รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร”

(Strengthening Thailand’s agricultural drought resilience: STAR)

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภัทรา วิเศษศรี และคณะ

กันยายน 2566

สัญญาเลขที่ RDG6130017

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร

(Strengthening Thailand's agricultural drought resilience: STAR)

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. ผศ. ดร.สุภัทรา วิเศษศรี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผศ. ดร.ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
3. ผศ. ดร.ลิวา ผาดไธสง	คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
4. นายบุญโฮม กิมมณี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. นายซกเซลา แมน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. นางสาวชลธิชา อาสน์สิริ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7. นางสาวสุทธิดา อ่ำแจ้ง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
8. นางสาวณัฐวรรณ สุขสุมิตร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
9. นายเอกวุฒิ บุษปวรรธนะ	คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สนับสนุนโดย

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกสว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาของโครงการการพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร สามารถดำเนินงานมากระทั่งบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ด้วยความร่วมมืออย่างดียิ่งจากผู้เกี่ยวข้องจากหลายภาคส่วน

คณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณบุคลากรจากสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมอุตุนิยมวิทยา กรมฝนหลวงและการบินเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ช่วยสนับสนุนข้อมูลและให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อกิจกรรมของโครงการผ่านการประชุมในเวทีต่างๆ ขอขอบคุณผู้แทนกลุ่มผู้ใช้น้ำและเกษตรกรในลุ่มน้ำปิงที่สละเวลาให้ข้อมูลผลกระทบจากภัยแล้งผ่านแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ ขอขอบคุณคณาจารย์ นักวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิที่สละเวลาให้คำแนะนำเกี่ยวกับผลการวิจัย ขอขอบคุณผู้ประสานงานโครงการจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ช่วยอำนวยความสะดวกเรื่องเอกสารสัญญาและการเบิก-จ่ายงบประมาณที่ได้รับ และยังมีอีกหลายท่านที่คณะผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมด คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์การวิจัยตลอดระยะเวลาการดำเนินงานของโครงการ

คณะผู้วิจัย
กันยายน 2566

บทสรุปผู้บริหาร

โครงการการพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร เป็นโครงการวิจัยร่วมระหว่างสถาบันวิจัยและมหาวิทยาลัยในประเทศไทยและประเทศสหราชอาณาจักร ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และ UK Research and Innovation (UKRI) ให้ดำเนินการศึกษาเกี่ยวกับภัยแล้ง ซึ่งเป็นภัยธรรมชาติที่พบได้บ่อยครั้งและมีผลกระทบอย่างกว้างขวางต่อหลายภาคส่วน โดยเฉพาะภาคการเกษตรซึ่งเป็นภาคส่วนที่สำคัญต่อเศรษฐกิจและสังคมในประเทศไทย

โครงการการพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (stakeholders) ในการดำเนินงานโครงการ โดยให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียร่วมแสดงความคิดเห็นร่วมกับโครงการเพื่อกำหนดแนวทางการติดตามภัยแล้ง
2) เพื่อพัฒนาดัชนีสำหรับติดตามและบ่งชี้ภัยแล้งสำหรับประเทศไทย ซึ่งพัฒนาขึ้นตามกรอบความต้องการใช้งานของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
3) เพื่อเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบภัยแล้งต่อภาคการเกษตร และประเมินความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาต่อภัยแล้ง
4) เพื่อเพิ่มความสามารถของเกษตรกรไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร ผ่านการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการศึกษาแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มงาน ให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ 4 ข้อ ข้างต้น ข้อการศึกษาโดยสรุปที่ได้จากแต่ละกลุ่มงานมีดังนี้

1) กลุ่มงานที่ 1 การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ผู้แทนจากหน่วยงานราชการที่มีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการภัยแล้งและเกษตรกรมีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ในกิจกรรมการดำเนินงานและผลการศึกษาของโครงการตั้งแต่ช่วงเริ่มแรกถึงสิ้นสุดโครงการ ส่งผลให้การดำเนินงานของโครงการเป็นไปได้อย่างราบรื่นและบรรลุผลสำเร็จเป็นอย่างดี
2) กลุ่มงานที่ 2 การศึกษาคุณลักษณะของภัยแล้งและการพัฒนาดัชนีภัยแล้ง ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียสามารถเรียกดูดัชนีภัยแล้งผ่านเว็บแอปพลิเคชั่นที่โครงการฯ พัฒนาขึ้น ช่วยให้การติดตามภัยแล้งเป็นไปได้อย่างสะดวก เข้าถึงและเข้าใจได้ง่าย

3) กลุ่มงานที่ 3 การสำรวจผลกระทบจากภัยแล้งและความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกรในลุ่มน้ำปิง ทำให้ทราบว่า เกษตรกรรับรู้ถึงภาวะคุกคามจากภัยแล้ง เกษตรกรหลายคนโดยเฉพาะเกษตรกรที่มีเครือข่ายกว้างขวางสามารถปรับตัวเพื่อรับมือกับภัยแล้งได้ แต่ยังมีเกษตรกรหลายคนที่มีข้อจำกัดด้านเงินทุน ข้อมูล และองค์ความรู้ ที่ทำให้ไม่สามารถปรับตัวได้
4) กลุ่มงานที่ 4 ศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตรในลุ่มน้ำปิงและประเทศไทย อาจพัฒนาขึ้นได้หากเข้าใจและสามารถคาดการณ์ผลกระทบจากดัชนีภัยแล้งได้อย่างแม่นยำ

ผลผลิตที่สำคัญของโครงการฯ ประกอบด้วย การเผยแพร่ผลงานผ่านบทความวิชาการจำนวน 5 บทความ ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเกี่ยวกับมาตรการจัดการภัยแล้ง การพัฒนาฐานข้อมูล/กระบวนการ/เครื่องมือ/เครือข่าย

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต ประกอบไปด้วยข้อเสนอแนะเชิงเทคนิคเกี่ยวกับการพัฒนาดัชนีภัยแล้งและการสำรวจข้อมูลผลกระทบให้มีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น และข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเกี่ยวกับการพัฒนามาตรการจัดการภัยแล้งโดยมุ่งเน้นมาตรการเชิงรุกมากขึ้น

บทคัดย่อ

โครงการการพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความเสี่ยงภัยแล้งและผลกระทบต่อภาคการเกษตรในประเทศไทย ซึ่งจะนำไปสู่การปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตรได้ ในขั้นตอนการศึกษาได้แบ่งออกงานออกเป็น 4 กลุ่มงาน ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ และครอบคลุมการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย การวิเคราะห์ด้านอุตุ-อุทกวิทยาและสังคมศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า การจัดการภัยแล้งของประเทศไทยมีความเกี่ยวข้องกับหลายหน่วยงานตั้งแต่ระดับชุมชนถึงระดับประเทศ ผู้ใหญ่บ้าน เจ้าหน้าที่ อบต. และกรมชลประทานมีบทบาทสำคัญในการสื่อสารข้อมูลภัยแล้งแก่เกษตรกรในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปิง เกษตรกรกรโดยส่วนใหญ่ตระหนักถึงผลกระทบจากภัยแล้งและทราบวิธีการปรับตัว แต่เกษตรกรที่เข้าถึงข้อมูล มีเครือข่ายคำแนะนำที่กว้างขวาง และมีทรัพยากรเพียงพอมีแนวโน้มที่จะปรับตัวมากกว่าเกษตรกรที่มีข้อจำกัดในประเด็นเหล่านี้ การพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร อาจทำได้โดยการเพิ่มพูนองค์ความรู้ การให้ความช่วยเหลือทางการเงินแบบมีเงื่อนไข ในส่วนของภาครัฐควรมุ่งเน้นการใช้มาตรการเชิงรุกในการจัดการภัยแล้ง และในส่วนของภาควิชาการควรพัฒนาเครื่องมือที่ใช้คาดการณ์ภัยแล้งและผลกระทบให้มีความครอบคลุมและแม่นยำยิ่งขึ้นเพื่อสนับสนุนการวางแผนของเกษตรกรและภาครัฐ

Abstract

The projected entitled Strengthening Thailand’s agricultural drought resilience or STAR aimed to enhance knowledge and understanding of drought risks and their impacts on the agricultural sector in Thailand. The ultimate goal is to facilitate adaptation and recovery from agricultural droughts. The study is divided into four work packages that align with the project's objectives. The study covers the fields of meteorology, hydrology, and social sciences. The analysis reveals that Thailand's drought management involves multiple agencies, from local to the national levels. Village leaders, sub-district administrators, and the Royal Irrigation Department play crucial roles in disseminating drought-related information to farmers in the Ping River basin which is the study basin. Most farmers are aware of the impacts of drought and have knowledge of coping strategies. However, farmers with better access to information and a broader network of advice tend to adapt more effectively compared to those with limitation on the above-mentioned issues. To further improve farmers' resilience to droughts, it is suggested to increase knowledge and provide conditional financial support. The government should focus on proactive measures for drought management, while researchers should develop more comprehensive and reliable tools for drought forecasting and impact assessment. These efforts will support the planning process for both farmers and the government.

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ i
บทสรุปผู้บริหาร ii
บทคัดย่อ iv
Abstract v
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 ทบทวนวรรณกรรม 2
1.3.1 นิยามของภัยแล้ง 2
1.3.2 นิยามของความสามารถในการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นกลับคืน 4
1.3.3 นิยามของคำศัพท์อื่นที่เกี่ยวข้องกับโครงการฯ 5
1.3.4 สาเหตุ ลักษณะ และประเภทของภัยแล้ง 5
1.3.5 ภัยแล้งในประเทศไทย 8
1.3.6 ผลกระทบของภัยแล้ง 24
1.3.7 มาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาภัยแล้ง 27
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย 36
WP1: การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย 36
WP2: การศึกษาคุณลักษณะของภัยแล้งในประเทศไทยเพื่อปรับปรุงการจัดการและการติดตาม 38
WP3: ผลกระทบจากภัยแล้งและความสามารถในการปรับตัวภาคการเกษตรในลุ่มน้ำปิง 39
WP4: การพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตรในลุ่มน้ำปิงและประเทศไทย 40
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 41
1.5.1 ผลผลิต 41
1.5.2 ผลลัพธ์ 41
1.5.3 ผลกระทบ 41
บทที่ 2 พื้นที่ศึกษา 42
2.1 การวิเคราะห์ลักษณะของลุ่มน้ำ 42
2.1.1 ตำแหน่งที่ตั้งและสภาพภูมิประเทศ 42
2.1.2 แม่น้ำและแหล่งน้ำ 42

2.1.3 สภาพภูมิอากาศและอุทกวิทยา 42
2.1.4 สภาพธรณีวิทยา 43
2.1.5 การใช้ที่ดิน 45
2.2 การวิเคราะห์น้ำฝน-น้ำท่า 47
2.2.1 สถานีน้ำฝน 47
2.2.2 ปริมาณน้ำฝน 48
2.2.3 สถานีน้ำท่า 48
2.2.4 ปริมาณน้ำท่า 50
บทที่ 3 การจัดการภัยแล้งในประเทศไทย 51
3.1 การระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีบทบาทสำคัญในการจัดการภัยแล้งการเกษตร 51
3.2 การประเมินมาตรการจัดการภัยแล้ง 64
3.2.1 กรมทรัพยากรน้ำ 64
3.2.2 กรมชลประทาน 64
3.3 การวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส อุปสรรค หรือการวิเคราะห์สวอท (SWOT Analysis) 65
3.4 การนำผลการวิเคราะห์สวอทไปใช้ร่วมกับการวิเคราะห์หาดัชนีภัยแล้งที่เหมาะสม 99
บทที่ 4 การวิเคราะห์ดัชนีภัยแล้ง 102
4.1 การพัฒนาฐานข้อมูลดัชนีภัยแล้งสำหรับประเทศไทย 102
4.2 การวิเคราะห์ดัชนีภัยแล้งจากฐานข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา 103
4.3 การวิเคราะห์ดัชนีภัยแล้งโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม 110
4.4 การพัฒนาระบบแสดงข้อมูลดัชนีภัยแล้ง 123
บทที่ 5 การสำรวจผลกระทบจากภัยแล้ง 124
5.1 การจัดทำแบบสอบถามด้านความรู้ความเข้าใจและผลกระทบ และการปรับตัวต่อภัยแล้งในพื้นที่ศึกษา 124
5.2 การกำหนดกระบวนการและการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านผลกระทบในพื้นที่ศึกษา 126
5.3 พัฒนาฐานข้อมูลด้านผลกระทบในพื้นที่ศึกษา 129
5.4 ผลการสำรวจด้านผลกระทบและความสามารถในการตอบสนองต่อภัยแล้ง 130
5.4.1 ลักษณะทั่วไปของเกษตรกรและพื้นที่การเกษตร 130
5.4.2 ผลกระทบและความสามารถในการตอบสนองต่อภัยแล้ง 131
5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบด้านการเกษตร 137
5.5.1 วิธีทางสถิติ 137
5.5.2 วิธีแบบจำลอง Random Forest 141

บทที่ 6 การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม 144
6.1 วิธีการสำรวจเพื่อวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม 144
6.2 บทบาทของเครือข่ายทางสังคมกับการปรับตัวต่อภัยแล้ง 144
6.2.1 เครือข่ายการแนะนำของเกษตรกร (Farmer advice networks) 145
6.2.2 ช่องว่างและคำถามงานวิจัย (Gaps and research questions) 146
6.2.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน (Methods) 148
6.2.4 ผลการศึกษา (Results) 154
6.2.5 อภิปรายและสรุปผลการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม 161
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 166
7.1 สรุปผลการศึกษา 166
7.2 สรุปผลผลิต 168
7.3 ข้อเสนอแนะ 170
เอกสารอ้างอิง 171
ภาคผนวก 178

สารบัญรูป

รูปที่ 1-1 สภาวะการขาดแคลนน้ำ 4 ประเภท ตามนิยามของ Vlachos and James (1983).....2
รูปที่ 1-2 ประเภทของภัยแล้งและลำดับการเกิด (Wilhite and Glantz 1985).....7
รูปที่ 1-3 ปฏิทินสาธารณภัย (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2558).....8
รูปที่ 1-4 พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในลุ่มน้ำปิง (สำนักพัฒนาแหล่งน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ) 17
รูปที่ 1-5 Topographic ของเครือข่าย (ศิรินันต์ สุวรรณโมลี, 2559)..... 32
รูปที่ 1-6 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลจากระบบแบบจำลองและระบบประมวลผลเพื่อการหาพื้นที่เสี่ยงภาวะแห้งแล้งแบบอัตโนมัติ พัฒนาโดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) 34
รูปที่ 1-7 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลจากระบบของศูนย์ปฏิบัติการข้อมูลสาธารณภัยด้านน้ำ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย..... 35
รูปที่ 1-8 โครงสร้างและความเชื่อมโยงของแต่ละกลุ่มงาน 36
รูปที่ 2-1 สภาพภูมิประเทศและแม่น้ำในลุ่มน้ำปิง..... 43
รูปที่ 2-2 กลุ่มชุดดินที่พบในลุ่มน้ำปิง..... 45
รูปที่ 2-3 การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปิง ปี พ.ศ. 2554 46
รูปที่ 2-4 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีน้ำฝน 47
รูปที่ 2-5 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของลุ่มน้ำปิง 48
รูปที่ 2-6 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีน้ำท่า 49
รูปที่ 2-7 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของลุ่มน้ำปิง..... 50
รูปที่ 3-1 แผนผังโครงสร้างผู้มีอำนาจในการจัดการความเสี่ยงจากสารธารณภัยระดับต่างๆ..... 63
รูปที่ 3-2 องค์ประกอบของการวิเคราะห์สวอท (สาคร สุขศรีวงศ์, 2560) 66
รูปที่ 3-3 สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการบริหารจัดการขององค์กร (สาคร สุขศรีวงศ์, 2560)..... 67
รูปที่ 3-4 ความเชื่อมโยงระหว่างการวิเคราะห์สวอทของการพัฒนาแหล่งน้ำและระบบชลประทานและดัชนีภัยแล้ง..... 99
รูปที่ 3-5 ความเชื่อมโยงระหว่างการวิเคราะห์สวอทของการจัดหาแหล่งน้ำสำรอง และดัชนีภัยแล้ง 100
รูปที่ 3-6 ความเชื่อมโยงระหว่างการวิเคราะห์สวอทของการปลูกพืชเกษตรเพิ่มผืนป่า การกำหนดเขตพื้นที่ (Zoning) สำหรับกิจกรรมทางการเกษตร และการปรับเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตร และดัชนีภัยแล้ง 101
รูปที่ 3-7 ความเชื่อมโยงระหว่างการวิเคราะห์สวอทของการพยากรณ์สภาพอากาศและปริมาณน้ำ และดัชนีภัยแล้ง..... 101

รูปที่ 4-1 แผนที่สถานีและข้อมูลสรุปของสถานี 103
รูปที่ 4-2 แผนที่ SPI ของสถานีน้ำฝนในลุ่มน้ำปิงในที่มีความยาวช่วงข้อมูลมากกว่า 20 ปีขึ้นไป 105
รูปที่ 4-3 ค่า SPI-1, SPI-4 และ SPI-12 สำหรับสถานี 10052 105
รูปที่ 4-4 แผนที่ SPI-3 ปี พ.ศ. 2554 ในลุ่มน้ำปิง 107
รูปที่ 4-5 แผนที่ SPI-3 ปี พ.ศ. 2557 ในลุ่มน้ำปิง 108
รูปที่ 4-6 แผนที่ SSI ของสถานีน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงในที่มีความยาวช่วงข้อมูลมากกว่า 20 ปีขึ้นไป 109
รูปที่ 4-7 ค่า SPI-1, SPI-4 และ SPI-12 สำหรับสถานี P.47 110
รูปที่ 4-8 สถานีตรวจวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำปิงจากกรมอุตุนิยมวิทยาที่นำมาใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลฝน ... 114
รูปที่ 4-9 การเปรียบเทียบข้อมูลฝนจาก APHRODITE กับข้อมูลตรวจวัดของสถานี 116
รูปที่ 4-10 สถานีตรวจวัดความชื้นในดินในประเทศไทยจาก GISTDA ที่นำมาใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลจาก ESA CCI 117
รูปที่ 4-11 การเปรียบเทียบข้อมูลความชื้นในดินจาก ESA CCI กับข้อมูลตรวจวัดของสถานี 118
รูปที่ 4-12 แผนที่ SPEI-3 เฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำในประเทศไทย ในช่วง a) ก.ค. 2556 และ b) ก.ค. 2558 120
รูปที่ 4-13 SPEI-1, SPEI-3, SPEI-6 และ SPEI-12 ของลุ่มน้ำปิง ซึ่งคำนวณโดยใช้ข้อมูลฝนจาก APHRODITE และศักย์การคายระเหยจาก MODIS 121
รูปที่ 4-14 แผนที่ดัชนีรวมเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำในประเทศไทย 122
รูปที่ 4-15 หน้าหลักเว็บแอปพลิเคชั่นสำหรับเรียกดูดัชนีภัยแล้งของประเทศไทย 123
รูปที่ 5-1 พื้นที่ศึกษาลุ่มแม่น้ำปิง 128
รูปที่ 5-2 บรรยากาศในการสัมภาษณ์เกษตรกรในลุ่มน้ำปิง ระหว่างวันที่ 8 - 23 มกราคม 2563 129
รูปที่ 5-3 ลักษณะทั่วไปของเกษตรกร 131
รูปที่ 5-4 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่การเกษตร 131
รูปที่ 5-5 ผลการประเมินภาวะคุกคาม 132
รูปที่ 5-6 ผลการประเมินภาวการณ์รับมือ 133
รูปที่ 5-7 มาตรการการปรับตัวต่อภัยแล้ง 134
รูปที่ 5-8 การสื่อสารด้านภัยแล้ง 136
รูปที่ 5-9 โครงข่ายคำแนะนำในพื้นที่ลุ่มน้ำ 136
รูปที่ 5-10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและ VIs 139
รูปที่ 5-11 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบด้านการเกษตรโดยวิธีทางสถิติ ในช่วงฤดูแล้ง 140

รูปที่ 5-12 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบด้านการเกษตรโดยวิธีทางสถิติ ในช่วงฤดูฝน 141
รูปที่ 5-13 แนวคิดการพัฒนาแบบจำลอง Random Forest 142
รูปที่ 5-14 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบจากภัยแล้งต่อพืชชนิดต่างๆ จากแบบจำลอง Random Forest 142
รูปที่ 5-15 ผลการวิเคราะห์ลักษณะที่สำคัญของผลกระทบจากภัยแล้งต่อมันสำปะหลัง จากแบบจำลอง Random Forest 143
รูปที่ 6-1 ผลการตอบแบบสอบถามของเกษตรกรที่ได้รับข้อมูลการแนะนำในการปฏิบัติในช่วงภัยแล้งและดำเนินการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกี่ยวกับการทำการเกษตร 156
รูปที่ 6-2 ผลการวิเคราะห์จำนวนมาตรการการปรับตัวที่เกษตรกรในแต่ละหมู่บ้านเคยดำเนินการ 157
รูปที่ 6-3 เครือข่ายการให้คำแนะนำของเกษตรกรที่สร้างจาก DRAWNET 159
รูปที่ 6-4 การประเมินค่าความเป็นศูนย์กลางจากการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม a) ระดับความเป็นศูนย์กลาง (Degree centrality) b) ความเป็นค่าคั่นกลาง (Betweenness centrality) และ c) ความเป็นศูนย์กลางประเภทความใกล้ชิด 162

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1-1 จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติประเภทต่างๆ (ปี 2561 และเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2543 ถึง 2560) 7
ตารางที่ 1-2 พื้นที่ที่มักจะประสบปัญหาภัยแล้ง (กรมอุตุนิยมวิทยา 2561) 9
ตารางที่ 1-3 เกณฑ์พิจารณาพื้นที่เสี่ยงการเกิดภัยแล้ง สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง 16
ตารางที่ 1-4 คำอธิบายโดยสังเขป สมการหลัก และลักษณะสำคัญของดัชนีภัยแล้งที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง (Sok, 2018) 18
ตารางที่ 1-5 สรุปสถานการณ์ภัยแล้งระหว่างปี 2532 ถึง 2558 (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย) . 25
ตารางที่ 1-6 ตัวอย่างกิจกรรมการลดความเสี่ยงจากภัยแล้ง (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2557) 28
ตารางที่ 2-1 คำอธิบายกลุ่มชุดดินที่พบในลุ่มน้ำปิง 44
ตารางที่ 2-2 สภาพการใช้ที่ดินของลุ่มน้ำปิง 46
ตารางที่ 3-1 ภารกิจหน้าที่เกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยของกระทรวงหรือหน่วยงานที่มีฐานะเทียบเท่ากระทรวง และหน่วยงานในบังคับบัญชาของนายกรัฐมนตรีของประเทศไทย (แผนการป้องกันและบรรเทาสาธาณภัยแห่งชาติ พ.ศ.2558) 53
ตารางที่ 3-2 ภารกิจหน้าที่ของหน่วยงานในแต่ละระดับของสาธารณภัย 61
ตารางที่ 3-3 ตัวอย่างของสภาพแวดล้อมมหภาค (สาคร สุขศรีวงศ์, 2560) 68
ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์สวอทสำหรับมาตรการกระตุ้นให้เกิดความตื่นตัวอย่างต่อเนื่องในการลดการใช้ถุงพลาสติก (Environmental Awareness ม.ป.ป.) 74
ตารางที่ 3-5 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการประเมินความเสี่ยงภัยพิบัติระดับชุมชนในเขตอาหรับ (UNISDR 2011) 74
ตารางที่ 3-6 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการจัดการด้านจิตสังคมและจรรยาบรรณหลังภัยพิบัติสึนามิของหน่วยงานในและนอกภาคราชการในศรีลังกา (Siriwardhana et al. 2012) 75
ตารางที่ 3-7 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการเตรียมการฝึกอบรมและกลยุทธ์การสร้างความสามารถในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย (NIDM 2013) 77
ตารางที่ 3-8 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการวิจัยและการศึกษาในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย (NIDM 2013) 78
ตารางที่ 3-9 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการสร้างการตระหนักรู้แก่สาธารณะ (Public Awareness) ในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย (NIDM 2013) 79

ตารางที่ 3-10 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการพัฒนาองค์กรในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย (NIDM 2013) 80
ตารางที่ 3-11 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการสร้างกระแสหลัก (Mainstreaming) ในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย (NIDM 2013) 81
ตารางที่ 3-12 การวิเคราะห์สวอทสำหรับมาตรการพัฒนาแหล่งน้ำ 82
ตารางที่ 3-13 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการจัดหาแหล่งน้ำสำรอง 83
ตารางที่ 3-14 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการปลูกพืชเกษตรเพิ่มผืนป่าหรือใช้วนเกษตร (Agroforestry) เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ระบบนิเวศและลดความเสี่ยงภัยแล้ง 84
ตารางที่ 3-15 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการกำหนดเขตพื้นที่ (Zoning) สำหรับกิจกรรมทางการเกษตรให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและปริมาณน้ำ 86
ตารางที่ 3-16 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการปรับเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรให้เหมาะกับสภาพพื้นที่.. 86
ตารางที่ 3-17 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการพัฒนาพันธุ์พืชให้สามารถต้านทานสภาพแล้งได้..... 89
ตารางที่ 3-18 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการส่งเสริมการจัดการน้ำในชุมชน 90
ตารางที่ 3-19 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการส่งเสริมอาชีพหรือวิสาหกิจชุมชน 91
ตารางที่ 3-20 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการจัดทำแผนปฏิบัติการช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติด้านการเกษตร 93
ตารางที่ 3-21 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการจัดทำแผนปฏิบัติการฝนหลวงเพื่อลดความรุนแรงของภัยแล้ง 93
ตารางที่ 3-22 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการวางแผนการจัดสรรน้ำให้เพียงพอแก่การเพาะปลูก 95
ตารางที่ 3-23 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศและปริมาณน้ำ 95
ตารางที่ 3-24 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการประชาสัมพันธ์และให้ความรู้ในการเตรียมความพร้อมแก่เกษตรกร 97
ตารางที่ 4-1 การกำหนดประเภทของภัยแล้งตามช่วงค่า SPI (McKee et al., 1993) 104
ตารางที่ 4-2 สรุปโครงการประเมินค่าฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่ได้มีการพัฒนาขึ้นในช่วงที่ผ่านมา (https://climatedataguide.ucar.edu) 111
ตารางที่ 4-3 สรุปผลิตภัณฑ์ประเมินค่าความชื้นในดินจากข้อมูลดาวเทียมที่ได้มีการพัฒนาขึ้นในช่วงที่ผ่านมา..... 112
ตารางที่ 4-4 ข้อมูลจากดาวเทียมที่นำมาใช้พัฒนาดัชนีภัยแล้ง..... 119
ตารางที่ 4-5 ดัชนีรวมสำหรับบ่งบอกความรุนแรงของภัยแล้ง..... 121
ตารางที่ 5-1 พื้นที่ศึกษาและจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 127
ตารางที่ 5-2 ตัวชี้วัดผลกระทบจากภัยแล้งที่มีต่อการเกษตร..... 130

ตารางที่ 6-1 สรุปหน้าที่ความรับผิดชอบในการจัดการภัยแล้งของหน่วยงานภาครัฐ..... 149
ตารางที่ 6-2 พื้นที่ศึกษาและจำนวนกลุ่มตัวอย่าง..... 151
ตารางที่ 6-3 เมตริกแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของแหล่งข้อมูลข่าวสารและช่องทาง การสื่อสาร..... 155
ตารางที่ 7-1 สรุปผลผลิตที่ได้จากโครงการ 168

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่คุกคามชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์ในหลายๆ พื้นที่ทั่วโลก การจัดการภัยแล้งเป็นสิ่งที่ท้าทาย เนื่องจากภัยแล้งเป็นปรากฏการณ์ที่ไม่ได้เกิดขึ้นอย่างฉับพลัน แต่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ เป็นระยะเวลานาน และอาจส่งผลกระทบรุนแรงและกว้างขวางต่อทุกภาคส่วน ทั้งในระดับบุคคล ชุมชน ภูมิภาค และประเทศ

ภาคการเกษตรเป็นภาคส่วนสำคัญในการพัฒนาการเจริญเติบโตของประเทศไทย เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ปัจจัยหลักที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตจากภาคการเกษตรคือน้ำ การเกิดภัยแล้งส่งผลให้ปริมาณและคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรลดลง และกระทบต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (GDP) ในปี พ.ศ.2558 ซึ่งเป็นปีที่ประเทศไทยประสบปัญหาภัยแล้งรุนแรงที่สุดในรอบ 15 ปี นั้น ประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์มวลรวมลดลงอย่างมาก ดังนั้น เพื่อเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความเสี่ยงภัยแล้งและผลกระทบต่อภาคการเกษตรในประเทศไทย ซึ่งจะนำไปสู่การปรับตัวและฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตรได้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับภัยแล้ง และนำมาซึ่งโครงการการพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร (Strengthening Thailand's agricultural drought resilience: STAR)

1.2 วัตถุประสงค์

โครงการนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะของภัยแล้งและผลกระทบของภัยแล้งต่อผลผลิตทางการเกษตรและความเป็นอยู่ของเกษตรกร และเพื่อพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรในการรรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร โดยใช้แนวคิดการมีส่วนร่วม และมีวัตถุประสงค์การดำเนินงาน ดังนี้

1) เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (stakeholders) ในการดำเนินงานโครงการ โดยให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียร่วมแสดงความคิดเห็นร่วมกับโครงการเพื่อกำหนดแนวทางการติดตามภัยแล้ง
2) เพื่อพัฒนาดัชนีสำหรับติดตามและบ่งชี้ภัยแล้งสำหรับประเทศไทย ซึ่งพัฒนาขึ้นตามกรอบความต้องการใช้งานของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
3) เพื่อเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบภัยแล้งต่อภาคการเกษตร และประเมินความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาต่อภัยแล้ง

4) เพื่อเพิ่มความสามารถของเกษตรกรไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร ผ่านการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ

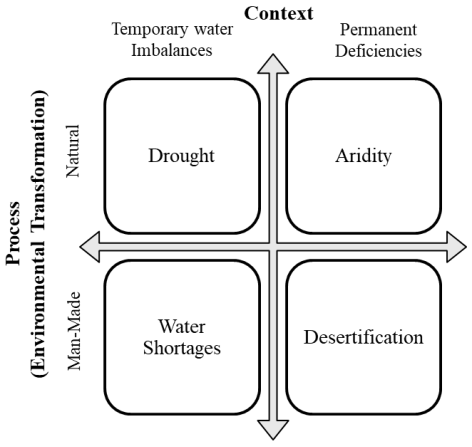
1.3 ทบทวนวรรณกรรม

การทบทวนวรรณกรรมครอบคลุมนิยาม ทฤษฎี วิธีและผลการวิจัยจากการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับภัยแล้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลสถานการณ์และความก้าวหน้าในงานวิจัยด้านภัยแล้ง และนำข้อมูลเหล่านั้นไปพัฒนาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงการฯ

1.3.1 นิยามของภัยแล้ง

เนื่องจากคำศัพท์แต่ละคำอาจมีการกำหนดนิยามที่แตกต่างกันจากแต่ละแหล่ง ดังนั้น การทบทวนวรรณกรรมจึงเริ่มจากการศึกษานิยามของคำศัพท์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานโครงการ เพื่อนำมาสรุปเป็นนิยามของโครงการฯ ที่ชัดเจนและใช้สื่อสารกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

นิยามของภัยแล้งในระดับสากลนั้น มีความหลากหลายและถูกกำหนดโดยนักวิจัยหลายคณะฯ Vlachos and James (1983) ให้นิยามภัยแล้งว่า เป็นสภาวะการขาดแคลนน้ำประเภทหนึ่งเมื่อพิจารณาโดยใช้เกณฑ์ด้านกระบวนการเกิด (Process) และบริบท (Context) ดังแสดงในรูปที่ 1-1 เกณฑ์ด้านกระบวนการเกิดจะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมซึ่งอาจเป็นกระบวนการทางธรรมชาติหรือกระบวนการที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ก็ได้ ส่วนเกณฑ์ด้านบริบทจะพิจารณาระยะเวลาการคงอยู่ของสภาวะแวดล้อมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบชั่วคราวหรือถาวร ตามนิยามของ Vlachos and James (1983) ภัยแล้งเป็นสภาวะความไม่สมดุลของน้ำที่เกิดจากกระบวนการตามธรรมชาติทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำชั่วคราว



รูปที่ 1-1 สภาวะการขาดแคลนน้ำ 4 ประเภท ตามนิยามของ Vlachos and James (1983)

Wilhite and Glantz (1985) ให้นิยามภัยแล้งโดยพิจารณาภัยแล้งใน 2 รูปแบบ คือ รูปแบบตามกรอบแนวคิด (Conceptual) และรูปแบบเชิงปฏิบัติการ (Operational) นิยามของภัยแล้งบนรูปแบบตามกรอบแนวคิดหมายถึง ความเข้าใจและนโยบายเกี่ยวกับภัยแล้ง ส่วนนิยามของภัยแล้งบนรูปแบบเชิงปฏิบัติการ หมายถึง เกณฑ์ในการกำหนดเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของภัยแล้ง และระดับความรุนแรงของภัยแล้งสำหรับการดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง

"ภัยแล้ง" คือ ช่วงเวลาที่ไม่มีฝนตกอย่างต่อเนื่องและยาวนาน (World Meteorological Organization (WMO) 1986)

"ภัยแล้ง" คือ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นเมื่อฝนที่ตกมีปริมาณต่ำกว่าเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับปริมาณฝนปกติที่ได้มีการบันทึกไว้ ส่งผลให้กระบวนการทางอุทกวิทยาเกิดความไม่สมดุลและส่งผลทางด้านลบต่อการเกษตร (General UN Secretariat 1994)

ในประเทศไทย นิยามของภัยแล้งที่ใช้กันโดยทั่วไป เป็นนิยามที่กำหนดโดยกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ และกรมอุตุนิยมวิทยา ดังนี้

"ภัยแล้ง" หมายถึง ความแห้งแล้งของลมฟ้าอากาศ อันเกิดจากการที่มีปริมาณฝนน้อย หรือฝนไม่ตกเป็นระยะเวลานานและครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ทาให้เกิดการขาดแคลนน้ำดื่ม น้ำใช้ พืชพันธุ์ ไม้ต่าง ๆ ขาดน้ำไม่สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ เกิดความเสียหายและส่งผลกระทบอย่างกว้างขวางรุนแรงต่อประชาชน (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ.2558)

"ภัยแล้ง" หมายถึง ภัยที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำ น้ำฝน น้ำใต้ดิน หรือน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติหรืออ่างเก็บน้ำ มีน้อยกว่าปกติในช่วงเวลาหนึ่ง โดยมีปริมาณน้อยกว่าที่พืช คน หรือสัตว์ต้องการ ซึ่งเป็นสภาวะการขาดแคลนน้ำอุปโภคและบริโภค รวมถึงน้ำเพื่อการเกษตรและอุตสาหกรรมในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเป็นเวลานานจนก่อให้เกิดความเสียหาย และส่งผลกระทบอย่างกว้างขวางต่อชุมชน สังคม และระบบเศรษฐกิจโดยรวม (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558)

กรมอุตุนิยมวิทยา ได้กำหนดนิยามของภัยแล้ง ฝนแล้ง และฝนทิ้งช่วง ตามที่ได้ชี้แจงต่อกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยในบันทึกเรื่องหารือคำและความหมายในทางอุตุนิยมวิทยา ลงวันที่ 7 มิถุนายน 2556 ไว้ดังนี้

"ภัยแล้ง" หมายถึง ภัยที่เกิดจากการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเป็นเวลานาน จนก่อให้เกิดความแห้งแล้ง และส่งผลกระทบต่อชุมชม สำหรับภัยแล้งในประเทศไทย ส่วนใหญ่เกิดจากฝนแล้งและฝนทิ้งช่วง ภัยแล้งในประเทศไทยจะเกิดใน 2 ช่วง ได้แก่

1) ช่วงฤดูหนาวต่อเนื่องถึงฤดูร้อน ซึ่งเริ่มจากครึ่งหลังของเดือนตุลาคมเป็นต้นไป บริเวณประเทศไทยตอนบน (ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันออก) จะมี

ปริมาณฝนลดลงเป็นลำดับ จนกระทั่งเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมของปีถัดไป ซึ่งภัยแล้งลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี

2) ช่วงกลางฤดูฝน ประมาณปลายเดือนมิถุนายนถึงต้นเดือนกรกฎาคมจะมีฝนทิ้งช่วงเกิดขึ้น ภัยแล้ง ลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเฉพาะท้องถิ่นหรือบางบริเวณ บางครั้งอาจครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างเกือบทั่วประเทศ

"ฝนแล้ง" หมายถึง สภาวะที่มีฝนน้อยหรือไม่มีฝนเลยในช่วงเวลาหนึ่งซึ่งตามปกติควรจะต้องมีฝน (ภาวะที่ปริมาณฝนตกน้อยกว่าปกติหรือฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล) โดยขึ้นอยู่กับสถานที่และฤดูกาล ณ ที่นั้นๆ ด้วย

"ฝนทิ้งช่วง" หมายถึง ช่วงที่มีปริมาณฝนตกไม่ถึงวันละ 1 มิลลิเมตรติดต่อกันเกิน 15 วัน ในช่วงฤดูฝน เดือนที่มีโอกาสเกิดฝนทิ้งช่วงสูง คือปลายเดือนมิถุนายนถึงต้นเดือนกรกฎาคม

ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค กระทรวง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้นิยามภัยแล้งไว้ ดังนี้

"ภัยแล้ง" หมายถึง ความแห้งแล้งของลมฟ้าอากาศ อันเกิดจากการที่มีฝนน้อยกว่าปกติ หรือฝนไม่ตก ต้องตามฤดูกาลเป็นระยะเวลานานกว่าปกติและครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้างทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำดื่มม น้ำใช้ พืชพันธุ์ไม้ต่างๆ ขาดน้ำทำให้ไม่เจริญเติบโตตามปกติ เกิดความเสียหายและความอดอยากทั่วไป

พระราชบัญญัติ ทรัพยากรน้ำ พ.ศ.2561 กำหนดความหมายของภาวะน้ำแล้งไว้ดังนี้

"ภาวะน้ำแล้ง" หมายความว่า สภาวะที่ปริมาณน้ำ ปริมาณการไหลของน้ำหรือระดับน้ำลดลงอย่างต่อเนื่องจนอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของคน สัตว์ และพืชที่อยู่ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง

จากการศึกษานิยามของภัยแล้งทั้งในระดับสากลและระดับประเทศ พบว่า มีความคล้ายคลึงกันในแง่ของความคลาดแคลนน้ำ ซึ่งมักเกิดจากปริมาณฝนน้อย หรือฝนไม่ตกเป็นระยะเวลานานก่อให้เกิดผลกระทบอย่างกว้างขวาง ดังนั้น ในการศึกษานี้ นิยามของภัยแล้งจึงกำหนดตามนิยามของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีความหมายครอบคลุมในมิติหลักและมีความเหมาะสมต่อบริบทของประเทศไทย

1.3.2 นิยามของความสามารถในการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นกลับคืน

แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ.2558 ได้กำหนดนิยามของความสามารถในการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นกลับคืน ไว้ดังนี้

"ความสามารถในการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นกลับคืน" (Resilience) หมายถึง ความสามารถของระบบ ชุมชน หรือสังคมในการเผชิญต่อเหตุการณ์ภัยหรืออันตราย ความสามารถในการ

ต้านทานหรือปรับตัวต่อสภาพเหล่านี้ได้ ตลอดจน ความสามารถในการฟื้นฟูตัวเองจากผลกระทบของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในเวลาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ รวมถึงกระบวนการในการป้องกัน บำบัด และฟื้นฟูโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญ นอกจากนี้ ยังหมายถึง ความสามารถในการฟื้นตัวจากภาวะช็อค หรือภาวะที่ทำให้เกิดความชะงักงัน ทั้งนี้ ความสามารถของชุมชนในการรู้รับปรับตัว และฟื้นคืนจากภัยขึ้นอยู่กับทรัพยากรที่ชุมชนมีอยู่ และขีดความสามารถในการจัดการทั้งช่วงก่อน ระหว่าง และหลังเหตุการณ์สาธารณภัย

1.3.3 นิยามของคำศัพท์อื่นที่เกี่ยวข้องกับโครงการฯ

พระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2550 และแผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ.2558 ได้กำหนดนิยามของคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องการกับการศึกษาของโครงการฯ ไว้ดังนี้

"ภัย" (Hazard) หมายถึง เหตุการณ์ที่เกิดจากภัยธรรมชาติหรือการกระทำของมนุษย์ ที่อาจนำ มาซึ่งความ สูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สิน ตลอดจนทำ ให้เกิดผลกระทบทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

"สาธารณภัย" หมายถึง "อัคคีภัย วาตภัย อุทกภัย ภัยแล้ง โรคระบาดในมนุษย์ โรคระบาดสัตว์ โรคระบาดสัตว์น้ำ การระบาดของศัตรูพืช ตลอดจนภัยอื่นๆ อันมีผลกระทบต่อสาธารณชน ไม่ว่าเกิดจากธรรมชาติ มีผู้ทำให้เกิดขึ้น อุบัติเหตุ หรือเหตุอื่นใด ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิต ร่างกายของประชาชน หรือความเสียหายแก่ทรัพย์สินของประชาชน หรือของรัฐ และให้ความหมายรวมถึงภัยทางอากาศ และการก่อวินาศกรรมด้วย"

"ภัยพิบัติ" (Disaster) หมายถึง การหยุดชะงักอย่างรุนแรงของการปฏิบัติหน้าที่ของชุมชนหรือสังคม อันเป็นผลมาจากการเกิดภัยทางธรรมชาติหรือเกิดจากมนุษย์ ซึ่งส่งผลต่อชีวิต ทรัพย์สิน สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมอย่างกว้างขวาง เกินกว่าความสามารถของชุมชนหรือสังคมที่ได้รับผลกระทบดังกล่าวจะรับมือได้โดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ ซึ่งตามนิยามนี้ "ภัยพิบัติ" เป็นการให้ความสำคัญกับ "สาธารณภัย" ที่ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงเกินกว่าที่สังคมจะรับมือได้ ด้วยเหตุนี้จึงพบได้บ่อยครั้งที่คำว่า "ภัยพิบัติ" จะถูกนำมาใช้แทนคำว่า "สาธารณภัย" (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2556)

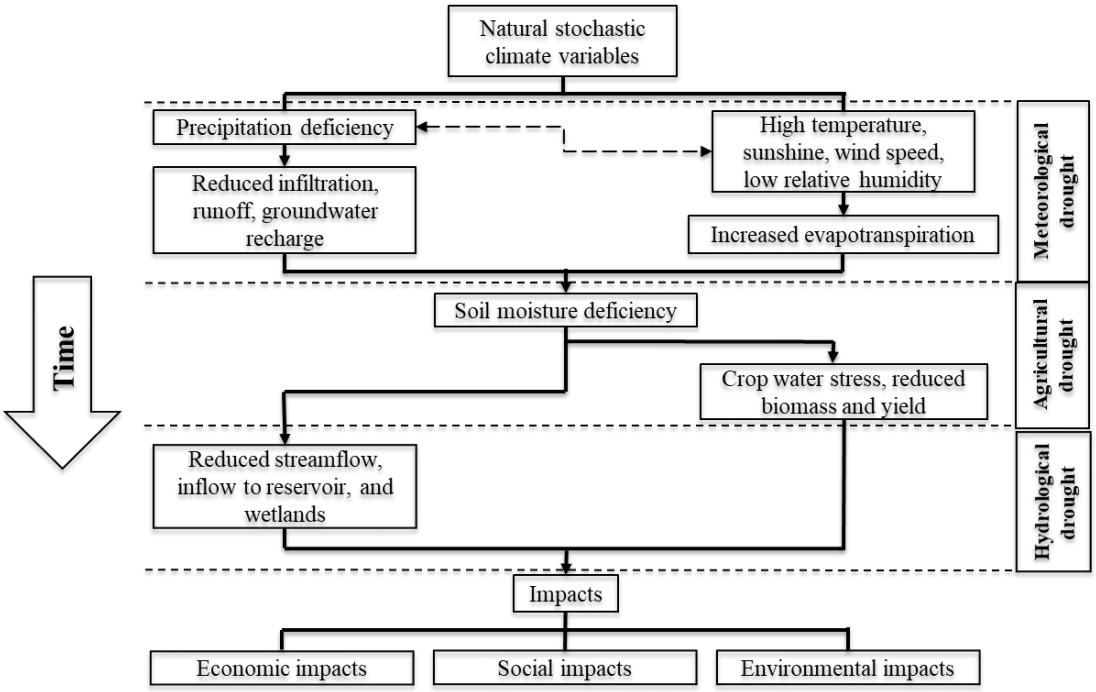
1.3.4 สาเหตุ ลักษณะ และประเภทของภัยแล้ง

ภัยแล้งเกิดจาก 2 สาเหตุ คือ สาเหตุโดยธรรมชาติ (เช่น ระบบการหมุนเวียนของบรรยากาศ การเปลี่ยนแปลงส่วนผสมของบรรยากาศ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล การเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศกับน้ำทะเลหรือมหาสมุทร การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ภาวะโลกร้อน ภัยธรรมชาติ เช่น วาตภัย และแผ่นดินไหว) และสาเหตุโดยการกระทำของมนุษย์ (เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การพัฒนาด้านอุตสาหกรรม การทำลายชั้นโอโซน ภาวะเรือนกระจก) (กรมอุตุนิยมวิทยา 2561) การเกิดภัยแล้งมิใช่เกิดจาก สาเหตุใดสาเหตุหนึ่งเพียงอย่างเดียว ซึ่งศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อมได้ประมวลสาเหตุของการเกิดภัยแล้งไว้ ดังนี้ (ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2551)

1) เกิดจากสภาวะอากาศในฤดูร้อนที่ร้อนมากกว่าปกติ
2) เกิดจากการพัดพาของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
3) ความผิดปกติของตำแหน่งร่องมรสุม ทำให้ฝนตกในพื้นที่ไม่ต่อเนื่อง
4) ความผิดปกติเนื่องจากพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนที่ผ่านประเทศไทยน้อยกว่าปกติ
5) การเปลี่ยนแปลงความสมดุลของพลังงานที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ จากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาพลาสติก น้ำมัน และถ่านหิน ทำให้เกิดช่องโหว่ในชั้นโอโซน
6) ผลกระทบจากปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจก เนื่องจากส่วนผสมของบรรยากาศ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ ลอยขึ้นไปเคลือบชั้นล่างของชั้นโอโซน ทำให้ความร้อนสะสมอยู่ในอากาศใกล้ผิวโลกมากขึ้น ทำให้อากาศร้อนกว่าปกติ
7) การพัฒนาด้านอุตสาหกรรมต่างๆ รวมถึงความต้องการใช้น้ำโดยเฉพาะการใช้น้ำเพื่อการเกษตรที่เพิ่มขึ้น
8) การตัดไม้ทำลายป่า ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมอันเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของภูมิอากาศ เช่น ฝน อุณหภูมิ และความชื้น เป็นต้น

ภัยแล้งเป็นสาธารณภัยหรือภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ประเภทของภัยแล้งสามารถแบ่งได้หลายแบบตามเกณฑ์ที่แตกต่างกัน แต่โดยทั่วแล้วภัยแล้งจะแบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ภัยแล้งด้านอุตุนิยมวิทยา ภัยแล้งด้านการเกษตร ภัยแล้งด้านอุทกวิทยา และภัยแล้งด้านเศรษฐศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 1-2 ภัยแล้งทั้ง 4 ประเภทนี้จะเกิดเรียงเป็นลำดับ เริ่มจากภัยแล้งด้านอุตุนิยมวิทยาซึ่งเกิดจากความไม่แน่นอนของปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิสูง ความชื้นในอากาศต่ำ ส่งผลให้ปริมาณฝนตกน้อย ปริมาณการซึมต่ำ ซึ่งมีผลต่อเนื่องทำให้ปริมาณความชื้นในดินต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชก่อให้เกิดเป็นภัยแล้งด้านการเกษตร น้ำที่ไหลในแม่น้ำ น้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และพื้นที่ชุมน้ำก็มีปริมาณลดลงทำให้เกิดภัยแล้งด้านอุทกวิทยาเป็นลำดับถัดมา เมื่อมีภัยแล้งเกิดขึ้นจะก่อให้เกิดผลกระทบอย่างกว้างขวางตามมา ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 1-2 ประเภทของภัยแล้งและลำดับการเกิด (Wilhite and Glantz 1985)

ภัยแล้งส่งผลกระทบอย่างกว้างขวางต่อประชากรทั่วโลก ข้อมูลสถิติจาก CRED (2018) แสดงให้เห็นว่า ในปี 2561 มีประชากรจำนวน 9.3 ล้านคน ทั่วโลกที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง และเมื่อเปรียบเทียบกับภัยธรรมชาติประเภทอื่นๆ ภัยแล้งเป็นภัยที่ส่งผลกระทบต่อจำนวนประชากรมากที่สุด จากสถิติสะสมตั้งแต่ปี 2543 ถึง 2560 พบว่ามี 58.7 ล้านคน ทั่วโลกที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง ดังแสดงในตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติประเภทต่างๆ
(ปี 2561 และเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2543 ถึง 2560)

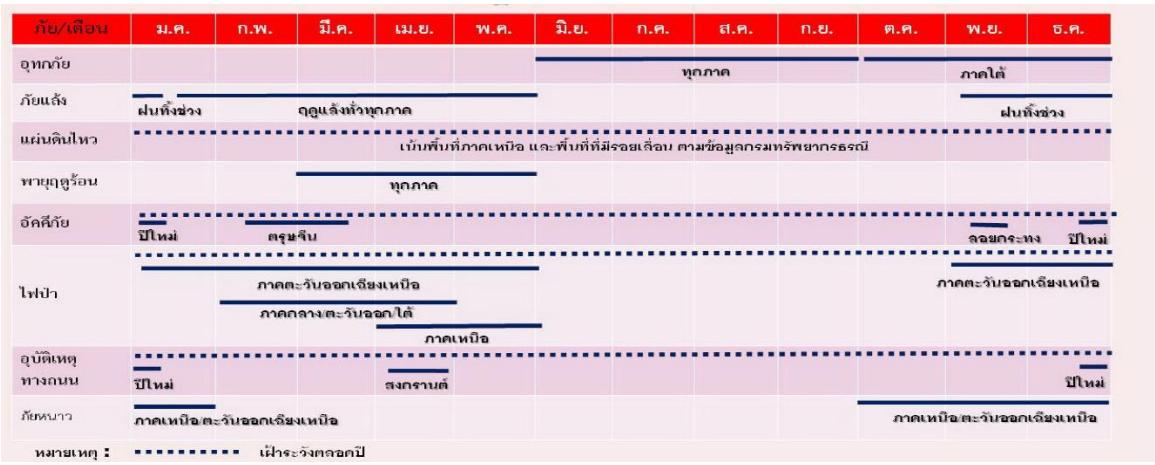
Event	2018	Average (2000-2017)
Drought	9,368,345	58,734,128
Earthquake	1,517,138	6,783,729
Extreme temperature	396,798	6,368,470
Flood	35,385,178	86,696,923
Landslide	54,908	263,831
Mass movement (dry)	0	286
Storm	12,884,845	34,083,106
Volcanic activity	1,908,770	169,308
Wildfire	256,635	19,243
Total	**61,772,617**	**193,312,310**

Source: EM-DAT (International Disaster Database)

แม้ว่าภัยแล้งจะเป็นภัยที่ส่งผลกระทบอย่างกว้างขวางต่อประชากรโลก รายงานและข้อมูลเกี่ยวกับภัยแล้งยังค่อนข้างจำกัด จึงเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเกิดภัยแล้งและผลกระทบในพื้นที่ต่างๆ โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา การประเมินผลกระทบของภัยแล้งต่อสังคมและชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์นั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งและต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนเพื่อพัฒนาความสามารถในการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้ง แต่ประเด็นนี้ยังคงเป็นความท้าทายต่องานวิจัยเนื่องจากผลกระทบด้านสังคมและชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์นั้นยากที่จะประเมินค่าเป็นตัวเลข

1.3.5 ภัยแล้งในประเทศไทย

เนื่องจากประเทศไทยประสบสาธารภัยและภัยแล้งอยู่บ่อยครั้ง โดยมักจะเกิดเป็นประจำในช่วงระยะเวลาหนึ่งในระยะเวลาหลายทศวรรษที่ผ่านมา จึงทำให้มีความสามารถคาดการณ์ได้มากขึ้น ช่วงเวลาการเกิดสาธารณภัยและภัยแล้งแสดงได้ดังปฏิทินสาธารณภัยในรูปที่ 1-3 อย่างไรก็ตามสาธารณภัยและภัยแล้งอาจมีรูปแบบที่เปลี่ยนไปจากเดิมเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งทำให้มีความไม่แน่นอนสูง และคาดการณ์ได้ยาก (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2558)



รูปที่ 1-3 ปฏิทินสาธารณภัย (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2558)

ภัยแล้งในประเทศไทยเป็นภัยแล้งที่เกิดจากขาดฝนหรือฝนแล้งในช่วงฤดูฝน และเกิดฝนทิ้งช่วงในเดือนมิถุนายนต่อเนื่องเดือนกรกฎาคม จากสถิติโดยกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยในช่วงปี 2540 - 2550 พบว่า ภัยแล้งในประเทศไทยมักเกิดในช่วงเดือนมกราคม – พฤษภาคม ในเกือบทุกภาคของประเทศ (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2556) ภัยแล้งในประเทศไทยส่วนใหญ่มีผลกระทบต่อการเกษตรกรรม (กรมอุตุนิยมวิทยา 2561) พื้นที่ที่

ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งมาก ได้แก่บริเวณที่อิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เข้าไปไม่ถึง และถ้าปีใดไม่มีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนผ่านในแนวดังกล่าวแล้วจะก่อให้เกิดภัยแล้งรุนแรงมากขึ้น พื้นที่ที่มักจะประสบปัญหาภัยแล้งเป็นประจำแสดงได้ดังตารางที่ 1-2 ซึ่งในภาคเหนือซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาของโครงการนั้นมักจะประสบปัญหาภัยแล้งเนื่องจากฝนแล้งในเดือนมี.ค.-เม.ย. และจากฝนทิ้งช่วงในเดือนมิ.ย.-ก.ค.

