืชกับความแห้งแล้งเท่านั้น ยังมีอีกหลายดัชนีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย อาทิเช่น ความชื้น อุณหภูมิพื้นผิว และปริมาณฝน เป็นต้น ที่ควรนำมาวิเคราะห์ร่วมกัน ดังนั้นการวิเคราะห์ความแห้งแล้งจากการตรวจสอบค่าดัชนี NDVI ด้วยข้อมูลชุดเดียว จะสามารถระบุถึงพื้นที่แห้งแล้งได้ในระดับหนึ่งแต่ไม่สมบูรณ์นัก ดังนั้นหากต้องการผลลัพธ์ที่แม่นยำมากยิ่งขึ้นก็จำเป็นต้องเปรียบเทียบข้อมูลดัชนี NDVI ในอดีตเป็นช่วงเวลายาวๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการเปรียบเทียบแนวโน้มของภัยแล้งกับดัชนีชี้วัดตัวอื่นๆ เช่น NDWI, VCI, TCI, VHI เป็นต้น ในช่วงเวลาเดียวกันก็จะยิ่งทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับสภาวะภัยแล้งในพื้นที่มากยิ่งขึ้น

- ดัชนี DHI เป็นดัชนีที่บ่งชี้ให้เห็นถึงความรุนแรงของความแห้งแล้ง โดยจากข้อมูลย้อนหลัง 12 ปี จะเห็นว่าปี พ.ศ. 2551 เป็นปีที่ไม่ได้เกิดความแห้งแล้งและมีปริมาณฝนค่อนข้างมาก ส่วนปี พ.ศ. 2562 เป็นปีที่มีน้ำฝนน้อยและเกิดความแห้งแล้ง ทำให้ข้อมูลที่ได้นี้ปี พ.ศ. 2551 และ 2562 ค่อนข้างแตกต่างจากปีอื่นๆ อย่างชัดเจน

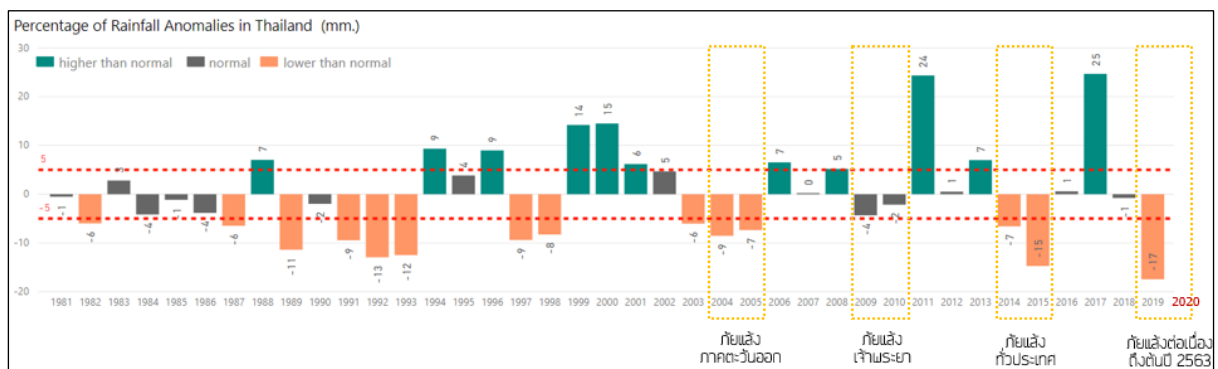
- ดัชนี DVI เป็นดัชนีที่ได้จากการรวมกันระหว่างข้อมูลทางด้านอุทกวิทยา และสิ่งปกคลุมดินหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งในบริเวณพื้นที่กลุ่มน้ำห้วยสามหมอกจะมีการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินน้อยมาก ทำให้ดัชนี DVI ในช่วงระยะเวลา 12 ปีที่ผ่านมาของบริเวณดังกล่าวแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

- ดัชนี DRI เป็นดัชนีบ่งชี้ความแห้งแล้งที่สะท้อนถึงลักษณะของความแห้งแล้งของประเทศไทยได้เป็นอย่างดี ซึ่งจากการประมวลผลและวิเคราะห์ดัชนี DRI สามารถระบุได้ว่าปี พ.ศ. 2555, 2558, 2559, 2561 และ 2562 เป็นปีที่เกิดความแห้งแล้ง ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลสถิติฝนรายปีย้อนหลังในรอบ 39 ปี รวมถึงปริมาณฝนภาคของ สสน. (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, 2563) โดยรูปที่ 4.6-1 เป็นดัชนี DRI ที่แสดงถึงร้อยละของพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ส่วนรูปที่ 4.6-2 และ 4.6-3 เป็นสถิติฝนรายปีของประเทศไทยและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ

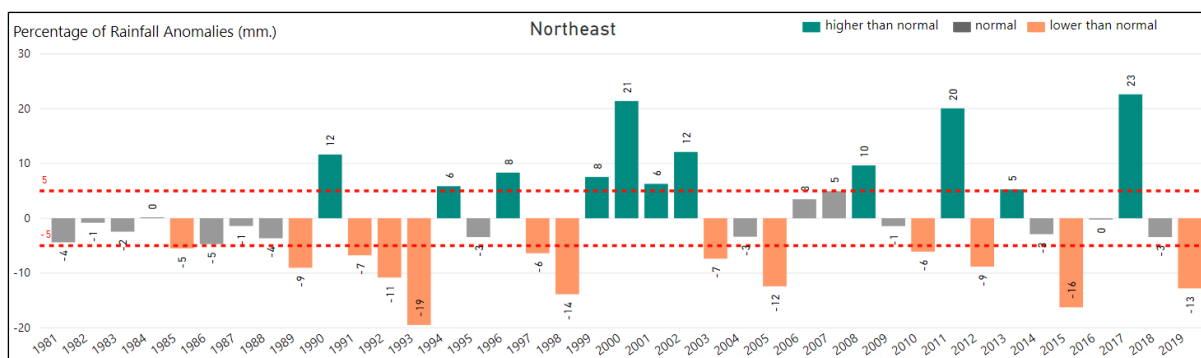
โดยสรุป จากการศึกษาดัชนีภัยแล้งทั้ง 10 ดัชนี จะพบว่าดัชนีบางตัวหากนำมาใช้วิเคราะห์แบบเดี่ยวๆ อาจจะไม่เหมาะสมที่จะใช้บ่งชี้ถึงความแห้งแล้ง โดยจะต้องนำมาวิเคราะห์ร่วมกับดัชนีหรือปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติม หรือนำดัชนีนั้นๆ ไปทำการประมวลผลและวิเคราะห์เป็นดัชนีตัวอื่นๆ ต่อไป



รูปที่ 4.6-1 ร้อยละของพื้นที่ของดัชนีเสี่ยงภัยแล้ง Drought Risk Index (DRI) ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2551 – 2562 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก



รูปที่ 4.6-2 ปริมาณฝนทั้งประเทศเปรียบเทียบกับข้อมูลสถิติฝนรายปีย้อนหลังในรอบ 39 ปี (พ.ศ. 2524 – 2562) (ที่มา: สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, 2563)



รูปที่ 4.6-3 ปริมาณฝนภาคตะวันออกเฉียงเหนือเปรียบเทียบกับข้อมูลสถิติฝนรายปีย้อนหลัง (พ.ศ. 2524 – 2562)
(ที่มา: สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ, 2563)

นอกจากนี้ สทอภ. ยังได้พัฒนาระบบประมวลผลเพื่อหาพื้นที่เสี่ยงภาวะความแห้งแล้งแบบอัตโนมัติ โดยใช้ศักยภาพของข้อมูลจากดาวเทียมที่มีอยู่ในการจัดทำแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่แห้งแล้งของประเทศไทยแบบอัตโนมัติ ซึ่งข้อมูลนำเข้าส่วนใหญ่จะเป็นข้อมูลจากดาวเทียม แล้วนำเข้าและประมวลผลแบบอัตโนมัติ ยกเว้นข้อมูลดัชนี SPI ที่ใช้ในระบบจะเป็นข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัดและยังมีความไม่สมบูรณ์ โดยข้อมูลดัชนี SPI หรือข้อมูลน้ำฝน เป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับบ่งชี้ถึงสถานการณ์ความแห้งแล้ง ดังนั้นเพื่อให้ระบบมีศักยภาพมากยิ่งขึ้น จึงควรมีการปรับปรุงข้อมูลน้ำฝนหรือเพิ่มเติมข้อมูลในส่วนของความชื้นให้สัมพันธ์กับลักษณะของระบบมากยิ่งขึ้น โดยอาจจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลจากข้อมูลดาวเทียม ทั้งนี้ นอกเหนือจากการบ่งชี้หรือติดตามสถานการณ์ความแห้งแล้ง การส่งสัญญาณหรือแจ้งเตือนก่อนที่เหตุการณ์นั้นๆ จะเกิดขึ้น จะยิ่งให้ระบบมีศักยภาพมากยิ่งขึ้น

4.7 การจัดทำดัชนี DRI ในระบบประมวลผล เพื่อการหาพื้นที่เสี่ยงภาวะความแห้งแล้งแบบอัตโนมัติของ สทอภ.

ระบบประมวลผลเพื่อหาพื้นที่เสี่ยงภาวะความแห้งแล้งแบบอัตโนมัติของ สทอภ. หรือ Automatic Drought Monitoring : NPP-Suomi Mission (ADM) มีหลักการว่าต้องใช้ศักยภาพของข้อมูลจากดาวเทียมที่มีอยู่ ในการจัดทำแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์หาพื้นที่แห้งแล้งของประเทศไทยแบบอัตโนมัติ เพื่อสนับสนุนการประเมินและติดตามสถานการณ์ภัยแล้งของภาคส่วนที่เกี่ยวข้องให้สามารถดำเนินการได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น อันเป็นเป้าหมายเชิงผลผลิตหนึ่งของโครงการจัดทำระบบผลิตภัณฑ์กลางออนไลน์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาลำดับการประมวลผลทางคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดทำข้อมูลแผนที่ความแห้งแล้งจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในระดับประเทศ และจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับพื้นที่ ที่มุ่งเน้นการศึกษาและพัฒนาการใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่จัดหาได้เองในประเทศรวมถึงข้อมูลอื่นๆ ที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาระบบที่สามารถทำงานและรายงานผลแบบอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในแง่ของการลดขั้นตอนการทำงานของมนุษย์และความรวดเร็วในการประมวลผลแผนที่พร้อมใช้งานในรูปแบบออนไลน์ โดยมีรายละเอียดของระบบดัชนีที่ใช้วิเคราะห์ภาวะความแห้งแล้งดังนี้

ระบบ ADM จะอาศัยข้อมูลระบบ Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) จากดาวเทียม Suomi-NPP เป็นข้อมูลหลักในการติดตามสถานการณ์ภัยแล้ง ร่วมกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินและข้อมูลจากหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (ตารางที่ 4.7-1 ถึง 4.7-2) โดยจะทำการเฉลี่ยจากข้อมูลที่รวบรวมในระยะเวลา 7 วัน (Data composite) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ปลอดภัยมากที่สุดในบริเวณประเทศไทย

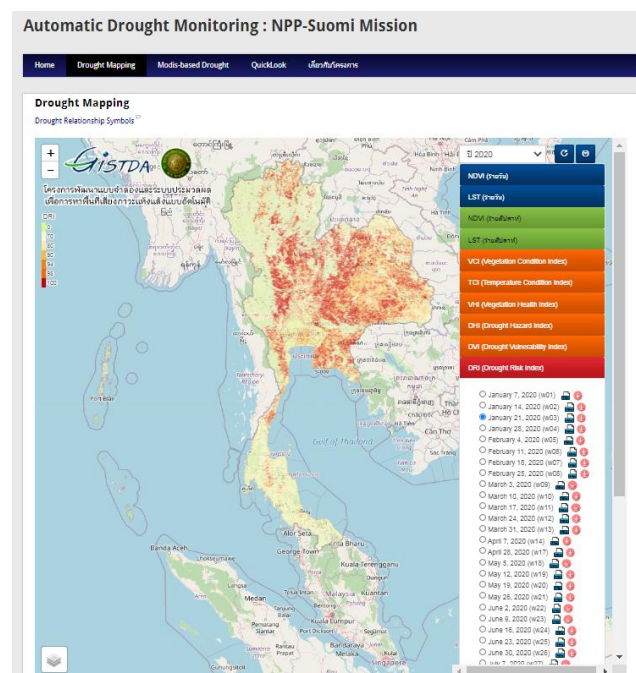
ที่จะใช้ในการจัดทำดัชนีต่างๆ และให้บริการผ่านเว็บเซอร์วิส <http://droughtv2.gistda.or.th/> ซึ่งจะมีการอัปเดตข้อมูลทุกๆ วันจันทร์ (รูปที่ 4.7-1)

ตารางที่ 4.7-1 รายละเอียดของข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในระบบ ADM

ข้อมูล	รายละเอียด
ข้อมูลปริมาณของฝนสะสม (รายวัน)	กรมอุตุนิยมวิทยา
ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2558
ข้อมูลขอบเขตของพื้นที่ชลประทาน	กรมชลประทาน ปี พ.ศ. 2555
ข้อมูลระบบ VIIRS จากดาวเทียม Suomi-NPP (รายวัน)	องค์การ NASA

ตาราง 4.7-2 รายละเอียดของดัชนี/ข้อมูลที่ใช้บริการในระบบ ADM

ข้อมูล/ดัชนี	ความถี่	รายละเอียดข้อมูล
NDVI	รายวัน/รายสัปดาห์	375 ม./1,000 ม.
LST	รายวัน/รายสัปดาห์	375 ม./1,000 ม.
VCi	รายสัปดาห์	1,000 ม.
TCI	รายสัปดาห์	1,000 ม.
VHI	รายสัปดาห์	1,000 ม.
DHI	รายสัปดาห์	1,000 ม.
DVI	รายสัปดาห์	1,000 ม.
DRI	รายสัปดาห์	1,000 ม.

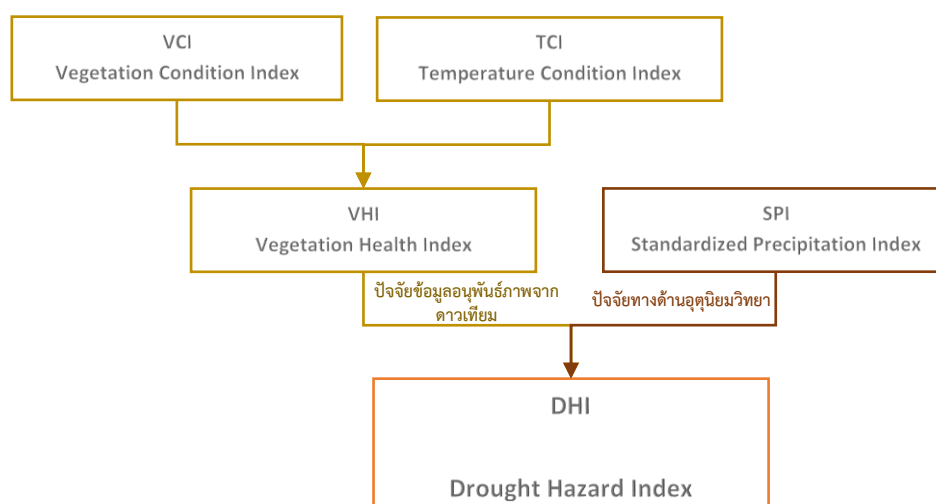


รูปที่ 4.7-1 ระบบติดตามสถานการณ์เสี่ยงภาวะความแห้งแล้งแบบอัตโนมัติของ สทอภ. (Automatic Drought Monitoring : NPP-Suomi Mission) (ที่มา: <http://droughtv2.gistda.or.th/>)

ระบบ ADM ของ สทอภ. ได้ใช้ดัชนีเสี่ยงภัยแล้ง Drought Risk Index (DRI) เป็นดัชนีติดตามสถานการณ์ความแห้งแล้งของประเทศไทย ซึ่งเป็นการพิจารณาความเสี่ยงของการเกิดภาวะความแห้งแล้งหรือภัยแล้ง (Drought risk) ในสองด้านด้วยกัน คือ การวิเคราะห์ปัจจัยด้านความรุนแรงของความแห้งแล้ง (Drought Hazard) และการวิเคราะห์ปัจจัยด้านความเปราะบางต่อความแห้งแล้ง (Drought Vulnerability)

4.7.1 การวิเคราะห์ปัจจัยด้านความรุนแรงของความแห้งแล้ง (Drought Hazard)

ดัชนีความรุนแรงความแห้งแล้ง Drought Hazard Index (DHI) เป็นหนึ่งในองค์ประกอบปัจจัยหลักในการสร้างดัชนีเสี่ยงภัยแล้งที่สร้างได้จากการให้ค่าคะแนนเพื่อถ่วงน้ำหนักกับปัจจัยย่อยต่างๆ ที่เชื่อมั่นได้ว่าส่งผลต่อความรุนแรงของความแห้งแล้งในพื้นที่ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.7.1-1 โดยประกอบด้วยปัจจัยย่อย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยทางด้านอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลอนุพันธ์ภาพจากดาวเทียม



รูปที่ 4.7.1-1 องค์ประกอบของการวิเคราะห์ดัชนีความรุนแรงของความแห้งแล้ง

1) ปัจจัยทางด้านอุตุนิยมวิทยา

ดัชนีปริมาณฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index, SPI) หรือดัชนีความแห้งแล้งจากฝนที่ต่างจากเกณฑ์ปกติ เป็นดัชนีที่สะท้อนความแห้งแล้งจากการขาดแคลนปริมาณฝนที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความแห้งแล้งในแต่ละช่วงเวลาที่ยาวไปจากปกติ (ค่าเฉลี่ย) ได้แก่ ความชื้นในดิน ปริมาณน้ำในดิน ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ และน้ำที่ไหลในแม่น้ำ

หลักการวิเคราะห์ : อยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนในช่วงเวลาหนึ่ง ณ พื้นที่หนึ่งๆ โดยวิธีการแปลงค่าอนุกรมเวลาของฝนให้อยู่ในรูปของการแจกแจงแกมมา (Gamma distribution) แล้วแปลงให้เป็นการกระจายปกติมาตรฐาน พารามิเตอร์ที่ประมาณได้จะใช้คำนวณหาการกระจายความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative probability distribution) เพื่อหาค่า SPI สำหรับสถานที่และช่วงเวลานั้นๆ ค่าดัชนีที่เป็นไปในทางลบแสดงถึงความแห้งแล้ง ส่วนค่าดัชนีที่เป็นไปในทางบวกแสดงถึงความชุ่มชื้นหรือมีฝนมากกว่าปกติ ดังตารางที่ 3.2.9-3

ข้อมูลที่ใช้และแหล่งที่มา : ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่มีอยู่ในระบบฐานข้อมูลของ สทอภ. ได้แก่ ปริมาณฝนรายวันหรือฝนราย 3 ชั่วโมงของสถานีหลักของกรมอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศ รวมถึง

ข้อมูลปริมาณฝนและอุณหภูมิจากจุดตรวจวัด ณ สถานีเครือข่ายรับ-ส่งสัญญาณ โทรศัพท์เคลื่อนที่ของบริษัทเอกชน โดยผ่านคลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) หรือ สสน. (สสนก. เดิม) โดยการเขียนโปรแกรมเพื่อดึงข้อมูลโดยตรงจากหน่วยงาน ดังนั้นปัจจัยที่อยู่บนพื้นฐานของความสะดวก มีข้อมูลที่เป็นปัจจุบันที่สุด รวมถึงสามารถขยายการเข้าถึงได้ (จากเครือข่ายสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่) คือ ข้อมูลปริมาณฝนและอุณหภูมิ ซึ่งทำให้ดัชนีที่เหมาะสมในการศึกษาภาวะแห้งแล้งในครั้งนี้ คือ ดัชนี SPI เป็นหลัก โดยได้นำข้อมูลฝนในอดีตมาทำการหาค่า SPI เพื่อพิจารณาความสอดคล้องกับการเกิดภัยแล้งทั้งในภาพรวมของประเทศไทยและระดับจังหวัด

2) ปัจจัยข้อมูลอนุพันธ์ภาพจากดาวเทียม

ดัชนีสถานะพืชพรรณ Vegetation Condition Index (VCI) เป็นดัชนีที่บ่งชี้สภาพพืชพรรณ ปัจจุบันว่าอยู่ในระดับที่แตกต่างไปจากปกติมากน้อยเพียงใด โดยอาศัยข้อมูลในอดีต เป็นการใช้ อนุพันธ์ NDVI อันเป็นฟังก์ชันที่ประกอบด้วยการใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมช่วงคลื่นสีแดง (Red) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR)

หลักการวิเคราะห์ : ใช้ข้อมูลอนุพันธ์ NDVI วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบกับข้อมูลอนุกรมเวลา ทำให้สามารถชี้ให้เห็นถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของพืชที่แตกต่างไปจากค่าปกติได้ การวิเคราะห์ช่วงค่ามาตรฐานที่พิจารณาสถานะของค่า NDVI ณ เวลาปัจจุบันที่สนใจว่าอยู่ในตำแหน่งใดในช่วงค่า NDVI ต่ำสุด กับค่า NDVI สูงสุด สำหรับพื้นที่หนึ่งๆ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบรายจุดภาพ โดยที่รูปฟังก์ชัน VCI สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 4.3

ข้อมูลที่ใช้และแหล่งที่มา : NDVI เป็นผลผลิตหนึ่งในชุด Level 2 ของข้อมูลดาวเทียม VIIRS เพราะถือเป็นกุญแจสำคัญในการใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการจัดทำแบบจำลองภูมิอากาศโลก การพยากรณ์สภาพภูมิอากาศ การติดตามการเปลี่ยนแปลงของสถานะสิ่งแวดล้อม ฯลฯ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ข้อมูลภาพในชุด Level 1 เพื่อสร้างข้อมูลเกี่ยวกับพืชพรรณได้เช่นเดียวกัน โดยใช้ช่วงคลื่น I1, I2 และ M3 เป็นหลัก ซึ่งจะทำให้สามารถสร้างอนุพันธ์ข้อมูลที่เป็นดัชนีเกี่ยวกับพืชพรรณ NDVI ได้โดยมีรูปสมการดังนี้

$$NDVI = \frac{(\rho_{12}^{TOA} - \rho_{11}^{TOA})}{(\rho_{12}^{TOA} + \rho_{11}^{TOA})} \quad \dots\dots\dots (4.8)$$

ดัชนีสถานะอุณหภูมิ Temperature Condition Index (TCI) เป็นดัชนีที่บ่งชี้สภาพอุณหภูมิ ความส่องสว่างของพื้นผิวปัจจุบันว่าอยู่ในระดับที่แตกต่างไปจากปกติมากน้อยเพียงใด โดยอาศัยข้อมูลในอดีต ช่วงคลื่นความร้อน (Thermal IR) ของเซนเซอร์ดาวเทียม

หลักการวิเคราะห์ : หลักการของดัชนี TCI เป็นการวิเคราะห์ค่า Brightness Temperature (BT) ที่หาได้จากข้อมูลช่วงคลื่นความร้อน (Thermal IR) ณ เวลาปัจจุบันที่สนใจว่าอยู่ในตำแหน่งใดของช่วงค่า BT ต่ำสุด กับค่า BT สูงสุด สำหรับพื้นที่หนึ่งๆ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบรายจุดภาพ โดยที่รูปฟังก์ชัน TCI สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 4.2

ข้อมูลที่ใช้และแหล่งที่มา : ส่วนจัดสร้างฐานข้อมูลภาพอ้างอิง ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) และค่าอุณหภูมิความส่องสว่าง (Brightness Temperature, BT) แบบคอมโพสิต โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมย้อนหลังตั้งแต่ ปี ค.ศ. 2016 จนถึงปี ค.ศ. 2002 (ตามข้อมูลระบบ MODIS ที่มี)

โดยจัดทำให้เป็นข้อมูลรายสัปดาห์จากค่าข้อมูลรายวันตามอัลกอริทึม MVC (Maximum Value Composition Algorithm) เพื่อทำเป็นข้อมูลภาพคอมโพสิตคาบ 7 วัน ที่แสดงวันที่ข้อมูลเป็นสัปดาห์ของปีประมวลผลในการหาข้อมูล NDVI และ BT แล้วทำการปรับค่าตัดสัญญาณรบกวน (No-noise smoothing) ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูล 52 ชุดในแต่ละปีแล้วเก็บค่าสูงสุด (Max) และต่ำสุด (Min) เพื่อไว้ใช้อ้างอิง

ส่วนประมวลผลข้อมูลความแห้งแล้งและจัดทำแผนที่ ใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าดัชนี NDVI และค่า BT ซึ่งปัจจุบันผันแปรไปจากค่าดัชนีอ้างอิง (NDVImax NDVImin BTmax BTmin) โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์และทำให้ได้ดัชนี VCI และ TCI ทั้งนี้ ในกรณีที่ค่าดัชนีปัจจุบันอยู่นอกช่วงข้อมูลอ้างอิง (เกินกว่าค่าสูงสุดหรือต่ำกว่าค่าต่ำสุดจากข้อมูลอ้างอิงในฐานข้อมูล) จะใช้ค่าปัจจุบันเป็นค่าที่เก็บไว้แทนค่าอ้างอิงเดิมในฐาน เมื่อได้ค่า VCI และ TCI แล้ว จึงทำการหาค่า VHI โดยกำหนดให้ค่า a มีค่าเท่ากับ 0.5 กล่าวคือกำหนดให้น้ำหนักความสำคัญของดัชนีทั้งสองตัวมีค่าเท่ากัน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปแบ่งระดับความแห้งแล้งและจัดทำแผนที่ต่อไป ในส่วนของการแบ่งระดับความแห้งแล้งในช่วงที่เหมาะสมกับประเทศไทย จะใช้วิธีการประมวลผลข้อมูลปีแห้งกับปีเปียกจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศ แล้วทำการเปรียบเทียบการแบ่งช่วงว่าระดับใดที่สอดคล้องกับข้อมูลการประกาศพื้นที่ประสบภัยแล้งของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

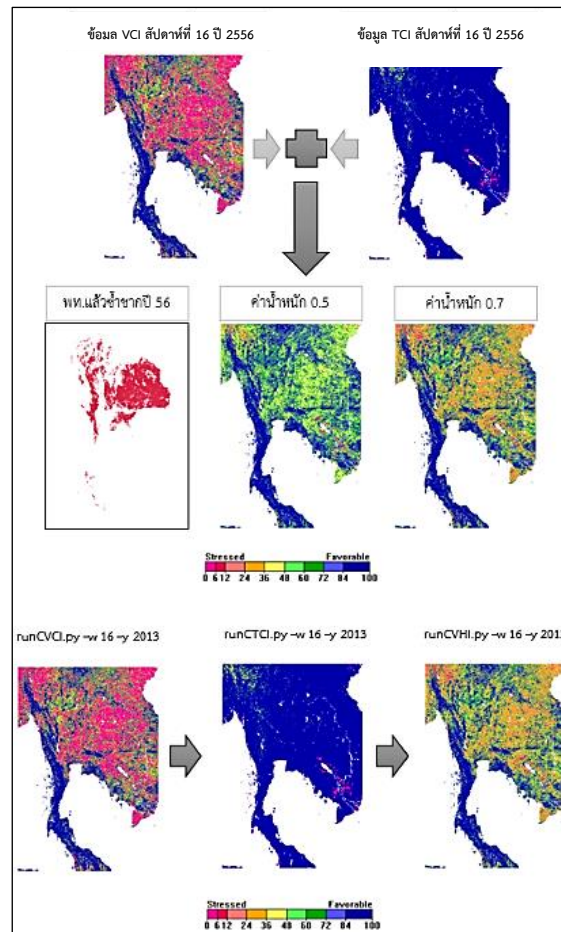
ดัชนีสถานะความอุดมสมบูรณ์ของพืชพรรณ Vegetation Health Index (VHI) เป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงสภาพของพืช โดยเริ่มต้นพัฒนาเพื่อใช้กับข้อมูลจากดาวเทียม NOAA และสร้างเป็นแบนด์คอมโพสิตคาบ 7 วัน โดยแบนด์ที่ต้องใช้ คือ แบนด์ 1 (Visible) แบนด์ 2 (NIR) และ IR แบนด์ 4 โดยที่ดัชนี VHI จะเป็นการวิเคราะห์ฟังก์ชันประกอบระหว่าง VCI และ TCI โดยมีรูปฟังก์ชันดังนี้

$$VHI = a \cdot VCI + (1 - a) \cdot TCI \quad \dots\dots\dots (4.9)$$

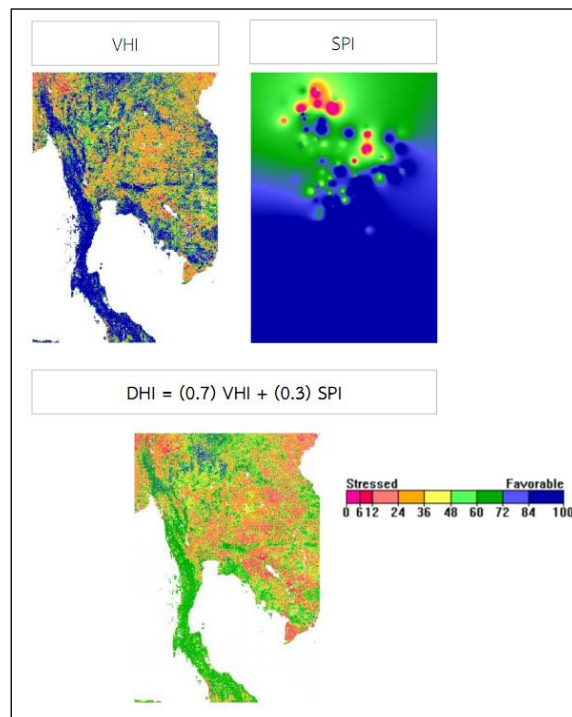
เมื่อ a คือ ค่าถ่วงน้ำหนัก (0-1)

ดัชนี VHI ที่ใช้ประเมินความแห้งแล้งระดับประเทศ ที่อยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ NDVI แบบอนุกรมเวลา ค่าที่ได้จะบอกถึงสภาพความสมบูรณ์ของพืชพรรณที่ได้รับอิทธิพลจากความแห้งแล้งในระดับต่างๆ ซึ่งสามารถให้ค่าน้ำหนักที่จะก่อให้เกิดภัยแล้งที่แตกต่างกัน โดยการพิจารณาค่าน้ำหนักระหว่างดัชนี VCI และ TCI ในการคำนวณดัชนี VHI จะพิจารณาจากเงื่อนไขที่ว่าค่า VCI จะเป็นค่าที่มีคุณภาพมากกว่า เนื่องจากเป็นค่าที่มีผลเรื่องความต่างของเวลาในการบันทึกข้อมูลน้อยกว่า และชี้ได้ชัดเจนกว่าดัชนี TCI ซึ่งการที่วงโคจรดาวเทียมระหว่าง Terra/Aqua และ NPP โคจรผ่านประเทศต่างช่วงเวลา และในการทำภาพคอมโพสิตข้อมูลรายวันมากกว่า 1 ช่วงเวลา “อุณหภูมิ” มักจะมีความแตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงควรให้ค่าน้ำหนักของดัชนี VCI มากกว่า TCI ประกอบกับผลการประเมินค่าน้ำหนักกับข้อมูลพื้นที่ประสบภัยแล้งซ้ำซากปี พ.ศ. 2556 ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่าควรให้ค่าน้ำหนักที่ 0.7 ในการประมวลผลข้อมูลดัชนี VCI, TCI และ VHI แบบอัตโนมัติ ดังรูปที่ 4.7.1-2 โดยคำนวณค่าดัชนี VHI ด้วยสมการที่ 4.4 และจัดระดับของสถานะความอุดมสมบูรณ์ของพืชพรรณดังรูปที่ 4.5.8-2

จากนั้นนำดัชนีจากข้อมูลภาพดาวเทียม ได้แก่ VCI, TCI และ VHI และดัชนีทางอุตุนิยมวิทยา SPI ไปประมวลผลดัชนี DHI ดังรูปที่ 4.7.1-3



รูปที่ 4.7.1-2 การประมวลผลข้อมูลดัชนี VCI, TCI และ VHI



รูปที่ 4.7.1-3 การประมวลผลดัชนี DHI

4.7.2 การวิเคราะห์ปัจจัยด้านความเปราะบางจากความแห้งแล้ง (Drought Vulnerability)

ดัชนีความเปราะบางจากความแห้งแล้ง Drought Vulnerability Index (DVI) เป็นหนึ่งในองค์ประกอบปัจจัยหลักในการสร้างดัชนีภัยแล้ง โดยอยู่บนพื้นฐานของการกำหนดค่าคะแนนเพื่อถ่วงน้ำหนักกับปัจจัยย่อยต่างๆ ที่เชื่อมั่นได้ว่าจะสะท้อนถึงความเปราะบางต่อความแห้งแล้งในพื้นที่ ได้แก่ ปัจจัยทางด้านอุทกวิทยา และปัจจัยทางด้านสิ่งปกคลุมดิน

1) ปัจจัยทางด้านอุทกวิทยา

ค่า QI (Quantity Index) เป็นปัจจัยทางด้านอุทกวิทยา โดยประยุกต์ใช้ค่าดัชนีปริมาณน้ำผิวดิน เพื่อบ่งชี้ถึงความแห้งแล้งที่เกิดจากช่วงฤดูกาลที่มีปริมาณฝนตกน้อยหรือไม่มีฝนตก ที่ส่งผลให้ระดับน้ำผิวดินและระดับน้ำใต้ดินลดระดับลง ซึ่งสามารถสะท้อนความเปราะบางของพื้นที่ต่อภาวะความแห้งแล้งได้ ได้แก่ ขอบเขตของพื้นที่ชลประทาน (IRR) โดยกำหนดให้พื้นที่ในเขตชลประทานมีคะแนนความเปราะบางเท่ากับ 0 ส่วนพื้นที่นอกเขตชลประทานมีคะแนนความเปราะบางเท่ากับ 100 ดังรูปที่ 4.5.10-1 ซึ่งแสดงถึงพื้นที่ชลประทานของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2555

2) ปัจจัยทางด้านสิ่งปกคลุมดิน

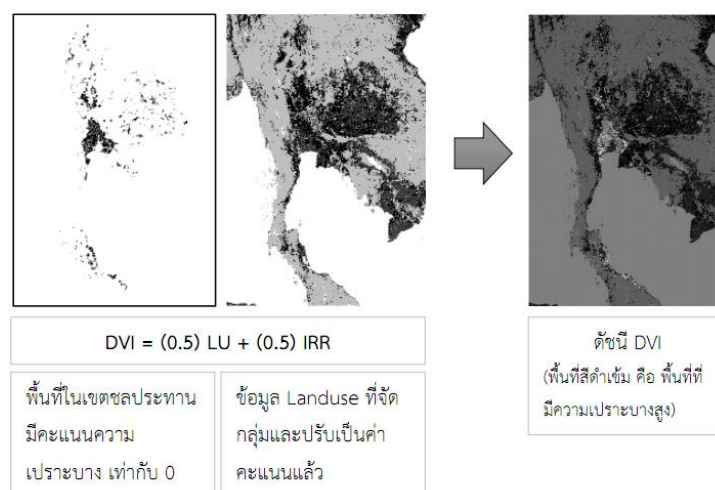
เป็นอีกปัจจัยที่มีหลักการว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทจะมีความเปราะบางกับความแห้งแล้งที่แตกต่างกัน เช่น พื้นที่เกษตรกรรมแต่ละประเภท ย่านที่อยู่อาศัย และพื้นที่ป่าไม้ ล้วนเป็นรูปแบบของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่อ่อนไหวต่อความแห้งแล้งที่แตกต่างกันไป ในครั้งนี้จะอาศัยข้อมูล Land surface ที่อยู่ในชุดข้อมูลผลผลิตจาก VIIRS Level 2 (EDR) เนื่องจากเป็นแบบจำลองข้อมูลที่อยู่ในชุดข้อมูลผลิตภัณฑ์จากดาวเทียม Suomi-NPP ที่ สทอภ. รับสัญญาณเรียบร้อยแล้ว จึงถือได้ว่าเป็นข้อมูลที่ทันสมัยและอยู่ในระบบอัตโนมัติได้ดี อย่างไรก็ตามประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ปรากฏในชุดข้อมูลดังกล่าวจะยึดตาม International Geosphere Biosphere Programme (IGBP) ซึ่งไม่สอดคล้องกับระบบการจำแนกประเภทของประเทศไทย ดังนั้นการสะท้อนความเปราะบางอาจให้ผลลัพธ์ที่ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งในที่นี้ได้กำหนดน้ำหนักของปัจจัยตัวนี้ไว้ไม่ให้สูงมาก สำหรับในอนาคตหากสามารถจัดทำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับประเทศแบบที่ทันสมัยอยู่เสมอได้ ก็สามารถที่จะใช้ชุดข้อมูลที่จัดทำขึ้นนี้แทนชุดข้อมูล VIIRS Level 2 ได้

ข้อมูลสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากขั้นตอนการสร้างข้อมูล EDR จากข้อมูล SDR มีการแบ่งประเภทของสิ่งปกคลุมและการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 10 กลุ่ม โดยที่ปัจจัยตัวนี้สามารถสะท้อนความเปราะบางของพื้นที่ได้ทั้งในเชิงเศรษฐกิจ สังคม และการปกครอง ในที่นี้จึงได้จัดกลุ่มข้อมูลใหม่เพื่อให้สะท้อนด้านต่างๆ ที่ประยุกต์ได้เหมาะสมกับประเทศไทย โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มข้อมูล และให้คะแนนรูปแบบของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรมเป็นข้อมูลที่มีความเปราะบางมากที่สุด ส่วนประเภทอื่นๆ เป็นอันดับรองลงมา ดังตารางที่ 4.7.2-1

ตารางที่ 4.7.2-1 ค่าความเปราะบางตามการจัดกลุ่มของข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน

ประเภท	ความหมาย	จัดกลุ่ม	ความเปราะบาง
0	Water	0	0
1	Evergreen needle	1	25
2	Evergreen broad	1	25
3	Deciduous needle	1	25
4	Deciduous broad	1	25
5	Mixed forest	1	25
6	Woodlands	1	25
7	Wood grass	1	25
8	Closed shrubs	1	25
9	Open shrubs	1	25
10	Grasses	2	75
11	Cropland	3	100
12	Bare	2	75
13	Urban	2	75

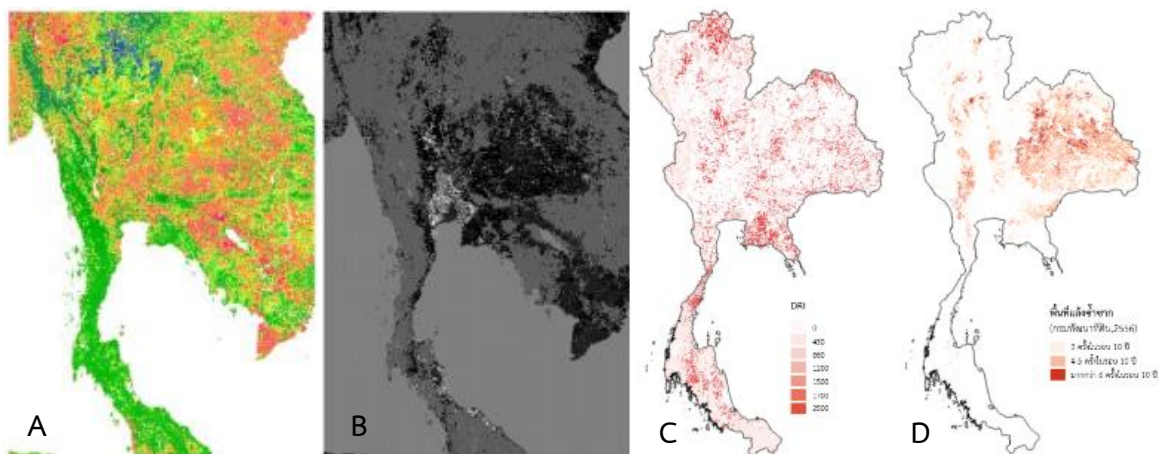
เมื่อได้ชั้นข้อมูลความเปราะบางของพื้นที่ตามประเภทของสิ่งปกคลุมและการใช้ประโยชน์ที่ดินแล้ว หลังจากนั้นจึงนำพื้นที่ในเขตชลประทานมาพิจารณาเพิ่มเติม โดยกำหนดให้จุดภาพที่อยู่ในพื้นที่เขตชลประทานมีความเปราะบางลดต่ำลง ด้วยเหตุผลที่ว่ามีการจัดสรรน้ำเข้าไปในพื้นที่เพื่อการเกษตร จากนั้นจึงนำข้อมูลทั้งสองประเภทมาจัดทำเป็นดัชนี DVI ดังรูปที่ 4.7.2-1



รูปที่ 4.7.2-1 การประมวลผลดัชนี DVI

4.7.3 การประมวลผลดัชนีเสี่ยงภาวะความแห้งแล้ง Drought Risk Index (DRI)

เมื่อคำนวณดัชนี DHI และ DVI เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการประมวลผลดัชนี DRI (โดยกำหนดให้ค่าน้ำหนักมีค่าเท่ากับ 0.5 เท่ากัน และอาศัยสมการที่ 4.7 ในการคำนวณ ซึ่งจากการสังเกตค่าคะแนนต่ำสุด (0 คะแนน) ไปจนถึงสูงสุด (2,500 คะแนน) พบว่าข้อมูลตั้งแต่ระดับคะแนน 1,200 คะแนนขึ้นไป มีการแสดงผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับพื้นที่แล้งซ้ำซาก (ร้อยละ 80 ขึ้นไป) ที่อยู่ในรูปของแผนที่ได้จากข้อมูลการประกาศเป็นพื้นที่ประสบภัยแล้งที่รวบรวมโดยกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2556 ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.7.3-1



รูปที่ 4.7.3-1 การประมวลผลดัชนี DRI: (A) แผนที่แสดงดัชนีความรุนแรงความแห้งแล้ง, DHI (B) แผนที่แสดงดัชนีความเปราะบางจากความแห้งแล้ง, DVI (C) แผนที่แสดงดัชนีเสี่ยงภัยแล้ง, DRI และ (D) แผนที่แสดงพื้นที่แล้งซ้ำซากของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2556

4.8 แนวทางในการปรับปรุงระบบ ADM

ระบบประมวลผลเพื่อหาพื้นที่เสี่ยงภาวะความแห้งแล้งแบบอัตโนมัติ (ADM) ของ สทอภ. สามารถติดตามและตรวจสอบสถานการณ์ความแห้งแล้งได้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 จนถึงปัจจุบัน โดยมีแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงให้ระบบ ADM มีศักยภาพมากขึ้น ดังนี้

- นำแบบจำลอง SWAT มาประยุกต์ใช้ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าและตัวแปรอื่นๆ ในระยะสั้น เพื่อประกอบการบริหารจัดการน้ำเชิงพื้นที่ ในแง่ของการคาดการณ์ปริมาณน้ำต้นทุนในฤดูกาลถัดไปว่าจะมีปริมาณเพียงพอต่อการเพาะปลูกหรืออุปโภคบริโภคหรือไม่ แนวทางการเพาะปลูกพืชชนิดต่างๆ ตามฤดูกาล แผนการกักเก็บและใช้น้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ เป็นต้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการเตรียมความพร้อมและรับมือกับเหตุการณ์ภัยแล้งที่อาจจะเกิดขึ้นได้อย่างทันทั่วทั้งที่

- เพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับน้ำผิวดินและความชื้นในดินเข้าไปในระบบ ADM เพื่อช่วยให้สามารถติดตามและวิเคราะห์สถานการณ์ความแห้งแล้งได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยข้อมูลดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ได้จากข้อมูลดาวเทียม

- นำผลการวิเคราะห์การคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAT เข้าไปในระบบ ADM สำหรับการพยากรณ์ภัยแล้ง โดยสามารถประเมินลักษณะของภัยแล้งได้ตามผลลัพธ์ของแบบจำลอง SWAT เช่น จะเกิดภัยแล้งหรือไม่ บริเวณใดบ้าง จะเกิดขึ้นเมื่อใด มีระยะเวลายาวนานแค่ไหน เป็นต้น

- ศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของทั้งความรุนแรงและระยะเวลาของภัยแล้งกับข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ เช่น ข้อมูลประชากร ข้อมูลพฤติกรรมการเพาะปลูกของพืชแต่ละชนิด ข้อมูลการคายระเหย ในมิติเชิงพื้นที่ (Spatial) เวลา (Temporal) เป็นต้น ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลกระทบจากภัยแล้งที่มีต่อผลผลิตทางการเกษตร และความเป็นอยู่ของประชากรในเชิงพื้นที่และเชิงเวลาได้

บทที่ 5

การสอบเทียบและตรวจสอบจำลองทางคณิตศาสตร์

การวิจัยนี้ได้เลือกใช้แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำในดิน การคายระเหย ปริมาณน้ำท่า ผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่ ทั้งในกรณีอดีตถึงปัจจุบัน และอนาคต ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602, 2603 – 2622 และ 2623 – 2642 (ปี ค.ศ. 2020 – 2039, 2040 – 2059, 2060 – 2079 และ 2080 – 2099) ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก สำหรับนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้ง และผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่

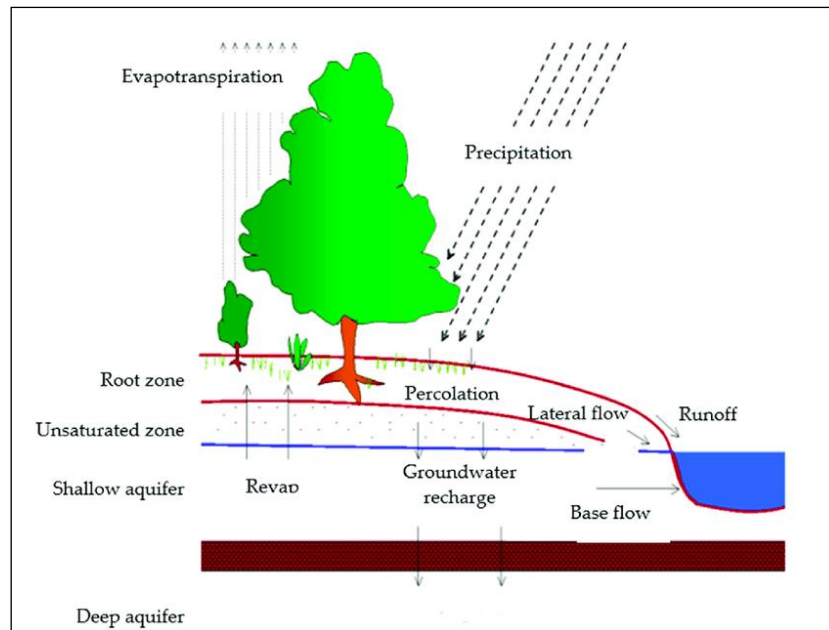
5.1 ทฤษฎีและหลักการของแบบจำลอง SWAT

แบบจำลอง SWAT ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Blackland Research & Extension Center ซึ่งตั้งอยู่ที่ Temple, Texas, USA โดยเป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาสำหรับการประเมินปริมาณน้ำท่า ปริมาณน้ำใต้ดิน ปริมาณตะกอน ความชื้นในดิน การคายระเหย และปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร นอกจากนี้แบบจำลอง SWAT ยังสามารถคำนวณผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่ได้อีกด้วย ซึ่งแบบจำลอง SWAT สามารถจำลองสภาพในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนบนพื้นฐานของการใช้ข้อมูลทางกายภาพ ได้แก่ ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) ข้อมูลกลุ่มชุดดิน (Soil group) และข้อมูลภูมิอากาศ (Weather data) เพื่อประมาณค่าดัชนีที่บ่งชี้ให้เห็นถึงความอุดมสมบูรณ์ของลุ่มน้ำ โดยที่แบบจำลอง SWAT จะทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย และภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยจะถูกแบ่งออกเป็น “หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Units, HRUs)” ซึ่งจะถูกสร้างขึ้นจากการซ้อนทับกันของข้อมูลระดับความสูงต่ำของพื้นที่ (DEM) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) และข้อมูลกลุ่มชุดดิน (Soil group) ทั้งนี้ แบบจำลอง SWAT จะเป็นแบบจำลองที่จะต้องดำเนินการร่วมกับโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) เช่น โปรแกรม ArcGIS, ArcView, Mapwindow GIS และ QGIS และใช้ชื่อเรียกว่า ArcSWAT, AVSWAT, MWSWAT และ QSWAT ตามลำดับ โดยในการวิจัยนี้จะเลือกใช้แบบจำลอง ArcSWAT ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ทำงานร่วมกับโปรแกรม ArcGIS