ตารางที่ 1-2 พื้นที่ที่มักจะประสบปัญหาภัยแล้ง (กรมอุตุนิยมวิทยา 2561)

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	-	-

ภัยแล้งในประเทศไทยเกิดขึ้นในทุกภาค และมีพื้นที่แล้งซ้ำซากเพิ่มมากขึ้น (คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 2558) กรมอุตุนิยมวิทยา (2561) สรุปเหตุการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นในช่วงปี 2510-2536 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดภัยแล้งในหลายพื้นที่เนื่องจากฝนทิ้งช่วงกลางฤดูฝนเป็นระยะเวลายาวนานกว่าปกติ ตั้งแต่กรกฎาคมถึงกันยายน บริเวณที่ได้รับผลกระทบเป็นบริเวณกว้างคือ ภาคเหนือต่อภาคกลางทั้งหมด ตอนบนและด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และตอนบนของภาคใต้ฝั่งตะวันออก ภัยแล้งที่เกิดขึ้นแต่ละเหตุการณ์ในช่วงปี 2510-2536 สรุปได้ดังนี้

พ.ศ. 2510 พื้นที่ตั้งแต่จังหวัดชุมพรขึ้นมา รวมถึงตอนบนของประเทศเกือบทั้งหมดในภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือรวมทั้งกรุงเทพมหานคร มีปริมาณฝนน้อยมาก ทำให้เกิดภัยแล้งขึ้น

พ.ศ. 2511 พื้นที่ตั้งแต่ตอนกลางของภาคเหนือบริเวณจังหวัดพิษณุโลก ภาคกลางทั้งภาค ตลอด ถึงด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และตลอดฝั่งอ่าวไทยของภาคใต้เกือบทั้งหมด ได้รับปริมาณฝนน้อยมาก และส่งผลให้เกิดภัยแล้ง

พ.ศ. 2520 มีรายงานว่าเกิดภัยแล้วในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกลางเดือนสิงหาคม พื้นที่ที่ประสบภัยเกือบทั่วประเทศ

พ.ศ. 2522 เป็นปีที่เกิดฝนแล้งรุนแรง โดยมีรายงานว่าเกิดภัยแล้งในช่วงครึ่งหลังของเดือนกรกฎาคม และช่วงปลายเดือนสิงหาคมต่อเนื่องถึงสัปดาห์ที่ 3 ของเดือนกันยายน เนื่องจากปริมาณฝนตกลงมามีน้อยมาก ทำความเสียหายและมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยโดยเฉพาะด้านเกษตรกรรรม และอุตสาหกรรมรวมทั้งการผลิตไฟฟ้า นอกจากนั้นยังกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชนในประเทศเพราะขาดน้ำกิน น้ำใช้ บริเวณที่แล้งจัดนั้นมีบริเวณกว้างที่สุดคือภาคเหนือต่อภาคกลางทั้งหมด ทางตอนบนและด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน

พ.ศ. 2529 มีรายงานความเสียหายจากสำนักเลขาธิการป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน กระทรวงมหาดไทยว่า บริเวณที่ประสบภัยมีถึง 41 จังหวัด ซึ่งภัยแล้งในปีนี้เกิดจากภาวะฝนทิ้งช่วงที่ปรากฏชัดเจนเป็นเวลาหลายวัน คือช่วงปลายเดือนพฤษภาคมถึงต้นเดือนมิถุนายน ช่วงปลายเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม ช่วงครึ่งหลังของเดือนกันยายนและช่วงครึ่งแรกของเดือนตุลาคม

พ.ศ. 2530 เป็นปีที่ประสบกับภัยแล้งหนักอีกครั้งหนึ่งหลังจากที่ประสบมาแล้วจากปี 2529 โดยพื้นที่ที่ประสบภัยเป็นบริเวณกว้างในเกือบทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก และทวีความรุนแรงมากขึ้นในช่วงตอนกลางฤดูฝน

พ.ศ. 2533 มีฝนตกน้อยมากในเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายนทั่วประเทศ พื้นที่ทางการเกษตรที่ประสบปัญหาภัยแล้งส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้

พ.ศ. 2534 เป็นปีที่ปริมาณฝนสะสมมีน้อยตั้งแต่ต้นฤดูฝน เนื่องจากมีฝนตกในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางน้อยมาก อีกทั้งระดับน้ำในเขื่อนและอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าปกติมาก กรมชลประทานไม่สามารถที่จะระบายน้ำลงมาช่วงเกษตรกรที่อยู่ใต้เขื่อนได้ ทำให้เกิดภาวะการขาดแคลนน้ำขึ้น ในหลายพื้นที่บริเวณภาคเหนือตอนล่าง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันตก

พ.ศ. 2535 มีรายงานว่าเกิดภัยแล้งขึ้นในช่วงเดือนมีนาคมต่อเนื่องถึงเดือนมิถุนายนจากภาวะที่มีฝนตกในช่วงฤดูร้อนน้อย และมีภาวะฝนทิ้งช่วงปลายเดือนมิถุนายนต่อเนื่องต้นเดือนกรกฎาคม โดยพื้นที่ที่ประสบภัยแล้งส่วนใหญ่อยู่ใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ และภาคเหนือตามลำดับ

พ.ศ. 2536 มีรายงานว่าเกิดภัยแล้ง ในช่วงเดือนมีนาคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม และในช่วงกลางเดือนมิถุนายน เนื่องจากเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงตั้งแต่ประมาณกลางเดือนมิถุนายนถึงต้นเดือนกรกฎาคม นอกจากนั้นในช่วงปลายฤดูเพาะปลูก ฝนหมดเร็วกว่าปกติ โดยพื้นที่ที่ประสบภัยส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกและภาคใต้ตามลำดับ

หลังจากเหตุการณ์ภัยแล้งช่วงปี พ.ศ. 2510- 2536 ที่สรุปไว้โดยกรมอุตุนิยมวิทยาแล้ว จากการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งๆ ต่างๆ พบว่า ยังมีภัยแล้งเกิดขึ้นในช่วงปีหลังดังนี้

พ.ศ. 2548 ตั้งแต่ช่วงเดือนตุลาคมเป็นต้นมา ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำของเขื่อนหลักแต่ละเขื่อนลดต่ำลงอันเป็นผลมาจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศยังมีปริมาณฝนน้อยและต่ำกว่าค่าปกติต่อเนื่องตั้งแต่เดือนตุลาคม 2547 โดยเฉพาะพื้นที่ในภาคต่าง ๆ ดังนี้ ภาคเหนือ บริเวณ จ. ลำปาง ตาก เพชรบูรณ์ กำแพงเพชร ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณ จ. เลย ขอนแก่น มหาสารคาม กาฬสินธุ์ ชัยภูมิ นครราชสีมา อุบลราชธานี ภาคกลาง บริเวณ จ. นครสวรรค์ ชัยนาท อุทัยธานี ลพบุรี สุพรรณบุรี สิงห์บุรี กาญจนบุรี และ กรุงเทพมหานคร ภาคตะวันออก บริเวณ จ. ปราจีนบุรี สระแก้ว ชลบุรี และตราด ในช่วงฤดูร้อน มีฝนตกลงมาบ้างแต่มีปริมาณน้อย และตกไม่ต่อเนื่อง ทำให้ในหลายพื้นที่ของประเทศไทยมีปริมาณฝนไม่เพียงพอต่อ การอุปโภค บริโภค และการเกษตรกรรม พื้นที่การเกษตรประสบภัย 66 จังหวัด แยกเป็นภาคเหนือ 17 จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 19 จังหวัด ภาคกลาง 12 จังหวัด ภาคตะวันออก 8 จังหวัด ภาคใต้ 10 จังหวัด มีจำนวนหมู่บ้านที่ประสบภัยแล้งถึง 73,663 หมู่บ้าน เกษตรกรได้รับความเดือดร้อน จำนวน 1,541,712 ราย พื้นที่การเกษตรได้รับความเสียหาย 26.8 ล้านไร่ คิดเป็นมูลค่า 7,544 ล้านบาท ปริมาณผลผลิตสินค้าเกษตรสำคัญที่ออกสู่ตลาดลดลง กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้ กำหนดมาตรการเร่งด่วนให้เกษตรกรที่ต้องใช้น้ำจากลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างงดการปลูกข้าวนาปรังครั้งที่ 2 โดยเด็ดขาด ส่วนเกษตรกรที่ต้องใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำที่อยู่ในขั้นวิกฤติ 6 อ่าง ได้แก่ เขื่อนลำตะคอง เขื่อนลำพระเพลิง เขื่อนกระเสียว เขื่อนทับเสลา เขื่อนแก่งกระจานและเขื่อนปราณบุรี ให้งดปลูกพืชฤดูแล้ง สำนักฝนหลวงและการบินเกษตรได้เพิ่มศูนย์ปฏิบัติการฝนหลวงทั่วประเทศจาก 9 แห่งเป็น 15 แห่ง และขอสนับสนุนเครื่องบินจากสำนักงานตำรวจแห่งชาติและเหล่าทัพ (สสนก. 2548)

พ.ศ. 2552 พบว่าตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน พื้นที่ในเกือบทุกภาคของประเทศมีปริมาณฝนเฉลี่ยน้อยกว่าค่าสถิติ (สสนก. 2553) มีจำนวนหมู่บ้านที่ประสบภัยแล้งถึง 19,472 หมู่บ้าน ส่งผลกระทบต่อความเสียหายด้านการเกษตรมาโดยตลอด รวมทั้งยังเกิดภัยแล้งรุนแรงมาก เป็นจำนวน 17.9 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 13.8 ของพื้นที่ทำการเกษตรทั้งประเทศ (ศุภศิลป์ กุลจิตต์เจือวงศ์ 2556)

พ.ศ. 2553 พบว่ามีอากาศร้อนอบอ้าวเกือบทั่วไป และอากาศร้อนจัดหลายพื้นที่ บริเวณประเทศไทยตอนบน ส่วนมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดช่วงจะสูงกว่าค่าปกติ และสูงกว่าปีที่ผ่านมา มีปริมาณฝนตกน้อยมากโดยเฉพาะตอนบนของประเทศ โดยช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน มีฝนบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออกและภาคใต้ รวมทั้งผลกระทบจากปรากฏการณ์เอลนีโญทำให้หลายพื้นที่ของประเทศไทยต้องประสบกับความแห้งแล้ง พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบโดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นอกเขตชลประทาน เป็นเหตุให้ราษฎรประสบปัญหาขาดแคลนน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค รวมทั้งน้ำเพื่อการเกษตร ทำให้พื้นที่การเกษตรได้รับความเสียหายแล้วเป็นบางส่วน (สสนก. 2553)

พ.ศ. 2557 ภัยแล้งมีปัจจัยหลักจากปริมาณฝน ถึงแม้ว่าปริมาณฝนสะสมทั้งประเทศในปี 2556 จะสูงกว่าค่าเฉลี่ย 14% แต่กลับพบว่ามีฝนที่ตกบริเวณพื้นที่รับน้ำของเขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ค่อนข้างน้อย ทำให้ปริมาณน้ำไหลลงอ่างสะสมทั้งปีของทั้งสองเขื่อนน้อยที่สุดในรอบ 10 ปี ซึ่งรวมถึงน้อยกว่าปีพ.ศ. 2548 และ 2553 ที่ประเทศไทยเกิดภัยแล้งรุนแรง ส่งผลให้ปริมาณน้ำต้นทุนปีพ.ศ. 2557 ค่อนข้างน้อย อีกทั้งช่วงต้นปี 2557 ฝนยังคงตกน้อยต่อเนื่อง ทำให้สถานการณ์น้ำในเขื่อนตกอยู่ในภาวะเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำ ในทางตรงกันข้าม ช่วงเวลาดังกล่าว เกษตรกรได้เพาะปลูกพืชเกินกว่าแผนของกรมชลประทานค่อนข้างมาก โดยเฉพาะลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่มีการปลูกข้าวนาปรังในเขตพื้นที่ชลประทานเกินจากแผนไปถึง 119% ปริมาณน้ำที่ระบายจากเขื่อนจึงถูกสูบออกจากลำน้ำเพื่อนำไปใช้ในการเกษตรเป็นส่วนใหญ่แต่ก็ยังไม่เพียงพอ การทำนาหรือปลูกพืชของเกษตรกรในหลายจังหวัดต้องปล่อยให้เสียหายและยืนต้นตาย เนื่องจากปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรในฤดูแล้งไม่เพียงพอ จากการสูบน้ำออกจากลำน้ำเพื่อการเกษตรส่งผลให้มีปริมาณน้ำไม่เพียงพอเพื่อใช้ในการผลักดันน้ำเค็ม ซึ่งปี 2557 เกิดสถานการณ์น้ำเค็มรุกล้ำลำน้ำตั้งแต่ช่วงปลายเดือนมกราคม ซึ่งเป็นการรุกล้ำที่เร็วกว่าปกติมาก ปกติแล้วน้ำเค็มจะรุกล้ำช่วงเดือนพฤษภาคมของทุกปี ระดับความเค็มเกินค่ามาตรฐานค่อนข้างมากโดยเฉพาะในแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำบางปะกง ข้อมูลค่าความเค็มของกรมชลประทานและการประปานครหลวงแสดงให้เห็นว่าแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณสถานีสำแล จ.ปทุมธานี เมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557 เวลา 22.00 น. มีความเค็มสูงถึง 1.92 กรัมต่อลิตร (สูงกว่าปีพ.ศ. 2553 ซึ่งเป็นปีที่ประเทศไทยประสบปัญหาภัยแล้งรุนแรง) และมีความเค็มเกินค่ามาตรฐานต่อเนื่องนานถึง 70 ชั่วโมง ส่งผลกระทบต่อเนื่องไปถึงการใช้น้ำด้านการเกษตรรวมทั้งการผลิตน้ำประปาเพื่ออุปโภคบริโภค ปริมาณการไหลของน้ำในแม่น้ำหลาย เช่น ปิง ยม น่าน เจ้าพระยา มีค่าต่ำกว่าปกติ ภัยแล้งปี 2557 นับว่าเป็นภัยแล้งที่หนักที่สุดในรอบ 10 ปี จากรายงานของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2556 ถึงเดือนเมษายน 2557 มีจังหวัดที่ได้รับผลกระทบและประกาศเขตการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน (ภัยแล้ง) ทั้งหมด 44 จังหวัด 311 อำเภอ 1,927 ตำบล 18,355 หมู่บ้าน

แบ่งเป็น ภาคเหนือ 13 จังหวัด ตะวันออกเฉียงเหนือ 10 จังหวัด ภาคกลาง 7 จังหวัด ภาคตะวันออก 7 จังหวัด และ ภาคใต้ 7 จังหวัด (สสนก. 2557) ในจังหวัดเชียงใหม่ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำปิงมีพื้นที่ได้รับผลกระทบและประกาศเขตการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน (ภัยแล้ง) 25 อำเภอ ได้แก่ อมก๋อย หางดง พร้าว ดอยหล่อ ไชยปราการ ดอยเต่า ป่าตอง แม่ริม ฮอด กัลยาณิวัฒนา จอมทอง สารภี แม่แตง แม่แจ่ม ดอยสะเก็ด สะเมิง เชียงดาว แม่วาง เมือง ฝาง แม่ออน สันกำแพง เวียงแห่ง สันทราย แม่อาย

พ.ศ. 2558 เกิดภัยแล้งอย่างกว้างขวางหลายพื้นที่และส่งผลกระทบในหลายจังหวัด เนื่องจากปริมาณน้ำฝนสะสมและน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางในปีก่อนหน้าต่ำกว่าค่าปกติอย่างมาก ประกอบการภาวะฝนทิ้งช่วงในปี พ.ศ. 2558 ลักษณะของฝนที่ตกจะตกหนักกระจุกตัวเป็นหย่อมๆ ตามแนวขอบประเทศ ภาคเหนือมีปริมาณฝนน้อยกว่าค่าเฉลี่ยและน้อยกว่าทุกปีในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ทั้ง 33 แห่งทั่วประเทศ มีปริมาณน้ำกักเก็บคงเหลือทั้งสิ้น 40,009 ล้าน ลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 57% ของความจุ และเป็นน้ำใช้การได้จริงเพียง 16,596 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับลุ่มน้ำเจ้าพระยา อ่างเก็บน้ำหลักทั้ง 4 อ่าง คือ เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อย และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์มีปริมาณน้ำกักเก็บคงเหลือรวมกัน 11,850 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 48% โดยเป็นปริมาณน้ำใช้การได้จริงเพียง 5,154 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการเพาะปลูกในช่วงฤดูแล้ง สำหรับเขื่อนภูมิพล สถานการณ์อยู่ในภาวะน้ำน้อยวิกฤต ณ วันที่ 30 เมษายน 2558 ซึ่งเป็นวันสิ้นสุดฤดูแล้ง มีปริมาณน้ำคงเหลือเพียง 5,241 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็น 39% ของความจุอ่าง และมีน้ำใช้การได้จริงเพียง 1,411 ล้านลูกบาศก์เมตร ส่วนเขื่อนสิริกิติ์มีปริมาณน้ำเหลือ 4,794 ล้านลูกบากศเมตร คิดเป็น 50% ของความจุอ่าง มีน้ำใช้การได้จริง 1,944 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์น้ำค่อนข้างน้อย (สสนก. 2558) ภาวะภัยแล้ง ใน พ.ศ. 2558 นับว่าหนักที่สุดในรอบ 15 ปี โดยเฉพาะอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ในแถบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีการใช้น้ำไปเพื่อการเพาะปลูกพืชเกษตรเป็นสำคัญโดยเฉพาะข้าว ปริมาณน้ำต้นทุนที่ใช้การได้ในอ่างเก็บน้ำที่อยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับปีก่อน หรือลดลง 16.9% จากผลกระทบของปัญหาภัยแล้งดังกล่าวรัฐบาลได้ออกมาประชาสัมพันธ์เพื่อขอความร่วมมือในการใช้น้ำอุปโภคบริโภค และน้ำเพื่อการเกษตรตามที่หน่วยงานของรัฐได้มีการแจ้งเตือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการงดทำนาปรังในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำแม่กลอง รวมทั้งการรณรงค์การใช้น้ำอย่างประหยัดเพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น และกองบัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติได้ร่วมกับหน่วยทหารและ หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เข้าให้ความช่วยเหลือเพื่อบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชนตามนโยบายการแก้ไขปัญหาภัยแล้งเร่งด่วน คือ การขุดลอกคูคลอง สนับสนุนการจัดสรรน้ำดิบเพื่อการผลิตให้กับการประปาส่วน ภูมิภาคและการประปาท้องถิ่นได้ตลอดฤดูแล้ง โดยซ่อมบ่อน้ำบาดาลที่เป็นน้ำดิบ และจัดรถบรรทุกแจกจ่ายน้ำในพื้นที่เพื่อสนับสนุนการสูบน้ำดิบ

เข้าสู่ระบบประปาหมู่บ้านและถังน้ำกลางประจำหมู่บ้าน และขอให้ประชาชนเตรียมรับมือปัญหาภัยแล้ง ด้วยการซ่อมแซมภาชนะกักเก็บน้ำเพื่อสำรองน้ าไว้ใช้และใช้น้ำอย่างประหยัด ขณะที่ศูนย์บรรเทาสาธารณภัย กองทัพอากาศ (ศบภ.ทอ.) ได้มีการจัดส่งเครื่องบินลำเลียง 1 เครื่อง สนับสนุนการโปรยน้ำในอากาศ เพื่อลดปัญหาหมอกควัน ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และพื้นที่ใกล้เคียง โดยปฏิบัติการตั้งแต่วันที่ 6-31 มีนาคม 2558 (สำนักวิชาการ สำนักเลขาธการสภาผู้แทนราษฎร 2558)

พ.ศ. 2559 ภัยแล้งมีปัจจัยจากปริมาณฝน ปริมาณฝนสะสมเฉลี่ยทั้งประเทศในปีก่อนหน้ามีเพียง 1,251 มิลลิเมตร น้อยกว่าปกติอยู่ประมาณ 14.73% หรือน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ปี 2524-2557 ซึ่งหมายรวมถึงการมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปีที่ประเทศไทยประสบภัยแล้งรุนแรง เช่น ปีพ.ศ. 2537 2548 และ 25553 ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงการกระจายตัวของฝนปี พ.ศ. 2558 พบว่าบริเวณตอนกลางของประเทศมีฝนตกน้อยมากเป็นบริเวณกว้าง ครอบคลุมทั้งพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง ด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ตอนบน ทั้งนี้พื้นที่ดังกล่าวมีฝนตกน้อยต่อเนื่องมาตั้งแต่ปีพ.ศ. 2557 และถึงแม้ว่าบริเวณชายขอบประเทศจะมีฝนตกอยู่บ้างแต่เป็นปริมาณฝนเพียงเล็กน้อยเท่านั้นและอยู่นอกพื้นที่รับน้ำของอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ส่งผลให้มีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ของประเทศทั้ง 33 อ่าง มีค่อนข้างน้อย เมื่อถึงสิ้นสุดฤดูฝนของปีพ.ศ. 2558 (31 ตุลาคม 2558) อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ทั่วประเทศจึงมีปริมาณน้ำคงเหลือเพื่อเป็นต้นทุนสำหรับฤดูแล้ง ปี 2558/2559 อยู่เพียง 41,105 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์น้อยวิกฤต โดยน้อยที่สุดในรอบหลายปีที่ผ่านมา รวมทั้งน้อยกว่าปี 2553 ซึ่งประเทศไทยประสบภัยแล้งรุนแรง และเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้งปี 2558/2559 (พฤศจิกายนถึงเมษายน) ฝนยังคงตกน้อยต่อเนื่อง อีกทั้งเมื่อเข้าสู่เดือนมีนาคมและเมษายน ฝนกลับตกน้อยกว่าปกติค่อนข้างมาก ส่งผลทำให้มีน้ำมาเติมในเขื่อนน้อยมาก สถานการณ์น้ำจึงอยู่ในภาวะวิกฤตตลอดฤดูกาล โดยมีน้ำคงเหลือรวมทั้งประเทศเมื่อสิ้นฤดูแล้งเพื่อเป็นน้ำต้นทุนในช่วงฤดูฝนปีพ.ศ. 2559 เพียง 32,476 ล้านลูกบาศก์เมตร เท่านั้น และหากพิจารณาข้อมูลเป็นรายภาคพบว่า ปี 2558 ปริมาณน้ำกักเก็บคงเหลือในแต่ละภาคมีอยู่ค่อนข้างน้อย มีเพียงภาคใต้ที่สถานการณ์น้ำอยู่ในภาวะปกติ นอกจากนี้สถานการณ์น้ำในภาคเหนือและภาคตะวันตกยังคงอยู่ในภาวะน้อยวิกฤตพร้อมกันต่อเนื่องจากปีที่แล้ว ทำให้ยังคงส่งผลกระทบถึงภาคกลางที่ใช้น้ำต้นทุนจากทั้งสองภาค สำหรับ 4 เขื่อนหลักในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ได้แก่ เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนแควน้อยบำรุงแดน และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ มีปริมาณน้ำกักเก็บ ณ วันเริ่มต้นเข้าสู่ฤดูแล้งเพียง 10,943 ล้านลูกบาศก์เมตร เท่านั้น ซึ่งเป็นปริมาณน้ำกักเก็บคงเหลือน้อยที่สุดในรอบหลายปี และเมื่อสิ้นสุดฤดูแล้งทั้ง 4 เขื่อน มีปริมาณน้ำกักเก็บเพื่อเป็นต้นทุนในฤดูฝนเพียง 10,515 ล้านลูกบาศก์เมตร ทำให้กรมชลประทานต้องประกาศขอความร่วมมืองดทำนาปรังในช่วงเวลาดังกล่าว จากรายงานของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ประจำวันที่ 29 เมษายน 2559 มีจังหวัดที่ได้รับผลกระทบและประกาศเขตการให้ความ

ช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติกรณีฉุกเฉิน (ภัยแล้ง) ทั้งหมด 29 จังหวัด 154 อำเภอ 705 ตำบล 5,679 หมู่บ้าน โดยแบ่งเป็น 1) พื้นที่ประสบภัยด้านน้ำอุปโภคบริโภค จำนวน 11 จังหวัด 34 อำเภอ 130 ตำบล 847 หมู่บ้าน ประกอบด้วย จังหวัดน่าน พิจิตร ลำพูน ตาก สุรินทร์ ขอนแก่น ชัยนาท สระบุรี ชลบุรี ตรัง ประจวบคีรีขันธ์ 2) พื้นที่ประสบภัยด้านน้ำเพื่อการเกษตร จำนวน 9 จังหวัด 70 อำเภอ 342 ตำบล 2,997 หมู่บ้าน ประกอบด้วย จังหวัดเชียงใหม่ (อำเภอดอยเต่า สันกำแพง แม่ริม แม่แตง จอมทอง ฮอด พร้าว ดอยหล่อ ดอยสะเก็ด กัลยาณิวัฒนา เชียงดาว ไชยปราการ ฝาง อมก๋อย สะเมิง แม่แจ่ม สันทราย และแม่อาย) พะเยา สุโขทัย นครพนม มหาสารคาม บุรีรัมย์ กาญจนบุรี สระแก้ว จันทบุรี 3) พื้นที่ประสบภัยด้านน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและด้านน้ำเพื่อการเกษตร จำนวน 9 จังหวัด 50 อำเภอ 233 ตำบล 1,835 หมู่บ้าน ประกอบด้วย จังหวัดอุตรดิตถ์ นครสวรรค์ นครราชสีมา เพชรบุรี ตราด สตูล กระบี่ นครศรีธรรมราช และหนองบัวลำภู (สสนก. 2559)

จากข้อมูลเหตุการณ์ภัยแล้งข้างต้นจะเห็นว่าประเทศไทยประสบปัญหาภัยแล้วอยู่หลายครั้ง โดยในรอบ 40 ปีที่ผ่านมา ภัยแล้งครั้งรุนแรงที่เกิดขึ้นในประเทศไทยคือในปี พ.ศ. 2522 พ.ศ. 2537 พ.ศ. 2542 พ.ศ. 2548 พ.ศ. 2553 พ.ศ. 2557 พ.ศ. 2558 (คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 2558, สสนก. 2553, สสนก. 2557, สสนก. 2558) ซึ่งภัยแล้งเกิดเป็นบริเวณกว้างเกือบทุกภาคของประเทศ สถานการณ์ที่ผ่านมา มีพื้นที่แล้งซ้ำซากเพิ่มมากขึ้น พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับต่างๆ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ สภาพดิน ปริมาณฝน เช่น พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรุนแรง เป็นพื้นที่ที่มีฝนตกมีปริมาณน้อยกว่าปีละ 1,000 มิลลิเมตร สภาพดินไม่อุ้มน้ำ และขาดแหล่งเก็บกักน้ำ ทำให้เกิดภัยแล้งซ้ำซาก และมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นทุกปี ในขณะที่บางพื้นที่มีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ และขนาดกลาง ทำให้สามารถบรรเทาปัญหาภัยแล้งได้ระดับหนึ่ง และในบางพื้นที่มีปริมาณฝนมากทำให้มีปัญหาภัยแล้งน้อย โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันตก ตามเกณฑ์ของคณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (2558) จำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งไว้ 3 ระดับ ดังนี้

ระดับ 3 หรือระดับรุนแรง เกิดมากกว่า 6 ครั้ง/10 ปี พื้นที่แล้งระดับนี้ โดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกอ้อยและนาข้าว ซึ่งพืชทั้งสองชนิดมีระดับการใช้น้ำที่มาก รวมถึงพื้นที่เป็นดินที่มีการระบายน้ำดีมาก การเก็บกักน้ำไม่ดี

ระดับ 2 หรือระดับปานกลาง เกิด 4-5 ครั้ง/10 ปี พื้นที่แล้งซ้ำซากระดับนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม ก่อให้เกิดภัยธรรมชาติ ได้แก่ ปรากฏการณ์เอลนิโญ ความผิดปกติของร่องมรสุม

ระดับ 1 หรือ ระดับน้อย เกิดน้อยกว่า 3 ครั้ง/10 ปี พื้นที่แล้งซ้ำซากระดับนี้เกิดจากสาเหตุฝนตกน้อยหรือไม่ตกตามฤดูกาล ก่อให้เกิดปัญหาภัยแล้ง เป็นช่วงปกติของฤดูกาลในประเทศไทย

หากพิจารณาสภาวะความแห้งแล้งตามที่ระบุโดยกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย จะแบ่งภัยแล้งได้ 3 สภาวะ คือ

สภาวะความแห้งแล้งอย่างเบา เป็นสภาวะความแห้งแล้งของอากาศที่มีฝนตกเฉลี่ยไม่ถึงวันละ 1 มม. เป็นระยะเวลาต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 15 วัน ในฤดูฝน

สภาวะความแห้งแล้งปานกลาง เป็นสภาวะความแห้งแล้งของอากาศที่มีฝนตกเฉลี่ยไม่ถึงวันละ 0.25 มม. เป็นระยะเวลาต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 29 วัน ในฤดูฝน

สภาวะความแห้งแล้งรุนแรง เป็นสภาวะความแห้งแล้งของอากาศที่ไม่มีฝนตกเลยต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 15 วัน ในฤดูฝนหรืออาจจะมีตกบ้างแต่ไม่มีวันใดเลยแม้แต่วันเดียวที่ฝนตกถึง 0.25 มม. และถ้ารุนแรงมากอาจจะไม่มีฝนตกนานนับเป็นเดือนๆ

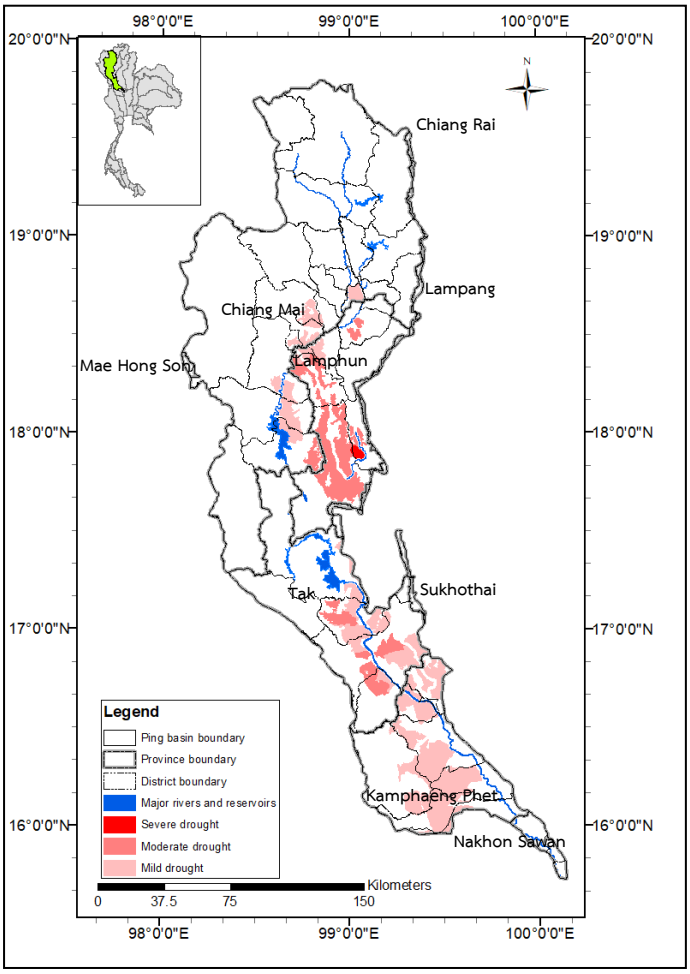
เกณฑ์พิจารณาพื้นที่เสี่ยงการเกิดภัยแล้ง สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อดำเนินการป้องกันและบรรเทาสถานการณ์ภัยแล้งแสดงดังตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-3 เกณฑ์พิจารณาพื้นที่เสี่ยงการเกิดภัยแล้ง สำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

เกณฑ์		พื้นที่เสี่ยงการเกิดภัยแล้ง
1. ปริมาณน้ำฝนรายปี (มม.)	<500	แห้งแล้งมาก
	501-1,000	ค่อนข้างแห้งแล้ง
	1,001-1200	กึ่งแห้งแล้ง
	>1,200	ไม่แห้งแล้ง
2. จำนวนวันที่ฝนตกใน 1 ปี	<50 วัน	แห้งแล้งมาก
	50-70 วัน	ค่อนข้างแห้งแล้ง
	71-90 วัน	กึ่งแห้งแล้ง
	>90 วัน	ไม่แห้งแล้ง

ภัยแล้งที่เกิดขึ้นในภาคเหนือมักอยู่ในระดับน้อยหรือปานกลาง แต่เนื่องจากพื้นที่ภาคเหนือเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนาซึ่งอาจทำให้มีความต้องการใช้น้ำและความเสี่ยงภัยแล้งเพิ่มสูงขึ้น ในลุ่มน้ำปิง พื้นที่ประสบภัยแล้ง อยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ ในอำเภอสันกำแพง แม่ริม แม่แตง แม่วาง ดอยหล่อ จอมทอง ฮอด ดอยเต่า สารภี พร้าว ดอยสะเก็ด กัลยาณิวัฒนา เชียงดาว ไชยปราการ ฝาง อมก๋อย สะเมิง แม่แจ่ม สันทราย และแม่อาย จังหวัดลำพูน ในอำเภอลี้ ทุ่งหัวช้าง บ้านโฮ่ง และป่าซาง จังหวัดตาก ในอำเภอบ้านตาก เมืองตาก และวังเจ้า และจังหวัดกำแพงเพชร ในอำเภอพรานกระต่าย โกสัมพีนคร เมืองกำแพงเพชร คลองขลุง คลองลาน และปางศิลาทอง

แผนที่เสี่ยงภัยแล้งซ้ำซากในลุ่มน้ำปิงจากสำนักพัฒนาแหล่งน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ แสดงได้ในรูปที่ 1-4



รูปที่ 1-4 พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในลุ่มน้ำปิง (สำนักพัฒนาแหล่งน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ)

1.3.4 ดัชนีภัยแล้ง

ดัชนีภัยแล้งเป็นตัวเลขที่ใช้ประเมินภัยแล้งโดยคำนวณจากค่าตัวแปรต่างๆ ทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีความสะดวกในการใช้งานมากกว่าการพิจารณาค่าตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาทีละตัว (Hayes 2006) มีดัชนีภัยแล้งจำนวนมากที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้งาน (Niemeyer 2008, Cai et al. 2011) โดยเฉพาะในช่วงศตวรรษที่ 20 ในช่วงแรกของการพัฒนาดัชนีภัยแล้งจะเน้นดัชนีที่พิจารณาในเชิงอุตุนิยมวิทยา เช่น Palmer Drought Severity Index (PDSI) (Palmer 1965), Palmer Modified Drought Index (PMDI) (Palmer 1965), Rainfall Anomaly Index (RAI) (Van Rooy 1965), Bhalme Mooley Drought Index (BMDI) (Bhalme and Mooley 1980), Standardized Anomaly Index (SAI) (Katz and Glantz 1986), Drought Severity Index (DSI) (Bryant et

al. 1992), Standardized Precipitation Index (SPI) (McKee et al. 1993), Effective Drought Index (EDI) (Byun and Wilhite 1999), Percent of Normal Precipitation (PNP) (Keyantash and Dracup 2002), Reconnaissance Drought Index (RDI) (Tsakiris and Vangelis 2005), Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) (Vicente-Serrano et al. 2010).

เนื่องจากดัชนีภัยแล้งนั้นมีจำนวนมาก มีคุณลักษณะ การคำนวณ ความเหมาะสมในการนำไปใช้งานแตกต่างกันไป ดังนั้น ในการทบวนวรรณกรรมนี้จะอธิบายเฉพาะดัชนีภัยแล้งที่นำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในด้านอุตุนิยมวิทยา การเกษตร และอุทกวิทยา สรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 1-4 สำหรับประเทศไทย กรมอุตุนิยมวิทยา (สานักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา 2555) ได้ศึกษาดัชนีความแห้งแล้ง 8 ตัว ได้แก่ ดัชนีความแห้งแล้งแสดงผลกระทบเนื่องจากฝน (EDI) ดัชนีความแห้งแล้งทางด้านเกษตรกรรมตามฤดูกาลมรสุม (GMI) ดัชนีความแห้งแล้งของฝนที่ต่างจากค่าปกติ (SPI) ดัชนีความชื้นที่เป็นประโยชน์สำหรับพืช (MAI) ดัชนีความแห้งแล้งที่ผิดปกติทางด้านเกษตรกรรม (AI) ดัชนีความแห้งแล้งที่ตรวจวัดและคำนวณได้จากดาวเทียม (SMest) ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณที่คำนวณได้จากดาวเทียม (NDVI) ดัชนีความชื้นในดินแบบสมดุลน้ำ (SMI) เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องบ่งบอกสถานะของภัยแล้ง

ตารางที่ 1-4 คำอธิบายโดยสังเขป สมการหลัก และลักษณะสำคัญของดัชนีภัยแล้งที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง (Sok, 2018)

ที่	ดัชนีภัยแล้ง	ประเภท	ข้อมูลนำเข้า	คำอธิบายโดยสังเขป	ลักษณะสำคัญ
1	Palmer Severity Drought Index (PSDI) (Palmer, 1965)	M	P, T, AWC	PSDI พิจารณาอุปสงค์และอุปทานน้ำแทนการพิจารณาค่าผิดปกติของฝน มีค่าอยู่ระหว่าง -4 และ 4 $$PSDI_k = \frac{Z_k}{3} - 0.897 PSDI_{k-1}$$	เป็นดัชนีผสมที่มีการใช้งานกว้างขวาง เป็นดัชนีที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่าดัชนีที่พิจารณาค่าฝนเพียงอย่างเดียว และมีประสิทธิภาพสูงเมื่อต้องการพิจารณาผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับความชื้นในดิน

ที่	ดัชนีภัยแล้ง	ประเภท	ข้อมูลนำเข้า	คำอธิบายโดยสังเขป	ลักษณะสำคัญ
2	Palmer Modified Drought Index (PMDI) (Palmer, 1965)	M	P, T, AWC	PMDI ใช้สมการในการคำนวณเหมือนกับสมการของ PSDI $$PSDI_k = \frac{Z_k}{3} - 0.897 PSDI_{k-1}$$	เป็นดัชนีที่พัฒนาบนพื้นฐานของ PSDI แต่มีความแตกต่างตรงการระบุระยะเวลาของภัยแล้ง
3	Rainfall Anomaly Index (RAI) (Van Rooy, 1965)	M	P	RAI ใช้ค่าฝนปกติในการคำนวณ และเปรียบเทียบค่าฝนในช่วงเวลาปัจจุบันกับค่าฝนในช่วงอดีต มีค่าอยู่ระหว่าง -3 และ 3 $$RAI = \pm 3 \frac{P - \bar{P}}{\bar{E} - \bar{P}}$$	เป็นดัชนีที่แสดงผลกระทบต่อการเกษตร ความผันผวนของรูปแบบฝนในแต่ละฤดูกาล และรูปแบบของการเกิดภัยแล้ง
4	Bhalme and Mooley Drought Index (BMDI) (Bhalme and Mooley, 1980)	M	P	BMDI คำนวณจากค่าสถิติของฝน ค่าผิดปกติของฝน และดัชนีความชื้นในดิน มีค่าอยู่ระหว่าง -4 และ 4 $$BMDI = \frac{\sum_1^n i_k}{n}$$	เป็นดัชนีแบบเอมพิริคัลหรือดัชนีที่พัฒนาขึ้นจากข้อมูลตรวจวัดของฝนรายเดือนระหว่างมิถุนายนถึงกันยายนซึ่งได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
5	Standardize Precipitation Index (SPI) (McKee et al., 1993)	M	P	SPI พัฒนาโดยการแปลงฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นของข้อมูลฝนเป็นการฟังก์ชั่นการกระจายแบบปกติ มักมีค่าอยู่ระหว่าง -3 และ 3 $$SPI = \frac{x_i - \bar{x}}{S}$$	เป็นดัชนีอย่างง่ายที่ใช้แสดงค่าผิดปกติของฝนได้ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ใช้วิเคราะห์ค่าผิดปกติของฝนที่เกิดขึ้นได้ในหลายช่วงเวลาตามความต้องการ ทั้งภัยแล้งระยะสั้น กลาง และ

ที่	ดัชนีภัยแล้ง	ประเภท	ข้อมูลนำเข้า	คำอธิบายโดยสังเขป	ลักษณะสำคัญ
					ยาว สามารถประยุกต์ใช้กับภัยแล้งด้านการเกษตรและด้านอุทกวิทยา
6	Effective Drought Index (EDI) (Byun and Wilhite, 1999)	M	P	EDI คำนวณโดยใช้ข้อมูลค่าฝนใช้การเป็นหลัก ค่าที่ใช้ในสมการคือค่าเฉลี่ยฝนใช้การ (mean of EP: MEP), ความเบี่ยงเบนของฝนใช้การ (deviation of EP: DEP), และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ DEP (standard deviation (ST) value of DEP) มักมีค่าอยู่ระหว่าง -2.5 และ 2.5 $$EDI = \left[\frac{DEP}{ST(DEP)}\right]$$	เป็นดัชนีที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขจุดอ่อนของ SPI เนื่องจาก EDI สามารถคำนวณเป็นรายวันได้ โดยไม่จำเป็นต้องรอให้มีข้อมูลฝนรายวันครบถ้วนทั้งหมดภายในเดือนที่ต้องการวิเคราะห์
7	Percentage of Normalized Precipitation (PNP) (Keyantash and Dracup, 2002)	M	P	PNP คำนวณได้จากข้อมูลฝนปกติในช่วง 30 ปี (normal precipitation: NP) $$PNP = \frac{P}{NP} \times 100$$	เป็นดัชนีที่คำนวณได้ง่าย และชี้ให้เห็นสถานภัยแล้งในช่วงเวลาตั้งแต่ระดับเดือนถึงระดับปีได้ เป็นดัชนีที่มีประสิทธิภาพสำหรับบ่งชี้ภัยแล้งในแต่ละฤดูกาลหรือแต่ละสถานที่ เป็นดัชนีง่ายต่อการทำความเข้าใจและสะดวกต่อการสื่อสาร
8	Standardize Precipitation Evapotranspiration	M	P, T	SPEI พัฒนาขึ้นจาก SPI โดยนำข้อมูลอุณหภูมิมาใช้ในการคำนวณ มีค่าอยู่ระหว่าง -5 และ 5 $$SPEI_{AJ} = 1.756 \times W_t - 1.704$$	เป็นดัชนีที่พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขจุดอ่อนของ SPI โดยพิจารณาสมดุล

ที่	ดัชนีภัยแล้ง	ประเภท	ข้อมูลนำเข้า	คำอธิบายโดยสังเขป	ลักษณะสำคัญ
	Index (SPEI) (Vicente-Serrano et al., 2010)				น้ำและการคายระเหยเพิ่มเติมจาก SPI
9	Palmer Anomaly Drought Index (Z index) (Palmer, 1965)	A	P, T, AWC	Z เป็นค่าที่ได้ระหว่างการคำนวณ PSDI มักมีค่าอยู่ระหว่าง -3.5 และ 3.5 $$Z = K_j d$$	มักใช้สำหรับติดตามภัยแล้งด้านการเกษตร เนื่องจากเป็นค่าที่อ่อนไหวต่อความชื้นในดิน เป็นดัชนีที่ไม่ซับซ้อนเมื่อเทียบกับ PDSI แต่การคำนวณต้องอาศัยสมมติฐานหลายอย่างเกี่ยวกับสมดุลน้ำ
10	Aridity Index Anomaly (Ia) (Thornthwaite, 1948)	A	P, T, WS, SR	Ia คำนวณบนพื้นฐานของสมดุลน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 1 และ 100 $$I_a = \frac{PE - ET}{PE}$$	เป็นดัชนีที่มักใช้ติดตามัยแล้งด้านการเกษตร และมักใช้บ่งบอกความเครียดของพืชเมื่อความชื้นในดินลดลง
11	Crop Moisture Index (CMI) (Palmer, 1968)	A	P, T, AWC	CMI เป็นดัชนีที่ได้มาจาก PSDI คำนวณได้จากค่าสะสมของการคายระเหยและการเติมน้ำในดิน เป็นค่าที่บ่งบอกระดับความชื้นในดินในช่วงเวลาสั้นๆ $$CMI_i = CMI_{i-1} + 1.8\frac{ETxET}{\sqrt{\alpha}}$$	เป็นค่าที่บ่งบอกระดับความชื้นในดิน และสภาพของพืช ในช่วงเวลาสั้นๆ เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงได้เร็ว จึงไม่สามารถใช้บ่งบอกสภาพในระยะยาวได้
12	Palmer Hydrological Drought Index (PHDI)	H	P, T, AWC	PHDI เป็นดัชนีที่ปรับปรุงมาจาก PSDI โดยพิจารณาความชื้นในดินและระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ	เป็นดัชนีที่สะท้อนผลกระทบของภัยแล้งด้านอุทกวิทยาซึ่งอาศัย

ที่	ดัชนีภัยแล้ง	ประเภท	ข้อมูลนำเข้า	คำอธิบายโดยสังเขป	ลักษณะสำคัญ
	(Palmer, 1965)			$PHDI_k = \frac{Z_k}{3} - 0.897 I_{k-1}$	ระยะเวลาในการพัฒนายาวกว่าภัยแล้งด้านอุตุนิยมวิทยา
13	Streamflow Drought Index (SDI) (Nalbantis and Tsakiris, 2009)	H	SF	SDI เป็นดัชนีที่มีหลักการเหมือนกับ SPI แต่คำนวณโดยใช้ข้อมูลน้ำท่าแทนข้อมูลน้ำฝน $$SDI_{i,k} = \frac{V_{i,k} - \bar{V}_k}{s_k}$$	เป็นดัชนีอย่างง่ายที่ใช้แสดงค่าผิดปกติของน้ำท่าได้ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ใช้วิเคราะห์ค่าผิดปกติของน้ำท่าที่เกิดขึ้นได้ในหลายช่วงเวลาตามความต้องการ ทั้งภัยแล้งระยะสั้น กลาง และยาว
14	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (Tucker, 1979)	A, RS	NIR, IR	NDVI คำนวณโดยใช้ข้อมูลการสะท้อนของแสงสีแดง (Red) และข้อมูลรังสีอินฟราเรดระยะใกล้ในการ (near-infrared: NIR) มีค่าอยู่ระหว่าง -1 และ 1 $$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$	เป็นดัชนีที่นิยมใช้ในการติดตามภัยแล้งด้านการเกษตรและลักษณะพืชพรรณของโลก
15	Normalized Difference Infrared Index (NDII) (Hardisky et al., 1983)	A, RS	NIR, SWIR	NDII เป็นดัชนีปกติที่คำนวณโดยใช้ค่าสัดส่วนของความแตกต่างระหว่างการสะท้อนของรังสีอินฟราเรดระยะใกล้ (NIR) และรังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น (short-wave infrared reflectance: SWIR) และข้อมูลการสะท้อนของพื้นผิวจากดาวเทียม MODIS (MOD09A1) มีค่าอยู่ระหว่าง –1 และ 1 $$\text{ข}NDII = \frac{\rho_{0.85} - \rho_{1.65}}{\rho_{00.85} + \rho_{1.65}}$$	เป็นดัชนีที่ใช้ติดตามปริมาณน้ำในใบพืช ใช้บ่งบอกความเครียดของพืชได้ เนื่องจากรังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณน้ำในใบพืช

ที่	ดัชนีภัยแล้ง	ประเภท	ข้อมูลนำเข้า	คำอธิบายโดยสังเขป	ลักษณะสำคัญ
16	Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) (Huete, 1988)	A, RS	NIR, IR	SAVI คำนวณได้โดยใช้หลักการเดียวกับ NDVI แต่มีการเพิ่มตัวคูณเข้ามา มีค่าอยู่ระหว่าง -1 และ 1 $SAVI = \left(\frac{NIR - Red}{NIR + Red} + L\right)(1 + L)$	เป็นดัชนีที่มักใช้ติดตามความชื้นในดินและพืช
17	Vegetation Condition Index (VCI) (Kogan, 1990)	A, RS	NIR, IR	VCI เป็นดัชนีที่คำนวณได้จากค่าปกติของ VI ในแต่ละพิกเซล มีค่าอยู่ระหว่าง -1 และ 1 $VCI = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}$	เป็นดัชนีที่มักใช้กับการติดตามภัยแล้งและผลกระทบต่อพืชพรรณในพื้นที่ที่ไม่ใหญ่นัก เช่น ระดับท้องถิ่น
18	Enhanced Vegetation Index (EVI) (Huete et al., 2002)	A, RS	NIR, IR	EVI ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 $EVI = G\frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + C_1\rho_{Red} - C_2\rho_{Blue}}$	เป็นดัชนีที่มีความอ่อนไหวต่อลักษณะโครงสร้างของพืช เช่น ทรงพุ่ม ขนาดของใบ ฯลฯ
19	Modified Perpendicular Drought Index (MPDI) (Ghulam et al., 2007c)	A, RS	NIR, IR	MPDI เป็นดัชนีที่คำนวณจากการสะท้อนของรังสีอินฟราเรดระยะใกล้ (NIR-red) $MPDI = \frac{1}{(1 - f_v)}(PDI - f_v PDI_v)$	เป็นดัชนีที่ดัดแปลงมาจาก PDI เป็นดัชนีที่ใช้ข้อมูลตรวจวัดความชื้นในดินในพื้นที่ที่ความลึก 0-20 cm สามารถใช้ติดตามภัยแล้งแบบเรียลไทม์ได้ แต่มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถแสดงผลจากลักษณะของดินที่มีความแตกต่างกันได้

ที่	ดัชนีภัยแล้ง	ประเภท	ข้อมูลนำเข้า	คำอธิบายโดยสังเขป	ลักษณะสำคัญ
20	Standardized Vegetation Index (SVI) (Nalbantis and Tsakiris, 2009)	A, RS	NDVI, IR, and NIR	SVI คำนวณจากค่าการแจกแจกแบบปกติ (Z-score) ของ NDVI $z_i = \frac{NDVI_i - \overline{NDVI}}{\sigma}$ $SVI = P(Z < z_i)$	เป็นดัชนีที่พัฒนาบนพื้นฐานของ NDVI สามารถบ่งบอกความสมบูรณ์ของพืชพรรณได้

หมายเหตุ: M = ภัยแล้งด้านอุตุนิยมวิทยา (Meteorological), A = ภัยแล้งด้านการเกษตร (Agricultural), H = ภัยแล้งด้านอุทกวิทยา (Hydrological), RS = ข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing), P = ฝน (Precipitation), T = อุณหภูมิ (Temperature), AWC = ค่าความชื้นในดิน (Available Water Capacity), SF = น้ำท่า (Streamflow), IR = อินฟราเรด (infrared), NIR = อินฟราเรดระยะใกล้ (Near Infrared), SWIR = อินฟราเรดคลื่นสั้น (Short Wave Infrared), SR = รังสีแสงอาทิตย์ (Solar Radiation), WS = ความเร็วลม (Wind Speed)

1.3.6 ผลกระทบของภัยแล้ง

ภัยแล้งมีผลกระทบกว้างขวางทั้งด้านเศรษฐกิจและสังคมในทุกภาคส่วน ตั้งแต่ภาคประชาชน ภาครัฐ และภาคเอกชน และในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ระดับบุคคลถึงระดับชาติหรืออาจถึงระดับโลก เมื่อเกิดภัยแล้ง รัฐบาลต้องเสียงบประมาณในการเผชิญสถานการณ์ฉุกเฉิน ช่วยเหลือบรรเทาทุกข์ จ่ายค่าชดเชย และยังมีค่าใช้จ่ายจำนวนมากที่ทั้งภาครัฐและเอกชนในแต่ละภาคส่วนรวมถึงประชาชนต้องใช้ในการฟื้นฟู ซึ่งต้องใช้เวลานานกว่าจะสามารถทำให้กลับมามีเสถียรภาพได้ดังเดิม เมื่อมีค่าใช้จ่ายเหล่านี้เกิดขึ้นจะกระทบต่องบประมาณเพื่อการพัฒนาต่างๆ จึงต้องมีการจัดสรรงบประมาณใหม่เพื่อเกลี่ยทรัพยากร ทั้งเงินทุน กำลังคน และวัสดุ อุปกรณ์จากโครงการพัฒนาที่ได้วางแผนไว้แล้วมาใช้เพื่อการฟื้นฟู การที่ภาครัฐและภาคส่วนต่างๆ ต้องแบกรับค่าใช้จ่ายดังกล่าวอาจกระทบสถานภาพทางเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ ส่งผลให้กิจกรรมการพัฒนาที่กำหนดไว้แล้ว หรืออยู่ในแผนงานถูกปรับลดงบประมาน ถูกเลื่อนออกไป หรืออาจต้องยกเลิกไปอย่าง สิ้นเชิง (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2557) สรุปสถานการณ์ภัยแล้งระหว่างปี 2532 ถึง 2558 จากข้อมูลจากกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย แสดงได้ดังตารางที่ 1-5 ซึ่งในปี 2538 และ 2541 เป็นปีที่มีจำนวนจังหวัด ที่ประสบเหตุการณ์ภัยแล้งสูงที่สุดถึง 72 จังหวัด ในปี 2544 เป็นปีที่มีจำนวนราษฎรได้รับผลกระทบมากที่สุดถึง 18,933,905 คน ในปี 2537 เป็นปีที่พื้นที่เกษตรได้รับความเสียหายเป็นพื้นที่สูดสุดถึง 17,923,817 ไร่ และปี 2548 เป็นปีที่มีมูลค่าความ

เสียหายสูงสุดเท่ากับ 7,565 ล้านบาท ปัญหาภัยแล้งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2555-2559 2555)

ตารางที่ 1-5 สรุปสถานการณ์ภัยแล้งระหว่างปี 2532 ถึง 2558 (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย)

ปี	พื้นที่ (จังหวัด)	ราษฎร (คน)	พื้นที่เกษตร (ไร่)	ความเสียหายเบื้องต้น (บาท)
2532	29	1,760,192	1,294,240	121,966,702
2533	48	2,107,100	1,970,703	92,170,601
2534	59	4,926,177	1,037,271	262,170,159
2535	70	8,100,916	5,334,471	176,180,163
2536	68	9,107,675	2,040,443	198,760,140
2537	66	8,763,014	17,923,817	98,762,160
2538	72	12,482,502	3,001,437	177,620,420
2539	61	10,967,930	101,900	289,164,000
2540	64	14,678,373	1,431,296	249,160,170
2541	72	6,510,111	1,789,285	69,170,111
2542	58	6,127,165	3,144,932	1,520,500,651
2543	59	10,561,526	472,700	641,712,873
2544	51	18,933,905	1,712,691	71,962,973
2545	68	12,841,110	2,071,560	508,781,944
2546	63	5,939,282	484,189	174,329,410
2547	64	8,388,728	1,480,209	190,668,884
2548	71	11,147,627	13,736,660	7,565,861,139
2549	61	11,862,358	578,753	495,275,738
2550	66	16,754,980	1,350,118	198,304,732
2551	61	13,298,895	524,999	103,900,841
2552	62	17,353,358	594,434	108,346,716
2553	64	15,740,824	1,716,853	1,415,223,466
2554	55	16,560,561	811,680	131,864,730
2555	53	15,235,830	1,486,512	399,178,544
2556	58	9,070,144	2,406,665	2,914,986,854
2557	50	5,771,955	1,675,015	68,983,841
2558	40	3,988,125	2,393,460	637,982,948

ภัยแล้งก่อให้เกิดผลกระทบเป็นลูกโซ่ได้ เช่น ช่วงปลายฤดูฝนปี 2557 ที่ประเทศไทยประสบปัญหาปริมาณฝนน้อยและปริมาณน้ำในเขื่อนอยู่ในภาวะวิกฤต คณะทำงานฯ ซึ่งรับผิดชอบการบริหารจัดการน้ำในช่วงฤดูแล้งจึงขอความร่วมมือเกษตรในลุ่มน้ำแม่กลองและเจ้าพระยาซึ่งได้รับผลกระทบจากการจัดสรรน้ำจากเขื่อนภูมิพลในลุ่มน้ำปิงให้งดทำนาปรัง เพราะต้องเก็บน้ำไว้ให้เพียงพอต่อการอุปโภค-บริโภค รวมถึงเหลือน้ำส่วนหนึ่งไว้เป็นต้นทุนสำหรับการทำนาปีในช่วงต้นฤดูฝนปี 2558 ส่งผลให้พื้นที่ปลูกนาปรังลดลงอย่างมาก ต้นทุนในการจัดหาน้ำเพื่อมาปลูกข้าวสูงขึ้น ผลผลิตที่ได้มีปริมาณน้อยและคุณภาพไม่ดีทำให้ขายได้ราคาต่ำ (ธนาคารแห่งประเทศไทย 2557) เกษตรกรมีรายได้ลดลงหรือขาดรายได้ ประสบปัญหาความเครียด แม้ในพื้นที่ซึ่งไม่ได้ประสบอุทกภัยก็ได้รับผลกระทบไปด้วย

สามารถ ใจเตี้ย และชวลิต วโรดมรรังสิมันต์ (2556) ศึกษาความเสื่อมสภาพของแม่น้ำลี้ซึ่งเป็นสาขาของแม่น้ำปิง แม่น้ำลี้เป็นแม่น้ำขนาดเล็กในเขตภาคเหนือซึ่งประสบปัญหาความเสื่อมสภาพจากหลายปัจจัย เช่น น้ำเสียจากชุมชนและการเกษตร การบุกรุกลำน้ำ อุทกภัยน้ำล้นตลิ่ง รวมถึงภัยแล้งที่ทำให้น้ำในแม่น้ำแห้งขอดและไหลช้าในช่วงฤดูหนาวถึงฤดูร้อน สาเหตุของหลักภัยแล้งในลุ่มน้ำลี้คือความผันผวนของปริมาณน้ำฝน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และความต้องการใช้น้ำที่สูงขึ้นจากภาคครัวเรือนและเกษตรกรรม ฝนประมาณ 80%-90% ในลุ่มน้ำลี้จะตกในช่วงเดือนกันยายน (วิชัย กิจมี 2550) ภัยแล้งในลุ่มน้ำลี้มักเกิดในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน เป็นระยะเวลารวมประมาณ 6 เดือน โดยแบ่งเป็นแล้งหนาว 3 เดือน (พฤศจิกายน – มกราคม) และแล้งร้อน 3 เดือน (กุมภาพันธ์ – เมษายน) ประชาชนในลุ่มน้ำลี้ประสบปัญหาภัยแล้งยาวนานมาอย่างต่อเนื่อง ไม่สามารถเข้าถึงการใช้ประโยชน์จากแม่น้ำลี้และคลองส่งน้ำตามธรรมชาติได้อย่างเท่าเทียมกัน โดยเฉพาะพื้นที่ตอนบนที่มีการขยายพื้นที่เพื่อการเกษตรเพิ่มมากขึ้น (Jaitae and Warodomrungsiman 2013)

สามารถ ใจเตี้ย และกฤษณา ลางคำ (2561) ประเมินผลกระทบของภัยแล้งต่อสุขภาพสังคมด้านการประกอบอาชีพ ด้านการปฏิสัมพันธ์ของประชาชน และด้านวัฒนธรรม ในพื้นที่ลุ่มน้ำกวงตอนบน อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ ซึ่งในช่วงฤดูแล้ง ปริมาณน้ำในแหล่งน้ำจะลดลงถึงระดับแห้งขอด ไม่เพียงพอต่อการ เพาะปลูกและการเลี้ยงปลาในกระชัง เกษตรกรต้องใช้น้ำบาดาลในการเพาะปลูกหรืองดการเพาะปลูก อีกทั้ง คุณภาพน้ำของแม่น้ำกวงมีภาวะเสื่อมโทรมเนื่องจากน้ำเสียชุมชนและวัชพืชจำนวนมาก การศึกษาใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นประชาชน จำนวน 262 ครัวเรือน และตัวแทนจากหน่วยงานด้านสาธารณสุข สถาบันการศึกษา และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวน 12 คน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบสอบถาม การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง และการสัมมนาเชิงปฏิบัติการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อสุขภาพสังคมจากภัยแล้ง ได้แก่ อายุ รายได้ จำนวนสมาชิกใน

ครัวเรือน ระยะเวลาการอยู่อาศัยในพื้นที่ ระยะทางระหว่างที่พักอาศัยกับแม่น้ำกวง จำนวนพื้นที่ทางการเกษตร และการเข้าร่วมกิจกรรมชุมชน พบว่า ภัยแล้งมีผลกระทบต่อสุขภาพสังคมในระดับปานกลาง โดยระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เป็นปัจจัยที่ผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้อเสนอแนะจากประชาชนสู่ระดับนโยบายเพื่อแก้ปัญหาภัยแล้ง ได้แก่ การสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาความเสื่อมสภาพของแม่น้ำกวง การเสริมพลังศักยภาพชุมชนในการจัดการป่าต้นน้ำภายใต้แนวคิดนิเวศวัฒนธรรมซึ่งเป็นกระบวนการศึกษาท้องถิ่นเพื่อทำความเข้าใจภูมิวัฒนธรรม นิเวศวัฒนธรรม และชีวิตวัฒนธรรมของผู้คนในท้องถิ่นอันเกี่ยวพันกับความสัมพันธ์ของคน และการจัดสรรสาธารณูปโภคให้เท่าเทียมและเพียงพอในช่วงประสบภัยแล้ง ทั้งน้ำสะอาด อาหาร และการจัดการสภาพที่อยู่อาศัยให้เหมาะสม

1.3.7 มาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาภัยแล้ง

กิจกรรมที่เกี่ยวกับการป้องกันและแก้ไขปัญหาภัยแล้งสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2557) ได้แก่

1) กิจกรรมเพื่อป้องกันและลดผลกระทบจากภัยพิบัติ เป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นในการช่วยลดความรุนแรงและโอกาสในการเกิดภัยแล้งเป็นสำคัญ ซึ่งแบ่งออกเป็นกิจกรรมที่ใช้โครงสร้าง คือ การใช้สิ่งปลูกสร้างทั้งทางธรรมชาติและการก่อสร้างในการป้องกันและลดผลกระทบ และกิจกรรมที่ไม่ใช้โครงสร้าง คือ กิจกรรมที่ไม่ใช้สิ่งปลูกสร้าง ที่ช่วยสนับสนุนให้เกิดการป้องกันและลดผลกระทบได้

2) กิจกรรมเพื่อเตรียมความพร้อม เป็นกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้ทุกภาคส่วนมีความพร้อมในการรักษาชีวิตและทรัพย์สิน และสามารถรับมือกับภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพและทันท่วงที ซึ่งแบ่งออกเป็นกิจกรรมเชิงรุกที่มุ่งเน้นการปรับตัวหรือการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตให้เหมาะสมเพื่อลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติ และกิจกรรมเชิงรับที่มุ่งเน้นการเตรียมพร้อมรับมือจากเหตุการณ์ภัยพิบัติ

ภาคเกษตรกรรมเป็นภาคส่วนที่มีความอ่อนไหวต่อสภาพ ดิน ฟ้า อากาศ และสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีน้ำเป็นปัจจัยหลักในการผลิต เมื่อปริมาณน้ำไม่สมดุลกับความต้องการจึงส่งผลกระทบต่างๆ มากมาย หากเกิดภัยแล้งจะทำให้พืชขาดน้ำแห้งตาย ปศุสัตว์ขาดน้ำและอาหาร เกษตรได้รับความเสียหาย ขาดรายได้และมีหนี้สิน นอกจากนั้น ยังส่งผลต่อเนื่องทำให้สินค้าทางการเกษตรขาดแคลนหรือมีราคาแพง การแก้ปัญหาภัยแล้งด้านการเกษตร หน่วยงานต่างๆ ต้องทำงานร่วมกัน เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง มาตรการเพื่อลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติในภาคเกษตรกรรมสามารถดำเนินการได้หลากหลาย ดังตัวอย่างในตารางที่ 1-6 (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2557)

ตารางที่ 1-6 ตัวอย่างกิจกรรมการลดความเสี่ยงจากภัยแล้ง (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2557)

มาตรการป้องกันและลดผลกระทบ	
มาตรการที่ ใช้โครงสร้าง	• พัฒนาแหล่งน้ำ ระบบชลประทานเพื่อป้องกันและบรรเทาปัญหาภัยแล้ง • ปลูกพืชเกษตรเพิ่มผืนป่าเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ระบบนิเวศ
มาตรการที่ไม่ใช้โครงสร้าง	• วางแผนการจัดสรรน้ำเพื่อให้เพียงพอแก่การเพาะปลูกและไม่ให้ประสบปัญหาภัยแล้ง • จัดทำแผนปฏิบัติการฝนหลวงเพื่อลดความรุนแรงของภัยแล้ง • ส่งเสริมการจัดการน้ำในชุมชนให้มีเพียงพอต่อความต้องการในการเพาะ ปลูกและเลี้ยงสัตว์ และจัดหาแหล่งน้ำสำรองเพื่อป้องกันภัยแล้ง • กำหนดเขตพื้นที่ (Zoning) สำหรับกิจกรรมทางการเกษตรให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและปริมาณน้ำ
มาตรการเตรียมความพร้อม	
การปรับตัว	• พยากรณ์สภาพภูมิอากาศและปริมาณน้ำ และใช้นโยบายด้านการเกษตรที่สมดุลกับดินฟ้าอากาศ เช่น เลื่อนฤดูกาลเพาะปลูกและเก็บเกี่ยว จำกัดการปลูกข้าวเพียงปีละ 1-2 ครั้งในพื้นที่ประสบภัยแล้ง • พัฒนาพันธุ์พืชให้สามารถต้านทานสภาพแล้งได้ • ปรับเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรให้เหมาะกับสภาพพื้นที่ หรือวางแผนปลูกพืชให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ • ส่งเสริมอาชีพเสริม หรือวิสาหกิจชุมชนให้แก่เกษตรกรเพื่อเป็นทางเลือกในการประกอบอาชีพ และสร้างรายได้แก่ชุมชน • ปรับเปลี่ยนวิถีการทำเกษตรเป็นเกษตรทฤษฎีใหม่แบบผสมผสาน ปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์หลากหลายชนิด ไม่ใช้สารเคมี ช่วยให้มีผลผลิตตลอดปี ลดต้นทุน เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้ระบบนิเวศ เพิ่มความมั่นคงทางอาหาร และช่วยกระจายความเสี่ยงหากเกิดภัยจะได้ไม่เสียหายทั้งหมด

การเตรียมรับมือ กับภัยพิบัติ	• ประชาสัมพันธ์และให้ความรู้ ฝึกอบรมเกษตรกรให้รู้จักเตรียมความพร้อม เช่น การเตรียมความพร้อมยานพาหนะเครื่องจักรกล เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ รถบรรทุกน้ำ เครื่องสูบน้ำ อุปกรณ์สูบน้ำ เตรียมการเก็บกักน้ำ เตรียมอาหารสัตว์และสิ่งจำเป็นต่างๆ ก่อนฤดูแล้งและฤดูมรสุม • จัดทำแผนปฏิบัติการช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติด้านการเกษตร เช่น แผนเฝ้าระวังและติดตามสถานการณ์ แผนการจัดหน่วยเฉพาะกิจลงพื้นที่เพื่อให้คำแนะนำและความช่วยเหลือเกษตรกรในพื้นที่ประสบภัย แผนการสำรวจและประเมินความเสียหายของเกษตรกรผู้ประสบภัยและ วิธีการให้ความช่วยเหลือเพื่อบรรเทาความเดือดร้อนของเกษตรกร

คนึง นาวงษ์ และคณะ (2545) ศึกษาวิถีชุมชนสองฝั่งแม่น้ำปิง ประเพณีวัฒนธรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่นในการจัดการดูแลแม่น้ำปิง ภายใต้โครงการเครือข่ายการอนุรักษ์แม่น้ำปิง โดยให้ชาวบ้านเป็นผู้วิจัยศึกษาร่วมกับชุมชนเพื่อให้เกิดความตระหนักและมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาความเสื่อมโทรมของแม่น้ำปิง

สามารถ ใจเตี้ย และชวลิต วโรดมรรังสิมันต์ (2556) และสามารถ ใจเตี้ย และกฤษณา ลางคำ (2561) เสนอแนะว่า การสร้างการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการทรัพยากรน้ำเป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาภัยแล้งที่ยั่งยืนและประสบความสำเร็จ โดยการสร้างการมีส่วนร่วมที่แท้จริงนั้น จะต้องอาศัยกระบวนการที่มีสอดคล้องกับความต้องการของประชาชน ทั้งนี้ การสร้างการมีส่วนร่วมอย่างแท้จริงของชุมชนอาจยังมีข้อจำกัดด้านอำนาจและหน้าที่ซึ่งส่วนใหญ่แล้วอำนาจหน้าที่การดำเนินงานและโครงการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำยังเป็นนโยบายที่ผลักดันโดยภาครัฐแต่เพียงฝ่ายเดียว ประชาชนยังขาดความตระหนัก และขาดจิตสำนึกในคุณค่าของทรัพยากรน้ำ ขาดแหล่งสนับสนุนด้านเงินทุนและงบประมาณในการสนับสนุนส่งเสริมในเรื่องของการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรน้ำ การสร้างมีส่วนร่วมของชุมชน การใช้เครือข่ายภาคประชาชนให้ได้รับการยอมรับเป็นสิ่งสำคัญต่อการจัดการภัยแล้งและพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน นอกจากนี้ ยังมีแนวทางอื่นๆ ที่ควรนำมาใช้เพื่อการแก้ไขปัญหาภัยแล้ง เช่น การสร้างองค์ความรู้โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ทั้งผลการวิจัย การศึกษาภาคสนามและผลการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ การสนับสนุนการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างประชาชนและหน่วยงานต่างๆ การแสวงหาเทคโนโลยีสมัยใหม่เกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำ การสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์น้ำ การสร้างจิตสำนึกเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ การสร้างกฎกติกาซึ่ง

สอดคล้องกับวิถีชีวิตของประชาชนในแต่ละพื้นที่เป็นกรอบการปฏิบัติเพื่อป้องกันการเสื่อมโทรมของทรัพยากรน้ำ การกำหนดแผนการจัดการน้ำในอนาคต กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหาด้านน้ำแบบบูรณาการ การส่งเสริมการพัฒนาอาชีพเพื่อให้ประชาชนมีรายได้เพียงพอต่อการเลี้ยงชีพโดยใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสม การจัดการป่าต้นน้ำภายใต้แนวคิดนิเวศวัฒนธรรมการส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ เช่น การจัดการน้ำแบบระบบเหมืองฝาย ซึ่งประชาชนในลำเหมือนเดียวกันจะรำลึกถึงบุญคุณบรรพบุรุษที่เสียสละชีวิตและแรงกายแรงใจสร้างเหมืองฝายขึ้นมา จึงมีความสามัคคีในการร่วมแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาในลำเหมือง การจัดการน้ำแบบระบบเหมืองฝายช่วยให้ประชาชนในพื้นที่เข้าใจปัญหา สามารถหาแนวทางการแก้ไข รู้สึกภูมิใจและเห็นคุณค่าของการร่วมมือกันแก้ไขปัญหา (Lebel et al. 2009) การผลักดันนโยบายสาธารณะสู่การปฏิบัติต้องส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนวิธีคิด วิธีการ ขั้นตอนการดำเนินงาน ระหว่างทุกภาคส่วน ทั้งภาคประชาชน ภาครัฐ และภาคเอกกชน ซึ่งจะนำไปสู่การถอดองค์ความรู้มาเป็นบทเรียนเพื่อนำไปปฏิบัติให้สอดคล้องกับสภาพของแต่ละพื้นที่ได้

บุญฤทธิ์ ทำมืด และคณะ (2558) ศึกษารูปแบบสวัสดีการสำหรับชุมชนที่มีความเสี่ยงต่อความแปรปรวนของอากาศและความไม่มั่นคงทางอาหาร 5 รูปแบบ ได้แก่ 1) สวัสดีการกองทุน ซึ่งจะเก็บเงินเมื่อมีคนป่วยตามระเบียบของกองทุน เพื่อแบ่งเบาภาระค่าใช้จ่ายและสร้างขวัญกำลังใจแก่ผู้ป่วยและครอบครัว มีจุดแข็งคือการมีส่วนร่วมของชุมชน การแบ่งปันในชุมชน จุดอ่อนคือการส่งมอบเงินล่าช้า ไม่มีโครงสร้างการบริหารงานที่ชัดเจน 2) สวัสดิการจัดสรรพื้นที่สาธารณะให้เกิดประโยชน์ โดยจัดสรรพื้นที่สาธารณะให้แต่ละครอบครัวใช้ปลูกพืชโดยมีการติดตั้งระบบอำนวยความสะดวกและระบบการจัดการน้ำส่วนกลาง เกิดการพัฒนารูปแบบการผลิตและระบบผลิตร่วมกัน เกิดการถ่ายทอดองค์ความรู้และภูมิปัญญา แต่มีข้อเสียคือระบบการจัดการที่ไม่เข้มแข็งและการขาดความตระหนักรับผิดชอบต่อส่วนรวมในบางส่วน 3) สวัสดิการต้นสวัสดิการ ซึ่งเป็นการส่งเสริมการปลูกต้นไม้และพืชอาหารไว้บริโภคทั้งในปัจจุบันและในอนาคตสำหรับลูกหลาน เพื่อสร้างฐานอาหารธรรมชาติ ข้อดีคือมีการสร้างค่านิยมใหม่ในสังคมในการแบ่งปัน ช่วยลดรายจ่ายชุมชน ข้อสียคือการทำลายต้นอ่อนจากสัตว์ในชุมชน เช่น เป็ด ไก่ รูปแบบกิจกรรมยังไม่หลากหลายและไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร 4) สวัสดิการโรงทาน ทำให้เกิดการแบ่งปัน สร้างความสามัคคีของคนในชุมชน ข้อเสียคือไม่มีเครือข่ายภายนอกเข้าร่วมกิจกรรมและรูปแบบกิจกรรมยังไม่หลากหลาย 5) สวัสดิการต้นบุญ สนับสนุนการปลูกพืชเพื่อบริโภคเอง แต่ไม่มีจำนวนเพียงพอ ผลการศึกษาพบว่าสวัสดิการกองทุน สวัสดิการการจัดสรรพื้นที่สาธารณะให้เกิดประโยชน์ สวัสดิการต้นสวัสดิการ เป็นสิ่งที่ชุมชนเห็นว่ามีความจำเป็นในสถานการณ์ที่มีความเปราะบางด้านความมั่นคงอาหารทั้งในภาวะปกติและเมื่อเกิดภัยแล้ง รูปแบบสวัสดิการที่เหมาะสมสำหรับชุมชนที่มีพื้นที่น้อย

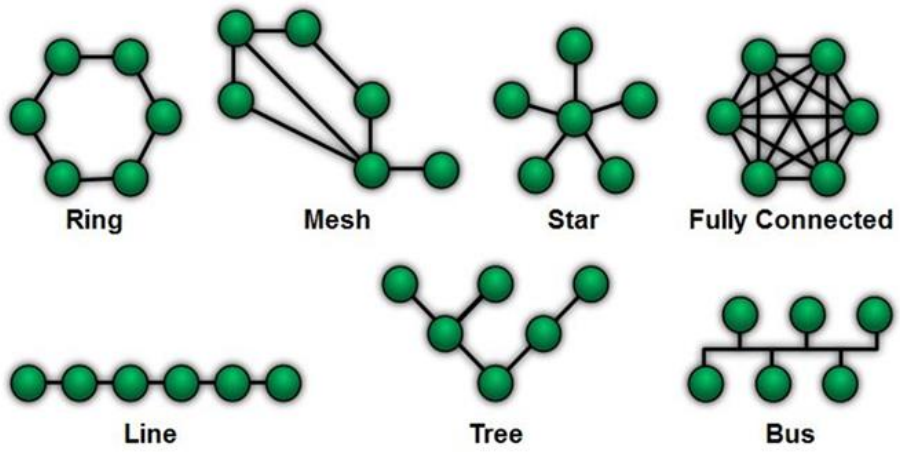
ต้องเป็นวิธีการที่ง่าย สะดวก ไม่มีค่าใช้จ่าย เช่น การปลูกผักสวนครัวข้างบ้าน โดยขุดร่องน้ำจากแหล่งน้ำทิ้งของห้องน้ำให้ไหลตามร่องมาข้างๆ แปลงปลูกพืช

การบรรเทาผลกระทบจากภัยพิบัติซึ่งครอบคลุมถึงแล้งกระทำได้โดยใช้มาตรการเชิงรุกตั้งแต่การวางแผนจัดการภัยแล้งอย่างมีประสิทธิภาพ ควบคู่กับการติดตามและแจ้งเตือนล่วงหน้า ตัวอย่างเช่น ประเทศฟิลิปปินส์ซึ่งได้มีการปรับกระบวนทัศน์การป้องกันหรือแก้ไขภัยพิบัติใหม่ (Paradigm shift) จากแบบเดิมซึ่งเป็นแบบตั้งรับ คือ เมื่อมีภัยพิบัติเกิดขึ้นก็จะเร่งดำเนินการให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยและฟื้นฟูบูรณะให้ทุกอย่างกลับเข้าสู่สภาวะปกติโดยเร็ว เป็นแบบเชิงรุกมากขึ้น โดยเน้นการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนโดยเฉพาะชุมชนในพื้นที่ให้มีความพร้อมสำหรับการรับมือกับภัยพิบัติ และมีการผลักดันให้การลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติและการปรับตัวต่อสภาพการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอยู่ในแผนการพัฒนาประเทศ รวมทั้งจัดตั้งองค์กรและกลไกสนับสนุนให้มีการปฏิบัติการเพื่อลดความเสี่ยงก่อนเกิดเหตุภัยพิบัติ เนื่องจากผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลการเกิดภัยพิบัติที่ผ่านมา รวมทั้งบทเรียนจากโครงการและกิจกรรมต่างๆ ชี้ให้เห็นว่า ภัยจะส่งผลกระทบที่รุนแรงแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับแต่ละสภาพพื้นที่ และระดับของความเปราะบางในท้องที่นั้นๆ โดยที่ขนาดและระดับความรุนแรงของภัยพิบัติเป็นสิ่งที่สามารถหลีกเลี่ยงและทำให้ลดน้อยลงได้ด้วยการลดความเปราะบางดังกล่าว (อรรณุวัฒน์ วัฒนวรรณ 2556, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย 2557) สำหรับประเทศไทยนั้น มีโครงการและการศึกษาเกี่ยวกับดัชนีภัยแล้งจำนวนมาก (ทนงศักดิ์ อะโน และคณะ 2556, นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ 2557, อภิรัฐ ปิ่นทอง และบัญชา ขวัญยืน 2557,พัฒนา วิจิตรพงษ์สกุล และคณะ 2559, ศศิธร เพียนเลิศ และคณะ 2561) แต่ไม่มีโครงการใดที่นำดัชนีภัยแล้งไปใช้ในงานปฏิบัติการติดตามภัยแล้งหรือพยายามทำความเข้าใจและหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของภัยแล้งต่อผลกระทบที่เกิดขึ้น (Homdee et al. 2016) ทั้งนี้ ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะข้อมูลที่สามารถนำมาใช้พัฒนาดัชนีภัยแล้งได้นั้นมีจำกัด เมื่อนำข้อมูลดัชนีภัยแล้งดังกล่าวมาใช้ในระบบติดตามและแจ้งเตือนล่วงหน้าจึงไม่เพียงพอต่อการพัฒนาความสามารถในการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งได้ (CRED 2018)

เครือข่ายทางสังคม คือความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงของตัวแสดงหรือศูนย์รวม (Nodes) ซึ่งอาจเป็นคน คณะบุคคลหรือองค์กร หรือสิ่งที่ไม่ใช่คนที่จับต้องได้และจับต้องไม่ได้ เช่น บทความ สิ่งของ สินค้า ข่าวสาร ความเชื่อ การสื่อสาร โรค เป็นต้น โดยตัวแสดงหรือศูนย์รวมเหล่านี้มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันในรูปแบบต่างๆ ทั้งนี้ อาจมีชื่อเรียกที่ต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็น actors, agents, egos, vertices, nodes, sites หรือ units และคำที่ถูกใช้เพื่อสื่อถึงความเชื่อมโยง ได้แก่ relations, ties, alters, edges, arcs, links, connections หรือ bonds โดยมีเส้นเชื่อมโยงในลักษณะแบบต่างๆ ที่แสดงความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันไป เช่น ความสัมพันธ์ใน

ทิศทางเดียวแสดงด้วยหัวลูกศรทิศทางเดียว ความสัมพันธ์แบบสองทางแสดงด้วยหัวลูกศรทั้งสองทาง หรือความสัมพันธ์ที่ไม่มีทิศทางแสดงด้วยเส้นที่ไม่มีหัวลูกศร เป็นต้น

ส่วนการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม คือการพยายามวิเคราะห์โครงสร้างเครือข่ายทางสังคมและความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์เหล่านั้น โดยอาศัยแนวคิด ทฤษฎี เครื่องมือ และวิธีการวิจัยแบบผสม ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยในการเก็บรวบรวมข้อมูล อาจใช้ทั้งข้อมูลทุติยภูมิและข้อมูลปฐมภูมิ เช่น การเก็บข้อมูลจากการสังเกต การใช้แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ การสังเกตการณ์ การศึกษาเชิงชาติพันธุ์วรรณนา และนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม software ต่างๆ ที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น GRADAP, STRUCTURE, PAJEK และที่เป็นที่นิยมในสายสังคมศาสตร์ได้แก่ UCINET โดยข้อมูลจากความเชื่อมโยงจากกลุ่มของศูนย์รวมต่างๆ ที่รวบรวมได้จะเรียกว่าข้อมูลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ (Relational data) ซึ่งสามารถแสดงออกมาในรูปแบบตารางเมตริกซ์ (Matrix table) หรือสร้างเป็นรูปภาพ Topographic ของเครือข่าย (Vittaya Ruangrit 2012) (รูปที่ 1-6) สำหรับการวิเคราะห์ระดับความเชื่อมโยงในเครือข่ายจะวัดโดยใช้ค่าต่างๆ เช่น ความเป็นศูนย์กลาง (Centrality) ที่จะระบุว่าใครหรือศูนย์รวมใดมีความสำคัญในเครือข่าย ภาพความเป็นศูนย์กลางจะแสดงออกมาด้วยกราฟที่มีลักษณะเป็นดาว (Star graph) ความหนาแน่นของเครือข่าย (Network density) จะใช้ในการอธิบายถึงระดับของความเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นในเครือข่าย ระดับของความเป็นศูนย์กลางในเครือข่าย (Degree centrality) ใช้วัดระดับความเชื่อมโยงของศูนย์รวมซึ่งจัดว่าเป็นศูนย์กลางในเครือข่ายนั้นกับศูนย์รวมอื่นๆ ในเครือข่าย



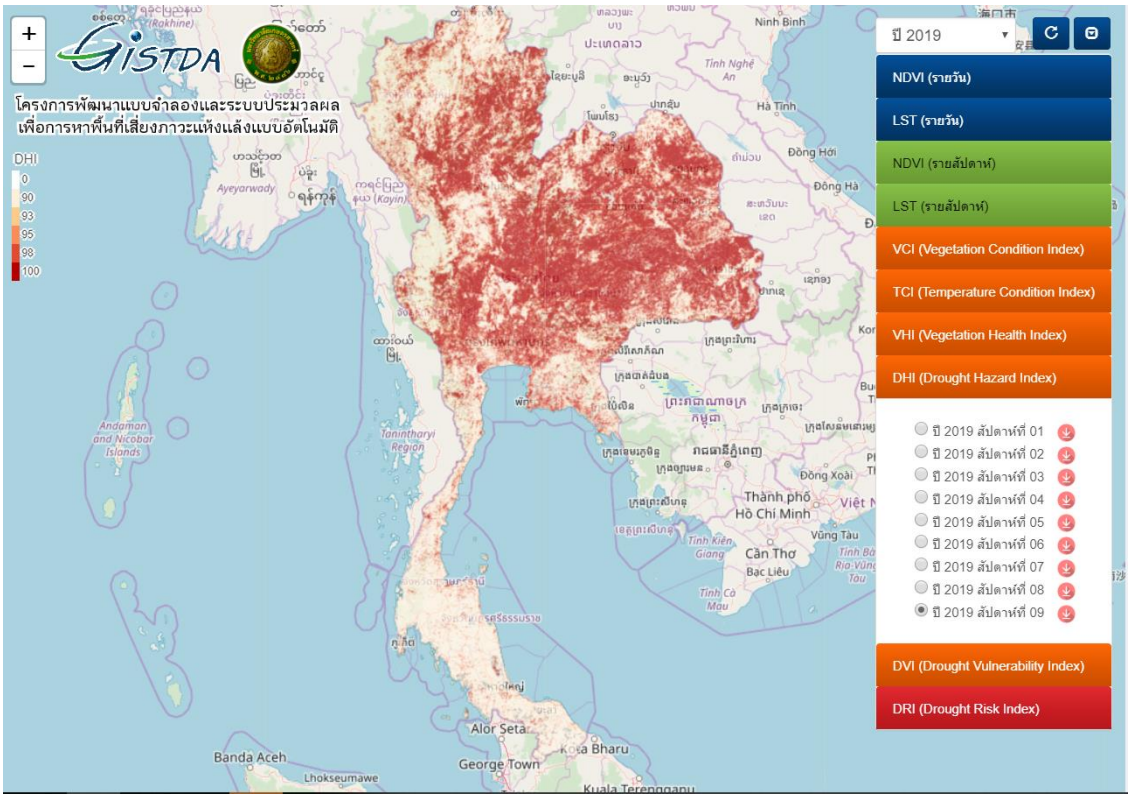
รูปที่ 1-5 Topographic ของเครือข่าย (ศิรินันต์ สุวรรณโมลี, 2559)

ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมในการศึกษาทางสังคมศาสตร์ เช่น การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมในการศึกษาความเป็นศูนย์กลางเมืองของวิทยา เรืองฤทธิ์และฮอง-ฉาง เซี๊ยะ (2555) ที่ศึกษาความเป็นศูนย์กลางของเมืองโคราช การใช้การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมในกระบวนการมีส่วนร่วมของท้องถิ่นเพื่อกำหนดเขตและรูปแบบที่เหมาะสมของกองทุนปรับตัวในการประกันความเสียหายของผลผลิตข้าวจากอุทกภัยและภัยแล้งในจังหวัดกำแพงเพชร โดยชฎา ณรงฤทธิ์ และคณะ (2552) หรือการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมในการศึกษาการจัดการภัยพิบัติในต่างประเทศ เช่น การศึกษาลักษณะเครือข่ายทางสังคมของภาวะฉุกเฉินในเหตุการณ์พายุเฮอริเคนแคทริน่าของ Varda, Forgette, Banks and Contractor (2009) และการศึกษาปฏิสัมพันธ์ของหน่วยงานต่างๆ ในการรับมือกับพายุเฮอริเคนของประเทศกำลังพัฒนาในแถบแคริบเบียน โดยศึกษาเชิงนโยบายและกระบวนการตัดสินใจของ Huggins (2007)

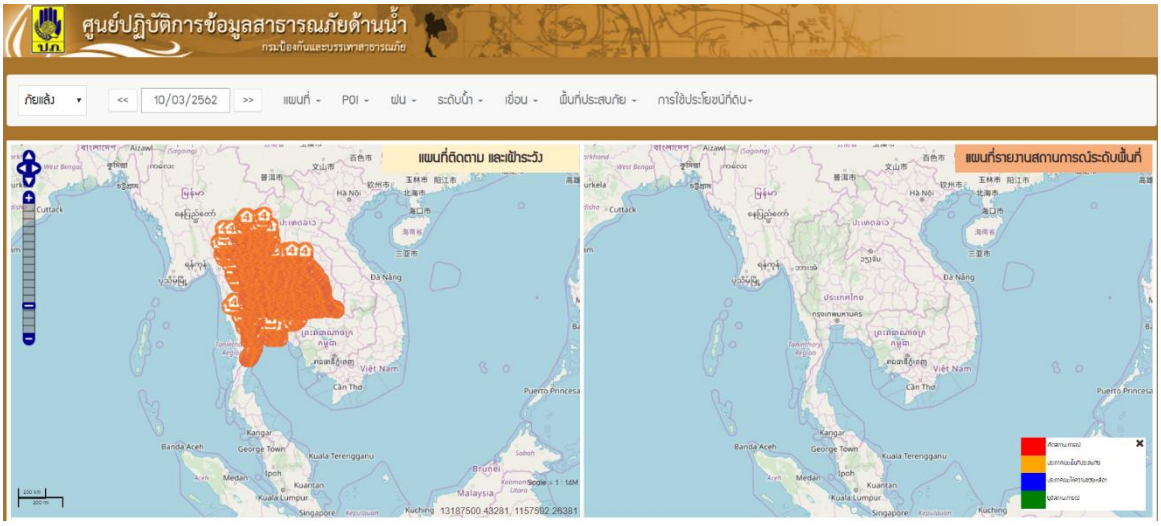
สำหรับในประเทศไทย มีการศึกษาของศิรินันต์ สุวรรณโมลี (2559) ที่ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของตัวแสดงซึ่งประกอบด้วยภาครัฐ ภาคประชาชนและภาคประชาสังคมในการมีส่วนร่วมในการจัดการภัยพิบัติแผ่นดินไหวที่จังหวัดเชียงราย ในปี พ.ศ. 2557 ผลการวิจัยจากข้อมูลเชิงคุณภาพพบว่า Topology ของเครือข่ายมีลักษณะผสมระหว่างดาว (Star) กับต้นไม้ (Tree) ความสัมพันธ์ส่วนใหญ่รวมศูนย์อยู่กับส่วนบัญชาการกลาง ในภาวะฉุกเฉินหน่วยงานระดับจังหวัดสามารถปฏิบัติงานได้ค่อนข้างพร้อมและเป็นเอกภาพ เพราะจังหวัดเชียงรายมีแผนปฏิบัติการรับมือแผ่นดินไหวที่ระบุบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานต่างๆ ในระยะฉุกเฉินไว้ชัดเจนและเคยมีการซ้อมแผนไว้ก่อนเกิดภัย แต่การฟื้นฟูในระยะถัดมากลับพบข้อจำกัดเนื่องจากการบริหารแบบรวมศูนย์กลาง ทำให้การส่งต่อข้อมูลมีหลายขั้น การฟื้นฟูจึงทำได้ล่าช้า ขณะที่การขาดระบบสารสนเทศสาหรับเชื่อมโยงฐานข้อมูลระหว่างหน่วยงานเข้าด้วยกัน ก็ทำให้ข้อมูลแต่ละหน่วยเก็บมาไม่ถูกใช้ร่วมกัน การแลกเปลี่ยนข้อมูลและแบ่งปันทรัพยากรเกิดขึ้นได้ไม่เต็มที่ การประเมินความเสี่ยง สาหรับทำแผนเตรียมพร้อมป้องกันภัยเป็นองค์รวมจึงยังจำกัด งานวิจัยนี้ได้เสนอนโยบายที่เหมาะสมกับการลดผลกระทบจากภัยพิบัติโดยการพัฒนาความร่วมมือระหว่างหน่วยงานควรเริ่มจากการปรับปรุงการกระจายอำนาจให้ท้องถิ่นมีส่วนร่วมในการสะท้อนปัญหาในพื้นที่เพื่อปรับปรุงกระบวนการฟื้นฟูและพัฒนาศักยภาพชุมชนในการรับภัย การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาสนับสนุนการแลกเปลี่ยนและการกระจายทรัพยากรให้เครือข่ายสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบได้อย่างยืดหยุ่นและปรับตัว

เครื่องมือและระบบที่ใช้ติดตามและเตือนภัยแล้งในประเภทไทยนั้นยังค่อนข้างจำกัด สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หรือ GISTDA ได้พัฒนาโครงการพัฒนาแบบจำลองและระบบประมวลผลเพื่อการหาพื้นที่เสี่ยงภาวะแห้งแล้งแบบอัตโนมัติ

(Automatic Drought Monitoring: NPP-Suomi Mission) โดยใช้ข้อมูลทั้งจากการตรวจวัดโดยตรงและข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจโลกที่สามารถสะท้อนสภาวะความแห้งแล้งของพื้นที่ได้มาวิเคราะห์ค่าดัชนี 7 ตัว ได้แก่ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Land Surface Temperature (LST), Vegetation Condition Index (VCI), Temperature Condition Index (TCI), Vegetation Health Index (VHI), Drought Hazard Index (DHI), (Drought Vulnerability Index (DVI) และแสดงผลของดัชนีบนแผนที่ ตัวอย่างหน้าจอในรูปที่ 1-6 ศูนย์ปฏิบัติการข้อมูลสาธารณภัยด้านน้ำ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย มีระบบการแสดงผลแผนที่ติดตามและเฝ้าระวังและแผนที่รายงานสถานการณ์ระดับพื้นที่สำหรับสาธารณภัยประเภทต่างๆ ซึ่งระบบนี้ใช้แสดงผลตัวแปรบ่งชี้สาธารณภัย ได้แก่ ปริมาณฝน ระดับน้ำ ปริมาณน้ำในเขื่อน พื้นที่ประสบภัย และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังตัวอย่างหน้าจอในรูปที่ 1-7



รูปที่ 1-6 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลจากระบบแบบจำลองและระบบประมวลผลเพื่อการหาพื้นที่เสี่ยงภาวะแห้งแล้งแบบอัตโนมัติ พัฒนาโดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)



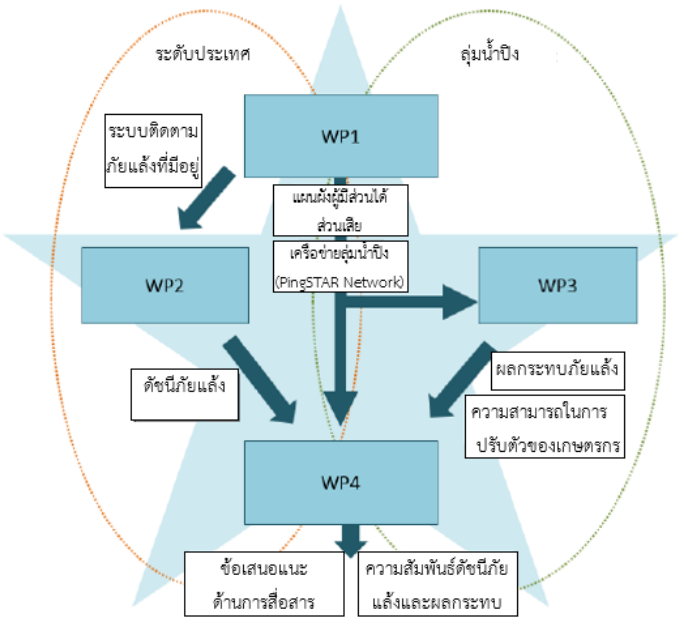
รูปที่ 1-7 ตัวอย่างหน้าจอแสดงผลจากระบบของศูนย์ปฏิบัติการข้อมูลสาธารณภัยด้านน้ำ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

ประเด็นที่มักจะถูกละเลยในการจัดการและติดตามภัยแล้ง คือ การสื่อสาร ทั้งในแง่ของเนื้อหาและเวลาในการส่งผ่านข้อมูลจากผู้กำหนดนโยบายสู่เกษตรกร (Choo, 2009, Bachmair et al. 2016) ตัวอย่างปัญหาเกี่ยวกับการสื่อสารสำหรับประเทศไทย เช่น การสื่อสารที่น้อยเกินไประหว่างผู้กำหนดนโยบายและเกษตรกร การขาดการบูรณาการด้านข้อมูลระหว่างหลายหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดการน้ำเพื่อการเกษตร และความสามารถที่จำกัดของเกษตรกรในปรับตัวเมื่อได้รับข้อมูล (Franzetti et al. 2017)

ดังนั้น โครงการนี้จึงพยายามแก้ไขปัญหาข้างต้นโดยการรวบรวมและสร้างฐานข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาและข้อมูลเศรษฐกิจ-สังคม ที่สนับสนุนการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเกิดภัยแล้ง การพัฒนาดัชนีภัยแล้งที่มีความเหมาะสม และการประเมินความเชื่อมโยงระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบด้านการเกษตร ช่วยให้การแจ้งเตือนล่วงหน้าเป็นไปได้ในระยะเวลาที่เหมาะสม และนำไปสู่การกำหนดกลไกการสื่อสารความเสี่ยงภัยแล้งที่มีประสิทธิภาพตั้งแต่ระดับผู้กำหนดนโยบายมาถึงยังเกษตรกร เป็นการยกระดับความเตรียมพร้อมและความสามารถในการรู้รับปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตรในอนาคต นอกจากนี้ โครงการนี้ยังสนับสนุนนโยบายระดับประเทศและระดับนานาชาติ ได้แก่ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน ตามโมเดลไทยแลนด์ 4.0 และเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ขององค์การสหประชาชาติ

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

การดำเนินงานโครงการนี้ แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มงาน (Work package: WP) ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ และครอบคลุมงานด้านการวิเคราะห์ด้านอุตุ-อุทกวิทยา สังคมศาสตร์ และการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย โครงสร้างและความเชื่อมโยงของแต่ละกลุ่มงานแสดงได้ดังรูปที่ 1-8.



รูปที่ 1-8 โครงสร้างและความเชื่อมโยงของแต่ละกลุ่มงาน

กลุ่มงานที่ 1 (WP1): การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

WP1 จะใช้แนวทางการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการดำเนินงานโครงการ เพื่อระบุผู้มีบทบาทสำคัญในการจัดการภัยแล้งด้านการเกษตรในระดับประเทศและระดับลุ่มน้ำ เพื่อรวบรวมความต้องการและประเด็นเกี่ยวกับการติดตามและสื่อสารเกี่ยวกับภัยแล้ง และเพื่อเสริมสร้างความร่วมมือระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีบทบาทสำคัญในการจัดการภัยแล้งการเกษตร

<u>กิจกรรม 1.1: การระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีบทบาทสำคัญในการจัดการภัยแล้งการเกษตร</u>

การระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีบทบาทสำคัญในการจัดการภัยแล้งการเกษตรจะใช้ข้อมูลเบื้องต้นจากการทบทวนวรรณกรรมจากเอกสารแหล่งต่างๆ เช่น รายงาน บทความวิชาการ และเว็บไซต์ ประกอบกับการสัมภาษณ์ เพื่อให้สามารถระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย/หน่วยงานที่เกี่ยวกับการติดตาม การสื่อสาร และการจัดการภัยแล้ง ได้อย่างครอบคลุมทั้งในระดับประเทศและระดับลุ่มน้ำ และเพื่อพัฒนาความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย/หน่วยงานแต่ละกลุ่มโดยใช้

หลักการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม (Social network analysis) ซึ่งก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจถึงลักษณะโครงสร้างของเครือข่าย ความสัมพันธ์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกเครือข่าย และการไหลเวียนของข้อมูลและการสื่อสารภายในเครือข่ายนั้น การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมในโครงการนี้จะมุ่งเน้นศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในช่วงก่อน ระหว่าง และหลังเกิดภัยแล้ง และระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ถูกละเลยในกระบวนการที่ปฏิบัติอยู่หรือการสื่อสารที่ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ เพื่อนำไปปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

- ผลผลิต (D)1.1: แผนผังผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและการไหลเวียนของข้อมูลและการสื่อสารในระดับประเทศและระดับลุ่มน้ำ

<u>กิจกรรม 1.2: การจัดตั้งเครือข่ายลุ่มน้ำปิง (PingSTAR Network)</u>

การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม (กิจกรรม 1.1) จะนำไปสู่การจัดตั้งเครือข่ายลุ่มน้ำปิงที่ประกอบด้วยผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย/หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับภัยแล้งในระยะเริ่มแรกของการดำเนินงานโครงการ เพื่อสนับสนุนความร่วมมือตั้งแต่ระยะเริ่มแรกและสานต่อไปในระยะยาวระหว่างเกษตรกร ผู้กำหนดนโยบาย และหน่วยงานราชการต่างๆ เช่น กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เป็นต้น ความร่วมมือของเครือข่ายลุ่มน้ำปิงจะนำไปสู่การพัฒนาการจัดการภัยแล้งในพื้นที่ ความร่วมมือกันระหว่างหน่วยงานภายในเครือข่าย คณะทำงานจะมีการประชุมและพบปะกับเครือข่ายลุ่มน้ำปิงเป็นระยะๆ ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานโครงการเพื่อเก็บข้อมูลนำไปพัฒนาผลผลิตของโครงการ และรับฟังข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุง

- D1.2: รายงานผลการจัดตั้งเครือข่ายลุ่มน้ำปิงและแนวทางการสร้างความต่อเนื่อง

<u>กิจกรรม 1.3: การประเมินมาตรการจัดการภัยแล้งที่มีอยู่ในประเทศไทย</u>

การประเมินมาตรการจัดการภัยแล้งที่มีอยู่ในประเทศไทยจะดำเนินการผ่านการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการ ติดตาม และแจ้งเตือนภัยแล้ง เช่น: ข้อมูลและดัชนีใดที่ถูกนำมาใช้ในการติดตามภัยแล้ง? การแจ้งล่วงหน้าการเกิดภัยแล้งจะแจ้งเมื่อใด? การสื่อสารเกี่ยวกับภัยแล้งดำเนินการอย่างไร? อะไรคือจุดแข็งและจุดอ่อนของวิธีการสื่อสารที่ใช้อยู่? โครงการจะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์จุดแข็ง-จุดอ่อน-โอกาส-อุปสรรค (SWOT) ของการสื่อสารที่ใช้อยู่ในปัจจุบันและเสนอแนะปรับปรุงทั้งเรื่องของระบบการสื่อสารและข้อมูลที่ควรมี

- D1.3.1: รายงานการวิเคราะห์จุดแข็ง-จุดอ่อน-โอกาส-อุปสรรค
- D1.3.2: บทความวิชาการเกี่ยวกับการจัดการและติดตามภัยแล้งในประเทศไทย
- D1.3.3: แผ่นประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับการจัดการและติดตามภัยแล้ง

WP2: การศึกษาคุณลักษณะของภัยแล้งในประเทศไทยเพื่อปรับปรุงการจัดการและการติดตาม

การศึกษาคุณลักษณะของภัยแล้งในประเทศไทยจะใช้ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาจากฐานข้อมูลระดับประเทศของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องร่วมกับข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล เช่น ข้อมูลจากดาวเทียม มาวิเคราะห์เชิงลึกเพื่อพัฒนาดัชนีภัยแล้งที่สามารถสะท้อนความถี่ ช่วงเวลา ระยะเวลา และความรุนแรงของภัยแล้งในประเทศไทย

กิจกรรม 2.1: การรวบรวมและการสร้างข้อมูลอุตุ-อุกวิทยา

การรวบรวมข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาจะดำเนินการในระดับประเทศ โดยมีแหล่งข้อมูล 2 แหล่ง ได้แก่ ข้อมูลตรวจวัดที่เก็บโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ และข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลจากดาวเทียม ข้อมูลจากทั้ง 2 แหล่งนี้จะนำมาใช้ร่วมกันเพื่อประมาณข้อมูลที่หายาก เช่น การคายระเหย และความชื้นในดิน เพื่อต่ออนุกรมเวลาของข้อมูลให้มีความยาวมากขึ้น หรือเพื่อสังเคราะห์ข้อมูลแบบกริดให้แสดงการกระจายตัวของค่าข้อมูลได้ชัดเจนขึ้น

- D2.1: ชุดข้อมูลฝน อุณหภูมิ และการคายระเหยสำหรับประเทศไทย

กิจกรรม 2.2: การสนทนากลุ่มเพื่อระบุดัชนีภัยแล้งของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

เนื่องจากดัชนีภัยแล้งที่สร้างขึ้นมีจำนวนมากและมีความหลากหลายในแง่พื้นที่และการใช้งานของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียแต่ละกลุ่ม ดังนั้น จะมีการจัดสนทนากลุ่มขึ้นเพื่อระบุดัชนีที่มีความเหมาะสมต่อพื้นที่/กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียแต่ละกลุ่ม ซึ่งจะนำไปสู่การระบุหรือสังเคราะห์ดัชนีใหม่ที่เหมาะสมต่อชุมชนโดยส่วนใหญ่ได้ การระบุดัชนีที่เหมาะสมนี้จะช่วยลดความซับซ้อนในการตัดสินใจแก่ผู้กำหนดนโยบายได้ ผู้เข้าร่วมการสนทนากลุ่มในกิจกรรมนี้จะเป็นสมาชิกจากเครือข่ายลุ่มน้ำปิงที่จัดตั้งไว้ตั้งแต่ระยะแรกของโครงการ

กิจกรรม 2.3: การสังเคราะห์และจัดเก็บข้อมูลดัชนีภัยแล้ง

เมื่อระบุดัชนีภัยแล้งที่มีความเหมาะสมจากกิจกรรม 1.3 และ 2.2 ได้แล้ว จะมีการสังเคราะห์อนุกรมเวลาของดัชนีดังกล่าวขึ้นจากชุดข้อมูลที่รวบรวมไว้ในกิจกรรม 2.1 ค่าของดัชนีภัยแล้งที่สังเคราะห์ขึ้นสามารถนำไปใช้ร่วมกับดัชนีภัยแล้งอื่นๆ ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของดัชนีในแต่ละฤดูกาลหรือแต่ละพื้นที่ได้ ดัชนีภัยแล้งที่สังเคราะห์จากข้อมูลดาวเทียมซึ่งประกอบด้วยข้อมูลฝน อุณหภูมิ และความชื้นในดิน จะมีลักษณะเป็นกริด ซึ่งสามารถช่วยให้เห็นพัฒนาการของภัยแล้งในเชิงเวลาและพื้นที่ได้ ชุดข้อมูลดัชนีภัยแล้งที่สังเคราะห์ขึ้นนี้จะถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลของโครงการ

- D2.3: ฐานข้อมูลดัชนีภัยแล้งสำหรับประเทศไทย

กิจกรรม 2.4: คุณลักษณะของภัยแล้งในประเทศไทย

การสังเคราะห์ข้อมูลดัชนีภัยแล้งในกิจกรรม 2.3 จะทำให้สามารถระบุเหตุการณ์ภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา และภัยแล้งเชิงเกษตร และนำมาวิเคราะห์ในมิติต่างๆ เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิด ระยะเวลา และความรุนแรงของภัยแล้งรูปแบบต่างๆ ได้ ความรู้ความเข้าใจคุณลักษณะของภัยแล้งที่ได้จากกิจกรรม 2.4 นี้ จะเป็นพื้นฐานสำหรับการหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบใน WP4

- D2.4.1: บทความวิชาการเกี่ยวกับคุณลักษณะของภัยแล้งในประเทศไทย
- D2.4.2: แผ่นประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับคุณลักษณะของภัยแล้งในประเทศไทย

WP3: ผลกระทบจากภัยแล้งและความสามารถในการปรับตัวภาคการเกษตรในลุ่มน้ำปิง

WP3 เป็นการระบุผลกระทบของภัยแล้งต่อเศรษฐกิจและสังคมชุมชนเกษตรกรในลุ่มน้ำปิง และระบุปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจปรับตัวของเกษตรกร

กิจกรรม 3.1: การประเมินผลกระทบจากภัยแล้งการเกษตรและความเปราะบาง (Vulnerability) ในลุ่มน้ำปิง

กิจกรรมนี้เริ่มจากการเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพเกี่ยวกับผลกระทบจากภัยแล้งการเกษตรในลุ่มน้ำปิงจากแหล่งต่างๆ เช่น รายงานของหน่วยงานราชการ หนังสือพิมพ์ท้องถิ่น สื่อสังคมออนไลน์ และการใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเกษตรกร/ครัวเรือน เพื่อนำมาประเมินความเปลี่ยนแปลงสถานะทางเศรษฐกิจ-สังคมและวิธีการทำการเกษตรในแต่ละช่วงเวลา เพื่อระบุลักษณะของผลกระทบจากภัยแล้งที่เคยประสบ เพื่อระบุและประเมินความสามารถในการปรับตัวต่อภัยแล้งการเกษตรในระดับครัวเรือน เพื่อระบุตำแหน่งของเกษตรกรในเครือข่ายการสื่อสารในวงกว้างที่จะเป็นช่องทางให้เกษตรกรเข้าถึงข้อมูลด้านการเกษตรได้ และเพื่อให้เกษตรกรเห็นความสำคัญของการมีส่วนร่วมและการใช้ประโยชน์จากข้อมูล นอกจากนั้น จะมีการจัดตั้งกลุ่มและสัมภาษณ์ผู้ประสานงานชุมชนซึ่งประกอบด้วยเกษตรกรจำนวน 12 คน ในแต่ละหมู่บ้าน รวม 3 หมู่บ้าน (ที่มีลักษณะทางอุทกวิทยาและลักษณะการเพาะปลูกแตกต่างกัน) ที่อยู่ในแต่ละจังหวัด รวม 5 จังหวัด ในลุ่มน้ำปิง (รวม 180 คน)

- D3.1.1: ชุดข้อมูลผลกระทบจากภัยแล้งในพื้นที่ศึกษา
- D3.1.2: ข้อมูลแบบสอบถาม
- D3.1.3: กระบวนการเก็บข้อมูลผลกระทบจากภัยแล้ง

กิจกรรม 3.2: การระบุปัจจัยหลักที่มีผลต่อการตัดสินใจปรับตัวของเกษตรกรในลุ่มน้ำปิง

กิจกรรมนี้จะเป็นการระบุสาเหตุจากเหตุการณ์ภัยแล้งในอดีตที่เกษตรกรไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำจากหน่วยงานราชการในการปรับตัวได้ เช่น การปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อยแทนการปลูกข้าว โดยกลุ่มผู้ประสานงานชุมชนในแต่ละหมู่บ้านที่จัดตั้งไว้ในกิจกรรม 3.1 จะมีส่วนร่วมในการ

ออกแบบปฏิทินการเพาะปลูก รูปแบบข้อมูล และเวลาที่เหมาะสมในการสื่อสารข้อมูลภัยแล้ง ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ผู้กำหนดนโยบายต้องดำเนินการแก้ไขเพื่อส่งเสริมให้มาตรการการปรับตัวประสบผลสำเร็จได้ในอนาคต

- D3.2.1: บทความวิชาการเกี่ยวกับความสามารถในการปรับตัวต่อภัยแล้งของเกษตรกรในลุ่มน้ำปิง
- D3.2.2: แผ่นประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับความสามารถในการปรับตัวต่อภัยแล้ง

WP4: การพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตรในลุ่มน้ำปิงและประเทศไทย

แม้ว่าขอบเขตของโครงการนี้จะไม่ครอบคลุมการพัฒนาระบบปฏิบัติการสำหรับจัดการและติดตามภัยแล้ง แต่การพัฒนาดัชนีที่แสดงคุณลักษณะของภัยแล้ง และการหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบนั้น เป็นรากฐานที่สำคัญสำหรับการพัฒนาระบบปฏิบัติการในอนาคตได้ WP4 เป็นการสังเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้ทั้งหมดจากโครงการเพื่อเสนอแนวทางการนำไปพัฒนาต่อเป็นระบบติดตามภัยแล้ง