ในส่วนของการคำนวณผลลัพธ์ในรูปของปริมาณน้ำในดิน การคายระเหย และปริมาณน้ำท่า เพื่อนำไปใช้สำหรับคำนวณค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้ง รวมไปถึงการคำนวณผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่ ด้วยแบบจำลอง SWAT มีสมการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

5.1.1 การคำนวณปริมาณน้ำในดิน

การคำนวณปริมาณน้ำในดินด้วยแบบจำลอง SWAT จะคำนวณโดยอาศัยหลักการของสมการสมดุลน้ำในชั้นดินดังแสดงในรูปที่ 5.1.1-1 โดยมีสมการดังนี้



รูปที่ 5.1.1-1 สมดุลของน้ำในแบบจำลอง SWAT (Neitsch et al., 2011)

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw}) \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

เมื่อ SW_t คือ ปริมาณน้ำในดิน ณ เวลา t (mm)

SW_0 คือ ปริมาณน้ำในดินเริ่มต้น (mm)

R_{day} คือ ปริมาณฝน ณ วันที่ i (mm)

Q_{surf} คือ ปริมาณน้ำท่า ณ วันที่ i (mm)

E_a คือ ปริมาณการคายระเหย ณ วันที่ i (mm)

w_{seep} คือ ปริมาณการซึมผ่านของน้ำผ่านชั้นดิน ณ วันที่ i (mm)

Q_{gw} คือ ปริมาณน้ำใต้ดิน ณ วันที่ i (mm)

5.1.2 การคำนวณการคายระเหย

การคายระเหย (Evapotranspiration) เป็นการรวมกระบวนการที่น้ำในผิวเปลือกโลกที่มีอยู่เปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำ โดยประกอบไปด้วย การระเหยจากชั้นเรือนยอดของพืช (Plant canopy evaporation) การระเหยจากพืช (Transpiration) และการระเหิดและการระเหยจากดิน (Soil sublimation and evaporation) (Neitsch et al., 2011)

การคำนวณการคายระเหยจะประกอบด้วยการคำนวณ 2 ส่วน คือ ศักยภาพการคายระเหย (Potential Evapotranspiration, PET) และการคายระเหยที่เกิดขึ้นจริง (Actual Evapotranspiration, AET) ในส่วนของการคำนวณศักยภาพการคายระเหย (PET) ในแบบจำลอง SWAT จะประกอบด้วยวิธีการคำนวณ 3 วิธี ได้แก่ 1) Penman-Monteith Method 2) Priestley-Taylor Method และ 3) Hargreaves Method โดยในแต่ละวิธีจะต้องการข้อมูลสำหรับการคำนวณที่ต่างกัน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.1.2-1 สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธี Hargreaves Method ในการคำนวณศักยภาพการคายระเหย เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่

จำเป็นต้องใช้ข้อมูลนำเข้าจำนวนมากสำหรับการคำนวณ อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของข้อมูลที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษา โดยวิธี Hargreaves Method มีสมการที่เกี่ยวข้องดังนี้

ตารางที่ 5.1.2-1 ข้อมูลพื้นฐานสำหรับคำนวณศักยภาพการคายระเหย (PET) ด้วยแบบจำลอง SWAT ของแต่ละวิธี

วิธีคำนวณ	ข้อมูลภูมิอากาศที่ต้องการ			
	พลังงานแสงอาทิตย์	อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด	ความชื้นสัมพัทธ์	ความเร็วลม
Penman-Monteith	✓	✓	✓	✓
Priestley-Taylor	✓	✓	✓	-
Hargreaves	-	✓	-	-

$$E_o = \frac{0.0023 \cdot H_0 \cdot (T_{mx} - T_{mn})^{0.5} \cdot (\bar{T}_{av} + 17.8)}{\lambda} \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

- เมื่อ E_o คือ ศักยภาพการคายระเหย (mm.d^{-1})
 H_0 คือ พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบชั้นบรรยากาศโลก ($\text{MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$)
 T_{mx} คือ อุณหภูมิสูงสุด ($^{\circ}\text{C}$)
 T_{mn} คือ อุณหภูมิต่ำสุด ($^{\circ}\text{C}$)
 T_{av} คือ อุณหภูมิเฉลี่ย ($^{\circ}\text{C}$)
 λ คือ พลังงานความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ ($\text{MJ.m}^{-2}\text{d}^{-1}$)

สำหรับการคำนวณการคายระเหยที่เกิดขึ้นจริง (Actual Evapotranspiration, AET) จะประกอบด้วยผลรวมของ 3 องค์ประกอบ คือ 1) การระเหยจากการขวางกั้นการตกของฝน (Intercepted rainfall) 2) การระเหยจากพืช (Transpiration) และ 3) การระเหิดและการระเหยจากดิน (Soil sublimation and evaporation) โดยแต่ละส่วนมีสมการคำนวณดังนี้

1) การระเหยจากการขวางกั้นการตกของฝน (Intercepted rainfall)

ปริมาณน้ำที่จะระเหยจากส่วนนี้ ส่วนใหญ่จะเป็นปริมาณน้ำที่ตกค้างอยู่ที่ชั้นเรือนยอดของพืช (Plant canopy) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตพื้นที่ป่าไม้ ในบางครั้งปริมาณน้ำที่มีการระเหยจากการขวางกั้นการตกของฝนจะมีปริมาณมากกว่าการระเหยจากพืช (Transpiration) โดยตรง ซึ่งสมการคำนวณการระเหยในส่วนนี้ ด้วยแบบจำลอง SWAT จะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

$$E_{can} = E_o \quad \text{ถ้า} \quad E_o < R_{INT} \quad \dots\dots\dots (5.3)$$

$$E_{can} = R_{INT} \quad \text{ถ้า} \quad E_o > R_{INT} \quad \dots\dots\dots (5.4)$$

- เมื่อ E_{can} คือ การระเหยจากการขวางกั้นการตกของฝน (mm.d^{-1})
 E_o คือ ศักยภาพการคายระเหย (mm.d^{-1})
 R_{INT} คือ ปริมาณน้ำที่ถูกละสมบนชั้นเรือนยอดของพืช (mm.d^{-1})

จากนั้นส่วนที่เหลือจากการระเหยของการขวางกั้นการตกของฝน ($E'_o = E_o - E_{can}$) จะเป็นค่าศักยภาพการคายระเหยสำหรับไปใช้ในการคำนวณค่าการระเหยจากพืช (Transpiration) และการระเหิดและการระเหยจากดิน (Soil sublimation and evaporation)

2) การระเหยจากพืช (Transpiration)

การระเหยจากพืชที่คำนวณด้วยแบบจำลอง SWAT ด้วยวิธี Hargreaves Method จะขึ้นอยู่กับดัชนีพื้นที่ใบของพืช ซึ่งมีสมการคำนวณดังนี้

$$E_t = \frac{E'_o \cdot LAI}{3.0} \quad \text{ถ้า} \quad 0 \leq LAI \leq 3.0 \quad \dots\dots\dots (5.5)$$

$$E_t = E'_o \quad \text{ถ้า} \quad LAI \geq 3.0 \quad \dots\dots\dots (5.6)$$

เมื่อ E_t คือ การระเหยจากพืชสูงสุด (mm.d^{-1})

E'_o คือ ศักยภาพการคายระเหยที่เหลือจากการระเหยของการขวางกั้นการตกของฝน (mm.d^{-1})

LAI คือ ดัชนีพื้นที่ใบของพืช (Leaf Area Index)

3) การระเหิดและการระเหยจากดิน (Soil sublimation and evaporation)

การคำนวณการระเหิดและการระเหยจากดินด้วยแบบจำลอง SWAT จะขึ้นอยู่กับค่าระดับความทึบแสง (Degree of shading) ของพืชที่ปกคลุมดิน โดยมีสมการดังต่อไปนี้

$$E_s = E'_o \cdot cov_{sol} \quad \dots\dots\dots (5.7)$$

$$cov_{sol} = \exp(-0.5 \times 10^{-5} \cdot CV) \quad \dots\dots\dots (5.8)$$

เมื่อ E_s คือ การระเหิดและระเหยจากดินสูงสุด (mm.d^{-1})

E'_o คือ ศักยภาพการคายระเหยที่เหลือจากการระเหยของการขวางกั้นการตกของฝน (mm.d^{-1})

cov_{sol} คือ ดัชนีของสิ่งปกคลุมดิน (Soil cover index)

CV คือ ชีวมวลและเศษวัสดุ (Biomass and residue) เหนือพื้นดิน (kg.ha^{-1})

เมื่ออยู่ในช่วงเวลาที่พืชมีการใช้น้ำเพื่อการเจริญเติบโต ค่าการระเหิดและการระเหยจากดินจะมีการลดลง โดยมีความสัมพันธ์แสดงได้ดังนี้

$$E'_o = \min \left[E_s, \frac{E_s \cdot E'_o}{E_s + E_t} \right] \quad \dots\dots\dots (5.9)$$

เมื่อ E'_s คือ การระเหิดและระเหยจากดินสูงสุดปรับแก้จากการใช้น้ำของพืช (mm.d^{-1})

E_s คือ ศักยภาพการคายระเหยที่เหลือจากการระเหยของการขวางกั้นการตกของฝน (mm.d^{-1})

E'_o คือ ศักยภาพการคายระเหยที่เหลือจากการระเหยของการขวางกั้นการตกของฝน (mm.d^{-1})

E_t คือ การระเหยจากพืชสูงสุด (mm.d^{-1})

5.1.3 การคำนวณปริมาณน้ำท่า

การคำนวณปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT จะประกอบด้วย 2 วิธี คือ 1) SCS Curve Number Method และ 2) Green & Ampt Infiltration Method สำหรับการวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธี SCS Curve Number Method โดยมีสมการคำนวณดังนี้

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0.2S)^2}{(R_{day} - 0.8S)} \quad \dots\dots\dots (5.10)$$

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad \dots\dots\dots (5.11)$$

เมื่อ Q_{surf} คือ ปริมาณน้ำท่าหรือปริมาณฝนส่วนเกิน (mm)

R_{day} คือ ปริมาณฝนรายวัน (mm)

S คือ Retention parameter

CN คือ Curve Number

5.1.4 การคำนวณผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่

โดยทั่วไปผลผลิตทางการเกษตรของพืชแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับปัจจัยของความเพียงพอของความต้องการใช้น้ำและสารอาหารที่มีอยู่ในดิน รวมถึงสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีความต้องการในปริมาณหรือความเหมาะสมที่แตกต่างกัน โดยที่การคำนวณผลผลิตทางการเกษตรของพืชแต่ละชนิดด้วยแบบจำลอง SWAT จะอยู่บนพื้นฐานของสมการดังต่อไปนี้

$$yld = bio_{ag} \cdot HI_{act} \quad \text{เมื่อ } HI \leq 1.00 \quad \dots\dots\dots (5.12)$$

$$yld = bio_{act} \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + HI} \right) \quad \text{เมื่อ } HI > 1.00 \quad \dots\dots\dots (5.13)$$

เมื่อ yld คือ ผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่ ($kg \cdot ha^{-1}$)

bio_{ag} คือ ชีวมวลทั้งหมดของพืชเหนือผิวดินในแต่ละวัน ($kg \cdot ha^{-1}$)

HI_{act} คือ ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลผลิตจริงในแต่ละวัน (Actual harvest index)

bio_{act} คือ ชีวมวลทั้งหมดของพืชในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (Actual total plant biomass) ($kg \cdot ha^{-1}$)

HI คือ ศักย์ของดัชนีการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละวัน (Potential harvest index) คำนวณได้จากสมการที่ 5.15

$$\text{โดยที่ } bio_{ag} = (1 - fr_{root}) \cdot bio_{act}$$

เมื่อ fr_{root} คือ สัดส่วนของชีวมวลทั้งหมดในรากพืชในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต มีหน่วยเป็น $kg \cdot ha^{-1}$

โดยที่ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวผลผลิตจริงในแต่ละวัน (HI_{act}) และ ชีวมวลทั้งหมดของพืชในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (bio_{act}) สามารถคำนวณด้วยสมการดังต่อไปนี้

สมการคำนวณดัชนีการเก็บเกี่ยวผลผลิตจริงในแต่ละวัน (HI_{act})

$$HI_{act} = (HI - HI_{min}) \cdot \frac{\gamma_{wu}}{\gamma_{wu} + \exp[6.13 - 0.883 \cdot \gamma_{wu}]} + HI_{min} \quad \dots\dots\dots (5.14)$$

- เมื่อ HI_{act} คือ ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลผลิตจริงในแต่ละวัน (Actual harvest index)
 HI คือ ศักย์ของดัชนีการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละวัน (Potential harvest index) คำนวณได้จากสมการที่ 5.15
 HI_{min} คือ ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลผลิตต่ำสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้สำหรับพืช กรณีเกิดสภาวะแห้งแล้ง
 γ_{wu} คือ สัดส่วนการขาดแคลนน้ำ (Water deficiency factor) คำนวณได้จากสมการที่ 5.17

$$HI = HI_{opt} \cdot \frac{100 \cdot fr_{PHU}}{(100 \cdot fr_{PHU} + \exp[11.1 - 10 \cdot fr_{PHU}])} \quad \dots\dots\dots (5.15)$$

- เมื่อ HI คือ ศักย์ของดัชนีการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละวัน (Potential harvest index)
 HI_{opt} คือ ศักย์ของดัชนีการเก็บเกี่ยวผลผลิตของพืชที่ระยะที่เหมาะสมแก่การเก็บเกี่ยว (Maturity growing condition)
 fr_{PHU} คือ สัดส่วนของความร้อนสะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช คำนวณจากสมการที่ 5.16

$$fr_{PHU} = \frac{\sum_{i=1}^d HU_i}{PHU} \quad \dots\dots\dots (5.16)$$

- เมื่อ fr_{PHU} คือ สัดส่วนของความร้อนสะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ณ วันที่ d
 HU_i คือ ความร้อนสะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ณ วันที่ i (Heat units)
 PHU คือ ศักย์ความร้อนสะสมทั้งหมดสำหรับการเจริญเติบโตของพืช

$$\gamma_{wu} = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^m E_a}{\sum_{i=1}^m E_o} \quad \dots\dots\dots (5.17)$$

- เมื่อ E_a คือ การคายระเหยที่เกิดขึ้นจริง ($mm \cdot d^{-1}$)
 E_o คือ ศักย์การคายระเหย ($mm \cdot d^{-1}$) ที่คำนวณได้จากสมการที่ 5.2
 i คือ วันที่พืชเจริญเติบโต
 m คือ วันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตของพืช

สมการคำนวณชีวมวลทั้งหมดของพืชในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต (bio_{act})

$$bio_{act} = \sum_{i=1}^d \Delta bio_{act,i} \quad \dots\dots\dots (5.18)$$

เมื่อ bio_{act} คือ ชีวมวลทั้งหมดของพืชในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตวันที่ d (kg/ha)
 Δbio_{act} คือ การเพิ่มขึ้นของชีวมวลพืชในวันที่ i (kg/ha) ซึ่งคำนวณจากสมการที่ 5.19

$$\Delta bio_{act} = \Delta bio \cdot \gamma_{reg} \quad \dots\dots\dots (5.19)$$

เมื่อ Δbio_{act} คือการเพิ่มขึ้นของชีวมวลพืชในวันที่ i (kg/ha)
 γ_{reg} คือ สัดส่วนการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากข้อจำกัดด้านน้ำและแร่ธาตุอาหาร ประกอบด้วย 4 ปัจจัย ได้แก่ 1) ข้อจำกัดด้านน้ำ 2) ข้อจำกัดด้านอุณหภูมิ 3) ข้อจำกัดด้านปริมาณไนโตรเจนในดิน 4) ข้อจำกัดด้านปริมาณฟอสฟอรัสในดิน ดังแสดงในสมการที่ 5.20

Δbio คือ ศักยภาพการเพิ่มขึ้นของชีวมวลพืช (kg/ha) คำนวณได้จากสมการที่ 5.21

$$\gamma_{reg} = 1 - \max(wstrs, tstrs, nstrs, pstrs) \quad \dots\dots\dots (5.20)$$

เมื่อ γ_{reg} คือ สัดส่วนการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากข้อจำกัดด้านน้ำและแร่ธาตุอาหาร มีค่าระหว่าง 0.0 – 1.0

$wstrs$ คือ ข้อจำกัดด้านน้ำ

$tstrs$ คือ ข้อจำกัดด้านอุณหภูมิ

$nstrs$ คือ ข้อจำกัดด้านปริมาณไนโตรเจนในดิน

$pstrs$ คือ ข้อจำกัดด้านปริมาณฟอสฟอรัสในดิน

$$\Delta bio = RUE \cdot H_{phosym} \quad \dots\dots\dots (5.21)$$

เมื่อ Δbio คือ ศักยภาพการเพิ่มขึ้นของชีวมวลพืช (kg/ha)

RUE คือ สัมประสิทธิ์การใช้แสงของพืชจากการแผ่รังสีที่มาจากดวงอาทิตย์ ($kg/ha \cdot (MJ/m^2)^{-1}$ หรือ $10^{-1} g/MJ$) คำนวณได้จากสมการที่ 5.22

H_{phosym} คือ ปริมาณของการสังเคราะห์แสง ($MJ \cdot m^{-2}$) คำนวณได้จากสมการที่ 5.23

$$RUE = \frac{100 \cdot CO_2}{CO_2 + \exp(r_1 - r_2 \cdot CO_2)} \quad \dots\dots\dots (5.22)$$

เมื่อ RUE คือ สัมประสิทธิ์การใช้แสงของพืชจากการแผ่รังสีที่มาจากดวงอาทิตย์ ($kg/ha \cdot (MJ/m^2)^{-1}$ หรือ $10^{-1} g/MJ$)

CO₂ คือ ความเข้มข้นของ CO₂ ในชั้นบรรยากาศ (ppmv)

r₁, r₂ คือ Shape coefficients

$$H_{\text{phosym}} = 0.5 \cdot H_{\text{day}} \cdot (1 - \exp(-k_{\ell} \cdot \text{LAI})) \quad \dots\dots\dots (5.23)$$

เมื่อ H_{phosym} คือ ปริมาณของการสังเคราะห์แสง (MJ.m⁻²)

H_{day} คือ พลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบพื้นโลก (MJ.m⁻²)

k_ℓ คือ สัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของแสงอาทิตย์

LAI คือ ดัชนีพื้นที่ใบของพืช (Leaf Area Index)

5.2 ค่าทางสถิติสำหรับการใช้ในการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง

ในการพัฒนาแบบจำลองทางอุทกวิทยาหรือแบบจำลองทางด้านอื่นๆ จำเป็นที่จะต้องมีการประเมินความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเรียกการประเมินนี้ว่าการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง สำหรับประเทศไทยนั้นค่าทางสถิติที่นิยมใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินความน่าเชื่อถือของแบบจำลองทางด้านอุทกวิทยา คือ Coefficient of Determination (R²) และ Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) (วรารุณ วุฒิวิชัย, 2553) ซึ่งในการศึกษานี้ก็จะใช้ค่าทางสถิติดังกล่าวในการประเมิน นอกจากนี้เนื่องจากการศึกษานี้ได้มีการศึกษาถึงผลผลิตทางการเกษตรรายปีต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งจำเป็นจะต้องทำการประเมินความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเช่นเดียวกัน โดยจะใช้ค่าทางสถิติ Percent bias (PBIAS) ในการประเมินสามารถแสดงสมการของค่าทางสถิติทั้ง 3 สมการ (สมการที่ 5.24 ถึง 5.26) ได้ดังนี้

$$R^2 = \frac{\left[\sum_i (Q_{m,i} - \bar{Q}_m)(Q_{s,i} - \bar{Q}_s) \right]^2}{\sum_i (Q_{m,i} - \bar{Q}_m)^2 \sum_i (Q_{s,i} - \bar{Q}_s)^2} \quad \dots\dots\dots (5.24)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_i (Q_m - Q_s)_i^2}{\sum_i (Q_{m,i} - \bar{Q}_m)^2} \quad \dots\dots\dots (5.25)$$

$$PBIAS = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n (Q_m - Q_s)_i}{\sum_{i=1}^n Q_{m,i}} \quad \dots\dots\dots (5.26)$$

เมื่อ R₂ คือ Coefficient of Determination

NSE คือ Nash-Sutcliffe Efficiency

PBIAS คือ Percent bias

Q_m คือ ข้อมูลจากการตรวจวัด

Q_s คือ ข้อมูลจากแบบจำลอง

5.3 การพัฒนาแบบจำลอง SWAT กลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

เนื่องจากในเขตพื้นที่กลุ่มน้ำห้วยสามหมอกไม่มีการติดตั้งสถานีวัดน้ำท่าในกลุ่มน้ำ ดังนั้นในการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองในส่วนของปริมาณน้ำท่า เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่มีความน่าเชื่อถือของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก จึงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูล ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า E.9 และ E.21 (ดังแสดงตำแหน่งในบทที่ 2 รูปที่ 2.4-1) ด้วยเหตุนี้ในการพัฒนาแบบจำลอง SWAT สำหรับทำการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองในส่วนของปริมาณน้ำท่า จึงมีพื้นที่ครอบคลุมถึงตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า E.9 ซึ่งมีรายละเอียดการพัฒนาแบบจำลองดังนี้

5.3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

สำหรับการศึกษารังนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการประมวลผลด้วยแบบจำลอง SWAT จากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยได้แก่ ข้อมูลกายภาพกลุ่มน้ำ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ข้อมูลอุทกวิทยา และข้อมูลการปลูกพืช ครอบคลุมพื้นที่รับน้ำของสถานี E.9 ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5.3.1-1

ตารางที่ 5.3.1-1 ข้อมูลที่เก็บรวบรวมเพื่อนำเข้าในแบบจำลอง SWAT

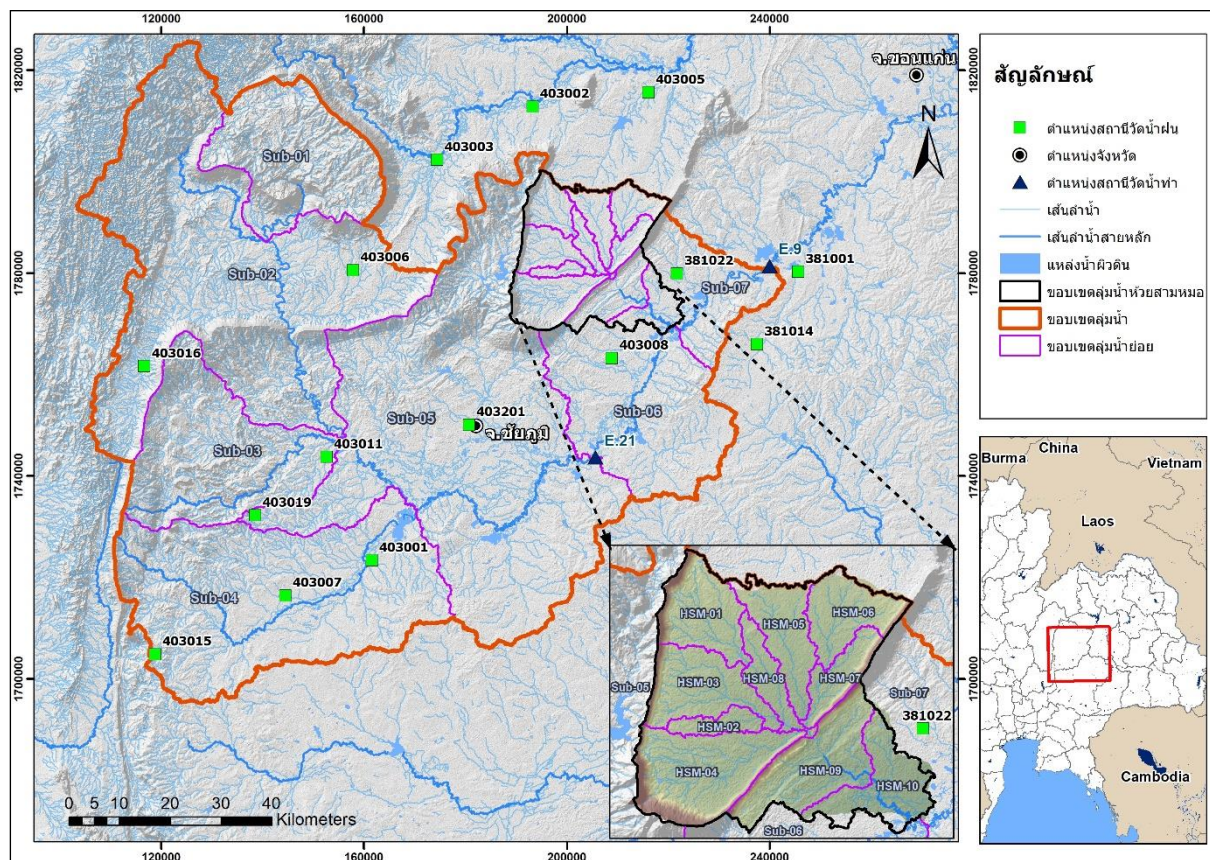
ที่	ประเภทข้อมูล	หน่วยงาน
1	ข้อมูลกายภาพกลุ่มน้ำ	
1.1	แบบจำลองระดับเชิงตัวเลข (DEM) ขนาด 30x30 ม.	กรมพัฒนาที่ดิน
1.2	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2553	กรมพัฒนาที่ดิน
1.3	แผนที่กลุ่มชุดดิน ปี พ.ศ. 2544	กรมพัฒนาที่ดิน
1.4	ขอบเขตกลุ่มน้ำ แหล่งน้ำ และเส้นลำน้ำ	กรมทรัพยากรน้ำ
2	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2561	
2.1	ปริมาณฝน รายวัน	กรมอุตุนิยมวิทยา
2.2	อุณหภูมิสูงสุด รายวัน	กรมอุตุนิยมวิทยา
2.3	อุณหภูมิต่ำสุด รายวัน	กรมอุตุนิยมวิทยา
3	ข้อมูลอุทกวิทยา ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2561	
3.1	ปริมาณน้ำท่า ณ สถานี E.9 และ E.21 รายวัน	กรมชลประทาน
4	ข้อมูลการปลูกพืช	
4.1	ปฏิทินการเพาะปลูกพืช	กรมชลประทาน
4.2	ผลผลิตทางการเกษตรของพืชต่อหน่วยพื้นที่	สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

5.3.2 การแบ่งขอบเขตกลุ่มน้ำย่อย

ในการแบ่งขอบเขตกลุ่มน้ำในแบบจำลอง SWAT จะอาศัยข้อมูลแบบจำลองระดับเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model) หรือ ข้อมูล DEM รวมกับข้อมูลเส้นลำน้ำธรรมชาติที่มีอยู่เดิม โดยในการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูล DEM ที่มีขนาดความละเอียด 30x30 เมตร ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.1-1 โดยได้ทำการกำหนดจุดออกของกลุ่มน้ำไว้ที่ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า E.9 รวมแล้วมีจำนวนกลุ่มน้ำย่อยที่ทำการแบ่งด้วยแบบจำลอง SWAT จำนวน 17 กลุ่มน้ำย่อย โดยแบ่งออกเป็นในพื้นที่กลุ่มน้ำย่อยของห้วยสามหมอกจำนวน 10 กลุ่มน้ำย่อย และพื้นที่นอกพื้นที่กลุ่มน้ำย่อยของห้วยสามหมอกจำนวน 7 กลุ่มน้ำย่อย ดังแสดงรายละเอียดไว้ดังตารางที่ 5.3.2-1 และรูปที่ 5.3.2-1

ตารางที่ 5.3.2-1 รายละเอียดการแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำย่อย

ที่	รหัสลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตร.กม.)
<u>พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก</u>			
1	HSM-01	ห้วยหินกอง	84.88
2	HSM-02	ห้วยเซียม	23.29
3	HSM-03	ห้วยกลาง	90.13
4	HSM-04	ห้วยอิดาน	142.60
5	HSM-05	ห้วยคนทา	75.34
6	HSM-06	ห้วยใหญ่	71.73
7	HSM-07	ห้วยตะกร้า	43.18
8	HSM-08	ห้วยยาง	39.20
9	HSM-09	ห้วยสามหมอกตอนบน	117.47
10	HSM-10	ห้วยสามหมอกตอนล่าง	83.57
<u>นอกพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก</u>			
1	Sub-01	ลำสะพุง	714.48
2	Sub-02	ลำน้ำชีตอนบน	2,508.61
3	Sub-03	ลำกระเจวน	906.29
4	Sub-04	ลำคั่นคู	1,756.30
5	Sub-05	ลำน้ำชีตอนกลาง E.21	2,953.94
6	Sub-06	ลำน้ำชีตอนกลาง	932.59
7	Sub-07	ลำน้ำชีตอนล่าง E.9	379.77

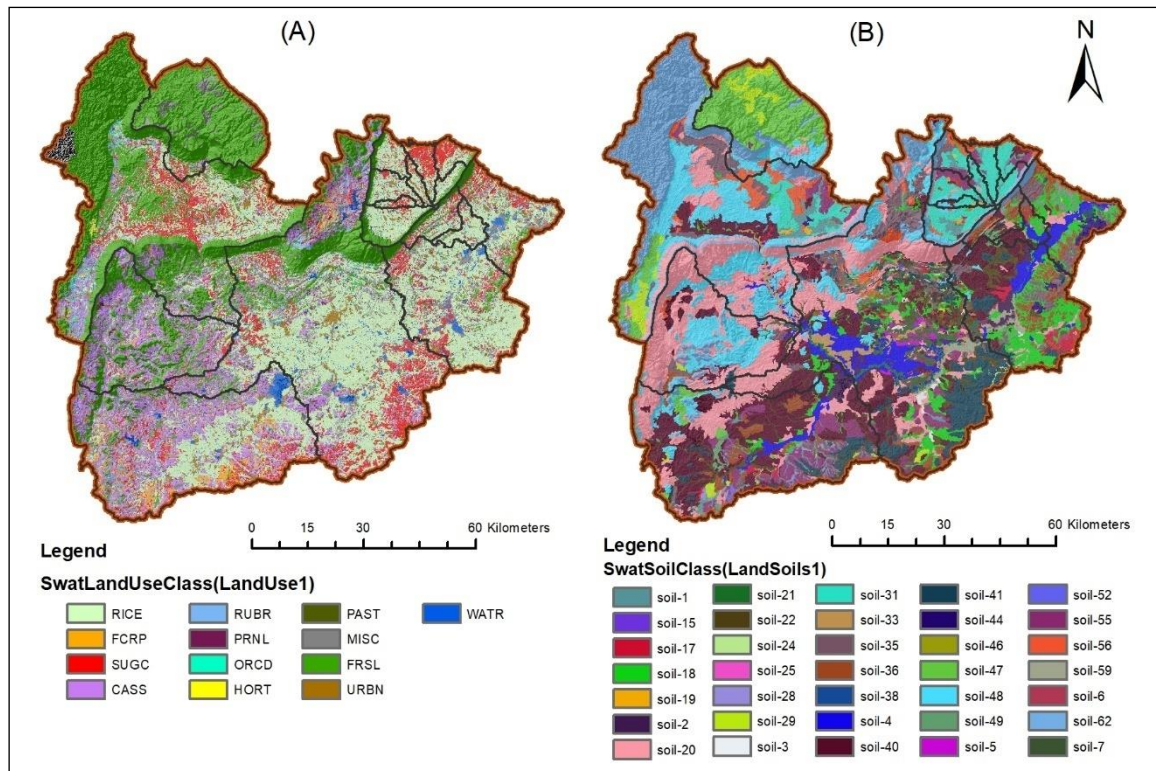


5.3.3 การนำเข้าข้อมูลหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Units, HRUs)

โดยทั่วไปแล้วในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำย่อมจะมีการใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดดิน ความลาดชัน และการจัดการที่ดินที่แตกต่างกันออกไปกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำ เช่น ในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยหนึ่งอาจจะมีการใช้ประโยชน์ที่ดินมากกว่า 1 ชนิด หรือมีการจัดการในที่ดิน(Land Management Practices) ของพืชแต่ละชนิดที่แตกต่างกันไป ซึ่งอาจจะขึ้นอยู่กับชนิดของดินและลักษณะความลาดชันของพื้นที่ โดยในแต่ละส่วนพื้นที่ของลุ่มน้ำนั้น ก็ย่อมจะมีค่าพารามิเตอร์ทางอุทกวิทยาที่ต่างกันไป เช่น ค่า CN Number ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ที่ดินและชนิดดินในพื้นที่นั้นๆ เป็นต้น และย่อมที่จะส่งผลต่อผลลัพธ์ทางด้านอุทกวิทยาที่ต่างกันออกไปด้วย ซึ่งถ้าหากจะกำหนดให้ในแต่ละลุ่มน้ำย่อยมีค่าพารามิเตอร์เพียงแค่ค่าเดียวแล้วนั้น ก็อาจจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากพื้นที่ไม่เป็นตัวแทนของพื้นที่ทั้งหมด ยิ่งถ้าพื้นที่ลุ่มน้ำมีขนาดที่ใหญ่ด้วยแล้วก็จะส่งผลต่อการประเมินผลลัพธ์ที่คาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง

สำหรับการศึกษาแบบจำลอง SWAT จะอาศัยเครื่องมือการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในโปรแกรม ArcGIS โดยการนำเข้าข้อมูล GIS 2 ชั้นข้อมูลได้แก่ ชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2553 และชั้นข้อมูลกลุ่มชุดดิน ปี พ.ศ. 2544 จากกรมพัฒนาที่ดิน มาทำการซ้อนทับข้อมูล ซึ่งผลจากการซ้อนทับข้อมูลดังกล่าวจะทำให้ได้ชั้นข้อมูลใหม่ และชั้นข้อมูลใหม่นี้ในแต่ละขอบเขตที่เกิดจากการตัดกันของ 2 ชั้นข้อมูลดังกล่าว จะถูกเรียกว่าหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Units, HRUs) โดยในแต่ละ HRUs จะสามารถที่จะทำการป้อนค่าพารามิเตอร์ทางอุทกวิทยาที่ต่างกันออกไปตามแต่ละ HRUs โดยการคำนวณในลักษณะนี้จะทำให้แบบจำลองมีความละเอียดและน่าเชื่อถือมากขึ้น

ในการศึกษานี้ได้ทำการนำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยทำการกำหนดประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินตามรหัสของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่อยู่ในฐานข้อมูลของแบบจำลอง SWAT จำนวน 13 ประเภท ส่วนการนำเข้าข้อมูลกลุ่มชุดดิน ได้ทำการกำหนดประเภทตามรหัสของฐานข้อมูลที่อยู่ในแบบจำลอง SWAT จำนวน 35 ประเภท หลังจากนั้นเมื่อนำชั้นข้อมูลทั้ง 2 มาทำการซ้อนทับเชิงพื้นที่ด้วยแบบจำลอง SWAT จะทำให้เกิดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา หรือ HRUs จำนวน 315 HRUs ในส่วนของรายละเอียดของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและกลุ่มชุดดินที่นำเข้าแบบจำลอง สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.3.3-1



รูปที่ 5.3.3-1 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (A) และแผนที่กลุ่มชุดดิน (B) สำหรับนำเข้าแบบจำลอง SWAT เพื่อสร้าง HRUs

5.3.4 การนำเข้าข้อมูลฝนและอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด

ข้อมูลปริมาณฝนและอุณหภูมิที่นำเข้าในแบบจำลอง SWAT สำหรับใช้ในการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองซึ่งครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำตามขอบเขตลุ่มน้ำย่อยที่ได้แบ่งไว้ในหัวข้อที่ 5.3.2 ข้างต้น ประกอบด้วย ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝน จำนวน 15 สถานี และข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด จำนวน 1 สถานี คือ สถานีตรวจวัดอากาศ อ.เมือง จ.ชัยภูมิ โดยใช้ข้อมูลแบบรายวัน ระยะเวลา 19 ปี (ระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2561) ดังแสดงตำแหน่งที่ตั้งสถานีในรูปที่ 5.3.2-1 และมีรายละเอียดของแต่ละสถานีดังตารางที่ 5.3.4-1

ตารางที่ 5.3.4-1 รายละเอียดของสถานีวัดปริมาณฝนและอุณหภูมิที่ใช้สอบเทียบและตรวจสอบปริมาณน้ำท่า

ที่	รหัส	ประเภทสถานี	ชื่อสถานี	จังหวัด	ระดับความสูง (ม.รทก.)	ตำแหน่ง		หน่วยงาน
						ละติจูด	ลองจิจูด	
1	381001	ฝน	ชนบท	ขอนแก่น	168	16.089	102.622	กรมอุตุนิยมวิทยา
2	381014	ฝน	เวียงใหญ่	ขอนแก่น	196	15.959	102.548	กรมอุตุนิยมวิทยา
3	381022	ฝน	โคกโพธิ์ไชย	ขอนแก่น	191	16.083	102.399	กรมอุตุนิยมวิทยา
4	403001	ฝน	จัตุรัส	ชัยภูมิ	196	15.565	101.845	กรมอุตุนิยมวิทยา
5	403002	ฝน	ภูเขียว	ชัยภูมิ	214	16.377	102.129	กรมอุตุนิยมวิทยา
6	403003	ฝน	เกษตรสมบูรณ์	ชัยภูมิ	236	16.280	101.954	กรมอุตุนิยมวิทยา
7	403005	ฝน	บ้านแท่น	ชัยภูมิ	201	16.405	102.342	กรมอุตุนิยมวิทยา
8	403006	ฝน	หนองบัวแดง	ชัยภูมิ	259	16.081	101.802	กรมอุตุนิยมวิทยา
9	403007	ฝน	บำเหน็จณรงค์	ชัยภูมิ	212	15.500	101.687	กรมอุตุนิยมวิทยา

ที่	รหัส	ประเภทสถานี	ชื่อสถานี	จังหวัด	ระดับความสูง (ม.รทก.)	ตำแหน่ง		หน่วยงาน
						ละติจูด	ลองจิจูด	
10	403008	ฝน	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ	187	15.931	102.281	กรมอุตุนิยมวิทยา
11	403011	ฝน	หนองบัวระเหว	ชัยภูมิ	214	15.748	101.759	กรมอุตุนิยมวิทยา
12	403015	ฝน	เทพสถิตย์	ชัยภูมิ	324	15.392	101.45	กรมอุตุนิยมวิทยา
13	403016	ฝน	ภักดีชุมพล	ชัยภูมิ	276	15.904	101.421	กรมอุตุนิยมวิทยา
14	403019	ฝน	ซับใหญ่	ชัยภูมิ	312	15.642	101.629	กรมอุตุนิยมวิทยา
15	403201	ฝนและอุณหภูมิ	สตอ.ชัยภูมิ	ชัยภูมิ	184	15.809	102.020	กรมอุตุนิยมวิทยา

5.3.5 การคำนวณหาความต้องการใช้น้ำของพืช

ความต้องการใช้น้ำของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ 4 ประเภท ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และ ยางพารา จะคำนวณจากค่าเฉลี่ยรายเดือนของข้อมูลปริมาณฝนใช้การและข้อมูลภูมิอากาศของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชแต่ละชนิด (Crop Coefficient, K_c) ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยมีรายละเอียดของค่า K_c แสดงได้ดังตารางที่ 5.3.5-1 สำหรับใช้ในการคำนวณหาความต้องการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดด้วยโปรแกรม CROPWAT 8.0 โดยจะพิจารณาร่วมกับช่วงเวลาของการเพาะปลูกพืช ดังแสดงรายละเอียดของปฏิทินการเพาะปลูกพืชในตารางที่ 5.3.6-1 ในส่วนของผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของความ ต้องการใช้น้ำเฉลี่ยรายเดือนของพืชแต่ละชนิดในเขตพื้นที่กลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.3.5-2

ตารางที่ 5.3.5-1 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c)

สัปดาห์ที่	ข้าว	เดือนที่	อ้อย	มันสำปะหลัง	ยางพารา
1	1.03	1	0.65	0.30	0.65
2	1.07	2	0.86	0.30	0.86
3	1.12	3	1.13	0.30	1.13
4	1.29	4	1.35	0.80	1.35
5	1.38	5	1.56	1.10	1.56
6	1.45	6	1.29	1.10	1.29
7	1.50	7	1.20	1.10	1.20
8	1.48	8	0.93	0.50	0.93
9	1.42	9	0.63	0.50	0.63
10	1.34	10	0.52	0.50	0.52
11	1.23	11		0.50	0.52
12	0.94	12		0.50	0.52
13	0.86				

ที่มา : เอกสารเผยแพร่วิชาการ “ค่าสัมประสิทธิ์พืชโดยวิธี Penman – Monteith” (ส่วนการใช้น้ำชลประทาน, 2555)

ตารางที่ 5.3.5-2 ความต้องการใช้น้ำของพืชในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ซึ่งคำนวณด้วยโปรแกรม CROPWAT

ที่	ชนิดพืช	ความต้องการใช้น้ำ (มิลลิเมตร)												
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวมทั้งปี
1	ข้าว	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.3	15.9	0.0	0.0	26.5	0.0	0.0	84.7
2	อ้อย	129.9	112.5	96.6	50.4	0.0	0.0	7.8	4.0	0.9	55.4	119.5	131.6	708.6
3	มันสำปะหลัง	115.6	86.3	39.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.4	105.7	118.0	504.6
4	ยางพารา	52.4	47.4	45.7	31.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.8	49.4	55.2	298.4

5.3.6 การนำเข้าข้อมูลปฏิทินการเพาะปลูกพืช

ในแบบจำลอง SWAT สามารถทำการกำหนดปฏิทินกิจกรรมในการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิด ได้หลายลักษณะตามช่วงเวลาพืชเจริญเติบโตจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต เช่น การไถพรวนดิน การเริ่มเพาะปลูก การใช้น้ำชลประทาน การใส่ปุ๋ย การฉีดพ่นยาฆ่าแมลง รวมไปถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งในแต่ละกิจกรรมจะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละชนิดของพืชที่ทำการเพาะปลูก โดยสำหรับการศึกษาจะทำการพิจารณา กำหนดปฏิทินการเพาะปลูกพืชเฉพาะพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ 4 ประเภท ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา ดังแสดงตารางปฏิทินการเพาะปลูกพืชในตารางที่ 5.3.6-1 และตัวอย่างการกำหนดปฏิทินกิจกรรมการเพาะปลูกของพืชในแบบจำลอง SWAT แสดงไว้ดังรูปที่ 5.3.6-1

ตารางที่ 5.3.6-1 ปฏิทินการเพาะปลูกพืชในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

ชนิดพืช	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	หมายเหตุ
ข้าว					เพาะปลูก			เจริญเติบโต		เก็บเกี่ยว			
อ้อย				เพาะปลูก				เจริญเติบโต					ปีถัดไป
มันสำปะหลัง				เพาะปลูก				เจริญเติบโต					ปีถัดไป
ยางพารา					เพาะปลูก			เจริญเติบโต					ปีถัดไป

Year	Month	Day	Operation	Crop
1	5	1	Auto irrigation initialization	
1	5	15	Plant/begin. growing season	RICE
1	5	20	Auto fertilization initialization	
1	12	1	Harvest and kill operation	

รูปที่ 5.3.6-1 ตัวอย่างการกำหนดปฏิทินกิจกรรมการเพาะปลูกของพืชในแบบจำลอง SWAT

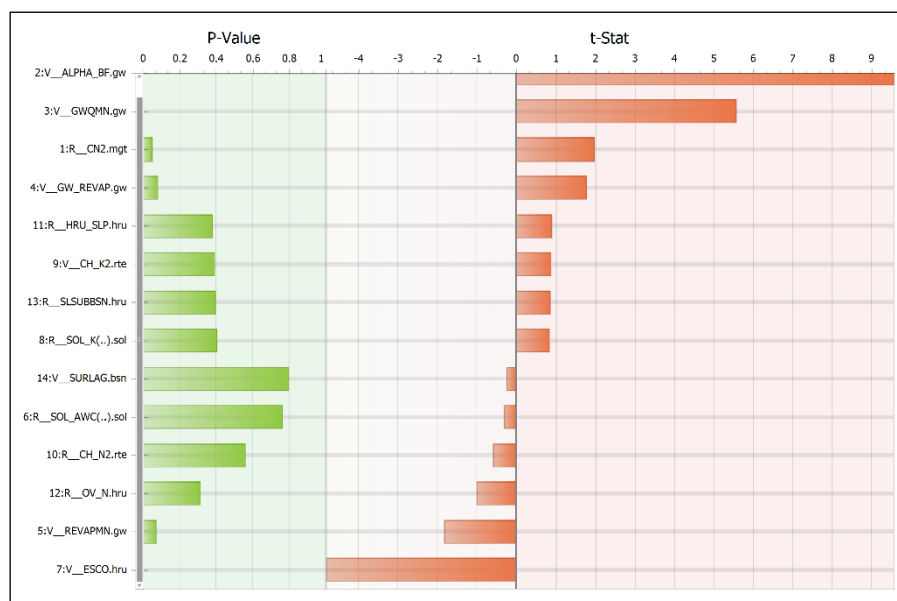
5.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ (Sensitivity analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT สำหรับการศึกษาได้เลือกใช้แบบจำลอง SWAT-CUP โดยใช้เทคนิค Sequential Uncertainty Fitting version 2 (SUFI2) ในการวิเคราะห์ โดยได้ทำการศึกษาคความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อปริมาณน้ำท่า ณ สถานีวัดน้ำท่า E.9 บ้านท่านางเลื่อน อ.ชนบท จ.ขอนแก่น และ สถานีวัดน้ำท่า E.21 บ้านแก่งโก อ.เมือง จ.ชัยภูมิ ซึ่งตั้งอยู่ในลำน้ำชี ระยะเวลาวิเคราะห์ความอ่อนไหวจำนวน 10 ปี ในแบบรายวัน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 ถึง 2552 โดยทำการวิเคราะห์ซ้ำ เพื่อศึกษาคความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ทั้งหมด 14 ตัวแปร จำนวน 300 ครั้ง โดยใช้ Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) เป็นค่า Objective Function ผลการวิเคราะห์ Global Sensitivity Analysis จากแบบจำลอง SWAT-CUP จะแสดงออกมาในรูปแบบของค่า t-Stat และ P-Value โดยที่ค่า t-Stat และ P-Value จะเป็นค่าที่ได้มาจากการทดสอบสมมติฐานของตัวแปรที่พิจารณาว่ามีความสัมพันธ์กับค่า Objective Function หรือไม่ ผลการวิเคราะห์ Global Sensitivity Analysis แสดงได้ดังตารางที่ 5.4-1 และรูปที่ 5.4-1