<u>กิจกรรม 4.1: การหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบ</u>

กิจกรรมนี้ใช้วิธีการทางสถิติวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งที่พัฒนาขึ้นใหม่ในกิจกรรม 2.3 และข้อมูลผลกระทบของภัยแล้ง (เชิงปริมาณและคุณภาพ) ในลุ่มน้ำปิงที่รวบรวมไว้ในกิจกรรม 3.1 โดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือ การกำหนดเกณฑ์สูงสุด (thresholds) ของดัชนีภัยแล้งที่จะก่อให้เกิดผลกระทบ

<u>กิจกรรม 4.2: กรณีตัวอย่างในการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบเพื่อปรับปรุงการสื่อสารข้อมูลภัยแล้ง</u>

กิจกรรมนี้จะมีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบ (Indicator-impact matrix) เพื่อให้ช่วยให้การสื่อสารข้อมูลภัยแล้งแก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีความสะดวก ชัดเจน และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

- D4.2.1: บทความวิชาการเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบ
- D4.2.2: รายงานเกี่ยวกับกลยุทธ์ในการสื่อสารข้อมูลอุตุนิยมวิทยาการเกษตร
- D4.2.3: เครื่องมือที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบ

<u>กิจกรรม 4.3: การนำวิธีที่ใช้ในโครงการไปขยายผล</u>

กิจกรรมสุดท้ายของโครงการจะเป็นการประเมินการนำวิธีที่ใช้ในโครงการซึ่งใช้กรณีศึกษาระดับลุ่มน้ำไปขยายผลสู่ลุ่มน้ำอื่นๆ ให้ครอบคลุมทั้งประเทศ แม้ว่าข้อมูลผลกระทบและการปรับตัวที่ศึกษาในโครงการนี้จะมีเฉพาะในลุ่มน้ำปิง แต่ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบที่ออกแบบโดยโครงการนี้ สามารถนำไปใช้กับลุ่มน้ำอื่นๆ เมื่อมีการสำรวจข้อมูล

ผลกระทบจากภัยแล้งเพิ่มเติมในพื้นที่นั้นๆ เพราะโครงการพัฒนาฐานข้อมูลดัชนีภัยแล้งที่ครอบคลุมทุกลุ่มน้ำในประเทศไทยไว้เรียบร้อยแล้ว การขยายผลของโครงการจะดำเนินผ่านการจัดการประชุมเชิงปฏิบัติการที่จะเชิญผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีบทบาทสำคัญต่อการจัดการภัยแล้งในท้องถิ่นต่างๆ ของประเทศไทยมารับฟังการนำเสนอผลงานโครงการ และประเมินความเป็นไปได้ในการนำผลผลิตจากโครงการไปใช้งาน นอกจากนั้นยังมีการสาธิตการใช้แอปพลิเคชั่นในการประมาณข้อมูลผลกระทบจากภัยแล้งโดยใช้ข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เช่น ดาวเทียม ในกรณีไม่มีข้อมูลจากการสำรวจพื้นที่

โครงการจะมีการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับ International Water Management Institute (IWMI) ซึ่งเป็นหน่วยงานระดับนานาชาติที่ต้องการใช้โครงการนี้เป็นโครงการต้นแบบเพื่อขยายผลไปยังประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้อีกด้วย

- D4.3: แผ่นประชาสัมพันธ์แนวทางในการขยายผลการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบของลุ่มน้ำปิงไปยังลุ่มน้ำอื่นๆ ในประเทศไทยและในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ผลผลิต

ดังระบุในระเบียบวิธีวิจัยและแผนงานโครงการ

1.5.2 ผลลัพธ์

- ความเตรียมพร้อม ความสามารถในการปรับตัว และการฟื้นคืนกลับต่อภัยแล้งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจากการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ
- การพัฒนาฐานข้อมูลและวิธีการที่เป็นรากฐานสนับสนุนงานวิจัยใหม่ๆ
- การส่งเสริมความร่วมมือในการทำงานระหว่างหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการและติดตามภัยแล้งและชุมชน

1.5.3 ผลกระทบ

การยกระดับศักยภาพของประชาชนไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร

บทที่ 2 พื้นที่ศึกษา

2.1 การวิเคราะห์ลักษณะของลุ่มน้ำ

2.1.1 ตำแหน่งที่ตั้งและสภาพภูมิประเทศ

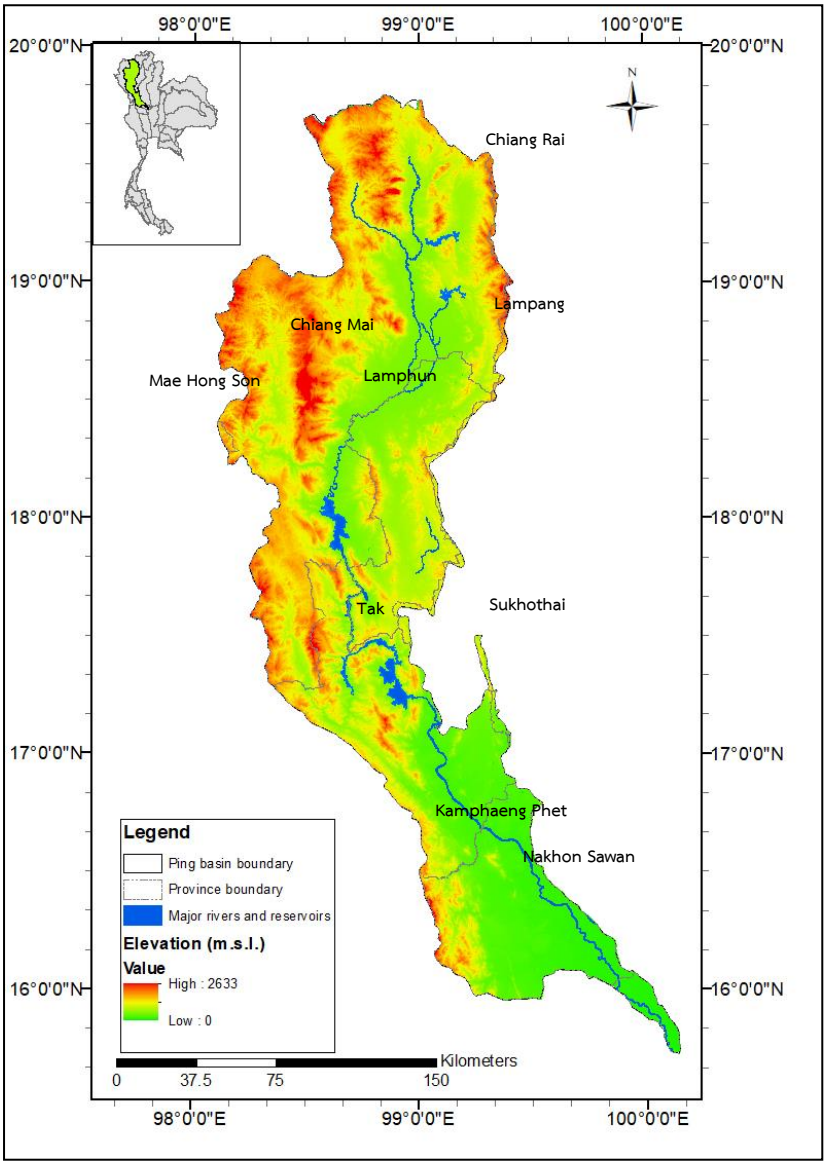
ลุ่มน้ำปิงตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศไทย ระหว่างละติจูด 15°45'-19°50' N และ ลองจิจูด 98°05'-100°10' E ดังแสดงในรูปที่ 2-1. ทิศเหนือของลุ่มน้ำติดกับประเทศเมียนมาร์ ทิศตะวันตกของลุ่มน้ำติดกับลุ่มน้ำสาละวิน ทิศตะวันออกของลุ่มน้ำติดกับลุ่มน้ำกกและลุ่มน้ำวัง ทิศใต้ของลุ่มน้ำติดกับลุ่มน้ำสะแกกรังและลุ่มน้ำเจ้าพระยา ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 34874 ตร.กม. ใน 9 จังหวัด คือ จังหวัดเชียงใหม่ ตาก กำแพงเพชร ลำพูน ลำปาง นครสวรรค์ เชียงราย สุโขทัย และแม่ฮ่องสอน โดยมีเขื่อนที่สำคัญ คือ เขื่อนภูมิพล เขื่อนแม่กวงอุดมธารา และเขื่อนแม่งัดสมบูรณ์ชล มีความจุโดยประมาณ 13,462 263 และ 265 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ เนื่องจากเขื่อนภูมิพลถูกสร้างขึ้นปิดกั้นลำน้ำบริเวณอำเภอสามเงา จังหวัดตาก ซึ่งอยู่ใกล้ตอนกลางของลุ่มน้ำ สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (สทนช.) จึงได้แบ่งการบริหารจัดการลุ่มน้ำปิงเป็นปิงตอนบนซึ่งเป็นพื้นที่เหนือเขื่อนภูมิพลและอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน และปิงตอนล่างอยู่ใต้เขื่อนภูมิพลในเขตจังหวัดตาก กำแพงเพชร และนครสวรรค์ ลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำปิงเป็นที่ราบบริเวณแม่น้ำปิงและพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูงและเทือกเขา ระดับความสูงของลุ่มน้ำอยู่ระหว่างระดับน้ำทะเลถึง 2,633 ม. รทก.

2.1.2 แม่น้ำและแหล่งน้ำ

แม่น้ำสายหลักในลุ่มน้ำปิงคือแม่น้ำปิงที่มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาผีปันน้ำบริเวณตอนบนของลุ่มน้ำในเขต จ.เชียงใหม่ แม่น้ำปิงไหลจากทิศเหนือไปยังทิศใต้ของลุ่มน้ำและบรรจบกับแม่น้ำวัง แม่น้ำยม และแม่น้ำน่าน กลายเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา (Department of Environmental Quality Promotion 1994).

2.1.3 สภาพภูมิอากาศและอุทกวิทยา

สภาพภูมิอากาศในลุ่มน้ำปิงเป็นแบบร้อนชื้นแถบมรสุม มรสุมที่กำหนดสภาพภูมิอากาศ คือ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งก่อตัวบริเวณความกดอากาศสูงในมหาสมุทรอินเดีย และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งก่อตัวบริเวณความกดอากาศสูงแถบประเทศมองโกเลียและจีน ด้วยอิทธิพลของลมมรสุมนี้ มีผลให้ลุ่มน้ำปิงมี 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน (พ.ค.-ต.ค.) ฤดูหนาว (พ.ย.-ม.ค.) และฤดูร้อน (ก.พ.-เม.ย.)



รูปที่ 2-1 สภาพภูมิประเทศและแม่น้ำในลุ่มน้ำปิง

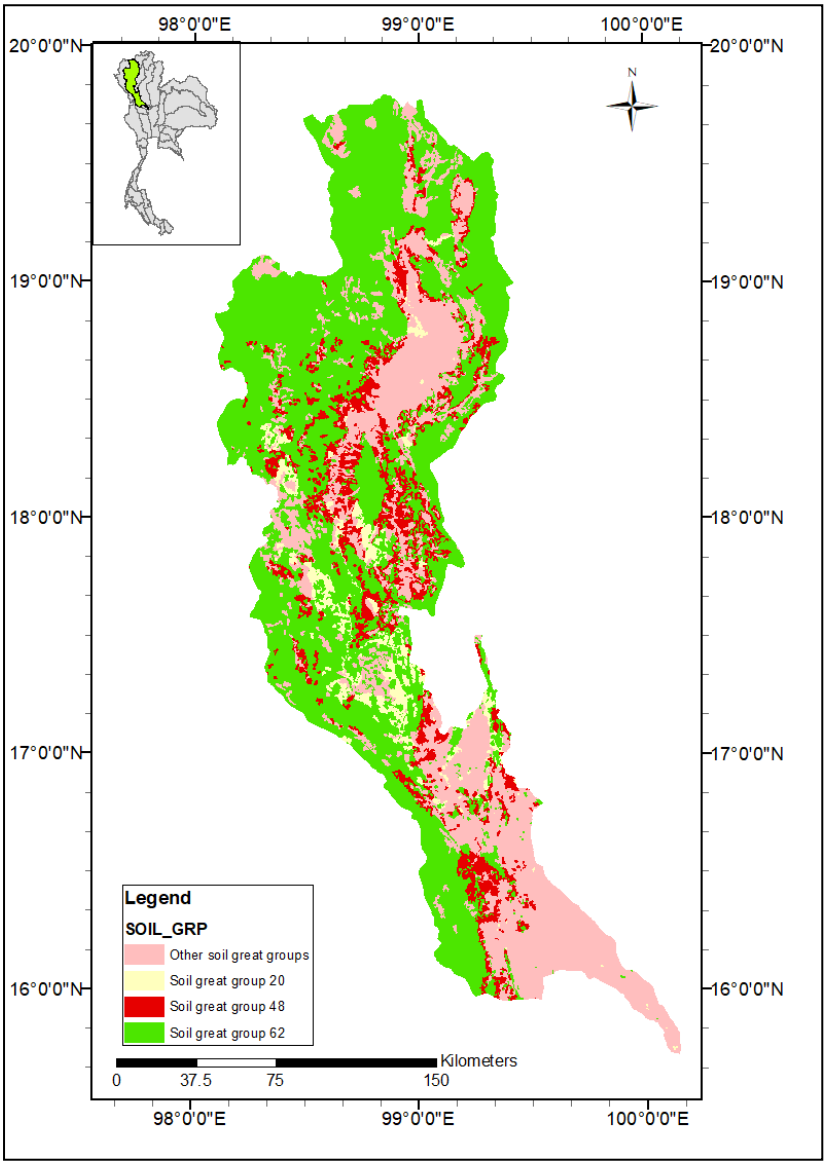
2.1.4 สภาพธรณีวิทยา

สภาพธรณีวิทยาของลุ่มน้ำปิงประกอบด้วยชั้นหินที่มีการเรียงตัวอย่างซับซ้อนและแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของลุ่มน้ำ ประเภทชั้นหินประกอบด้วยหินยุคเก่าแก่ตั้งแต่บรมยุคพรีแคมเบรียน(Precambrian) มหายุคพาเลโอโซอิก (Paleozoic) มหายุคเมโสโซอิก (Mesozoic) ถึงหินยุคใหม่มหายุคซีโนโซอิก (Cenozoic). หากจำแนกประเภทของดิน ตามเกณฑ์ของ US Soil Taxonomy (United States Department of Agriculture (USDA) 1999) ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่กรมพัฒนาที่ดินใช้ จะพบว่า ลุ่มน้ำปิงประกอบด้วยกลุ่มชุดดิน 46 กลุ่ม จากกลุ่มชุดดินที่พบได้ในประเทศไทยทั้งสิ้น 62 กลุ่ม กลุ่มชุดดินที่ 62 พื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน เป็นกลุ่มชุดดินที่พบได้

มากที่สุดในลุ่มน้ำปิง (Land Development Department 2006). ตารางที่ 2-1 และรูปที่ 2-2 แสดงกลุ่มชุดดินที่พบได้ทั่วไปในลุ่มน้ำปิง

ตารางที่ 2-1 คำอธิบายกลุ่มชุดดินที่พบในลุ่มน้ำปิง

กลุ่มชุดดิน	คำอธิบาย	พื้นที่ (ตร. กม.)	ร้อยละของพื้นที่
20	กลุ่มดินเค็มเกิดจากตะกอนลำน้ำ มีคราบเกลือลอยหน้าหรือมีชั้นดานแข็งที่สะสมเกลือภายในความลึก 100 ซม. จากผิวดิน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่าง การระบายน้ำค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ	1,245.23	3.57
48	กลุ่มดินตื้นถึงก้อนหินหรือเศษหิน และอาจพบชั้นหินพื้นภายในความลึก 150 ซม. จากผิวดิน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดถึงเป็นกลาง การระบายน้ำดี ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ	3,506.12	10.05
62	พื้นที่ลาดชันเชิงซ้อนที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่บริเวณนี้ยังไม่มีการศึกษาสำรวจและจำแนกดิน เนื่องจากสภาพพื้นที่มีความลาดชันสูง ซึ่งถือว่ายากต่อการจัดการดูแลรักษาสำหรับการเกษตร	20,456.87	58.66
Other 39 soil great groups	-	9,665.64	27.72



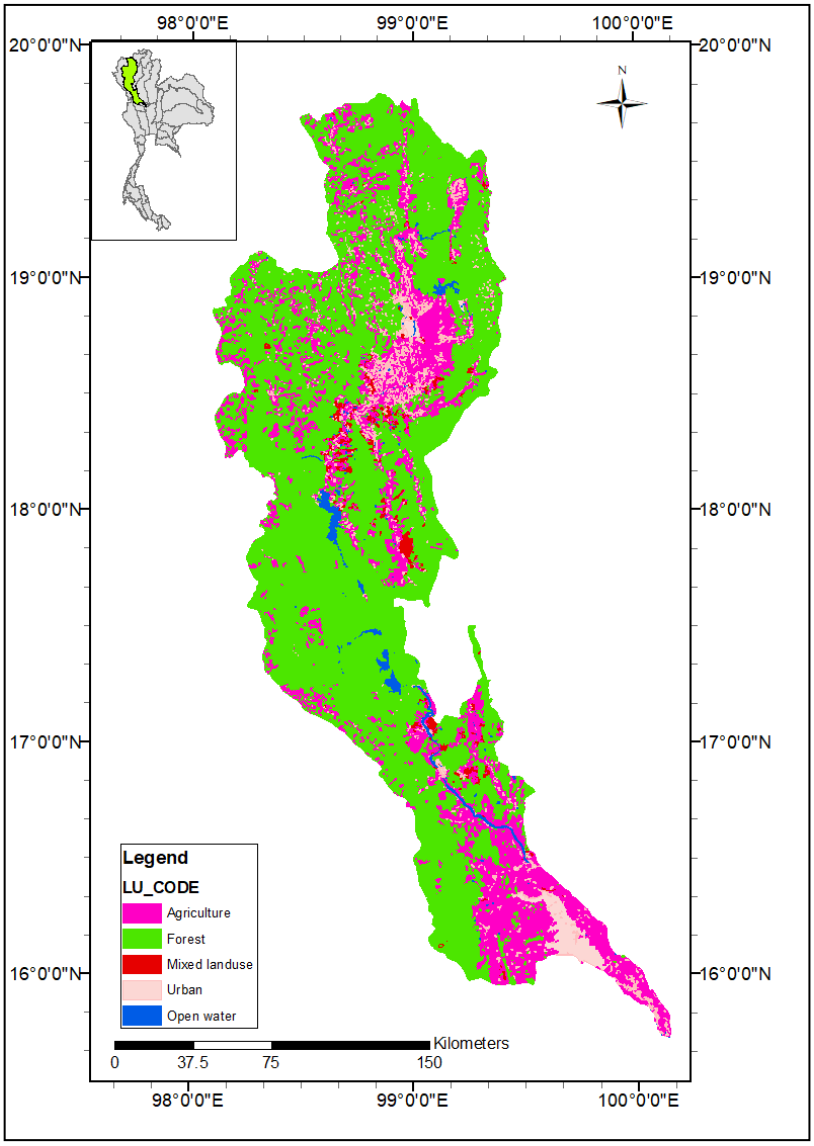
รูปที่ 2-2 กลุ่มชุดดินที่พบในลุ่มน้ำปิง

2.1.5 การใช้ที่ดิน

พื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำปิงเป็นพื้นที่ป่าไม้ จากการจำแนกตามประเภทการใช้ที่ดินแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ประกอบไปด้วย พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ประมาณ 25218.86 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 72.31% พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่ประมาณ 7234.08 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 20.74% ของพื้นที่ทั้งหมด ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ชุมชนเมืองมีพื้นที่ประมาณ 1466.43 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 4.20% ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่อื่นๆ ประมาณ 503.13 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 1.44% ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่แหล่งน้ำมีพื้นที่ประมาณ 451.38 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 1.29% ของพื้นที่ทั้งหมด รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2-2 และรูปที่ 2-3

ตารางที่ 2-2 สภาพการใช้ที่ดินของลุ่มน้ำปิง

ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นที่
พื้นที่ป่าไม้	25,218.86	72.31
พื้นที่เกษตรกรรม	7,234.08	20.74
พื้นที่อยู่อาศัย หมู่บ้าน พื้นที่นันทนาการ และถนน	1,466.43	4.20
พื้นที่อื่นๆ ชายหาด พื้นที่ทิ้งขยะ พื้นที่ลุ่มน้ำขัง เป็นต้น	503.13	1.44
พื้นที่แหล่งน้ำ เช่น คลอง,แม่น้ำ, เขื่อน และทะเลสาบ	451.38	1.29

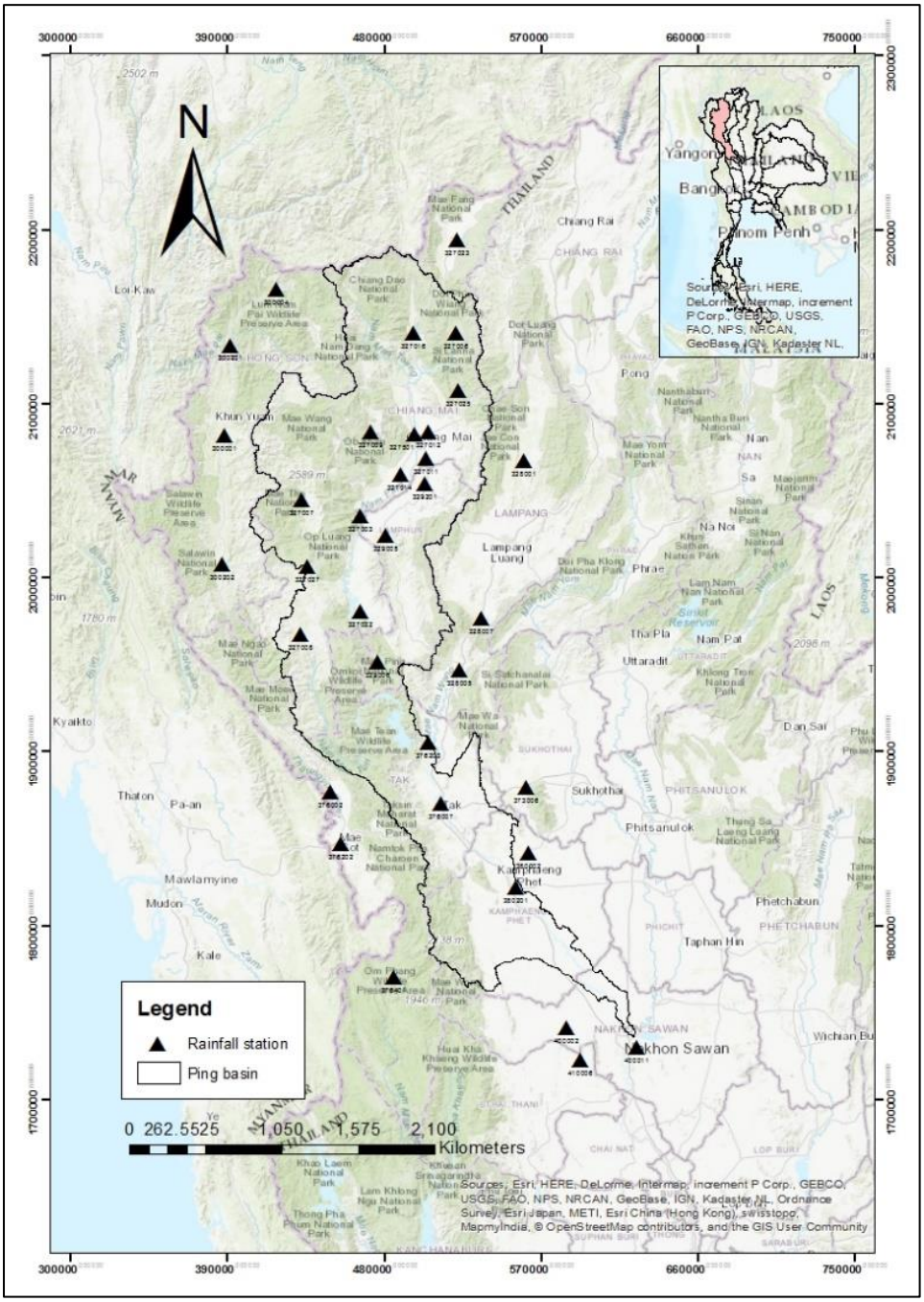


รูปที่ 2-3 การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปิง ปี พ.ศ. 2554

2.2 การวิเคราะห์น้ำฝน-น้ำท่า

2.2.1 สถานีน้ำฝน

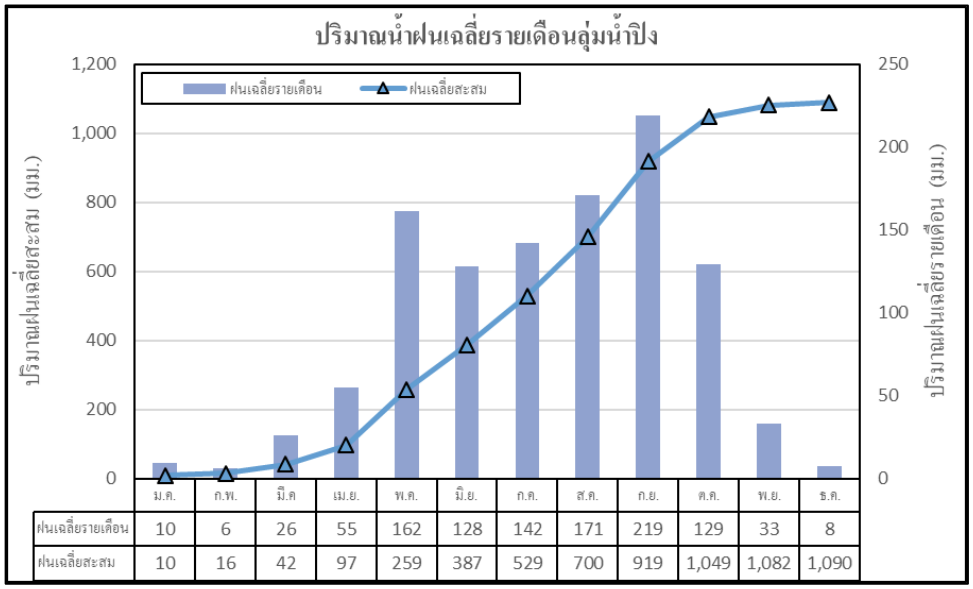
ข้อมูลน้ำฝนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบไปด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้รับการอนุเคราะห์จากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ และกรมชลประทาน ตำแหน่งที่ตั้งสถานีน้ำฝน แสดงได้ดังรูปที่ 2-4 และภาคผนวก 2



รูปที่ 2-4 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีน้ำฝน

2.2.2 ปริมาณน้ำฝน

การประมาณปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของลุ่มน้ำปิงในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลจาก 35 สถานี ตั้งแต่ปี 2540-2559 โดยวิธีรูปเหลี่ยมธีเอสเสน ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 2-5



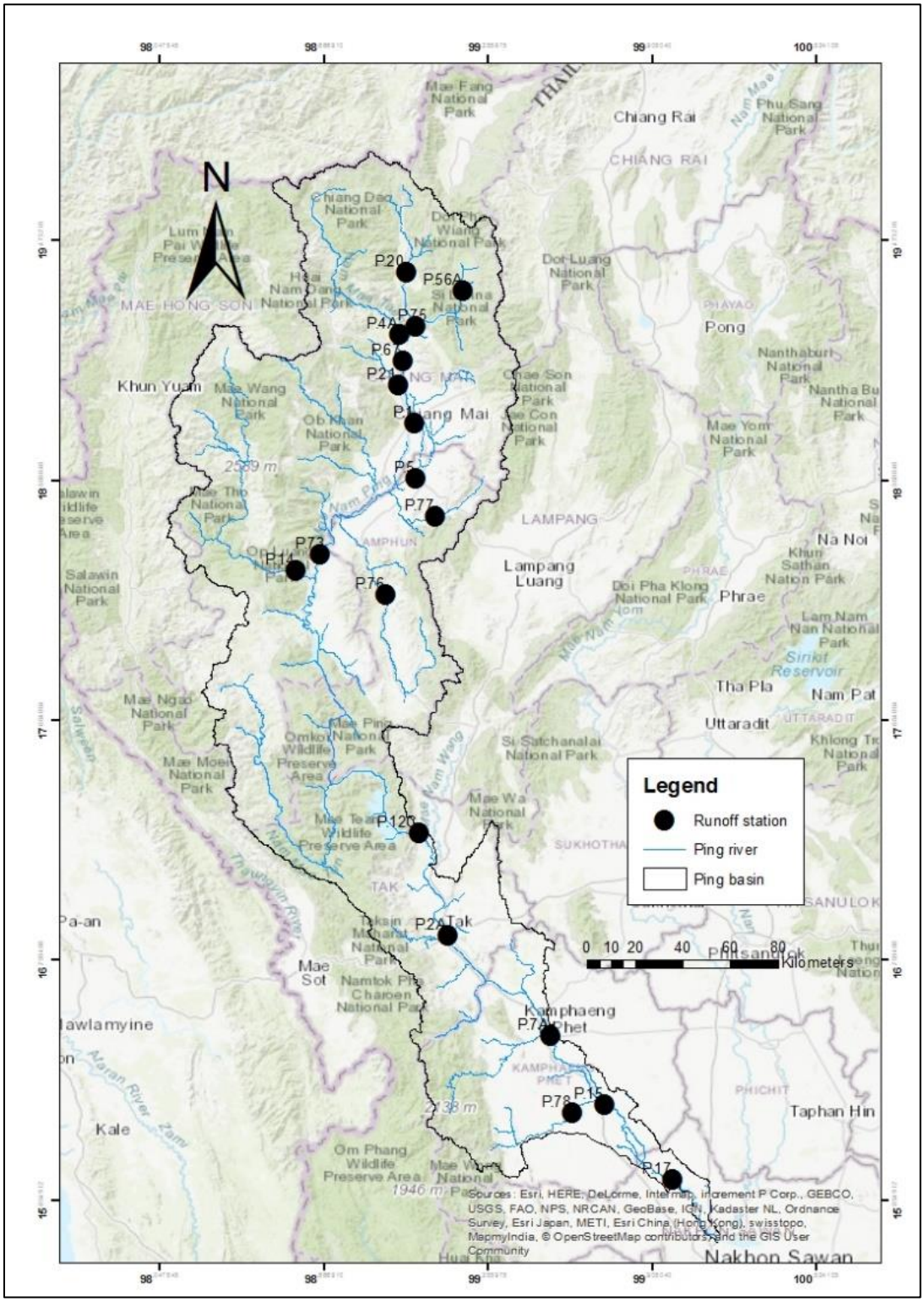
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ฝนเฉลี่ยรายเดือน	10	6	26	55	162	128	142	171	219	129	33	8
ฝนเฉลี่ยสะสม	10	16	42	97	259	387	529	700	919	1,049	1,082	1,090

รูปที่ 2-5 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของลุ่มน้ำปิง

จากรูปที่ 2-5 พบว่า พบว่าลุ่มน้ำปิงมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 1,132 มิลลิเมตร การกระจายตัวของฝนอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมไปจนถึงเดือนตุลาคม เดือนกันยายน เป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุด 219 มิลลิเมตร

2.2.3 สถานีน้ำท่า

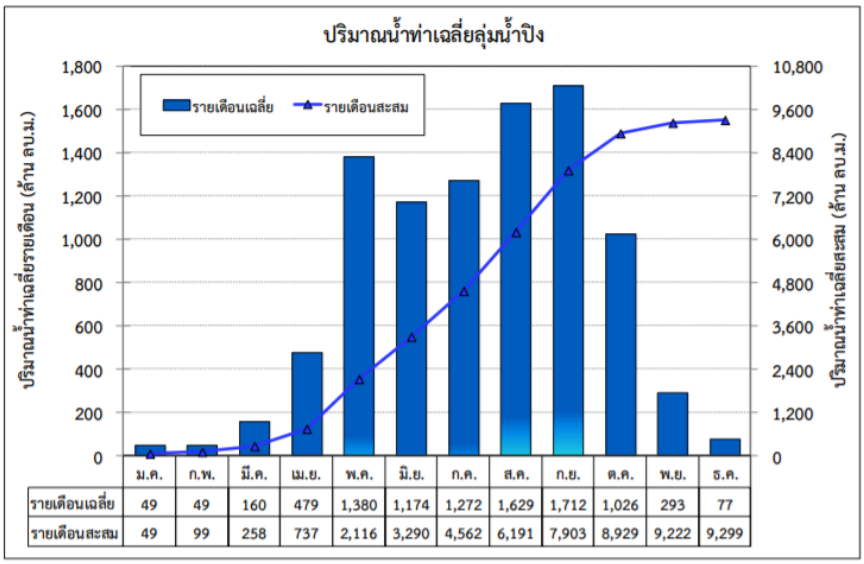
ข้อมูลน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบไปด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้รับการอนุเคราะห์จากสถานีตรวจวัดของกรมทรัพยากรน้ำ และกรมชลประทาน ตำแหน่งที่ตั้งสถานีน้ำท่าแสดงได้ดังรูปที่ 2-6 และภาคผนวก 2



รูปที่ 2-6 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีน้ำท่า

2.2.4 ปริมาณน้ำท่า

การประเมินปริมาณน้ำท่าทำได้โดยการวิเคราะห์จากปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่แต่เนื่องจากฝนที่ตกลงมาทั้งหมดไม่สามารถเปลี่ยนเป็นน้ำท่าทั้งหมดได้ เนื่องจากมีการสูญเสียเกิดขึ้นในขณะที่ฝนตก ได้แก่ การกักเก็บบนต้นไม้ การซึมลงดิน และการระเหย เป็นต้น โดยปริมาณน้ำที่เหลือจากกระบวนการดังกล่าวจะไหลผ่านผิวดิน และไปสะสมตัวในแหล่งน้ำธรรมชาติ และออกสู่ทะเลต่อไป จากการประเมินปริมาณน้าท่าในลุ่มน้ำปิงดังแสดงในรูปที่ 2-7 พบว่า ลุ่มน้าปิงมีปริมาณน้าท่ารายปีเฉลี่ย 9,299 ล้าน ลบ.ม.และมีการกระจายรายเดือนเฉลี่ยอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม



	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
รายเดือนเฉลี่ย	49	49	160	479	1,380	1,174	1,272	1,629	1,712	1,026	293	77
รายเดือนสะสม	49	99	258	737	2,116	3,290	4,562	6,191	7,903	8,929	9,222	9,299

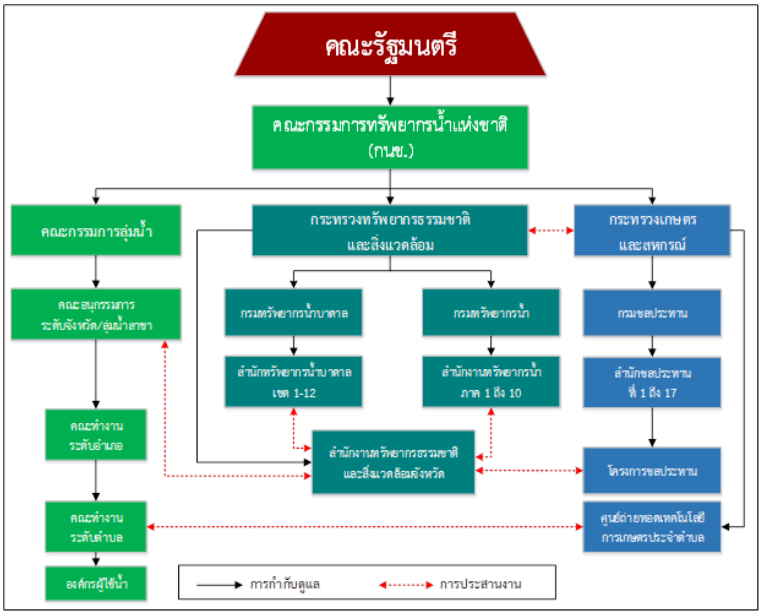
รูปที่ 2-7 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของลุ่มน้ำปิง

บทที่ 3 การจัดการภัยแล้งในประเทศไทย

3.1 การระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีบทบาทสำคัญในการจัดการภัยแล้งการเกษตร

คณะผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูลกระบวนการสื่อสารและเตือนภัยแล้งตั้งแต่ในระดับประเทศถึงระดับชุมชน จากการทบทวนวรรณกรรมจากเอกสารแหล่งต่างๆ เช่น รายงาน บทความวิชาการ และเว็บไซต์ ประกอบกับการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกวิทยาและสังคม เพื่อนำมาใช้ระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีบทบาทสำคัญในการจัดการภัยแล้งการเกษตร และเพื่อสร้างความเข้าใจถึงลักษณะโครงสร้างของเครือข่าย ความสัมพันธ์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกเครือข่าย และการไหลเวียนของข้อมูลและการสื่อสารภายในเครือข่ายนั้น หน่วยงานผู้มีรับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดการสาธารณภัยซึ่งรวมถึงภัยแล้ง สรุปได้ดังตารางที่ 3-1 และตารางที่ 3-2

คณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (กนช.) เป็นหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในประเทศ (National Water Board) ที่สามารถบริหารจัดการและสั่งการหน่วยงานด้านทรัพยากรน้ำของประเทศได้อย่างเป็นเอกภาพ และปรับปรุงให้คณะกรรมการลุ่มน้ำเป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพในการสะท้อนความต้องการของภาคีการพัฒนาในพื้นที่ และสามารถเสริมสร้างการมีส่วนร่วมและเอกภาพในการบริหารจัดการน้ำภายในลุ่มน้ำของประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ โครงสร้างและบทบาทหน้าที่หลักของหน่วยงานที่สำคัญต่อการบริหารจัดการภัยพิบัติและภัยแล้งสรุปได้ดังรูปที่ 3-1 รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับบทบาทหน้าที่และการไหลเวียนของข้อมูลและการสื่อสารระหว่างหน่วยงานด้านน้ำในระดับประเทศและระดับลุ่มน้ำแสดงไว้ในภาคผนวก 3-1



รูปที่ 3-1 โครงสร้างองค์กรบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของชาติ

ตามที่พระราชบัญญัติ ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2550 ได้จัดตั้งให้กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย สังกัดกระทรวงมหาดไทย เป็นหน่วยงานกลางของรัฐในการดำเนินการเกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยของประเทศ ซึ่งมีหน้าที่ในการจัดทำแผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ โดยฉบับปัจจุบันคือ แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558 เป็นแผนแม่บทในการจัดการสาธารณภัยของประเทศ โดยเป็นการมุ่งเน้นการลดความเสี่ยงจากสาธารณภัย (Disaster Risk Reduction : DRR) การบูรณาการการจัดการในภาวะฉุกเฉิน (Emergency Management) การเพิ่มประสิทธิภาพการฟื้นฟูอย่างยั่งยืน (Build Back Better and Safer) และการส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศในการจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัยเป็นแนวทางหลักในการดำเนินการให้บรรลุเป้าหมายของแผน นอกจากนี้ยังได้จัดทำแผนแม่บทป้องกันและบรรเทาภัยแล้ง เพื่อใช้เป็นแผนสนับสนุนแผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ และเป็นกรอบแนวทางในการดำเนินงานให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปใช้ในการป้องกันและบรรเทาภัยแล้งอย่างมีประสิทธิภาพ (แผนแม่บทป้องกันและบรรเทาภัยแล้ง, 2558)

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยของประเทศไทย มีภารกิจหน้าที่ที่จะต้องดำเนินการรองรับยุทธศาสตร์ตามที่กำหนดไว้ในแผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558 โดยยุทธศาสตร์การจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัยมี 4 ด้าน ได้แก่

ยุทธศาสตร์ที่ 1 การมุ่งเน้นการลดความเสี่ยงจากสาธารณภัย

ยุทธศาสตร์ที่ 2 การบูรณาการการจัดการในภาวะฉุกเฉิน

ยุทธศาสตร์ที่ 3 การเพิ่มประสิทธิภาพการฟื้นฟูอย่างยั่งยืน

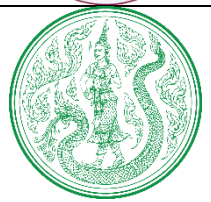
ยุทธศาสตร์ที่ 4 การส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศในการจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัย

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยของประเทศไทยมีทั้งหน่วยงานที่มีความรับผิดชอบหลักและหน่วยงานสนับสนุนภายใต้กระทรวงต่างๆหรือหน่วยงานที่มีฐานะเทียบเท่ากระทรวง และหน่วยงานในบังคับบัญชาของนายกรัฐมนตรี รวมทั้งหมด 20 หน่วยงาน เพื่อทำให้การจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัย (Disaster Risk Management) มีประสิทธิภาพมากขึ้น ตั้งแต่ระดับท้องถิ่น อำเภอ จังหวัด จนถึงระดับประเทศ โดยภารกิจหน้าที่ของแต่ละกระทรวงหรือหน่วยงานที่มีฐานะเทียบเท่ากระทรวง และหน่วยงานในบังคับบัญชาของนายกรัฐมนตรี สรุปได้ดังตารางที่ 3-1 และรายละเอียดดังแสดงไว้ในภาคผนวก 3-1

ตารางที่ 3-1 ภารกิจหน้าที่เกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยของกระทรวงหรือหน่วยงานที่มีฐานะเทียบเท่ากระทรวง และหน่วยงานในบังคับบัญชาของนายกรัฐมนตรีของประเทศไทย (แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ.2558)

ลำดับ	ชื่อของกระทรวง	ตราสัญลักษณ์	หน้าที่	หน่วยงานในสังกัด
1	สำนักนายกรัฐมนตรี		บูรณาการการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน จัดหางบประมาณเพื่อดำเนินการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย สนับสนุนข่าวกรองด้านการรักษาความปลอดภัยฝ่ายพลเรือน การแจ้งเตือนและประชาสัมพันธ์ข่าวสารให้กับประชาชนตั้งแต่ก่อนเกิดภัยจนกระทั่งหลังเกิดภัย และจัดระบบการรับบริจาคเพื่อให้การช่วยเหลือผู้ประสบภัย	- สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ - สำนักงบประมาณ - สำนักข่าวกรองแห่งชาติ - กรมประชาสัมพันธ์ - สำนักงานปลัดสำนักนายกรัฐมนตรี
2	กระทรวงกลาโหม		สนับสนุนภารกิจของรัฐในการป้องกันและแก้ไขปัญหาจากภัยพิบัติ ทั้งกำลังพล เครื่องมือ เครื่องจักร และยานพาหนะ	- ศูนย์บรรเทาสาธารณภัยสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม - ศูนย์บรรเทาสาธารณภัยกองบัญชาการกองทัพไทย - ศูนย์บรรเทาสาธารณภัยเหล่าทัพ

ลำดับ	ชื่อของกระทรวง	ตราสัญลักษณ์	หน้าที่	หน่วยงานในสังกัด
3	กระทรวงการคลัง		กำหนดมาตรการด้านศุลกากร (ในการนำเข้าและส่งออก) เพื่อใช้สนับสนุนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย และกำหนดระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับระเบียบเงินทดรองราชการ	- กรมศุลกากร - กรมบัญชีกลาง
4	กระทรวงการต่างประเทศ		ติดต่อประสานงาน ขอรับความช่วยเหลือจากหน่วยงานราชการของต่างประเทศ และองค์การระหว่างประเทศประจำประเทศไทย รวมทั้งชี้แจงและให้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยกับหน่วยงานของต่างประเทศ รวมทั้งสถานทูตต่างประเทศประจำประเทศไทยเพื่อดำเนินการตามอำนาจหน้าที่	- กรมองค์การระหว่างประเทศ - กรมการกงสุล
5	กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา		เผยแพร่ความรู้ด้านความปลอดภัยให้แก่นักท่องเที่ยวและผู้ประกอบอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว เมื่อเกิดสาธารณภัย รวมทั้งฟื้นฟูแหล่งท่องเที่ยวหลังจากได้รับผลกระทบจากสาธารณภัย	- กรมการท่องเที่ยว

ลำดับ	ชื่อของกระทรวง	ตราสัญลักษณ์	หน้าที่	หน่วยงานในสังกัด
6	กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์		รับผิดชอบในการเตรียมการและบริหารจัดการศูนย์พักพิงชั่วคราว รวมทั้งจัดกิจกรรมด้านสังคมสงเคราะห์เพื่อฟื้นฟูภายในศูนย์พักพิงชั่วคราว	- กรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการ
7	กระทรวงเกษตรและสหกรณ์		จัดทำฐานข้อมูลพื้นที่เกษตรกรรมที่เป็นพื้นที่เสี่ยงภัยและพื้นที่ที่เกิดภัยในอดีต วางแผนและมาตรการในการป้องกันและแก้ไขปัญหาสาธารณภัยด้าการเกษตร ปฏิบัติการฝนหลวงและบริหารจัดการน้ำ พัฒนาพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชลประทานเพื่อลดความเสี่ยงจากสาธารณภัย รวมทั้งติดตามสถานการณ์ภัยและแจ้งเกษตรกรเพื่อเตรียมพร้อมรับสถานการณ์ พร้อมทั้ง ประเมินความเสียหายด้านการเกษตร เพื่อให้การช่วยเหลือตามระเบียบของราชการ นอกจากนี้ยังกำหนดแนวทางป้องกันและให้ความช่วยเหลือสัตว์เลี้ยง สัตว์เศรษฐกิจ และสัตว์งานไม่ให้ได้รับผลกระทบจากสาธารณภัย	- กรมชลประทาน - กรมฝนหลวงและการบินเกษตร - กรมส่งเสริมการเกษตร - กรมปศุสัตว์ - กรมประมง - กรมพัฒนาที่ดิน - สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม - สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ - กรมการข้าว - กรมวิชาการเกษตร - กรมส่งเสริมสหกรณ์ - สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ลำดับ	ชื่อของกระทรวง	ตราสัญลักษณ์	หน้าที่	หน่วยงานในสังกัด
8	กระทรวงคมนาคม		ปรับปรุงเส้นทางและโครงข่ายคมนาคม สนับสนุนภารกิจการส่งกำลังบำรุงพร้อมทั้งแก้ไขเส้นทางเพื่อป้องกันและลดผลกระทบจากสาธารณภัย รวมทั้งจัดให้มีเส้นทางสำรอง เส้นทางเลี่ยง หรือทำทางชั่วคราว รวมทั้งซ่อมหรือดัดแปลงแก้ไขสิ่งอำนวยความสะดวกในระบบคมนาคม เพื่อสนับสนุน การปฏิบัติงานของกองบัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ และกองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยในพื้นที่ พร้อมทั้งบูรณะ ฟื้นฟู เส้นทางคมนาคมที่ได้รับความเสียหายให้สามารถใช้งานได้โดยเร็ว	- กรมทางหลวง - กรมทางหลวงชนบท
9	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม		วางแผน ปรับปรุง และพัฒนาแหล่งทรัพยกรธรรมชาติและสภาพแวดล้อม เพื่อลดความเสี่ยงจากสาธารณภัย รวมทั้งฟื้นฟูแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่ได้รับผลกระทบจากสาธารณภัย พร้อมทั้งประเมินสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศ สิ่งปกคลุมดิน ปริมาณน้ำ ฝน สถานการณ์น้ำ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมทั้ง	- กรมทรัพยากรน้ำ - กรมทรัพยากรน้ำบาดาล - สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม - กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม - กรมป่าไม้ - กรมควบคุมมลพิษ

ลำดับ	ชื่อของกระทรวง	ตราสัญลักษณ์	หน้าที่	หน่วยงานในสังกัด
			ข้อมูล พื้นที่เสี่ยงภัยและพื้นที่ที่เกิดภัยในอดีต พร้อมทั้งประสานหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อแจ้งเตือนประชาชน และเฝ้าระวัง ติดตามสถานการณ์	- กรมทรัพยากรธรณี
10	กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม		ดำเนินการให้มีระบบสื่อสารและโทรคมนาคมตลอดจนให้บริการฐานข้อมูล และสนับสนุนข้อมูลสภาวะและการพยากรณ์อากาศ รวมทั้งสถิติเพื่อการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยให้สามารถใช้การได้ในทุกสถานการณ์	- สำนักงานปลัดกระทรวง - กรมอุตุนิยมวิทยา - สำนักงานสถิติแห่งชาติ - บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) - บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) - บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด
11	กระทรวงพลังงาน		บริหารจัดการด้านไฟฟ้าในสภาวะฉุกเฉินด้านพลังงาน บริหารจัดการอนุรักษ์และประหยัดพลังงานในสภาวะฉุกเฉิน รวมทั้งจัดหาทรัพยากรด้านพลังงานให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ในการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย	- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน - การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ลำดับ	ชื่อของกระทรวง	ตราสัญลักษณ์	หน้าที่	หน่วยงานในสังกัด
12	กระทรวงพาณิชย์		สนับสนุนการบรรเทาสาธารณภัย โดยประสานผู้ผลิต/ผู้นำเข้าสินค้าที่จำเป็นต่อการครองชีพ รวมทั้งกำหนดมาตรการกำกับดูแลราคาสินค้าและปริมาณสินค้า เพื่อการจัดหาสินค้าที่จำเป็นในขณะเกิดสาธารณภัยและป้องปรามการฉวยโอกาสกักตุนสินค้าหรือขึ้นราคาสินค้าซ้ำเติมผู้บริโภค โดยมีการกำกับดูแลทั้งต้นทางและปลายทาง นอกจากนี้ยังติดตามสินค้าที่เป็นพืชผลการเกษตรในพื้นที่ประสบภัย รวมทั้งสำรวจและประเมินความเสียหาย	- กรมการค้าภายใน
13	กระทรวงมหาดไทย		สั่งการ และประสานให้จังหวัดและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ดำเนินการเกี่ยวกับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยในเขตพื้นที่ที่รับผิดชอบ และพื้นที่ข้างเคียงหรือเมื่อได้รับการร้องขอ รวมทั้งประกาศเขตพื้นที่ประสบสาธารณภัย ดำเนินการตามมาตรการด้านผังเมืองเพื่อการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย นอกจากนี้ยังดำเนินการบริการพลังงานและน้ำใช้อุปโภคบริโภคให้แก่ประชาชนในพื้นที่ที่ประสบภัยอย่างมีประสิทธิภาพ	- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย - กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น - กรมโยธาธิการและผังเมือง - การประปานครหลวง - การประปาส่วนภูมิภาค - การไฟฟ้านครหลวง - การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ลำดับ	ชื่อของกระทรวง	ตราสัญลักษณ์	หน้าที่	หน่วยงานในสังกัด
14	กระทรวงแรงงาน		จัดระบบการหางานทำเพื่อให้ผู้ประสบภัยได้ทำงานอย่างเหมาะสม รวมทั้งฝึกอาชีพและจัดหางานให้ผู้ประสบภัย นอกจากนี้ยังจัดหน่วยให้บริการด้านประกันสังคมแก่แรงงานที่ประสบภัย	- กรมการจัดหางาน - กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน - สำนักงานประกันสังคม
15	กระทรวงวัฒนธรรม		จัดทำฐานข้อมูลโบราณสถานที่ และจัดเตรียมพื้นที่ที่สามารถใช้เป็นจุดอพยพ/ศูนย์พักพิงชั่วคราวหรือสถานที่อำนวยความสะดวกแก่การปฏิบัติงานของกองบัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ และกองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยในพื้นที่ รวมทั้งฟื้นฟูโบราณสถาน ศาสนสถาน โบราณวัตุที่ได้รับผลกระทบจากสาธารณภัย	- กรมศิลปากร
16	กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี		ให้บริการข้อมูลดาวเทียมสำรวจทรัพยากร ข้อมูลภูมิสารสนเทศ และข้อมูลจากเรดาร์ชายฝั่งเพื่อการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย นอกจากนี้ยังรวบรวมประมวลผลข้อมูล ความรู้ และนำเสนอผลการวิจัยไปใช้และพัฒนาการจัดการทรัพยากรน้ำและการเกษตร	- สำนักพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) - สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน)

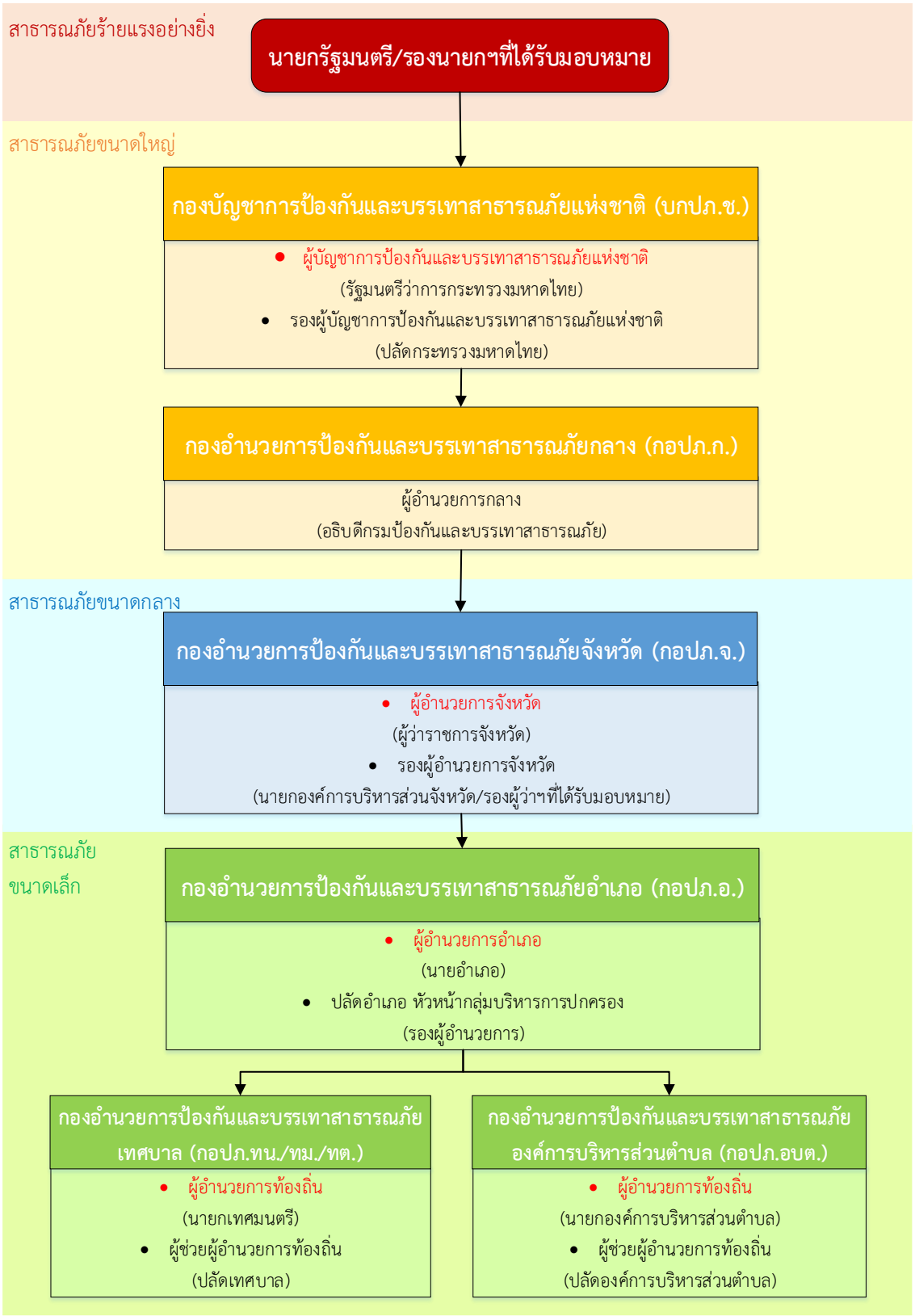
ลำดับ	ชื่อของกระทรวง	ตราสัญลักษณ์	หน้าที่	หน่วยงานในสังกัด
17	กระทรวงศึกษาธิการ		สำรวจและจัดทำฐานข้อมูลสถานศึกษาเพื่อใช้เป็นศูนย์พักพิงชั่วคราว	
18	กระทรวงสาธารณสุข		จัดเตรียมความพร้อมสถานพยาบาลทุกระดับในการรับมือกับสาธารณภัย รวมถึงพัฒนาบุคลากรสาธารณสุขและอาสาสมัครให้มีความรู้และทักษะพร้อมที่จะปฏิบัติงานเมื่อเกิดสาธารณภัย และป้องกันตนเองจากภัยที่เกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน	
19	สำนักงานตำรวจแห่งชาติ		สนับสนุนกำลังเจ้าหน้าที่ เครื่องมือ อุปกรณ์ และยานพาหนะ แก่กองบัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ และกองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยในพื้นที่	
20	สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ		จัดทำฐานข้อมูลวัดที่สามารถใช้เป็นจุดอพยพ/ศูนย์พักพิงชั่วคราว หรือสถานที่อำนวยความสะดวกแก่การปฏิบัติงานของกองบัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ และกองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยในพื้นที่	

การจัดการสาธารณภัยแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ตามแผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558 ได้แก่ สาธารณภัยขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และร้ายแรงอย่างยิ่ง ซึ่งระดับของสาธารณภัยขึ้นอยู่กับพื้นที่ ประชากร ความสามารถในการจัดการสาธารณภัย ตลอดจนศักยภาพด้านทรัพยากรที่ผู้มีอำนาจตามกฎหมายใช้ดุลยพินิจในการตัดสินใจเกี่ยวกับความสามารถในการเข้าควบคุมสถานการณ์เป็นหลัก ซึ่งแต่ละระดับจะมีผู้บัญชาการหรือผู้มีอำนาจสั่งการสูงสุดแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 3-2 โดยภารกิจหน้าที่ของหน่วยงานแต่ละระดับ แสดงดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ภารกิจหน้าที่ของหน่วยงานในแต่ละระดับของสาธารณภัย
(แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558)

ระดับของภัย	หน่วยงานระดับปฏิบัติ	หน้าที่
ร้ายแรงอย่างยิ่ง (ระดับ 4)	นายกรัฐมนตรี/รองนายกฯที่ได้รับมอบหมาย	ผู้ควบคุม สั่งการการปฏิบัติการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยสูงสุด
ขนาดใหญ่ (ระดับ 3)	กองบัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ	สั่งการ ควบคุม และประสานการปฏิบัติการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยของกองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแต่ละระดับ
	กองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยกลาง	1) ภาวะปกติ: ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อเตรียมความพร้อมในการป้องกันและแก้ไขปัญหาสาธารณภัย 2) ภาวะใกล้เกิดภัย: ติดตาม เฝ้าระวังสถานการณ์และแจ้งเตือนภัย รวมทั้งรายงานต่อผู้บัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติหรือนายกรัฐมนตรีตามแต่ระดับการจัดการสาธารณภัยเพื่อตัดสินใจในการรับมือกับสาธารณภัย นอกจากนี้ยังสามารถเรียกหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นกำลังเสริมในการเตรียมพร้อมการรับมือกับสาธารณภัย 3) ภาวะเกิดภัย 3.1) สาธารณภัยขนาดเล็ก และขนาดกลาง: อำนวยการ ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง แจ้งเตือนภัย และสนับสนุน

ระดับของภัย	หน่วยงานระดับปฏิบัติ	หน้าที่
		กองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแต่ละระดับ รวมทั้งรายงานสถานการณ์ต่อผู้บัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ เพื่อยกระดับการจัดการในกรณีสาธารณภัยขนาดใหญ่ และร้ายแรงอย่างยิ่ง 3.2) สาธารณภัยขนาดใหญ่ และร้ายแรงอย่างยิ่ง: ศูนย์ประสานการปฏิบัติของกองบัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ
ขนาดกลาง (ระดับ 2)	กองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด	อำนวยการ สนับสนุน และประสานการปฏิบัติงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่จังหวัดที่รับผิดชอบ รวมทั้งเฝ้าระวังสถานการณ์สาธารณภัย ซึ่งหากคาดว่าจะเกิดหรือเกิดสาธารณภัยขนาดกลาง ให้เสนอต่อผู้อำนวยการจังหวัด เพื่อจัดตั้งศูนย์บัญชาการเหตุการณ์จังหวัดขึ้นเพื่อเผชิญเหตุสาธารณภัยในพื้นที่
ขนาดเล็ก (ระดับ 1)	กองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยอำเภอ	อำนวยการ สนับสนุน และประสานการปฏิบัติงานกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตพื้นที่รับผิดชอบ รวมทั้งเฝ้าระวังสถานการณ์สาธารณภัย ซึ่งหากคาดว่าจะเกิดหรือเกิดสาธารณภัยในพื้นที่ ให้เสนอต่อผู้อำนวยการอำเภอ เพื่อจัดตั้งศูนย์บัญชาการเหตุการณ์อำเภอขึ้นเพื่อเผชิญเหตุสาธารณภัยในพื้นที่
	กองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยเทศบาล และกองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยองค์การบริหารส่วนตำบล	อำนวยการ และปฏิบัติการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย รวมทั้งสนับสนุนการทำงานของผู้อำนวยการอำเภอ และผู้อำนวยการจังหวัดตามที่ได้รับมอบหมาย พร้อมทั้งสนับสนุนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นซึ่งมีพื้นที่ติดต่อหรือใกล้เคียง หรือเขตพื้นที่อื่นเมื่อได้รับการร้องขอ



รูปที่ 3-2 แผนผังโครงสร้างผู้มีอำนาจในการจัดการความเสี่ยงจากสารธารณภัยระดับต่างๆ

(แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558)

3.2 การประเมินมาตรการจัดการภัยแล้ง

เนื่องด้วยในประเทศไทยประสบกับปัญหาทางด้านภัยแล้งอย่างต่อเนื่องในหลายพื้นที่ และมีแนวโน้มทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ หลายหน่วยงานในประเทศไทยจึงได้มีประกาศมาตรการและโครงการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว ตัวอย่างมาตรการจัดการภัยแล้งของกรมทรัพยากรน้ำและกรมชลประทานแสดงได้ดังนี้

3.2.1 กรมทรัพยากรน้ำ

กรมทรัพยากรน้ำได้ดำเนินงานและจัดตั้งโครงการเพื่อจัดการภัยแล้งหลักๆ ได้แก่

1) การจัดตั้งศูนย์เมฆลาโดยอยู่ภายใต้การดูแลของศูนย์ป้องกันวิกฤตน้ำ ซึ่งมีหน้าที่ในการศึกษา วิเคราะห์ เสนอแนวทางและมาตรการต่างๆ รวมทั้งประสานงานในการป้องกันและแก้ไขวิกฤตน้ำ อีกทั้งยังเป็นหน่วยงานกลางเพื่อแจ้งและเตือนภัยสาธารณภัยเกี่ยวกับน้ำ ทั้งอุทกภัยและภัยแล้ง
2) เสนอโครงการเพิ่มปริมาณน้ำประปาหมู่บ้าน
3) โครงการกระจายน้ำถึงไร่นา ระบบประปาหมู่บ้าน
4) โครงการคืนคลองน้ำไหล คืนใสทั่วประเทศ โดยจะใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการช่วยวิเคราะห์ และติดตามผล เพื่อตรวจสอบปัญหาสภาพของคูคลองต่างๆ พบว่าจะมีปัญหาการตื้นเขินเนื่องจากตะกอน และการคดเคี้ยวของทางน้ำ

3.2.2 กรมชลประทาน

ในฤดูแล้งกรมชลประทานได้มีการกักเก็บน้ำ และงดส่งน้ำในบางครั้ง เพื่อสำรองน้ำสนับสนุนการทำนาปรังของเกษตรกร ทั้งนี้การส่งน้ำจะมีการจัดตั้งมาตรการจัดสรรน้ำเพื่อให้เพียงพอต่อการอุปโภคบริโภค การเกษตร รักษาระบบนิเวศ และอื่นๆ

ในปัจจุบันรัฐบาลได้มีการจัดตั้งคณะกรรมการและกำหนดนโยบายและบริหารจัดการน้ำเพื่อมุ่งเน้นในการแก้ปัญหาทรพยากรน้ำและสร้างโอกาสให้ทุกภาคส่วนเข้าถึงทรัพยากรน้ำได้อย่างเหมาะสม โดยยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อแก้ไขปัญหาทางด้านภัยแล้งประกอบไปด้วย 4 ด้าน ดังนี้

1) ด้านการป้องกันและลดผลกระทบ (Prevention and Mitigation)
   - ทำการสำรวจ ฟื้นฟูและปรับปรุงสภาพของแหล่งน้ำและคูคลองต่างๆ
   - การสำรวจ ตรวจสอบและซ่อมแซมประปาหมู่บ้าน ให้เข้าถึงทุกพื้นที่
   - การจัดอบรมและให้ความรู้แก่กลุ่มผู้ใช้น้ำ เพื่อให้สามารถจัดสรรและกักเก็บน้ำต้นทุนให้มีประสิทธิภาพและเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำ

- การจัดหาแหล่งน้ำเพิ่มเติม เพื่อให้ประชาชนเข้าถึง และสามารถเก็บน้ำไว้ใช้ในหน้าแล้งได้

2) ด้านการเตรียมความพร้อม (Preparedness)
- การศึกษาและเตรียมแผนการให้พร้อมรับกับสถานการณ์ที่มีโอกาสที่จะเกิดขึ้น พร้อมทั้งจัดเตรียมงบประมาณ บุคลากร และเครื่องมือให้พร้อมรับกับสภานการณ์
- การเตรียมความพร้อมด้านการพยากรณ์ การคาดการณ์และการติดตามผล

3) ด้านการจัดการภาวะฉุกเฉิน (Emergency response)
- การวิเคราะห์และศึกษาสถานการณ์ภัยแล้งโดยการติดตามจากสภาพภูมิอากาศ สถานการณ์และข้อมูลความต้องการและการใช้น้ำ เพื่อให้สามารถเตรียมพร้อมและเข้าช่วยเหลือได้
- การดำเนินการช่วยเหลือผู้ประสบภัยแล้งด้วยการแจกจ่ายน้ำสำหรับการอุปโภค-บริโภค
- การสูบน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเข้าสู่พื้นที่เก็บกัก เพื่อสำรองน้ำต้นทุนให้เพียงพอในการดำเนินการจัดการทรัพยากรน้ำ
- การประชาสัมพันธ์และขอความร่วมมือจากกลุ่มผู้ใช้น้ำ และคณะกรรมการลุ่มน้ำ

4) ด้านการฟื้นฟู (Recovery)
- ตรวจสอบความเสียหายของแหล่งน้ำและพื้นที่กักเก็บน้ำ และซ่อมแซมความเสียหายของเครื่องมือ อุปกรณ์ ระบบโทรมาตร และระบบเตือนภัยล่วงหน้า (Early warning)

3.3 การวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส อุปสรรค หรือการวิเคราะห์สวอท (SWOT Analysis)

การวิเคราะห์สวอท หมายถึง การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมขององค์กรในลักษณะต่างๆ 4 ประการ ได้แก่ จุดแข็ง (Strength) จุดอ่อน (Weakness) โอกาส (Opportunity) และอุปสรรค (Threat) ขององค์กร (Andrews, 1971) โดยการวิเคราะห์สภาพแวดล้อม ทำให้สามารถเข้าใจถึงสาเหตุและที่มาของสภาพแวดล้อมต่างๆ รวมทั้งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมนั้นๆ เพื่อประเมินสถานการณ์ในปัจจุบันของสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่มีต่อองค์กร ซึ่งทำให้สามารถหาจุดแข็งเพื่อกลบจุดอ่อนภายในองค์กร และพบโอกาสที่เกิดขึ้นจากภายนอกองค์กรโดยสามารถนำไปใช้วางแผนงาน เพื่อทำให้องค์กรได้รับผลประโยชน์สูงสุด รวมทั้งหลีกเลี่ยงผลกระทบที่เกิดจากอุปสรรคภายนอกองค์กร นอกจากนี้ การวิเคราะห์สวอทยังทำให้องค์กรสามารถวางแผนกลยุทธ์ รวมทั้งปรับวิธีการบริหารจัดการสภาพแวดล้อมให้สอดคล้องกับสถานการณ์ เช่น การปรับตัวให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม (Adaptation) การใช้สภาพแวดล้อมให้เกิดประโยชน์สูงสุด (Favorability) และการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมให้องค์กร (Environmental Shift) หรือนำองค์กรไปสู่สภาพแวดล้อมใหม่ที่มีความเหมาะสมมากกว่า เป็นต้น

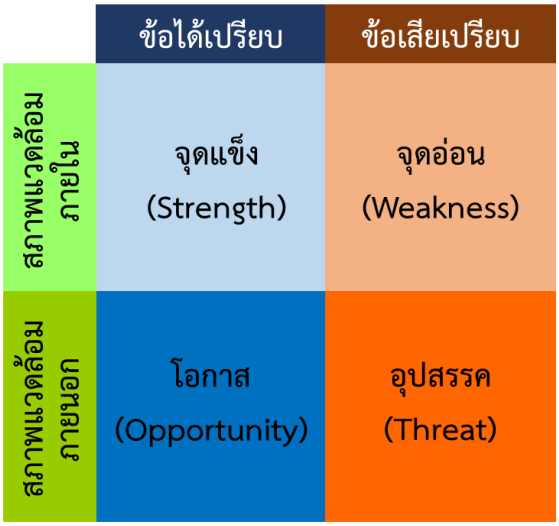
จุดแข็ง หมายถึง ปัจจัยต่างๆ ภายในองค์กร ซึ่งนำไปสู่ความได้เปรียบขององค์กร เมื่อเปรียบเทียบกับองค์กรอื่นๆ ในลักษณะเดียวกัน

จุดอ่อน หมายถึง ปัจจัยต่างๆ ภายในองค์กร ซึ่งนำไปสู่ความเสียเปรียบขององค์กร เมื่อเปรียบเทียบกับองค์กรอื่นๆ ในลักษณะเดียวกัน

โอกาส หมายถึง ปัจจัยต่างๆ ภายนอกองค์กร ซึ่งสนับสนุนการดำเนินงานขององค์กรไปสู่ความสำเร็จ และเอื้อประโยชน์ต่อความสำเร็จขององค์กร

อุปสรรค หมายถึง ปัจจัยต่างๆ ภายนอกองค์กร ซึ่งขัดขวางการดำเนินงานขององค์กร และอาจทำให้องค์กรประสบความล้มเหลว

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมในลักษณะ 4 ประการ ดังกล่าวข้างต้น สามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอก และการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายใน ดังแสดงในรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 องค์ประกอบของการวิเคราะห์สวอท (สาคร สุขศรีวงศ์, 2560)

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอก ประกอบด้วย การวิเคราะห์โอกาสและอุปสรรค ซึ่งองค์กรจะต้องสามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่า ปัจจัยใดที่สร้างโอกาสหรือความได้เปรียบให้กับองค์กร และปัจจัยใดที่สร้างอุปสรรคหรือความเสียเปรียบให้กับองค์กร รวมทั้งวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยนั้นๆ ต่อองค์กร (Fleisher & Bensoussan, 2003) ส่วนการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในประกอบด้วย การวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อน ซึ่งองค์กรจะต้องสามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าปัจจัยใดที่เป็นจุดแข็งหรือข้อได้เปรียบขององค์กร และปัจจัยใดที่เป็นจุดอ่อนหรือข้อเสียเปรียบขององค์กร รวมทั้งวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยนั้นๆ ต่อองค์กร

การทำความเข้าใจสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการบริหารจัดการขององค์กร และการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมขององค์กร ณ ปัจจุบัน รวมทั้งการปรับรูปแบบการบริหารองค์กรให้สอดคล้องกับสถานการณ์เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการนำพาองค์กรไปสู่ความสำเร็จ สภาพแวดล้อมภายนอกและภายในที่มีผลต่อการบริหารจัดการขององค์กร (สาคร สุขศรีวงศ์, 2560) แสดงได้ดังรูปที่ 3-4

รูปที่ 3-4 สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการบริหารจัดการขององค์กร (สาคร สุขศรีวงศ์, 2560)

ความหมายและองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมภายนอกและภายในอธิบายได้ ดังนี้

1) สภาพแวดล้อมภายนอก (External Environment)

สภาพแวดล้อมภายนอก หมายถึง ปัจจัยต่างๆ ที่อยู่ภายนอกองค์กร และองค์กรไม่สามารถควบคุมได้ (Uncontrollable Factors) ประกอบด้วย สภาพแวดล้อมมหภาค (Macro Environment) และสภาพแวดล้อมทางตรง (Direct Environment)

1.1) สภาพแวดล้อมมหภาค (Macro Environment)

สภาพแวดล้อมมหภาค คือ สภาพแวดล้อมภายนอกที่ส่งผลกระทบโดยรวมต่อองค์กรทุกแห่งในสังคม ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อองค์กรใดองค์กรหนึ่งโดยเฉพาะ โดยสภาพแวดล้อมมหภาค ประกอบด้วย สภาพแวดล้อมทางการเมืองและกฎหมาย (Political and Legal) สภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจ (Economic) สภาพแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม (Sociocultural) สภาพแวดล้อมทาง

เทคโนโลยี (Technology) และสภาพแวดล้อมระหว่างประเทศ (International) (Daft, 2006) ดังแสดงในตารางที่ 3-3 ซึ่งองค์กรแต่ละองค์กรได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมแต่ละประเภทแตกต่างกัน หากองค์กรสามารถวิเคราะห์และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมมหภาคได้ จะทำให้สามารถมองเห็นโอกาสที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินธุรกิจขององค์กร นอกจากนี้ เมื่อสภาพแวดล้อมนั้นๆ ส่งผลกระทบในทางเสียประโยชน์ต่อองค์กร ทำให้องค์กรสามารถวางแผนสำหรับการปรับตัว เพื่อรับมือกับสถานการณ์นั้นๆ ได้ทันท่วงที

ตารางที่ 3-3 ตัวอย่างของสภาพแวดล้อมมหภาค (สาคร สุขศรีวงศ์, 2560)

ประเภทของสภาพแวดล้อมมหภาค	ตัวอย่าง
1. สภาพแวดล้อมทางการเมืองและกฎหมาย	- ความมั่นคงทางการเมือง - นโยบายของรัฐบาล - พระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ
2. สภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจ	- ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ - อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ - อัตราดอกเบี้ย - อัตราเงินเฟ้อ - เงินทุนสำรองระหว่างประเทศ - อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ
3. สภาพแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม	- ค่านิยมของสังคม - วิถีชีวิต - มาตรฐานของการศึกษา - ปัญหาต่างๆ ทางสังคม
4. สภาพแวดล้อมทางเทคโนโลยี	- เทคโนโลยีด้านการสื่อสารโทรคมนาคม - เทคโนโลยีด้านพลังงานทางเลือก - การพัฒนาและถ่ายทอดทางเทคโนโลยี

ประเภทของสภาพแวดล้อมมหภาค	ตัวอย่าง
5. สภาพแวดล้อมระหว่างประเทศ	- ความขัดแย้งระหว่างประเทศ - กองทุนการเงินระหว่างประเทศ - องค์กรการค้าโลก - การรวมกลุ่มพันธมิตรทางการค้า - ข้อตกลงเปิดเสรีทางการค้า

1.2) สภาพแวดล้อมทางตรง (Direct Environment)

สภาพแวดล้อมทางตรง คือ สภาพแวดล้อมภายนอกที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อองค์กรแต่ละแห่งในสังคม โดยสภาพแวดล้อมทางตรงของแต่ละองค์กรจะแตกต่างกัน ซึ่งประกอบด้วย 5 ปัจจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (Bartol & Martin, 1998)

- ลูกค้า (Customer and Client)

  ลูกค้า หมายถึง บุคคลและองค์กรที่ซื้อสินค้าหรือบริการขององค์กร ซึ่งการกำหนดกลุ่มเป้าหมายอย่างชัดเจน จะทำให้องค์กรสามารถทราบความต้องการของลูกค้า รวมทั้งผู้มีอำนาจในการตัดสินใจซื้อของลูกค้า เพื่อนำไปใช้ในการสร้างกลยุทธ์ทางการตลาด ทำให้สามารถนำเสนอผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

- คู่แข่งขัน (Competitor)

  คู่แข่งขัน หมายถึง องค์กรอื่นที่นำเสนอสินค้าหรือบริการ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้ากลุ่มเดียวกับองค์กรของตน ซึ่งคู่แข่งขันสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ คู่แข่งขันทางตรง และคู่แข่งขันทางอ้อม โดยคู่แข่งขันทางตรง คือ องค์กรอื่นที่นำเสนอสินค้าหรือบริการประเภทเดียวกันให้กับลูกค้ากลุ่มเดียวกับองค์กร สำหรับคู่แข่งขันทางอ้อม คือ องค์กรอื่นที่นำเสนอสินค้าหรือบริการที่ไม่ใช่ประเภทเดียวกัน แต่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้ากลุ่มเดียวกันได้ โดยหากองค์กรสามารถวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน และกลยุทธ์ที่ใช้ในการแข่งขันของคู่แข่งขันได้ จะทำให้องค์กรสามารถปรับกลยุทธ์ เพื่อสร้างความได้เปรียบให้กับองค์กรของตนได้

- ผู้จัดหาปัจจัยการผลิต (Supplier)

  ผู้จัดหาปัจจัยการผลิต หมายถึง บุคคลหรือองค์กรที่ทำการจัดหาหรือจัดส่งปัจจัยการผลิตต่างๆ ที่มีความจำเป็นสำหรับการดำเนินงานขององค์กร โดย

องค์กรจำเป็นต้องทราบจำนวน และสถานที่ตั้งของผู้จัดหาปัจจัยการผลิตในอุตสาหกรรมของตน รวมทั้งศักยภาพของผู้จัดหาปัจจัยการผลิตแต่ละแห่ง ทำให้เมื่อผู้จัดหาปัจจัยการผลิตรายเดิมไม่สามารถดำเนินงานตามความต้องการขององค์กรได้ องค์กรสามารถติดต่อกับผู้จัดหาปัจจัยการผลิตรายอื่นๆ เพื่อทำให้การดำเนินงานขององค์กรสามารถดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง

- แรงงาน (Labour Supply)
  แรงงาน หมายถึง บุคคลที่พร้อมจะทำงานและกำลังแสวงหาองค์กรที่จะเข้าทำงาน ซึ่งแรงงานถือเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในการนำองค์กรไปสู่ความสำเร็จ โดยองค์กรควรจะมีการบริหารจัดการให้สามารถดึงดูดแรงงานที่มีความรู้ความสามารถ อยากเข้าร่วมทำงานในองค์กร รวมทั้งองค์กรยังต้องมีความสามารถในการรักษาแรงงานที่มีคุณภาพเหล่านี้ไว้กับองค์กรอีกด้วย
- หน่วยงานของรัฐ (Government Agency)
  หน่วยงานของรัฐ หมายถึง องค์กรของรัฐที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานขององค์กร ทั้งการสนับสนุนข้อมูล และการดำเนินการขององค์กร ซึ่งองค์กรควรจะศึกษานโยบายและกฎระเบียบของหน่วยงานของรัฐ เพื่อทำให้การบริหารจัดการขององค์กรเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2) สภาพแวดล้อมภายใน (Internal Environment)
สภาพแวดล้อมภายใน หมายถึง ปัจจัยต่างๆ ที่อยู่ภายในองค์กร และองค์กรสามารถควบคุมได้ (Controllable Factors) ประกอบด้วย ระบบงาน ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในองค์กร สิ่งอำนวยความสะดวก และวัฒนธรรมองค์กร โดยสภาพแวดล้อมภายในถือเป็นสิ่งขับเคลื่อนองค์กรให้เป็นไปตามเป้าหมายหรือทิศทางที่องค์กรต้องการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (Bourgeois, 1980)

2.1) ระบบงาน (System)
ระบบงาน หมายถึง กระบวนการทำงานในส่วนต่างๆ ขององค์กร ซึ่งการออกแบบระบบงานแต่ละส่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ควรต้องคำนึงถึงประเด็นต่างๆ ได้แก่ เป้าหมายและของระบบงานต่างๆ ความเพียงพอของทรัพยากรที่จำเป็นในระบบงานต่างๆ ต่อการดำเนินงาน การประสานงานและความสอดคล้องกันของระบบงานต่างๆ เนื่องจากหากมีระบบงานใดระบบหนึ่งทำงานได้แผนงานไม่ดี อาจส่งผลกระทบต่อองค์กรทั้งระบบได้

2.2) ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในองค์กร (Internal Stakeholders)

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในองค์กร หมายถึง กลุ่มบุคคลภายในองค์กรที่มีส่วนได้ส่วนเสียหรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับองค์กรโดยตรง โดยการบริหารงานให้ประสบความสำเร็จนั้น ผู้บริหารควรต้องทราบเป้าหมายและความคาดหวังของบุคคลแต่ละกลุ่มอย่างชัดเจน

2.3) สิ่งอำนวยความสะดวก (Facility)

สิ่งอำนวยความสะดวก หมายถึง อุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้ รวมทั้งอาคารสถานที่ขององค์กร ซึ่งองค์กรควรจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกให้กับสมาชิกในองค์กรอย่างเหมาะสม เพื่อทำให้สมาชิกในองค์กรสามารถทำงานได้อย่างสะดวก ปลอดภัย และมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.4) วัฒนธรรมองค์กร (Organizational Culture)

วัฒนธรรมองค์กร เป็นสิ่งแวดล้อมภายในที่เป็นนามธรรม จับต้องไม่ได้ แต่สามารถรับรู้ร่วมกันระหว่างสมาชิกในองค์กรได้ โดยส่วนใหญ่วัฒนธรรมองค์กรจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อองค์กรถูกจัดตั้งมาอย่างยาวนานพอจนมีการสะสมความรู้สึกนึกคิด ความรู้สึกร่วม และการยอมรับไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งวัฒนธรรมองค์กรมักจะเป็นรากฐานทางความคิดขององค์กรและเปลี่ยนแปลงได้ยาก เช่น คุณค่าและความนิยม ความเชื่อ บรรทัดฐาน เป็นต้น

ขั้นตอนการวิเคราะห์สวอท (Kotler 1997, UNISDR 2011, Government 2016) สรุปได้ดังนี้

1) กำหนดวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์

การกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์หรือการตั้งคำถามตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการวิเคราะห์ จะช่วยให้การวิเคราะห์เป็นไปอย่างชัดเจนเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้ ตัวอย่างคำถามเพื่อการวิเคราะห์ เช่น ควรมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์/บริการใหม่ หรือปรับปรุงกระบวนการการผลิต/บริการ

2) ศึกษาภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับองค์กร (ภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม และตลาด)

การรวบรวมข้อมูลและศึกษาภาคส่วนที่มีความเกี่ยวข้องกับองค์กร ซึ่งมักประกอบด้วยภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม และตลาด จะช่วยพัฒนาความเข้าใจในลักษณะ สถานะ และบทบาทของแต่ละภาคส่วนและวิเคราะห์ได้อย่างครอบคลุม การรวมรวบข้อมูลการศึกษานี้ควรรวบรวมมาจากหลายๆ ช่องทาง เช่น การทบทวนวรรณกรรม การพูดคุยหรือสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในแต่ละภาคส่วน

3) ระบุจุดแข็งขององค์กร

ระบุและรวบรวมจุดแข็งขององค์กร ซึ่งเป็นเป็นข้อดี จุดเด่น หรือข้อได้เปรียบเสีย ที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายในองค์กร ในการระบุจุดแข็งขององค์กรจะพิจารณาจากปัจจัยภายในด้านต่างๆ หลายๆ ด้าน เช่น คุณภาพผลิตภัณฑ์/บริการ ต้นทุน ปริมาณเงินทุน ระบบการบริหารจัดการ ความรู้ความสามารถของทรัพยากรมนุษย์ ความสัมพันธ์กับองค์กรที่เกี่ยวข้องหรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย การเข้าถึงข้อมูลเพื่อประโยชน์ต่อการดำเนินงาน การสื่อสารภายในองค์กร ความสามารถในการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม ตำแหน่งที่ตั้งและทำเลขององค์กร การระบุจุดแข็งขององค์กรควรระบุแบบเฉพาะเจาะจงอย่างชัดเจนว่าสิ่งใดคือปัจจัยที่เป็นจุดแข็งขององค์กร

4) ระบุจุดอ่อนของธุรกิจ

ระบุและรวบรวมจุดอ่อนขององค์กร ซึ่งเป็นข้อเสีย ปัญหา หรือข้อเสียเปรียบ ที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายในองค์กร ในการระบุจุดอ่อนขององค์กรจะพิจารณาจากปัจจัยภายในด้านต่างๆ หลายๆ ด้านในแนวทางคล้ายคลึงกับการระบุจุดแข็งขององค์กรซึ่งต้องพิจารณาอย่างรอบด้านและระบุอย่างชัดเจน

5) ระบุโอกาสขององค์กร

ระบุและรวบรวมโอกาสขององค์กร ซึ่งเป็นผลจากการที่สภาพแวดล้อมภายนอกเอื้อประโยชน์ หรือส่งเสริมการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งสภาพแวดล้อมภายนอกนี้ องค์กรไม่สามารถควบคุมได้ หรือควบคุมได้ยาก โดยอาจพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ หลายๆ ด้าน เช่น การเงิน เศรษฐกิจ สังคม การเมือง เทคโนโลยี นโยบาย กฎหมาย ขนบธรรมเนียมประเพณี ความเชื่อ วัฒนธรรม สภาพและการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ

6) ระบุอุปสรรคขององค์กร

ระบุและรวบรวมอุปสรรคขององค์กร ซึ่งเป็นผลจากการที่สภาพแวดล้อมภายนอกส่งผลเสียต่อธุรกิจ หรือเป็นภัยคุกคามต่อการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งสภาพแวดล้อมภายนอกนี้ องค์กรไม่สามารถควบคุมได้ หรือควบคุมได้ยาก ในการระบุอุปสรรคขององค์กรจะพิจารณาจากปัจจัยภายนอกด้านต่างๆ หลายๆ ด้านในแนวทางคล้ายคลึงกับการระบุโอกาสขององค์กร

7) จัดลำดับความสำคัญ

นำรายการที่ได้จากการระบุจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส อุปสรรค มาจัดลำดับตามความสำคัญเพื่อให้ทราบว่าควรให้ความสำคัญกับการจัดการด้านใดเป็นลำดับแรก

8) พัฒนากลยุทธ์

ทบทวนการจัดลำดับความสำคัญ โดยใช้แนวคำถามดังต่อไปนี้

8.1) องค์กรจะใช้จุดแข็งไปสร้างความได้เปรียบจากโอกาสที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างไร**?**

8.2) องค์กรจะใช้จุดแข็งเพื่อเอาชนะอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างไร**?**

8.3) องค์กรจะกำจัดจุดอ่อนเพื่อไปสร้างความได้เปรียบจากโอกาสที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างไร**?**

8.4) องค์กรจะกำจัดจุดอ่อนเพื่อเอาชนะอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างไร**?**

ผลการวิเคราะห์สวอทจะทำให้องค์กรทราบจุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส อุปสรรค ข้อมูลเหล่านี้มีประโยชน์ในการนำมาใช้กำหนดกลยุทธ์เพื่อทำให้องค์กรประสบความสำเร็จตามแนวทางดังนี้

1) การส่งเสริมจุดแข็ง

องค์กรต้องนำจุดแข็งมากำหนดเป็นกลยุทธ์หรือแนวทางในการดำเนินงานเพื่อพัฒนาให้องค์กรมีความโดดเด่นและแตกต่าง

2) การปรับปรุงหรือกำจัดจุดอ่อน

องค์กรต้องปรับปรุงจุดอ่อนให้ดีขึ้น หรือพยายามกำจัดให้หมดไปก่อนที่จุดอ่อนจะทวีความรุนแรงและกลายเป็นปัญหาขององค์กร

3) การแสวงหาโอกาส

องค์กรต้องคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายนอกอยู่เปนระยะๆ เพื่อแสวงหาประโยชนจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายนอกเหลานี้ และใช้โอกาสในการเสริมสร้างความเข้มแข็งขององค์กร

4) การเผชิญอุปสรรค

องค์กรต้องวิเคราะหและคาดการณลวงหนาถึงอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นได และหาทางปองกัน หลีกเลี่ยง หรือลดผลกระทบทางลบที่อาจเกิดขึ้น หรือปรับสภาพองค์กรให้มีความแข็งแกร่งและมีความพร้อมที่จะเผชิญกับอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นได้

แม้ว่าการวิเคราะห์สวอทหรือการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและศักยภาพเป็นเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อประเมินสถานการณ์สำหรับธุรกิจ แต่เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์นี้เป็นวิธีที่เข้าใจได้ง่าย นำไปปฏิบัติได้อย่างไม่ยุ่งยากซับซ้อน รวบรวมและสะท้อนปัจจัยที่สำคัญต่อการดำเนินธุรกิจได้ และนำไปใช้ประกอบการวางแผนกลยุทธ์ทางธุรกิจเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ จึงเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเป็นที่แพร่หลายและมีการนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการวิเคราะห์สถานการณ์หรือมาตรการขององค์กรที่อยู่นอกภาคธุรกิจ เช่น มาตรการด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Awareness ม.ป.ป.) การลดความเสี่ยงด้านภัยพิบัติและสิ่งแวดล้อมในเขตอาหรับ (UNISDR 2011) การจัดการด้านจิตสังคมและจรรยาบรรณหลังภัยพิบัติสึนามิในศรีลังกา (Siriwardhana et al. 2012) การเตรียมการ

ฝึกอบรมระยะยาวและกลยุทธ์การสร้างความสามารถในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย (NIDM 2013) ตัวอย่างผลการวิเคราะห์สวอทของมาตรการด้านต่างๆ จากการศึกษาที่ผ่านมา สรุปได้ดังตารางที่ 3-4 ถึง ตารางที่ 3-11

ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์สวอทสำหรับมาตรการกระตุ้นให้เกิดความตื่นตัวอย่างต่อเนื่องในการลดการใช้ถุงพลาสติก (Environmental Awareness ม.ป.ป.)

การกระตุ้นให้เกิดความตื่นตัวอย่างต่อเนื่องในการลดการใช้ถุงพลาสติก	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
การดำเนินการได้ทันที เริ่มต้นจากผู้ประกอบการที่ยินดีเข้าร่วม	การที่อาจจะมีผู้ประกอบการเข้าร่วมจำนวนน้อยในระยะแรก
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
การสร้างเป็นจุดขายและลดค่าใช้จ่ายในการจัดการขยะมูลฝอยได้	การเกิดขยะประเภทอื่นๆ มากขึ้น หากไม่ได้ทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้

ตารางที่ 3-5 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการประเมินความเสี่ยงภัยพิบัติระดับชุมชนในเขตอาหรับ (UNISDR 2011)

การประเมินความเสี่ยงภัยพิบัติของชุมชนในเขตอาหรับ	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● ความรู้ของชุมชนเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำและฤดูกาลการเกิดน้ำท่วม ● องค์กรส่วนท้องถิ่นมีอำนาจในการบริหารจัดการ	● การขาดผู้รับผิดชอบระบบการเตือนภัย (การรวบรวมข้อมูล การติดตาม การสื่อสาร และการรับมือ) ● ความไม่เชื่อมโยงกันระหว่างแผนการพัฒนาและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและนโยบายอื่นๆ

ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● การพัฒนาและปรับปรุงระบบจัดการน้ำท่วมมาเป็นระยะเวลายาวนาน ● การมีอำนาจกำหนดแผนพัฒนาและนโยบายต่างๆ ระดับท้องถิ่นได้ โดยไม่ถูกกำหนดจากระดับประเทศ	● องค์กรบริหารส่วนท้องถิ่นให้ความสำคัญเพียงเล็กน้อยต่อการลงทุนเพื่อสิ่งแวดล้อมและการลดความเสี่ยงภัยพิบัติ

ตารางที่ 3-6 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการจัดการด้านจิตสังคมและจรรยาบรรณหลังภัยพิบัติสึนามิของหน่วยงานในและนอกภาคราชการในศรีลังกา (Siriwardhana et al. 2012)

การจัดการด้านจิตสังคมและจรรยาบรรณหลังภัยพิบัติสึนามิของหน่วยงานในและนอกภาคราชการในศรีลังกา	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● ความเป็นน้ำหนึ่งใจเดียวและช่วยเหลือซึ่งกันและกันของคนในสังคมทุกชนชั้น	● การขาดการเตรียมความพร้อมรับมือภัยพิบัติขนาดใหญ่ นโยบายการจัดการภัยพิบัติหรือนโยบายการฟื้นฟูสุขภาพจิต ● การขาดการประสานงานที่ดี ทำให้เกิดการแก้ปัญหาซ้ำซ้อนระหว่างหน่วยงานหลายหน่วยงานที่เข้าไปช่วยเหลือ ● การขาดความเข้าใจในภาษาและวัฒนธรรมท้องถิ่นสำหรับหน่วยงานนานาชาติที่เข้าไปช่วยเหลือ ● การดำเนินการที่ไม่จำเป็น เช่น การฉีดวัคซีนแก่ประชาชนในเขตที่มีความเสี่ยงต่อโรคต่ำ ● การได้รับสิ่งของบริจาคที่ไม่เป็นประโยชน์หรือไม่สามารถนำมาใช้บรรเทาภัยพิบัติได้ เช่น ยาบำรุง เสื้อผ้าแฟชั่น

	● การได้รับความช่วยเหลือที่ไม่เหมาะสมหรือมากเกินไปอาจก่อให้เกิดวัฒนธรรมการพึ่งพา (Culture of dependency) ● ความเชื่อ วัฒนธรรม ที่ไม่เอื้อต่อการบริหารจัดการ เช่น การเก็บศพไว้เพื่อฝังและทำพิธีเพื่อเป็นเกียรติแก่ผู้ตาย ซึ่งอาจก่อให้เกิดการแพร่กระจายของโรคได้ ● การเสนอภาพความสูญเสียในสื่อต่างๆ บ่อยครั้งและต่อเนื่องทำให้เกิดผลกระทบต่อสภาพจิตใจของประชาชน
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● หน่วยงานต่างๆ ทั้งในและนอกภาคราชการมีศักยภาพที่จะรับมือต่อสถานการณ์ภัยพิบัติได้ดี แม้จะขาดการเตรียมพร้อมและการประสานงานที่ดี ● ทรัพยากรมนุษย์มีจำนวนมากและพร้อมสนับสนุนงานบรรเทาทุกข์ ● หน่วยงานต่างๆ สามารถใช้โอกาสการเกิดภัยพิบัติเพื่อกำหนดนโยบาย แนวทาง และแผนการดำเนินงานในจัดการภัยพิบัติขนาดใหญ่ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ	● ภาคเอกชนทำให้เสียสมดุลหรือทำลายระบบให้บริการสาธารณสุขของรัฐบาล ● การขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความจำเป็นในการให้บริการสาธารณสุขแบบครอบคลุมทั้งหมด (Comprehensive public health) ● กลุ่มผู้รอดชีวิตเป็นกลุ่มที่มีความเปราะบางที่อาจโดนเอารัดเอาเปรียบจากนักวิจัยที่ไม่มีจรรยาบรรณโดยอาศัยการแฝงตัวมาในรูปแบบผู้ให้การให้การรักษาเพื่อเก็บข้อมูลไปทำงานวิจัย

ตารางที่ 3-7 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการเตรียมการฝึกอบรมและกลยุทธ์การสร้างความสามารถในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย (NIDM 2013)

การเตรียมการฝึกอบรมและกลยุทธ์การสร้างความสามารถในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● กรอบข้อบังคับทางกฎหมายและนโยบายที่มุ่งเน้นและสนับสนุนให้มีการฝึกอบรมและสร้างความสามารถในการจัดการภัยพิบัติตั้งแต่ระดับประเทศถึงชุมชน ● การมีโครงสร้างพื้นฐานขององค์กรที่สนับสนุนการฝึกอบรมตั้งแต่ระดับประเทศถึงชุมชน เช่น ศูนย์ฝึกอบอรม ● การมีตัวอย่างโปรแกรมการฝึกอบรมที่เป็นแนวทางปฏิบัติที่ดี (Good practice) ● การมีเงินทุนสนับสนุนการจัดโปรแกรมฝึกอบรม	● การขาดวิสัยทัศน์ กรอบการดำเนินงาน มุมมอง แผนงาน และเกณฑ์การวัดผลของการฝึกอบรม ● การขาดความเชื่อมโยงระหว่างนโยบายและการนำไปปฏิบัติจริง ● รัฐบาลสนับสนุนการบรรเทาทุกข์มากกว่าการฝึกอบรมและสร้างความตระหนักด้านภัยพิบัติ ● การฝึกอบรมมักถูกจัดขึ้นแบบครั้งเดียวจบ และไม่มีการประเมินความจำเป็น ผลที่ได้รับ หรือความสอดคล้องกับนโยบาย จึงไม่สามารถสนับสนุนการดำเนินงานตามนโยบายได้เท่าที่ควร
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● การมีโปรแกรมสำคัญระดับชาติจำนวนมากที่มุ่งเน้นการฝึกอบรมและสร้างความสามารถในการจัดการ ● การมีโครงสร้างพื้นฐานและบุคลากรจำนวนมากสำหรับจัดการฝึกอบรบ ● การให้เครือข่ายหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับภัยพิบัติที่มีความเข้มแข็งมีส่วนร่วมในการฝึกอบรม ● การเติบโตอย่างรวดเร็วของกลุ่มส่งเสริมความเป็นผู้นำในผู้หญิงเป็นโอกาสส่งเสริมให้ผู้หญิงเป็นผู้นำชุมชนและผู้จัดการภัยพิบัติ	● การก่อให้เกิดค่าเสียโอกาสสูง เนื่องจากภัยพิบัติอาจมีความรุนแรงและมีผลกระทบต่อโครงสร้างพื้นฐาน สิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติ ความเป็นอยู่ของประชาชน หรือการฝึกอบรมโดยไม่มีวิสัยทัศน์ที่ชัดเจนอาจทำให้เกิดการสูญเปล่าหรือใช้ทรัพยากรไม่คุ้มค่า ● ความเสี่ยงภัยพิบัติที่สูงขึ้นมีผลต่อการพัฒนาทั้งในแง่เศรษฐกิจและสังคม

ตารางที่ 3-8 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการวิจัยและการศึกษาในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย (NIDM 2013)

การวิจัยและการให้ความรู้ด้านการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
• การริเริ่มงานวิจัยและให้ความรู้ด้านการจัดการภัยพิบัติ และการมีบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ • กฎหมายและนโยบายชาติที่กำหนดให้มีการสร้างฐานข้อมูลการประเมินความเสี่ยงและความเปราะบาง การมีแผนที่เสี่ยงระดับมหภาค การระบุหน่วยงานผู้รับผิดชอบในการเตรียมการและดูแลรักษาข้อมูลความเสี่ยงที่มีความสำคัญ • การเป็นศูนย์กลางในการติดตาม พยากรณ์และเตือนภัยพายุไซโคลนในมหาสมุทรอินเดียเหนือ มีเครือข่าย กลไก และช่องทาง เช่น เว็บไซต์ สำหรับการพัฒนาและแลกเปลี่ยนองค์ความรู้	• หลักสูตรการศึกษาเกี่ยวกับภัยพิบัติในสถาบันการศึกษายังเป็นเพียงขั้นแรกของการมุ่งสู่การสร้างองค์ความรู้และถ่ายทอด บุคลากรผู้มีความรู้ความสามารถยังไม่ได้นำความรู้ที่มีอยู่มาถ่ายทอดอย่างเต็มที่ • การลงทุนด้านงานวิจัยยังอยู่ในระดับจำกัด การขาดระบบการจัดการเอกสารและองค์ความรู้ การผสมผสานการลดความเสี่ยงภัยพิบัติเข้ากับโปรแกรมการศึกษาในสายอาชีพต่างๆ เช่น วิศวร สถาปนิก นักออกแบบเมือง ยังไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควร • ข้อมูลที่มีอยู่อาจเข้าถึงได้ยาก หรือไม่เป็นปัจจุบัน • การเผยแพร่ข้อมูลระหว่างหน่วยงานยังไม่มีประสิทธิภาพ • มาตรฐานของกระบวนการพัฒนางานวิจัยหลายๆ ประเด็นยังไม่ชัดเจน โดยเฉพาะสำหรับการประเมินความเสี่ยงหลายด้าน (Multi-hazard assessment) การคาดการณ์สถานการณ์ความเสี่ยงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การจำลองความสูญเสียและการแปลความหมายจากแบบจำลอง

	● การขาดการถอดบทเรียนของแนวการปฏิบัติที่ดี (Best practices) ความท้าทายในการนำผลการวิจัยไปใช้งานจริง ● การประเมินความเสี่ยงยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ซึ่งอาจเกิดจากการขาดความรู้ความเข้าใจที่เพียงพอ ขาดการประเมินความเสี่ยงในสถานที่ที่มีความสำคัญ เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล ● การขาดการจัดเก็บข้อมูลเหตุการณ์ภัยพิบัติสำคัญ หรือข้อมูลที่จัดเก็บไม่อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● การมีประชาชนจำนวนมาก ซึ่งสามารถพัฒนาเป็นผู้นำและผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ การมีสถาบันการศึกษาจำนวนมากที่ให้ความรู้เกี่ยวกับภัยพิบัติได้ในหลายช่องทาง เช่น การเรียนออนไลน์ การฝึกอบรม	● การขาดแรงจูงใจในการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการภัยพิบัติ

ตารางที่ 3-9 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการสร้างการตระหนักรู้แก่สาธารณะ (Public Awareness) ในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย (NIDM 2013)

การสร้างความตระหนักรู้แก่สาธารณะ (Public Awareness) ในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● ความมีอิสระในการนำเสนอและความสามารถในการเข้าถึงของสื่ออิเล็กทรอนิกส์ การประชาสัมพันธ์ข้อมูลเกี่ยวกับภัยพิบัติ เช่น แนวทางการปฏิบัติและหลีกเลี่ยง **(Dos and Don'ts)** เมื่อเกิดภัยพิบัติ ผ่านสื่อหลายช่องทางทั้งโทรทัศน์ วิทยุ และหนังสือพิมพ์	● การรณรงค์ในการสร้างความตระหนักรู้แก่สาธารณะยังอยู่ในระดับต่ำ เช่น การขาดความเข้มแข็งขององค์กรบริหารระดับท้องถิ่นในการสร้างความตระหนักรู้แก่สาธารณะในชุมชนที่มีความเสี่ยง

• การริเริ่มโครงการระดับชาติในการสร้างความตระหนักรู้แก่สาธารณะ • การมีเครือข่ายความร่วมมือระหว่างองค์กรภาครัฐและเอกชนที่มีบทบาทในการพัฒนาฐานความรู้ภัยพิบัติและกระตุ้นความตระหนักรู้แก่สาธารณะ	• การขาดการสื่อสารข้อมูลด้านเทคนิคของภัยพิบัติ การสื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับการบริหารความเสี่ยงมีน้อย แต่จะมุ่งเน้นการรายงานเหตุการณ์ภัยพิบัติมากกว่า
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
• การมีเครือข่ายสื่อขนาดใหญ่ การมีเทคโนโลยีสมัยใหม่และเครื่องมือสื่อสารแบบดิจิตอล (Digital) ที่ทำให้การสื่อสารเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว	• การสื่อสารอย่างรวดเร็วผ่านเครื่องมือสื่อสารแบบดิจิตอลส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของข้อมูลหรืออาจสร้างความตื่นตระหนกจากข่าวลือได้

ตารางที่ 3-10 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการพัฒนาองค์กรในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย (NIDM 2013)

การพัฒนาองค์กรในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
• การกำหนดกรอบกฎระเบียบข้อบังคับและนโยบายด้านการจัดการภัยพิบัติตั้งแต่ระดับชาติถึงระดับท้องถิ่น มีบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเพียงพอในแต่ละภาคส่วนในระดับประเทศและจังหวัด • การจัดตั้งศูนย์จัดการภัยพิบัติเพื่อจัดการความเสี่ยงภัยพิบัติในภูมิภาค • การมีกลุ่มพันธมิตรขององค์กรพัฒนาเอกชน (Non-governmental Organization: NGO)	• การขาดสำนักเลขาธิการทำหน้าที่ประสานงานจัดการประชุมและติดตามผลอย่างสม่ำเสมอการปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายจึงมักไม่เกิดขึ้น • การขาดองค์กรระดับตำบล กลไกการจัดการและเงินทุนสำหรับดำเนินการตามมาตรการของชุมชน • บทบาทขององค์กรส่วนท้องถิ่นยังมีน้อย

ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● การมีกฎหมายที่บังคับให้จัดตั้งองค์กรสำหรับบรรเทาความเสี่ยงภัยพิบัติตั้งแต่ระดับจังหวัด ตำบล ไปถึงท้องถิ่น	● การจัดสรรทรัพยากรไปยังระดับท้องถิ่นอาจไม่ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่หากองค์กรระดับท้องถิ่นไม่มีประสิทธิภาพในการบริหารงานเพียงพอ ● การผสมผสานการลดความเสี่ยงภัยพิบัติเป็นส่วนหนึ่งของแผนงานทั้งหมดเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์สูงสุด

ตารางที่ 3-11 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการสร้างกระแสหลัก (Mainstreaming) ในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย (NIDM 2013)

การวิเคราะห์สวอทสำหรับการสร้างกระแสหลัก (Mainstreaming) ในการจัดการภัยพิบัติในอินเดีย	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● แผนงานระยะยาวที่แสดงถึงความจำเป็นของการสร้างกระแสหลักเกี่ยวกับการลดความเสี่ยงภัยพิบัติอย่างชัดเจน	● ช่องว่างในระบบที่มีอยู่ เช่น การผสมผสานการลดความเสี่ยงภัยพิบัติในหน่วยงานต่างๆ ที่ยังไม่มีการนำไปปฏิบัติจริง การไม่มีการวิเคราะห์ความเสี่ยงและความเปราะบางในระดับจุลภาค (Micro level)
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● การพัฒนาโปรแกรมเพื่อสนับสนุนการสร้างกระแสหลักของการลดความเสี่ยงภัยพิบัติ	● ความล่าช้าของการผลักดันให้การลดความเสี่ยงภัยพิบัติเป็นเรื่องปกติในการพัฒนาและบริหารงาน จะส่งผลด้านลบต่อการพัฒนา

การวิเคราะห์สวอทของมาตรการภัยแล้งในประเทศไทยสามารถดำเนินการได้ในลักษณะที่คล้ายคลึงกับการประเมินมาตรการดังแสดงในตารางข้างต้น ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 3-12 ถึง 3-24

ตารางที่ 3-12 การวิเคราะห์สวอทสำหรับมาตรการพัฒนาแหล่งน้ำ

การพัฒนาแหล่งน้ำ และระบบชลประทาน	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● การพัฒนาแหล่งน้ำ เช่น งานอ่างเก็บน้ำ งานสระเก็บน้ำ งานขุดลอกหนองและบึง จะช่วยเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนและกักเก็บปริมาณน้ำไว้ใช้ช่วงหน้าแล้งได้ ● การพัฒนาแหล่งน้ำ เช่น งานฝายทดน้ำ งานคลองส่งน้ำ จะช่วยให้กระจายน้ำไปยังพื้นที่การเกษตรต่างๆ ได้ทั่วถึง	● การพัฒนาแหล่งน้ำ และระบบชลประทานมักใช้เงินลงทุนสูงและต้องมีการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง ● ประสิทธิภาพของระบบชลประทานที่ใช้งานอยู่ปัจจุบันค่อนข้างต่ำ
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● ประเทศไทยมีแหล่งน้ำตามธรรมชาติกระจายอยู่ทั่วประเทศ จึงสามารถพัฒนาเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ ● การใช้ประโยชน์ด้านอื่นจากการพัฒนาแหล่งน้ำ เช่น การพัฒนาอ่างเก็บน้ำเป็นสถานที่ท่องเที่ยวเพื่อสร้างรายได้แก่คนในชุมชนในช่วงภัยแล้ง ● ยุทธศาสตร์ชาติที่ระบุเป้าหมายในการพัฒนาแหล่งน้ำไว้อย่างชัดเจน เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพโครงการแหล่งน้ำ ลำน้ำ และระบบส่งน้ำเดิม การพัฒนาแหล่งเก็บกักน้ำ/ระบบส่งน้ำใหม่ และมีหน่วยงานด้านน้ำร่วมกันกำหนดแผนงานเพื่อนำไปปฏิบัติจริง	● การพัฒนาและเติบโตทางเศรษฐกิจก่อให้เกิดการขยายตัวของชุมชนเมือง อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม ทำให้มีพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาแหล่งน้ำใหม่ลดลง ● คุณภาพของแหล่งน้ำที่อาจเสื่อมโทรม เป็นผลมาจากการพัฒนาและเติบโตทางเศรษฐกิจ ● บุคลากรผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านการพัฒนาแหล่งน้ำและระบบชลประทานมีจำนวนค่อนข้างน้อย และอาจมีจำนวนลดลงในอนาคต เนื่องจากความเป็นไปได้ในการพัฒนาแหล่งน้ำใหม่ลดลง โดยเฉพาะแหล่งน้ำขนาดใหญ่

ตารางที่ 3-13 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการจัดหาแหล่งน้ำสำรอง

การจัดหาแหล่งน้ำสำรอง	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● การจัดหาแหล่งน้ำสำรอง เช่น น้ำบาดาล จะช่วยเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนและกักเก็บปริมาณน้ำไว้ใช้ช่วงหน้าแล้งได้ ● การจัดหาแหล่งน้ำสำรอง เช่น น้ำบาดาล จะช่วยเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนในพื้นที่ที่ไม่สามารถเข้าถึงแหล่งน้ำผิวดินได้ ● การมีกองทุนพัฒนาน้ำบาดาล ซึ่งเป็นกลไกสนับสนุนการพัฒนาและอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำบาดาลให้สามารถดำรงศักยภาพในการเป็นฐานของการพัฒนาประเทศ เป็นทุนหมุนเวียนเพื่อการศึกษา สำรวจ วิจัย รวมไปถึงการให้ความช่วยเหลือและอุดหนุนกิจการใดๆ ที่เกี่ยวกับการทดแทนและอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาล	● ความท้าทายในการรักษาแหล่งน้ำบาดาลให้มีปริมาณการใช้อย่างสมดุลและมีคุณภาพน้ำที่ดี ซึ่งต้องอาศัยกลไกและองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น การเสริมสร้างศักยภาพและองค์ความรู้ด้านน้ำบาดาลของเจ้าหน้าที่และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในทุกระดับ การส่งเสริมความเข้มแข็งขององค์กรในการบริหารจัดการน้ำบาดาลซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือจากภาครัฐในการบังคับใช้กฎระเบียบ มาตรการ เครื่องมือต่างๆ ตลอดจนเปิดการโอกาสให้ประชาชนและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders) ได้เข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการตัดสินใจ (Decision-making Process) การกำหนดนโยบายการบริหารจัดการน้ำบาดาลในแต่ละพื้นที่ควรมีความแตกต่างกันตามบริบทของพื้นที่ ● การเก็บค่าธรรมเนียมน้ำบาดาลที่อาจจะยังไม่มีประสิทธิภาพและเป็นธรรมเพียงพอ
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● ในลุ่มน้ำปิงมีแหล่งน้ำบาดาลที่สำคัญและมีศักยภาพเป็นแหล่งน้ำสำรองหรือทดแทนแหล่งน้ำผิวดิน คือ พื้นที่ราบลุ่มแอ่งเชียงใหม่-ลำพูน ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 3,000 ตารางกิโลเมตร อยู่ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน มีปริมาณน้ำที่กักเก็บประมาณ 485 ล้านลูกบาศก์เมตร สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้	● การพัฒนาและเติบโตทางเศรษฐกิจก่อให้เกิดการขยายตัวของชุมชนเมือง อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม ทำเกิดปัญหาการปนเปื้อนของมลพิษในชั้นน้ำบาดาล ● เนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่อยู่นอกเขตชลประทาน ภาคเกษตรกรรมจึงเป็นภาคที่มีอัตราการใช้น้ำบาดาลสูง โดยเฉพาะบริเวณ

ประมาณ 97 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี มีการสูบน้ำไปใช้แล้วประมาณ 20 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และเหลือน้ำที่จะสามารถนำมาใช้ได้ประมาณ 77 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี สามารถใช้ทำนาปรังได้ประมาณ 38,500 ไร่ต่อปี (สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร 2558) ● ยุทธศาสตร์ชาติที่ระบุเป้าหมายในการพัฒนาแหล่งน้ำไว้อย่างชัดเจน เช่น การจัดหาน้ำในพื้นที่เกษตรน้ำฝนโดยใช้น้ำบาดาลเพื่อการเกษตร และมีหน่วยงานด้านน้ำร่วมกันกำหนดแผนงานเพื่อนำไปปฏิบัติจริง ● การใช้น้ำบาดาลเชิงอนุรักษ์ เพื่อให้มีน้ำบาดาลใช้อย่างเพียงพอแม้ในช่วงภาวะแล้ง	ภาคเหนือตอนล่างต่อภาคกลางตอนบน เช่น จังหวัดกำแพงเพชร แหล่งน้ำบาดาลจึงมีความเสี่ยงจากการใช้ที่เกินสมดุล และหากภาวะเกินสมดุลเกิดขึ้นเป็นระยะเวลานาน จะก่อให้เกิดผลระยะยาวตามมา เช่น แผ่นดินทรุด ถนนชำรุดเสียหาย น้ำท่วมขังท่อระบายน้ำ ● การปรับเปลี่ยนกฎหมายและข้อบังคับ เช่น พระราชบัญญัติน้ำบาดาล ซึ่งอาจมีข้อจำกัดและการควบคุมการใช้น้ำบาดาลที่เข้มงวดขึ้น โดยเฉพาะในเขตพื้นที่วิกฤตการณ์น้ำบาดาล ส่งผลให้เกษตรกรในพื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถใช้น้ำบาดาลได้ หรือต้องลงทุนมากขึ้นในการใช้ระบบประปา ส่งผลต่อรายได้ที่ได้รับ

ตารางที่ 3-14 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการปลูกพืชเกษตรเพิ่มผืนป่าหรือใช้วนเกษตร (Agroforestry) เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ระบบนิเวศและลดความเสี่ยงภัยแล้ง

การปลูกพืชเกษตรเพิ่มผืนป่าหรือใช้วนเกษตรเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ระบบนิเวศและลดความเสี่ยงภัยแล้ง	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● วนเกษตรเป็นแนวทางที่มุ่งประสานประโยชน์ร่วมกันระหว่างการเกษตรและป่าไม้ เป็นการผลิตทางการเกษตรที่ให้ความสำคัญแก่ความสมดุลของระบบนิเวศในพื้นที่ป่าไม้เป็นหลัก ผสมผสานระหว่างการผลิตทางด้านป่าไม้ควบคู่การผลิตทางด้านการเกษตร จึงเป็นแนวทางที่มีความยั่งยืน เกษตรสามารถสร้างผลผลิตในระยะยาวและมีรายได้อย่างต่อเนื่อง ● วนเกษตรเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน จึงไม่มีความจำเป็นต้องใช้	● รูปแบบของวนเกษตรที่เหมาะสมจะแตกต่างกันในแต่ละสภาพพื้นที่และสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น ดังนั้น เกษตรกรต้องมีความรู้ความเข้าใจในการเลือกรูปแบบที่เหมาะสมมาปฏิบัติจึงประสบผลสำเร็จ ● วนเกษตรเหมาะสมกับพื้นที่เพาะปลูกขนาดเล็กถึงปานกลาง เนื้อที่ไม่เกิน 50 ไร่ ไม่เหมาะกับฟาร์มการเกษตรขนาดใหญ่

เทคโนโลยี และใช้เงินลงทุนน้อย เกษตรกรรายย่อยสามารถนำหลักการไปปฏิบัติเองได้ โดยเฉพาะเกษตรกรในพื้นที่ชุมชนที่อยู่ใกล้ชิดพื้นที่ป่าธรรมชาติ ซึ่งแนวทางนี้จะไม่กระทบต่อพื้นที่ป่าเดิมและระบบนิเวศ เนื่องจากจะไม่โค่นไม้ป่า ไม่นำผลผลิตมาจากป่ามาใช้ประโยชน์ รูปแบบวนเกษตรที่พบในภาคเหนือจะเป็นการทำสวนเมี่ยง (ชา) สวนมะแขว่น ต๋าว ปอสา ก๋ง เป็นต้น (สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ 2556) ● การมีตัวอย่างที่ดี (Best practice) ของการทำวนเกษตร เช่น ทับเบิกโมเดล และการมีต้นแบบที่ดีของระบบวนเกษตร เช่น ผู้ใหญ่วิบูลย์ เข็มเฉลิม อดีตผู้ใหญ่บ้านห้วยหิน ต.ลาดกระทิง อ.สนามชัยเขต จ.ฉะเชิงเทรา เป็นแรงจูงใจให้เกิดความสนใจนำแนวทางนี้ไปปฏิบัติ	● การสนับสนุนด้านองค์ความรู้และการให้คำแนะนำเกี่ยวกับวนเกษตรยังไม่กระจายอย่างทั่วถึง ● การขาดความเข้าใจพฤติกรรมและแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของเกษตรกร และการขาดกลไกที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในระยะเวลาที่เหมาะสม ไม่ใช้ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงนานเกินไป อาจต้องอาศัยองค์ความรู้จากการศึกษาและงานวิจัยด้านพฤติกรรมมาสนับสนุน
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● แนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนที่เป็นกระแสหลักในระดับนานาชาติ โดยเฉพาะเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติ (UN Sustainable Development Goals: SDGs) จึงเป็นโอกาสที่แนวทางของวนเกษตรจะได้รับการส่งเสริมมากขึ้น ● วนเกษตรช่วยปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมทั้งดินและน้ำได้ ● การขึ้นราคาปุ๋ยเคมี และยาฆ่าแมลง ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนในการเพาะปลูกรูปแบบเดิมสูงขึ้น วนเกษตรจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ	● เกษตรกรมีความเคยชินกับการปลูกพืชเชิงเดี่ยว เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง ใช้ปุ๋ยเคมีเร่งผลผลิต ซึ่งทำลายสมดุลตามธรรมชาติและก่อให้เกิดความเสี่ยงภัยแล้ง แต่การปรับรูปแบบการทำการเกษตรเป็นไปได้ยาก ● เกษตรกรขาดแรงจูงใจ เนื่องจากรายได้ที่ได้จากการทำเกษตรแบบวนเกษตรอยู่ในระดับเพียงพอต่อการดำรงชีพ แต่ไม่สามารถก่อให้เกิดรายได้สูง

ตารางที่ 3-15 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการกำหนดเขตพื้นที่ (Zoning) สำหรับกิจกรรมทางการเกษตรให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและปริมาณน้ำ

การกำหนดเขตพื้นที่ (Zoning) สำหรับกิจกรรมทางการเกษตรให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและปริมาณน้ำ	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● การจัดเขตพื้นที่เกษตรกรรมเป็นการกำหนดโดยพิจารณาจากปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางเศรษฐกิจ ดังนั้น การปลูกพืชตามเขตที่กำหนดจะมีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบจากภัยแล้งค่อนข้างน้อย และมีโอกาสได้ผลตอบแทนสูงขึ้น ● การมีโครงสร้างระบบบูรณาการในการเก็บและปรับปรุงข้อมูลสารสนเทศการเกษตร และมีแผนที่ความเหมาะสมในการปลูกพืชสำคัญ (Agri-Map) ในระดับตำบล เป็นเครื่องมือในการสร้างความรู้เรื่องความเหมาะสมของพื้นที่การเกษตรแก่เกษตรกร ● เกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนและปลูกพืชในพื้นที่เหมาะสมจะได้รับการชดเชยและอุดหนุนตามชนิดพืชที่ปลูกหากได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง	● การสร้างความเชื่อมั่นและการยอมรับแก่เกษตรกรยังไม่เพียงพอ โดยเฉพาะการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพืชในพื้นที่ที่มีศักยภาพต่ำเปลี่ยนไปทำการเกษตรรูปแบบใหม่ ● กฎระเบียบในการจ่ายเงินชดเชยและอุดหนุนแก่เกษตรกรที่ยังไม่รัดกุมเพียงพอ มีช่องว่างในการใช้ประโยชน์จากการสวมสิทธิ์และการทุจริต ● การสื่อสารผ่านโทรทัศน์ วิทยุ สื่อสิ่งพิมพ์ ยังไม่เพียงพอที่จะไปถึงเกษตรกรในพื้นที่ ต้องเพิ่มช่องทางการสื่อสารที่เข้าถึงระดับชุมชนมากขึ้น เช่น หอกระจายข่าว วิทยุชุมชน รถกระจายเสียง โทรศัพท์ อีเมลล์ เคเบิ้ลท้องถิ่น
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● กระทรวงเกษตรและสหกรณ์มีนโยบายนำกลยุทธ์การจัดเขตพื้นที่เกษตรกรรมมาขับเคลื่อนในระดับพื้นที่ให้เกิดผลสำเร็จในภาพรวมของประเทศ ● ปัญหาผลผลิตการเกษตรล้นตลาดหรือคุณภาพไม่ดี ส่งผลให้ราคาผลผลิตตกต่ำ นโยบายการ	● พื้นที่ขาดความพร้อมในการรองรับการพัฒนาตั้งแต่ต้นน้ำ (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต) กลางน้ำ (การแปรรูปสินค้าเกษตรเพื่อเพิ่มมูลค่า) ถึงปลายน้ำ (การเพิ่มอุปสงค์ในตลาด) เช่น ไม่สามารถจัดการทรัพยากรในพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม ไม่สามารถผลิตสินค้าได้ตรงตามความต้องการของตลาด ไม่มีบุคลากรด้าน

จ่ายเงินชดเชยและอุดหนุนสามารถจูงใจเกษตรกรให้ปรับเปลี่ยนการปลูกพืชได้ ● การเก็บรวบรวมข้อมูลสถิติการเกษตรเป็นไปได้สะดวกมากขึ้น ประหยัดทั้งเวลา ทรัพยากรบุคคล และงบประมาณ	การเกษตรทั้งเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ที่จะทำหน้าที่บริหารจัดการการผลิตทางการเกษตรทั้งระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ● การพัฒนาสินค้าเกษตรเป็นไปได้ยาก เพราะการเพิ่มขึ้นของราคาปัจจัยการผลิตทำให้สินค้าเกษตรมีต้นทุนการผลิตสูง ● การจัดเขตพื้นที่เกษตรกรรมให้ประสบความสำเร็จต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายหน่วยงาน เช่น กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงพาณิชย์ กระทรวงมหาดไทย สถาบันการศึกษา บริษัทเอกชน ซึ่งแต่ละหน่วยงานอาจให้ความสำคัญต่อมาตรการนี้ในระดับที่แตกต่างกัน จึงขาดความร่วมมือที่แข็งแกร่ง

ตารางที่ 3-16 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการปรับเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรให้เหมาะกับสภาพพื้นที่

การปรับเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรให้เหมาะกับสภาพพื้นที่	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● การปรับเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรให้เหมาะกับสภาพพื้นที่ เช่น การปลูกพืชน้ำน้อย ปลูกพืชทนแล้ง เลี้ยงปศุสัตว์ เลื่อนเวลาปลูกข้าว เลี่ยงปลูกข้าวนาปรัง การนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการปลูกพืช ช่วยลดผลกระทบจากภัยแล้ง และมีโอกาสสร้างผลตอบแทนที่สูงขึ้นได้ ● การมีตัวอย่างที่ดี (Best practice) ของการปรับเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตร เป็นแรงจูงใจให้เกิดความสนใจนำแนวทางนี้ไปปฏิบัติ	● การสร้างความเชื่อมั่นและการยอมรับแก่เกษตรกรยังไม่เพียงพอ ● การสร้างองค์ความรู้ ฝึกอบรม และสื่อสารประชาสัมพันธ์ยังไม่เพียงพอ ต้องเพิ่มช่องทางและประสิทธิภาพการสื่อสารให้มากขึ้น เช่น การสื่อสารกับกลุ่มเกษตรกรหรือตัวแทนของชุมชน หน่วยงานเทศบาล ซึ่งเป็นแหล่งในการกระจาย ข่าวสารข้อมูลที่สำคัญต่างๆ ทำให้การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสามารถขยายผลไปในทุกส่วนของชุมชนได้ทั่วถึงและง่ายยิ่งขึ้น

	● การสนับสนุนปัจจัยการผลิตและเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์ขยายให้แก่เกษตรกรยังไม่ทั่วถึง ● การขาดความเข้าใจพฤติกรรมและแรงจูงใจในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของเกษตรกร อาจต้องอาศัยองค์ความรู้จากการศึกษาและงานวิจัยด้านพฤติกรรมมาสนับสนุน ● การปรับเปลี่ยนบางอย่างต้องใช้เงินลงทุนสูง เช่น การเกษตรแบบอัจฉริยะ (Smart agriculture) การเกษตรแม่นยำ (Precise agriculture)
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● รัฐบาลให้ความสำคัญและดำเนินการเรื่องนี้อย่างต่อเนื่อง โดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นหน่วยงานสนับสนุนด้านองค์ความรู้ รวมทั้งสนับสนุนการรวมกลุ่มของเกษตรกร มีโครงการต่างๆ ของรัฐบาลหลายโครงการ เพื่อสร้างความเข้มแข็งในระดับฐานรากแบบประชารัฐ และชดเชยการสูญเสียรายได้มาอย่างต่อเนื่อง มีการส่งเสริมการลงทุนที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรและอุตสาหกรรมต่อเนื่องจาก BOI เพื่อให้เกษตรกรมีทางเลือกปลูกพืชอื่นทดแทนข้าว และเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันของสินค้าเกษตรในตลาดโลก อาทิ กิจการผลิตอาหารสัตว์เลี้ยง กิจการผลิตเครื่องดื่มจากถั่วเหลือง กิจการผลิตสารให้ความหวาน กิจการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง และกิจการผลิตเยื่อกระดาษฟอกขาว เป็นต้น	● การทำให้เกษตรกรโดยเฉพาะกลุ่มที่มีอายุมากและประสบการณ์สูงกล้าที่จะเปลี่ยนแปลงเป็นเรื่องที่ซับซ้อนและท้าทาย ● การขาดผู้นำการเปลี่ยนแปลง (Change agent) เช่น เกษตรกรคนรุ่นใหม่ที่มีการศึกษาซึ่งมักยอมรับการเปลี่ยนแปลงและพร้อมปรับตัวได้ดีกว่าเกษตรกรรุ่นเก่า แต่จำนวนของกลุ่มคนรุ่นใหม่ที่อยู่ในพื้นที่ยังคงมีน้อยเนื่องจากส่วนใหญ่ออกไปทำงานในเมือง ● การขาดความพร้อมในการรองรับการปรับเปลี่ยน เช่น เกษตรกรไม่มีองค์ความรู้เพียงพอในด้านการปลูกพืชทดแทน การตลาด พื้นที่การเกษตรที่มีอยู่ไม่เพียงพอในการปลูกพืชชนิดอื่น ● ความไม่เชื่อมโยงกันระหว่างนโยบายและแผนงานของแต่ละหน่วยงาน เช่น การปลูกพืชน้ำน้อยที่ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานด้านการเกษตรแต่ในเชิงพาณิชย์กลับไม่มีตลาด

● การขาดแคลนน้ำในช่วงภาวะแล้งส่งผลให้เกษตรกรได้รับผลกระทบจากการลดลงของผลผลิตหรือคุณภาพผลผลิตไม่ดี การเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตร เช่น เปลี่ยนจากการปลูกข้าวมาปลูกพืชน้ำน้อยที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สูงกว่าจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจแก่เกษตรกรทั้งในเขตชลประทานและในเขตเกษตรน้ำฝน ● การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเกิดภัยแล้งอยู่บ่อยครั้งอย่างต่อเนื่อง เช่น ในช่วงปี 2557-2559 ส่งผลให้เกษตรกรได้รับผลกระทบอย่างสูงทั้งด้านชีวิตความเป็นอยู่ สังคม และเศรษฐกิจ จึงมีแรงกระตุ้นและจำเป็นต้องปรับตัวเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบดังกล่าว	รองรับหรือตลาดอยู่ไกลทำให้ผลผลิตเสียหายระหว่างการขนส่ง เกษตรกรประสบปัญหาขาดทุน ● การปรับเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรให้ประสบความสำเร็จต้องอาศัยความร่วมมือจากชุมชนและหลายหน่วยงาน เช่น กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงพาณิชย์ กระทรวงมหาดไทย สถาบันการศึกษา บริษัทเอกชน ซึ่งแต่ละหน่วยงานอาจให้ความสำคัญต่อมาตรการนี้ในระดับที่แตกต่างกัน จึงขาดความร่วมมือที่แข็งแกร่ง

ตารางที่ 3-17 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการพัฒนาพันธุ์พืชให้สามารถต้านทานสภาพแล้งได้

การพัฒนาพันธุ์พืชให้สามารถต้านทานสภาพแล้งได้	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● การพัฒนาพันธุ์พืชทนแล้งทำให้พืชต้องการน้ำน้อย ทนต่อสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งได้ดี และมีคุณค่าในเชิงพาณิชย์ ● การมีศูนย์ขยายพันธุ์พืชกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยในภาคเหนือตั้งอยู่ที่จังหวัดลำพูน มีพื้นที่รับผิดชอบ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ได้แก่ ลำพูน ลำปาง เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน พะเยา แพร่ และน่าน	● การพัฒนาพันธุ์พืชต้องใช้องค์ความรู้และวิจัยเป็นเวลานาน

ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● การพัฒนาเทคโนโลยี เช่น Marker assisted selection, High throughput selection, Integrated omics & data analytic, Gene editing ซึ่งช่วยให้การปรับปรุงพันธุ์พืชแบบใหม่มีความก้าวหน้ายิ่งขึ้น ● การเกิดขึ้นของความต้องการใหม่ๆ เช่น พืชผักที่มีรสชาติดีสำหรับร้านอาหารระดับสูง เป็นโอกาสการขยายการผลิตของพืชผักทนแล้ง เช่น พริกชี้ฟ้า ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดข้าวเหนียว และมะเขือเทศสีดา สู่ตลาดได้มากขึ้น	● การพัฒนาพันธุ์พืชโดยบริษัทเอกชนจะเกิดการผูกขาดทางการตลาดเพียงไม่กี่บริษัท เนื่องจากเกษตรกรต้องซื้อเมล็ดพันธุ์จากบริษัททุกครั้ง ไม่สามารถขยายพันธุ์เองได้ จึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ● ความปลอดภัยในการบริโภคพืชที่ผ่านการพัฒนาพันธุ์พืชด้วยวิธีการดัดแปลงพันธุกรรม (Genetically Modified Organics: GMOs) ยังไม่สามารถพิสูจน์ชัดและยังไม่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป และมีกลุ่มคนต่อต้านจำนวนมาก เนื่องจากยังมีระยะเวลาในการทดลองไม่นานเพียงพอ

ตารางที่ 3-18 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการส่งเสริมการจัดการน้ำในชุมชน

การส่งเสริมการจัดการน้ำในชุมชน	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● การจัดการน้ำในชุมชนเป็นแนวทางที่พิจาณาถึงลักษณะทางภูมิศาสตร์และสภาพแวดล้อมของแต่ละชุมชนที่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมและแก้ปัญหาในพื้นที่ได้ดี ● การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนทำให้เข้าใจสภาพปัญหา หาแนวทางการจัดการโดยใช้ความรู้ เทคโนโลยี และภูมิปัญญาท้องถิ่นได้อย่างเหมาะสม และได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากเกษตรกรและประชาชนในชุมชน	● การนำเทคโนโลยีมาเป็นเครื่องมือช่วยให้การจัดการทรัพยากรน้ำของชุมชนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งเกษตรกรในชุมชนอาจมีความไม่คุ้นเคย หน่วยงานภายนอกจึงต้องสนับสนุนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีต่างๆ ที่เหมาะสมกับชุมชน ● ชุมชนที่มีความเข้มแข็งน้อย จะต้องอาศัยการเพิ่มพูนองค์ความรู้และระยะเวลาพอสมควรในการพัฒนากลุ่มแกนนำและเครือข่ายความร่วมมือให้เข้าใจและต้องการมีส่วนร่วมในการ

● ตัวอย่างความสำเร็จที่เป็นปัจจัยสำคัญให้เกิดการขยายผล เช่น การจัดการทรัพยากรน้ำชุมชนในพื้นที่ต้นน้ำ เครือข่ายลุ่มน้ำแม่ละอุป อำเภอกัลยาณิวัฒนา จังหวัดเชียงใหม่ การจัดการทรัพยากรน้ำชุมชนในพื้นที่ชลประทานชุมชนห้วยทราย อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ (สสนก. 2560)	พัฒนา การนำมาตรการมาปฏิบัติจนเห็นผลจึงใช้ระยะเวลานาน ● การขาดการถอดบทเรียนแนวปฏิบัติที่ดี (Best practices) ยังมีไม่เพียงพอ
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● ยุทธศาสตร์ชาติที่ระบุเป้าหมายในการพัฒนาแหล่งน้ำไว้อย่างชัดเจน เช่น การสนับสนุนความเข้มแข็งองค์กรผู้ใช้น้ำ และเครือข่ายให้มีความเข็มแข็ง และมีหน่วยงานด้านน้ำร่วมกันกำหนดแผนงานเพื่อนำไปปฏิบัติจริง	● ความเสี่ยงภัยพิบัติและภัยแล้งที่สูงขึ้น ทำให้ชุมชนที่มีความเปราะบางปรับตัวไม่ทัน

ตารางที่ 3-19 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการส่งเสริมอาชีพหรือวิสาหกิจชุมชน

การส่งเสริมอาชีพหรือวิสาหกิจชุมชน	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● การส่งเสริมอาชีพทำให้เกษตรกรยังคงมีรายได้พึ่งพาตนเองได้ แม้ไม่สามารถเพาะปลูกได้ในช่วงภัยแล้ง ● การที่ชุมชนเป็นเจ้าของและเป็นผู้ดำเนินการจัดการทุนของชุมชน ไม่ว่าจะเป็นเงิน ทรัพยากรธรรมชาติ ความรู้ ภูมิปัญญา ทุนทางวัฒนธรรมและสังคม โดยพิจารณาจากแผนแม่บทชุมชน ซึ่งไม่เพียงรวบรวมข้อมูลปัญหาและความต้องการของชุมชนเท่านั้น แต่รวมถึงข้อมูลที่เกี่ยวกับชุมชนและสถานการณ์โลกที่มีผลต่อวิถีชีวิตของชุมชน ประวัติความเป็นมา	● ชุมชนที่สมัครใจยื่นขอจดทะเบียนวิสาหกิจชุมชน จะต้องผ่านหลักเกณฑ์ กฎระเบียบในการปฏิบัติงาน และขอความเห็นชอบจากคณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจ ชุมชน ซึ่งกระบวนการนี้อาจมีความยุ่งยาก ● การทำหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ในภาครัฐ และเอกชนทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในการเป็นผู้เชื่อมประสานเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ (Facilitator) เพื่อให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลง (catalyst) และเพื่อให้เกิดเครือข่าย (networker) อาจยังไม่เพียงพอ

รวมไปถึงรากเหง้า และเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรม วิสาหกิจชุมชนจึงเป็นแนวทางที่ตรงตามความต้องการของชุมชน ● การรวมตัวกันของเกษตรกรในการประกอบธุรกิจในระดับชุมชน มีความมั่นคง ได้รับการรับรองตามกฎหมาย และขอยื่นเป็นนิติบุคคลได้ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548 ● การรวมกลุ่มของเกษตรกรและการผลิตจากกลุ่มวิสาหกิจเป็นการยกระดับขนาดการผลิตสินค้าในจำนวนที่มาก ทำให้ต้นทุนต่อหน่วยต่ำลง ● การมีวิสาหกิจชุมชนต้นแบบจำนวนมากทั่วประเทศ	
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● รัฐบาลมีโครงการที่ได้ดำเนินการมาแล้ว เช่น หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นช่องทางในการนำเสนอผลิตภัณฑ์จากวิสาหกิจชุมชน ● วิสาหกิจชุมชนที่จดทะเบียนจะได้รับการรับรองตามกฎหมาย มีสิทธิในการขอรับการส่งเสริมหรือสนับสนุนความต้องการที่แท้จริงจากคณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน และมีสิทธิในการได้รับการส่งเสริมหรือการสนับสนุนการพัฒนากิจการตามมาตรการที่คณะกรรมการส่งเสริมวิสาหกิจชุมชนจัดให้มี ● ชุมชนที่มีความพร้อมสามารถยกระดับวิสาหกิจชุมชนสู่ตลาดที่กว้างขึ้น ทั้งในระดับประเทศและต่างประเทศ	● ชุมชนหลายแห่งมีปัจจัยที่เอื้อต่อการพัฒนาในระดับต่ำ เช่น ทุนทางทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ภูมิปัญญาท้องถิ่น ปราชญ์ชาวบ้าน หรือไม่มีความเป็นน้ำหนึ่งใจเดียวกัน ชุมชนกลุ่มนี้จึงต้องได้รับความช่วยเหลือพิเศษในการยกระดับคุณภาพชีวิต ● ความต้องการของผู้บริโภคมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ความรู้และทักษะการประกอบอาชีพที่ชุมชนได้รับการส่งเสริมอาจไม่สามารถสร้างรายได้อย่างยั่งยืน

ตารางที่ 3-20 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการจัดทำแผนปฏิบัติการช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติด้านการเกษตร

การจัดทำแผนปฏิบัติการช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติด้านการเกษตร	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● แผนปฏิบัติการเป็นมาตรการที่ครอบคลุมตั้งแต่ระยะป้องกัน (Prevention) เตรียมความพร้อม (Preparation) เผชิญเหตุ (Response) และฟื้นฟู (Recovery) ● การจัดทำแผนปฏิบัติการเป็นการกำหนดบทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบอย่างชัดเจนของแต่ละหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการช่วยเหลือผู้ประสบภัยพิบัติด้านการเกษตร	● การขับเคลื่อนแผนปฏิบัติการไปสู่การปฏิบัติอาจกระทำได้ยาก ● การติดตาม ประเมินผล และทบทวนแผนปฏิบัติการยังไม่ได้รับความสำคัญเท่าที่ควร
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● การจัดทำแผนปฏิบัติการเป็นโอกาสให้แต่ละหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับภัยแล้งได้แลกเปลี่ยนข้อมูลและหารือกันในประเด็นต่างๆ	● การดำเนินงานต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและต้องมีการประสานงานที่ดี

ตารางที่ 3-21 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการจัดทำแผนปฏิบัติการฝนหลวงเพื่อลดความรุนแรงของภัยแล้ง

การจัดทำแผนปฏิบัติการฝนหลวงเพื่อลดความรุนแรงของภัยแล้ง	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● อัตราความสำเร็จในการทำฝนหลวงสูง มีค่าประมาณ 90%-95%	● ทรัพยากรที่มีอยู่ เช่น เครื่องบิน เฮลิคอปเตอร์ นักบิน และนักวิทยาศาสตร์ ไม่เพียงพอต่อจำนวนการร้องขอ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งหรือฝนทิ้งช่วงเป็นระยะเวลานานที่มีการร้องขอฝนหลวงมากเป็นพิเศษในหลายพื้นที่

ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
• เทคนิคสมัยใหม่สำหรับการตรวจวัด การเก็บข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา และการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถช่วยคาดการณ์สภาพอุตุนิยมวิทยาและวางแผนการบินได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น • คนไทยจำนวนมากต้องการทำงานเพื่อประเทศชาติ และเพื่อสืบสานพระราชปณิธานของ พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศรมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ในด้านต่างๆ ซึ่งรวมถึงโครงการพระราชดำริฝนหลวงด้วย	• พื้นที่รับผิดชอบมีขนาดใหญ่ โดยขนาดพื้นที่ขั้นต่ำคือพื้นที่นอกเขตชลประทานประมาณ 114 ล้านไร่ ซึ่งอาศัยน้ำฝนเป็นหลักในการทำการเกษตร อีกทั้งยังมีการขยายตัวของพื้นที่การเกษตรเพิ่มขึ้น การปฏิบัติการฝนหลวงในทุกพื้นที่ที่ได้รับการร้องขอจึงเป็นไปได้น้อย • เงินเดือนของบุคลากร โดยเฉพาะ นักบิน และนักบินผู้ช่วย อยู่ในอัตราที่ต่ำว่าที่จะได้รับจากสายการบินพาณิชย์มาก อีกทั้งภาระหน้าที่ที่หนักโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง เจ้าหน้าที่ในกลุ่มนี้จึงมีอัตราการลาออกสูง และเป็นการยากที่องค์กรจะรักษาบุคลากรที่มีความสำคัญไว้ในระยะยาวได้ • การขึ้นบินให้ได้ผลคุ้มค่างบประมาณต้องพิจารณาช่วงเวลาที่ค่าตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาต่างๆ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม การยกตัวของเมฆ อยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ไม่สามารถควบคุมได้ • ภาวะโลกร้อนส่งผลให้ภัยแล้งที่ประเทศไทยเผชิญอยู่ในช่วงปัจจุบันมีลักษณะที่ยากต่อการทำฝนหลวงมากกว่าหลายปีที่ผ่านมา อัตราความสำเร็จในการทำฝนหลวง

ตารางที่ 3-22 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการวางแผนการจัดสรรน้ำให้เพียงพอแก่การเพาะปลูก

การวางแผนการจัดสรรน้ำให้เพียงพอแก่การเพาะปลูก	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● การวางแผนการจัดสรรน้ำร่วมกันระหว่างหน่วยงานด้านน้ำ เช่น กรมชลประทาน และเกษตรกรเป็นวิธีประนีประนอม ช่วยให้หน่วยงานด้านน้ำและเกษตรกรปฏิบัติงานได้ง่ายขึ้น ลดความขัดแย้ง ลดผลกระทบจากความเสี่ยง ลดความเสียหาย และส่งเสริมการบริหารจัดการแบบมีส่วนร่วมของประชาชน	● เกษตรกรสูญเสียรายได้ เนื่องจากอาจไม่สามารถเพาะปลูกได้เต็มพื้นที่ ● มาตรการนี้สามารถใช้ได้กับพื้นที่ในเขตชลประทานเท่านั้น ไม่ครอบคลุมถึงพื้นที่เกษตรน้ำฝนซึ่งมีความเสี่ยงต่อภัยแล้งมากกว่า ● การวางแผนการจัดสรรน้ำเป็นมาตรการระยะสั้นในแต่ละปี ไม่มีความยั่งยืน
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● รูปแบบการทำการเกษตรสมัยใหม่ เช่น การเกษตรอัจฉริยะ หรือเกษตรแม่นยำสูง จะช่วยให้เกิดการประหยัดน้ำในภาคการเกษตร ส่งผลให้มีปริมาณน้ำเพียงพอในภาคการเกษตรและอาจเหลือสำหรับจัดสรรให้ภาคส่วนอื่นๆ ได้	● การไม่ได้รับความร่วมมือจากเกษตรกรในการปลูกพืชตามที่ได้วางแผนร่วมกันไว้ ● เกษตรกรไม่ตระหนักถึงการประหยัดน้ำ เนื่องจากจะได้รับน้ำเพียงพอในการเพาะปลูกตามที่ได้ตกลงไว้

ตารางที่ 3-23 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศและปริมาณน้ำ

การพยากรณ์สภาพอากาศและปริมาณน้ำ	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● การมีคลังข้อมูลน้ำและภูมิอากาศแห่งชาติเป็นศูนย์กลางในการรวบรวมข้อมูลด้านทรัพยากรน้ำของประเทศ ทั้งข้อมูลพื้นที่ ข้อมูลสถิติ ข้อมูลสถานการณ์น้ำปัจจุบัน ข้อมูลคาดการณ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ เพื่อนำมาใช้ให้เกิด	● จุดอ่อนด้านข้อมูล เช่น ข้อมูลที่มีอยู่อาจยังเข้าถึงได้ยาก หรือไม่เป็นปัจจุบัน ข้อมูลด้านน้ำระดับชุมชนหรือตำบลยังมีปริมาณจำกัด ข้อมูลการพยากรณ์มีความไม่แน่นอนสูงกระทั่งไม่สามารถนำไปใช้ประกอบการวางแผนตัดสินใจได้

ประโยชน์สูงสุด ทั้งในด้านการบริหารจัดการน้ำ ควบคุมสถานการณ์ การแจ้งเตือนภัย และลดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนได้อย่างทันท่วงที และตั้งแต่ปี 2558 รัฐบาลได้มอบหมายให้ สสน. ผู้พัฒนาคลังข้อมูลน้ำและภูมิออกากศแห่งชาติขยายการเชื่อมโยงข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพิ่มขึ้นเป็น 34 หน่วยงาน ปัจจุบันมีข้อมูลทั้งหมด 388 รายการ ทั้งข้อมูลติดตามสภาพอากาศ เช่น เส้นทางพายุ ภาพถ่ายจากดาวเทียม การติดตามและคาดการณ์สภาพอากาศจากค่าความสูงน้ำทะเลและอุณหภูมิผิวน้ำทะเล แผนภาพคาดการณ์ฝนล่วงหน้า **7** วัน จากแบบจำลองสภาพอากาศ (WRF Model) และข้อมูลติดตามสถานการณ์น้ำ เช่น ข้อมูลฝนตกในพื้นที่ ปริมาณและระดับน้ำในเขื่อน เส้นทางและสภาพน้ำ แสดงปริมาณการปล่อยน้ำ ระดับน้ำในแม่น้ำและลำน้ำสายสำคัญ สำหรับใช้ติดตาม เฝ้าระวัง วิเคราะห์ และคาดการณ์สถานการณ์น้ำ เพื่อให้เกิดการบริหารจัดการน้ำทั้งในภาวะปกติและภาวะวิกฤตอย่างมีประสิทธิภาพ ● การมีเครือข่ายความร่วมมือระหว่างองค์กรภาครัฐและเอกชนทั้งในระดับชาติและนานาชาติที่มีบทบาทในการพัฒนาข้อมูลด้านน้ำ เช่น ข้อมูลจากการสื่อสารระยะไกล (Remotely-sensed data) และเทคโนโลยีการพยากรณ์	● การพยากรณ์ที่มีอยู่เน้นการพยากรณ์ระยะสั้นมากกว่าระยะยาว ทำให้ขาดข้อมูลสำหรับการวางแผนบริหารจัดการน้ำในระยะยาว ● การจำลองพยากรณ์สภาพภูมิอากาศ ต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์ในการวิเคราะห์และประเมินความน่าเชื่อถือจากผลที่ได้จากแบบจำลอง เนื่องจากการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศมีความไม่แน่นอนสูง

ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
● เครือข่ายของสถานีตรวจวัดของหน่วยงานต่างๆ ที่กระจายอยู่ทั่วประเทศไทย มีจำนวนพอมากสมควรที่ทำให้ผลการพยากรณ์อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ● เทคโนโลยีทั้งด้านการสำรวจ ตรวจวัด จัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีแหล่งข้อมูลและปริมาณข้อมูลที่นำมาใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์ได้มากขึ้น และผลการพยากรณ์แม่นยำมากขึ้น ● ยุทธศาสตร์ชาติที่ระบุเป้าหมายในการพัฒนาการศึกษา วิจัย พัฒนานวัตกรรม และแนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำไว้อย่างชัดเจน และมีหน่วยงานด้านน้ำร่วมกันกำหนดแผนงานเพื่อนำไปปฏิบัติจริง	● ข้อจำกัดของข้อมูลด้านน้ำในระดับชุมชนที่ไม่มีการจัดเก็บหรือมีจำนวนน้อยทำให้ไม่เพียงพอต่อการวางแผนบริหารจัดการน้ำชุมชนซึ่งเป็นแนวทางที่รัฐบาลให้ความสำคัญในการแก้ไขปัญหาภัยแล้ง ● โครงสร้างพื้นฐาน เช่น ระบบคอมพิวเตอร์สำหรับรองรับการพยากรณ์ขนาดใหญ่ยังมีอยู่น้อย ● ความแปรปรวนของสภาพอากาศทำให้การพยากรณ์มีความไม่แน่นอนสูง และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อรูปแบบ ปริมาณ และแนวโน้มการตกของฝนยิ่งทวีความท้าทายของการพยากรณ์ให้มีความแม่นยำ

ตารางที่ 3-24 การวิเคราะห์สวอทสำหรับการประชาสัมพันธ์และให้ความรู้ในการเตรียมความพร้อมแก่เกษตรกร

การประชาสัมพันธ์และให้ความรู้ในการเตรียมความพร้อมแก่เกษตรกร	
ปัจจัยภายใน	
จุดแข็ง	จุดอ่อน
● การมีช่องทางการสื่อสารหลายช่องทาง ทั้งโทรทัศน์ วิทยุ หนังสือพิมพ์ และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้การประชาสัมพันธ์และให้ข้อมูลเกี่ยวกับภัยพิบัติ เช่น สภาพอากาศ สถานการณ์น้ำ เป็นไปได้อย่างกว้างขวาง	● ข้อมูลที่สื่อสารประชาสัมพันธ์บางชนิดยังมีรูปแบบที่ซับซ้อนและเข้าใจยาก อีกทั้งช่วงเวลาของการประชาสัมพันธ์ข้อมูลยังไม่เหมาะสมและไม่ทันท่วงทีกับการนำไปใช้ประโยชน์จริง เช่น การแจ้งเตือนภัยแล้งภายหลังเกษตรกรดำเนินการเพาะปลูกไปแล้ว

• การมีหน่วยงานด้านน้ำ สถาบันการศึกษา และบุคลากรผู้มีความรู้ความสามารถจำนวนมากที่ถ่ายทอดความรู้แก่เกษตรกรได้	• การให้ความรู้เกี่ยวกับการปรับตัวมีน้อย แต่จะมุ่งเน้นการรายงานเหตุการณ์และผลกระทบจากภัยพิบัติมากกว่า
ปัจจัยภายนอก	
โอกาส	อุปสรรค
• การมีเครือข่ายสื่อขนาดใหญ่ การมีเทคโนโลยีสมัยใหม่และเครื่องมือสื่อสารแบบดิจิตอล (Digital) ที่ทำให้การสื่อสารเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว • เกษตรกรหันมาสนใจการใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารในชีวิตประจำวันและการปฏิบัติงานมากขึ้น เช่น การติดต่อภายในกลุ่มผู้ใช้น้ำผ่าน LINE application • โครงสร้างองค์กรของหน่วยงานหลักด้านน้ำ เช่น กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เป็นโครงสร้างแบบกระจายอำนาจให้หน่วยงานส่วนท้องถิ่นมีบทบาทในการบริหารจึงมีความใกล้ชิดกับชุมชน ดังนั้น การสื่อสารประชาสัมพันธ์และการให้ความรู้จึงเป็นไปได้ทั้งอย่างเป็นทางการ เช่น การฝึกอบรม หรืออย่างไม่เป็นทางการ เช่น การพูดคุยสอบถาม • การมีเครือข่ายความร่วมมือระหว่างองค์กรภาครัฐและเอกชนทั้งในระดับชาติและนานาชาติที่มีบทบาทในการพัฒนาฐานความรู้ภัยพิบัติและกระตุ้นความตระหนักรู้แก่สาธารณะ	• การสื่อสารอย่างรวดเร็วผ่านเครื่องมือสื่อสารแบบดิจิตอลส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของข้อมูลหรืออาจสร้างความตื่นตระหนกจากข่าวลือได้ • เกษตรกรจำนวนมากยังขาดการตระหนักรู้เกี่ยวกับภัยพิบัติและการเตรียมความพร้อมต่อภัยแล้ง • การสื่อสารผ่านโทรทัศน์ วิทยุ สื่อสิ่งพิมพ์ และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ยังไม่เพียงพอที่จะไปถึงเกษตรกรในพื้นที่ ต้องเพิ่มช่องทางการสื่อสารที่เข้าถึงระดับชุมชนมากขึ้น เช่น ผู้นำชุมชน หอกระจายข่าว วิทยุชุมชน รถกระจายเสียง โทรศัพท์ อีเมลล์ เคเบิ้ลท้องถิ่น

3.4 การนำผลการวิเคราะห์สวอทไปใช้ร่วมกับการวิเคราะห์หาดัชนีภัยแล้งที่เหมาะสม

ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิในการนำผลการวิเคราะห์สวอทไปใช้ร่วมกับการวิเคราะห์หาดัชนีภัยแล้งที่เหมาะสม โดยใช้วิธี Decision tree เพื่อเลือกตัวชี้วัดที่สามารถ leverage strength และ opportunity หรือ hedge ความเสี่ยงจาก weakness และ threat โครงการฯ ได้ดำเนินการวิเคราะห์ตามแนวทางดังกล่าว และได้ผลการศึกษาที่แสดงถึงความเชื่อมโยงระหว่างการวิเคราะห์สวอทของมาตรการและดัชนีภัยแล้ง ดังแสดงไว้รูปที่ 3-4 ถึง รูปที่ 3-7 ซึ่งพบว่า ดัชนีภัยแล้งที่ควรพิจารณาได้แก่ ดัชนีเกี่ยวกับน้ำฝน เช่น SPI, RAI, EDI และ PNP ดัชนีเกี่ยวกับน้ำต้นทุน เช่น Inflow index และ PHDI และดัชนีเกี่ยวกับความชื้นในดินและการใช้น้ำของพืช เช่น CMI, PSDI, NDVI, VIC, EDI และ SVI

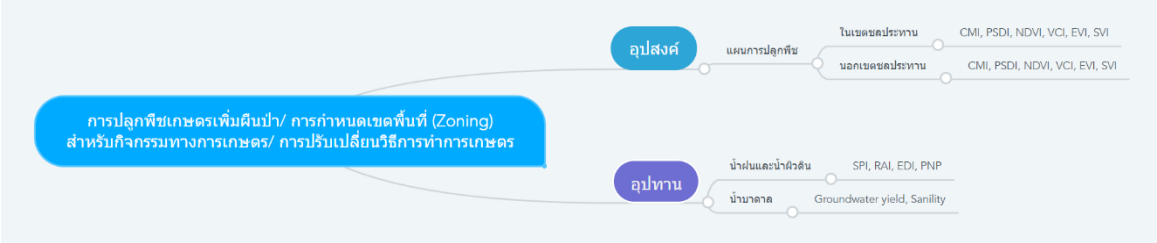
ผลการวิเคราะห์สวอทของมาตรการต่างๆ พบว่ามาตรการการพัฒนาแหล่งน้ำและระบบชลประทาน เป็นมาตรการที่มีจุดแข็งด้านการเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุน (เช่น งานอ่างเก็บน้ำ งานสระเก็บน้ำ งานขุดลอกหนองและบึง) และช่วยกระจายน้ำไปยังพื้นที่การเกษตรได้ทั่วถึงมากขึ้น (เช่น งานฝายทดน้ำ งานคลองส่งน้ำ) การพัฒนาแหล่งน้ำ และระบบชลประทานมีความเป็นไปได้สูงเนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล แต่พื้นที่ที่เหมาะสมในการพัฒนานั้นเหลืออยู่น้อย จึงควรพิจารณาเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพ เช่น ลักษณะภูมิประเทศที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาแหล่งน้ำ ปริมาณน้ำฝนที่ตกในบริเวณดังกล่าว เพื่อออกแบบโครงการพัฒนาแหล่งน้ำและระบบชลประทานให้มีอุปทานสอดคล้องกับปริมาณความต้องการใช้น้ำหรืออุปสงค์ในบริเวณพื้นที่รับประโยชน์ และควรคำนึงถึงการเพิ่มประสิทธิภาพระบบชลประทานด้วย มาตรการการวางแผนจัดสรรน้ำให้เพียงพอแก่การเพาะปลูกเป็นมาตรการด้านอุปทานเช่นเดียวกับมาตรการการพัฒนาแหล่งน้ำ และระบบชลประทานจึงมีความเชื่อมโยงกับดัชนีภัยแล้งในลักษณะคล้ายคลึงกัน ซึ่งดัชนีภัยแล้งที่มีความเชื่อมโยงต่อการวิเคราะห์สวอทของมาตรการทั้งสองเป็นดัชนีเกี่ยวกับน้ำฝน เช่น SPI, RAI, EDI และ PNP ดัชนีเกี่ยวกับปริมาณน้ำในอ่างฯ และน้ำไหลเข้าอ่าง เช่น Inflow index และ PHDI ดัชนีเกี่ยวกับความต้องการใช้น้ำในภาคการเกษตรทั้งในเขตชลประทาน เช่น CMI, PSDI, NDVI, VIC, EDI และ SVI ดังแสดงได้ดังรูปที่ 3-5

รูปที่ 3-5 ความเชื่อมโยงระหว่างการวิเคราะห์สวอทของการพัฒนาแหล่งน้ำและระบบชลประทานและดัชนีภัยแล้ง

มาตรการการจัดหาแหล่งน้ำสำรอง มีจุดแข็งคือช่วยเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนหรืออุปทานโดยเฉพาะจากแหล่งน้ำบาดาลที่ยังมีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นแหล่งน้ำสำรองในพื้นที่การเกษตรนอกเขตชลประทานซึ่งจะได้รับผลกระทบมากเมื่อเกิดภาวะการขาดแคลนน้ำฝนหรือน้ำผิวดินซึ่ง เมื่อพิจารณาดัชนีเกี่ยวกับน้ำฝน เช่น SPI, RAI, EDI, PNP และ BMDI แล้ว จะทราบแนวโน้มการขาดแคลนน้ำได้จากความแตกต่างระหว่างดัชนีเกี่ยวกับปริมาณน้ำฝนหรือน้ำผิวดินและดัชนีเกี่ยวกับความต้องการน้ำของพืช และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับดัชนีเกี่ยวกับปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถสูบมาใช้ได้ จะช่วยให้ประเมินสถานการณ์ภัยแล้งได้ ทั้งนี้ น้ำบาดาลจากบางแอ่งอาจมีปัญหาการปนเปื้อนหรือปริมาณเกลือสูงจึงอาจต้องดัชนีเกี่ยวกับคุณภาพน้ำด้วย รูปที่ 3-6 แสดงความเชื่อมโยงระหว่างการวิเคราะห์สวอทของการจัดหาแหล่งน้ำสำรอง และดัชนีภัยแล้ง

รูปที่ 3-6 ความเชื่อมโยงระหว่างการวิเคราะห์สวอทของการจัดหาแหล่งน้ำสำรอง และดัชนีภัยแล้ง

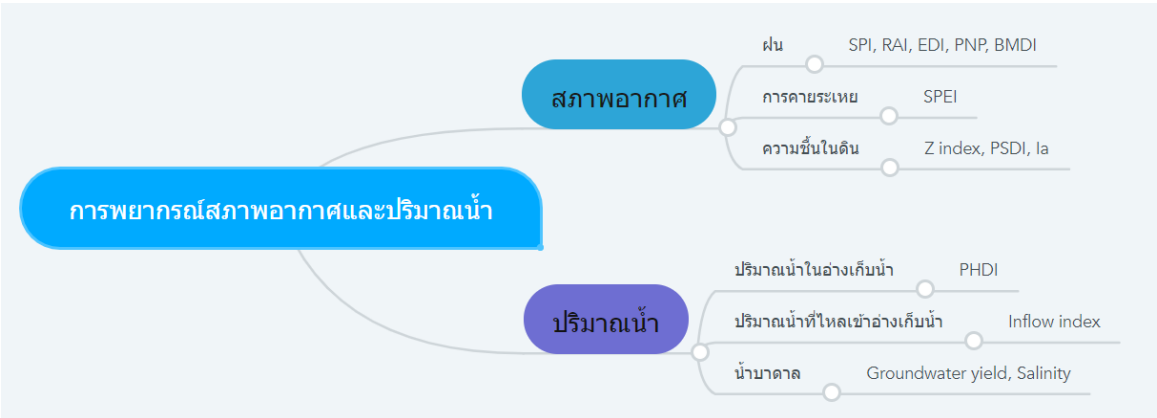
มาตรการการปลูกพืชเกษตรเพิ่มผืนป่า การกำหนดเขตพื้นที่ (Zoning) สำหรับกิจกรรมทางการเกษตร และการปรับเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตร เป็นกลุ่มมาตรการที่มีความคล้ายคลึงกันในแง่ของการจัดการด้านอุปสงค์หรือการใช้ทรัพยากรให้สอดคล้องกับอุปทานที่มีอยู่ กลุ่มมาตรการนี้มีความเชื่อมโยงกับดัชนีภัยแล้ง ดังแสดงในรูปที่ 3-7 การวางแผนปลูกพืชตามแนวทางของมาตรการในกลุ่มนี้ต้องพิจารณาจากปริมาณฝน น้ำต้นทุน และโครงสร้างระบบชลประทานที่มีอยู่ในพื้นที่เพื่อนำมาออกแบบวางแผนการปลูกและเลือกชนิดพืชที่มีความต้องการใช้น้ำในปริมาณที่เหมาะสมกับปริมาณน้ำที่มีอยู่ ดังนั้น ดัชนีที่ควรนำมาพิจารณาจะเป็นดัชนีเกี่ยวกับน้ำฝน น้ำผิวดิน และน้ำต้นทุน เช่น SPI, RAII, EDI, PNP, Groundwater yield และ Salinity และพืชที่ปลูก เช่น NDVI, VCI, EVI เป็นต้น



รูปที่ 3-7 ความเชื่อมโยงระหว่างการวิเคราะห์สวอทของการปลูกพืชเกษตรเพิ่มผืนป่า การกำหนดเขตพื้นที่ (Zoning) สำหรับกิจกรรมทางการเกษตร และการปรับเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตร และดัชนีภัยแล้ง

มาตรการการพยากรณ์สภาพอากาศและปริมาณน้ำเป็นมาตรการด้านการบริหารจัดการน้ำ ควบคุมสถานการณ์ การแจ้งเตือนภัย และลดความสูญเสีย แต่ยังมีจุดอ่อนคือการพยากรณ์มักจะเป็นเพียงระยะสั้นไม่เพียงพอต่อการเตรียมการป้องกัน และยังคงมีอุปสรรคเกี่ยวกับความถูกต้องของการพยากรณ์ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลจากสถานีตรวจวัดที่มีโครงข่ายหนาแน่น ทั้งนี้ ข้อมูลการพยากรณ์สภาพอากาศและปริมาณน้ำมีประโยชน์ต่อการคำนวณดัชนีและติดตามภัยแล้ง โดยดัชนีที่สามารถบ่งบอกภัยแล้งได้ แสดงไว้ในรูปที่ 3-8

นอกจากนี้ รูปที่ 3-8 ยังมีแสดงความเกี่ยวข้องของดัชนีภัยแล้งกับมาตรการการพัฒนาพันธุ์พืชให้สามารถต้านทานสภาพแล้งได้ ซึ่งมีจุดแข็งคือพันธุ์พืชที่พัฒนาขึ้นสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งได้ดี และมีโอกาสทางเศรษฐกิจ แต่จุดอ่อนคือต้องอาศัยระยะเวลานานในการค้นคว้าและวิจัย ดัชนีภัยแล้งที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาพันธุ์พืชให้สามารถต้านทานสภาพแล้งได้จะเป็นดัชนีเกี่ยวกับการคายระเหยของพืช ความชื้นในดิน



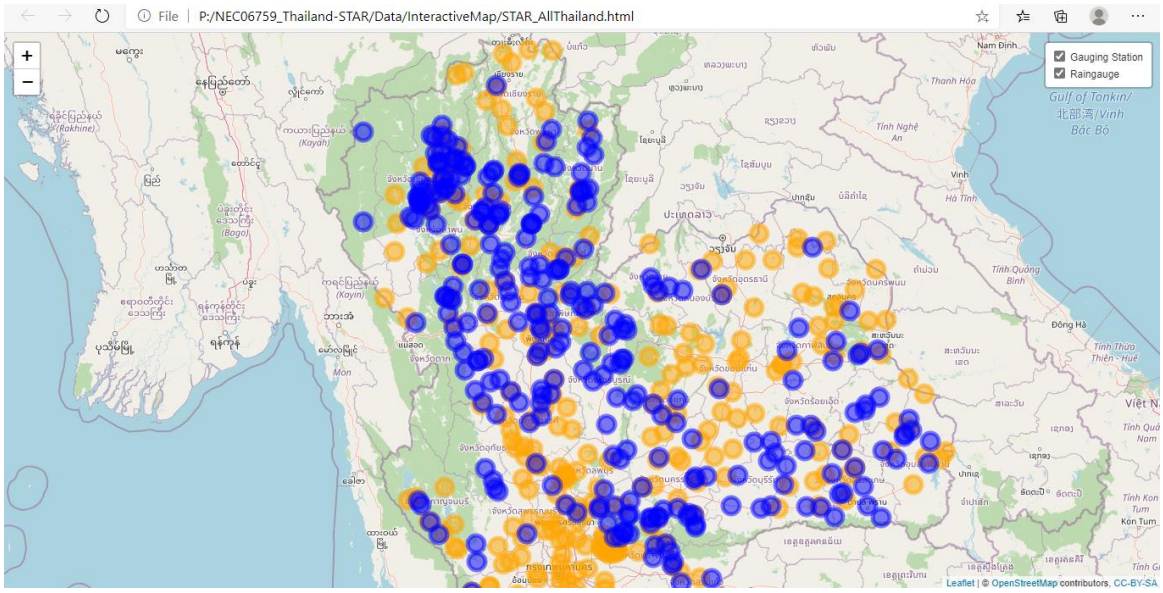
รูปที่ 3-8 ความเชื่อมโยงระหว่างการวิเคราะห์สวอทของการพยากรณ์สภาพอากาศและปริมาณน้ำ และดัชนีภัยแล้ง