จากผล Global Sensitivity Analysis พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่ามากที่สุดสามลำดับแรก ได้แก่ค่า ALPHA_BF, GWQMN, และ ESCO โดยการพิจารณาจากค่า t-Stat ที่มีค่าลบหรือบวกมากที่สุด (ไม่พิจารณาเครื่องหมาย) และค่า P-Value มีค่าน้อยที่สุดหรือเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งหมายถึงตัวแปรนั้นมีความอ่อนไหวต่อ Objective Function อย่างมีนัยสำคัญมาก (Karim, 2015) ส่วนตัวแปรอื่นๆ มีความอ่อนไหวต่อปริมาณน้ำท้าน้อยกว่าสามตัวแปรแรก โดยได้จัดเรียงตามลำดับความอ่อนไหวของตัวแปรดังแสดงในตารางที่ 5.4-1 ที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

ตารางที่ 5.4-1 ค่า t-Stat และ P-Value ที่ได้จากการวิเคราะห์ Global Sensitivity Analysis

ที่	ตัวแปร	t-Stat	P-Value
1	V__ALPHA_BF.gw	9.549	0.000
2	V__GWQMN.gw	5.556	0.000
3	V__ESCO.hru	-4.819	0.000
4	R__CN2.mgt	1.974	0.049
5	V__REVAPMN.gw	-1.815	0.070
6	V__GW_REVAP.gw	1.772	0.077
7	R__OV_N.hru	-1.010	0.313
8	R__HRU_SLP.hru	0.884	0.377
9	V__CH_K2.rte	0.862	0.389
10	R__SLSUBBSN.hru	0.857	0.391
11	R__SOL_K(..).sol	0.836	0.403
12	R__CH_N2.rte	-0.582	0.560
13	R__SOL_AWC(..).sol	-0.301	0.763
14	V__SURLAG.bsn	-0.258	0.796



รูปที่ 5.4-1 ค่า t-Stat และ P-Value จากผลการวิเคราะห์ Global Sensitivity Analysis

5.5 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองโดยพิจารณาปริมาณน้ำท่า

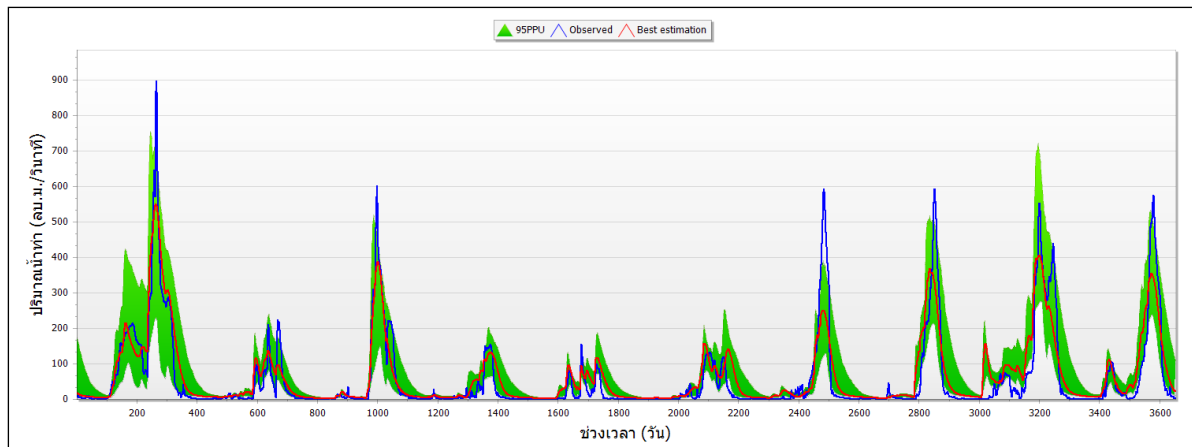
ในการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองสำหรับการศึกษานี้ได้ใช้แบบจำลอง SWAT – CUP ในการพิจารณา ซึ่ง SWAT – CUP จะให้ผลลัพธ์ในรูปแบบของช่วงของตัวแปรที่เหมาะสมพร้อมกับการแสดงค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ของตัวแปรที่พิจารณา โดยแสดงผลการจำลองเป็นช่วง 95% ของความไม่แน่นอนจากการทำนาย (95% Prediction Uncertainty, 95PPU) ซึ่งช่วง 95PPU สามารถคำนวณได้จากปริมาณน้ำท่า ณ ตำแหน่งของร้อยละสะสมของการแจกแจงแบบปกติ (Cumulative normal distribution) ที่ระดับ 2.5% และ 97.5% ที่ได้จากการคำนวณซ้ำของตัวแปรทั้งหมดที่นำมาพิจารณา โดยใช้วิธีตัวอย่างสุ่ม

แบบละตินไฮเปอร์คิวบ์ (Latin Hypercube Sampling) (Karim, 2015) ซึ่งจากผลการคำนวณช่วง 95PPU นี้ SWAT-CUP จะแสดงผลของความไม่แน่นอนจากการทำนายในรูปแบบของค่า p-Factor และ r-Factor โดยที่ค่า p-Factor เป็นค่าที่แสดงถึงร้อยละของค่าตรวจวัดที่ปรากฏอยู่ในช่วง 95PPU ส่วน r-Factor คำนวณได้จากสัดส่วนของช่วงความกว้างเฉลี่ยของ 95PPU กับ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลตรวจวัด (Karim, 2015) นอกจากนี้แล้ว SWAT-CUP ยังสามารถแสดงผลของค่าชุดตัวแปรที่ดีที่สุด (Best Simulation Parameters) ซึ่งเป็นชุดตัวแปรที่ให้ค่า Objective Function สูงที่สุด ซึ่งชุดตัวแปรนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจำลองสถานการณ์ในแบบจำลอง SWAT ต่อไป

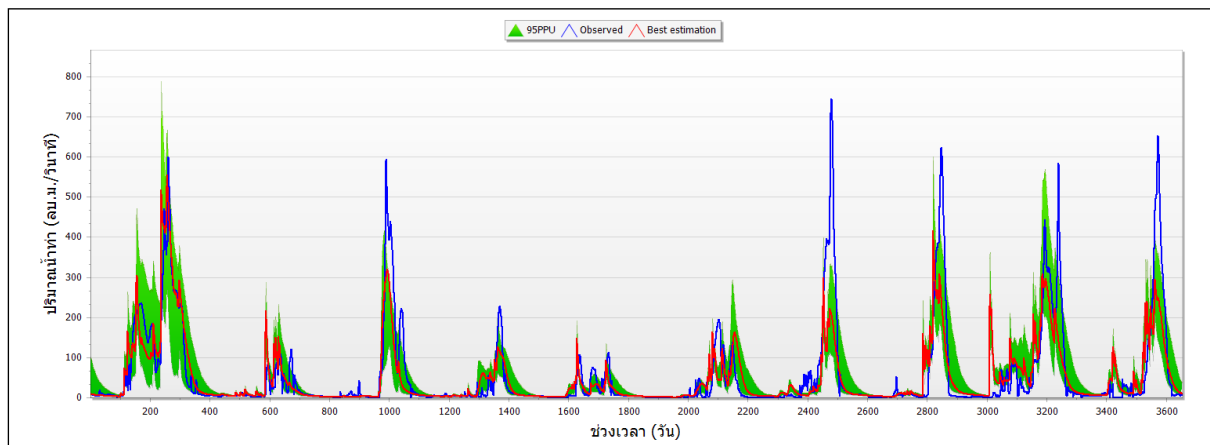
โดยในการสอบเทียบแบบจำลองโดยใช้ SWAT-CUP สำหรับการศึกษาครั้งนี้จะใช้เทคนิค Sequential Uncertainty Fitting version 2 (SUFI2) เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์ปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง SWAT และปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดจำนวน 2 สถานี คือ ณ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำท่า E.9 บ้านท่านางเลื่อน อ.ชนบท จ.ขอนแก่น และ สถานีวัดน้ำท่า E.21 บ้านแก่งโก อ.เมือง จ.ชัยภูมิ ซึ่งตั้งอยู่ในลำน้ำชี เป็นระยะเวลา 10 ปี (ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2552) แบบรายวัน โดยทำการคำนวณซ้ำทั้งสิ้น 300 ครั้ง พร้อมทั้งกำหนด Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) เป็นค่า Objective Function จากผลการคำนวณให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Best goal) ของค่า NSE เฉลี่ยทั้ง 2 สถานีตรวจวัดน้ำท่าเท่ากับ 0.73 ซึ่งทั้งนี้ค่า NSE ที่มีค่ามากกว่า 0.50 อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพึงพอใจ (Moriassi et al., 2007) ผลการคำนวณค่าตัวแปรที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ 5.5-1 และกราฟผลการสอบเทียบจาก SWAT-CUP ของทั้งสถานี E.9 และ E.21 ดังรูปที่ 5.5-1 ถึง 5.5-2

ตารางที่ 5.5-1 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง SWAT โดยใช้ SWAT-CUP

ที่	ตัวแปร	ค่าที่ดีที่สุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
1	R_CN2.mgt	-0.177	-0.261	-0.146
2	V_ALPHA_BF.gw	0.180	0.000	0.356
3	V_GWQMN.gw	799.267	0.000	1,682.667
4	V_GW_REVAP.gw	0.217	0.138	0.226
5	V_REVAPMN.gw	8.603	0.000	191.178
6	R_SOL_AWC(..).sol	0.007	-0.005	0.147
7	V_ESCO.hru	0.798	0.618	1.000
8	R_SOL_K(..).sol	-0.431	-0.432	-0.124
9	V_CH_K2.rte	370.942	230.725	459.963
10	R_CH_N2.rte	-0.075	-0.181	0.010
11	R_HRU_SLP.hru	-0.211	-0.482	-0.146
12	R_OV_N.hru	0.331	0.092	0.359
13	R_SLSUBBSN.hru	0.217	0.041	0.247
14	V_SURLAG.bsn	11.077	8.344	15.206



รูปที่ 5.5-1 การสอบเทียบแบบจำลองโดย SWAT-CUP ณ สถานีวัดน้ำท่า E.9 แบบรายวัน ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2552

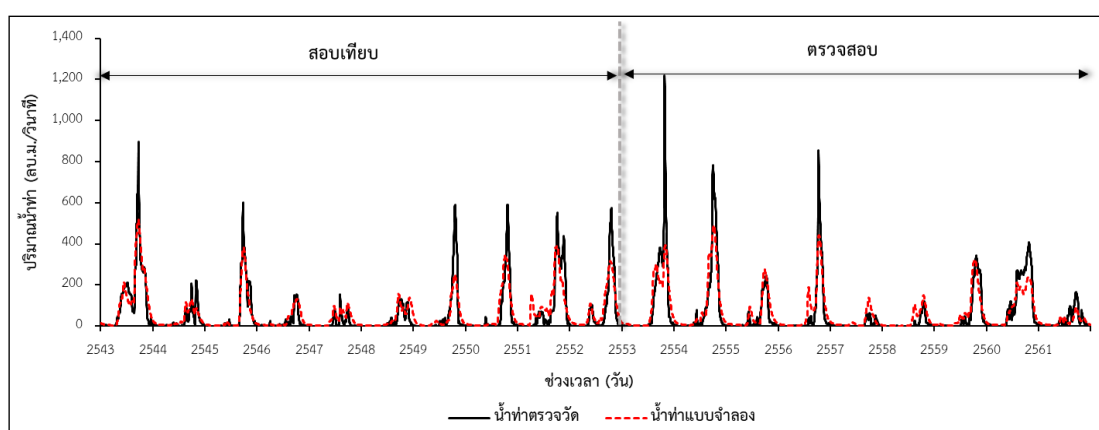


รูปที่ 5.5-2 การสอบเทียบแบบจำลองโดย SWAT-CUP ณ สถานีวัดน้ำท่า E.21 แบบรายวัน ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2552

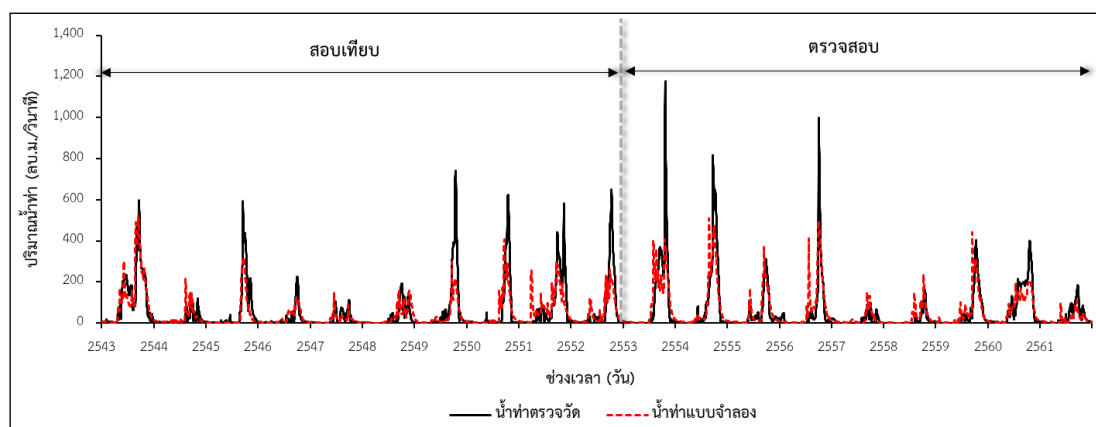
จากนั้นเมื่อนำค่าตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดป้อนกลับสู่แบบจำลอง SWAT และทำการคำนวณค่าทางสถิติ R^2 NSE และ PBIAS ของแต่ละสถานีตรวจวัดน้ำท่า E.9 และ E.21 ในช่วงที่ทำการสอบเทียบแบบจำลอง แบบรายวัน ระยะเวลา 10 ปี (ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2552) พร้อมทั้งทำการตรวจสอบแบบจำลองเพื่อเป็นการยืนยันความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันจากการสอบเทียบแบบจำลอง คือ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2561 แบบรายวัน จำนวน 9 ปี สามารถสรุปค่าทางสถิติความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ดังตารางที่ 5.5-1 และรูปที่ 5.5-3 ถึง 5.5-4 จากตารางจะพบว่าค่าทางสถิติ R^2 และ NSE ของทั้งกรณีสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองมีค่ามากกว่า 0.50 และค่าทางสถิติ PBIAS มีค่าต่ำกว่า ± 25 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากและยอมรับได้ตามมาตรฐานสากล (Moriyas et al., 2007) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจำลองสถานการณ์ต่างๆ ต่อไปได้

ตารางที่ 5.5-1 ผลการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองโดยพิจารณาปริมาณน้ำท่ารายวัน ณ สถานีวัดน้ำท่า E.9 และ E.21

ค่าทางสถิติ	สถานี E.9		สถานี E.21	
	สอบเทียบ (พ.ศ. 2543 – 2552)	ตรวจสอบ (พ.ศ. 2553 – 2561)	สอบเทียบ (พ.ศ. 2543 – 2552)	ตรวจสอบ (พ.ศ. 2553 – 2561)
R^2	0.82	0.82	0.66	0.75
NSE	0.81	0.82	0.64	0.75
PBIAS	-14.1	-9.3	9.0	-3.6



รูปที่ 5.5-3 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองด้วยปริมาณน้ำท่าแบบรายวัน ณ สถานีวัดน้ำท่า E.9



รูปที่ 5.5-4 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองด้วยปริมาณน้ำท่าแบบรายวัน ณ สถานีวัดน้ำท่า E.21

นอกจากนี้เพื่อเป็นการตรวจสอบปริมาณน้ำท่าในกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก จึงได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลอง SWAT ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกข้างต้น ซึ่งใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองจากสถานีวัดน้ำท่า E.9 และ E.21 มาเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่ารายเฉลี่ยรายปีที่ได้จากรายงานการศึกษาของกรมทรัพยากรน้ำ (2549) โดยพบว่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอกที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองมีค่าเท่ากับ 154.10 ล้าน ลบ.ม./ปี ส่วนปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีที่ได้จากรายงานการศึกษาของกรมทรัพยากรน้ำ (2549) มีค่าเท่ากับ 149.0 ล้าน ลบ.ม./ปี ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลการศึกษาทั้ง 2 มีค่าใกล้เคียงกัน

5.6 การสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองโดยพิจารณาผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่

ผลผลิตทางการเกษตรของพืชแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับปัจจัยของความเพียงพอของความต้องการใช้น้ำ และสารอาหารที่มีอยู่ในดิน รวมถึงสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีความต้องการในปริมาณ หรือความเหมาะสมที่แตกต่างกัน สำหรับการสอบเทียบและตรวจสอบผลผลิตทางการเกษตรของพืชแต่ละชนิดในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกด้วยแบบจำลอง SWAT จะพิจารณาเฉพาะพืชเศรษฐกิจหลัก 4 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา โดยการอาศัยข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรต่อไร่ในแต่ละปีของจังหวัด ชัยภูมิ ที่สำรวจโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร มาทำการเปรียบเทียบกับผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ของพืชแต่ละชนิดที่ได้จากแบบจำลอง SWAT โดยในรายละเอียดการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองได้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิดในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกดังแสดงใน ตารางที่ 5.6-1 และได้ผลลัพธ์ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ PBIAS ของข้อมูลจากแบบจำลองและค่าตรวจวัดดัง ตารางที่ 5.6-2 และสามารถสร้างกราฟความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ดังรูปที่ 5.6-1 ถึง 5.6-4 จากตารางพบว่า ค่าทางสถิติ PBIAS ของพืชทุกชนิดทั้งในกรณีสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง มีค่าน้อยกว่า ± 25 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อไร่ที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากและยอมรับได้ตามมาตรฐานสากล (Moriassi et al., 2007) ดังนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจำลองสถานการณ์ต่างๆ ต่อไปได้

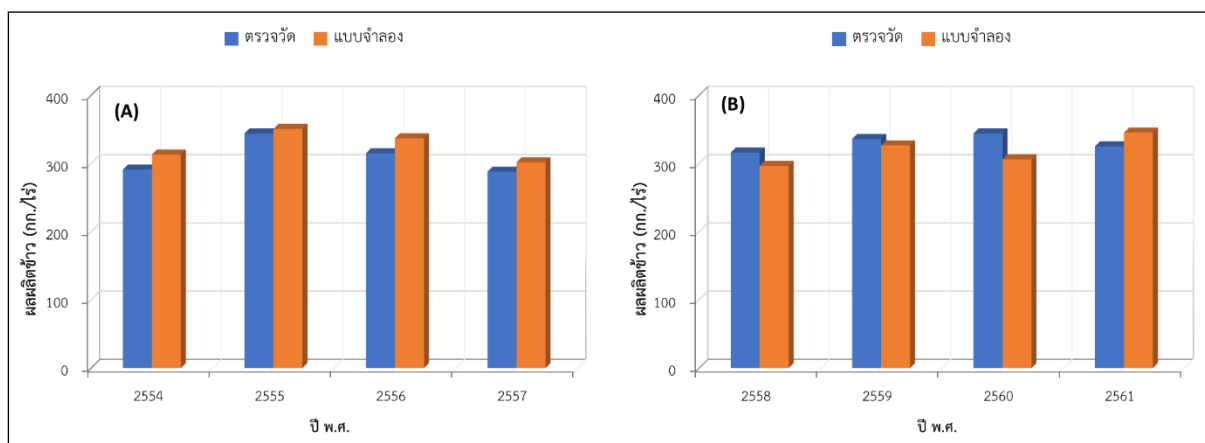
ตารางที่ 5.6-1 ค่าตัวแปรผลผลิตทางการเกษตรที่เหมาะสมของพืชแต่ละชนิดในแบบจำลอง SWAT

ชนิดพืช	ตัวแปร	ค่าที่เหมาะสม	ค่าเริ่มต้นจาก SWAT
ข้าว	BIO E	21.5	22.0
	HVSTI	0.35	0.50
	BLAI	4.8	5.0
	WSYF	0.25	0.25
อ้อย	BIO E	88.0	25.0
	HVSTI	2.0	0.50
	BLAI	10.0	6.0
	WSYF	0.01	0.01
มันสำปะหลัง	BIO E	64.0	25.0
	HVSTI	1.2	0.95
	BLAI	7.5	4.0
	WSYF	0.95	0.95
ยางพารา	BIO E	3.2	5.6
	HVSTI	0.12	0.90
	BLAI	2.1	2.6
	WSYF	0.05	0.05

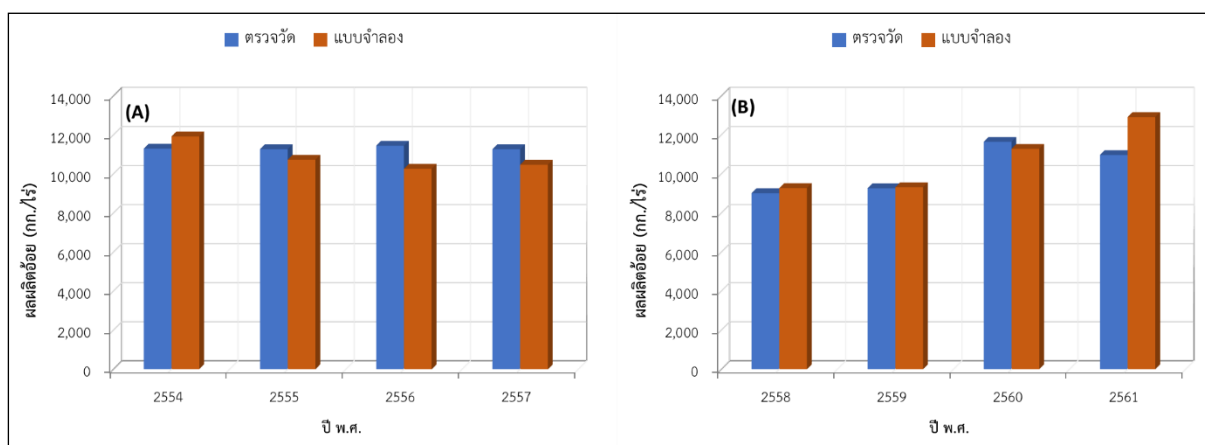
หมายเหตุ: BIO E = Radiation use efficiency
 HVSTI = Harvest index
 WSYF = Lower limit of harvest index
 BLAI = Maximum leaf area index

ตารางที่ 5.6-2 ค่าทางสถิติ PBIAS ของการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองของผลผลิตทางการเกษตรต่อไร่

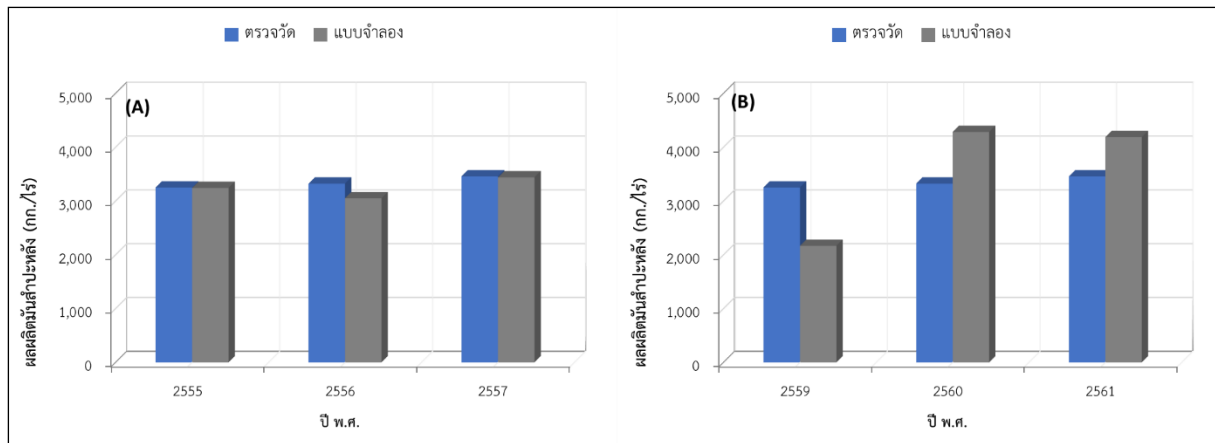
ชนิดพืช	สอบเทียบ		ตรวจสอบ	
	PBIAS	ช่วงปี พ.ศ.	PBIAS	ช่วงปี พ.ศ.
ข้าว	-5.20	2554 – 2557	3.53	2558 – 2561
อ้อย	4.18	2554 – 2557	-4.63	2558 – 2561
มันสำปะหลัง	2.98	2555 – 2557	-6.02	2559 – 2561
ยางพารา	-7.52	2554 – 2556	8.61	2557 – 2559



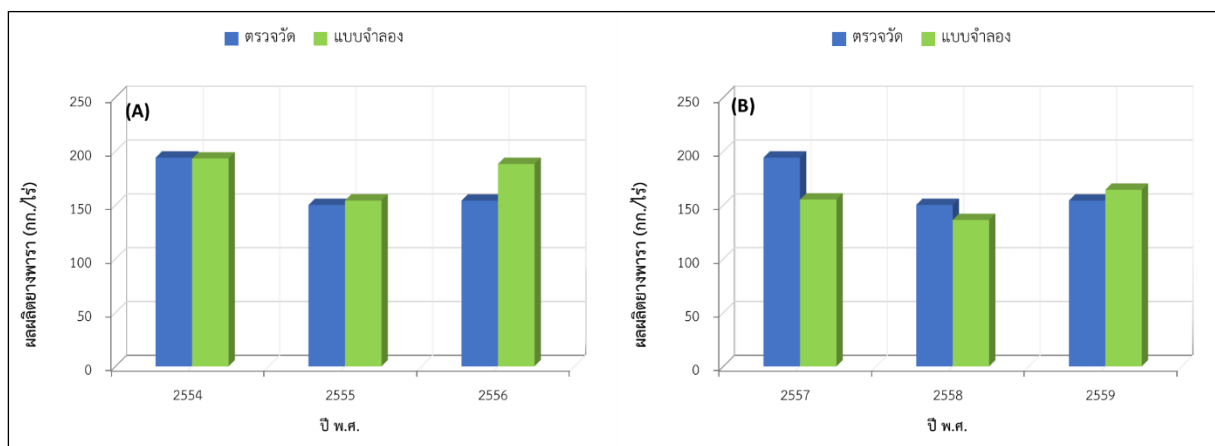
รูปที่ 5.6-1 ผลผลิตของข้าวต่อไร่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก กรณี: (A) การสอบเทียบแบบจำลอง และ (B) การตรวจสอบแบบจำลอง



รูปที่ 5.6-2 ผลผลิตของอ้อยต่อไร่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก กรณี: (A) การสอบเทียบแบบจำลอง และ (B) การตรวจสอบแบบจำลอง



รูปที่ 5.6-3 ผลผลิตของน้ำมันสำปะหลังต่อไร่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก กรณี: (A) การสอบเทียบแบบจำลอง และ (B) การตรวจสอบแบบจำลอง



รูปที่ 5.6-4 ผลผลิตของยางพาราต่อไร่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก กรณี: (A) การสอบเทียบแบบจำลอง และ (B) การตรวจสอบแบบจำลอง

บทที่ 6

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำในดิน การคายระเหย และปริมาณน้ำท่า

การวิจัยนี้ได้เลือกใช้แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำในดิน การคายระเหย และปริมาณน้ำท่า ในกรณีอดีตถึงปัจจุบันและอนาคต ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602, 2603 – 2622 และ 2623 – 2642 (ปี ค.ศ. 2020 – 2039, 2040 – 2059, 2060 – 2079 และ 2080 – 2099) ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ซึ่งผ่านการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองจนมีความน่าเชื่อถือแล้ว หลังจากนั้นจะนำผลลัพธ์ดังกล่าวที่ได้มาใช้ในการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งต่อไป โดยมีรายละเอียดของการวิเคราะห์ฯ ดังนี้

6.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำในดิน

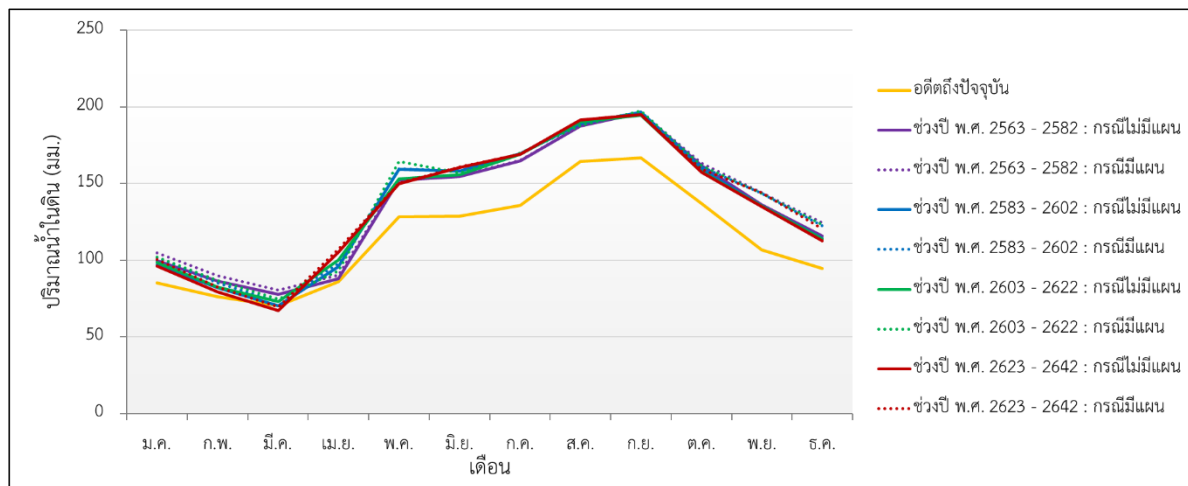
การวิเคราะห์ปริมาณน้ำในดินด้วยแบบจำลอง SWAT ทั้งในกรณีอดีตถึงปัจจุบันและกรณีในอนาคต จะอาศัยการจำลองสภาพด้วยแบบจำลอง SWAT แบบรายเดือน ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง 2561 (ระยะเวลา 19 ปี) สำหรับกรณีอดีตถึงปัจจุบัน ส่วนกรณีในอนาคตจะทำการจำลองสภาพทุกๆ ช่วงเวลา 20 ปี คือ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602, 2603 – 2622 และ 2623 – 2642 และนำผลการจำลองสภาพที่ได้ไปเปรียบเทียบกับระหว่างกรณี**ไม่มี**และ**มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ในรูปแบบของปริมาณน้ำในดินรายเดือนที่ได้จะถูกนำไปใช้สำหรับการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านการเกษตร (Agricultural drought) โดยจะพิจารณาในแต่ละหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrologic Response Units, HRUs) เพื่อนำมาสร้างเป็นแผนที่ความเสี่ยงภัยแล้งในขั้นตอนต่อไป ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยรายเดือนในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก สามารถแสดงผลที่ได้ดัง**ตารางที่ 6.1-1** รวมถึงกราฟแสดงปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยรายเดือนของทั้งลุ่มน้ำห้วยสามหมอกดัง**รูปที่ 6.1-1** ซึ่งจากตารางและกราฟดังกล่าวพบว่าลุ่มน้ำห้วยสามหมอกมีปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยในช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) ตลอดทั้งปีประมาณ 1,379.3 มม./ปี ในส่วนของปริมาณน้ำในดินในอนาคตกรณี**ไม่มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำจะมีค่าประมาณ 1,618.3 – 1,625.8 มม./ปี (เพิ่มสูงขึ้นจากกรณีอดีตถึงปัจจุบัน) ในขณะที่กรณี**มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำในอนาคตจะทำให้ปริมาณน้ำในดินเพิ่มสูงขึ้น 1,649.8 – 1,660.9 มม./ปี (เพิ่มขึ้นประมาณ 1.9% – 2.3% เมื่อเทียบกับกรณี**ไม่มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำ)

ในแง่ของการกระจายปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยรายปีในแต่ละ HRUs ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน สามารถแสดงรายละเอียดได้ดัง**รูปที่ 6.1-2** และในอนาคตเปรียบเทียบกับกรณี**ไม่มี**และ**มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำมีรายละเอียดแสดงได้ดัง**รูปที่ 6.1-3**

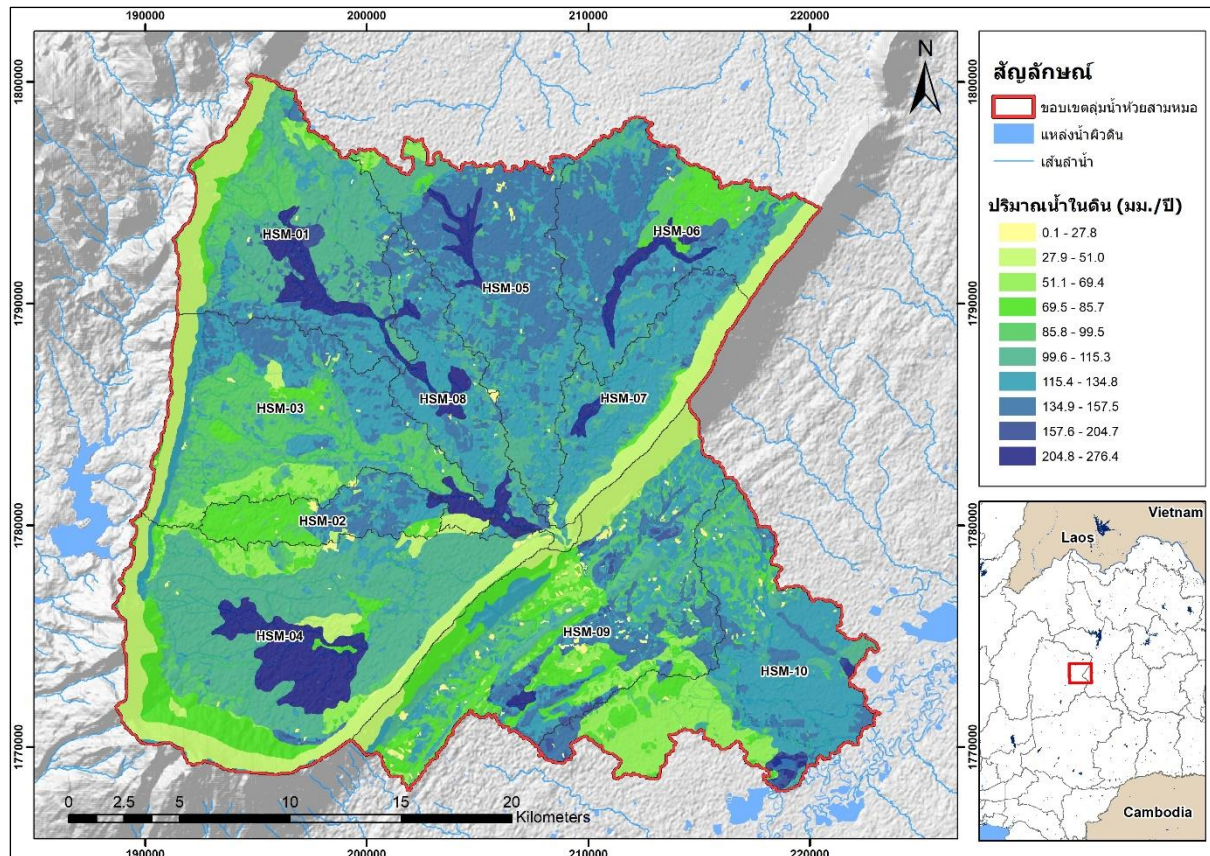
ตารางที่ 6.1-1 ผลการคำนวณปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยรายเดือนช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) และกรณีในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642)

กรณี	ช่วงปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำในดิน (มม.)												
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
ไม่มีแผนฯ	2543 - 2561	85.1	76.3	70.3	85.9	128.3	128.8	135.6	164.3	166.8	136.8	106.8	94.4	1,379.3
	2563 - 2582	99.7	86.3	77.8	88.0	152.1	154.6	164.9	187.6	196.3	161.8	136.1	115.9	1,621.2
	2583 - 2602	96.8	81.9	70.4	95.8	159.3	158.1	169.5	189.0	196.4	159.2	135.3	114.1	1,625.8
	2603 - 2622	98.4	82.4	72.8	100.2	153.2	155.6	168.9	190.2	194.8	157.7	135.2	113.9	1,623.3

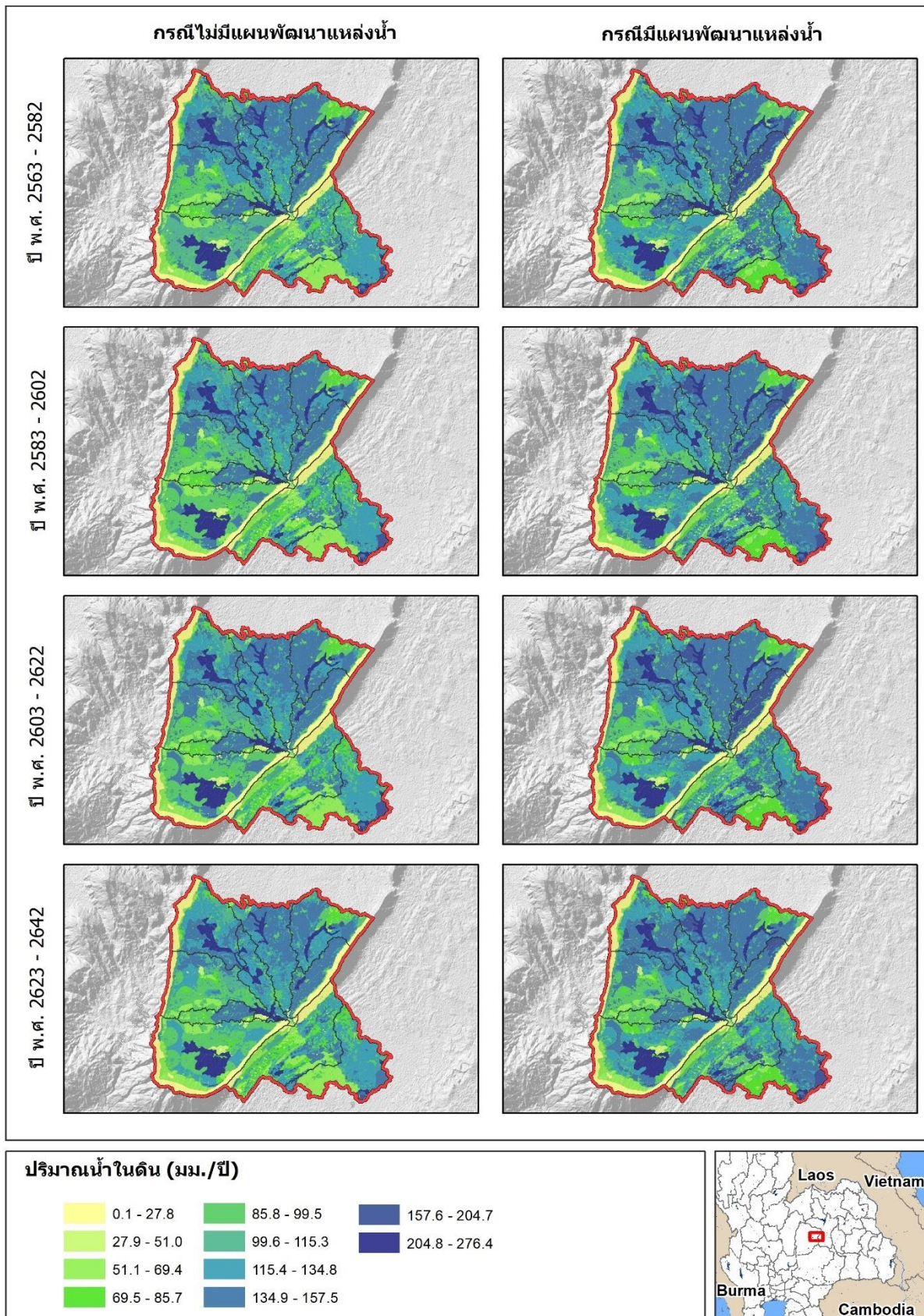
กรณี	ช่วงปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำในดิน (มม.)												
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
มีแผนฯ	2623 - 2642	96.0	79.1	66.9	105.3	149.9	160.6	169.1	191.5	194.9	157.5	135.1	112.4	1,618.3
	2543 - 2561	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2563 - 2582	104.8	89.9	80.5	90.1	152.8	154.9	165.0	187.7	196.5	163.1	144.1	124.5	1,653.8
	2583 - 2602	101.5	85.1	72.8	97.6	159.8	158.3	169.6	189.1	196.6	160.8	143.7	122.3	1,657.2
	2603 - 2622	102.0	86.5	74.6	93.0	164.5	157.1	169.8	187.8	197.3	161.6	143.5	123.2	1,660.9
การเปลี่ยนแปลง (%)	2623 - 2642	100.6	82.3	69.3	106.9	150.3	160.8	169.3	191.6	195.0	159.2	144.0	120.5	1,649.8
	2543 - 2561	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2563 - 2582	5.1	4.1	3.5	2.4	0.4	0.2	0.1	0.0	0.1	0.8	5.9	7.4	2.0
	2583 - 2602	4.8	4.0	3.5	1.9	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	1.0	6.2	7.2	1.9
	2603 - 2622	3.6	5.1	2.4	-7.2	7.4	1.0	0.5	-1.3	1.3	2.4	6.2	8.2	2.3
	2623 - 2642	4.7	4.1	3.6	1.5	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	1.1	6.6	7.1	1.9



รูปที่ 6.1-1 ปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยรายเดือนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) และกรณีในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642)



รูปที่ 6.1-2 การกระจายของปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยรายปี ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561)



รูปที่ 6.1-3 การกระจายของปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยรายปีในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642)

6.2 การคายระเหย

การวิเคราะห์การคายระเหยด้วยแบบจำลอง SWAT ในกรณีอดีตถึงปัจจุบัน จะจำแนกการพิจารณาออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) ศักยภาพการคายระเหย (Potential evapotranspiration) และ 2) การคายระเหยจริง (Actual evapotranspiration) โดยทำการจำลองสภาพแบบจำลอง SWAT แบบรายเดือน ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง 2561 (ระยะเวลา 19 ปี) สำหรับกรณีอดีตถึงปัจจุบัน ส่วนในอนาคตจะทำการจำลองสภาพทุกๆ ช่วงเวลา 20 ปี คือ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602, 2603 – 2622 และ 2623 – 2642 และนำผลการจำลองสภาพที่ได้ไปเปรียบเทียบระหว่างกรณี**ไม่มี**และ**มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ในรูปแบบของการคายระเหยรายเดือนทั้ง 2 รูปแบบ จะถูกนำไปใช้ในการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านการเกษตร (Agricultural drought) โดยจะพิจารณาในแต่ละหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) เพื่อนำมาสร้างเป็นแผนที่ความเสี่ยงภัยแล้งในขั้นตอนต่อไป ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ศักยภาพการคายระเหย และการระเหยจริงเฉลี่ยรายเดือนในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำห้วยสามหมอกสามารถ แสดงผลลัพธ์ได้ดังตารางที่ 6.2-1 และ 6.2-2 ตามลำดับ ในขณะที่กราฟแสดงศักยภาพการคายระเหยและการระเหยจริงเฉลี่ยรายเดือนของทั้งลุ่มน้ำห้วยสามหมอกสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 6.2-1 และ 6.2.2 ตามลำดับ

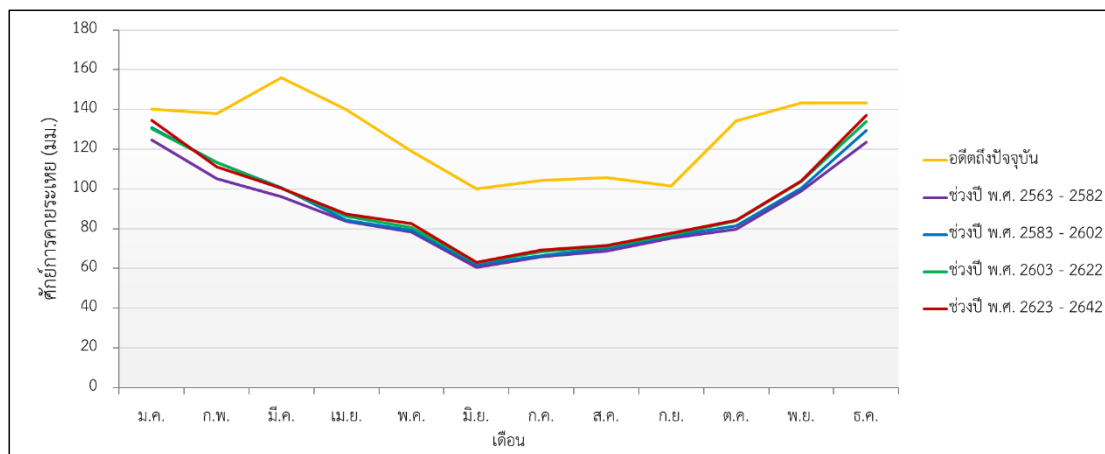
หากพิจารณาถึงผลลัพธ์ในรูปแบบของตารางและกราฟที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จะพบว่าลุ่มน้ำห้วยสามหมอกมีศักยภาพการคายระเหยเฉลี่ยตลอดทั้งปี ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) ประมาณ 1,526.0 มม./ปี ในส่วนของศักยภาพการคายระเหยในอนาคตกรณี**มี**และ**ไม่มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำ จะไม่มีความแตกต่างกันมากนัก เนื่องจากการคำนวณศักยภาพการคายระเหยจะใช้ค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในการคำนวณ ดังนั้นเมื่อ**มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำจะไม่ทำให้ค่าศักยภาพการระเหยเปลี่ยนแปลงไป ในส่วนของค่าศักยภาพการคายระเหยในอนาคต จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1,060.7 – 1,123.4 มม./ปี ซึ่งจะลดลงจากกรณีอดีตถึงปัจจุบัน ในส่วนของการคายระเหยจริงในช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) ตลอดทั้งปีมีค่าประมาณ 741.3 มม./ปี ส่วนการคายระเหยจริงในอนาคตกรณี**ไม่มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำจะมีค่าลดลงจากกรณีอดีตถึงปัจจุบันโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 683.6 – 701.7 มม./ปี ในขณะที่เมื่อ**มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำในอนาคตจะทำให้การคายระเหยจริงมีค่าประมาณ 701.8 – 720.6 มม./ปี หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 1.5% – 2.7% เมื่อเทียบกับกรณี**ไม่มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำ ทั้งนี้ในแง่ของการกระจายของศักยภาพการระเหยและการระเหยจริงเฉลี่ยรายปีในแต่ละ HRUs สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 6.2-3 ถึง 6.2-4

ตารางที่ 6.2-1 ผลการคำนวณศักยภาพการคายระเหยเฉลี่ยรายเดือนช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) และกรณีในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642)

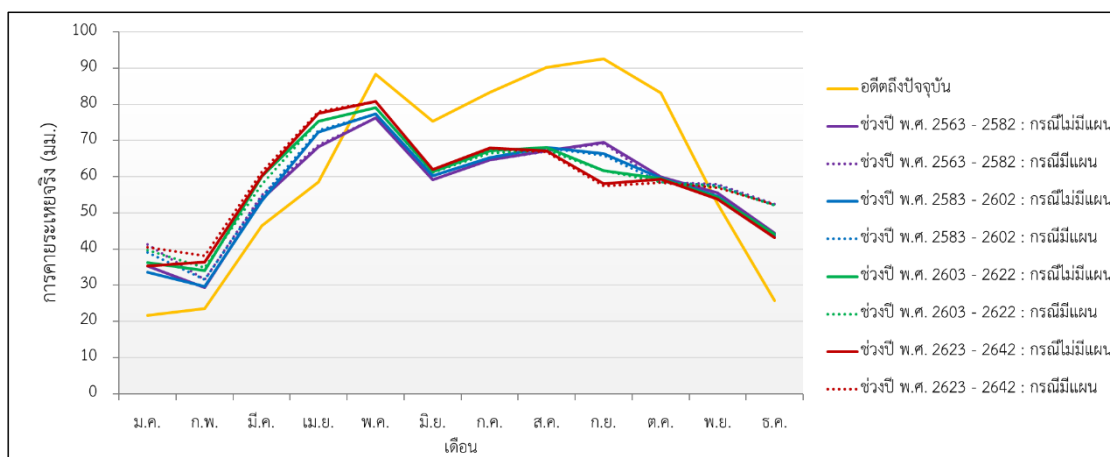
กรณี	ช่วงปี พ.ศ.	ศักยภาพการคายระเหย (มม.)												รวม
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ไม่มีแผนพัฒนา	2543 - 2562	140.3	137.8	156.0	139.9	118.9	100.1	104.4	105.9	101.6	134.4	143.3	143.5	1,526.0
	2563 - 2582	124.8	105.1	96.0	83.7	78.3	60.7	65.9	68.9	75.4	79.6	98.8	123.5	1,060.7
	2583 - 2602	130.8	113.4	100.8	84.3	79.1	61.9	66.6	70.2	76.3	81.5	100.5	129.4	1,095.0
	2603 - 2622	130.3	113.3	100.5	86.2	80.7	62.9	68.3	70.9	76.9	84.1	103.8	133.9	1,111.7
	2623 - 2642	134.4	111.1	100.4	87.4	82.7	63.2	69.3	71.6	77.7	84.3	104.1	137.1	1,123.4

ตารางที่ 6.2-2 ผลการคำนวณการคายระเหยจริงเฉลี่ยรายเดือนช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) และกรณีในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642)

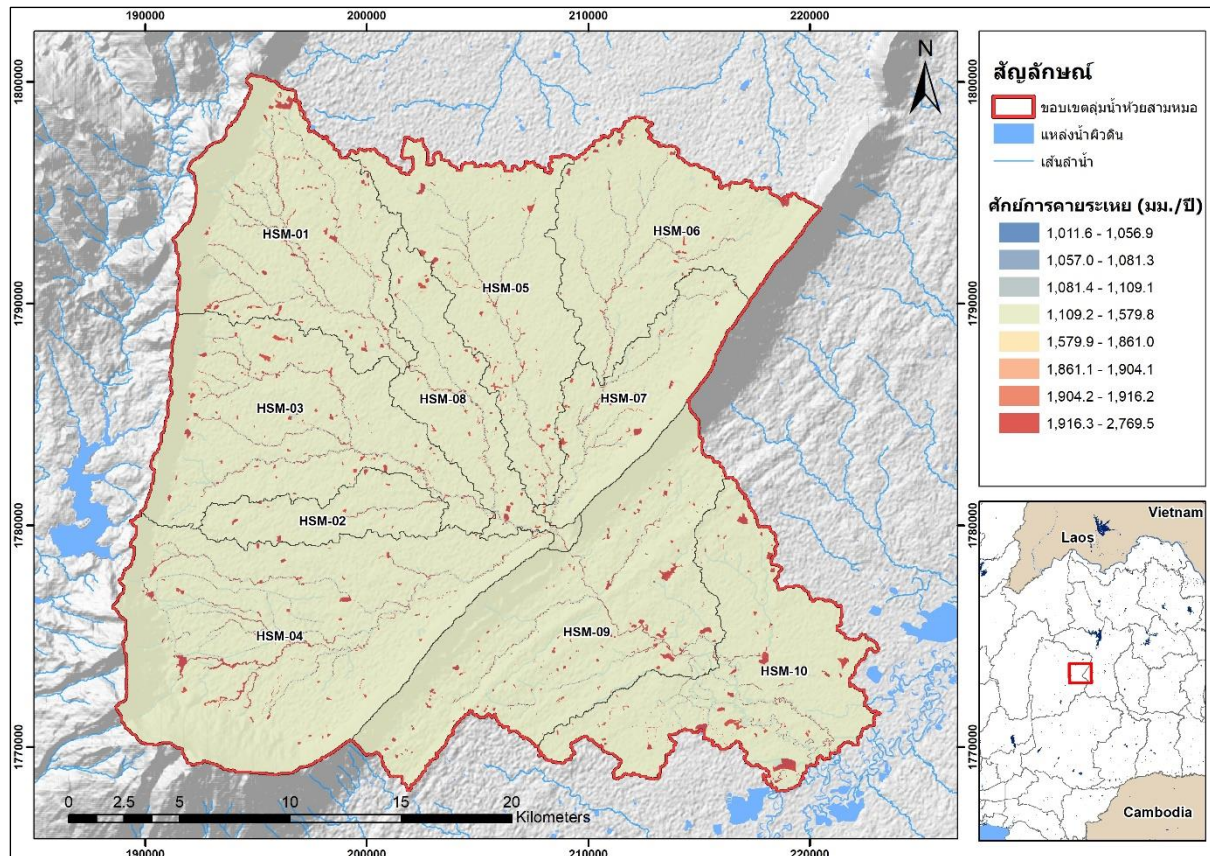
กรณี	ช่วงปี พ.ศ.	การคายระเหยจริง (มม.)												รวม
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ไม่มีแผนฯ	2543 - 2562	21.7	23.5	46.4	58.5	88.3	75.4	83.3	90.2	92.6	83.2	52.5	25.8	741.3
	2563 - 2582	35.4	29.3	53.9	68.2	76.3	59.2	64.6	67.2	69.6	59.9	55.6	44.4	683.6
	2583 - 2602	33.5	29.6	53.3	72.3	77.4	60.3	65.3	68.2	66.3	59.6	54.6	43.7	684.2
	2603 - 2622	36.2	34.1	60.1	75.4	79.1	61.4	67.1	68.1	61.8	59.5	54.2	44.2	701.2
	2623 - 2642	35.3	36.4	60.3	77.5	80.8	61.9	67.9	67.2	58.1	59.3	53.8	43.1	701.7
มีแผนฯ	2543 - 2562	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2563 - 2582	41.2	31.5	54.9	68.8	76.3	59.2	64.6	67.0	69.2	58.6	57.9	52.5	701.8
	2583 - 2602	39.0	31.6	54.4	72.8	77.4	60.3	65.3	67.9	65.9	58.5	57.5	52.0	702.7
	2603 - 2622	39.8	34.8	57.9	75.4	79.1	61.1	66.6	67.4	61.7	58.5	57.3	52.2	711.6
	2623 - 2642	40.5	38.1	61.3	78.0	80.8	61.9	67.9	66.8	57.5	58.4	57.0	52.3	720.6
การเปลี่ยนแปลง (%)	2543 - 2562	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2563 - 2582	16.6	7.5	1.8	0.8	0.0	0.0	0.0	-0.2	-0.5	-2.2	4.1	18.3	2.7
	2583 - 2602	16.3	6.5	1.9	0.7	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.6	-1.7	5.3	19.1	2.7
	2603 - 2622	9.8	2.0	-3.8	0.0	-0.0	-0.4	-0.8	-1.1	-0.1	-1.8	5.6	18.2	1.5
	2623 - 2642	14.6	4.7	1.7	0.6	0.0	0.0	-0.1	-0.6	-1.1	-1.5	6.0	21.3	2.7



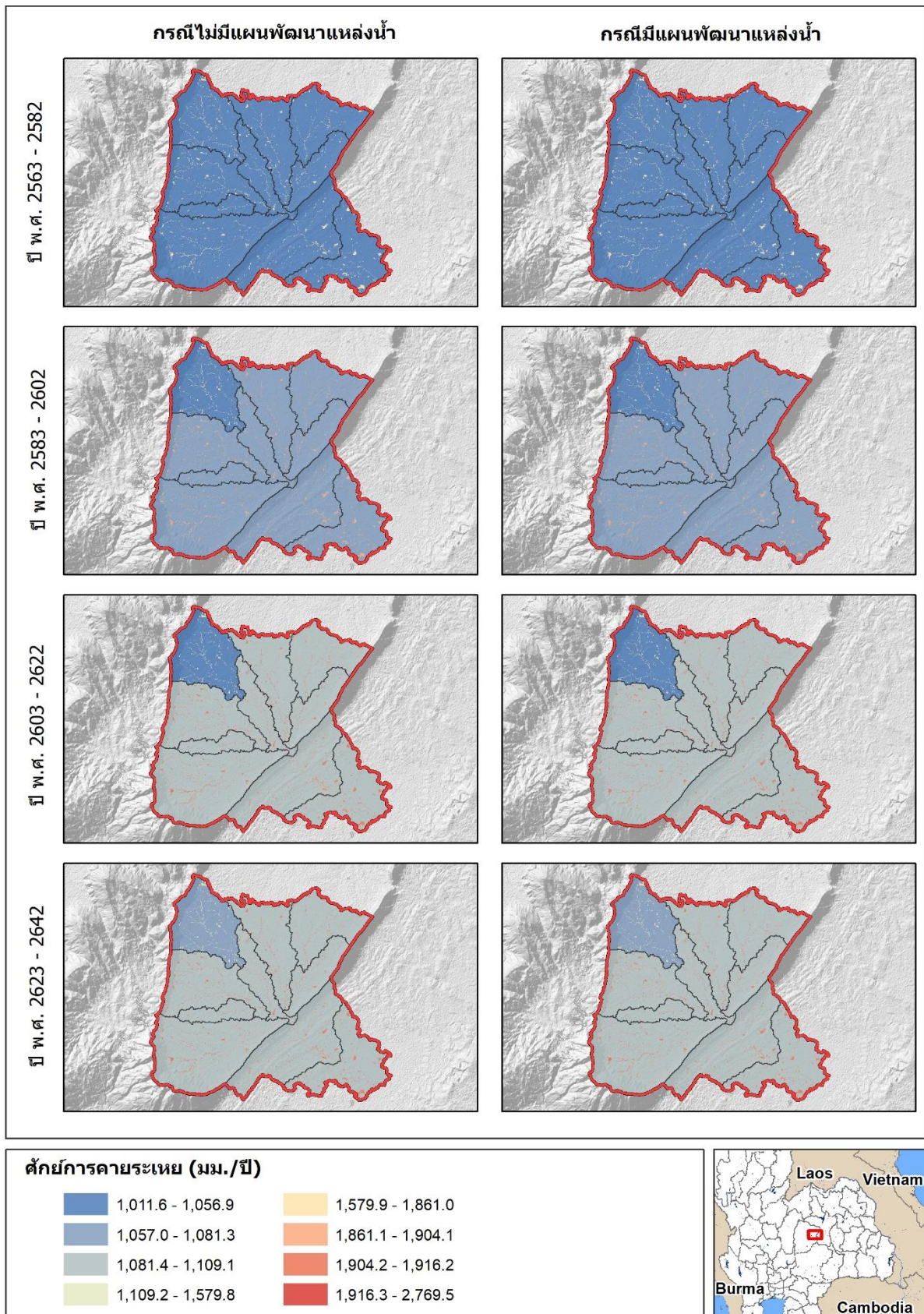
รูปที่ 6.2-1 ศักยภาพการคายระเหยเฉลี่ยรายเดือนในกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561)



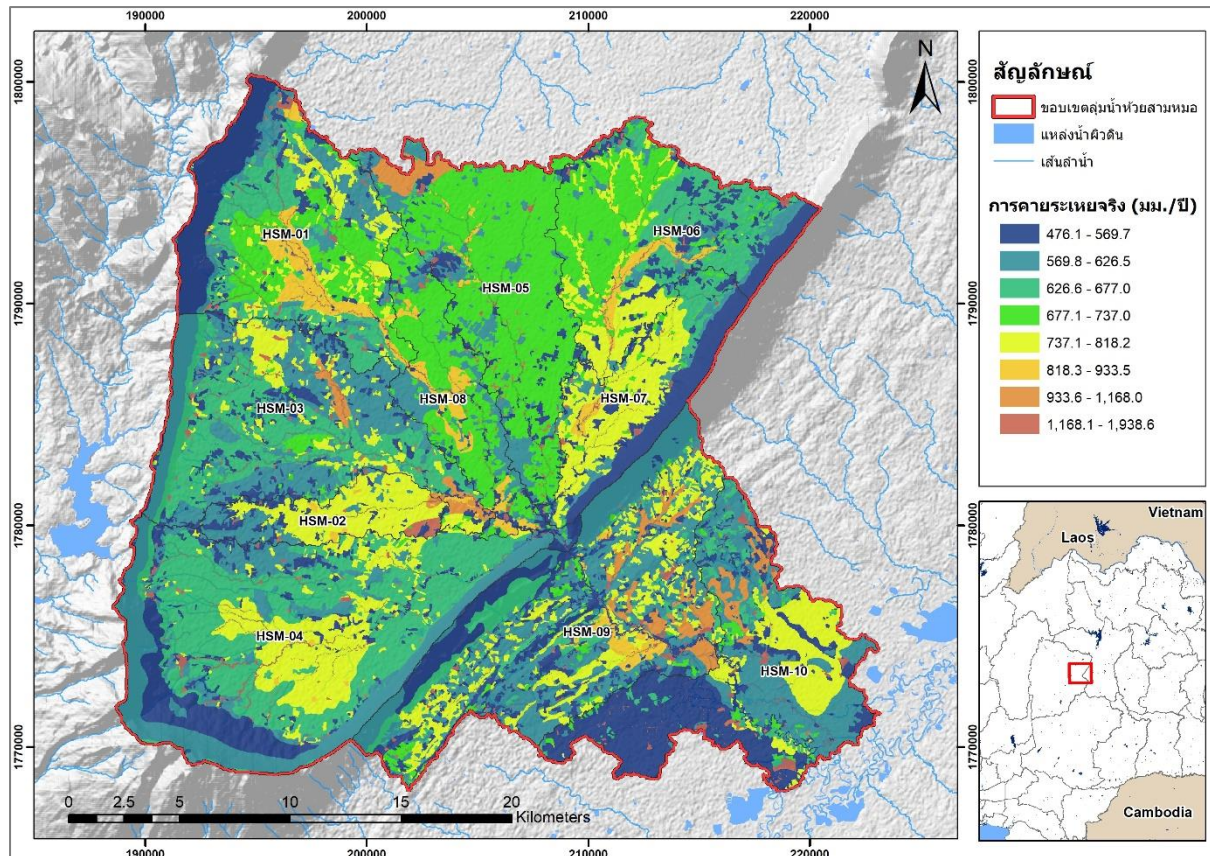
รูปที่ 6.2-2 การคายระเหยจริงเฉลี่ยรายเดือนในกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561)



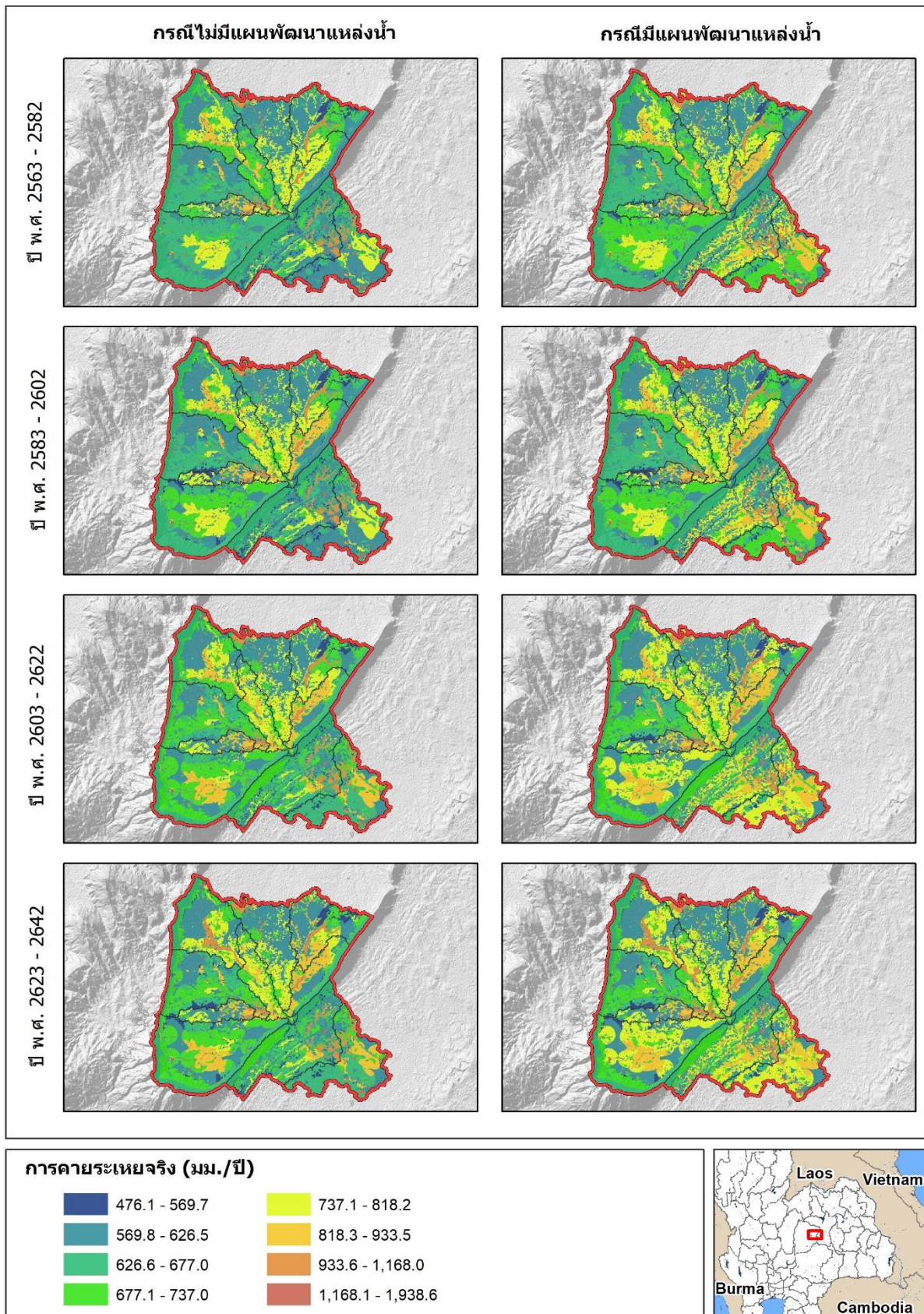
รูปที่ 6.2-3 การกระจายของศักยภาพการคายระเหยเฉลี่ยรายปี ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561)



รูปที่ 6.2-4 การกระจายของศักยภาพการคายระเหยเฉลี่ยรายปีในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642)



รูปที่ 6.2-4 การกระจายของการคายระเหยจริงเฉลี่ยรายปี ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561)



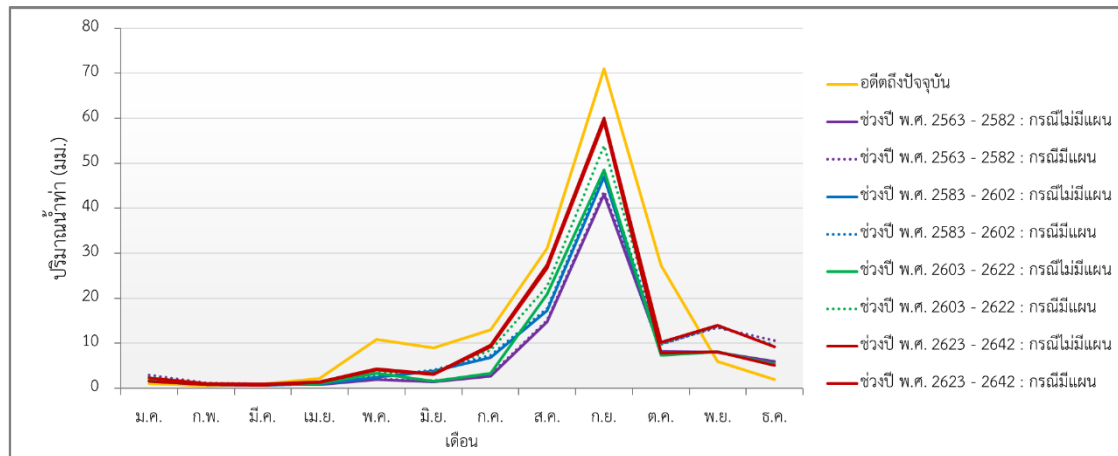
รูปที่ 6.2-5 การกระจายของการคายระเหยจริงเฉลี่ยรายปีในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642)

6.3 ปริมาณน้ำท่า

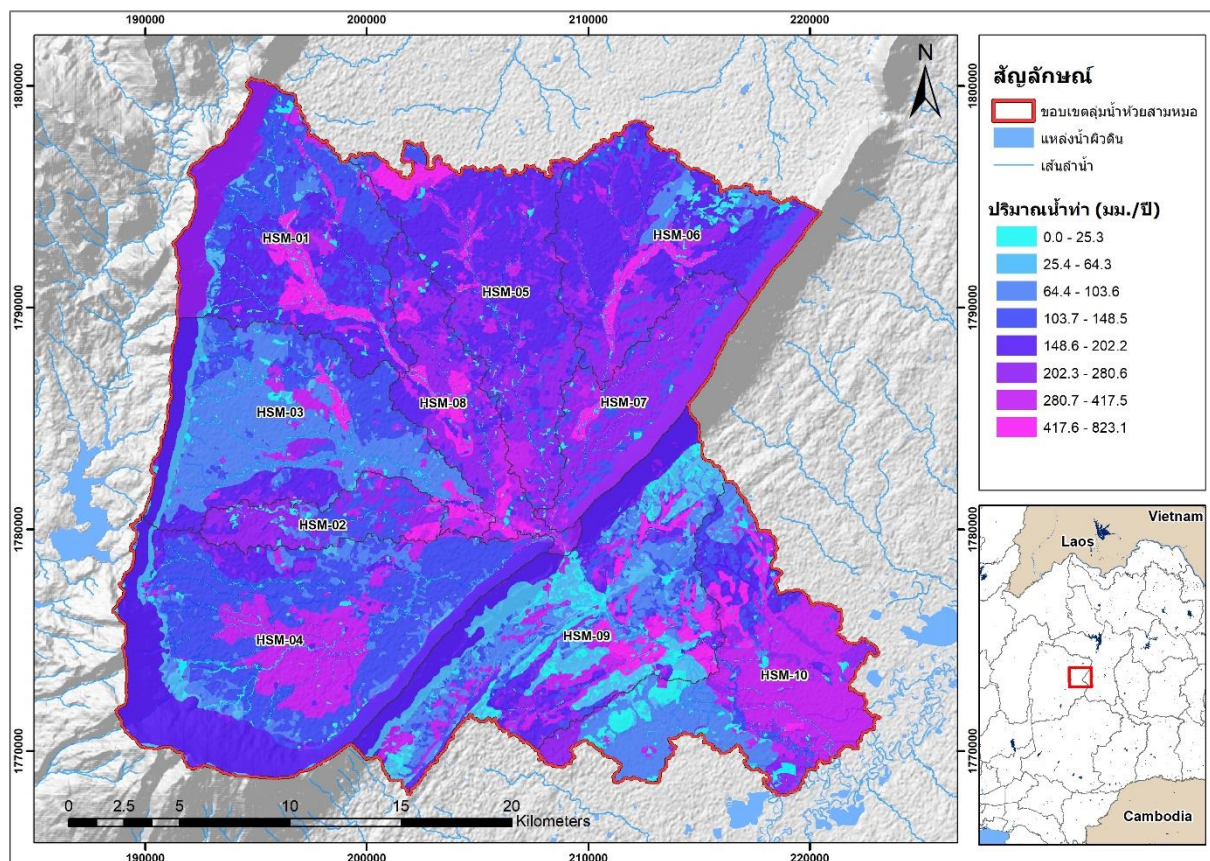
การวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลอง SWAT ในกรณีอดีตถึงปัจจุบัน จะอาศัยการจำลองสภาพด้วยแบบจำลอง SWAT แบบรายเดือน ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง 2561 (ระยะเวลา 19 ปี) สำหรับกรณีอดีตถึงปัจจุบัน ส่วนกรณีในอนาคตจะทำการจำลองสภาพทุกๆ ช่วงเวลา 20 ปี คือ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602, 2603 – 2622 และ 2623 – 2642 และนำผลการจำลองสภาพที่ได้ไปเปรียบเทียบระหว่างกรณี**ไม่มี**และ**มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ในรูปของปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ได้จะถูกนำไปใช้สำหรับการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านอุทกวิทยา (Hydrological drought) โดยจะพิจารณาในแต่ละหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) เพื่อนำมาสร้างเป็นแผนที่ความเสี่ยงภัยแล้งในขั้นตอนต่อไป ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนในแต่ละลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำห้วยสามหมอกสามารถแสดงผลที่ได้ดังตารางที่ 6.3-1 รวมถึงกราฟแสดงปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของทั้งลุ่มน้ำห้วยสามหมอกดังรูปที่ 6.3-1 ซึ่งจากตารางและกราฟดังกล่าวพบว่าลุ่มน้ำห้วยสามหมอกมีปริมาณน้ำท่าในช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) ตลอดทั้งปีประมาณ 174.7 มม./ปี ในส่วนของปริมาณน้ำท่าในอนาคตกรณี**ไม่มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำจะมีค่าอยู่ระหว่าง 90.3 – 127.5 มม./ปี (ลดลงจากกรณีอดีตถึงปัจจุบัน) ในขณะที่เมื่อ**มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำในอนาคตจะทำให้ปริมาณน้ำท่ามีค่าอยู่ระหว่าง 105.6 – 143.7 มม./ปี หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 12.8% – 27.5% เมื่อเทียบกับกรณี**ไม่มี**โครงการพัฒนาแหล่งน้ำ นอกจากนี้ ผลลัพธ์ที่ได้ยังสามารถแสดงรายละเอียดในรูปของการกระจายของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีในแต่ละ HRUs ช่วงอดีตถึงปัจจุบันดังรูปที่ 6.3-2 และในอนาคตเปรียบเทียบระหว่างกรณี**ไม่มี**และ**มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำแสดงได้ดังรูปที่ 6.3-3

ตารางที่ 6.3-1 ผลการคำนวณปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) และกรณีในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642)

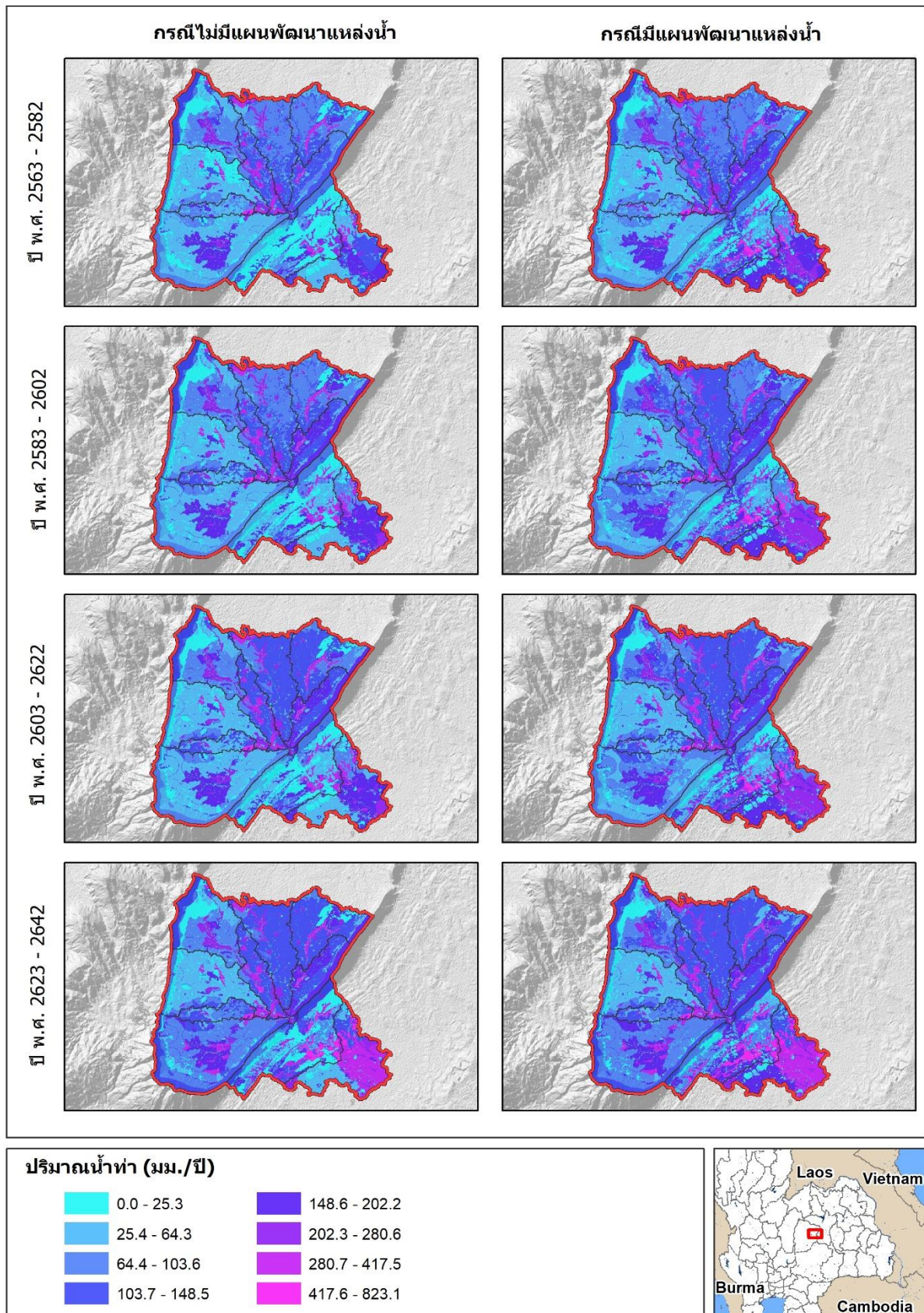
กรณี	ช่วงปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำท่า (มม.)												รวม
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ไม่มีแผน	2543 - 2562	1.0	0.6	1.0	2.2	10.8	9.0	13.0	31.1	71.0	27.3	6.0	1.9	174.7
	2563 - 2582	1.8	0.9	0.7	0.8	1.9	1.4	2.7	14.7	43.0	8.3	8.0	6.0	90.3
	2583 - 2602	1.6	0.8	0.7	0.9	2.5	3.8	6.9	17.3	47.0	7.5	8.0	5.3	102.2
	2603 - 2622	1.7	0.8	0.8	1.0	3.3	1.5	3.4	20.9	48.5	7.4	8.1	5.3	102.6
	2623 - 2642	1.5	0.8	0.7	1.3	4.1	3.0	9.2	26.7	59.2	7.9	8.1	5.0	127.5
มีแผน	2543 - 2562	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2563 - 2582	3.0	1.2	1.0	0.9	2.1	1.7	3.0	15.1	43.7	9.8	13.4	10.6	105.6
	2583 - 2602	2.5	1.1	0.9	1.0	2.7	4.0	7.3	17.8	47.7	9.7	13.7	9.6	118.0
	2603 - 2622	2.4	1.1	0.9	1.2	3.5	3.6	8.5	22.6	53.9	10.0	13.9	9.4	130.9
	2623 - 2642	2.3	1.1	0.9	1.4	4.3	3.2	9.6	27.4	60.1	10.2	14.0	9.2	143.7
การเปลี่ยนแปลง (%)	2543 - 2562	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2563 - 2582	62.7	39.3	28.6	19.7	9.0	14.4	11.1	2.9	1.5	19.2	67.6	78.1	16.9
	2583 - 2602	58.8	38.9	27.6	15.0	7.8	6.9	6.5	3.1	1.5	28.8	70.6	81.5	15.5
	2603 - 2622	41.9	29.5	16.2	20.6	6.0	136.9	151.7	8.0	11.2	35.6	72.1	76.0	27.5
	2623 - 2642	52.9	33.5	24.5	12.5	5.2	7.3	4.4	2.6	1.4	30.2	73.7	83.0	12.8



รูปที่ 6.3-1 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) และกรณีในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642)



รูปที่ 6.3-2 การกระจายของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561)



รูปที่ 6.3-3 การกระจายของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี ในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642)

บทที่ 7

การประเมินผลผลิตทางการเกษตร

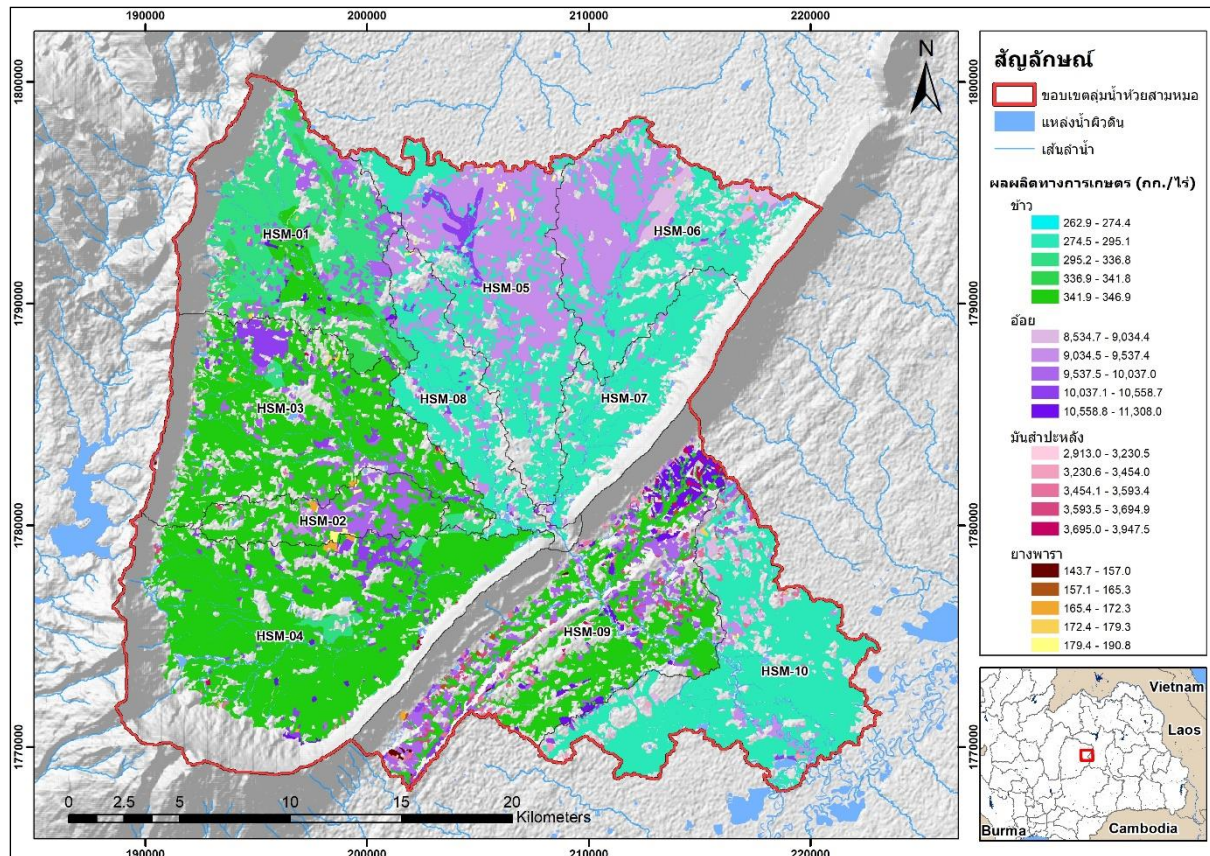
สำหรับการศึกษานี้ การประเมินผลผลิตทางการเกษตรจะอาศัยแบบจำลอง SWAT ในการประเมินในกรณีอดีตถึงปัจจุบันและอนาคต ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602, 2603 – 2622 และ 2623 – 2642 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก โดยที่แบบจำลอง SWAT ดังกล่าวได้ผ่านการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองในส่วนของผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่ ดังที่กล่าวรายละเอียดมาแล้วในบทที่ 5 ซึ่งในบทนี้ จะทำการประเมินผลผลิตทางการเกษตรของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ 4 ประเภท ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา โดยมีรายละเอียดของแต่ละประเด็นสำคัญดังนี้

7.1 ผลผลิตทางการเกษตรช่วงอดีตถึงปัจจุบัน

จากการจำลองสภาพด้วยแบบจำลอง SWAT ในช่วงอดีตถึงปัจจุบัน ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง 2561 (ระยะเวลา 19 ปี) ในแบบรายเดือน และพิจารณาผลผลิตของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ 4 ประเภท ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา ได้ผลลัพธ์ในรูปของผลผลิตทางการเกษตรเฉลี่ยต่อไร่ ดังแสดงรายละเอียดใน **ตารางที่ 7.1-1** โดยพบว่าในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกมีผลผลิตทางการเกษตรเฉลี่ยต่อไร่ของข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา ในช่วงเวลาอดีตถึงปัจจุบันเท่ากับ 322.7 กก./ไร่ 9,782.4 กก./ไร่ 3,514.9 กก./ไร่ และ 173.4 กก./ไร่ ตามลำดับ ในแง่ของการกระจายของผลผลิตทางการเกษตรของพืชแต่ละชนิดในแต่ละ HRUs สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 7.1-1

ตารางที่ 7.1-1 ผลผลิตทางการเกษตรเฉลี่ยต่อไร่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561)

รหัสลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ผลผลิตทางการเกษตร (กก./ไร่)			
			ข้าว	อ้อย	มันสำปะหลัง	ยางพารา
HSM-01	ห้วยหินกอง	84.9	365.0	10,284.8	3,939.0	173.4
HSM-02	ห้วยเซียม	71.7	327.1	10,244.1	3,393.1	168.3
HSM-03	ห้วยกลาง	75.3	333.2	9,989.8	3,416.4	167.1
HSM-04	ห้วยอิดาน	90.1	342.5	10,304.6	3,546.9	169.2
HSM-05	ห้วยคนทา	23.3	289.5	9,178.1	-	182.2
HSM-06	ห้วยใหญ่	43.2	288.6	9,056.1	-	174.3
HSM-07	ห้วยตะกร้า	39.2	292.0	9,141.0	-	183.3
HSM-08	ห้วยยาง	142.6	300.5	9,432.3	3,539.8	184.9
HSM-09	ห้วยสามหมอกตอนบน	117.5	342.3	10,054.7	3,409.7	160.9
HSM-10	ห้วยสามหมอกตอนล่าง	83.6	296.5	9,185.2	3,348.5	178.6
เฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก		771.4	322.7	9,782.4	3,514.9	173.4



รูปที่ 7.1-1 การกระจายของผลผลิตทางการเกษตรเฉลี่ย ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561)

7.2 สถานการณ์ภัยแล้งในอดีตที่ส่งผลต่อผลผลิตทางการเกษตร

สถานการณ์ภัยแล้งในอดีต โดยเฉพาะอย่างยิ่งปี พ.ศ. 2558 ซึ่งเป็นหนึ่งในปีที่ประเทศไทยมีฝนตกน้อยกว่าปกติในรอบ 36 ปี ที่ผ่านมา (พ.ศ. 2524 – 2559) ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผลผลิตทางการเกษตรอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยพบว่าปีดังกล่าวมีปริมาณฝนเฉลี่ยของทั้งประเทศอยู่ที่ 1,251 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งน้อยกว่าปริมาณฝนเฉลี่ย 30 ปี (พ.ศ. 2524 – 2553) ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ย 1,467 มิลลิเมตรต่อปี (น้อยกว่าเป็นประวัติการณ์ถึง 14.7%) ในขณะที่ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ซึ่งเป็นที่ตั้งของลุ่มน้ำห้วยสามหมอก) มีปริมาณฝนตกน้อยกว่าภาคอื่นๆ สามลำดับแรก คือ 1,015, 1,020 และ 1,159 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ (รอยล จิตรดอน, 2560) ทั้งนี้ สถานการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2558 ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น พบว่ามีความสอดคล้องกับผลการตรวจสอบ วิเคราะห์ และประเมินศักยภาพของดัชนีเสี่ยงภัยแล้ง (Drought Risk Index, DRI) ที่ดำเนินการโดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (สทอภ.) ในหัวข้อ 4.6 ของบทที่ 4 ซึ่งเมื่อพิจารณาสถานการณ์ภัยแล้งปี พ.ศ. 2558 ร่วมกับปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ 4 ประเภท ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา ที่คำนวณในหัวข้อ 5.3.5 ของบทที่ 5 และผลลัพธ์การประเมินผลผลิตทางการเกษตรด้วยแบบจำลอง SWAT จะพบว่าปี พ.ศ. 2558 ผลผลิตของพืชเฉลี่ยทั้ง 4 ประเภท ที่เพาะปลูกในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก มีปริมาณน้อยกว่าผลผลิตของพืชเฉลี่ยในช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) โดยลดลงคิดเป็น 1.6%, 12.8%, 12.2% และ 19.7% ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดของการเปรียบเทียบผลผลิตทางการเกษตรของทั้งสองช่วงเวลาได้ดังตารางที่ 7.2.1

ตารางที่ 7.2-1 การเปรียบเทียบระหว่างผลผลิตทางการเกษตรเฉลี่ยต่อไร่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) กับผลผลิตของพืชในปี พ.ศ. 2558

ปี พ.ศ.	รหัสลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ผลผลิตทางการเกษตร (กก./ไร่)			
				ข้าว	อ้อย	มันสำปะหลัง	ยางพารา
2543 - 2561	HSM-01	ห้วยหินกอง	84.9	365.0	10,284.8	3,939.0	173.4
	HSM-02	ห้วยเซียม	71.7	327.1	10,244.1	3,393.1	168.3
	HSM-03	ห้วยกลาง	75.3	333.2	9,989.8	3,416.4	167.1
	HSM-04	ห้วยอิดาน	90.1	342.5	10,304.6	3,546.9	169.2
	HSM-05	ห้วยคนทา	23.3	289.5	9,178.1	-	182.2
	HSM-06	ห้วยใหญ่	43.2	288.6	9,056.1	-	174.3
	HSM-07	ห้วยตะกร้า	39.2	292.0	9,141.0	-	183.3
	HSM-08	ห้วยยาง	142.6	300.5	9,432.3	3,539.8	184.9
	HSM-09	ห้วยสามหมอกตอนบน	117.5	342.3	10,054.7	3,409.7	160.9
	HSM-10	ห้วยสามหมอกตอนล่าง	83.6	296.5	9,185.2	3,348.5	178.6
เฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก			771.4	322.7	9,782.4	3,514.9	173.4
2558	HSM-01	ห้วยหินกอง	84.9	355.3	8,927.3	3,156.5	143.0
	HSM-02	ห้วยเซียม	71.7	347.6	9,307.6	3,061.0	130.7
	HSM-03	ห้วยกลาง	75.3	348.1	9,402.6	3,216.8	132.3
	HSM-04	ห้วยอิดาน	90.1	349.0	9,312.6	3,112.6	133.5
	HSM-05	ห้วยคนทา	23.3	284.9	7,923.8	-	145.0
	HSM-06	ห้วยใหญ่	43.2	284.9	7,739.3	-	140.3
	HSM-07	ห้วยตะกร้า	39.2	285.0	7,804.5	-	144.9
	HSM-08	ห้วยยาง	142.6	285.4	7,890.7	2,990.4	149.6
	HSM-09	ห้วยสามหมอกตอนบน	117.5	349.3	9,177.8	3,099.8	128.3
	HSM-10	ห้วยสามหมอกตอนล่าง	83.6	284.9	7,827.1	2,954.7	144.4
เฉลี่ยทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก			771.4	317.4	8,531.3	3,084.5	139.2

ในแง่ของมาตรการด้านการปรับตัวและลดผลกระทบจากสถานการณ์ภัยแล้งที่ส่งผลต่อผลผลิตทางการเกษตร มีสาระสำคัญที่สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

- 1) การปรับปรุงวิธีการปลูกพืชในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดผลกระทบจากภัยแล้ง เพื่อบรรเทาความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตร โดยเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการวิเคราะห์ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และสอดคล้องกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและปริมาณฝนที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต รวมถึงปริมาณน้ำท่าสำหรับแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช โดยจะต้องพิจารณาถึงการเริ่มต้นและสิ้นสุดของฤดูฝนตามเกณฑ์การพิจารณาฤดูมรสุมของกรมอุตุนิยมวิทยา ระยะเวลาเพาะปลูก ปริมาณฝน ตลอดจนจำนวนวันที่ฝนตก ร่วมกับคำแนะนำและข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญด้านการเพาะปลูกพืชชนิดนั้นๆ รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ เช่น เกษตรจังหวัด เกษตรอำเภอ เป็นต้น ในเรื่องของการปรับปรุงดินและพืชให้มีศักยภาพในการเก็บกักเพื่อให้พืชสามารถใช้น้ำได้มากขึ้น รวมถึงการเพิ่มธาตุอาหารที่เหมาะสมและสอดคล้องกับพืช ดิน และน้ำ เพื่อให้เกิดการใช้น้ำและปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งประเด็นที่กล่าวมาข้างต้นจะนำไปสู่กระบวนการผลิตและเพิ่มผลผลิตแก่เกษตรกร นอกจากนี้ยังจะต้องพิจารณาถึงผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญ-ลานีญาหรือปรากฏการณ์เอนโซ (ENSO) ซึ่งจะส่งผลให้วันเริ่มต้นของฤดูฝนล่าช้าออกไป โดยที่การคาดการณ์

ปรากฏการณ์เอนโซรายเดือนสำหรับประเทศไทย สามารถดูได้จากเว็บไซต์ “การเฝ้าระวังปรากฏการณ์เอลนีโญ-ลานีญา” ของกรมอุตุนิยมวิทยา (<https://www.tmd.go.th/climate/climate.php?FileID=9>)

- 2) การจัดโครงการฝึกอบรมและสัมมนาผู้มีส่วนเกี่ยวข้องด้านการเพาะปลูกพืช เช่น เจ้าหน้าที่จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เกษตรกร และประชาชนผู้สนใจ เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ ข้อเสนอแนะ และความคิดเห็น ซึ่งจะประโยชน์ต่อการปรับปรุงคุณภาพและปริมาณของผลผลิตทางการเกษตร
- 3) การจัดตั้งกลุ่มของเกษตรกรเพื่อกำหนดทิศทางการเพาะปลูก รวมถึงคัดเลือกผู้ที่มีความรู้ความสามารถเป็นตัวแทนกลุ่มสำหรับทำหน้าที่ประสานงานกับหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาซึ่งประโยชน์ร่วมกันของเกษตรกร
- 4) การบริหารจัดการพื้นที่เพาะปลูกพืชของเกษตรกรให้สอดคล้องกับเขตเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา ที่จัดทำขึ้นโดยกรมพัฒนาที่ดิน (2560) ซึ่งผ่านการวิเคราะห์ความเหมาะสมของที่ดินกับปัจจัยความต้องการของพืชแต่ละชนิดตามสภาพที่มีการเพาะปลูกพืช ร่วมกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เช่น เขตป่าไม้ตามกฎหมาย เขตพื้นที่โครงการชลประทาน เป็นต้น

7.3 ผลผลิตทางการเกษตรในอนาคต

จากการจำลองสภาพด้วยแบบจำลอง SWAT ในช่วงอนาคต ทุกๆ ช่วงเวลา 20 ปี คือ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602, 2603 – 2622 และ 2623 – 2642 และนำผลการจำลองสภาพที่ได้ไปเปรียบเทียบระหว่างกรณี**ไม่มี**และ**มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ในรูปของผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ 4 ประเภท ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา สามารถแสดงรายละเอียดได้ดัง**ตารางที่ 7.3-1** โดยพบว่ากรณี**ไม่มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำ ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหม่อมมีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา ในช่วงอนาคต ปี พ.ศ. 2563 – 2582 เท่ากับ 251.1 กก./ไร่ 7,824.0 กก./ไร่ 3,476.7 กก./ไร่ และ 168.5 กก./ไร่ ตามลำดับ และพบว่าผลผลิตทางการเกษตรในอนาคตจะมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ โดยเมื่อถึงช่วงปี พ.ศ. 2623 – 2642 ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา จะอยู่ที่ 217.9 กก./ไร่ 6,402.1 กก./ไร่ 1,874.5 กก./ไร่ และ 94.5 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนในกรณีที่**มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำ ช่วงปี พ.ศ. 2623 – 2642 ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา จะเพิ่มขึ้นเป็น 283.8 กก./ไร่ 7,005.7 กก./ไร่ 2,285.0 กก./ไร่ และ 118.4 กก./ไร่ ตามลำดับ หรือเพิ่มขึ้นคิดเป็น 30.23%, 9.43%, 21.90% และ 25.27% ตามลำดับ ในส่วนของผลลัพธ์ของช่วงปี พ.ศ. อื่นๆ สามารถแสดงรายละเอียดได้ดัง**ตารางที่ 7.3-1** ในขณะที่ผลผลิตทางการเกษตรที่ได้จากแบบจำลอง SWAT ในแบบรายปี ที่เป็นการเปรียบเทียบระหว่างกรณี**มี**และ**ไม่มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำสามารถแสดงได้ดัง**รูปที่ 7.3-1** นอกจากนี้ ผลลัพธ์ในรูปของการกระจายของผลผลิตทางการเกษตรของพืชเศรษฐกิจแต่ละชนิดในแต่ละ HRUs กรณีในอนาคต ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2563 – 2642 ยังสามารถแสดงได้ดัง**รูปที่ 7.3-2**