บทที่ 4 การวิเคราะห์ดัชนีภัยแล้ง

4.1 การพัฒนาฐานข้อมูลดัชนีภัยแล้งสำหรับประเทศไทย

โครงการฯ ได้รวบรวมข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาสำหรับประเทศไทย และพัฒนาขึ้นเป็นฐานข้อมูลและแผนที่สถานีน้ำฝนและน้ำท่าในลักษณะ Interactive map ดังแสดงในรูปที่ 2-1 ซึ่งเมื่อเลื่อน cursor ไปบนแผนที่ จะมีข้อมูลสรุปของสถานี เช่น รหัสสถานี ชื่อสถานี และช่วงปีที่มีข้อมูล ปรากฏขึ้น ซึ่งสะดวกต่อการแสดงภาพรวมของข้อมูลที่มีอยู่ โดยข้อมูลที่รวบรวมขึ้นนี้ได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพข้อมูลทั้งโดยวิธีทางสถิติ เช่น การคำนวณสัดส่วนข้อมูลที่สมบูรณ์ การวิเคราะห์แนวโน้มข้อมูล และการใช้ประสบการณ์ในการประเมินคุณภาพข้อมูล โดยได้หารือร่วมกันกับนักวิจัยจาก UKCEH ผู้มีความเชี่ยวชาญในการประเมินและตรวจสอบข้อมูล ตัวอย่างขั้นตอนการพิจารณาคุณภาพและความน่าเชื่อถือของน้ำท่ามีดังนี้

- พัฒนา 'dygraphs' ซึ่งเป็นข้อมูลอนุกรมเวลา (Time series) ของระดับน้ำหรือปริมาณน้ำท่าเพื่อศึกษาลักษณะ เช่น ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าความผันแปรตามฤดูกาล และพิจารณาความสอดคล้องระหว่างระดับน้ำและปริมาณน้ำท่าสำหรับแต่ละสถานีน้ำท่า
- พิจารณาข้อมูลน้ำท่าตลอดช่วงระยะเวลาทั้งหมดที่มีการบันทึกข้อมูล และระบุช่วงระยะเวลาที่ข้อมูลมีความไม่คงที่ (Non-stationarity) เพื่อค้นคว้าหาสาเหตุของความไม่คงที่ของข้อมูลในแต่ละช่วง โดยสาเหตุของความไม่คงที่ของข้อมูลที่พบอาจมาจากการเปลี่ยนโค้งระดับน้ำ (Rating curve) การเปลี่ยนพื้นหลักฐาน (Datum change) หรือการเกิดน้ำท่วมใหญ่ เป็นต้น
- ให้ความสำคัญกับการพิจารณาความน่าเชื่อถือของช่วงข้อมูลของสถานีที่เสมือนว่ามีความผิดปกติ โดยตรวจสอบค่าที่บันทึกไว้สำหรับสถานีนั้นๆ กับค่าจากสถานีที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงทางด้านเหนือหรือท้ายน้ำของสถานีนั้นๆ และพิจารณาค่าของปริมาณน้ำท่าประกอบกับปริมาณฝนจากสถานีน้ำฝนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง เพื่อหาสาเหตุที่อาจใช้อธิบายลักษณะของข้อมูลน้ำท่าที่เสมือนว่ามีความผิดปกติได้ หากไม่สามารถหาสาเหตุหรือคำอธิบายสำหรับข้อมูลน้ำท่าในช่วงที่เสมือนมีความผิดปกติได้ ข้อมูลชุดนั้นจะไม่ถูกนำมาใช้ในการคำนวณดัชนีภัยแล้งในขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 4-1 แผนที่สถานีและข้อมูลสรุปของสถานี

4.2 การวิเคราะห์ดัชนีภัยแล้งจากฐานข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา

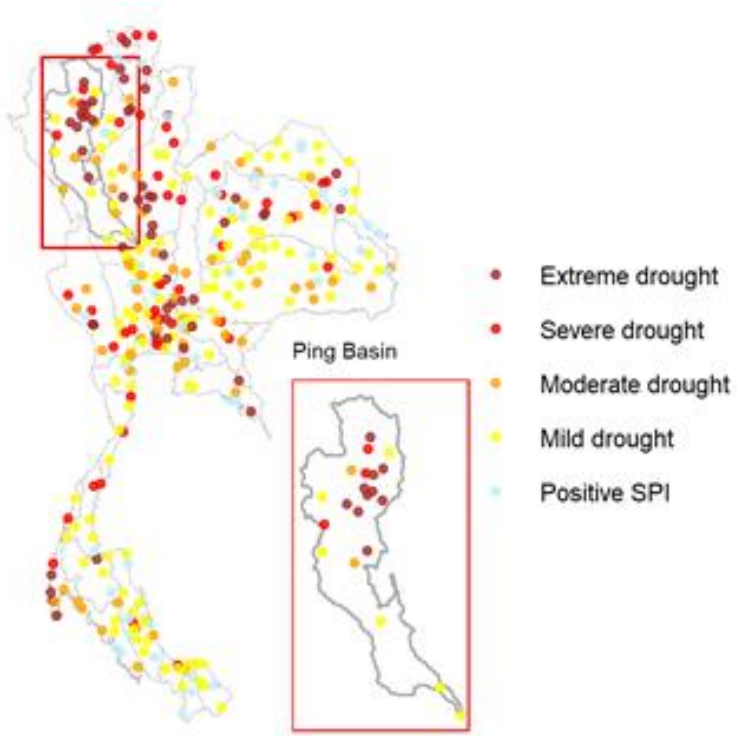
โครงการได้ใช้นำข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาจากฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นมาวิเคราะห์ดัชนีภัยแล้งต่างๆ โดยเริ่มจากปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (Standardized Precipitation Index: SPI) และดัชนีน้ำท่ามาตรฐาน (Standardised Streamflow Index: SSI)

ดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน (SPI) หรือดัชนีความแห้งแล้งจากฝนที่ต่างจากเกณฑ์ปกติเป็นดัชนีที่สะท้อนความแห้งแล้งจากการขาดแคลนปริมาณฝน ที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความแห้งแล้งในแต่ละช่วงเวลาที่ต่างไปจากปกติ ซึ่งได้พัฒนาจากแนวคิดของ McKee et al. (1993) ที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการกำหนดและเฝ้าดูสภาวะภัยแล้ง SPI นับว่าเป็นดรรชนีที่มีการนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณจะดูจากข้อมูลปริมาณของน้ำฝนสะสมในช่วงเวลาที่สนใจ หากปริมาณน้ำฝนมากกว่าค่าเฉลี่ย ค่า SPI จะเป็นบวก โดยค่าดัชนีที่เป็นไปในทางบวกแสดงถึงความชุ่มชื้นหรือมีฝนมากกว่าปกติ หากปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าค่าเฉลี่ย ค่า SPI จะเป็นลบ โดยค่าดัชนีที่มีค่าในทางลบแสดงถึงความแห้งแล้ง การพัฒนาวิธี SPI ขึ้นมาเพื่อติดตามสภาวะแห้งแล้ง ปัจจุบันมีหน่วยงานมากมายที่มีการใช้ดัชนีชนิดนี้อย่างแพร่หลาย เช่น Colorado Climate Center The Western Regional Center และ National Drought Mitigation Center มีการใช้ดัชนีนี้ในการติดตามความแห้งแล้งของประเทศ หากพิจารณาประเภทของภัยแล้งตามช่วงค่า SPI จะแบ่งประเภทของภัยแล้งได้ตามตารางที่ 4-1

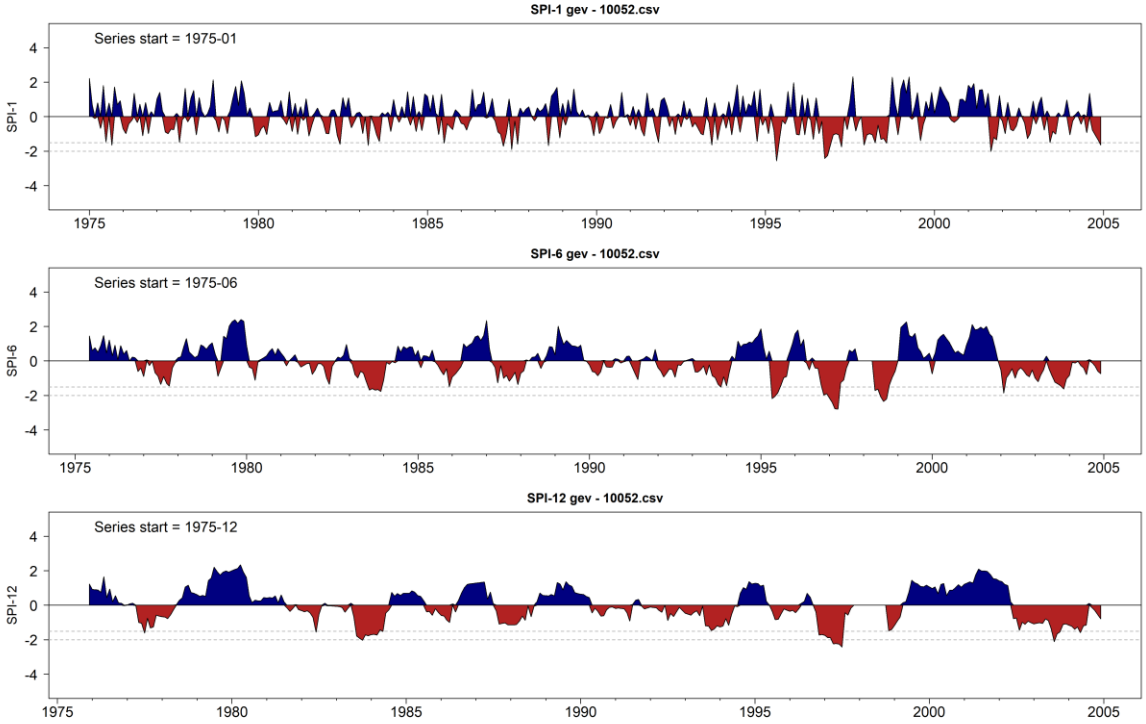
ตารางที่ 4-1 การกำหนดประเภทของภัยแล้งตามช่วงค่า SPI (McKee et al., 1993)

SPI value	Drought Category
2.00 and above	Extremely wet (มีฝนอย่างมากถึงขีดสุด)
1.50 to 1.99	Severely wet (มีฝนอย่างหนัก)
1.00 to 1.49	Moderately wet (มีฝนปานกลาง)
0 to 0.99	Mild wet (มีฝนเล็กน้อย)
-0.99 to 0	Mild drought (แห้งแล้งเล็กน้อย)
-1.00 to -1.49	Moderately drought (แห้งแล้งปานกลาง)
-1.50 to -1.99	Severely drought (แห้งแล้งอย่างรุนแรง)
-2.00 and less	Extremely drought (แห้งแล้งอย่างมากถึงขีดสุด)

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐานของสถานีน้ำฝนในลุ่มน้ำปิงในที่มีความยาวช่วงข้อมูลมากกว่า 20 ปีขึ้นไป จะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4-2 ซึ่งพบว่า มีหลายสถานีในลุ่มน้ำปิงที่ประสบปัญหาภัยแล้งในระดับรุนแรงและระดับมากถึงขีดสุด ในลุ่มน้ำปิงตอนล่างพบปัญหาภัยแล้งในระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง ทั้งนี้ ผลการวิเคราะห์ที่ได้สำหรับลุ่มน้ำปิงตอนล่างนั้นเป็นผลที่คำนวณจากสถานีจำนวนน้อยเพราะสถานีน้ำฝนในตอนล่างของลุ่มน้ำปิงมีจำนวนน้อยกว่าและมีความยาวข้อมูลสั้นกว่าสถานีในตอนบนของลุ่มน้ำ รูปที่ 4-3 แสดงตัวอย่างค่า SPI-1, SPI-4 และ SPI-12 รายสถานี โดยตัวอย่างที่นำเสนอเป็นผลการวิเคราะห์ของสถานี 10052



รูปที่ 4-2 แผนที่ SPI ของสถานีน้ำฝนในลุ่มน้ำปิงในที่มีความยาวช่วงข้อมูลมากกว่า 20 ปีขึ้นไป

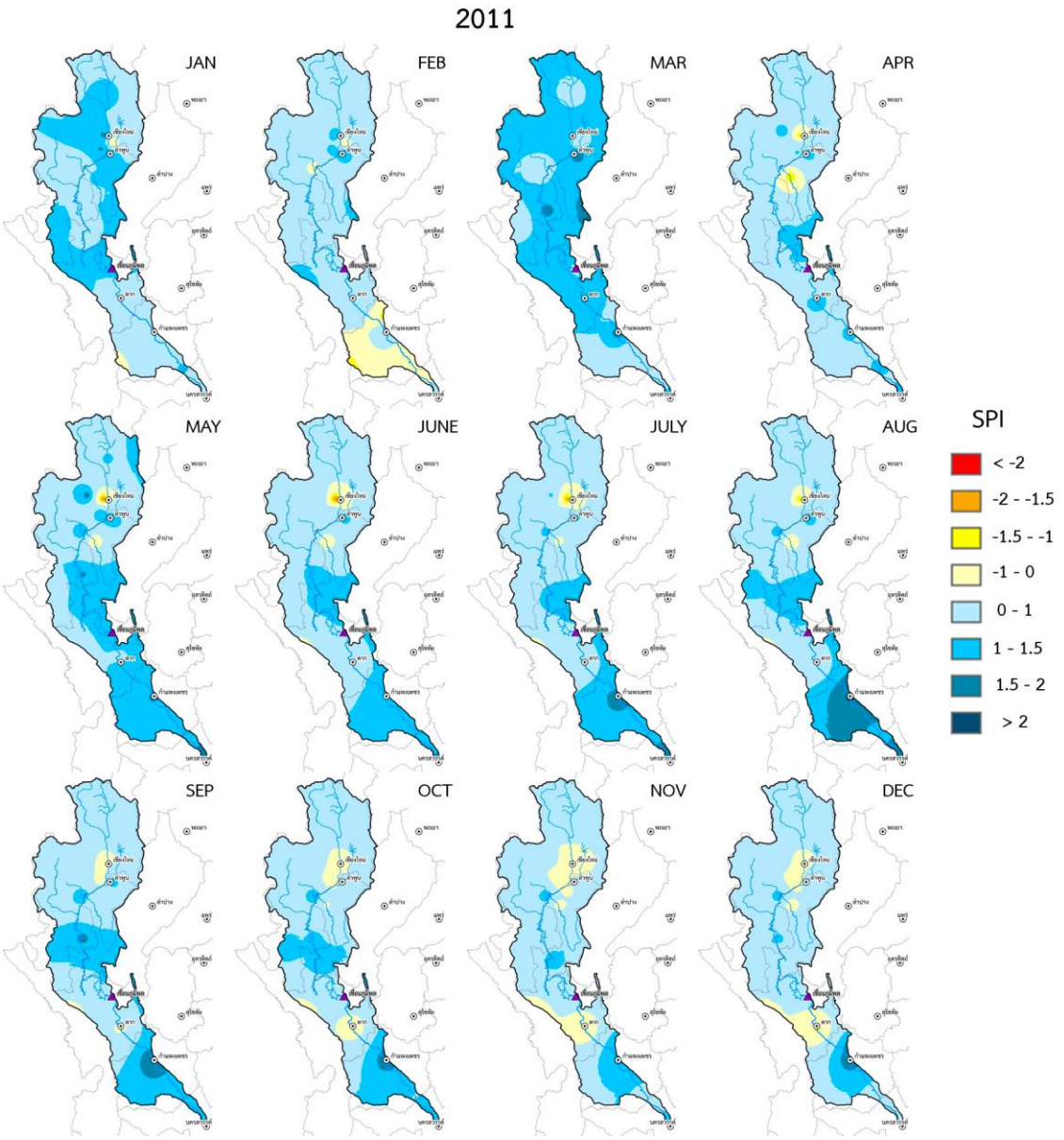


รูปที่ 4-3 ค่า SPI-1, SPI-4 และ SPI-12 สำหรับสถานี 10052

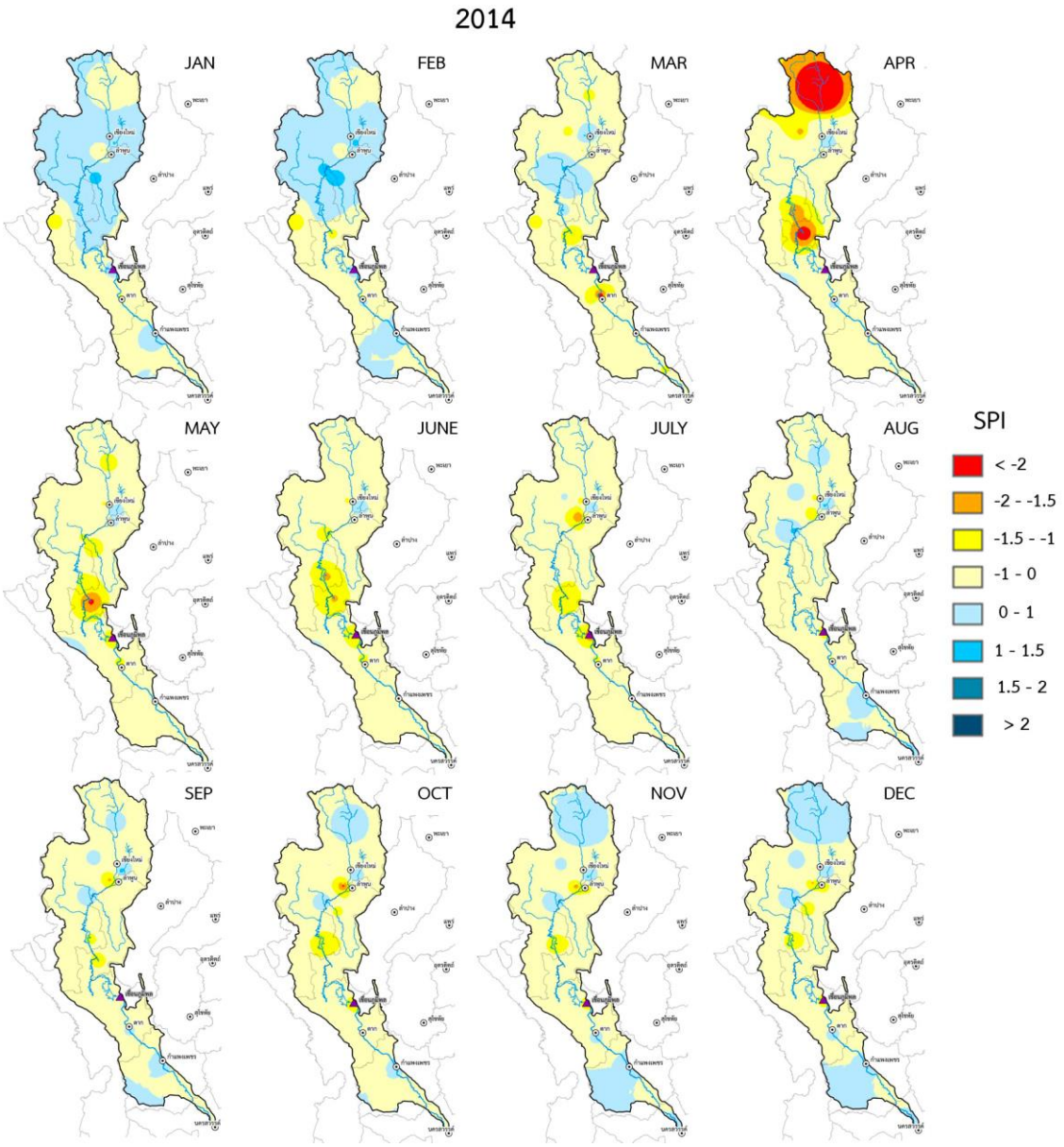
รูปที่ 4-4 และ 4-5 เปรียบเทียบค่า SPI ระหว่างปีน้ำท่วมและปีแล้ง พบว่าในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นปีน้ำท่วม ภาพรวมของลุ่มน้ำปิงมีปริมาณฝนทำให้ความชุ่มชื้นค่อนข้างมาก โดยค่า SPI-3 ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 2 ส่วนในปี พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นปีน้ำแล้งนั้น ค่า SPI อยู่ระหว่าง 1 ถึง -3 ซึ่งค่า SPI ที่มากขึ้นจะแสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยที่มากขึ้น ขณะที่การลดลงมากขึ้นจะเป็นสิ่งที่บ่งชี้ให้เห็นถึงความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง ค่า SPI ที่คำนวณได้มีแนวโน้มให้ผลสอดคล้องกับสถานการณ์ในอดีตที่เคยเกิดขึ้นจริง

ในปี พ.ศ. 2554 ค่า SPI ในเดือนมกราคมของพื้นที่ลุ่มน้ำปิงเกือบทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1.5 ซึ่งถือเป็นช่วงที่มีระดับความชื้นปกติ (0 ถึง 1) และ ปานกลาง (1 ถึง 1.5) ในเดือนกุมภาพันธ์ค่า SPI ได้มีการลดลงมาอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 เป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นในพื้นที่ท้ายน้ำของลุ่มน้ำซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง 0 แต่ยังถือว่าอยู่ในระดับปกติ จากนั้นเนื่องมากจากอิทธิพลของพายุฝนค่า SPI ได้เพิ่มขึ้นอย่างมากในเดือนมีนาคมทำให้พื้นที่โดยรวมมีค่า SPI อยู่ที่ 1-1.5 ซึ่งเป็นช่วงที่มีความชุ่มชื้นอยู่ในระดับปานกลาง (Moderately wet) และจะลดลงอีกครั้งในเดือนเมษายนมีอยู่ในระดับที่มีความชื้นปกติ (0 ถึง 1) ในเดือนพฤษภาคมถึงกรกฎาคม ค่า SPI โดยรวมจะค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วง 0 ถึง 1.5 จนกระทั่งในเดือนสิงหาคม ซึ่งค่า SPI ในพื้นที่ท้ายน้ำได้เพิ่มขึ้นอย่างมากจนมีค่าอยู่ในช่วง 1.5 ถึง 2 ถือเป็นระดับที่ความชื้นอยู่ในเกณฑ์สูงและแสดงให้เห็นว่าอาจจะมีเหตุการณ์อุทกภัยเกิดขึ้นในพื้นที่ดังกล่าว หลังจากนั้นในเดือนกันยายนจนถึงเดือนธันวาคมค่า SPI จะมีการลดลงอย่างต่อเนื่องแต่จะยังคงอยู่ในช่วงความชื้นที่มีค่าปกติและปานกลาง เป็นที่น่าสังเกตว่าค่า SPI ของพื้นที่บริเวณตัวเมืองเชียงใหม่มีค่าเป็นลบโดยตลอดเกือบทั้งปี ถึงแม้จะยังอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติแต่ก็เป็นสัญญาณที่สื่อให้เห็นถึงความเปราะบางต่อภัยแล้ง เนื่องจากในปีที่มีพายุฝนเป็นจำนวนมากแต่ค่า SPI ยังคงติดลบ ขณะที่ในพื้นที่บริเวณปลายน้ำของลุ่มน้ำนั้นแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของค่า SPI ในช่วงฤดูน้ำหลากจึงมีความเสี่ยงแต่การเกิดอุทกภัยสูง

ในปี พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นปีที่มีเหตุการณ์ภัยแล้งเกิดขึ้นในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ค่า SPI ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง -1 ถึง 1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความชื้นในระดับปกติ แต่ในเดือนเมษายน SPI ในพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำที่บริเวณพื้นที่ต้นน้ำและบางส่วนของพื้นที่ตอนกลางมีการลดลงจนอยู่ในช่วงน้อยกว่า -1.5 ซึ่งเป็นช่วงที่บ่งชี้ให้เห็นถึงความแห้งแล้งในระดับสูง โดยเฉพาะในพื้นที่ต้นน้ำซึ่งเป็นพื้นที่ที่แสดงให้เห็นถึงค่า SPI น้อยกว่า -2 เป็นบริเวณ



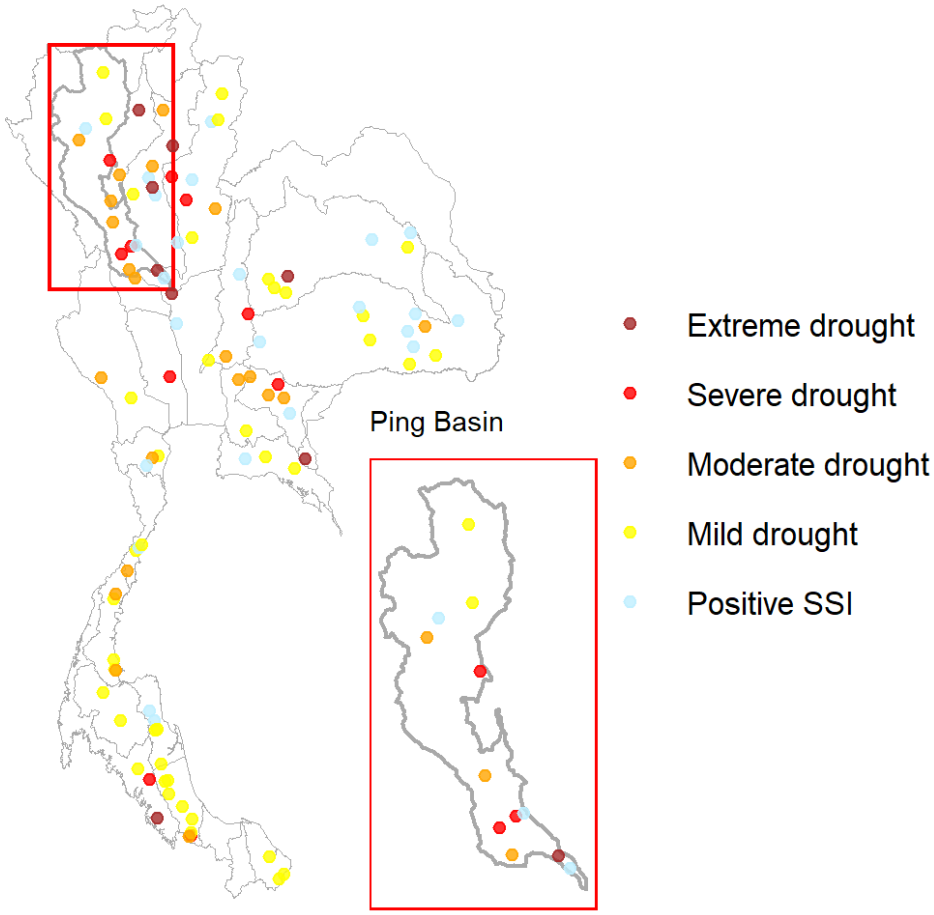
รูปที่ 4-4 แผนที่ SPI-3 ปี พ.ศ. 2554 ในลุ่มน้ำปิง



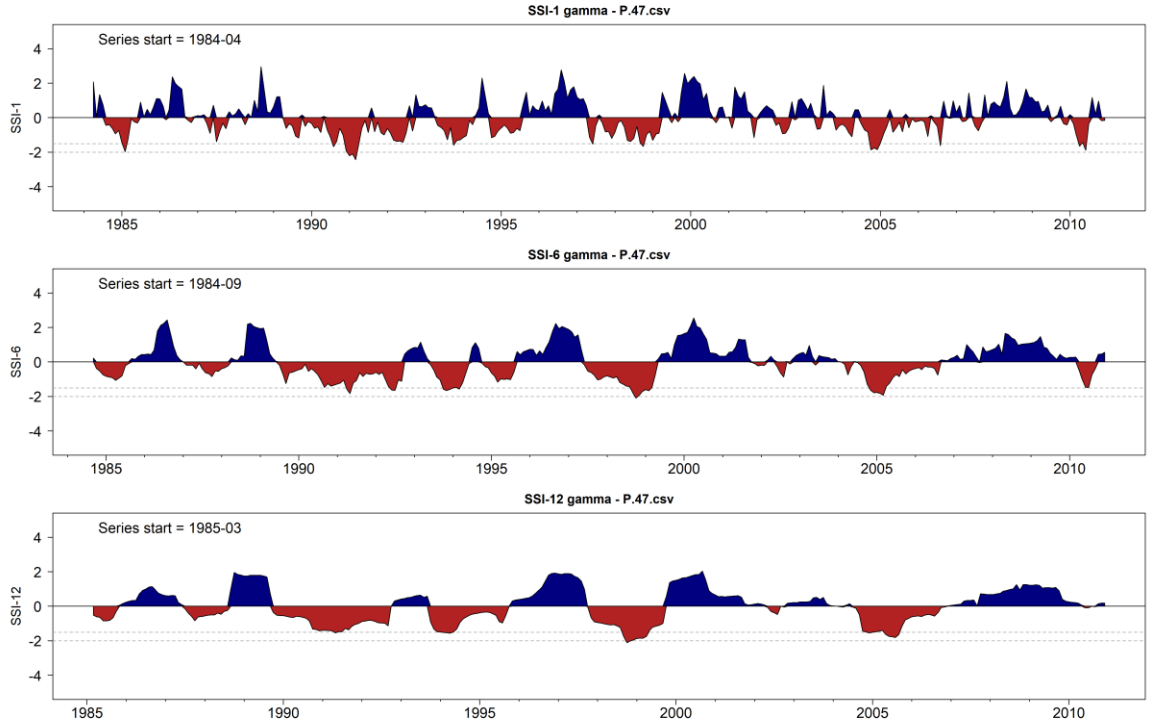
รูปที่ 4-5 แผนที่ SPI-3 ปี พ.ศ. 2557 ในลุ่มน้ำปิง

ดัชนีน้ำท่ามาตรฐาน (SSI) มีพื้นฐานการคำนวณเช่นเดียวกับดัชนีปริมาณน้ำฝนมาตรฐาน เพียงแต่ทำการเปลี่ยนข้อมูลนำเข้าเป็นปริมาณน้ำท่าแทนปริมาณน้ำฝนในระยะเวลาที่ต้องการวิเคราะห์ แนวทางการวิเคราะห์ดัชนีน้ำท่ามาตรฐานจึงเป็นไปในรูปแบบคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์ดัชนีน้ำฝนมาตรฐานได้

จากการคำนวณดัชนีปริมาณน้ำท่ามาตรฐานของสถานีน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงในที่มีความยาวช่วงข้อมูลมากกว่า 20 ปีขึ้นไป จะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4-6 ซึ่งพบว่า มีหลายสถานีในลุ่มน้ำปิงที่ประสบปัญหาภัยแล้งในระดับรุนแรงและระดับมากถึงขีดสุดโดยเฉพาะในลุ่มน้ำปิงตอนล่าง ส่วนในลุ่มน้ำปิงตอนบน ค่า SSI บ่งบอกถึงภัยแล้งในระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง รูปที่ 4-7 แสดงตัวอย่างค่า SSI-1, SSI-4 และ SSI-12 รายสถานี โดยตัวอย่างที่นำเสนอเป็นผลการวิเคราะห์ของสถานี P.47



รูปที่ 4-6 แผนที่ SSI ของสถานีน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงในที่มีความยาวช่วงข้อมูลมากกว่า 20 ปีขึ้นไป



รูปที่ 4-7 ค่า SPI-1, SPI-4 และ SPI-12 สำหรับสถานี P.47

4.3 การวิเคราะห์ดัชนีภัยแล้งโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม

นอกเหนือจากข้อมูลจากสถานีอุตุ-อุทกวิทยาที่โครงการฯ นำมาใช้พัฒนาดัชนีภัยแล้งต่างๆ แล้ว โครงการยังได้พิจารณาการนำข้อมูลจากดาวเทียมมาประกอบการพัฒนาดัชนีภัยแล้งด้วย โดยในรายงานฉบับนี้จะนำเสนอผลการวิเคราะห์ของข้อมูลฝนและความชื้นจากดาวเทียมเพื่อมาพัฒนาดัชนีภัยแล้ง เช่น CDI, DSI และ SPEI

ข้อมูลฝนและข้อมูลความชื้นในดินเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการศึกษาทางอุตุ -อุทกวิทยา เนื่องจากการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนและคามชื้นในดินมีผลอย่างมากต่อความถูกต้องของค่าดัชนีภัยแล้ง ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจด้านการป้องกันและจัดการภัยแล้ง ปัญหาที่สำคัญของการเก็บข้อมูลทางอุตุ -อุทกวิทยา รวมถึงข้อมูลฝนและความชื้นในดิน คือ ลักษณะข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัดเป็นข้อมูลแบบจุดเฉพาะตำแหน่งที่สถานีตั้งอยู่ ดังนั้น การเก็บข้อมูลในเชิงพื้นที่ที่ไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ศึกษาได้ทั้งหมด ข้อมูลจากดาวเทียมเป็นทางเลือกที่จะช่วยสนับสนุนให้มีข้อมูลเชิงพื้นที่ครอบคลุมบริเวณทั้งหมดของพื้นที่ศึกษาได้

ดาวเทียมที่ใช้ในทางอุตุ -อุทกวิทยาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของวงโคจร อันได้แก่ ดาวเทียมค้างฟ้า (Geostationary Orbit) คือดาวเทียมที่หมุนรอบโลกด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับความเร็วที่โลกหมุนรอบตัวเอง และเส้นทางโคจรอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตร ส่วนอีกแบบหนึ่งคือดาวเทียม

โคจรแนวขั้วโลก (Polar Orbit) การโคจรนั้นอยู่ในแนวขั้วโลกสู่ขั้วโลก ซึ่งมีความเร็วในการโคจรสูงเพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้ครอบคลุมทั้งโลก บนดาวเทียมจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดข้อมูลตัวแปรต่างๆ ทางอุตุ-อุทกวิทยา เช่น Infrared Imagery (IR) และ Visible Imagery (VIS) เป็นต้น

ที่ผ่านมามีหลายหน่วยงานวิจัยได้ทำการพัฒนากระบวนการในการประมาณค่าปริมาณฝนและความชื้นจากข้อมูลดาวเทียม ดังสรุปในตารางที่ 4-2 ข้อมูลจากดาวเทียมจะมีลักษณะแบบกริด การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลดาวเทียม เช่น TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) (Huffman et al., 2007), Climate Prediction Center MORPHing technique – CMORPH (Joyce et al., 2004), Precipitation Estimation from Remote Sensing Information using Artificial Neural Network – PERSIANN (Hsu et al., 1997), Global Satellite Mapping of Precipitation – GSMaP (Ushio et al., 2009) และ Global Precipitation Measurement Mission – GPM สำหรับการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการประมาณค่าปริมาณความชื้นในดินจากข้อมูลดาวเทียมจะมีน้อยกว่าการศึกษาด้านฝน แต่ในระยะหลังๆ มานี้ มีหน่วยงานหรือโครงการวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาข้อมูลจากดาวเทียมเพื่อประมาณความชื้นในดิน เช่น Advanced SCATterometer (ASCAT), Soil Moisture Active Passive (SMAP), Soil Moisture and Ocean Salinity (SMOS), Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR-E) ดังสรุปในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-2 สรุปโครงการประเมินค่าฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่ได้มีการพัฒนาขึ้นในช่วงที่ผ่านมา (https://climatedataguide.ucar.edu)

Name	Source	Domain	Input Data
APHRODITE: Asian Precipitation - Highly-Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation	NCAR UCAR	Asia and Middle East	gauge analysis, and infrared (IR)
CHOMPS: CICS High-Resolution Optimally Interpolated Microwave Precipitation from Satellites	CICS/ Renu Joseph	Global	multiple satellite microwave sensors
CMAP: CPC Merged Analysis of Precipitation	NOAA CPC/Dr. Pingping Xie	Global	gague analysis, microwave sensor and IR from polar orbiting and geostationary satellites
CMORPH (CPC MORPHing technique)	Climate Prediction Center/R. Joyce, J.Janowiak	Global	satellite, microwave sensor

Name	Source	Domain	Input Data
GPM: Global Precipitation Measurement	NASA & Jaxa	Global	satellite, microwave sensor and geostationary IR
GSMaP	Jaxa	Global	microwave radiometer
PERSIANN: Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks	Center for Hydrometeorology & Remote Sensing (CHRS): Sorooshian, S.	Global	satellite data
SSMI Version 7: Ocean Product Suite	NASA/RSS	Global	Satellite, microwave sensor
TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission	NASA & Jaxa	Tropics	satellite microwave sensor and IR; gauge (for calibration)

ตารางที่ 4-3 สรุปผลิตภัณฑ์ประเมินค่าความชื้นในดินจากข้อมูลดาวเทียมที่ได้มีการพัฒนาขึ้นในช่วงที่ผ่านมา

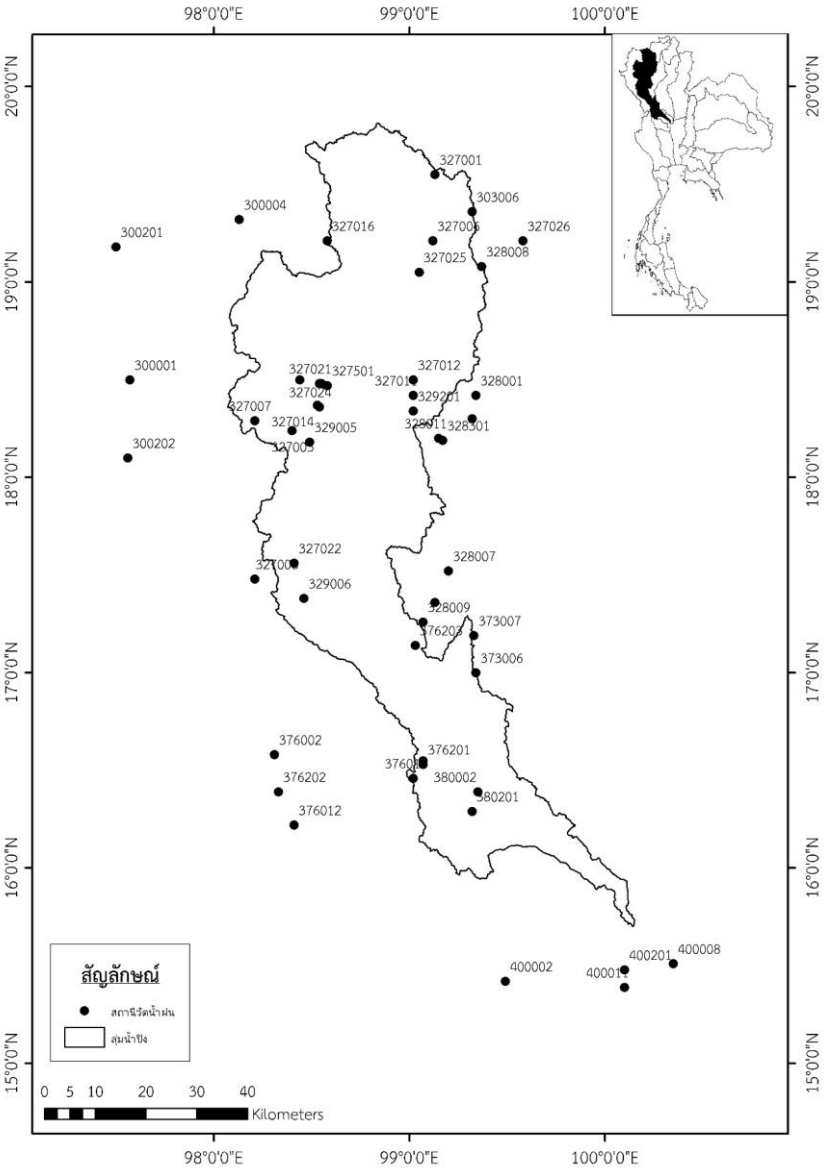
Products	Source	Domain	Depth	Time Resolution	Spatial Resolution	Period
ASCAT	European Space Agency (ESA)	Global	1-2 cm	1 day	25-50 km	1991-2011
AMSR-E	NASA	Global	1 cm	2-3 days	25 km	2002-2011
ESA CCI	European Space Agency (ESA) and Technische Universität Wien (TUW).	Global	0.5-2 cm	1 day	25 km	1978-2010
SMAP	NASA	Global	5 cm	2-3 days	3 km/ 9 km/ 36 km	2015-present
SMOS	European Space Agency (ESA)	Global	5 cm	3 days	35-50 km	2009-present

แม้ว่าข้อมูลจากดาวเทียมจากได้ถูกนำมาใช้ในการศึกษาทางอุตุ-อุทกนิยมวิทยาอย่างกว้างขวาง เนื่องจากจุดเด่นของข้อมูลที่มีความครอบคลุมในบริเวณกว้าง แต่ข้อมูลจากดาวเทียมนั้นยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับความถูกต้อง (Accuracy) เนื่องจากการประมาณค่าฝนและความชื้นในดินไม่ได้มาจากการวัดค่าน้ำฝนหรือความชื้นในดินโดยตรงแต่เป็นการประมาณค่าแบบทางอ้อมโดยวัดค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง และค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยแบบกริด (Gridded data) ไม่ใช่ค่าแบบจุด (Point data) ดังนั้น การนำข้อมูลจากดาวเทียมมาใช้จะต้องมีผ่านกระบวนตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล

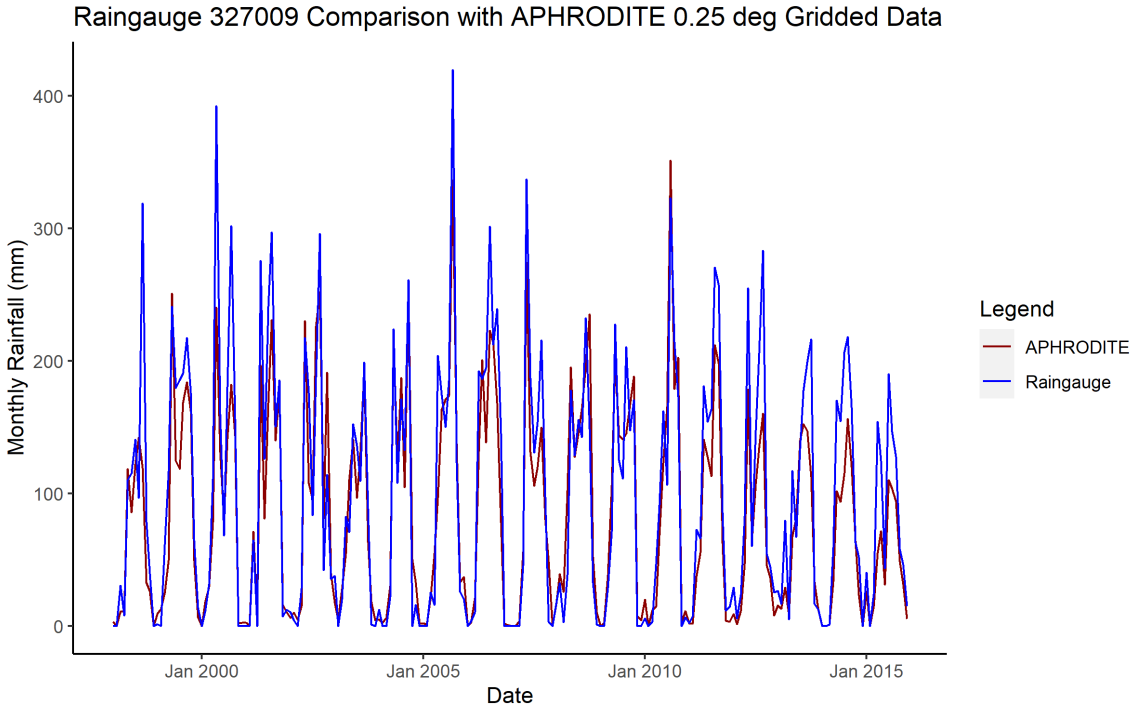
การศึกษานี้เลือกใช้ข้อมูล APHRODITE ในการประมาณค่าฝน และ ESA CCI ในการประมาณค่าความชื้นในดิน เนื่องจาก AHRODITE เป็นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมาโดยมีพื้นที่ศึกษาที่มุ่งเน้นคือในทวีปเอเชีย และมีพื้นฐานการพัฒนาปรับปรุงให้ค่าที่ได้จากดาวเทียมมีค่าใกล้คียงกับข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนซึ่งมีฐานข้อมูลเครือข่ายสถานีหลายแห่งกระจายอย่างหนาแน่นทั่วเอเชีย มีข้อมูลที่ยาวตั้งแต่ปี 1951 มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่น โดยมีความละเอียดอยู่ระหว่าง 0.25 x 0.25 deg (25 x 25 กิโลเมตร) อีกทั้ง ในการศึกษาที่ผ่านมาหลายการศึกษาพบว่า APHRODITE ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายและให้ประสิทธิภาพดีในการประมาณค่าฝน โดยสามารถประมาณการ กระจายของฝนในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งได้ดี แต่อาจมีข้อจำกัดในการประมาณปริมาณฝนในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกหนัก ในกรณีดังกล่าว AHRODITE มีแนวโน้มที่จะให้ค่าปริมาณฝนต่ำกว่าความเป็นจริง ทั้งนี้ คาดว่าข้อจำกัดของ APHRODITE จะไม่ส่งผลต่อการประเมินดัชนีภัยแล้งของโครงการฯ เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของการประมาณปริมาณฝนจะมีค่ำสูงเฉพาะในช่วงฤดูฝนซึ่งมักไม่เกิดภัยแล้ง ตัวอย่างการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนจาก APHRODITE โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจากสถานีฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 48 สถานี ที่กระจายตัวอยู่ในตำแหน่งต่างๆ ของลุ่มน้ำปิง จากรูปที่ 4-9 จะเห็นได้ว่า โดยรวมแล้วข้อมูลฝนจาก APRHODITE มีรูปแบบใกล้เคียงกับข้อมูลฝนที่ได้จากสถานีตรวจวัดทั้งในพื้นที่ตอนบน ตอนกลาง และตอนล่างของลุ่มน้ำ จึงมีศักยภาพที่จะนำมาใช้พัฒนาดัชนีภัยแล้งได้ แต่ข้อมูลฝนจาก APHRODITE มีแนวโน้มที่จะประมาณค่าฝนในช่วงที่มีฝนตกหนักต่ำกว่าความเป็นจริง ซึ่งผลดังกล่าวนี้มีความสอดคล้องกับผลที่ได้จากการศึกษาหลายการศึกษาที่ผ่านมา หากมีการปรับแก้ความเอนเอียง (Bias correction) ของข้อมูลฝนจาก APHRODITE เพิ่มเติมอาจช่วยให้ข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สำหรับความชื้นในดินจากดาวเทียม โครงการฯ เลือกใช้ข้อมูล ESA CCI เนื่องจาก ESA CCI นำข้อมูลความชื้นในดินจากหลายผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ เช่น ASCAT, AMSR-E, SMAP และ SMOS มารวมและพัฒนาปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพมากขึ้น มีข้อมูลที่ยาวตั้งแต่ปี 1978 มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง 0.25 x 0.25 deg (25 x 25 กิโลเมตร) อีกทั้ง ในการศึกษาที่ผ่านมาหลายการศึกษาพบว่า ESA CCI ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายรวมถึงการศึกษาเกี่ยวกับความชื้นในดินของประเทศไทย การศึกษานี้ใช้ข้อมูลแบบกริด ของ ESA CCI ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจากสถานีวัดความชื้นของ GISTDA ที่กระจายอยู่ทั่วประเทศไทย 22 สถานี พบว่า ESA CCI ให้ประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจในการประมาณความ

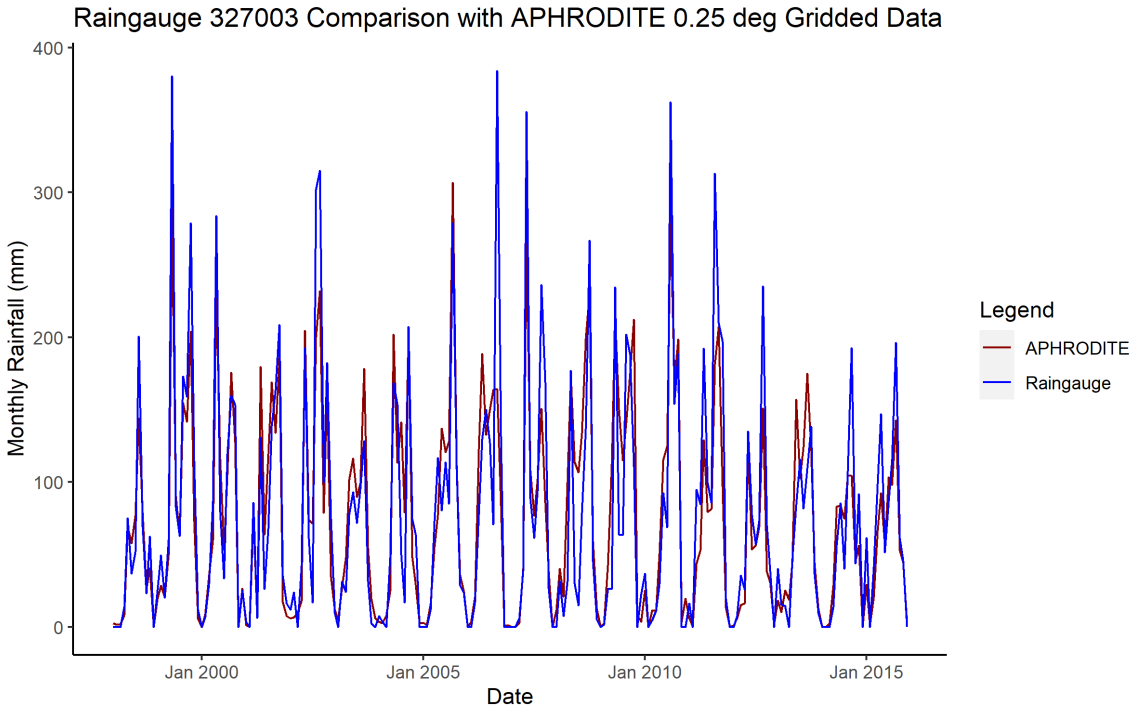
แตกต่างของความชื้นในดินในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้งในบางจังหวัดของประเทศไทย เช่น ตาก แต่ยังมีบางจังหวัด เช่น แพร่ ที่ ESA CCI ยังไม่สามารถประมาณรูปแบบการเปลี่ยนแปลงและค่าความชื้นในดินได้อย่างถูกต้องนัก (รูปที่ 4-11) สาเหตุที่เป็นไปได้อาจจะมาความแตกต่างของระดับที่วัดความชื้นในดินของสถานีตรวจวัดอยู่ที่ความลึก 50 cm ในขณะที่ระดับที่วัดความชื้นของ ESA CCI อยู่ที่ความลึกเพียง 0.5-2 cm ทั้งนี้ ระยะเวลาของข้อมูลตรวจวัดมีเพียง 2 ปี ดังนั้น ผลการเปรียบเทียบที่ได้นี้จึงอยู่บนข้อจำกัดของข้อมูลที่มีระยะเวลาค่อนข้างสั้นด้วย หากมีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลความชื้นในดินจาก ESA CCI อาจสามารถเพิ่มศักยภาพในการนำ ESA CCI ไปใช้คำนวณดัชนีภัยแล้งได้อย่างแม่นยำมากขึ้น