ทั้งนี้ จากผลการศึกษาพบว่าในกรณีที่**ไม่มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำ ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642) ของพืชทั้ง 4 ประเภท มีแนวโน้มที่จะลดลงจากกรณีช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) ในขณะที่กรณีที่**มี**แผนพัฒนาแหล่งน้ำ ก็ยังคงมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกัน (ดู**ตารางที่ 7.3-1** ประกอบ) ทั้งๆ ที่ปริมาณฝนในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากในอดีตถึงปัจจุบัน ซึ่งน่าจะมีสาเหตุหลักมาจากปัจจัยดังต่อไปนี้

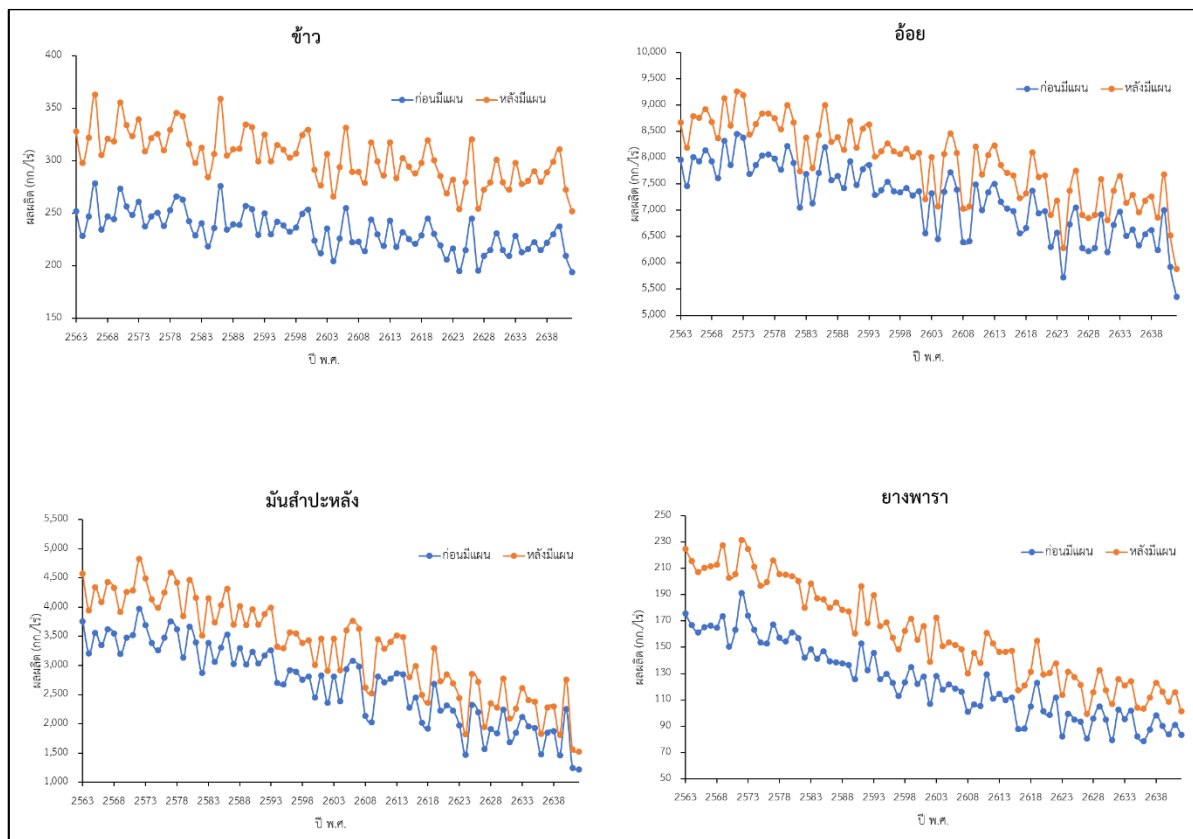
- 1) การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของภูมิอากาศในอนาคตไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิที่สูงขึ้น รูปแบบการกระจายตัวของฝนในช่วงฤดูฝนที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผลผลิตทางการเกษตรที่ลดลง (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554) เนื่องจากพืชแต่ละประเภทตอบสนองต่ออุณหภูมิ ปริมาณฝน ความเข้มข้นของระดับคาร์บอนไดออกไซด์ ตลอดจนปัจจัยทางภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และความสามารถในการปรับตัวของพืชต่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์, 2559) เช่นเดียวกับสมชาย และคณะ (2558) ที่ระบุว่านอกจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นแล้ว ปัจจัยในแง่ของฝนแล้งหรือฝนทิ้งช่วง ฝนที่ตกมากเกินไป ตลอดจนการเริ่มต้นและการสิ้นสุดของฤดูฝนที่ไม่แน่นอนมากขึ้น ก็ส่งผลให้ฤดูกาลเพาะปลูก และพื้นที่เพาะปลูกพืชเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทยได้นำสถิติการเกิดปรากฏการณ์เอนโซ (ENSO) ที่ส่งผลให้วันเริ่มต้นของฤดูฝนล่าช้าออกไป มาหาความสัมพันธ์กับค่าความผิดปกติของผลผลิตทางเกษตร (Yield Anomaly) และพบว่าเมื่อเกิดภาวะฝนแล้งหรือฝนทิ้งช่วง ผลผลิตทางเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ข้าวโพดจะลดลงมากที่สุด รองลงมาคือ อ้อยและข้าว ตามลำดับ (นิพนธ์ และคณะ, 2558)
- 2) กรณีของข้าว ปัจจัยที่ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง ได้แก่ ธาตุอาหารในดินและการกระจายตัวของฝน (เกริก, 2559; ศูนย์ยุทธศาสตร์การวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, 2564) ซึ่งสอดคล้องกับนิพนธ์ และคณะ (2558) ที่ระบุว่าความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในรูปของภัยแล้งและอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลกระทบรุนแรงต่อผลผลิตข้าว โดยพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงขึ้นช่วงเวลากลางคืนซึ่งเป็นช่วงที่ข้าวกำลังออกดอก จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของต้นข้าวและทำให้ผลผลิตของข้าวลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิที่สูงเกินกว่า 35 °C จะทำให้การงอกของเมล็ดล่าช้า อัตราการงอกต่ำ การเจริญของต้นกล้าไม่ดี แตกกอน้อยลง ลดจำนวนละอองเกสร ดอกข้าวเป็นหมัน และส่งผลให้ผลผลิตลดลง (दनัย และอำนาจ, 2559) นอกจากนี้ Ansul (2009) ยังได้ทำการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตต่อผลผลิตข้าวในช่วงทศวรรษ 2020, 2050 และ 2080 ในเขตจังหวัดอุบลราชธานี ขอนแก่น และร้อยเอ็ด โดยอาศัยแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CRES ร่วมกับข้อมูลภูมิอากาศในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM4 GCM A2 และเพิ่มความละเอียดข้อมูลโดยแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค PRECIS ซึ่งพบว่าผลผลิตของข้าวในอนาคตมีแนวโน้มลดลง 24 % เมื่อเทียบกับผลผลิตในช่วงปีฐาน ค.ศ. 1997 – 2006 อันเนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นเช่นเดียวกัน
- 3) กรณีของอ้อย พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์ (2559) ได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้ผลผลิตอ้อยลดลง เนื่องจากได้รับผลกระทบจากความชื้นในดินซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณฝน คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่มีข้อจำกัดในเรื่องของการกระจายตัวของราก ในขณะที่การลดลงของผลผลิตมันสำปะหลัง จะเกิดจากปริมาณฝนที่ทำปฏิกิริยากับคุณสมบัติทางกายภาพของดิน รวมถึงอุณหภูมิซึ่งเกริก และคณะ (2552) ยังพบอีกว่าการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิมีผลกระทบในระยะยาวต่อผลผลิตของมันสำปะหลังโดยพบว่าลดลงถึงร้อยละ 43 เช่นเดียวกับผลการศึกษาของศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2554) ที่ระบุว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศส่งผลให้ผลผลิตของมันสำปะหลังลดลง รวมถึงคุณสมบัติของดินและปริมาณน้ำฝนที่ไม่สัมพันธ์กัน (ศูนย์ยุทธศาสตร์การวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, 2564)

ตารางที่ 7.3-1 ผลผลิตทางการเกษตรของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอ ภายใต้สถานการณ์จำลองต่างๆ

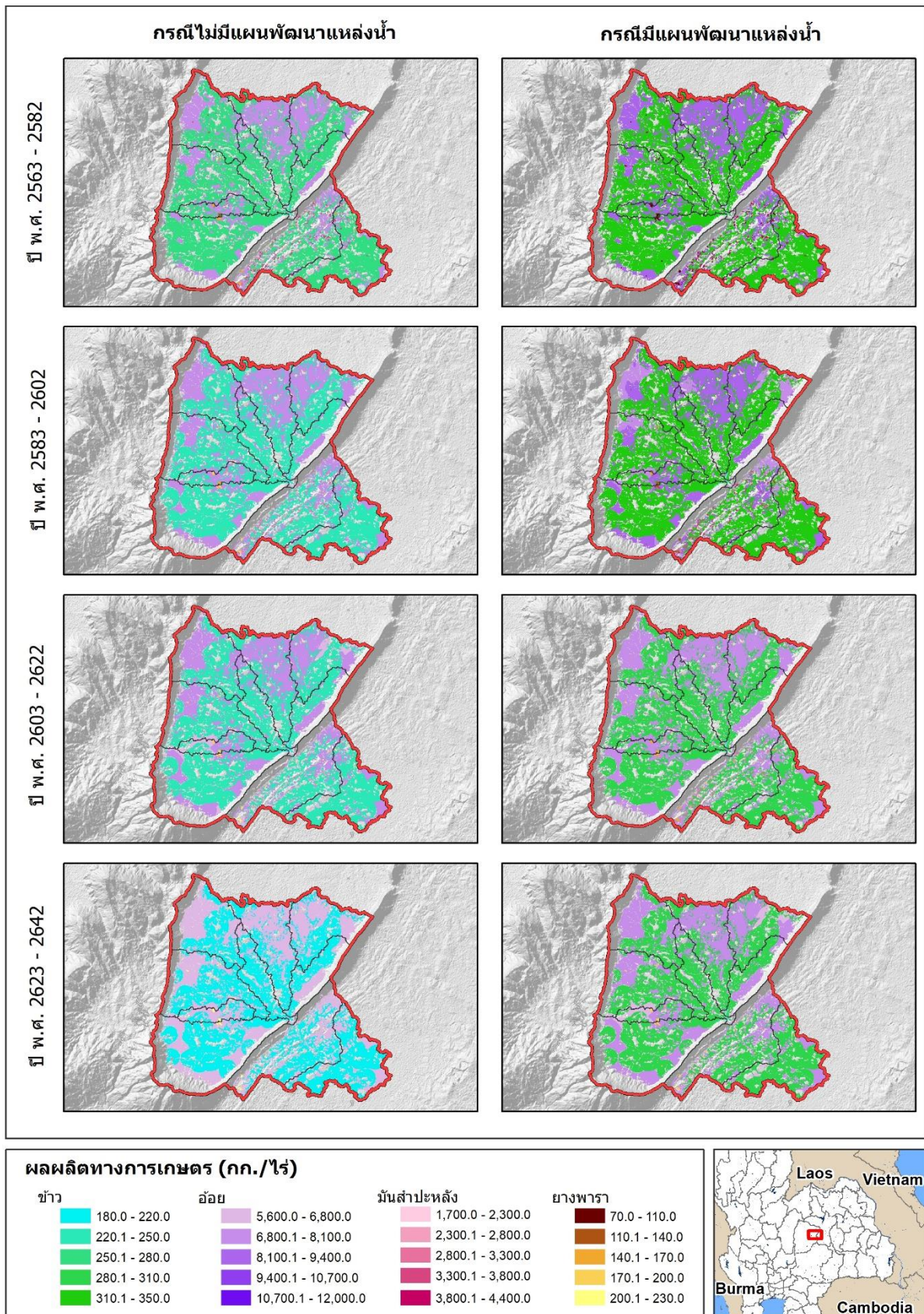
ช่วงปี พ.ศ.	รหัสลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	ผลผลิต (กก./ไร่)											
				ก่อนมีโครงการฯ				หลังมีโครงการฯ				การเปลี่ยนแปลง (%)			
				ข้าว	อ้อย	มันสำปะหลัง	ยางพารา	ข้าว	อ้อย	มันสำปะหลัง	ยางพารา	ข้าว	อ้อย	มันสำปะหลัง	ยางพารา
2543 - 2561	HSM-01	ห้วยหินกอง	84.9	365.0	10,284.8	3,939.0	173.4	-	-	-	-	-	-	-	-
	HSM-02	ห้วยเขียม	71.7	327.1	10,244.1	3,393.1	168.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	HSM-03	ห้วยกลาง	75.3	333.2	9,989.8	3,416.4	167.1	-	-	-	-	-	-	-	-
	HSM-04	ห้วยอิดาน	90.1	342.5	10,304.6	3,546.9	169.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	HSM-05	ห้วยคนทา	23.3	289.5	9,178.1	-	182.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	HSM-06	ห้วยใหญ่	43.2	288.6	9,056.1	-	174.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	HSM-07	ห้วยตะกร้า	39.2	292.0	9,141.0	-	183.3	-	-	-	-	-	-	-	-
	HSM-08	ห้วยยาง	142.6	300.5	9,432.3	3,539.8	184.9	-	-	-	-	-	-	-	-
	HSM-09	ห้วยสามหมอตอนบน	117.5	342.3	10,054.7	3,409.7	160.9	-	-	-	-	-	-	-	-
	HSM-10	ห้วยสามหมอตอนล่าง	83.6	296.5	9,185.2	3,348.5	178.6	-	-	-	-	-	-	-	-
เฉลี่ย			771.4	322.7	9,782.4	3,514.9	173.4	-	-	-	-	-	-	-	-
2563 - 2582	HSM-01	ห้วยหินกอง	84.9	252.6	7,823.8	3,520.4	176.1	329.0	8,541.4	4,267.5	218.2	30.22	9.17	21.22	23.91
	HSM-02	ห้วยเขียม	71.7	251.0	7,802.7	3,603.8	175.4	326.6	8,518.4	4,361.9	214.1	30.15	9.17	21.03	22.11
	HSM-03	ห้วยกลาง	75.3	251.0	7,807.8	3,487.6	163.9	326.7	8,522.9	4,220.5	199.7	30.15	9.16	21.01	21.82
	HSM-04	ห้วยอิดาน	90.1	250.9	7,855.5	3,512.5	167.2	326.4	8,583.4	4,260.8	215.5	30.12	9.27	21.30	28.90
	HSM-05	ห้วยคนทา	23.3	251.0	7,842.3	-	171.3	326.6	8,565.2	-	218.4	30.14	9.22	-	27.50
	HSM-06	ห้วยใหญ่	43.2	251.0	7,781.5	3,401.6	164.3	326.6	8,500.4	4,120.4	207.6	30.15	9.24	21.13	26.33
	HSM-07	ห้วยตะกร้า	39.2	250.7	7,810.1	-	177.4	326.2	8,549.1	-	223.4	30.10	9.46	-	25.96
	HSM-08	ห้วยยาง	142.6	250.8	7,869.4	3,423.5	176.1	326.3	8,600.5	4,141.7	212.3	30.09	9.29	20.98	20.60
	HSM-09	ห้วยสามหมอตอนบน	117.5	251.0	7,799.3	3,476.5	158.0	326.7	8,532.0	4,256.5	216.3	30.15	9.40	22.43	36.95
	HSM-10	ห้วยสามหมอตอนล่าง	83.6	250.9	7,803.5	3,404.1	159.7	326.5	8,527.5	4,143.8	213.2	30.14	9.28	21.73	33.53
เฉลี่ย			771.4	251.1	7,824.0	3,476.7	168.5	326.8	8,549.2	4,220.5	213.5	30.14	9.27	21.40	26.68
2583 - 2602	HSM-01	ห้วยหินกอง	84.9	241.5	7,404.4	3,056.2	145.1	314.5	8,084.1	3,710.0	180.0	30.24	9.18	21.39	24.05
	HSM-02	ห้วยเขียม	71.7	240.9	7,367.9	3,129.8	144.4	313.6	8,047.2	3,790.9	176.3	30.20	9.22	21.12	22.04
	HSM-03	ห้วยกลาง	75.3	240.9	7,398.7	3,001.5	133.2	313.6	8,084.8	3,633.9	162.1	30.21	9.27	21.07	21.73
	HSM-04	ห้วยอิดาน	90.1	240.8	7,455.0	3,020.3	136.1	313.3	8,144.6	3,668.0	176.9	30.13	9.25	21.45	29.98
	HSM-05	ห้วยคนทา	23.3	240.7	7,440.1	-	140.1	313.3	8,124.4	-	179.5	30.18	9.20	-	28.15
	HSM-06	ห้วยใหญ่	43.2	240.7	7,380.0	2,941.2	134.2	313.4	8,050.0	3,564.1	170.8	30.20	9.08	21.18	27.24
	HSM-07	ห้วยตะกร้า	39.2	240.3	7,412.0	-	146.3	312.6	8,121.7	-	182.9	30.11	9.58	-	25.02
	HSM-08	ห้วยยาง	142.6	240.6	7,455.6	2,978.9	144.4	313.1	8,146.8	3,603.9	174.0	30.13	9.27	20.98	20.45
	HSM-09	ห้วยสามหมอตอนบน	117.5	240.9	7,384.7	3,000.9	127.3	313.7	8,087.5	3,685.8	177.1	30.20	9.52	22.82	39.09
	HSM-10	ห้วยสามหมอตอนล่าง	83.6	240.7	7,413.6	2,959.2	129.8	313.3	8,099.6	3,609.9	175.1	30.19	9.25	21.99	34.90
เฉลี่ย			771.4	240.8	7,413.9	3,010.1	137.6	313.5	8,102.8	3,658.7	175.1	30.18	9.29	21.55	27.20
2603 - 2622	HSM-01	ห้วยหินกอง	84.9	227.9	6,925.6	2,562.8	120.2	296.8	7,574.3	3,116.3	149.8	30.24	9.37	21.60	24.65

ตารางที่ 7.3-1 ผลผลิตทางการเกษตรของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอ ภายใต้สถานการณ์จำลองต่างๆ

ช่วงปี พ.ศ.	รหัสลุ่มน้ำ	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)	ผลผลิต (กก./ไร่)											
				ก่อนมีโครงการฯ				หลังมีโครงการฯ				การเปลี่ยนแปลง (%)			
				ข้าว	อ้อย	มันสำปะหลัง	ยางพารา	ข้าว	อ้อย	มันสำปะหลัง	ยางพารา	ข้าว	อ้อย	มันสำปะหลัง	ยางพารา
	HSM-02	ห้วยเจียม	71.7	228.0	6,903.0	2,621.1	120.9	296.9	7,543.8	3,170.7	146.8	30.23	9.28	20.97	21.44
	HSM-03	ห้วยกลาง	75.3	228.0	6,925.6	2,541.3	110.4	296.9	7,561.9	3,074.6	135.2	30.23	9.19	20.98	22.38
	HSM-04	ห้วยอิดาน	90.1	227.9	6,987.1	2,553.3	113.0	296.7	7,639.2	3,104.1	147.5	30.20	9.33	21.57	30.52
	HSM-05	ห้วยคนทา	23.3	227.9	6,970.1	-	115.0	296.8	7,623.5	-	149.1	30.23	9.37	-	29.62
	HSM-06	ห้วยใหญ่	43.2	228.0	6,917.9	2,489.1	110.7	296.9	7,560.5	3,019.9	142.1	30.23	9.29	21.33	28.39
	HSM-07	ห้วยตะกร้า	39.2	227.7	6,958.6	-	121.1	296.4	7,616.6	-	151.6	30.15	9.46	-	25.14
	HSM-08	ห้วยยาง	142.6	227.9	6,987.1	2,522.0	119.2	296.7	7,638.2	3,053.2	143.8	30.19	9.32	21.06	20.63
	HSM-09	ห้วยสามหมอตอนบน	117.5	228.0	6,921.5	2,537.0	105.3	296.9	7,588.6	3,118.7	147.7	30.23	9.64	22.93	40.17
	HSM-10	ห้วยสามหมอตอนล่าง	83.6	228.0	6,948.4	2,505.7	107.1	296.9	7,602.2	3,061.9	146.5	30.23	9.41	22.20	36.85
	เฉลี่ย		771.4	227.9	6,946.5	2,541.5	114.0	296.8	7,597.7	3,091.2	145.7	30.22	9.37	21.63	27.83
2623 - 2642	HSM-01	ห้วยหินกอง	84.9	218.8	6,401.9	1,904.2	98.0	285.4	7,006.5	2,320.5	120.0	30.43	9.45	21.86	22.46
	HSM-02	ห้วยเจียม	71.7	217.9	6,354.0	1,938.9	99.5	283.7	6,948.1	2,348.1	119.4	30.23	9.35	21.10	20.10
	HSM-03	ห้วยกลาง	75.3	217.9	6,380.4	1,868.2	92.3	283.7	6,966.2	2,261.2	111.7	30.23	9.18	21.04	20.99
	HSM-04	ห้วยอิดาน	90.1	217.8	6,443.6	1,880.7	94.3	283.6	7,044.6	2,290.7	119.7	30.19	9.33	21.80	26.98
	HSM-05	ห้วยคนทา	23.3	217.8	6,431.2	-	95.8	283.6	7,037.3	-	120.3	30.20	9.42	-	25.65
	HSM-06	ห้วยใหญ่	43.2	217.9	6,373.9	1,831.2	92.8	283.7	6,964.7	2,221.4	116.1	30.23	9.27	21.31	25.10
	HSM-07	ห้วยตะกร้า	39.2	217.5	6,421.4	-	99.4	283.0	7,031.2	-	121.6	30.11	9.50	-	22.31
	HSM-08	ห้วยยาง	142.6	217.8	6,440.5	1,860.9	98.5	283.5	7,045.9	2,251.5	117.8	30.17	9.40	20.99	19.64
	HSM-09	ห้วยสามหมอตอนบน	117.5	217.9	6,371.8	1,866.2	88.2	283.7	6,992.6	2,310.9	119.7	30.23	9.74	23.83	35.79
	HSM-10	ห้วยสามหมอตอนล่าง	83.6	217.9	6,393.1	1,845.1	89.5	283.7	6,998.1	2,263.4	118.9	30.23	9.46	22.67	32.87
	เฉลี่ย		771.4	217.9	6,402.1	1,874.5	94.5	283.8	7,005.7	2,285.0	118.4	30.23	9.43	21.90	25.27



รูปที่ 7.3-1 ผลผลิตทางการเกษตรเฉลี่ยรายปีของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642)



รูปที่ 7.3-2 ผลผลิตทางการเกษตรของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ในอนาคต (พ.ศ. 2563 – 2642) ภายใต้สถานการณ์จำลองต่างๆ

บทที่ 8

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

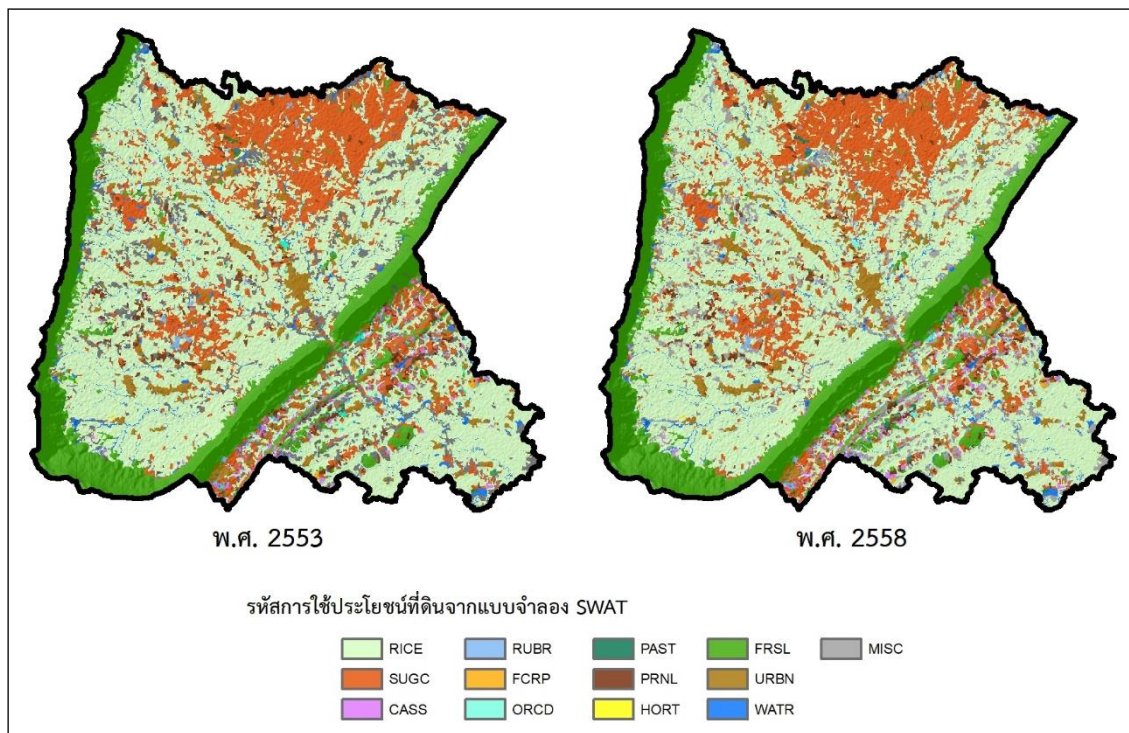
การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอาจจะส่งผลต่อการเกิดภัยแล้งในอนาคตได้ ดังนั้นประเด็นดังกล่าวจึงถูกนำมาพิจารณาในการวิจัยครั้งนี้ โดยอาศัยแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Change Modeler, LCM) ซึ่งเป็นโปรแกรมย่อยที่อยู่ภายในโปรแกรม TerrSet ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Clark Labs มหาวิทยาลัย Clark สำหรับวิเคราะห์และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต โดยการศึกษาจะวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602, 2603 – 2622 และ 2623 – 2642 (ปี ค.ศ. 2020 – 2039, 2040 – 2059, 2060 – 2079 และ 2080 – 2099) โดยมีรายละเอียดดังนี้

8.1 การวิเคราะห์แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงเวลา

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตในครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง Land Change Modeler (LCM) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในโปรแกรม TerrSet เป็นแบบจำลองที่มีความสามารถในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง (Change Analysis) ศักยภาพในการเปลี่ยนแปลง (Transition Potential) และการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลง (Change Prediction) โดยวิเคราะห์จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินสองช่วงเวลา เพื่อใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต (Eastman, 2016) สำหรับการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในครั้งนี้ จะอยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระหว่างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีต 2 ช่วงเวลา นั่นคือ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจาก ปี พ.ศ. 2553 และ 2558 ดังแสดงแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปที่ 8.1-1 โดยจากรูปดังกล่าวการกำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยรหัสการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง SWAT เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการนำไปใช้ในการประมวลผลต่อในแบบจำลอง SWAT โดยรหัสการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภทสามารถแสดงได้ดังตารางการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ดังตารางที่ 8.1-1 โดยจากตารางพบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในประเภท อ้อย มันสำปะหลัง และที่อยู่อาศัย มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่แบบเพิ่มขึ้นสุทธิมากที่สุดเท่ากับ 7.23 ตร.กม. 0.93 ตร.กม. และ 0.40 ตร.กม. ตามลำดับ โดยคิดเป็นร้อยละที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.77, 11.91 และ 1.22 ตามลำดับ การใช้ประโยชน์ที่ดินในประเภท พื้นที่อื่นๆ ข้าว ไม้ยืนต้น และป่าไม้ อาศัย มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่แบบลดลงสุทธิมากที่สุดเท่ากับ 6.06 ตร.กม. 1.16 ตร.กม. 0.74 ตร.กม. และ 0.72 ตร.กม. ตามลำดับ โดยคิดเป็นร้อยละที่ลดลงเท่ากับ 11.17, 0.31, 4.25 และ 0.57 ตามลำดับ

หลังจากนั้นเมื่อนำการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2553 และ 2558 มาวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในแบบจำลอง Land Change Modeler (LCM) ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 8.1-2 และตารางที่ 8.1-2 โดยพบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอ้อยเพิ่มขึ้นมากที่สุด ส่วนใหญ่เพิ่มมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทข้าว พื้นที่อื่นๆ ไม้ยืนต้น ยางพารา และมันสำปะหลัง คิดเป็นพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 6.43 ตร.กม. 1.99 ตร.กม. 1.32 ตร.กม. 0.78 ตร.กม. และ 0.44 ตร.กม. ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นพื้นที่รวมทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นของอ้อย เท่ากับ 11.76 ตร.กม. นอกจากนี้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอ้อยยังมีพื้นที่เปลี่ยนแปลงลดลง โดยส่วนใหญ่เปลี่ยนไปเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภท ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา และไม้ยืนต้น คิดเป็นพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงลดลง 2.26 ตร.กม. 0.71 ตร.กม. 0.52 ตร.กม. และ 0.26 ตร.กม. ซึ่งคิดเป็นพื้นที่รวมทั้งหมดที่

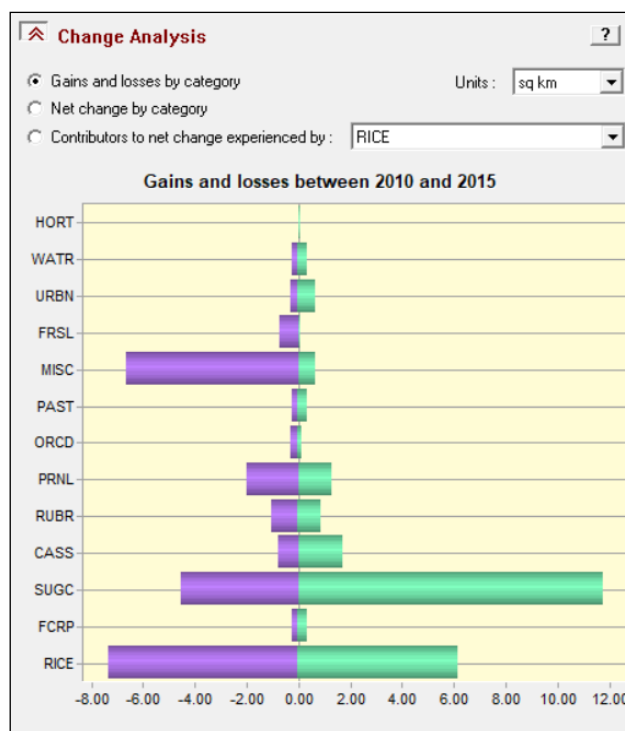
ลดลงของอ้อย เท่ากับ 4.53 ตร.กม. จึงทำให้สรุปแล้วพื้นที่เพาะปลูกอ้อยเพิ่มขึ้นสุทธิเป็น 7.23 ตร.กม. ดังได้กล่าวไว้ข้างต้น ส่วนในรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงประเภทอื่นๆ แสดงไว้แล้วดังตารางที่ 8.1-2



รูปที่ 8.1-1 การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ปี พ.ศ. 2553 และ 2558

ตารางที่ 8.1-1 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สุทธิของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ระหว่างปี พ.ศ. 2553 และ 2558 ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

ที่	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	รหัสการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)		การเปลี่ยนแปลง	
			ปี พ.ศ. 2553	ปี พ.ศ. 2558	(ตร.กม.)	(%)
1	ข้าว	RICE	380.00	378.83	-1.16	-0.31
2	พืชไร่	FCRP	1.11	1.28	0.17	15.28
3	อ้อย	SUGC	125.30	132.53	7.23	5.77
4	มันสำปะหลัง	CASS	7.77	8.69	0.93	11.91
5	ยางพารา	RUBR	2.84	2.67	-0.17	-6.11
6	ไม้ยืนต้น	PRNL	17.29	16.56	-0.74	-4.25
7	ไม้ผล	ORCD	3.09	2.93	-0.16	-5.11
8	ทุ่งหญ้า	PAST	1.30	1.40	0.11	8.19
9	พื้นที่อื่นๆ	MISC	53.98	47.95	-6.03	-11.17
10	ป่าไม้	FRSL	127.17	126.45	-0.72	-0.57
11	ที่อยู่อาศัย	URBN	33.08	33.48	0.40	1.22
12	แหล่งน้ำ	WATR	18.33	18.47	0.13	0.74
13	พืชสวน	HORT	0.13	0.14	0.01	9.79
รวม			771.37	771.37		



รูปที่ 8.1-2 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2553 (ค.ศ. 2010) และ 2558 (ค.ศ. 2015) ด้วยแบบจำลอง Land Change Modeler (LCM)

ตารางที่ 8.1-2 เมตริกซ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2553 และ 2558 จากแบบจำลอง Land Change Modeler (LCM) (หน่วย: ตร.กม.)

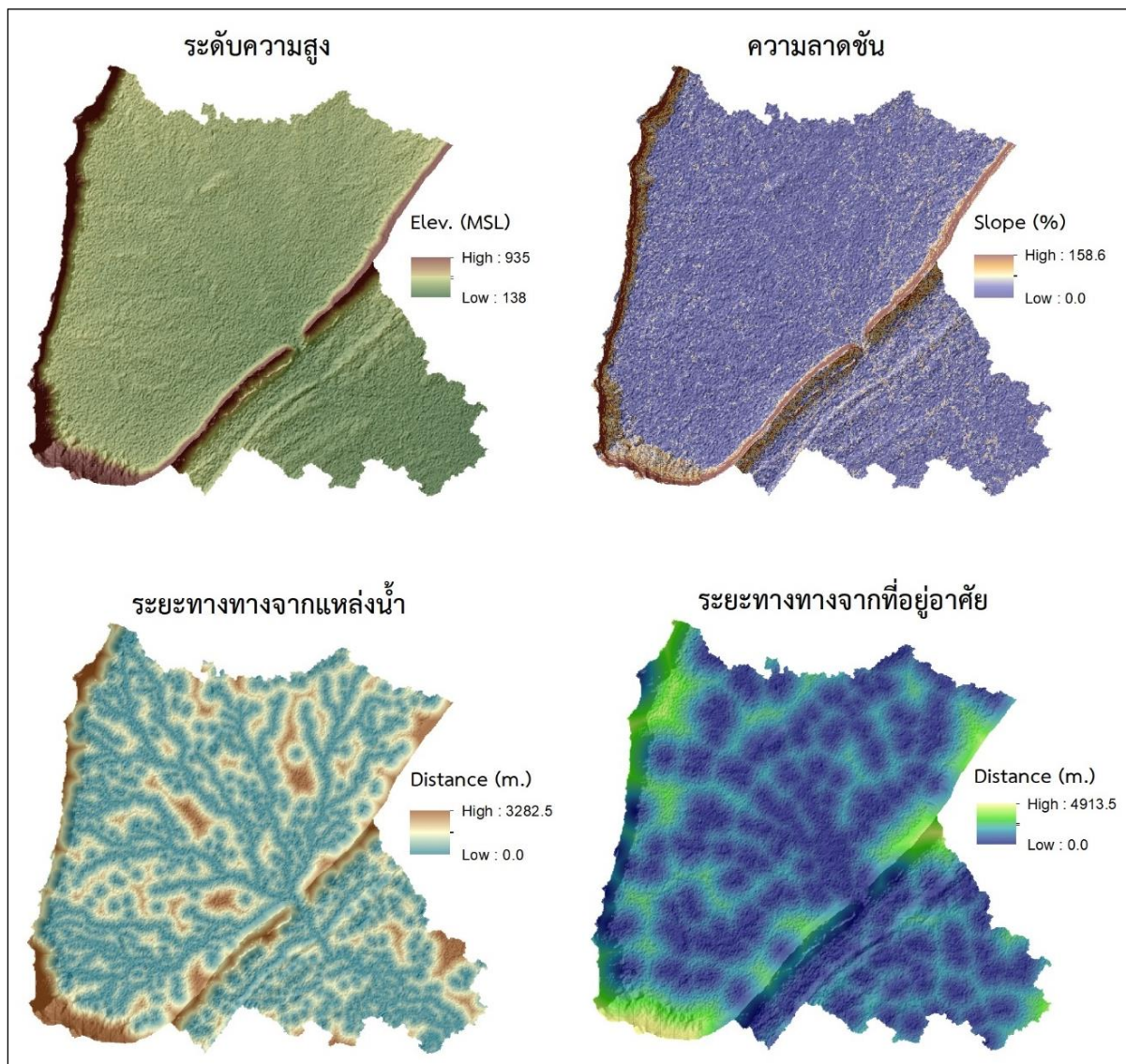
ปี พ.ศ. 2558 ปี พ.ศ. 2553	RICE	FCRP	SUGC	CASS	RUBR	PRNL	ORCD	PAST	MISC	FRSL	URBN	WATR	HORT	รวม ลดลง
RICE	-	-	6.43	0.16	0.04	0.24	0.04	-	0.16	-	0.23	0.03	-	7.34
FCRP	0.04	-	0.00	0.14	0.01	0.03	-	-	-	-	-	-	-	0.23
SUGC	2.26	0.16	-	0.71	0.52	0.26	0.07	0.04	0.29	-	0.18	0.03	-	4.53
CASS	0.02	0.15	0.44	-	0.11	0.01	0.01	0.01	-	-	0.01	0.00	-	0.76
RUBR	0.04	-	0.78	0.10	-	-	0.00	-	0.11	0.01	0.02	0.00	-	1.07
PRNL	0.15	0.08	1.32	0.23	0.06	-	-	0.08	0.01	0.00	0.06	-	0.02	2.02
ORCD	0.03	-	0.20	0.02	0.06	-	-	0.00	0.00	-	0.02	-	-	0.33
PAST	0.04	-	0.16	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.27
MISC	3.30	-	1.99	0.11	0.06	0.65	0.03	0.16	-	-	0.19	0.19	-	6.68
FRSL	0.18	0.01	0.18	0.09	0.03	0.02	-	0.01	0.06	-	-	0.15	-	0.74
URBN	0.04	-	0.12	0.04	0.01	0.00	0.01	0.08	0.02	0.00	-	-	-	0.32
WATR	0.08	-	0.12	-	-	0.06	-	0.00	-	-	-	-	-	0.27
HORT	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
รวมเพิ่มขึ้น	6.18	0.40	11.76	1.68	0.89	1.28	0.17	0.38	0.65	0.01	0.72	0.41	0.02	

8.2 การวิเคราะห์ศักยภาพของการเปลี่ยนแปลง (Transition Potential)

หลังจากทำการวิเคราะห์แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงเวลาแล้ว แบบจำลอง LCM จะทำการวิเคราะห์ ศักยภาพในการเปลี่ยนแปลง (Transition Potential) โดยในขั้นตอนนี้

จะใช้ปัจจัยหรือตัวแปรที่มีผลเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยใช้วิธีการโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Multi-Layer Perceptron (MLP) ในการพิจารณาถึงศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในแต่ละประเภทซึ่ง MLP จะทำการสร้างแผนที่ศักยภาพสำหรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น

โดยทั่วไปแล้วแบบจำลองการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ควรใช้ทั้งตัวแปรทางด้านสิ่งแวดล้อมและสภาพสังคม-เศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามปัจจัยทางด้านสภาพสังคม-เศรษฐกิจเป็นปัจจัยจำกัด เนื่องจากขาดข้อมูลเชิงพื้นที่และยากต่อการบูรณาการของข้อมูลทั้งสอง (Veldkamp and Lambin, 2001) สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ใช้เพียงปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมเป็นตัวแปรขับเคลื่อน (Driver variable) ได้แก่ ระดับความสูง ความลาดชัน ระยะทางจากแหล่งน้ำ และระยะทางจากพื้นที่ชุมชนและที่อยู่อาศัย ดังแสดงในรูปที่ 8.2-1



รูปที่ 8.2-1 ตัวแปรขับเคลื่อน (Driver variable) สำหรับวิเคราะห์ศักยภาพของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

8.3 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคต

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคตในแบบจำลอง Land Change Modeler (LCM) ใช้หลักการ Markov Chain ในการกำหนดปีที่ต้องการทราบ เพื่อหารูปแบบ และอัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งกระบวนการของ Markov Chain ต้องทราบสัดส่วนของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use proportion, V) อย่างน้อย 2 ช่วงระยะห่างกันพอประมาณ แล้วพิจารณาความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (probability, P) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินรูปแบบต่างๆ จากเวลาหนึ่งไปอีกช่วงหนึ่ง (ธีรวัฒน์ และคณะ, 2556) และใช้ข้อมูลแผนที่ศักยภาพสำหรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นที่ได้จาก MLP มาใช้ในการคำนวณเป็นแผนที่คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคต ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ทำการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตโดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลาๆ ละ 20 ปี ได้แก่ พ.ศ. 2563 – 2582 (ค.ศ. 2020 – 2039), พ.ศ. 2583 – 2602 (ค.ศ. 2040 – 2059), พ.ศ. 2603 – 2622 (ค.ศ. 2060 – 2079) และ พ.ศ. 2623 – 2642 (ค.ศ. 2080 – 2099) ได้ผลการคาดการณ์ดังรูปที่ 8.3-1 และตารางที่ 8.3-1 ซึ่งพบว่า

- การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ประเภทข้าว (RICE) จะมีพื้นที่ลดลงมากที่สุดและมีแนวโน้มที่จะลดลงมากขึ้นเรื่อยๆ โดยจะลดลงเท่ากับ 19.1 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2563 – 2582) 34.2 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2583 – 2602) 48.2 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2603 – 2622) และ 61.0 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2623 – 2642)

- รองลงมาคือการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่อื่นๆ (MISC) จะมีพื้นที่ลดลงและมีแนวโน้มที่จะลดลงมากขึ้นเรื่อยๆ เช่นเดียวกัน โดยจะลดลงเท่ากับ 19.5 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2563 – 2582) 28.5 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2583 – 2602) 34.1 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2603 – 2622) และ 37.5 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2623 – 2642)

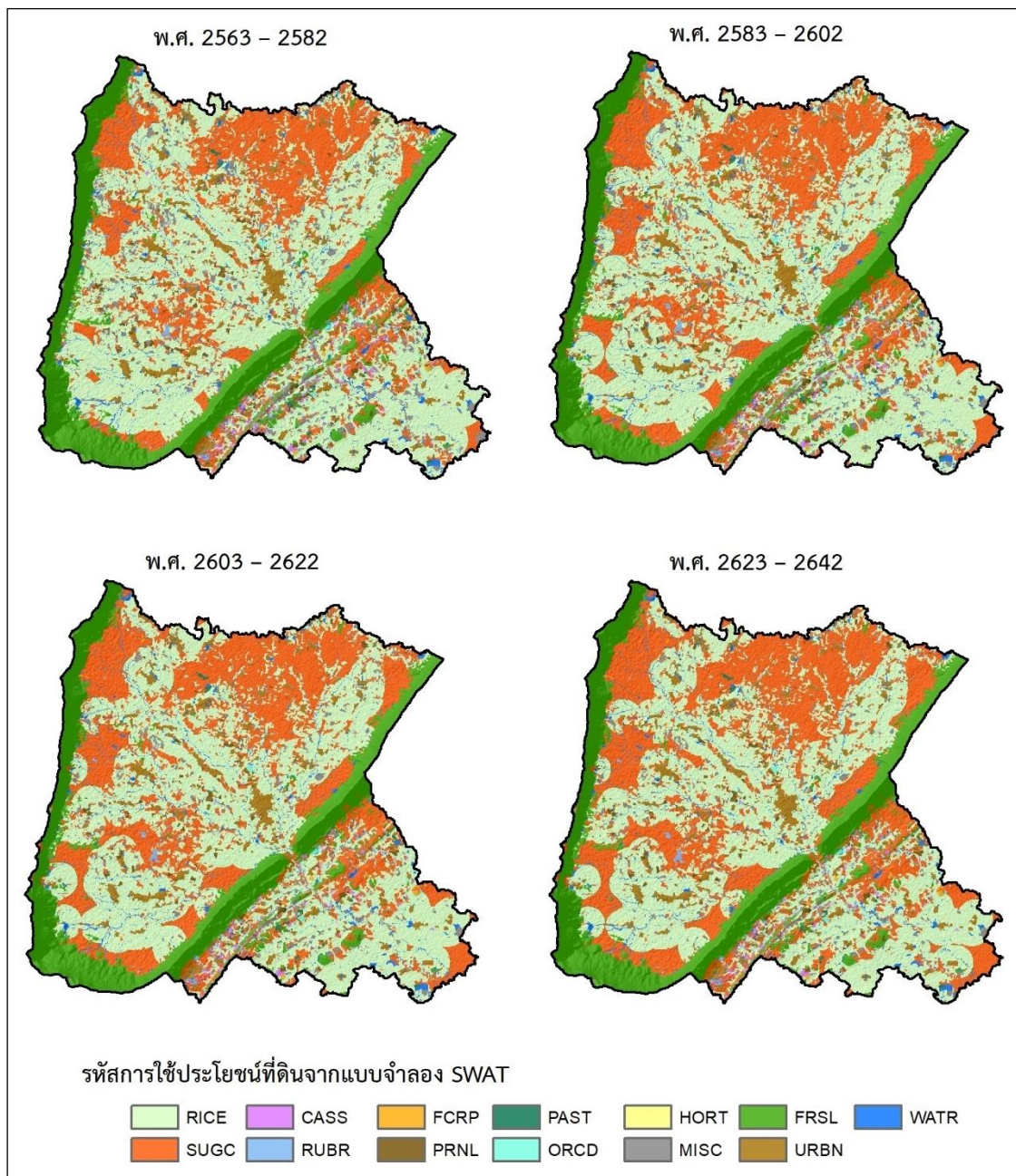
- ในขณะที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอ้อย (SUGC) จะมีพื้นที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยจะเพิ่มขึ้นเท่ากับ 43.4 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2563 – 2582) 70.2 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2583 – 2602) 91.2 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2603 – 2622) และ 107.9 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2623 – 2642)

- รองลงมาคือการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย (URBN) จะมีพื้นที่เพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยจะเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.9 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2563 – 2582) 3.3 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2583 – 2602) 4.7 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2603 – 2622) และ 6.0 ตร.กม. (ปี พ.ศ. 2623 – 2642)

ในส่วนของการรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตประเภทอื่นๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 8.3-1

ตารางที่ 8.3-1 พื้นที่คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ด้วยแบบจำลอง Land Change Modeler (LCM)

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	รหัส	พ.ศ. 2558	พ.ศ. 2563 – 2582		พ.ศ. 2583 – 2602		พ.ศ. 2603 – 2622		พ.ศ. 2623 – 2642	
		พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (ตร.กม.)	เปลี่ยนแปลง (ตร.กม.)	พื้นที่ (ตร.กม.)	เปลี่ยนแปลง (ตร.กม.)	พื้นที่ (ตร.กม.)	เปลี่ยนแปลง (ตร.กม.)	พื้นที่ (ตร.กม.)	เปลี่ยนแปลง (ตร.กม.)
ข้าว	RICE	378.8	359.8	-19.1	344.7	-34.2	330.6	-48.2	317.8	-61.0
พืชไร่	FCRP	1.3	1.3	0.0	1.3	0.0	1.3	0.0	1.3	0.0
อ้อย	SUGC	132.5	176.0	43.4	202.7	70.2	223.7	91.2	240.5	107.9
มันสำปะหลัง	CASS	8.7	6.6	-2.1	5.5	-3.2	4.8	-3.9	4.5	-4.2
ยางพารา	RUBR	2.7	4.0	1.3	4.0	1.4	4.0	1.3	4.0	1.3
ไม้ยืนต้น	PRNL	16.6	11.6	-4.9	9.5	-7.0	8.4	-8.1	7.9	-8.6
ไม้ผล	ORCD	2.9	2.9	0.0	2.9	0.0	2.9	0.0	2.9	0.0
ทุ่งหญ้า	PAST	1.4	1.4	0.0	1.4	0.0	1.4	0.0	1.4	0.0
พื้นที่อื่นๆ	MISC	48.0	28.5	-19.5	19.5	-28.5	13.9	-34.1	10.5	-37.5
ป่าไม้	FRSL	126.4	125.4	-1.0	124.5	-2.0	123.5	-3.0	122.5	-4.0
ที่อยู่อาศัย	URBN	33.5	35.4	1.9	36.8	3.3	38.2	4.7	39.5	6.0
แหล่งน้ำ	WATR	18.5	18.5	0.0	18.5	0.0	18.5	0.0	18.5	0.0
พืชสวน	HORT	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
รวม		771.4	771.4		771.4		771.4		771.4	



รูปที่ 8.3-1 ผลลัพธ์การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตด้วยแบบจำลอง Land Change Modeler (LCM)

บทที่ 9

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต จะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในอนาคตของปริมาณฝนและอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ซึ่งข้อมูลการเปลี่ยนแปลงในอนาคตดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการจำลองสภาพปริมาณน้ำในดิน การคายระเหย และปริมาณน้ำท่า ด้วยแบบจำลอง SWAT สำหรับนำผลลัพธ์ในอนาคตที่ได้ไปคำนวณหาค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้ง รวมถึงนำไปใช้ในการจำลองสภาพผลผลิตทางการเกษตรในอนาคตด้วยแบบจำลอง SWAT โดยมีรายละเอียดของแต่ละประเด็นสำคัญดังนี้

9.1 การรวบรวมข้อมูลแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค (Regional Climate Model, RCM)

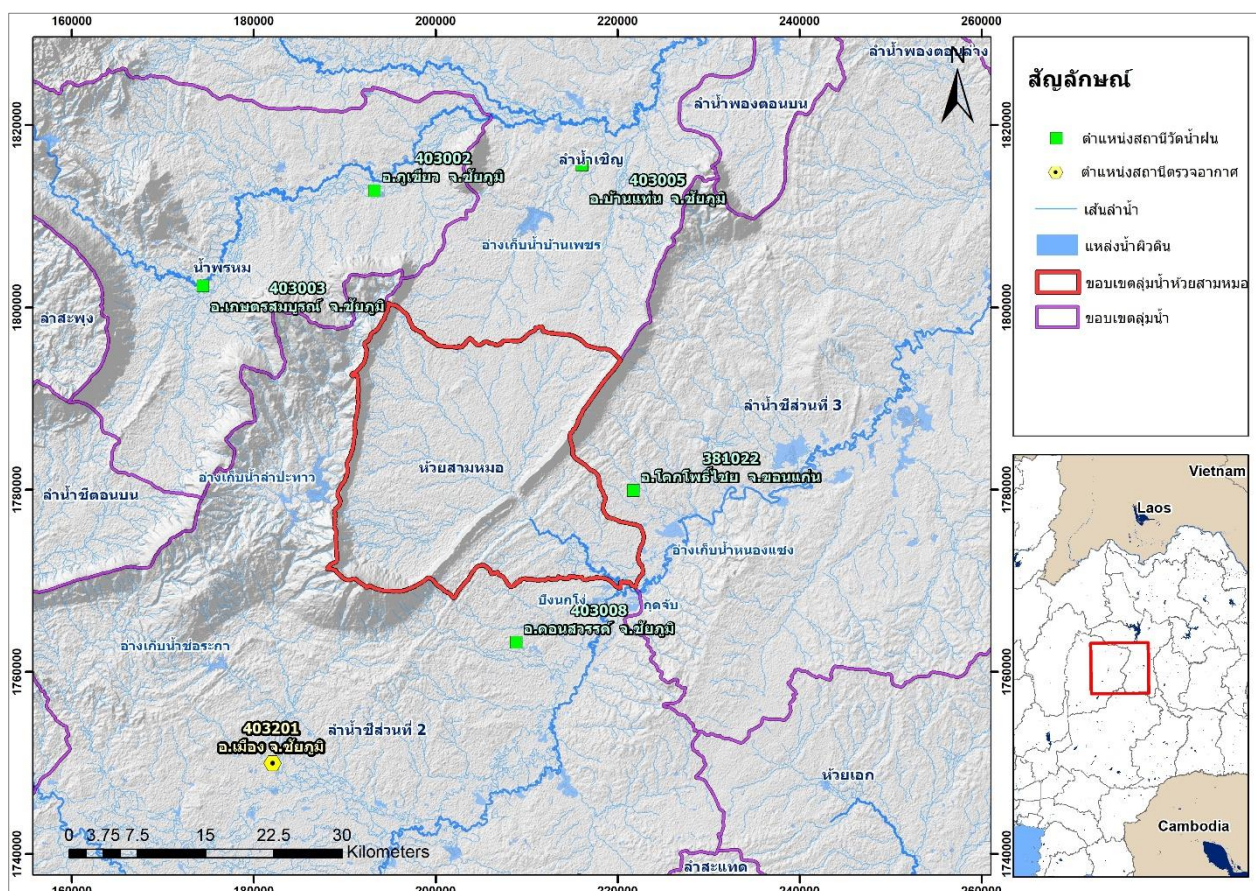
การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต จะเริ่มจากการดึงข้อมูลภูมิอากาศในอนาคตที่มีความละเอียดสูงสำหรับพื้นที่ในเขตภูมิภาคเอเชีย จากการวิจัยสร้างข้อมูลสภาพจำลองภูมิอากาศในอนาคตในโครงการ COordinated Regional climate Downscaling EXperiment (CORDEX) ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่ผ่านการย่อส่วน/ลดขนาด (Downscale) จากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (Global Climate Model, GCM) เพื่อเพิ่มความละเอียดของการแสดงผลเชิงพื้นที่ในระดับท้องถิ่น หรือ Regional Climate Model (RCM) ทั้งนี้ ข้อมูลภูมิอากาศในอนาคตจากโครงการ CORDEX จะเป็นฐานข้อมูลที่ได้จากรายงานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ฉบับที่ 5 (The IPCC's Fifth Assessment Report, AR5) ซึ่งในการศึกษานี้ได้เลือกใช้แบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCM) จำนวน 3 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลอง CNRM-CM5, EC-EARTH และ NorESM1-M และทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนและอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดภายใต้เงื่อนไขของภาพฉาย (Scenario) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบใหม่ที่เรียกว่า “Representative Concentration Pathways (RCPs)” ที่มีค่าความแตกต่างของการแผ่รังสี (Radiative force) หรือค่าพลังงานในบรรยากาศที่จะเพิ่มขึ้นเป็น 4.5 และ 8.5 วัตต์ต่อตารางเมตร (RCP 4.5 และ RCP 8.5) ซึ่งคาดการณ์ไว้ในปี ค.ศ. 2100 เทียบกับช่วงก่อนยุคอุตสาหกรรม (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558) ดังแสดงรายละเอียดของแต่ละแบบจำลองภูมิอากาศในตารางที่ 9.1-1

ตารางที่ 9.1-1 แบบจำลองภูมิอากาศสำหรับวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก

ที่	แบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCM)				แบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค (RCM)			
	แบบจำลอง	ความละเอียด (กม.)	ภาพฉาย	หน่วยงาน	ชื่อ	ความละเอียด (กม.)	ภาพฉาย	หน่วยงาน
1	CNRM-CM5	155x155	RCP 4.5	CNRM-ERFACS,	RCA4	50x50	RCP 4.5	SMHI,
			RCP 8.5	France			RCP 8.5	Sweden
2	EC-EARTH	120x120	RCP 4.5	EC-EARTH,	RCA4	50x50	RCP 4.5	SMHI,
			RCP 8.5	Europe			RCP 8.5	Sweden
3	NorESM1-M	275x210	RCP 4.5	NCC,	RCA4	50x50	RCP 4.5	SMHI,
			RCP 8.5	Norway			RCP 8.5	Sweden

9.2 การปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนด้วยเทคนิคการปรับแต่งข้อมูล (Bias correction)

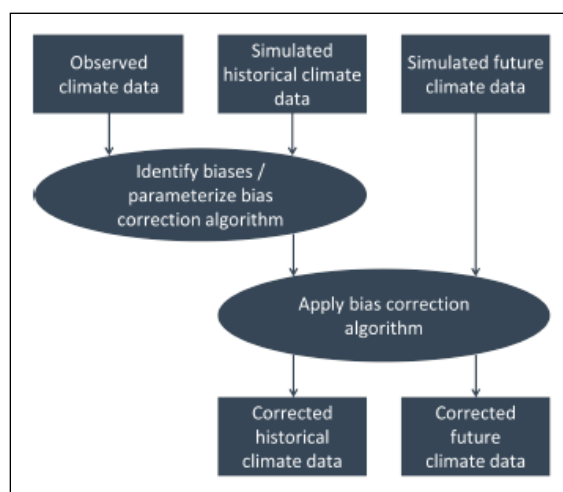
ถึงแม้ว่าแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค (RCM) จะสามารถอธิบายสภาพภูมิอากาศในระดับภูมิภาคได้ อย่างไรก็ตาม แบบจำลอง RCM ยังคงมีความผิดพลาดในการคาดการณ์รูปแบบของสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ขนาดเล็กซึ่งมีขนาดเล็กกว่าขนาดของพื้นที่ในลักษณะตาราง (Grid) อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับรายละเอียดเชิงพื้นที่ของแบบจำลอง RCM ซึ่งจะต้องมีการนำเอาค่าตัวแปรภายในตาราง (Grid) มาทำการประมวลผล (Parameterization) เพื่อรวมผลกระทบที่เกิดขึ้นภายในตาราง (Grid) (หมายเหตุ: Parameterization จะใช้ในการอธิบายกระบวนการซึ่งเกิดขึ้นใน Scale ที่มีขนาดเล็กกว่า ซึ่งไม่สามารถคำนวณได้ทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา (Spatial and temporal)) ทั้งนี้ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้เทคนิคการปรับแต่งข้อมูล (Bias correction) ด้วยแบบจำลอง CMhyd (Climate Model data for hydrologic modeling) และใช้วิธี Linear scaling ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน เพื่อให้ได้ข้อมูลภูมิอากาศที่เป็นตัวแทนของสถานีตรวจวัดในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ซึ่งประกอบไปด้วย สถานีวัดปริมาณฝน 5 สถานี และสถานีวัดอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด 1 สถานี ดังแสดงรายละเอียดแสดงในรูปที่ 9.2-1 และตารางที่ 9.2-1 โดยที่การปรับแต่งข้อมูล (Bias correction) จะอาศัยการนำเข้าสู่ข้อมูลภูมิอากาศซึ่งได้แก่ ปริมาณฝน และข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ในอดีต ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 – 2548 มาคำนวณหาค่าแฟคเตอร์รายเดือน โดยการปรับแก้ข้อมูลภูมิอากาศในแต่ละแบบจำลองภูมิอากาศในช่วงเวลาเดียวกัน (ปี พ.ศ. 2543 – 2548) ให้มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลภูมิอากาศในอดีตที่ถูกนำเข้าสู่แบบจำลอง CMhyd ด้วยวิธี Linear scaling ซึ่งรายละเอียดของขั้นตอนการปรับแต่งข้อมูล (Bias correction) ด้วยแบบจำลอง CMhyd สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 9.2-2



รูปที่ 9.2-1 ตำแหน่งของสถานีตรวจวัดน้ำฝนและอุณหภูมิที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำห้วยสามหมอกและบริเวณใกล้เคียง

ตารางที่ 9.2-1 รายละเอียดของสถานีตรวจวัดน้ำฝนและอุณหภูมิที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำห้วยสามหมอกและบริเวณใกล้เคียง

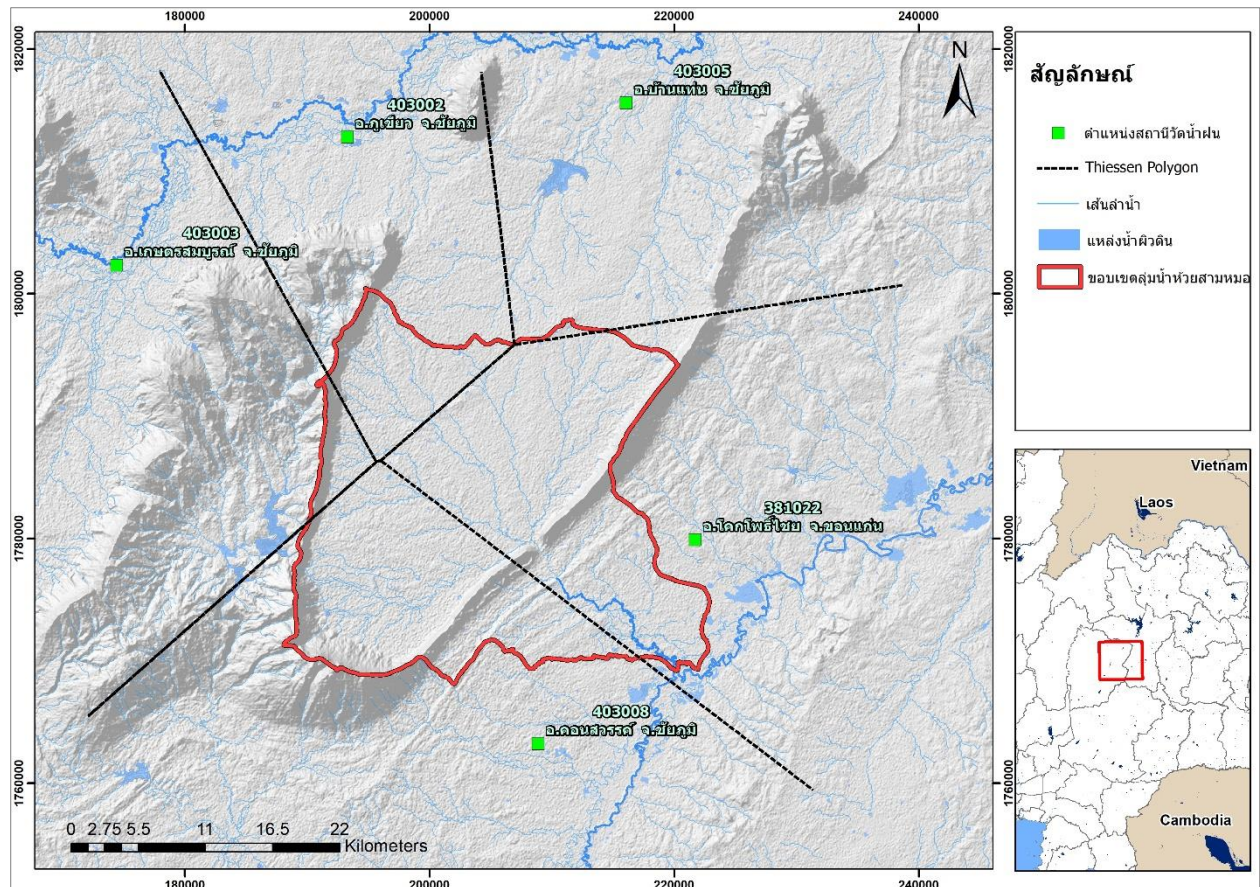
ที่	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	จังหวัด	ตำแหน่ง		หน่วยงาน
				ละติจูด	ลองจิจูด	
1	381022	อ.โคกโพธิ์ไชย	ขอนแก่น	16.09	102.40	กรมอุตุนิยมวิทยา
2	403002	อ.ภูเขียว	ชัยภูมิ	16.38	102.13	กรมอุตุนิยมวิทยา
3	403003	อ.เกษตรสมบูรณ์	ชัยภูมิ	16.28	101.95	กรมอุตุนิยมวิทยา
4	403005	อ.บ้านแท่น	ชัยภูมิ	16.41	102.34	กรมอุตุนิยมวิทยา
5	403008	อ.คอนสวรรค์	ชัยภูมิ	15.93	102.28	กรมอุตุนิยมวิทยา
6	403201	อ.เมือง	ชัยภูมิ	15.81	102.03	กรมอุตุนิยมวิทยา



รูปที่ 9.2-2 ขั้นตอนการปรับแต่งข้อมูล (Bias correction) ด้วยแบบจำลอง CMhyd

9.3 ผลลัพธ์การคาดการณ์ข้อมูลภูมิอากาศในอนาคต

หลังจากการปรับแต่งข้อมูล (Bias correction) ด้วยเครื่องมือ CMhyd จะได้ผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบของปริมาณฝนในอนาคตและอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดในอนาคต ในรูปแบบรายวัน สำหรับแต่ละแบบจำลองภูมิอากาศ (CNRM-CM5, EC-EARTH และ NorESM1-M) หลังจากนั้นจึงนำผลลัพธ์ของทั้ง 3 แบบจำลองมาคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนของทั้ง 5 สถานี ที่คัดเลือกมาสำหรับการศึกษานี้ ด้วยวิธีรูปเหลี่ยมธีเอสเซน (Thiessen Polygon) สำหรับเป็นตัวแทนของปริมาณฝนที่ตกในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ซึ่งสามารถแสดงรูปหลายเหลี่ยมของธีเอสเซนได้ดังรูปที่ 9.3-1 โดยที่วิธีของธีเอสเซนจะเกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าอัตราส่วนพื้นที่ของสถานีวัดน้ำฝนแต่ละสถานีที่มีอาณาบริเวณครอบคลุมพื้นที่รับน้ำฝนที่อยู่ล้อมรอบสถานีวัดน้ำฝนนั้นๆ ดังแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบของอัตราส่วนพื้นที่ในตารางที่ 9.3-1



รูปที่ 9.3-1 รูปหลายเหลี่ยมของธีเอสเซนที่ล้อมรอบสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำห้วยสามหมอกและบริเวณใกล้เคียง

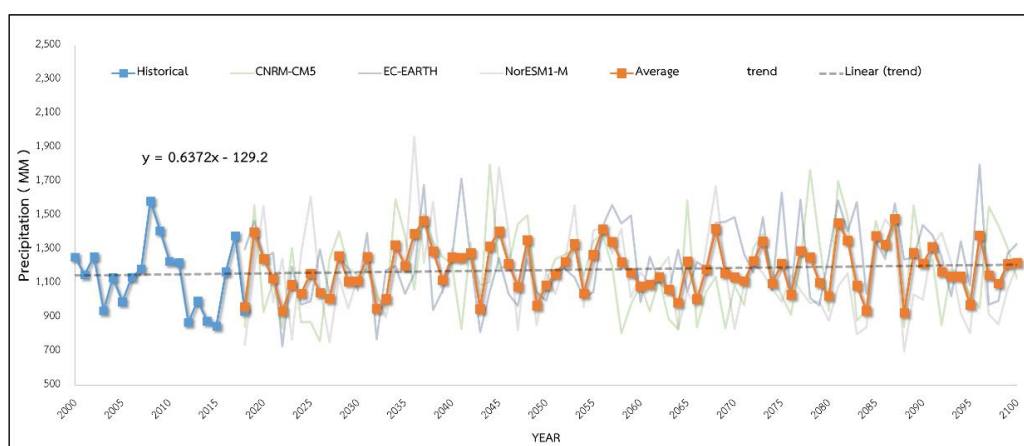
ตารางที่ 9.3-1 ค่าอัตราส่วนพื้นที่ของสถานีวัดน้ำฝนที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำห้วยสามหมอกและบริเวณใกล้เคียง ที่ครอบคลุมพื้นที่รับน้ำฝน สำหรับคำนวณปริมาณฝนเฉลี่ยด้วยวิธีของธีเอสเซน

ที่	รหัสสถานี	ชื่อสถานี	จังหวัด	อัตราส่วนพื้นที่
1	381022	อ.โคกโพธิ์ไชย	ขอนแก่น	0.479
2	403002	อ.ภูเขียว	ชัยภูมิ	0.126
3	403003	อ.เกษตรสมบูรณ์	ชัยภูมิ	0.036
4	403005	อ.บ้านแท่น	ชัยภูมิ	0.005
5	403008	อ.คอนสวรรค์	ชัยภูมิ	0.355
รวม				1.000

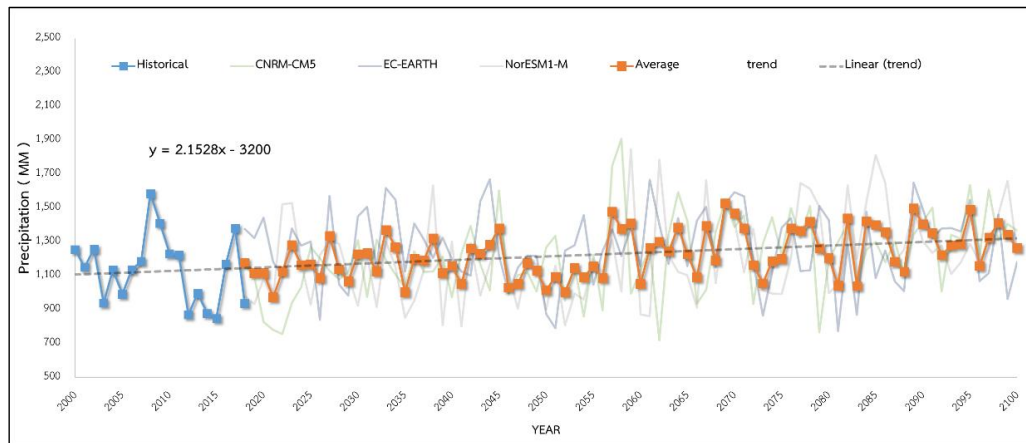
หลังจากการหาค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนที่เป็นตัวแทนของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอกทั้งในอดีตถึงปัจจุบัน และในอนาคต ผลลัพธ์ในรูปแบบของแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปี ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2642 (ค.ศ. 2000 – 2099) กรณีนี RCP 4.5 และ RCP 8.5 สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 9.3-2 และ 9.3-3 ในส่วนของอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก สำหรับการศึกษานี้ได้คัดเลือกสถานี 403201 อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ซึ่งได้ผลลัพธ์ในรูปแบบของแนวโน้มของการ

เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายปี ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2642 (ค.ศ. 2000 – 2099) กรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 แสดงได้ดังรูปที่ 9.3-4 ถึง 9.3-7

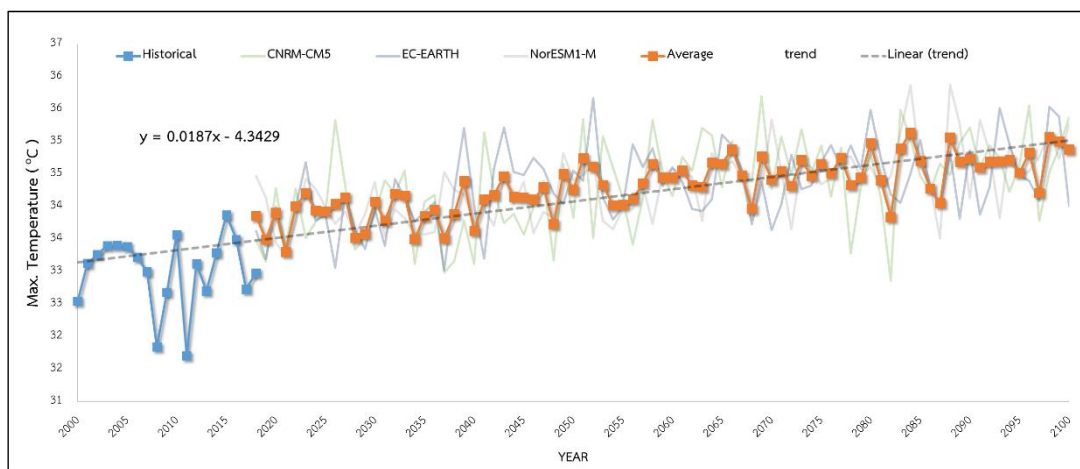
จากผลลัพธ์ในรูปของแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงรายปีพบว่า ปริมาณฝนรายปี อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปี และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปี จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากอดีตถึงอนาคต โดยที่ปริมาณฝนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณ 0.64 และ 2.15 มิลลิเมตร/ปี ตามลำดับ โดยในปี พ.ศ. 2642 (ค.ศ. 2099) ปริมาณฝนรายปีกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบันโดยเฉลี่ยประมาณ 51.84 และ 174.15 มิลลิเมตร ในแง่ของอุณหภูมิสูงสุดกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.019 °C/ปี และ 0.037 °C/ปี ตามลำดับ ในขณะที่ปี พ.ศ. 2642 (ค.ศ. 2099) อุณหภูมิสูงสุดกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบันโดยเฉลี่ยประมาณ 1.54 °C และ 3.00 °C ตามลำดับ ในส่วนของอุณหภูมิต่ำสุดกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณ 0.024 °C/ปี และ 0.047 °C/ปี ตามลำดับ และส่งผลในอนาคต ปี พ.ศ. 2642 (ค.ศ. 2099) อุณหภูมิต่ำสุดกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบันโดยเฉลี่ยประมาณ 1.94 °C และ 3.81 °C ตามลำดับ ทั้งนี้ ผลลัพธ์การคาดการณ์ข้อมูลภูมิอากาศในอนาคตที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สอดคล้องกับผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ระบุว่าปริมาณฝนรายปี อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปี และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปี จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากอดีตถึงอนาคต โดยพิจารณาจากค่า p-value ที่มีค่าน้อยกว่า 0.05 และค่า t-stat ที่มีค่ามากกว่า 1.96 ซึ่งสนับสนุนตามสมมติฐาน ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (ที่ความเชื่อมั่น 95%) (น้ำทิพย์ และคณะ, 2562 และ จันทร์เพ็ญ และคณะ, 2562) สำหรับทั้งกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5



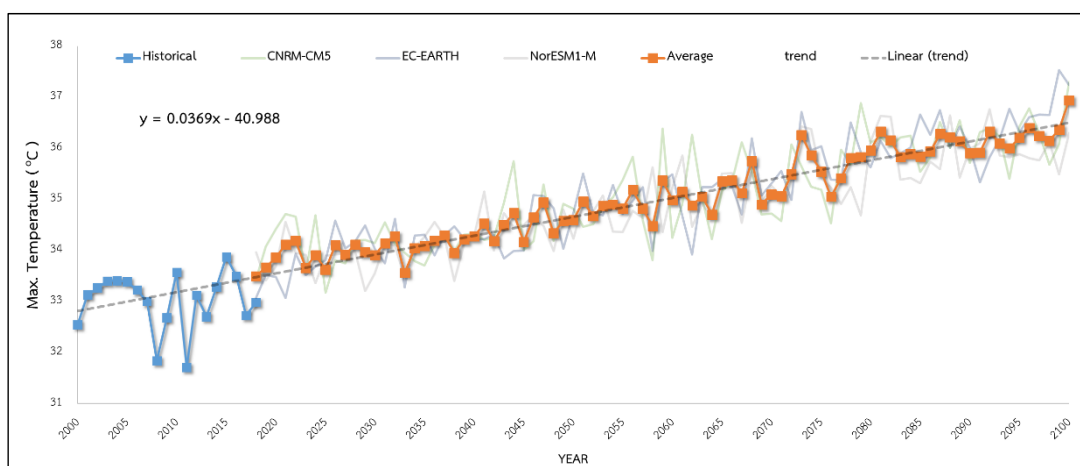
รูปที่ 9.3-2 แนวโน้มปริมาณฝนรายปีของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก จากอดีตถึงอนาคต ช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2642 (ค.ศ. 2000 – 2099) กรณี RCP 4.5



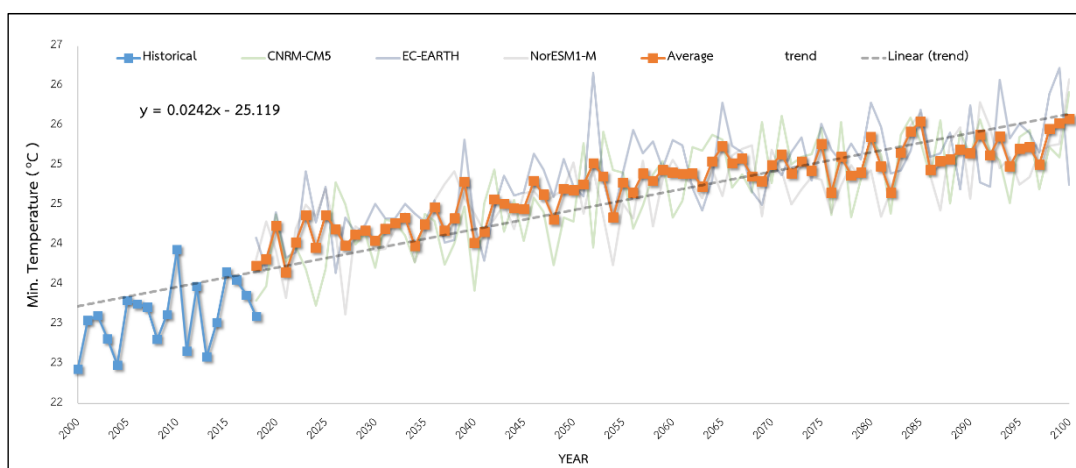
รูปที่ 9.3-3 แนวโน้มปริมาณฝนรายปีของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอ จากอดีตถึงอนาคต ช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2642 (ค.ศ. 2000 – 2099) กรณี RCP 8.5



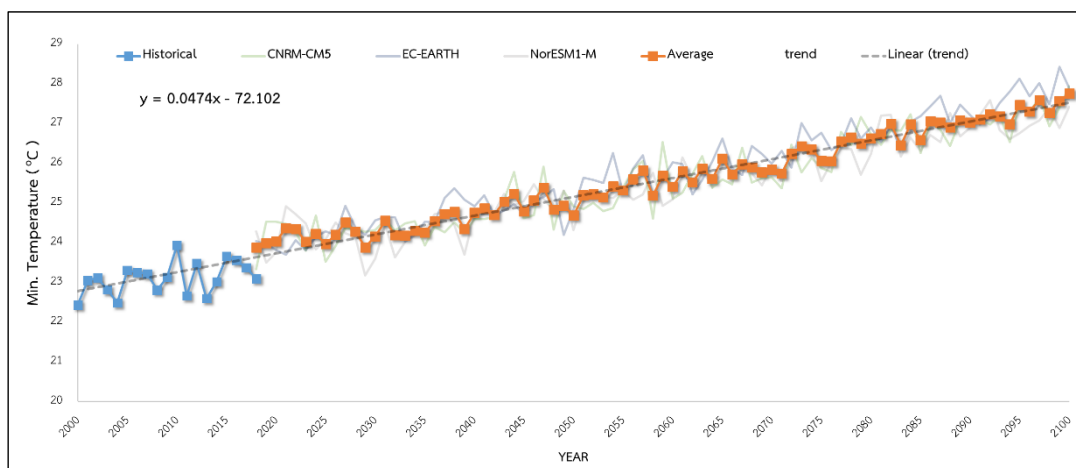
รูปที่ 9.3-4 แนวโน้มอุณหภูมิสูงสุดรายปีของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอ จากอดีตถึงอนาคต ช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2642 (ค.ศ. 2000 – 2099) กรณี RCP 4.5



รูปที่ 9.3-5 แนวโน้มอุณหภูมิสูงสุดรายปีของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอ จากอดีตถึงอนาคต ช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2642 (ค.ศ. 2000 – 2099) กรณี RCP 8.5

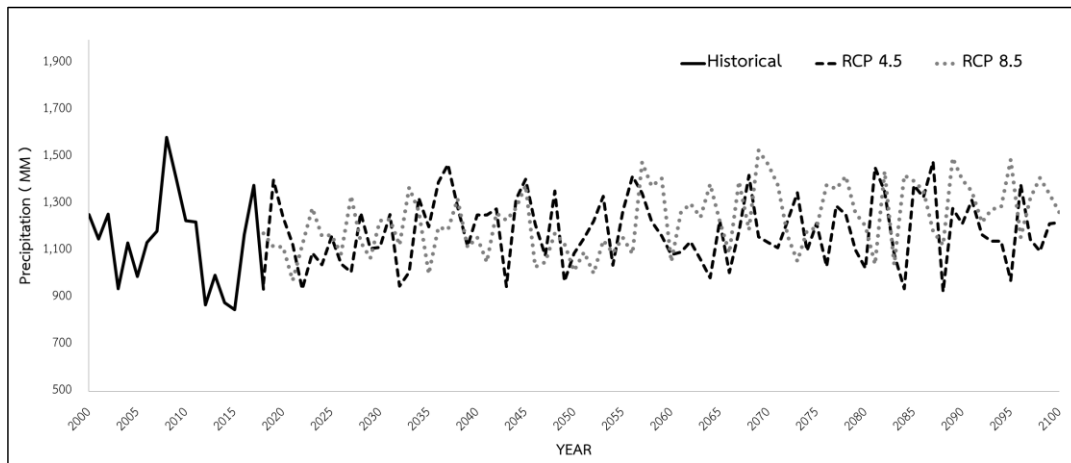


รูปที่ 9.3-6 แนวโน้มอุณหภูมิต่ำสุดรายปีของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก จากอดีตถึงอนาคต ช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2642 (ค.ศ. 2000 – 2099) กรณี RCP 4.5

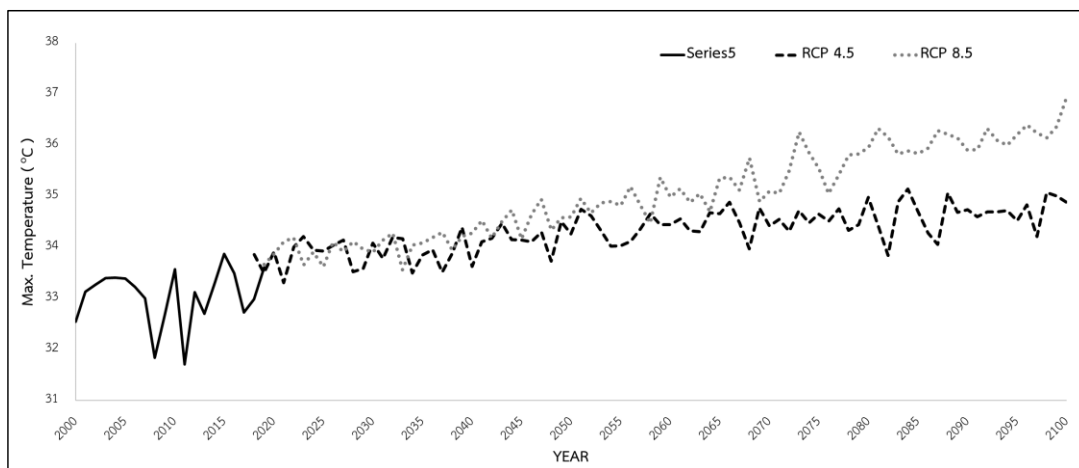


รูปที่ 9.3-7 แนวโน้มอุณหภูมิต่ำสุดรายปีของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก จากอดีตถึงอนาคต ช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2642 (ค.ศ. 2000 – 2099) กรณี RCP 8.5

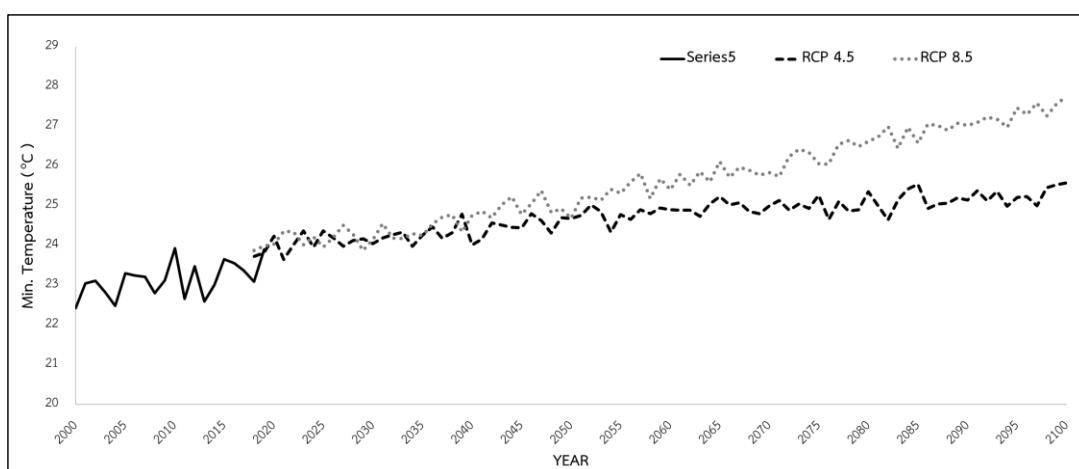
นอกจากนี้เมื่อพิจารณาโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนรายปีและอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายปี กรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 ของทั้ง 3 แบบจำลองภูมิอากาศ พบว่า แนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในอนาคต กรณี RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณี RCP 4.5 ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 9.3-8 เช่นเดียวกับแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยรายปีในอนาคต กรณี RCP 8.5 ซึ่งจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณี RCP 4.5 ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 9.3-9 และ 9.3-10



รูปที่ 9.3-8 แนวโน้มปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอ จากอดีตถึงอนาคต ช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2642 (ค.ศ. 2000 – 2099) ภาวะ RCP 4.5 และ RCP 8.5



รูปที่ 9.3-9 แนวโน้มอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปีของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอ จากอดีตถึงอนาคต ช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2642 (ค.ศ. 2000 – 2099) ภาวะ RCP 4.5 และ RCP 8.5



รูปที่ 9.3-10 แนวโน้มอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอ จากอดีตถึงอนาคต ช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2642 (ค.ศ. 2000 – 2099) ภาวะ RCP 4.5 และ RCP 8.5

บทที่ 10

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้ง

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งจะใช้ผลลัพธ์ในรูปของปริมาณความชื้นในดิน การคายระเหย และปริมาณน้ำท่า ที่คำนวณด้วยแบบจำลอง SWAT โดยที่ค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งที่จะถูกนำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้ จะประกอบด้วยค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้ง 4 ด้าน คือ 1) ด้านอุตุนิยมวิทยา (Meteorological drought) 2) ด้านการเกษตร (Agricultural drought) 3) ด้านอุทกวิทยา (Hydrological drought) และ 4) ด้านภัยแล้งรวม (Aggregate drought) โดยมีรายละเอียดของการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งแต่ละด้านดังนี้

10.1 ดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านอุตุนิยมวิทยา (Meteorological drought)

ดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านอุตุนิยมวิทยา จะเกี่ยวข้องกับความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นจากสภาพฝนทิ้งช่วง หรือมีฝนตกน้อยกว่าระดับที่กำหนด (Threshold) โดยช่วงเวลาที่เกิดความแห้งแล้ง (Period of drought) จะพิจารณาจากจำนวนวันที่มีฝนตกน้อยกว่าระดับที่กำหนด ทั้งนี้ ความแห้งแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยาจะเป็นจุดเริ่มต้นของปัญหาความแห้งแล้งประเภทอื่นๆ ซึ่งจะเกิดขึ้นตามมา สำหรับการวิจัยนี้ได้เลือกใช้ดัชนีความเสี่ยงภัยแล้ง Standardized Precipitation Evaporation Index (SPEI) สำหรับประเมินความเสี่ยงภัยแล้งด้านอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก โดยที่ดัชนี SPEI จะอาศัยหลักการสมดุลน้ำของความแตกต่างระหว่างปริมาณฝนกับค่าศักยภาพการคายระเหย (PET) ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAT ซึ่งค่าดัชนี SPEI ที่แตกต่างกันสำหรับช่วงเวลาต่างๆ จะแสดงให้เห็นถึงค่าสมดุลน้ำสะสมในช่วงเวลา n เดือนก่อนหน้า และจะมีค่าอยู่ระหว่าง -2 ถึง +2 โดยสามารถจำแนกระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPEI ได้ดังตารางที่ 10.1-1

ตารางที่ 10.1-1 การจำแนกค่าดัชนีชี้วัดภัยแล้ง SPEI

ค่า SPEI	ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้ง
-2.00 ลงไป	แห้งแล้งเข้าขั้นวิกฤติ (Extreme)
-1.50 – -1.99	แห้งแล้งรุนแรง (Severe)
-1.00 – -1.49	แห้งแล้งปานกลาง (Moderate)
0.00 – -0.99	แห้งแล้งไม่มาก (Near normal or mild)
0.00 ขึ้นไป	ไม่เกิดความแห้งแล้ง (No drought)

ที่มา: Ng (2019)

10.2 ดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านการเกษตร (Agricultural drought)

ดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านการเกษตร เป็นความแห้งแล้งซึ่งเป็นผลกระทบต่อเนื่องมาจากความแห้งแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา โดยความแห้งแล้งดังกล่าวจะพิจารณาถึงการเกิดฝนทิ้งช่วง ซึ่งทำให้ดินขาดความชุ่มชื้น ทั้งนี้ ความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรมจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชซึ่งมีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศที่ต่างกัน

ความต้องการใช้น้ำที่ต่างกัน รวมถึงลำดับขั้นตอนของการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งส่งผลต่อผลผลิตทางการเกษตรทั้งสิ้น สำหรับการวิจัยนี้ได้เลือกใช้ดัชนี Evapotranspiration Deficit Index (ETDI) สำหรับการคำนวณดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ซึ่งดัชนี ETDI จะขึ้นอยู่กับสถานะการขาดแคลนน้ำ (Water Stress, WS) โดยเป็นค่าสัดส่วนของผลต่างของค่าศักยภาพการคายระเหย (PET) และการคายระเหยที่เกิดขึ้นจริง (AET) ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAT (สมการที่ 10.1)

$$WS = \frac{PET - AET}{PET} \quad \dots\dots\dots (10.1)$$

โดยที่ผลลัพธ์ในรูปของสถานะการขาดแคลนน้ำ (WS) จะมีค่าเริ่มต้นจาก 0 ถึง 1 และเมื่อต้องการคำนวณค่าสถานะการขาดแคลนน้ำ (WS) ในแบบรายเดือนจะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 10.2 และ 10.3

$$WSA_{i,j} = \frac{MWS_j - WS_{i,j}}{MWS_j - \min WS_j} \times 100 \quad \text{ถ้า } WS_{i,j} \leq MWS_j \quad \dots\dots\dots (10.2)$$

$$WSA_{i,j} = \frac{MWS_j - WS_{i,j}}{\max WS_j - MWS_j} \times 100 \quad \text{ถ้า } WS_{i,j} > MWS_j \quad \dots\dots\dots (10.3)$$

เมื่อ WS คือ สถานะการขาดแคลนน้ำ
 MWS_j คือ ค่ามัธยฐานของสถานะการขาดแคลนน้ำ (WS) ของแต่ละเดือนตลอดช่วงปีที่พิจารณา
 maxWS_j คือ ค่าสถานะการขาดแคลนน้ำ (WS) สูงสุด ของแต่ละเดือนตลอดช่วงปีที่พิจารณา
 minWS_j คือ ค่าสถานะการขาดแคลนน้ำ (WS) ต่ำสุด ของแต่ละเดือนตลอดช่วงปีที่พิจารณา
 i, j คือ ปีและเดือน ตามลำดับ

จากสมการที่แสดงข้างต้นจะทำให้ได้ค่าสถานะการขาดแคลนน้ำ (WS) มีค่าอยู่ระหว่าง -100 ถึง +100 ในแต่ละเดือน ซึ่งจะแสดงถึงสถานะความเสี่ยงภัยแล้งสำหรับการเกษตรมากที่สุดถึงสถานะที่ไม่มีความเสี่ยงภัยแล้งเลย ดังนั้นเพื่อเป็นการปรับช่วงของค่าดัชนี WS ให้อยู่ระหว่าง -2 ถึง +2 เช่นเดียวกับค่าดัชนี SPEI ซึ่งจะทำให้สามารถใช้เกณฑ์การจำแนกระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งดังตารางที่ 10.1-1 จึงจำเป็นต้องทำการปรับแก้สมการคำนวณค่าดัชนี ETDI ด้วยสมการที่ 10.4 (Trambauer et al., 2014)

$$ETDI_j = 0.5 ETDI_{j-1} + \frac{WSA_j}{100} \quad \dots\dots\dots (10.4)$$

10.3 ดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านอุทกวิทยา (Hydrological drought)

ดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านอุทกวิทยา เป็นความแห้งแล้งที่เกิดจากช่วงฤดูการที่มีปริมาณฝนตกน้อยหรือไม่มีฝนตก ซึ่งส่งผลให้ระดับน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน (น้ำในแม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ และน้ำใต้ดิน) ลดระดับลง โดยที่ความแห้งแล้งดังกล่าวจะพิจารณาในเชิงลุ่มน้ำ เนื่องจากเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างซ้ำๆ และมีลักษณะที่แตกต่างจากความแห้งแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยาและความแห้งแล้งเชิงเกษตรกรรม

สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ดัชนี Standardized Runoff-discharge Index (SRI) สำหรับการคำนวณดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านอุทกวิทยา ซึ่งดัชนี SRI จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำท่าในแต่ละลุ่มน้ำที่พิจารณาที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAT ในส่วนของการจำแนกระดับความเสี่ยงภัยแล้งจะใช้เกณฑ์เดียวกันกับกรณีดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านอุทกนิยมิวิทยา (ดัชนี SPEI) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 10.1-1

10.4 ดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านภัยแล้งรวม (Aggregate drought)

การคำนวณดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านภัยแล้งรวม (Aggregate Drought Index, ADI) จะเกี่ยวข้องกับการหาผลรวมของดัชนีภัยแล้งทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านอุทกนิยมิวิทยา (Meteorological drought) ด้านการเกษตร (Agricultural drought) และด้านอุทกวิทยา (Hydrological drought) โดยการนำปริมาณฝน การคายระเหย ความชื้นในดิน และปริมาณน้ำท่า มาพิจารณาร่วมกันโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis, PCA) โดยที่วิธี PCA จะสร้าง Matrix ความสัมพันธ์แบบสมมาตร ($p \times p$; เมื่อ p คือ จำนวนของตัวแปรที่นำมาพิจารณา) ระหว่างค่า z-score ของตัวแปรที่นำเข้า ซึ่งผลลัพธ์ของการวิเคราะห์จะทำให้ได้ค่าดัชนี ADI โดยมีเกณฑ์การจำแนกระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งแสดงได้ดังตารางที่ 10.4-1

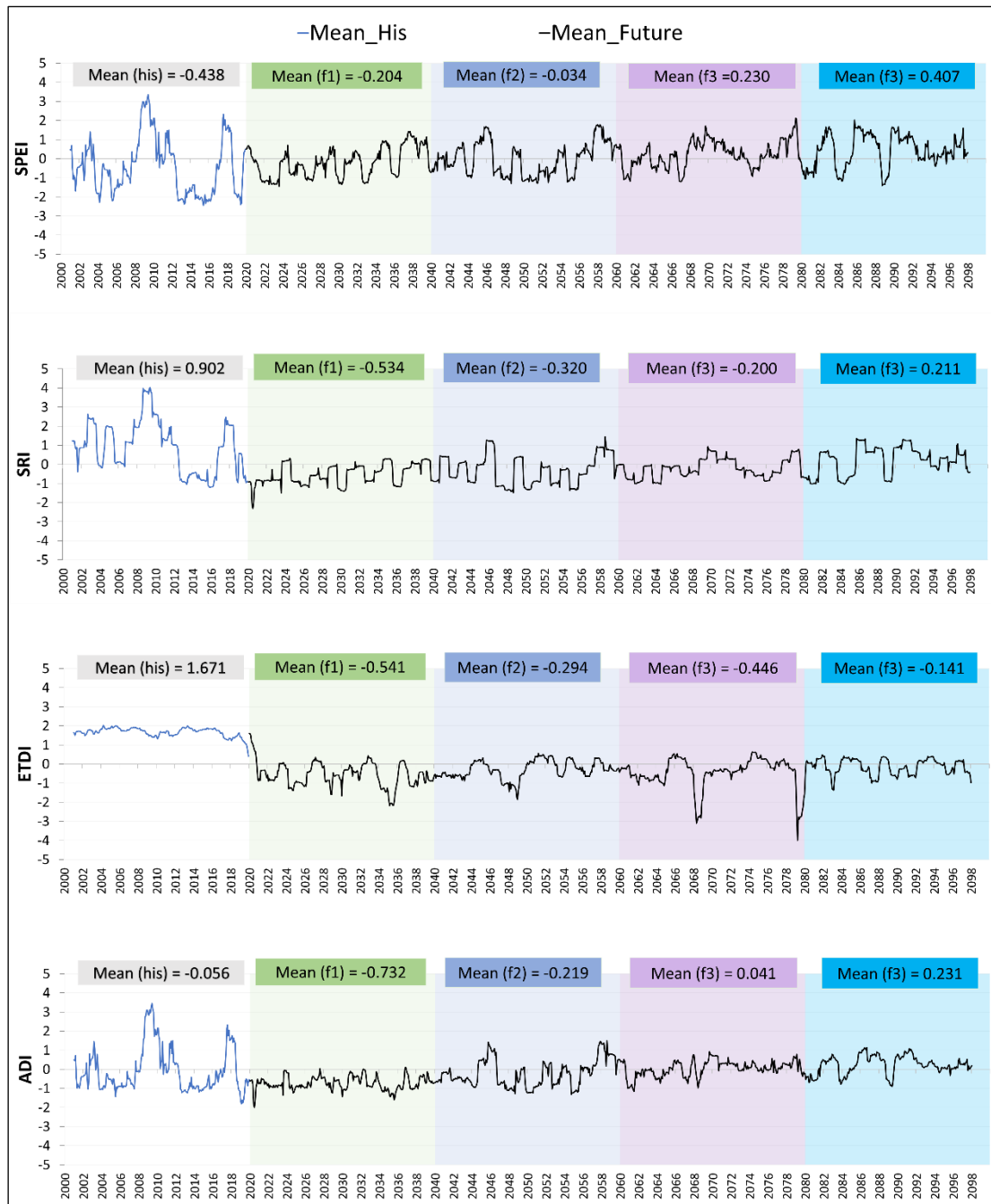
ตารางที่ 10.4-1 การจำแนกค่าดัชนีชี้วัดภัยแล้ง ADI

ค่า ADI	ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้ง
-1.70 ลงไป	แห้งแล้งเข้าขั้นวิกฤติ (Extreme)
-1.69 – -1.41	แห้งแล้งรุนแรง (Severe)
-1.40 – -0.96	แห้งแล้งปานกลาง (Moderate)
-0.95 – -0.92	แห้งแล้งไม่มาก (Near normal or mild)
0.92 ขึ้นไป	ไม่เกิดความแห้งแล้ง (No drought)

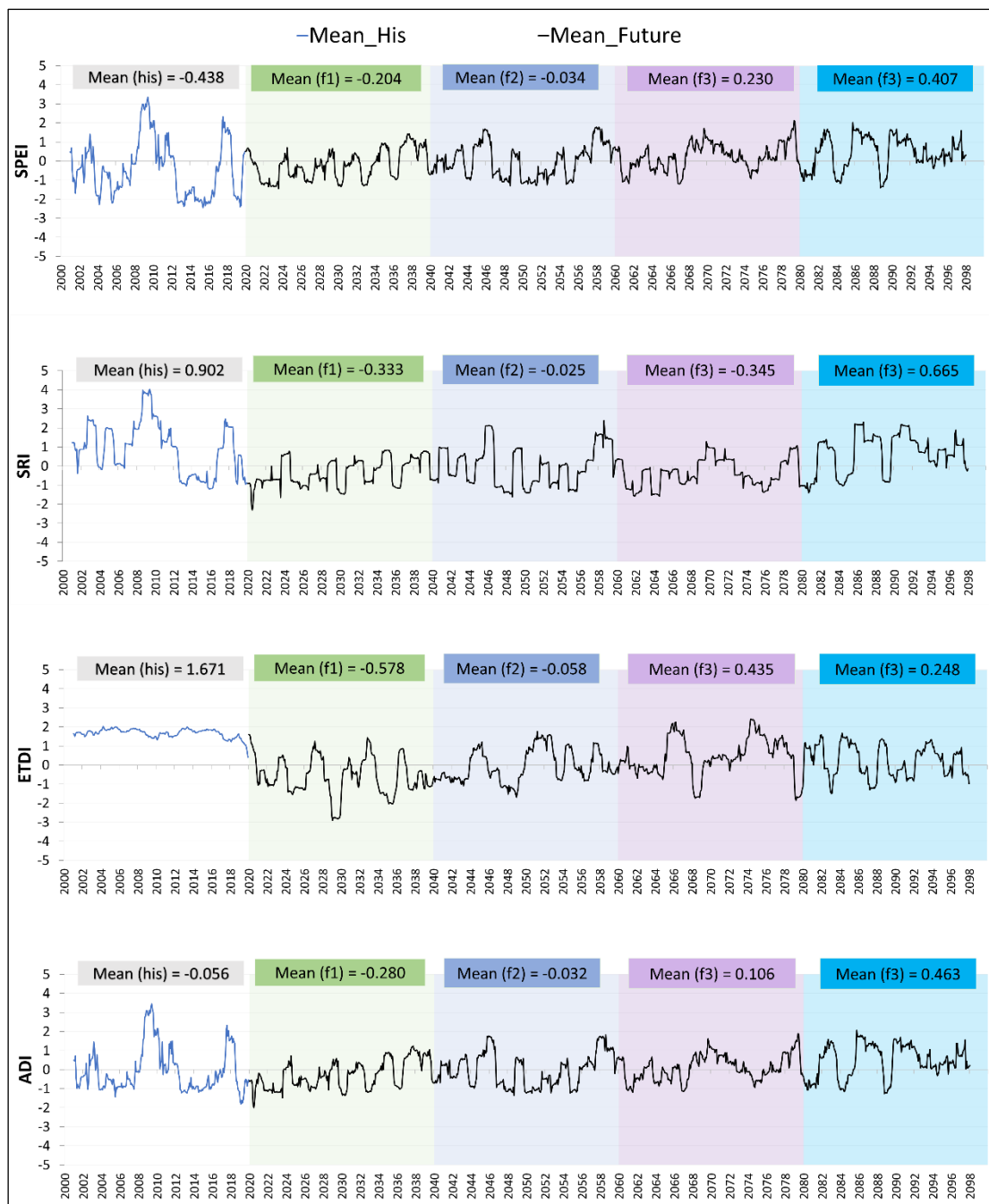
ที่มา: Bayissa et al. (2018)

10.5 ผลลัพธ์การคำนวณดัชนีภัยแล้งทั้ง 4 ด้าน

จากการคำนวณค่าดัชนีภัยแล้งทั้ง 4 ด้าน ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ได้ผลลัพธ์ในรูปของค่าดัชนีภัยแล้งดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 10.5-1 และ 10.5-2 ซึ่งเป็นค่าดัชนีภัยแล้งรายเดือนในแต่ละด้านของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกในกรณีไม่มีและมีแผนพัฒนาแหล่งน้ำ โดยที่หากพิจารณาจากผลลัพธ์ดังกล่าวจะพบว่าในอนาคตค่าดัชนีภัยแล้งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ดังจะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยของดัชนี SPEI, SRI, ETDI, และ ADI ทุกๆช่วงเวลา 20 ปี (ปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602, 2603 – 2622 และ 2623 – 2642) ที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคต ทั้งในกรณีไม่มีและมีแผนพัฒนาแหล่งน้ำ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกจะมีแนวโน้มของการเกิดภัยแล้งลดลงในอนาคต



รูปที่ 10.5-1 ค่าดัชนีภัยแล้งรายเดือนในแต่ละด้านของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก
กรณีไม่มีแผนพัฒนาแหล่งน้ำ

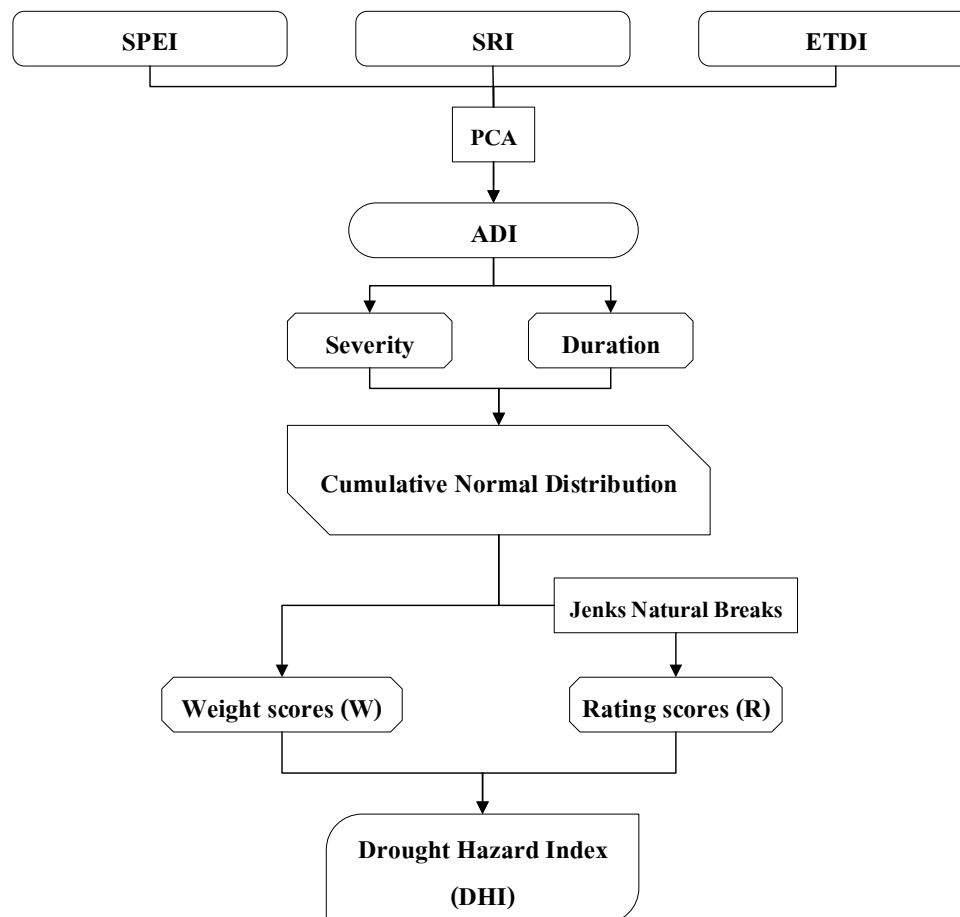


รูปที่ 10.5-2 ค่าดัชนีภัยแล้งรายเดือนในแต่ละด้านของพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก
กรณีมีแผนพัฒนาแหล่งน้ำ

10.6 การวิเคราะห์ดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (Drought Hazard Index, DHI)

ดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (Drought Hazard Index, DHI) สำหรับการวิจัยนี้ จะอาศัยผลลัพธ์ในรูปของค่าดัชนีภัยแล้ง SPEI, ETDI และ SRI แบบรายเดือน มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี PCA เพื่อคำนวณค่าดัชนีภัยแล้งรวมหรือ ADI ซึ่งดัชนี ADI ที่ได้จะประกอบด้วยระดับความรุนแรง (Severity) และระยะเวลาการเกิดภัยแล้ง (Duration) จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาโอกาสในการเกิดภัยแล้ง โดยใช้ทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติสะสม (Cumulative Normal Distribution) แล้วทำการกำหนดค่าคะแนนถ่วง

น้ำหนัก (Weight score, W) และค่าคะแนนสัดส่วน (Rating score, R) ตามช่วงของค่าดัชนี ADI และค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติสะสม โดยที่ค่าคะแนนสัดส่วนจะทำการกำหนดช่วงโดยใช้วิธี Jenks Natural Breaks Classification ดังแสดงกรอบแนวคิดของการประเมินค่าดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (DHI) ดังรูปที่ 10.6-1



รูปที่ 10.6-1 กรอบแนวคิดของการประเมินค่าดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (Drought Hazard Index, DHI)

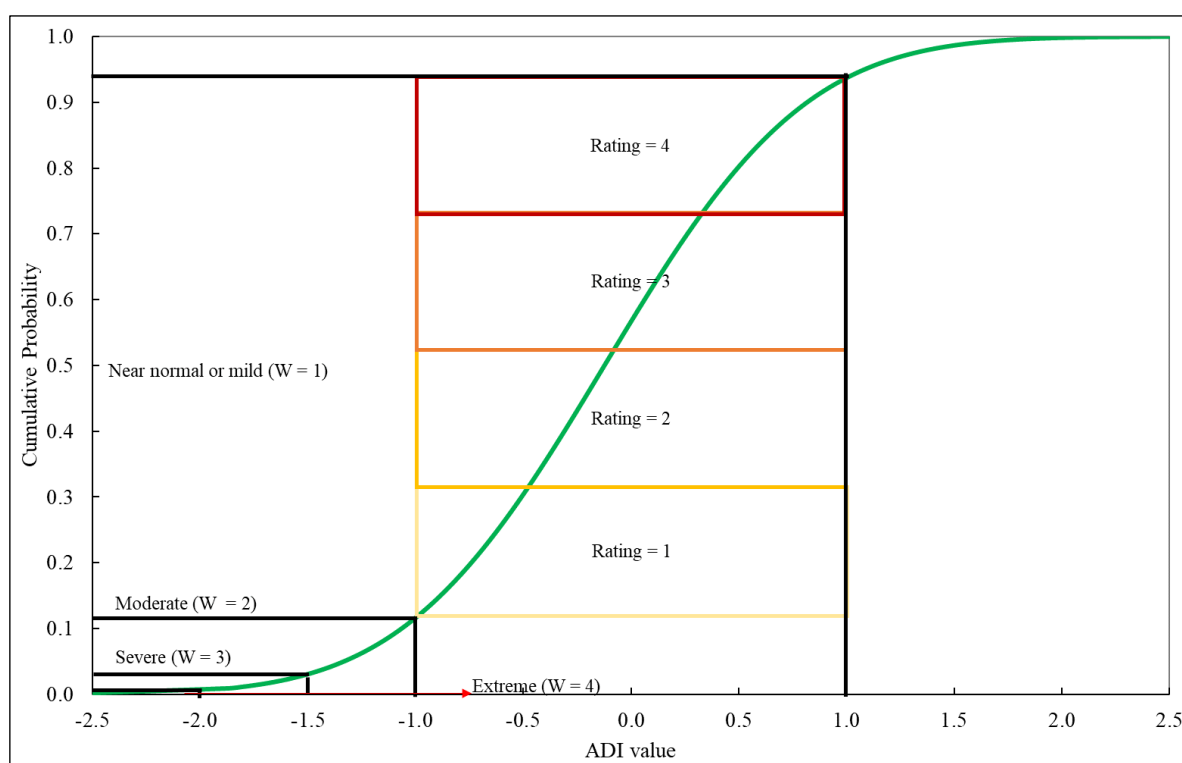
10.6.1 การกำหนดค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักและค่าคะแนนสัดส่วน

การกำหนดค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก (W) จะอาศัยเกณฑ์การวัดความแห้งแล้งของ McKee et al. (1993) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 10.6.1-1 ซึ่งจะจำแนกค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) แห้งแล้งไม่มาก (Near normal or mild, M) มีช่วงค่า SPEI อยู่ระหว่าง -0.99 ถึง 0.99 มีค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก W เท่ากับ 1 คะแนน 2) แห้งแล้งปานกลาง (Moderate, MO) มีช่วงค่า SPEI อยู่ระหว่าง -1.00 ถึง -1.49 มีค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก W เท่ากับ 2 คะแนน 3) แห้งแล้งรุนแรง (Severe, S) มีช่วงค่า SPEI อยู่ระหว่าง -1.50 ถึง -1.99 มีค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก W เท่ากับ 3 คะแนน และ 4) แห้งแล้งเข้าขั้นวิกฤติ (Extreme, E) มีช่วงค่า SPEI น้อยกว่า -2.00 เป็นต้นไป มีค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก W เท่ากับ 4 คะแนน

ตารางที่ 10.6.1-1 เกณฑ์การกำหนดค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก (W) สำหรับการประเมินดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (Drought Hazard Index, DHI)

ค่า SPEI	ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้ง	ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก
-0.99 – 0.99	แห้งแล้งไม่มาก (Near normal or mild, M)	1
-1.00 – -1.49	แห้งแล้งปานกลาง (Moderate, MO)	2
-1.50 – -1.99	แห้งแล้งรุนแรง (Severe, S)	3
-2.00 ลงไป	แห้งแล้งเข้าขั้นวิกฤติ (Extreme, E)	4

หลังจากการกำหนดค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก (W) ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการแบ่งช่วงค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักของแต่ละช่วงของค่า SPEI โดยแบ่งค่าคะแนนสัดส่วน (R) จาก 1 ถึง 4 หลังจากนั้นนำข้อมูลค่าดัชนี ADI แบบรายเดือนทั้งหมดของทุกกรณี มาทำการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นโดยใช้ทฤษฎีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติสะสม (Cumulative Normal Distribution) แล้วจึงกำหนดค่าคะแนนสัดส่วน (R) จาก 1 ถึง 4 โดยใช้หลักการจำแนกของ Jenks Natural Breaks Classification (Rajsekhar et al., 2013) ซึ่งหลังจากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นฯ สามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี ADI และ ค่า Cumulative Probability ได้ดังรูปที่ 10.6.1-1 ในขณะที่ผลการให้ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก (W) และค่าคะแนนสัดส่วน (R) โดยการวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติสะสม (Cumulative Normal Distribution) จากข้อมูลค่าดัชนี ADI สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 10.6.1-2



รูปที่ 10.6.1-1 กราฟเกณฑ์การให้ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก (W) และค่าคะแนนสัดส่วน (R) โดยการวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติสะสม (Cumulative Normal Distribution) จากข้อมูลค่า ADI

ตารางที่ 10.6.1-2 ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก (W) และค่าคะแนนสัดส่วน (R) โดยการวิเคราะห์การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติสะสม (Cumulative Normal Distribution) จากข้อมูลค่าดัชนี ADI

ค่า SPEI	ระดับความรุนแรง	คะแนนถ่วงน้ำหนัก (W)	การจัดกลุ่มค่า SPEI		คะแนนสัดส่วน (R)
			ต่ำสุด	สูงสุด	
-0.99 – 0.99	แห้งแล้งไม่มาก (M)	1	-0.99	-0.53	4
			-0.53	-0.25	3
			-0.24	0.22	2
			0.21	0.99	1
-1.00 – -1.49	แห้งแล้งปานกลาง (MO)	2	-1.49	-1.27	4
			-1.26	-1.13	3
			-1.12	-1.06	2
			-1.05	-1.00	1
-1.50 – -1.99	แห้งแล้งรุนแรง (S)	3	-1.99	-1.77	4
			-1.76	-1.70	3
			-1.69	-1.59	2
			-1.58	-1.50	1
-2.00 ลงไป	แห้งแล้งเข้าขั้นวิกฤติ (E)	4	-2.58	-2.44	4
			-2.43	-2.29	3
			-2.28	-2.15	2
			-2.14	-2.00	1

10.6.2 การคำนวณค่าดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (Drought Hazard Index, DHI)

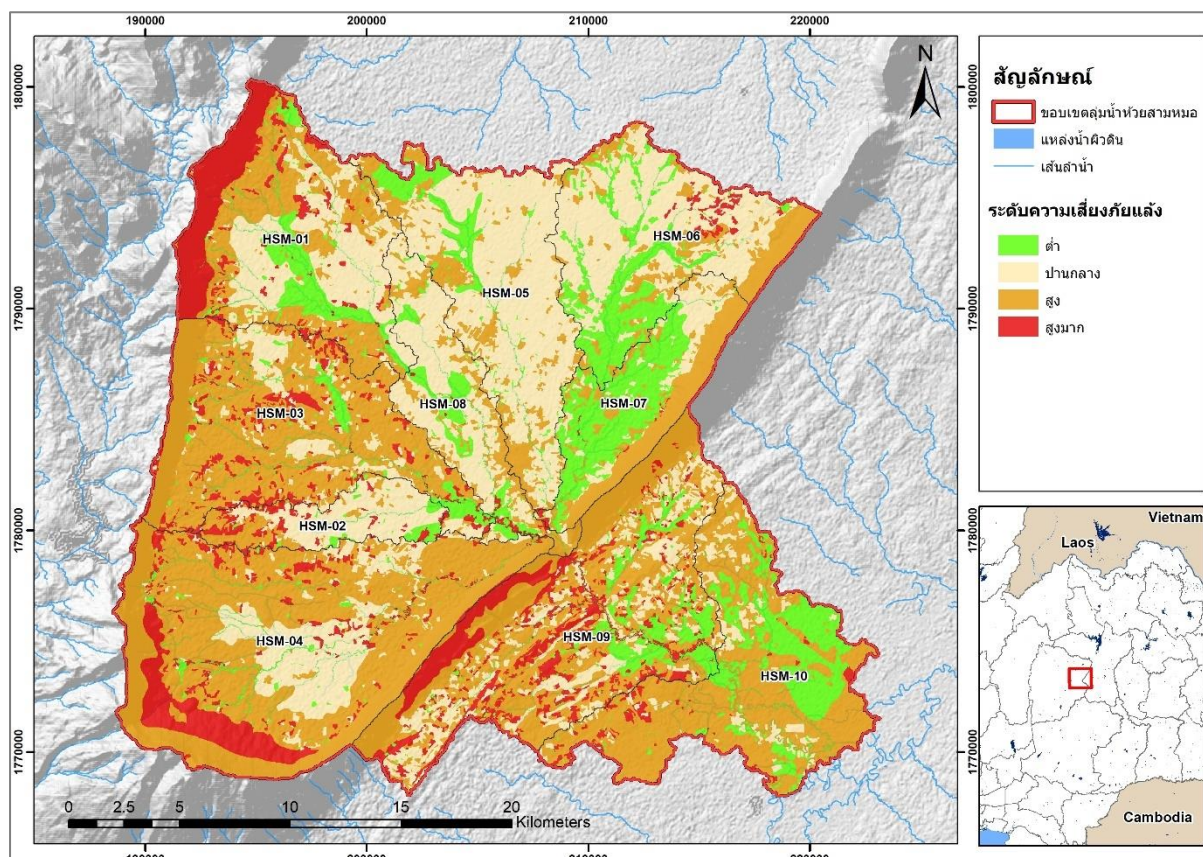
หลังจากการกำหนดค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก (W) และค่าคะแนนสัดส่วน (R) ขึ้นตอนต่อไปจะเป็นการคำนวณค่าดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (Drought Hazard Index, DHI) กรณีอดีตถึงปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2543 – 2561) และกรณีในอนาคต (ปี พ.ศ. 2563 – 2582, 2583 – 2602, 2603 – 2622 และ 2623 – 2642) โดยในแต่ละกรณีจะพิจารณาที่ช่วงเวลา (Time scale) 12 เดือน โดยใช้สมการที่ 10.5 ในการคำนวณค่าดัชนี DHI หลังจากนั้นจึงทำการกำหนดค่าดัชนี DHI ที่คำนวณได้ใหม่ และให้มีช่วงค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยอาศัยตารางที่ 10.6.2-1 ในการจำแนกระดับความรุนแรงจากภัยแล้ง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของแผนที่ดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (DHI) สำหรับแต่ละกรณีดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 10.6.2-1 และ 10.6.2-2

$$DHI = \sum_{i=1}^N W_i \times R_i \quad \dots\dots\dots (10.5)$$

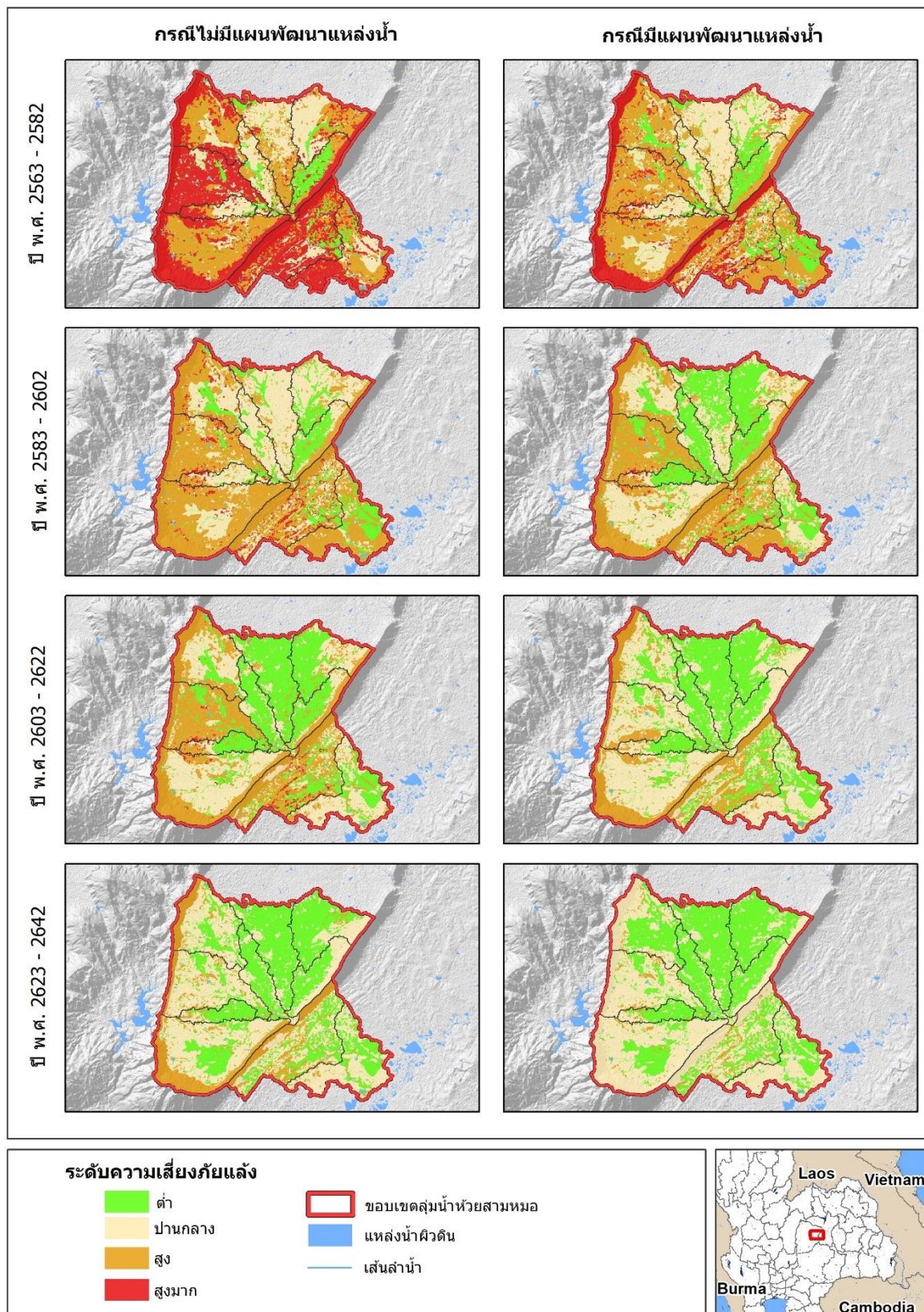
เมื่อ DHI คือ ค่าดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง
 I คือ เดือนที่ i
 N คือ จำนวนเดือนทั้งหมด
 W คือ ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก
 R คือ ค่าคะแนนสัดส่วน

ตารางที่ 10.6.2-1 การจำแนกระดับความรุนแรงจากภัยแล้ง

ค่า DHI	ระดับความรุนแรงจากภัยแล้ง
0.00 – 0.25	ต่ำ (Low)
0.25 – 0.50	ปานกลาง (Moderate)
0.50 – 0.75	สูง (High)
0.75 – 1.00	สูงมาก (Very high)



รูปที่ 10.6.2-1 แผนที่ดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (DHI) ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561)



รูปที่ 10.6.2-2 แผนที่ดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (DHI) ในอนาคตของแต่ละช่วงปี กรณีไม่มีและ มีแผนพัฒนาแหล่งน้ำ

จากผลลัพธ์ในรูปของแผนที่ดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (DHI) ในแง่ของช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

- กลุ่มน้ำห้วยหินกอง (HSM-01) พบว่าบริเวณตอนบนของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ในขณะที่บริเวณตอนกลางถึงตอนล่างของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนทางด้านทิศใต้ของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับต่ำ
- กลุ่มน้ำห้วยเซียม (HSM-02) พบว่าบริเวณตอนบนของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับสูงปะปนกับระดับสูงมาก ส่วนบริเวณตอนกลางของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับปานกลาง ในขณะที่พื้นที่ด้านล่างของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับต่ำ
- กลุ่มน้ำห้วยกลาง (HSM-03) พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับสูง โดยมีความเสี่ยงภัยแล้งระดับต่ำ ปานกลาง และสูง กระจายประปรายอยู่ทั่วพื้นที่
- กลุ่มน้ำห้วยอิดาน (HSM-04) พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับสูง ยกเว้นบริเวณตอนบนและตอนกลางของกลุ่มน้ำที่มีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับสูงมากและปานกลาง ตามลำดับ
- กลุ่มน้ำห้วยคนทา (HSM-05) พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีความเสี่ยงภัยแล้งระดับต่ำและสูง กระจายประปรายอยู่ทั่วพื้นที่
- กลุ่มน้ำห้วยใหญ่ (HSM-06) พบว่าบริเวณตอนบนของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนพื้นที่ด้านล่างของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับต่ำ
- กลุ่มน้ำห้วยตะกร้า (HSM-07) พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับต่ำ ยกเว้นบริเวณตอนบนของกลุ่มน้ำเพียงเล็กน้อยที่มีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับปานกลาง ในขณะที่บริเวณขอบด้านขวามือของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับสูง
- กลุ่มน้ำห้วยยาง (HSM-08) พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับปานกลาง ในขณะที่ตอนกลางของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับต่ำ
- กลุ่มน้ำห้วยสามหมอตตอนบน (HSM-09) พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับสูง ในขณะที่พื้นที่ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันออกเฉียงเหนือจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับสูงมากและต่ำ ตามลำดับ ปะปนอยู่
- กลุ่มน้ำห้วยสามหมอตตอนล่าง (HSM-10) พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำจะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับสูง ส่วนพื้นที่ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือที่มีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับต่ำ

ส่วนในอนาคต ช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2582 กรณีไม่มีแผนพัฒนาแหล่งน้ำ กลุ่มน้ำห้วยกลาง (HSM-03) และกลุ่มน้ำห้วยสามหมอตตอนบน (HSM-09) จะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับสูงมาก ส่วนพื้นที่ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอตตอนล่าง (HSM-10) จะอยู่ในระดับสูงมาก กรณีมีแผนฯ ระดับความเสี่ยงของกลุ่มน้ำทั้งสามจะลดลงจากสูงมากเป็นสูง ช่วงปี พ.ศ. 2583 – 2602 กรณีไม่มีแผนฯ กลุ่มน้ำห้วยอิดาน (HSM-04) จะอยู่ในระดับสูง ส่วนกรณีมีแผนฯ กลุ่มน้ำห้วยอิดานจะลดลงจากระดับสูงเป็นปานกลาง ในขณะที่กลุ่มน้ำห้วยเซียม (HSM-02) กลุ่มน้ำห้วยคนทา (HSM-05) กลุ่มน้ำห้วยใหญ่ (HSM-06) และกลุ่มน้ำห้วยยาง (HSM-08) ระดับความเสี่ยงของกลุ่มน้ำทั้งสี่จะลดลงจากปานกลางเป็นต่ำ เมื่อพิจารณาช่วงปี พ.ศ. 2603 – 2622 กรณีไม่มีแผนฯ กลุ่มน้ำห้วยกลาง (HSM-03) จะอยู่ในระดับสูง ส่วนกรณีมีแผนฯ กลุ่มน้ำห้วยกลางจะลดลงจากสูงเป็นปานกลาง ในขณะที่ช่วงปี พ.ศ. 2623 – 2642 กรณีไม่มีแผนฯ กลุ่มน้ำห้วยหินกอง (HSM-01) ส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนกรณีมีแผนฯ กลุ่มน้ำห้วยหินกองส่วนใหญ่จะลดลงจากปานกลางเป็นต่ำ

บทที่ 11

การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

การสำรวจข้อมูลภาคสนามถือว่าเป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างยิ่ง เพื่อรวบรวมและจัดทำฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลแผนพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรในอนาคต จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับความต้องการของประชาชนในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ภายใต้การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้เสียในพื้นที่ โดยข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามจะถูกนำไปใช้ประกอบการจำลองสภาพด้วยแบบจำลอง SWAT เพื่อประเมินผลผลิตทางการเกษตรและสถานการณ์ภัยแล้งในอนาคต ที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ ทั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลภาคสนาม ในรูปแบบของการสัมภาษณ์เชิงลึกจากกลุ่มเป้าหมายที่เป็นตัวแทนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ได้แก่ นายกองค์การบริหารส่วนตำบล รองปลัดเทศบาล ผู้อำนวยการกองช่าง นายช่างโยธา ผู้ช่วยนายช่างโยธา เป็นต้น จำนวนทั้งสิ้น 13 อปท. หรือ 13 ตำบล ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์จะประกอบด้วย ข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 11-1 และข้อมูลแผนพัฒนาแหล่งน้ำในอนาคตดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 11-2 และรูปที่ 11-1 ในส่วนของบรรยากาศในระหว่างการสัมภาษณ์ข้อมูลกับแต่ละ อปท. และการสำรวจแหล่งน้ำในพื้นที่ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 11-2 ถึง 11-14

ตารางที่ 11-1 ข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรที่ได้จากการสัมภาษณ์ภาคสนาม

ที่	อปท.	ผู้ให้สัมภาษณ์	ตำแหน่ง	เบอร์โทรศัพท์	ชนิดของพืช	พื้นที่เพาะปลูก (%)	ช่วงเวลาเพาะปลูก	ผลผลิตต่อไร่	ราคาขายได้ (บาท)
1	อบต.ชัยสมบูรณ์ ตำบลชัยสมบูรณ์ อำเภอโคกโพธิ์ไชย จังหวัดขอนแก่น	นายไพโรจน์ แสงโพธิ์คำ	ผู้ช่วยนายช่างโยธา	061-1382004	ข้าว (นาปี) 1.1 ข้าวเจ้า 1.2 ข้าวเหนียว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา	70 10 10 10	พ.ค. - ต.ค. ต.ค. - มิ.ย. (4 ต่อ) ต.ค. - มี.ค. และ มี.ค. - ต.ค. (2 รอบ) พ.ค. - มิ.ค.	700 - 900 กก./ไร่ (ไถหว่านสามหมอ) 250 - 300 กก./ไร่ (ไถหว่านสามหมอ) 700 - 900 กก./ไร่ (ไถหว่านสามหมอ) 250 - 300 กก./ไร่ (ไถหว่านสามหมอ) 15 - 20 ตัน/ไร่ (ไถหว่านสามหมอ) 8 - 10 ตัน/ไร่ (ไถหว่านสามหมอ) 4 ตัน/ไร่ (ไถหว่านสามหมอ) 3 ตัน/ไร่ (ไถหว่านสามหมอ)	7 บาท/กก. (ข้าวสด) 5 บาท/กก. (ข้าวสด) 700 - 800 บาท/ตัน (ราคาหน้าไร่) 900 - 1,000 บาท/ตัน (ราคาโรงงาน) 1.80 บาท/กก. 40 บาท/กก.
2	ทต.โพธิ์ไชย ตำบลโพธิ์ไชย อำเภอโคกโพธิ์ไชย จังหวัดขอนแก่น	นางขวัญชนก เรืองศรี	รองปลัดเทศบาล	098-6070535	ข้าว (นาปีและนาปรัง) - ข้าวเจ้า - ข้าวเหนียว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา	70 30 น้อยมาก น้อยมาก	พ.ค. - พ.ย. (นาปี) และ ธ.ค. - ก.พ. (นาปรัง) มี.ค. - ธ.ค./ม.ค. (3 ต่อ) - -	3 - 4 ตัน/ไร่ 8 - 12 ตัน/ไร่ - -	7 บาท/กก. 6 บาท/กก. 700 บาท/ตัน - -
3	อบต.ช่องสามหมอ ตำบลช่องสามหมอ อำเภอกอนสวรรค์ จังหวัดชัยภูมิ	นายเสกสรรค์ จอสูงเนิน	นายกองค์การบริหารส่วนตำบล	061-2238719	ข้าว (นาปี) - ข้าวเจ้า - ข้าวเหนียว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา	70 20 10 น้อยมาก	พ.ค. - พ.ย. ธ.ค. - ก.พ. (3 ต่อ) ธ.ค. - เม.ย. และ เม.ย. - ส.ค. -	400 กก./ไร่ น้อยกว่า 10 ตัน/ไร่ 1 ตัน/ไร่ -	10 บาท/กก. (ข้าวสด) 9 บาท/กก. (ข้าวสด) 500 บาท/ตัน (โรงงานตัวเอง) 1,000 บาท/ตัน (เกษตรกรตัวเอง) 2.2 บาท/กก. (หน้าโรงงาน) 1.8 - 1.9 บาท/กก. (หน้าไร่) -
4	อบต.ศรีสำราญ ตำบลศรีสำราญ อำเภอกอนสวรรค์ จังหวัดชัยภูมิ	นายธีระยุทธ ครองพวก	ผู้อำนวยการกองช่าง	098-1035287	ข้าว (นาปี) - ข้าวเจ้า - ข้าวเหนียว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -
5	อบต.ห้วยไร่ ตำบลห้วยไร่ อำเภอกอนสวรรค์ จังหวัดชัยภูมิ	นายสุเมธ คลั่งชำนาญ	ผู้อำนวยการกองช่าง	044-056135	ข้าว (นาปี) - ข้าวเจ้า - ข้าวเหนียว อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา	20 17.5 17.5 ไม่มี	พ.ค./มิ.ย. - พ.ย. พ.ย. - พ.ค./มิ.ย. พ.ค./มิ.ย. - พ.ย. พ.ย. - พ.ค./มิ.ย. พ.ค./มิ.ย. - พ.ย.	1 - 2 ตัน/ไร่ 10 - 12 ตัน/ไร่ 7 - 8 ตัน/ไร่	9 บาท/กก. (ข้าวสด), 12 บาท/กก. (ข้าวแห้ง) 800 บาท/ตัน (ราคาหน้าไร่) 900 - 1,000 บาท/ตัน (ราคาโรงงาน) 2 บาท/กก.
6	อบต.ช่องสามหมอ ตำบลช่องสามหมอ	นายณณพณ ตามพิสุกรี	นายช่างโยธา	090-2826949	ข้าว (นาปี) - ข้าวเจ้า	60	- -	- -	- -

ตารางที่ 11-1 ข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรที่ได้จากการสัมภาษณ์ภาคสนาม

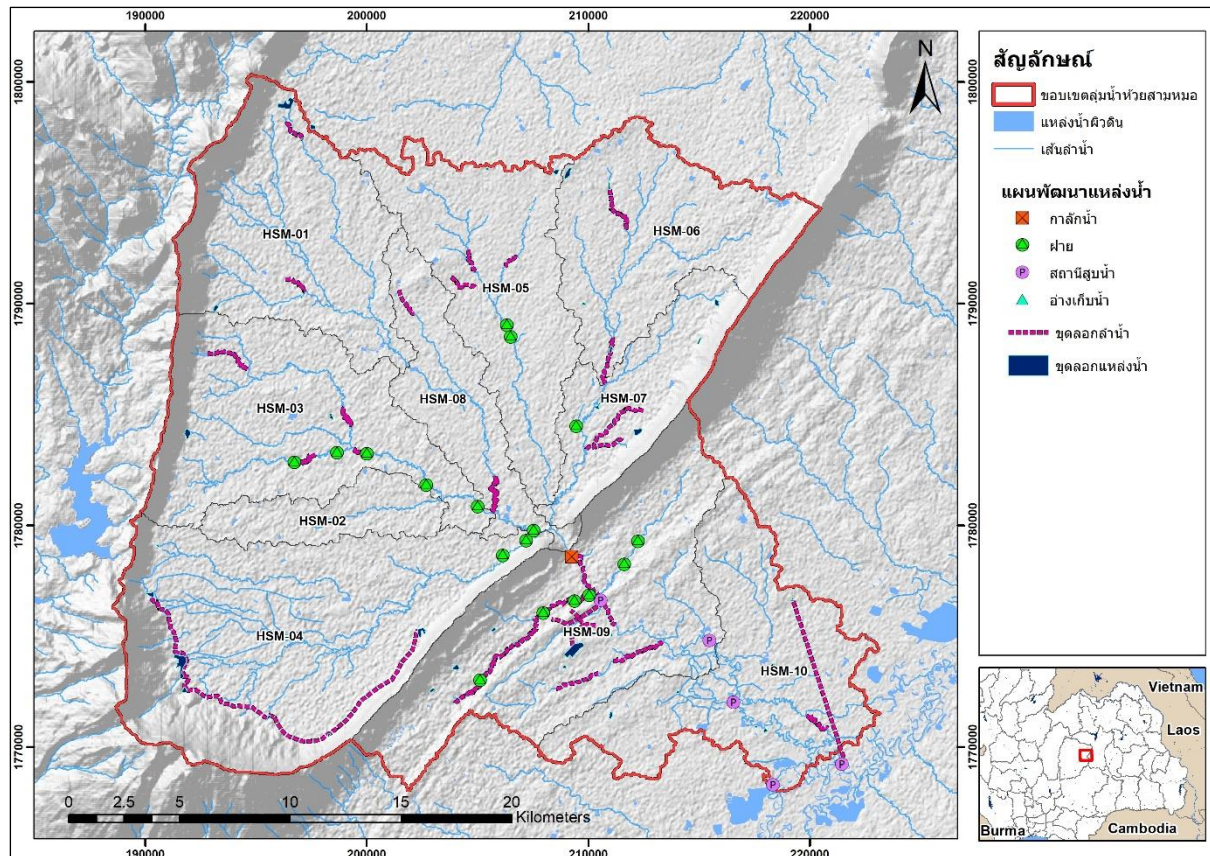
ที่	อปท.	ผู้ให้สัมภาษณ์	ตำแหน่ง	เบอร์โทรศัพท์	ชนิดของพืช	พื้นที่เพาะปลูก (%)	ช่วงเวลาเพาะปลูก	ผลผลิตต่อไร่	ราคาขายได้ (บาท)
	อำเภอแก่งศรีภูมิ จังหวัดชัยภูมิ				- ข้าวเหนียว - อ้อย - มันสำปะหลัง - ยางพารา	- 20 10 ไม่มี	- - - -	- - - -	- - - -
7	อบต.นาหนองทุ่ม ตำบลนาหนองทุ่ม อำเภอแก่งศรีภูมิ จังหวัดชัยภูมิ	นายจักรกฤษ แสงเดือน	ผู้อำนวยการกองช่าง	088-5723136	ข้าว (นาปีและนาปรัง) - ข้าวเจ้า - ข้าวเหนียว - อ้อย - มันสำปะหลัง - ยางพารา	80 คิดเป็น 50% คิดเป็น 50% 16 4 ไม่มี	พ.ค. - พ.ย. (นาปี) และ ธ.ค. - มี.ค. (นาปรัง) พ.ค. - พ.ย.	600 - 800 กก./ไร่ 10 - 15 ตัน/ไร่ 4 - 5 ตัน/ไร่	13 บาท/กก. (ข้าวสด), 17 - 18 บาท/กก. (ข้าวแห้ง) 900 บาท/ตัน (ราคาน้ำไร่) 1,300 บาท/ตัน (ราคาโรงงาน) 1 - 2 บาท/กก.
8	อบต.หนองไผ่ ตำบลหนองไผ่ อำเภอแก่งศรีภูมิ จังหวัดชัยภูมิ	นายดุสิต แก้วอาษา	นายช่างโยธา	088-4801665	ข้าว (นาปี) - ข้าวเจ้า - ข้าวเหนียว - อ้อย - มันสำปะหลัง - ยางพารา	65 คิดเป็น 40% คิดเป็น 60% 20 10 ไม่มี	ปลาย ก.ค./ต้น ส.ค. - พ.ย./ธ.ค. ก.พ./มี.ค. - เม.ย. - -	700 กก./ไร่ 1 ตัน/ไร่ 7 - 10 ตัน/ไร่ - -	6 บาท/กก. (ข้าวสด), 8 บาท/กก. (ข้าวแห้ง) 1,000 บาท/ตัน - -
9	อบต.บ้านแก้ง ตำบลบ้านแก้ง อำเภอแก่งศรีภูมิ จังหวัดชัยภูมิ	นายเชาวลิต สมแวง	ผู้อำนวยการกองช่าง	080-6165740	ข้าว (นาปี) - ข้าวเจ้า - ข้าวเหนียว - อ้อย - มันสำปะหลัง - ยางพารา	70 25 ไม่มี 2 - 3	พ.ค. - พ.ย./ธ.ค. มี.ค./เม.ย. - ม.ค./ก.พ. - -	700 - 800 กก./ไร่ 7 - 8 ตัน/ไร่ - -	6 บาท/กก. (ข้าวสด), 13 - 15 บาท/กก. (ข้าวแห้ง) 800 - 900 บาท/ตัน - -
10	อบต.หลุมคา ตำบลหลุมคา อำเภอแก่งศรีภูมิ จังหวัดชัยภูมิ	นายธวัช พลเสนา	ผู้อำนวยการกองช่าง	098-6344463	ข้าว (นาปี) - ข้าวเจ้า - ข้าวเหนียว - อ้อย - มันสำปะหลัง - ยางพารา	20 คิดเป็น 30% คิดเป็น 70% 80 ไม่มี ไม่มี	มิ.ย. - พ.ย. ปลูกตลอดทั้งปี (3 ต่อ) - -	- กก./ไร่ - กก./ไร่ - ตัน/ไร่ - กก./ไร่	บาท/กก. บาท/กก. บาท/ตัน บาท/กก.
11	ทต.ธาตุทอง ตำบลธาตุทอง อำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ	นายสุพจน์ ศิลานุกูญ	ผู้อำนวยการกองช่าง	044-131566	ข้าว (นาปี) - ข้าวเจ้า - ข้าวเหนียว - อ้อย - มันสำปะหลัง - ยางพารา	- - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
12	อบต.ตำบลหนองขาม ตำบลหนองขาม อำเภอแก่งศรีภูมิ จังหวัดชัยภูมิ	นายเชาวลิต หูชัยภูมิ	ผู้อำนวยการกองช่าง	089-4279142	ข้าว (นาปี) - ข้าวเจ้า - ข้าวเหนียว - อ้อย - มันสำปะหลัง	70 คิดเป็น 30% คิดเป็น 70% 25 5	พ.ค. - พ.ย. ม.ค./ก.พ. - ธ.ค. (4 ต่อ) ต.ค./พ.ย. - ก.ย.	- - -	950 บาท/ตัน 2.2 - 2.3 บาท/กก.

ตารางที่ 11-1 ข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรที่ได้จากการสัมภาษณ์ภาคสนาม

ที่	อปท.	ผู้ให้สัมภาษณ์	ตำแหน่ง	เบอร์โทรศัพท์	ชนิดของพืช	พื้นที่เพาะปลูก (%)	ช่วงเวลาเพาะปลูก	ผลผลิตต่อไร่	ราคาขายได้ (บาท)
					ยางพารา	ไม่มี			
13	อบต.โคกสูง ตำบลโคกสูง อำเภอแก่งศรีภูมิ จังหวัดชัยภูมิ	นายมาลัย ตอพล	ผู้อำนวยการกองช่าง	093-4499016	ข้าว (นาปี)	-	-	-	-
					- ข้าวเจ้า	-	-	-	-
					- ข้าวเหนียว	-	-	-	-
					อ้อย	-	-	-	-
					มันสำปะหลัง	-	-	-	-
					ยางพารา	-	-	-	-

ตารางที่ 11-2 ข้อมูลแผนพัฒนาแหล่งน้ำในอนาคต

ที่	โครงการในอนาคต	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด
1	ก่อสร้างสถานีสูบน้ำแม่น้ำชี โครงการพระราชดำริ	โพธิ์ไชย	โคกโพธิ์ไชย	ขอนแก่น
2	ขุดลอกห้วยกุดเวียน บ.โนนทัน หมู่ 2	โพธิ์ไชย	โคกโพธิ์ไชย	ขอนแก่น
3	แนวท่อผันน้ำโครงการพระราชดำริ	โพธิ์ไชย	โคกโพธิ์ไชย	ขอนแก่น
4	ขุดลอกหนองแก บ.มูลนาค หมู่ 10	โพธิ์ไชย	โคกโพธิ์ไชย	ขอนแก่น
5	อ่างพักน้ำโครงการพระราชดำริ	โพธิ์ไชย	โคกโพธิ์ไชย	ขอนแก่น
6	ขุดลอกลำห้วยกลาง	โคกสูง	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
7	ขุดลอกลำห้วยเขือก	โคกสูง	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
8	ขุดลอกลำห้วยตลุกหินตอนล่าง	โคกสูง	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
9	ขุดลอกห้วยป่าตอนบน จากนายนายอุดร - นายนินท์ หมู่ 1	โคกสูง	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
10	ขุดลอกห้วยแก้งคร้อ	ช่องสามหมอ	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
11	แผนผันน้ำเชื่อมโยงอ่างเก็บน้ำ	นาหนองพุ่ม	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
12	ขุดลอกลำห้วยขมิ้น	หนองไผ่	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
13	ขุดลอกลำห้วยป่า	หนองไผ่	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
14	ขุดลอกลำห้วยใหญ่	หนองไผ่	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
15	ขุดลอกห้วยยาง	หนองขาม	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
16	ขุดลอกห้วยยาง	หนองขาม	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
17	ขุดลอกลำห้วยหวาย	หลุบคา	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
18	ขุดลอกลำห้วยห้อมพอง	หลุบคา	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
19	ขุดลอกห้วยคนหา	หลุบคา	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
20	ขุดลอกลำห้วยขมิ้น	หลุบคา	แก้งคร้อ	ชัยภูมิ
21	ขุดลอกลำห้วยสามหมอ	ช่องสามหมอ	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
22	ขุดลอกห้วยยาง	ช่องสามหมอ	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
23	ขุดลอกห้วยนาแค	ช่องสามหมอ	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
24	ขุดลอกห้วยนาแค	ช่องสามหมอ	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
25	แนวท่อผันน้ำโครงการพระราชดำริ	ช่องสามหมอ	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
26	แนวท่อส่งน้ำ 1R-MP	ช่องสามหมอ	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
27	แนวท่อส่งน้ำ 1L-MP	ช่องสามหมอ	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
28	แนวท่อส่งน้ำ 1L-1L-MP	ช่องสามหมอ	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
29	ปรับปรุงซ่อมแซมสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าบ้านสำราญ หมู่ 8	ศรีสำราญ	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
30	ปรับปรุงซ่อมแซมสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าบ้านหนองปลาปี หมู่ 1	ศรีสำราญ	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
31	ขุดลอกหนองน้ำบ้านนาฮี	ศรีสำราญ	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
32	ขุดลอกหนองหลุบแดง	ศรีสำราญ	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
33	ขุดลอกหนองผักบุ้ง	ศรีสำราญ	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
34	ขุดลอกลำห้วยยาง	ห้วยไร่	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
35	ขุดลอกลำห้วยยาง	ห้วยไร่	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
36	ขุดลอกสระโคกไม้งาม หมู่ 4	ช่องสามหมอ	คอนสวรรค์	ชัยภูมิ
37	ขุดลอกห้วยโคกดินแดง	ธาตุทอง	ภูเขียว	ชัยภูมิ



รูปที่ 11-1 แผนพัฒนาแหล่งน้ำในอนาคตจากการสัมภาษณ์ข้อมูลภาคสนามในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก



รูปที่ 11-2 การลงพื้นที่สัมภาษณ์ข้อมูล ณ เทศบาลตำบลโพธิ์ไชย อำเภอโคกโพธิ์ไชย จังหวัดขอนแก่น



รูปที่ 11-3 การลงพื้นที่สัมภาษณ์ข้อมูล ณ องค์การบริหารส่วนตำบลโคกสูง อำเภอแก้งคร้อ จังหวัดชัยภูมิ



รูปที่ 11-4 การลงพื้นที่สัมภาษณ์ข้อมูล ณ องค์การบริหารส่วนตำบลช่องสามหมอ อำเภอแก้งคร้อ จังหวัดชัยภูมิ



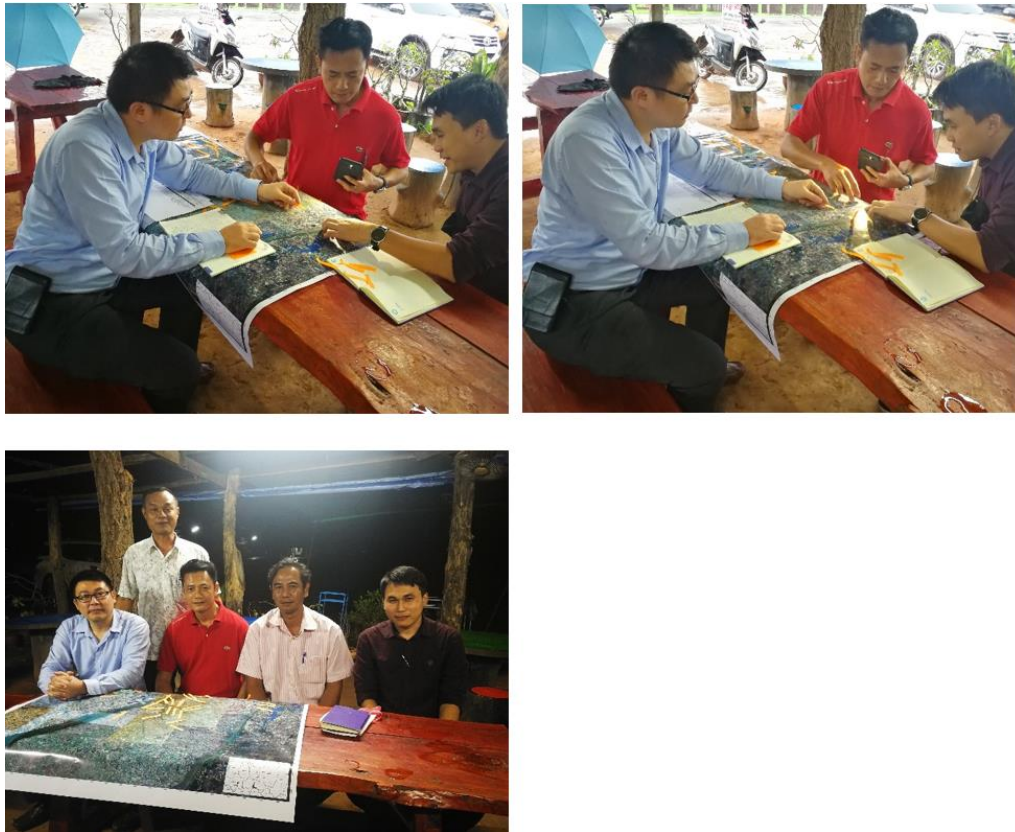
รูปที่ 11-5 การลงพื้นที่สัมภาษณ์ข้อมูล ณ องค์การบริหารส่วนตำบลช่องสามหมอ อำเภอกอนสวรรค์ จังหวัดชัยภูมิ



รูปที่ 11-6 การลงพื้นที่สัมภาษณ์ข้อมูล ณ องค์การบริหารส่วนตำบลชัยสมบูรณ์ อำเภอดอกพะอี่ไซ จังหวัดขอนแก่น



รูปที่ 11-7 การลงพื้นที่สัมภาษณ์ข้อมูล ณ เทศบาลตำบลธาตุทอง อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดชัยภูมิ



รูปที่ 11-8 การลงพื้นที่สัมภาษณ์ข้อมูล ณ องค์การบริหารส่วนตำบลนาหนองพุ่ม อำเภอกำแพงศรี จังหวัดชัยภูมิ



รูปที่ 11-9 การลงพื้นที่สัมภาษณ์ข้อมูล ณ องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านแก้ง อำเภอกำแพงศรี จังหวัดชัยภูมิ



รูปที่ 11-10 การลงพื้นที่สัมภาษณ์ข้อมูล ณ องค์การบริหารส่วนตำบลศรีสำราญ อำเภอกอนสวรรค์ จังหวัดชัยภูมิ



รูปที่ 11-11 การลงพื้นที่สัมภาษณ์ข้อมูล ณ องค์การบริหารส่วนตำบลหนองไผ่ อำเภอกำแพงศรี จังหวัดชัยภูมิ



รูปที่ 11-12 การลงพื้นที่สัมภาษณ์ข้อมูล ณ องค์การบริหารส่วนตำบลหนองขาม อำเภอแก่งคร้อ จังหวัดชัยภูมิ



รูปที่ 11-13 การลงพื้นที่สัมภาษณ์ข้อมูล ณ องค์การบริหารส่วนตำบลหลุบคา อำเภอแก่งคร้อ จังหวัดชัยภูมิ



รูปที่ 11-14 การลงพื้นที่สัมภาษณ์ข้อมูล ณ องค์การบริหารส่วนตำบลห้วยไร่ อำเภอกอนสวรรค์ จังหวัดชัยภูมิ

บทที่ 12

สรุปและข้อเสนอแนะ

12.1 สรุปผลการศึกษา

การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ ต่อผลผลิตทางการเกษตรและความรุนแรงของภัยแล้ง ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก มีประเด็นและสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษาวิจัยดังกล่าว ที่สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

- 1) ในการทดสอบดัชนีภัยแล้งในระดับพื้นที่ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (สทอภ.) มีข้อสรุปที่สำคัญดังนี้
 - ดัชนีภัยแล้งแต่ละดัชนีจะแสดงความสัมพันธ์กับความแห้งแล้งเพียงด้านใดด้านหนึ่ง เช่น ดัชนี NDVI เป็นดัชนีที่บ่งบอกความแห้งแล้งจากคุณสมบัติของพืชพรรณ ส่วนดัชนี SPI ก็บ่งบอกเพียงความผิดปกติของปริมาณน้ำฝนจากค่าเฉลี่ย เป็นต้น
 - ดัชนี DRI บ่งชี้ถึงความแห้งแล้งที่ใช้ทั้งข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา (LST, TCI, SPI) อุทกวิทยา (DVI) และข้อมูลทางการเกษตร (NDVI, VCI, VHI, DHI, NDWI) ซึ่งเหมาะสมกับลักษณะของประเทศไทยที่เป็นประเทศเกษตรกรรม และถึงแม้ว่าดัชนี DRI ในบางช่วงจะมีค่าสูง ซึ่งอาจจะไม่ได้บ่งชี้ว่าเกิดภาวะแห้งแล้งในช่วงเวลานั้นๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลสถิติย้อนหลังในการพิจารณาว่าอาจจะเป็นค่าปกติที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้นๆ
 - จากดัชนีทั้ง 10 ดัชนี มีเพียงดัชนี SPI ที่เป็นดัชนีที่ได้จากการตรวจวัดภาคพื้นดิน ส่วนดัชนีที่เหลือทั้ง 9 ดัชนี ได้จากการวิเคราะห์จากข้อมูลดาวเทียม ซึ่งการวิเคราะห์สภาวะภัยแล้งด้วยข้อมูลจากดาวเทียมจะช่วยให้เข้าใจภาพรวมและสถานการณ์ความรุนแรง ดังนั้นการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา ในมาตรฐานเดียวกัน จะทำให้เกิดความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความแห้งแล้งในพื้นที่
- 2) การวิเคราะห์เพื่อหาค่าปริมาณน้ำท่าที่มีความถูกต้องและแม่นยำ ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา SWAT (Soil and Water Assessment Tool) สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ ต่อปริมาณน้ำท่า ผลผลิตทางการเกษตร รวมถึงความรุนแรงของภัยแล้ง ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ทั้งนี้ เนื่องจากแบบจำลอง SWAT สามารถอธิบายกระบวนการทางอุทกวิทยาโดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำ รวมถึงวิเคราะห์องค์ประกอบหลักที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่า เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) ดิน (Soil) ลักษณะทางภูมิประเทศ (Topography) และสภาพภูมิอากาศ (Weather)
- 3) แบบจำลอง SWAT ได้ถูกประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำในดิน การคายระเหย ปริมาณน้ำท่า ผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่ ทั้งในกรณีอดีตถึงปัจจุบัน (ปี พ.ศ. 2543 – 2561) และอนาคต (ปี พ.ศ. 2563 – 2642) ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก โดยที่ผลลัพธ์ที่ได้ถูกนำไปใช้ในการประเมินค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้ง และผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่
- 4) แบบจำลอง SWAT ได้ถูกสอบเทียบโดยการปรับพารามิเตอร์ ได้แก่ ALPHA_BF, GWQMN, ESCO, CN2, REVAPMN, GW_REVAP, OV_N, HRU_SLP, CH_K2, SLSUBBSN, SOL_K, CH_N2, SOL_AWC และ SURLAG ซึ่งมีความอ่อนไหวและส่งผลต่อปริมาณน้ำท่า ณ สถานีวัด

น้ำท่า E.9 บ้านท่านางเลื่อน อ.ชนบท จ.ขอนแก่น และสถานีวัดน้ำท่า E.21 บ้านแก่งโก อ.เมือง จ.ชัยภูมิ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์ปริมาณน้ำท่ารายวันที่ได้จากแบบจำลอง SWAT และปริมาณน้ำท่ารายวันที่ได้จากการตรวจวัด ณ สถานี E.9 และสถานี E.21 บ้านแก่งโก อ.เมือง จ.ชัยภูมิ ซึ่งตั้งอยู่ในลำน้ำชี ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2552 หลังจากนั้นจึงทำการตรวจสอบแบบจำลองเพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องและน่าเชื่อถือของแบบจำลอง ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2553 – 2561 โดยอาศัยค่าทางสถิติสำหรับเป็นเกณฑ์ในการประเมินความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง SWAT ได้แก่ Coefficient of Determination (R^2), Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) และ Percent bias (PBIAS) ทั้งนี้พบว่าค่า R^2 และ NSE ของทั้งกรณีสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลองมีค่ามากกว่า 0.50 ในขณะที่ค่า PBIAS มีค่าต่ำกว่า ± 25 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่าที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากและยอมรับได้ตามมาตรฐานสากล และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจำลองสถานการณ์ต่างๆ ต่อไปได้

- 5) ในแง่ของการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT กับผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่ของข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา จะอาศัยข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรต่อไร่ในแต่ละปีของจังหวัดชัยภูมิ ที่สำรวจโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร มาเปรียบเทียบกับผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยของพืชทั้ง 4 ชนิด ของลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง SWAT โดยพบว่าค่า PBIAS ของพืชทุกชนิดทั้งในกรณีสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง มีค่าน้อยกว่า ± 25 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตต่อไร่ที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากและยอมรับได้ตามมาตรฐานสากล และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจำลองสถานการณ์ต่างๆ ต่อไปได้
- 6) จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยรายเดือนของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก พบว่ามีปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยในช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) ตลอดทั้งปี 1,379.3 มม./ปี ส่วนปริมาณน้ำในดินในอนาคตทุกๆ ช่วงเวลา 20 ปี (ปี พ.ศ. 2563 – 2642) เทียบกับช่วงอดีตถึงปัจจุบัน กรณีไม่มีแผนพัฒนาแหล่งน้ำในอนาคตจะเพิ่มสูงขึ้น 239.0 – 246.5 มม./ปี ในขณะที่กรณีมีแผนฯ ในอนาคตจะเพิ่มสูงขึ้น 270.5 – 281.6 มม./ปี (เพิ่มขึ้น 1.9% – 2.3% เทียบกับกรณีไม่มีแผนฯ)
- 7) จากการวิเคราะห์ศักยภาพการคายระเหยและการคายระเหยจริงของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอกพบว่า ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน ค่าศักยภาพการคายระเหยเฉลี่ยตลอดทั้งปีมีค่าเท่ากับ 1,526.0 มม./ปี ส่วนในอนาคต กรณีมีและไม่มีแผนพัฒนาแหล่งน้ำจะไม่แตกต่างกัน โดยจะลดลงจากช่วงอดีตถึงปัจจุบัน 465.3 – 402.6 มม./ปี ในขณะที่การคายระเหยจริงตลอดทั้งปีในช่วงอดีตถึงปัจจุบันมีค่าประมาณ 741.3 มม./ปี ส่วนในอนาคตกรณีไม่มีแผนพัฒนาแหล่งน้ำจะลดลงจากกรณีอดีตถึงปัจจุบัน 39.6 – 57.7 มม./ปี ส่วนการคายระเหยจริงกรณีมีแผนฯ ในอนาคตจะลดลงจากกรณีอดีตถึงปัจจุบัน 20.7 – 39.5 มม./ปี (เพิ่มขึ้น 1.5% – 2.7% เทียบกับกรณีไม่มีแผนฯ)
- 8) จากการประเมินปริมาณน้ำท่า พบว่าช่วงอดีตถึงปัจจุบัน ลุ่มน้ำห้วยสามหมอกมีปริมาณน้ำท่าทั้งปี 174.7 มม./ปี ส่วนในอนาคตกรณีไม่มีแผนพัฒนาแหล่งน้ำ ปริมาณน้ำท่าจะลดลงจากกรณีอดีตถึงปัจจุบัน 47.2 – 84.4 มม./ปี ในขณะที่เมื่อมีแผนฯ ในอนาคต ปริมาณน้ำท่าจะลดลงจากกรณีอดีตถึงปัจจุบัน 31.0 – 69.1 มม./ปี (เพิ่มขึ้น 12.8% – 27.5% เทียบกับกรณีไม่มีแผนฯ)
- 9) จากการประเมินผลผลิตทางการเกษตรของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน พบว่ามีผลผลิตทางการเกษตรเฉลี่ยต่อไร่ของข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา เท่ากับ 324.25 กก./ไร่ 9,780.28 กก./ไร่ 3,584.36 กก./ไร่ และ 174.04 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนในอนาคต เมื่อพิจารณาช่วงปี พ.ศ. เดียวกัน พบว่า กรณีมีแผนพัฒนาแหล่งน้ำ ผลผลิตทางการเกษตรของพืช

ทั้ง 4 ชนิด จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณีไม่มีแผนฯ ในขณะที่ทั้งกรณีไม่มีและไม่มีแผนฯ ในอนาคต ผลผลิตทางการเกษตรของพืชทั้ง 4 ชนิด จะมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ตามช่วงปี พ.ศ. ที่เพิ่มมากขึ้น

- 10) จากการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ทุกๆ ช่วงเวลา 20 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2563 – 2642 จะประยุกต์ใช้แบบจำลอง Land Change Modeler (LCM) พบว่า พื้นที่นาข้าวจะมีแนวโน้มลดลงมากที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นๆ โดยจะลดลงมากที่สุด 61.0 ตร.กม. ในช่วงปี พ.ศ. 2623 – 2642 เมื่อเทียบกับปีฐาน (ปี พ.ศ. 2558) ส่วนพื้นที่ประเภทอื่นๆ จะมีแนวโน้มลดลงในลำดับถัดมา โดยจะลดลงมากที่สุด 37.5 ตร.กม. ในช่วงปี พ.ศ. 2623 – 2642 เมื่อเทียบกับปีฐาน (ปี พ.ศ. 2558) ในขณะที่พื้นที่ปลูกอ้อยจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นๆ โดยจะเพิ่มขึ้นมากที่สุด 107.9 ตร.กม. ในช่วงปี พ.ศ. 2623 – 2642 เมื่อเทียบกับปีฐาน (ปี พ.ศ. 2558) ส่วนที่อยู่อาศัยจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในลำดับถัดมา โดยจะเพิ่มขึ้น 6.0 ตร.กม. ในช่วงปี พ.ศ. 2623 – 2642 เมื่อเทียบกับปีฐาน (ปี พ.ศ. 2558)
- 11) จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก พบว่าปริมาณฝนรายปี อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปี และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปี จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากอดีตถึงอนาคต โดยที่ปริมาณฝนกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.64 และ 2.15 มิลลิเมตร/ปี ตามลำดับ โดยในอนาคตปี พ.ศ. 2642 (ค.ศ. 2099) ปริมาณฝนรายปีกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันเฉลี่ย 51.84 และ 174.15 มิลลิเมตร ในแง่ของอุณหภูมิสูงสุดกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.019 °C/ปี และ 0.037 °C/ปี ตามลำดับ โดยในอนาคตปี พ.ศ. 2642 (ค.ศ. 2099) อุณหภูมิสูงสุดกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปัจจุบันเฉลี่ย 1.54 °C และ 3.00 °C ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.024 °C/ปี และ 0.047 °C/ปี ตามลำดับ โดยในอนาคต ปี พ.ศ. 2642 (ค.ศ. 2099) อุณหภูมิต่ำสุดกรณี RCP 4.5 และ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบันเฉลี่ย 1.94 °C และ 3.81 °C ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนรายปีและอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายปี กรณี RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณี RCP 4.5
- 12) จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านอุทกนิเวศวิทยา (SPEI) ด้านการเกษตร (ETDI) ด้านอุทกวิทยา (SRI) และด้านภัยแล้งรวม (ADI) แสดงให้เห็นว่ากลุ่มน้ำห้วยสามหมอกมีแนวโน้มของการเกิดภัยแล้งลดลงในอนาคต ซึ่งเป็นผลจากค่าเฉลี่ยของดัชนี SPEI, SRI, ETDI, และ ADI ช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2642 ที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคต ทั้งในกรณีไม่มีและไม่มีแผนพัฒนาแหล่งน้ำ
- 13) จากผลลัพธ์ในรูปของแผนที่ดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (DHI) สามารถสรุปได้ว่า ช่วงอดีตถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2543 – 2561) พื้นที่ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณกลุ่มน้ำห้วยเซียม (HSM-02) กลุ่มน้ำห้วยกลาง (HSM-03) และกลุ่มน้ำห้วยอิดาน (HSM-04) ส่วนใหญ่จะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับสูง โดยที่บริเวณตอนบนและตอนกลางของพื้นที่จะอยู่ในระดับสูงมากและปานกลางตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำห้วยหินกอง (HSM-01) กลุ่มน้ำห้วยคนทา (HSM-05) กลุ่มน้ำห้วยใหญ่ (HSM-06) กลุ่มน้ำห้วยตะกร้า (HSM-07) และกลุ่มน้ำห้วยยาง (HSM-08) จะอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนพื้นที่ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันออกจะอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก และต่ำ ตามลำดับ ในขณะที่เดียวกันพื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอกตอนบน (HSM-

09) และลุ่มน้ำห้วยสามหมอตตอนล่าง (HSM-10) จะอยู่ในระดับสูง ส่วนพื้นที่ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันออกเฉียงเหนือจะอยู่ในระดับสูงมากและต่ำ ตามลำดับ ส่วนในอนาคต ช่วงปี พ.ศ. 2563 – 2582 กรณีไม่มีแผนพัฒนาแหล่งน้ำ ลุ่มน้ำห้วยกลาง (HSM-03) และลุ่มน้ำห้วยสามหมอตตอนบน (HSM-09) จะมีความเสี่ยงภัยแล้งอยู่ในระดับสูงมาก ส่วนพื้นที่ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของลุ่มน้ำห้วยสามหมอตตอนล่าง (HSM-10) จะอยู่ในระดับสูงมาก กรณีมีแผนฯ ระดับความเสี่ยงของลุ่มน้ำทั้งสามจะลดลงจากสูงมากเป็นสูง ช่วงปี พ.ศ. 2583 – 2602 กรณีไม่มีแผนฯ ลุ่มน้ำห้วยอิดาน (HSM-04) จะอยู่ในระดับสูง ส่วนกรณีมีแผนฯ ลุ่มน้ำห้วยอิดานจะลดลงจากระดับสูงเป็นปานกลาง ในขณะที่ลุ่มน้ำห้วยเซียม (HSM-02) ลุ่มน้ำห้วยคนทา (HSM-05) ลุ่มน้ำห้วยใหญ่ (HSM-06) และลุ่มน้ำห้วยยาง (HSM-08) ระดับความเสี่ยงของลุ่มน้ำทั้งสี่จะลดลงจากปานกลางเป็นต่ำ เมื่อพิจารณาช่วงปี พ.ศ. 2603 – 2622 กรณีไม่มีแผนฯ ลุ่มน้ำห้วยกลาง (HSM-03) จะอยู่ในระดับสูง ส่วนกรณีมีแผนฯ ลุ่มน้ำห้วยกลางจะลดลงจากสูงเป็นปานกลาง ในช่วงปี พ.ศ. 2623 – 2642 กรณีไม่มีแผนฯ ลุ่มน้ำห้วยหินกอง (HSM-01) ส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนกรณีมีแผนฯ ลุ่มน้ำห้วยหินกองส่วนใหญ่จะลดลงจากปานกลางเป็นต่ำ

12.2 ข้อเสนอแนะ

ประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับข้อเสนอแนะจากการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ ต่อผลผลิตทางการเกษตรและความรุนแรงของภัยแล้ง ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอต สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

- 1) จากการทดสอบดัชนีภัยแล้งในระดับพื้นที่ของ สทอภ. พบว่า การบ่งชี้ถึงพื้นที่แห้งแล้งจำเป็นต้องอาศัยความสัมพันธ์ทางธรรมชาติในหลายมิติ เช่น มิติความสัมพันธ์ระหว่างความสมบูรณ์ของพืชกับความแห้งแล้ง ความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของพื้นที่กับความชื้นในดิน หรือความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ดังนั้นการวิเคราะห์ความแห้งแล้งจากดัชนีเพียงตัวเดียว หรือด้วยข้อมูลเพียงชุดเดียว อาจจะสามารถระบุถึงพื้นที่แห้งแล้งได้ในระดับหนึ่งแต่ไม่สมบูรณ์นัก เนื่องจากไม่สามารถบอกถึงสาเหตุของความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นได้ หากแต่บอกได้เพียงระดับของความแห้งแล้งเท่านั้น โดยที่หากต้องการผลลัพธ์ที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ด้วยดัชนีหลายๆ ตัว เพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มของภัยแล้ง รวมถึงการวิเคราะห์ย้อนไปในอดีตเป็นช่วงเวลายาวๆ ในช่วงเวลาเดียวกัน เพื่อหาความแตกต่างจากค่าปกติ ซึ่งจะช่วยให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับสภาวะภัยแล้งในพื้นที่มากยิ่งขึ้น
- 2) เนื่องจากในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอตไม่มีการติดตั้งสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำ ดังนั้นจึงควรทำการติดตั้งสถานีวัดน้ำท่าในลุ่มน้ำห้วยสามหมอต เพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายวันที่ใช้ในการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT สำหรับการจำลองสภาพทางอุทกวิทยา ซึ่งจะช่วยให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่มีความน่าเชื่อถือและเป็นตัวแทนของลุ่มน้ำห้วยสามหมอต เนื่องจากการสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT ในการศึกษาดังกล่าว จะดำเนินการโดยพิจารณาปริมาณน้ำท่ารายวัน ณ สถานีวัดน้ำท่า E.9 และ E.21 ซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับลุ่มน้ำห้วยสามหมอต
- 3) ควรมีการตรวจสอบข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรต่อหน่วยพื้นที่ ที่ได้จากการสำรวจข้อมูลภาคสนามกับข้อมูลที่สำรวจโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรของจังหวัดชัยภูมิและขอนแก่น

- ก่อนที่จะนำข้อมูลไปสอบเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง SWAT ซึ่งจะทำให้ได้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับพืชแต่ละชนิดในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก
- 4) ควรมีการนำข้อมูลผลผลิตทางการเกษตรต่อไร่สูงสุดของแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน (ถ้ามี) มาวิเคราะห์ถึงสาเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้น เพื่อหาแนวทางปรับปรุงพื้นที่ที่มีผลผลิตต่ำ ไม่ว่าจะเป็นการวางแผนพัฒนาแหล่งน้ำให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ การปรับเปลี่ยนชนิดของพืชและปฏิทินการเพาะปลูกให้เหมาะสมกับปริมาณฝนในช่วงฤดูฝนและช่วงเวลาการเพาะปลูกพืช เป็นต้น
 - 5) การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ควรพิจารณาถึงแผนพัฒนาและผังเมืองของจังหวัดชัยภูมิและขอนแก่นประกอบด้วย เพื่อให้เกิดการบูรณาการและเชื่อมโยงของผังเมืองในระดับจังหวัด รวมถึงสอดคล้องกับบริบทและแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของจังหวัด
 - 6) ควรมีการรวบรวมและตรวจสอบรายละเอียดที่ถูกต้องและชัดเจนของแผนพัฒนาแหล่งน้ำในอนาคตของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอก เช่น โครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการ ขนาดและความจุเก็บกักของแหล่งน้ำ ขนาดของพื้นที่รับประโยชน์ หน่วยงานที่ดูแลรับผิดชอบ เป็นต้น เนื่องจากเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการจำลองสภาพด้วยแบบจำลอง SWAT กรณีในอนาคต ซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์แนวโน้มของการเกิดภัยแล้งในอนาคตในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ในกรณีที่ไม่มีและมีแผนพัฒนาแหล่งน้ำ
 - 7) การกำหนดค่าดัชนีความรุนแรงจากภัยแล้ง (DHI) ทั้งกรณีอดีตถึงปัจจุบันและกรณีในอนาคต จะพิจารณาที่ช่วงเวลา (Time scale) 12 เดือน ซึ่งในการศึกษาครั้งต่อไปควรพิจารณาช่วงเวลาอื่นๆ เช่น ช่วงเวลา 3 เดือน ซึ่งจะสะท้อนความอ่อนไหวต่อการผันแปรของปริมาณฝนระยะสั้น (1 – 3 เดือน) มากที่สุด ทำให้สามารถระบุถึงการเกิดภัยแล้งระยะสั้นได้ดีกว่าช่วงเวลาอื่นๆ จึงเหมาะสำหรับการเตือนภัยแล้งระยะสั้นในภาคเกษตรกรรม ช่วงเวลา 6 เดือน จะสะท้อนความอ่อนไหวต่อการผันแปรของปริมาณฝนในคาบเวลาที่ยาวนานกว่า (ฤดูกาลหรือปี) ซึ่งจะเหมาะสำหรับการประเมินผลกระทบของภัยแล้งต่อภาคเกษตรรายฤดูกาลหรือรายปี เป็นต้น
 - 8) จากผลการคาดการณ์ปริมาณฝนที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากอดีตถึงอนาคต รวมถึงผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงภัยแล้งด้านต่างๆ (อุทกนิยมิวิทยา การเกษตร อุทกวิทยา และภัยแล้งรวม) ที่ระบุว่าลุ่มน้ำห้วยสามหมอกมีแนวโน้มของการเกิดภัยแล้งลดลงในอนาคต ทั้งในกรณีไม่มีและมีแผนพัฒนาแหล่งน้ำ สะท้อนให้เห็นว่าปัญหาภัยแล้งในอนาคตของกลุ่มน้ำห้วยสามหมอกไม่ได้มีสาเหตุหลักมาจากปริมาณน้ำท่าที่ไม่เพียงพอสำหรับการจัดสรรให้กับผู้ใช้ น้ำ หากแต่เกิดจากปัญหาในเรื่องของการบริหารจัดการน้ำแบบองค์รวม การเข้าถึงแหล่งน้ำของเกษตรกร รวมถึงการขาดประสิทธิภาพในการส่งน้ำเพื่อการชลประทาน ดังนั้นการพัฒนาแหล่งเก็บกักน้ำขนาดต่างๆ ระบบชลประทาน ระบบโครงข่ายน้ำที่เชื่อมโยงแหล่งน้ำต่างๆ เข้าด้วยกันเป็น Network รวมถึงระบบกระจายน้ำ (เช่น อุโมงค์ส่งน้ำ ระบบคลองส่งน้ำ ระบบท่อ เป็นต้น) เพื่อกระจายน้ำไปยังพื้นที่การเกษตรอย่างทั่วถึงและสอดคล้องกับปริมาณน้ำต้นทุน รวมถึงลดการสูญเสียน้ำชลประทาน จะช่วยให้การใช้น้ำมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรให้ความสำคัญกับการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการพัฒนาแหล่งน้ำกับผลผลิตทางการเกษตรที่สามารถผลิตได้ ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการก่อสร้างโครงการฯ ตลอดจนขีดความสามารถในการแก้ปัญหาของโครงการฯ

- 9) ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยดังกล่าวจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้านการจัดสรรน้ำ ด้านการเกษตร ด้านการประชาสัมพันธ์และสร้างการรับรู้ และด้านการตลาด ในการนำข้อมูลที่ได้รับไปใช้เป็นแนวทางในการบูรณาการและวางแผนการเพาะปลูกพืช การติดตามสถานการณ์ภัยแล้งจากค่าดัชนีภัยแล้ง รวมถึงการส่งต่อข้อมูลไปยังเกษตรกรผ่านทางช่องทางการรับรู้ต่างๆ เช่น เว็บไซต์ สื่อสิ่งพิมพ์ประเภทต่างๆ (หนังสือพิมพ์ / โปสเตอร์ / แผ่นพับ / คู่มือ / Infographic) เป็นต้น เพื่อให้ทราบถึงความเสี่ยงของการเพาะปลูกพืชทั้ง 4 ชนิด ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยสามหมอก ซึ่งมีแนวโน้มลดลงอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. (2561). รายงานประจำปี พ.ศ. 2561. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.
http://www.rid.go.th/main/_data/docs/61/RID_Annual_2561-S.pdf
- กรมทรัพยากรน้ำ. (2549). โครงการจัดทำแผนรวมการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำชี: รายงานลุ่มน้ำสาขาห้วยสามหมอก. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: กรุงเทพฯ
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2550). การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กระทรวงมหาดไทย, 1 – 3
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2562). ร้อยละประชากรของจังหวัดในประเทศไทยที่ประสบภัยแล้ง ปี พ.ศ 2555 – 2560. กระทรวงมหาดไทย
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2562). สถานการณ์ภัยแล้งของประเทศไทย พ.ศ. 2532-2561 รายปี. สถานการณ์ภัยแล้งของประเทศไทย .
http://social.nesdc.go.th/SocialStat/StatReport_Final.aspx?reportid=3665&template=2R1C&yeartype=M&subcatid=48
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2562). สถานการณ์ภัยแล้งของประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2532 – 2560. กระทรวงมหาดไทย
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2560). เขตความเหมาะสมสำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ. <http://sql.ddd.go.th/ddddata/mapsoilC1.html>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2561) สรุปลักษณะอากาศรายปี. สืบค้น 24 พฤษภาคม 2562. จาก <https://www.tmd.go.th/climate/climate.php?FileID=5>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2562). ภูมิอากาศจังหวัดชัยภูมิ. กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม : กรุงเทพฯ. <http://climate.tmd.go.th/data/province/>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. หนังสืออุตุนิยมวิทยา ภัยแล้ง. สืบค้น 24 มกราคม 2562. จาก <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=71>
- กลุ่มวิชาการอุตุนิยมวิทยาเกษตร. (2554). ดรรชนีความแห้งแล้งสำหรับประเทศไทย. สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 35 – 39
- เกริก ปั่นแห่งเพชร. (2559). การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกต่อการผลิตพืชในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 3 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเกษตร. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 47 – 61
- เกริก ปั่นแห่งเพชร และคณะ. (2552). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิต ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดของประเทศไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 160

- จันทร์เพ็ญ แก้วดี, บุญทวรรณ วิงวอน และปิยนันท์ โชติวณิช. (2562). สภาพแวดล้อมภายนอก การมีส่วนร่วมและความสามารถทางการตลาดที่มีผลต่อการเติบโตของวิสาหกิจชุมชนเขตภาคเหนือตอนบน. วารสารมนุษยสังคมสาร (มสส), ปีที่ 17 (ฉบับที่ 1): มกราคม-เมษายน
- ชรัตน์ และคณะ. (2547). เอกสารการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย
- ดนัย พรอานวยลาภ และ อำนาจ ชิดไธสง. (2559). การตอบสนองของข้าวต่อปัจจัยภูมิอากาศในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 3 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเกษตร. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 21 – 43
- ธีรวัฒน์ สุวรรณเลิศเจริญ, ศิริลักษณ์ พงษ์พิบัติกุล, วราทิพย์ บัวแก้ว และณัฏฐ์ แก้วภู. (2556). การเปลี่ยนแปลงและการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศบริเวณลุ่มน้ำคลองกุ่ม จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. การประชุมวิชาการ เทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ. 2556 : นนทบุรี .
<http://research.gistda.or.th/assets/uploads/pdfs/eb43f-12-.pdf>
- นุชนารถ ศรีวงศ์ตานนท์. (2558). การตรวจสอบภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับประเทศไทย. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- นิพนธ์ พัวพงศกร, กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์ และชัยสิทธิ์ อนุชิตวรวงศ์. (2558). ภาวะโลกร้อนกับผลกระทบต่อภาคเกษตรไทย. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย : กรุงเทพฯ .
<https://tdri.or.th/2015/02/20150226/>
- นรากร นันทไตรภพ. (2562). ภัยแล้ง: การแก้ไขปัญหาเชิงพื้นที่. สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (1). จาก <https://library2.parliament.go.th/ebook/content-issue/2562/hi2562-022.pdf>
- นำทิพย์ กลีบเมฆ, ฉัตรสมุน พงษ์นิญโญ, นิตศน์ ศิริโชติรัตน์ และวัลลภรัตน์ พบศิริ. (2562). อิทธิพลสื่อสังคมออนไลน์ที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการข้าของนักท่องเที่ยวต่างชาติในโรงพยาบาลเอกชนชั้นนำในกรุงเทพมหานคร. วารสารบริหารธุรกิจศรีนครินทรวิโรฒ, ปีที่ 10 (ฉบับที่ 1): มกราคม-มิถุนายน
- บุญทวรรณ วิงวอน และ ปิยนันท์ โชติวณิช. (2562). สภาพแวดล้อมภายนอก การมีส่วนร่วมและความสามารถทางการตลาดที่มีผลต่อการเติบโตของวิสาหกิจชุมชนเขตภาคเหนือตอนบน. วารสารมนุษยสังคมสาร (มสส), ปีที่ 17 (ฉบับที่ 1): มกราคม-เมษายน
- พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์. (2559). แผนบูรณาการเพื่อลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อความมั่นคงในด้านการเกษตร สาธารณสุขและเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร, สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ
- รอยล จิตรดอน. (2560). สถานการณ์ฝนและน้ำประเทศไทย. วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร, ปีที่ 1 (ฉบับที่ 1): มกราคม-มิถุนายน

- วรารุช วุฒิวิชัย. (2553). การวิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลองโดยใช้ Nash-Sutcliffe Efficiency และ R2. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. <http://pirun.ku.ac.th/~fengvww/paperpdf/95-Jan-4-2553-Nash%20Efficiency.pdf>
- ศศิธร เพียนเลิศ, ปิยพงษ์ ทองดินนอก และนฤมล แก้วจำปา. (2561). การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งโดยใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา บริเวณลุ่มน้ำสาขาเชิญ. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ฉบับบัณฑิตศึกษา), ปีที่ 18 (ฉบับที่ 3): กรกฎาคม-กันยายน
- ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2554). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ. กรุงเทพฯ
- ศูนย์ยุทธศาสตร์การวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. (2564). การเปลี่ยนแปลงในประเทศไทย. สืบค้น 22 มีนาคม 2564. จาก <http://ccrc.nrct.go.th/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%A2%E0%B8%99%E0%B9%81%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B8%87%E0%B9%83%E0%B8%99%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A8%E0%B9%84%E0%B8%97%E0%B8%A2>
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี, ม.ป.ป. ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดตราด. สืบค้น 29 มกราคม 2562. จาก http://www.doa.go.th/ac/chanthaburi/?page_id=124
- ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม. (2551). ข้อมูลทางวิชาการภัยแล้ง. สืบค้น 27 มกราคม 2562. จาก http://local.environnet.in.th/formal_data2.php?id=72
- สิตาวีร์ อีริวิรุฬห์. (2558). การแก้ไขปัญหาภัยแล้งอย่างยั่งยืน. สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (1-2). จาก <https://library2.parliament.go.th/ebook/content-issue/2558/hi2558-027.pdf>
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (2561). สรุปสถานการณ์น้ำประเทศไทย 2561. คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ สืบค้น 26 สิงหาคม 2563. จาก <https://www.thaiwater.net/current/YearlyReport2018/rain.html>
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (2563). ปริมาณฝนทั้งประเทศ. คลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติ สืบค้น 2 กันยายน 2563. จาก https://www.thaiwater.net/current/2020/drought2019/rain_yearly.html
- สมชาย บุญประดับ, สุไรกร สังขสุบรรณ, นลินี จาริกภากร และสมเจตน์ ประทุมมิตร. (2558). การวิจัยภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับระบบการผลิตภาคเกษตร. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร
- สวีณา พลพิชน์. (2548). ข้อมูลพื้นฐาน Basic information ภัยแล้ง. สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร : กรุงเทพฯ. https://library2.parliament.go.th/ebook/content-ebbas/b44658_dry.pdf

- ส่วนการใช้น้ำชลประทาน. (2555). คำสัมประสิทธิ์พีชโดยวิธี Penman – Monteith. สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2558). บทสรุปรายงาน IPCC ฉบับที่ 5 สำหรับผู้กำหนดนโยบาย. สืบค้น 15 พฤศจิกายน 2563. จาก https://archive.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/Thai/Thai_SYR_IPCC_Fifth_Assessment_Report.pdf
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2559). โครงการพัฒนาแบบจำลองและระบบประมวลผลเพื่อการหาพื้นที่เสี่ยงภาวะแห้งแล้งแบบอัตโนมัติ (Automatic Drought Modelling and Mapping). กรุงเทพฯ
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2559). Automatic Drought Monitoring : NPP- Suomi Mission. สืบค้น 15 พฤศจิกายน 2562. จาก <http://droughtv2.gistda.or.th/>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2561). สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี ๒๕๖๑. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ. <http://www.oae.go.th>
- อภินันท์ ยุทธพันธ์. (2551). เอกสารวิชาการดัชนีความชื้นที่เปราะบางสำหรับพืชในประเทศไทย. กลุ่มวิชาการอุทกนิยามวิทยาเกษตร. สำนักพัฒนาอุทกนิยามวิทยา, 5 – 12
- อภิรัฐ ปิ่นทอง และบัญชา ขวัญยืน. (2016). การติดตามความแห้งแล้งด้วยดัชนีความแห้งแล้งรวม, Research Journal-Rajamangala University of Technology Thanyaburi 15, 45 – 46
- อภิรัฐ ปิ่นทอง และบัญชา ขวัญยืน. (2561). การทดสอบใช้ดัชนีความแห้งแล้งรวมเพื่อติดตามความแห้งแล้งทางการเกษตรในประเทศไทย, วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, 2561, 136 – 146
- อภิวัฒน์ ก้อนทอง และปานวิทย์ ธวัชนุต. (2559). ค่าดัชนีที่ใช้ในการตรวจจับพื้นที่ภัยแล้ง. คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ
- Bayissa, Y., Maskey, S., Tadesse, T., Van Andel, S.J., Moges, S., Van Griensven, A., & Solomatine, D. (2018). Comparison of the Performance of Six Drought Indices in Characterizing Historical Drought for the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. Geosciences. 8. 81. <https://doi.org/10.3390/geosciences8030081>
- Eastman, J.R. (2016). Terrset Geospatial Monitoring and Modeling System (p. Worcester. MA. USA) [Terrset User Manual]. Clark Labs. Clark University. <https://clarklabs.org/wp-content/uploads/2016/10/Terrset-Manual.pdf>
- Gistda. (2017). ดัชนีความแห้งแล้งจากข้อมูลอนุพันธ์ภาพจากดาวเทียม. สืบค้น 15 กันยายน 2562. จาก <http://droughtv2.gistda.or.th/>
- Karim, C. A. (2015). SWAT-CUP : SWAT Calibration and Uncertainty Programs. Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Zurich, Switzerland.

- Keyantash, J. & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds). Last modified 07 Aug 2018. "The Climate Data Guide: Standardized Precipitation Index (SPI)" Retrieved from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/standardized-precipitation-index-spi>.
- Manoj Khanna. (2019). Hydrological Drought Indices, Water Technology Centre Indian Agricultural Research Institute New Delhi, India
- McKee, T.B., Doesken, N.J., & Kleist, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society pp. 179 – 184
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., & Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/9298>
- National Drought Mitigation Center. (2019). Type of Drought. สืบค้น 13 ธันวาคม 2562. จาก <https://drought.unl.edu/Education/DroughtIn-depth/TypesofDrought.aspx>
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J. R. (2011). Soil & Water Assessment Tool: Theoretical Documentation Version 2009 (No. 406). Texas A&M University System College Station, Texas, USA. <https://swat.tamu.edu/media/99192/swat2009-theory.pdf>
- Ng, C.W. (2019). The Use of Drought Indices to Describe Moisture Conditions in Northern Region of Malaysia. Final Year Project, Universiti Tunku Abdul Rahman
- Rajsekhar, D., Mishra, A.K., & Singh, V.P. (2013). Regionalization of Drought Characteristics using an Entropy Approach, Journal of Hydrologic Engineering, 18(7), 870 – 887
- Sohrab Kolsoumi. (2019). Agricultural and Meteorological Software. สืบค้น 10 ธันวาคม 2562. จาก [https://agrimetsoft.com/faq/What%20is%20DI\(Deciles%20Index\).aspx](https://agrimetsoft.com/faq/What%20is%20DI(Deciles%20Index).aspx)
- Trambauer, P., Maskey, S., Werner, M., Pappenberger, F., van Beek, L. P. H., & Uhlenbrook, S. (2014). Identification and simulation of space–time variability of past hydrological drought events in the Limpopo River basin, southern Africa, Hydrology and Earth System Sciences, 18, 2925 – 2942. <https://doi.org/10.5194/hess-18-2925-2014>
- Veldkamp, A., & Lambin, E. F. (2001). Predicting land-use change. Agriculture, Ecosystems & Environment, 85(1), 1–6. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00199-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00199-2)
- World Meteorological Organization (WMO) & Global Water Partnership (GWP) (2016), Handbook of Drought Indicators and Indices

ภาคผนวก