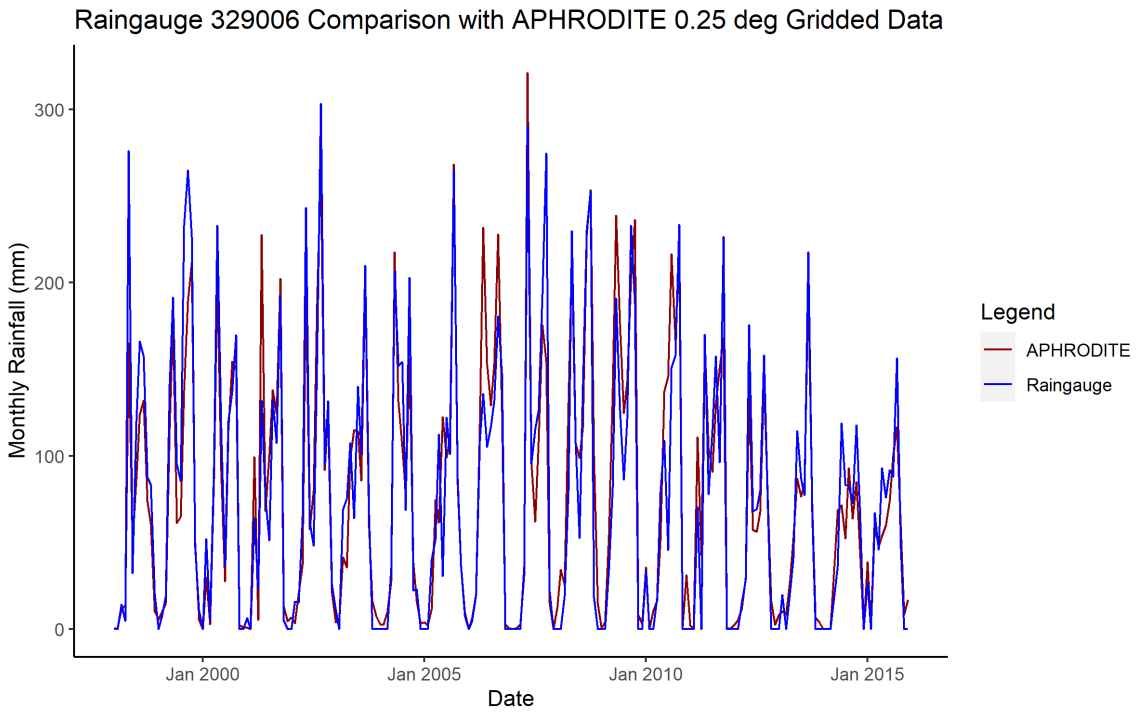
รูปที่ 4-8 สถานีตรวจวัดน้ำฝนในลุ่มน้ำปิงจากกรมอุตุนิยมวิทยาที่นำมาใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลฝนจาก APHRODITE



a) สถานีในลุ่มน้ำปิงตอนบน

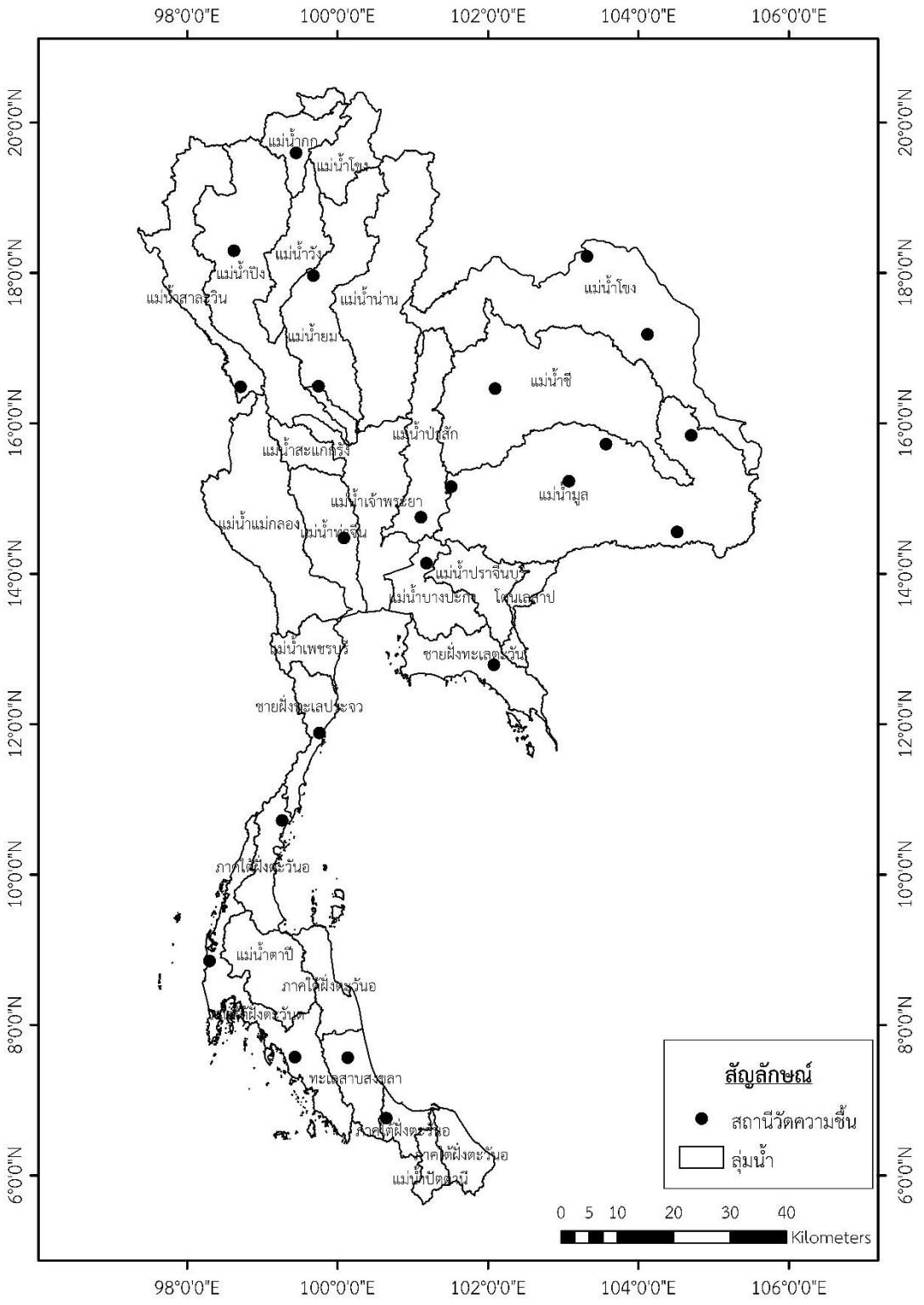


b) สถานีในลุ่มน้ำปิงตอนกลาง

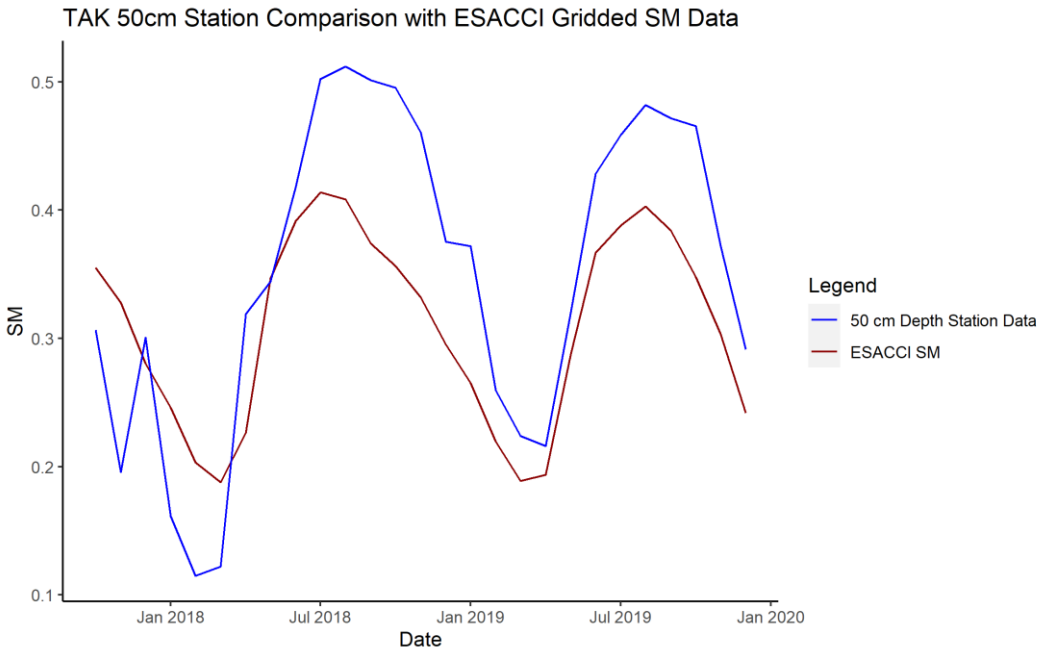


c) สถานีในลุ่มน้ำปิงตอนล่าง

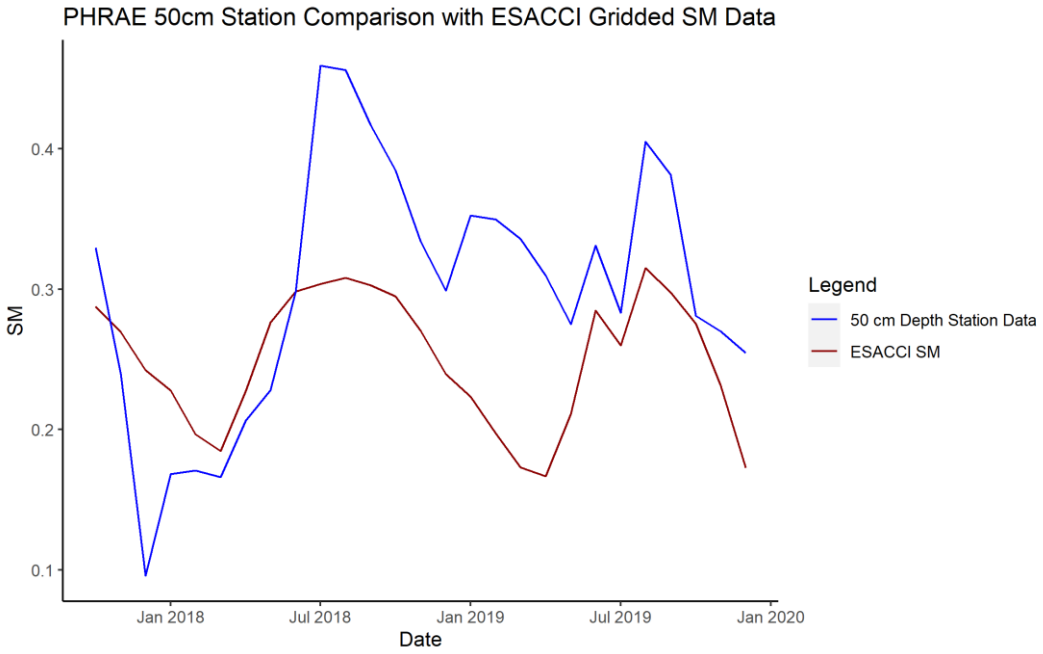
รูปที่ 4-9 การเปรียบเทียบข้อมูลฝนจาก APHRODITE กับข้อมูลตรวจวัดของสถานีใน a) ตอนบน b) ตอนกลาง และ c) ตอนล่าง ของลุ่มน้ำปิง



รูปที่ 4-10 สถานีตรวจวัดความชื้นในดินในประเทศไทยจาก GISTDA ที่นำมาใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลจาก ESA CCI



a) จังหวัดตาก



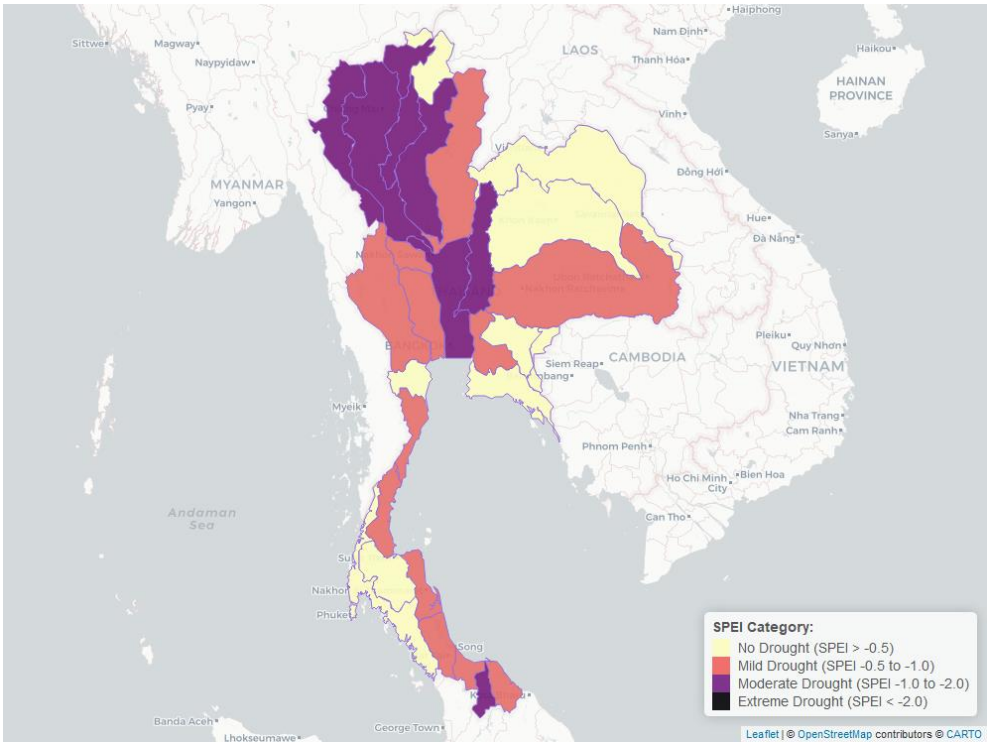
b) จังหวัดแพร่

รูปที่ 4-11 การเปรียบเทียบข้อมูลความชื้นในดินจาก ESA CCI กับข้อมูลตรวจวัดของสถานีใน a) จังหวัดตาก และ b) จังหวัด และแพร่

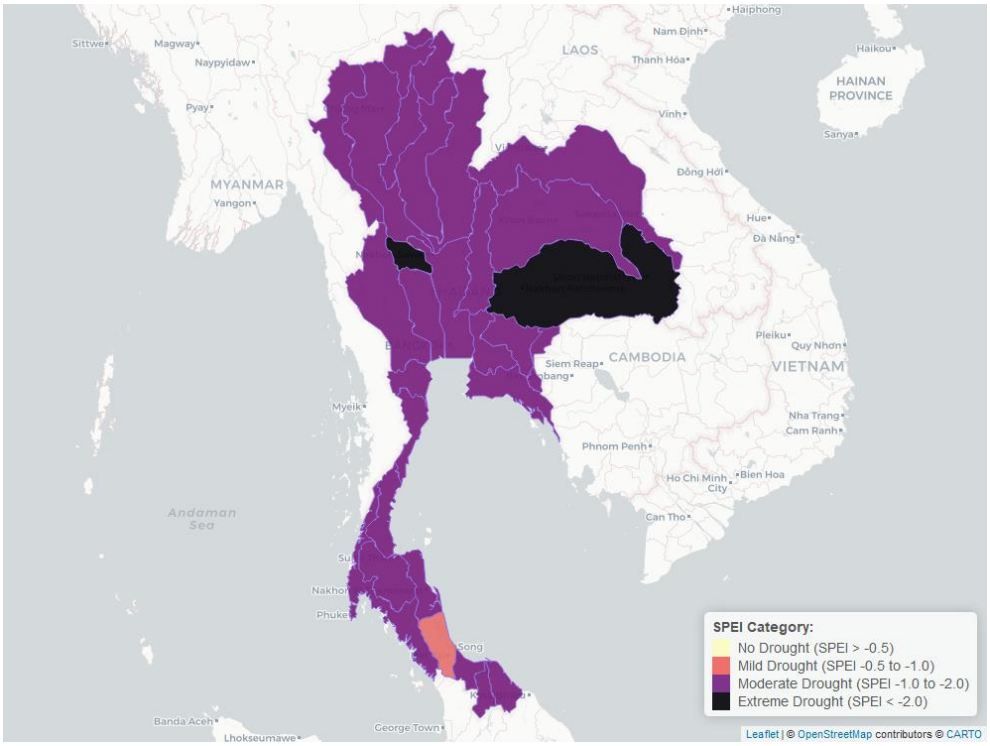
นอกจากข้อมูลฝนและความชื้นในดินแล้ว ข้อมูลจากดาวเทียมยังมีตัวแปรอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) ศักย์การคายระเหยน้ำหรือการคายระเหย (Potential Evapotranspiration: PET or Evapotranspiration: ET) และรังสีในช่วงคลื่นที่พืชใช้สังเคราะห์แสง (Fraction of Photosynthetically Active Radiation: FPAR) ที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับข้อมูลตรวจวัดเพื่อพัฒนาดัชนีภัยแล้งที่นอกเหนือจาก SPI หรือ SSI หรือพัฒนาเป็นดัชนีภัยแล้งรวม (Combined drought index) เช่น ดัชนี DSI (Drought Severity Index) ได้ ตารางที่ 4-4 เป็นตารางสรุปข้อมูลจากดาวเทียมที่นำมาใช้พัฒนาดัชนีภัยแล้งได้ รูปที่ 4-12 ถึง 4-13 แสดงค่าดัชนี SPEI (Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index) จากข้อมูลดาวเทียม ดัชนี SPEI คำนวณจากความต่างระหว่างปริมาณฝนที่ตกลงมากับปริมาณน้ำที่ระเหยออกไป ค่าดัชนี SPEI ที่เป็นลบบ่งบอกถึงความแห้งแล้ง ในขณะที่ค่าดัชนีที่เป็นบวกบ่งบอกถึงความชุ่มชื้น

ตารางที่ 4-4 ข้อมูลจากดาวเทียมที่นำมาใช้พัฒนาดัชนีภัยแล้ง

Variable	Source	Date Range	Spatiotemporal Resolution
Precipitation	APHRODITE	1998 - 2015	0.25° Daily
Temperature (daily mean)	APHRODITE	1961 - 2015	0.25° Daily
Soil Moisture	ESA CCI	1978 – 2019	0.25° Daily
NDVI	MODIS	2000 - present	500 m 16-Day
PET/ET	MODIS	2000 – present	500 m 8-Day
FPAR	MODIS	2000 - present	500 m 8-Day

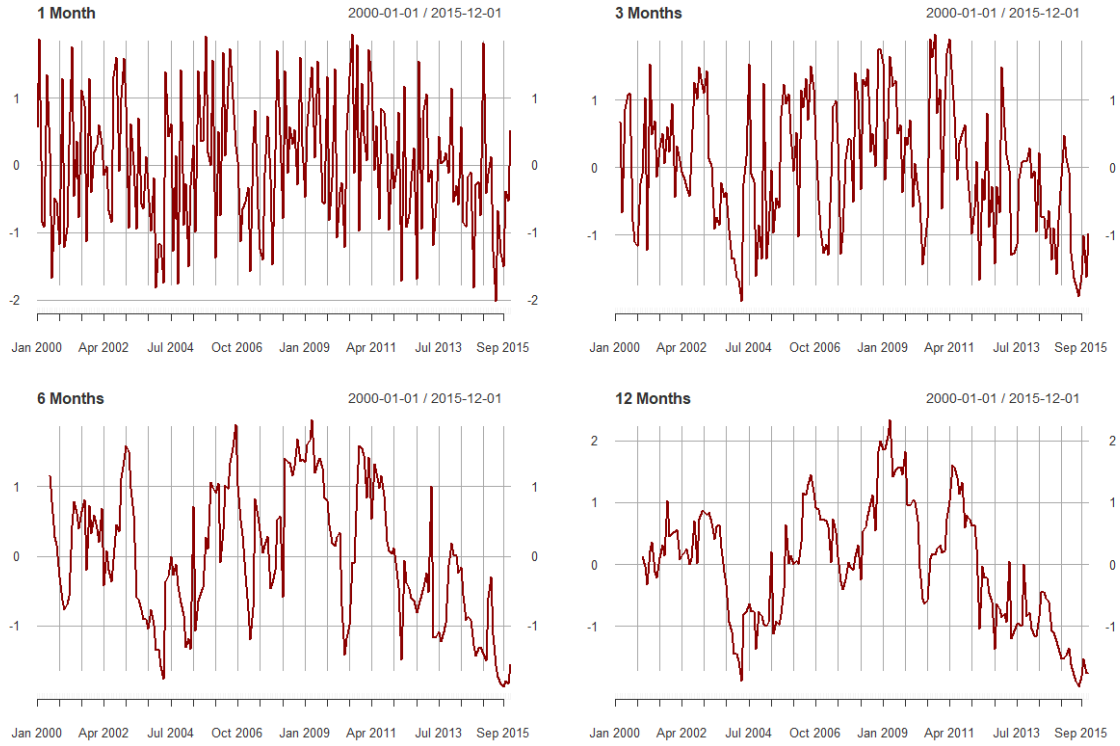


a) ก.ค. 2556



b) ก.ค. 2558

รูปที่ 4-12 แผนที่ SPEI-3 เฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำในประเทศไทย ในช่วง a) ก.ค. 2556 และ b) ก.ค. 2558



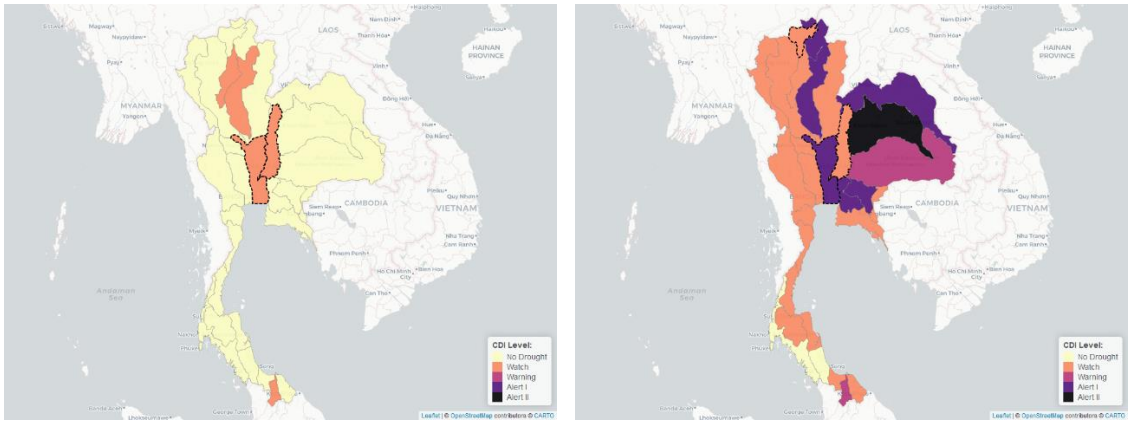
รูปที่ 4-13 SPEI-1, SPEI-3, SPEI-6 และ SPEI-12 ของลุ่มน้ำปิง ซึ่งคำนวณโดยใช้ข้อมูลฝนจาก APHRODITE และศักย์การคายระเหยจาก MODIS

เมื่อนำข้อมูลจากดาวเทียมในรูปแบบกริดหลายๆ ผลิตภัณฑ์มาใช้ร่วมกันในการพัฒนาดัชนีภัยแล้ง จะเกิดเป็นดัชนีภัยแล้งรวม (Combined index) ซึ่งใช้บ่งบอกความรุนแรงของภัยแล้งได้ ในรายงานฉบับนี้ โครงการฯ ได้พัฒนาดัชนีรวมเบื้องต้น 3 ดัชนี ดังแสดงในตารางที่ 4-5 และรูปที่ 4-14

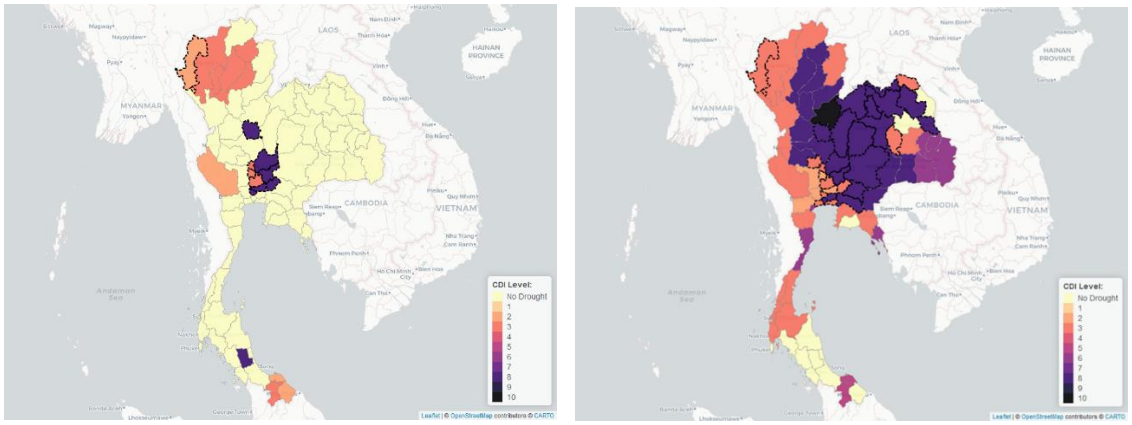
ตารางที่ 4-5 ดัชนีรวมสำหรับบ่งบอกความรุนแรงของภัยแล้ง

Name	Gridded products	Summary
Combined Drought Indicator: CDI (Jiminez-Donaire, 2019)	Rainfall (SPI), Soil Moisture, NDVI	Drought severity determined by SPI, Soil Moisture anomaly and NDVI anomaly falling below a threshold level.
Combined Drought Indicator: CDI (de Jager & Vogt, 2015)	Rainfall (SPI), Soil Moisture, FPAR	Drought severity determined by SPI, Soil Moisture anomaly and FPAR anomaly falling below a threshold level.
Drought Severity Index: DSI (Um et al. 2018)	ET, PET, NDVI	Drought severity calculated by the sum of the ratio of ET to PET and the NDVI anomaly.

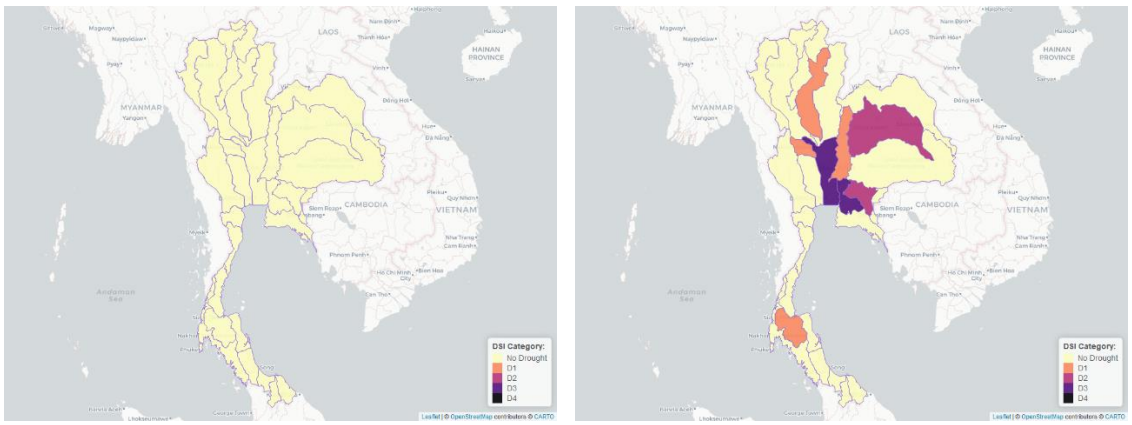
ก.ค. 2556 ก.ค. 2558



a) CDI (ตามวิธีของ Jiminez-Donaire)



b) CDI (ตามวิธีของ de Jager & Vogt)



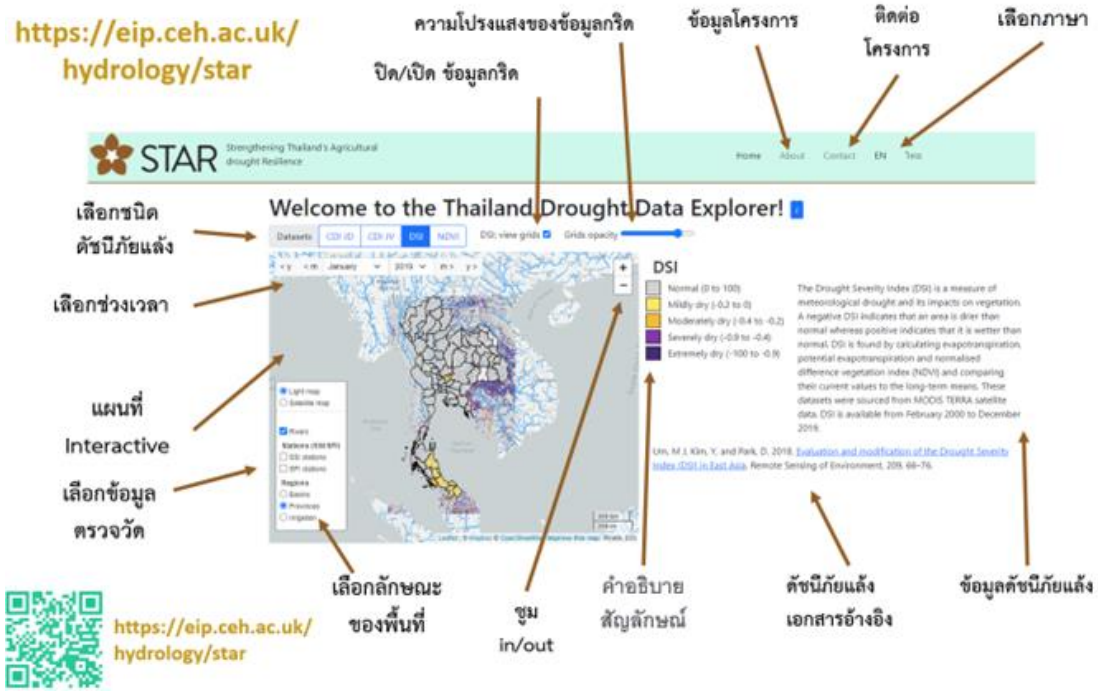
c) DSI

รูปที่ 4-14 แผนที่ดัชนีรวมเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำในประเทศไทย ในช่วง

a) CDI (ตามวิธีของ Jiminez-Donaire) b) CDI (ตามวิธีของ de Jager & Vogt) และ c) DSI

4.4 การพัฒนาระบบแสดงข้อมูลดัชนีภัยแล้ง

โครงการฯ ได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชั่นสองภาษา (ไทยและอังกฤษ) สำหรับเรียกดูดัชนีภัยแล้งต่างๆ (SPI, SPEI, SSI, DSI, CDI, NDVI) ของประเทศไทย ที่พัฒนาโดยใช้ข้อมูลฝนตรวจวัด 361 สถานี ทั่วประเทศ ตั้งแต่ปี 1975-2004 ข้อมูลน้ำท่าตรวจวัด 487 สถานี ทั่วประเทศ ตั้งแต่ปี 1981-2010 และข้อมูลดาวเทียมที่มีรายละเอียดดังแสดงไว้ในตารางที่ 4-4 โดยผู้ใช้งานสามารถเรียกดูค่าดัชนีภัยแล้งแบบสถานี แบบกริด และแบบอนุกรมเวลาได้ในช่วงระยะเวลาที่สนใจ ค่าความละเอียดของดัชนีภัยแล้งที่แสดงมีระดับความละเอียดเชิงพื้นที่สูงสุดที่ระดับตำบล ตัวอย่างหน้าหลักของเว็บแอปพลิเคชั่นแสดงไว้ในรูปที่ 4-15 และสามารถเข้าถึงได้จาก https://eip.ceh.ac.uk/hydrology/star



รูปที่ 4-15 หน้าหลักเว็บแอปพลิเคชั่นสำหรับเรียกดูดัชนีภัยแล้งของประเทศไทย

บทที่ 5 การสำรวจผลกระทบจากภัยแล้ง

5.1 การจัดทำแบบสอบถามด้านความรู้ความเข้าใจและผลกระทบ และการปรับตัวต่อภัยแล้งในพื้นที่ศึกษา

จากเป้าหมายของโครงการการพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตรในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบของภัยแล้งต่อผลผลิตทางการเกษตรและความเป็นอยู่ของเกษตรกร และเพื่อพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรในการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร ที่มีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบจากภัยแล้งต่อภาคการเกษตรและประเมินความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา แบบสอบถามของโครงการ (ภาคผนวก 5-1) จึงมุ่งที่จะเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกร โดยแยกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานและกิจกรรมการเกษตร

คำถามในส่วนที่ 1 เป็นคำถามเกี่ยวกับลักษณะทางประชากรและขนาดของพื้นที่ทำกินและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิต โดยมีคำถามต่างๆ ดังนี้

- อายุ
- ระดับการศึกษา
- ประเภทเกษตรกรรม
- พื้นที่การเกษตรของครัวเรือน การเป็นเจ้าของที่ดิน จำนวนสมาชิกในครัวเรือนที่ทำการเกษตร จำนวนสมาชิกในครัวเรือนที่อยู่ในวัยพึ่งพิง การแจ้งแรงงาน แหล่งน้ำที่ใช้ในการเกษตร ระบบชลประทาน แหล่งตลาดสำหรับผลผลิต รายได้ครัวเรือนทั้งในภาคเกษตรกรรมและนอกภาคเกษตรกรรม
- ทรัพย์สิน
- การเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตไวไฟ
- จำนวนโทรศัพท์มือถือ
- จำนวนโทรศัพท์มือถือที่เป็นสมาร์ตโฟน
- การเข้าถึงของไฟฟ้า
- การเปลี่ยนแปลงด้านการเกษตรเทียบกับ 10 ปีที่แล้ว

ส่วนที่ 2 ประสบการณ์และการรับรู้ต่อภัยแล้ง

คำถามส่วนที่ 2 เป็นคำถามเกี่ยวกับภัยแล้งที่เกษตรกรเคยประสบมาในอดีต โดยมีคำถามต่างๆ ดังนี้

- ความเข้าใจเกี่ยวกับภัยแล้ง
- การประสบภาวะภัยแล้งในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา
- ผลกระทบจากภัยแล้งในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาที่มีต่อ คุณภาพของพืช ผลผลิตของพืช ศัตรู/โรคพืช ความพอเพียงของอาหารพืช ผลผลิตจากสัตว์ สวัสดิภาพของสัตว์ รายได้ ต้นทุน ความสำเร็จจากราคาขาย ความอยู่ดีมีสุขของเกษตรกร และอื่นๆ
- ผลกระทบเชิงบวกจากภัยแล้ง
- ความคิดเห็นในเรื่องผลกระทบจากภัยแล้งในอนาคต การได้รับข้อมูลจ่าวสารเกี่ยวกับความเสี่ยงต่อภัยแล้ง และผลกระทบจากภัยแล้งที่มีต่อที่ดินทำกิน

ส่วนที่ 3 ยุทธวิธีการปรับตัวต่อภัยแล้ง

คำถามส่วนที่ 3 เป็นคำถามเกี่ยวกับยุทธวิธีการปรับตัวต่อภัยแล้งที่เกษตรกรได้ใช้ในช่วงที่ผ่านมาหรืออาจนำไปใช้ในอนาคต โดยมีคำถามต่างๆ ดังนี้

- การดำเนินการ วิธีการรับมือ/การปรับตัวเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำ ในช่วงภัยแล้งครั้งก่อน
- การดำเนินการ วิธีการรับมือ/การปรับตัวเพื่อลดความต้องการใช้น้ำ ในช่วงภัยแล้งครั้งก่อน
- การดำเนินการ วิธีการรับมือ/การปรับตัวเพื่อจัดลำดับความสำคัญของพืชแต่ละชนิด ในช่วงภัยแล้งครั้งก่อน
- การดำเนินการ วิธีการรับมือ/การปรับตัวเพื่อพัฒนาการกักเก็บน้ำในดินหรือการเติมน้ำใต้ดิน ในช่วงภัยแล้งครั้งก่อน
- การดำเนินการ วิธีการรับมือ/การปรับตัวเพื่อจัดการกับสัตว์เลี้ยงและอาหารสัตว์ ในช่วงภัยแล้งครั้งก่อน
- การดำเนินการ วิธีการรับมือ/การปรับตัวเพื่อหารายได้ที่หลากหลายมากขึ้น ในช่วงภัยแล้งครั้งก่อน
- การดำเนินการ วิธีการรับมือ/การปรับตัวอื่นๆ ในช่วงภัยแล้งครั้งก่อน
- วิธีการที่เกษตรกรอยากนำมาปรับใช้เพื่อลดผลกระทบจากภัยแล้งในระยะยาว แต่ยังไม่ได้นำมาปรับใช้ และสาเหตุที่ยังไม่ได้นำมาปรับใช้
- ความคิดเห็นในเรื่องยุทธวิธีที่ใช้ในการปรับตัวของเกษตรกร

ส่วนที่ 4 การชดเชย

คำถามส่วนที่ 4 เป็นคำถามเกี่ยวกับการชดเชยจากการสูญเสียที่เกิดจากภัยแล้ง โดยมีคำถามต่างๆ ดังนี้

- การชดเชยเงินค่าเสียหายจากภัยแล้งให้แก่เกษตรกร
- การได้รับเงินชดเชยของครัวเรือนเกษตรกร
- ความช่วยเหลือแบบอื่นๆ ที่ครัวเรือนได้รับ

ส่วนที่ 5 การเตือนภัยสำหรับภัยแล้งและข้อเสนอแนะต่อการปรับตัว

คำถามส่วนที่ 5 เป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลเกี่ยวกับภัยแล้งและข้อมูลการปฏิบัติหากเกิดภัยแล้ง การถามความเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับหน่วยงานหรือองค์กรที่ให้ข้อมูลข่าวสารแก่เกษตรกรและการเตือนว่าจะมีภัยแล้งและการปฏิบัติหากเกิดภัยแล้ง โดยมีคำถามต่างๆ ดังนี้

- การได้รับข้อมูลเกี่ยวกับภัยแล้ง จากปัญหาภัยแล้งครั้งที่ผ่านมา
- การได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติหากเกิดภัยแล้ง จากปัญหาภัยแล้งครั้งที่ผ่านมา
- ผลจากการได้รับข้อมูลข่าวสารที่ครัวเรือนได้มีการปรับเปลี่ยนหรือหากไม่ปรับเปลี่ยน เพราะเหตุใด
- การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับภัยแล้งและการปฏิบัติหากเกิดภัยแล้งจากเกษตรกรรายอื่นๆ
- การได้ส่งต่อข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับภัยแล้งและการปฏิบัติหากเกิดภัยแล้งจากเกษตรกรรายอื่นๆ
- การได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเตือนว่าจะมีภัยแล้ง และ/หรือการปฏิบัติหากเกิดภัยแล้งจากชุมชน หน่วยงานของรัฐและเอกชน และรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับลักษณะข้อมูล คำแนะนำ ช่องทางการรับข้อมูลข่าวสาร จำนวนครั้งที่ได้รับข้อมูลข่าวสารต่อปี และความคิดเห็นเกี่ยวกับลักษณะต่างๆ ของข้อมูลจากหน่วยงานนั้นๆ

ทั้งนี้แบบสอบถามนี้ได้ผ่านความเห็นชอบของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน จาก Cranfield University ประเทศสหราชอาณาจักร เรียบร้อยแล้วก่อนการทำการเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษา

5.2 การกำหนดกระบวนการและการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านผลกระทบในพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ พื้นที่ในเขตลุ่มแม่น้ำปิง ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ตาก และกำแพงเพชร โดยการศึกษาครั้งนี้มุ่งที่จะศึกษาในพื้นที่ที่ครอบคลุมจังหวัดต่างๆ เหล่านี้ โดยเลือกพื้นที่ 3 อำเภอในแต่ละจังหวัด รวมทั้งหมดเป็น 12 อำเภอจาก 4 จังหวัด โดยมีเกณฑ์ในการเลือกคือ

- เป็นพื้นที่ที่ครอบคลุมระดับต่างๆ ของความเสี่ยงภัยแล้งตามเกณฑ์การวิเคราะห์ของกรมทรัพยากรน้ำ ซึ่งแบ่งพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งออกเป็น 4 ระดับ คือ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูง พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งต่ำ และพื้นที่ไม่เสี่ยงภัยแล้ง โดยพิจารณาจากปัจจัยที่มีผลต่อการ

เกิดภัยแล้ง ซึ่งได้กำหนดปัจจัยไว้ทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน พื้นที่ปลูกพืชทนแล้ง ปริมาณน้ำบาดาล และพื้นที่ประสบภัยแล้งตามประกาศของ ปภ.

- เป็นพื้นที่ที่ผู้นำชุมชนและเกษตรกรยินดีให้ความร่วมมือในการสัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม
- มีความหลากหลายของประเภทเกษตรกรรม

ในพื้นที่ศึกษาแต่ละแห่ง ได้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแห่งละ 10-15 คน โดยมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่เก็บได้ทั้งหมด จำนวน 176 คน โดยรายละเอียดของพื้นที่ศึกษาทั้ง 12 แห่ง และจำนวนกลุ่มตัวอย่างแสดงในตารางที่ 3-2 และรูปที่ 3-11 ตามลำดับ

สำหรับกระบวนการเก็บข้อมูล ได้มีการอบรมพนักงานเก็บข้อมูลภาคสนามจำนวนทั้งสิ้น 6 คน โดยนักวิจัย และได้มีการทดสอบแบบสอบถามและได้ทำการแก้ไขเพื่อให้ได้ข้อคำถามที่ชัดเจนและเหมาะสมมากที่สุด

สำหรับกระบวนการในการสัมภาษณ์นั้น ทางโครงการฯ ให้พนักงานเก็บข้อมูลจับคู่กันถามเพื่อที่หนึ่งคนเป็นผู้สัมภาษณ์และอีกหนึ่งคนเป็นผู้จดบันทึก โดยได้มีแบบฟอร์มสำหรับจดบันทึกแยกมาจากแบบสอบถามอีกชุดหนึ่ง และก่อนทำการสัมภาษณ์มีการชี้แจงรายละเอียดโครงการตามแบบฟอร์มเอกสารชี้แจง (ภาคผนวก 5-2) และถามความสมัครใจในการเข้าร่วมโครงการ โดยหากยินยอมให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการลงนามในหนังสือยินยอมการเข้าร่วมวิจัย (ภาคผนวก 5-3) และขณะเดียวกันก็มีการขออนุญาตบันทึกเสียงจากเกษตรกรผู้เข้าร่วมการวิจัย และหากได้รับอนุญาตจึงจะทำการบันทึกเสียง และการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเกษตรกร ใช้ระยะเวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 30-45 นาทีต่อคน

ตารางที่ 5-1 พื้นที่ศึกษาและจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

พื้นที่ศึกษา	ชื่อหมู่บ้าน	ชื่อตำบล	ชื่ออำเภอ	ชื่อจังหวัด	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
1	บ้านมืดก๋า	อินทขิล	แม่แตง	เชียงใหม่	15
2	บ้านห้วยม่วง	สบเตี๊ยะ	จอมทอง	เชียงใหม่	15
3	(ตัวแทนจากทุกตำบล)		สันทราย	เชียงใหม่	11
4	บ้านหนองหล่ม	ทาทุ่งหลวง	แม่ทา	ลำพูน	15
5	บ้านทุ่งเป็ด	ทุ่งหัวช้าง	ทุ่งหัวช้าง	ลำพูน	15
6	บ้านปวงคำ	ลี้	ลี้	ลำพูน	15
7	บ้านเด่นวัว	เชียงทอง	กิ่งอำเภอวังเจ้า	ตาก	15
8	บ้านชบา	ตลุกกลางทุ่ง	เมืองตาก	ตาก	15
9	บ้านสันดินแดง	ท้องฟ้า	บ้านตาก	ตาก	15

พื้นที่ศึกษา	ชื่อหมู่บ้าน	ชื่อตำบล	ชื่ออำเภอ	ชื่อจังหวัด	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
10	บ้านคลองแต้ว	เพชรชมพู	โกสัมภีนคร	กำแพงเพชร	15
11	บ้านวังแขม	คลองขลุง	คลองขลุง	กำแพงเพชร	15
12	(ตัวแทนจากทุกหมู่บ้าน)	ธำมรงค์	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	15

รูปที่ 5-1 พื้นที่ศึกษาลุ่มแม่น้ำปิง

การเก็บข้อมูลทั้ง 12 แห่ง ได้ดำเนินการเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้วระหว่างวันที่ 8 - 23 มกราคม 2563 บรรยากาศในการสัมภาษณ์แสดงได้ดังรูปที่ 3-12 ขณะนี้อยู่ระหว่างการตรวจสอบและดำเนินการนำเข้าข้อมูล และแปลแบบสอบถามเป็นภาษาอังกฤษจำนวน 176 ชุด เพื่อที่จะทำการวิเคราะห์ร่วมกันกับทีมนักวิจัยของ Cranfield University ประเทศสหราชอาณาจักรต่อไป

รูปที่ 5-2 บรรยากาศในการสัมภาษณ์เกษตรกรในลุ่มน้ำปิง ระหว่างวันที่ 8 - 23 มกราคม 2563

5.3 พัฒนาฐานข้อมูลด้านผลกระทบในพื้นที่ศึกษา

การศึกษาผลกระทบจากภัยแล้งที่มีต่อการเกษตรของเกษตรกรที่เข้าร่วมการวิจัยนั้น ได้มีข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบโดยตรงในด้านต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 ตัวชี้วัดผลกระทบจากภัยแล้งที่มีต่อการเกษตร

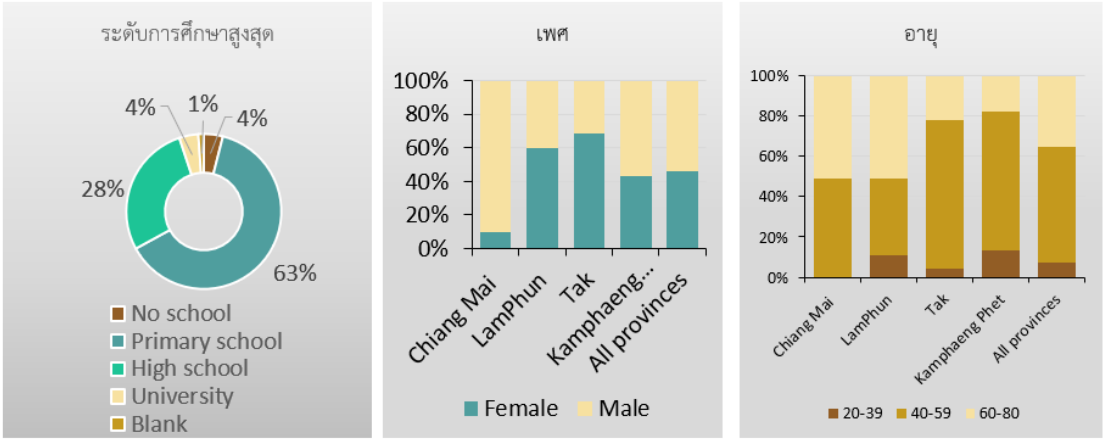
ลำดับ	ตัวชี้วัดผลกระทบจากภัยแล้ง
1	จำนวนครั้งของการประสบภาวะภัยแล้งในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา
2	คุณภาพของพืช
3	ผลผลิตของพืช
4	ศัตรู/โรคพืช
5	ความพอเพียงของอาหารพืช (หญ้า อาหารสัตว์ หญ้าแห้ง)
6	ผลผลิตจากสัตว์และสัตว์ปีก (เนื้อ ไข่ นม)
7	สวัสดิภาพของสัตว์ (เครียดจากความร้อน โรค การขาดแคลนน้ำดื่ม)
8	รายได้เกษตรกร
9	ต้นทุนที่ต้องจ่าย
10	ความสำเร็จจากราคาขาย
11	ความสำเร็จจากราคาขาย
12	ความอยู่ดีมีสุขของเกษตรกร (เช่น ความเครียด การเจ็บป่วย)
13	อื่นๆ

5.4 ผลการสำรวจด้านผลกระทบและความสามารถในการตอบสนองต่อภัยแล้ง

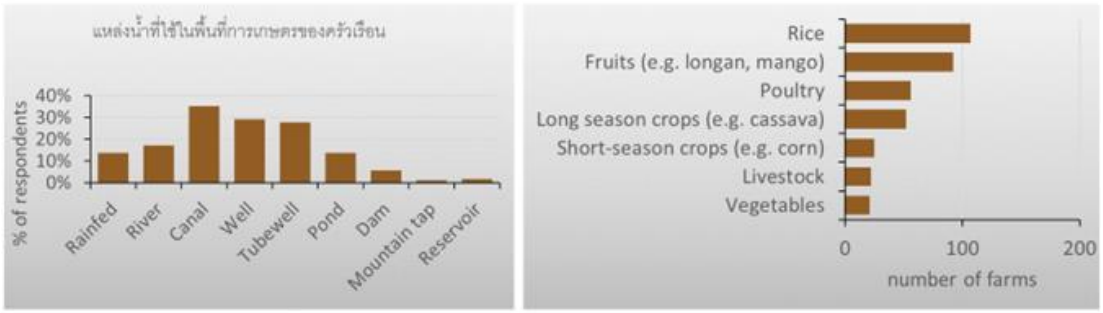
5.4.1 ลักษณะทั่วไปของเกษตรกรและพื้นที่การเกษตร

เกษตรกรที่เข้าร่วมการสัมภาษณ์มีสัดส่วนระหว่างเพศค่อนข้างสมดุล แต่แตกต่างกันไปในแต่ละจังหวัด เกษตรกรส่วนใหญ่อายุอยู่ในช่วง 40-59 ปี แต่พบว่าอายุของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนสูงกว่าจังหวัดตากและกำแพงเพชร ระดับการศึกษาของเกษตรกรส่วนใหญ่คือระดับประถมศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 5-3

ขนาดของพื้นที่การเกษตรโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 28 ไร่ ส่วนใหญ่ใช้ปลูกข้าวและไม้ผล เช่น ลำไย มะม่วง แหล่งน้ำสำคัญคือ ลำคลอง ตามมาด้วยบ่อ และบ่อบาดาล ส่วนแหล่งน้ำอื่นๆ อาจจะมาจากน้ำฝน แม่น้ำ สระน้ำ เขื่อน เป็นต้น รูปที่ 5-4 แสดงข้อมูลลักษณะทั่วไปของพื้นที่การเกษตร



รูปที่ 5-3 ลักษณะทั่วไปของเกษตรกร



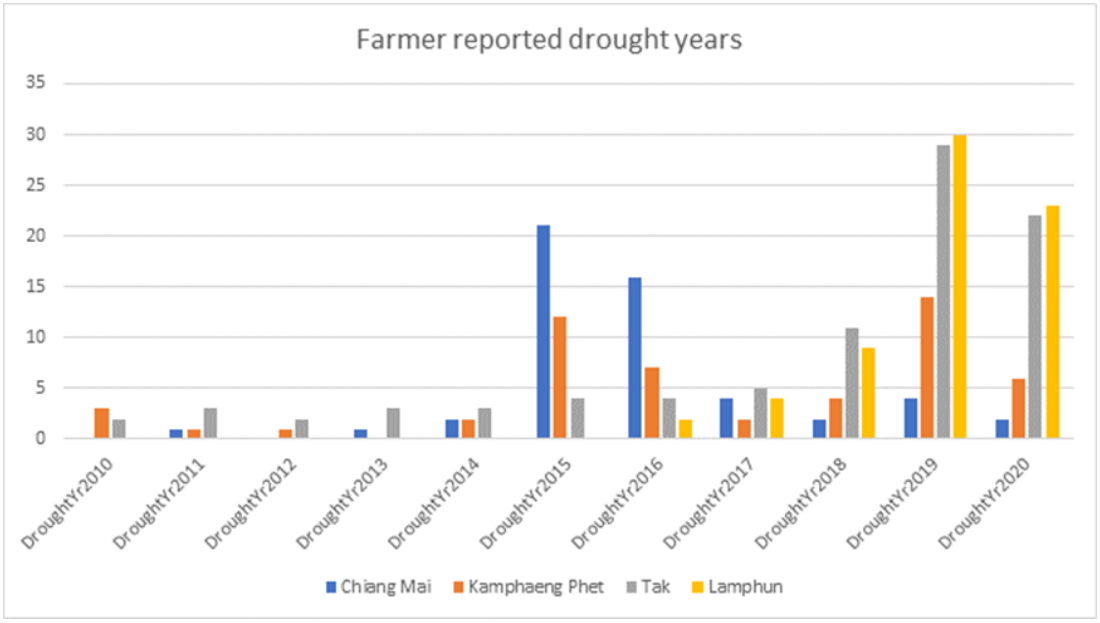
รูปที่ 5-4 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่การเกษตร

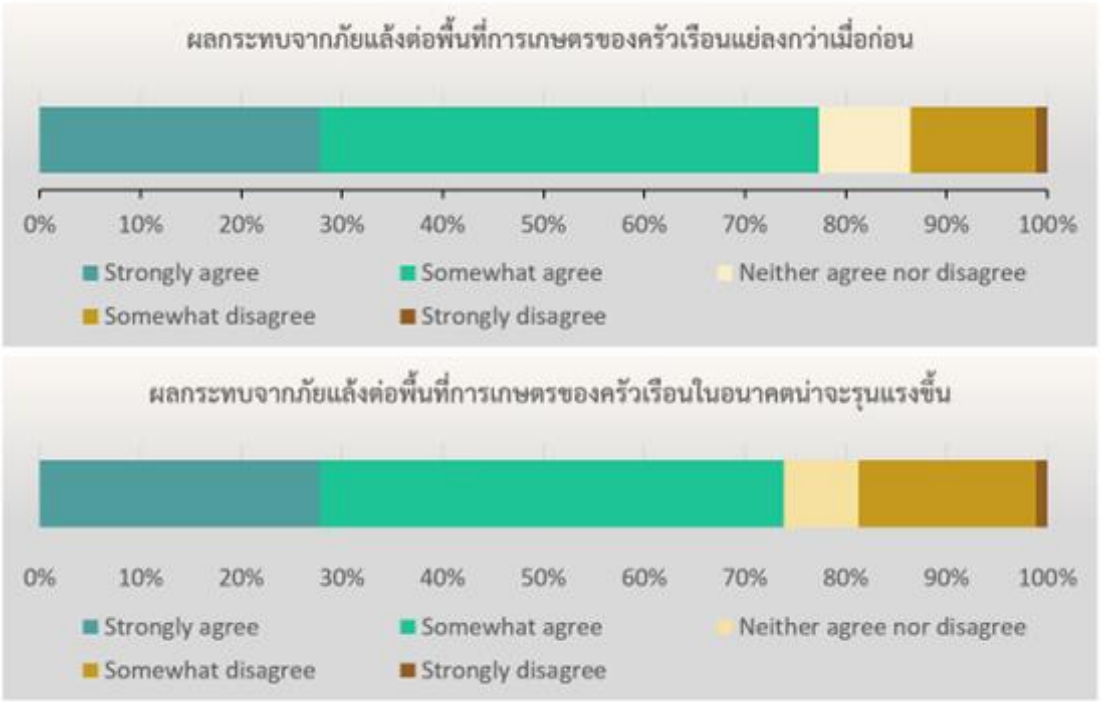
5.4.2 ผลกระทบและความสามารถในการตอบสนองต่อภัยแล้ง

ผลกระทบและความสามารถในการตอบสนองต่อภัยแล้งประเมินจากคำถามเกี่ยวกับภาวะคุกคามและการรับมือ ซึ่งเชื่อว่าจะมีผลต่อพฤติกรรมจูงด้านการป้องกัน

รูปที่ 5-5 แสดงผลการประเมินภาวะคุกคาม คำถามเกี่ยวกับจำนวนปีในความทรงจำที่ประสบภัยแล้งในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรมีความทรงจำปีของภัยแล้งที่แตกต่างกันในแต่ละจังหวัด โดยเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่ประสบภัยแล้งมากในปี พ.ศ. 2558-2559 ส่วนจังหวัดลำพูนและตากในปี พ.ศ. 2562-2563 เกษตรกรในพื้นที่เขตชลประทานมีการรับรู้ผลกระทบจากภัยแล้งต่ำกว่าเกษตรกรที่อยู่นอกเขตชลประทาน

เกษตรกรส่วนใหญ่รู้สึกถึงผลกระทบด้านลบของภัยแล้วที่มีความรุนแรงมากขึ้นกว่าในอดีต และยังเชื่อว่าผลกระทบจะยิ่งรุนแรงมากขึ้นในอนาคต โดยการรับรู้ในเรื่องความเปราะบางต่อภัยแล้งค่อนข้างสูงในกลุ่มเกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์

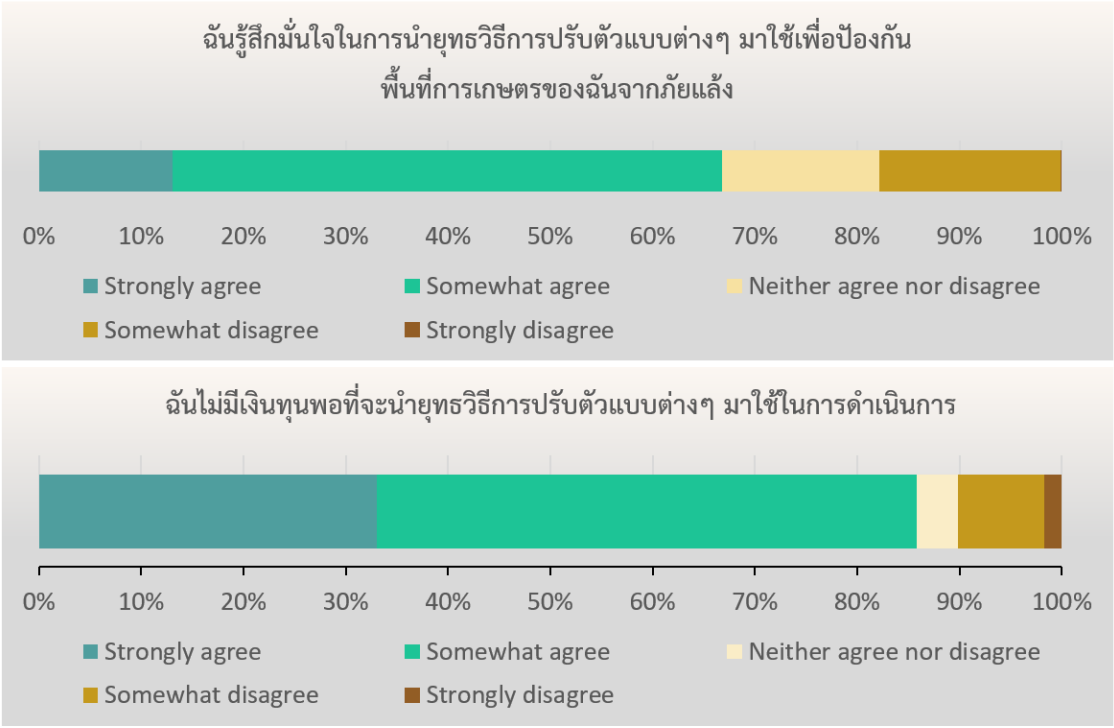




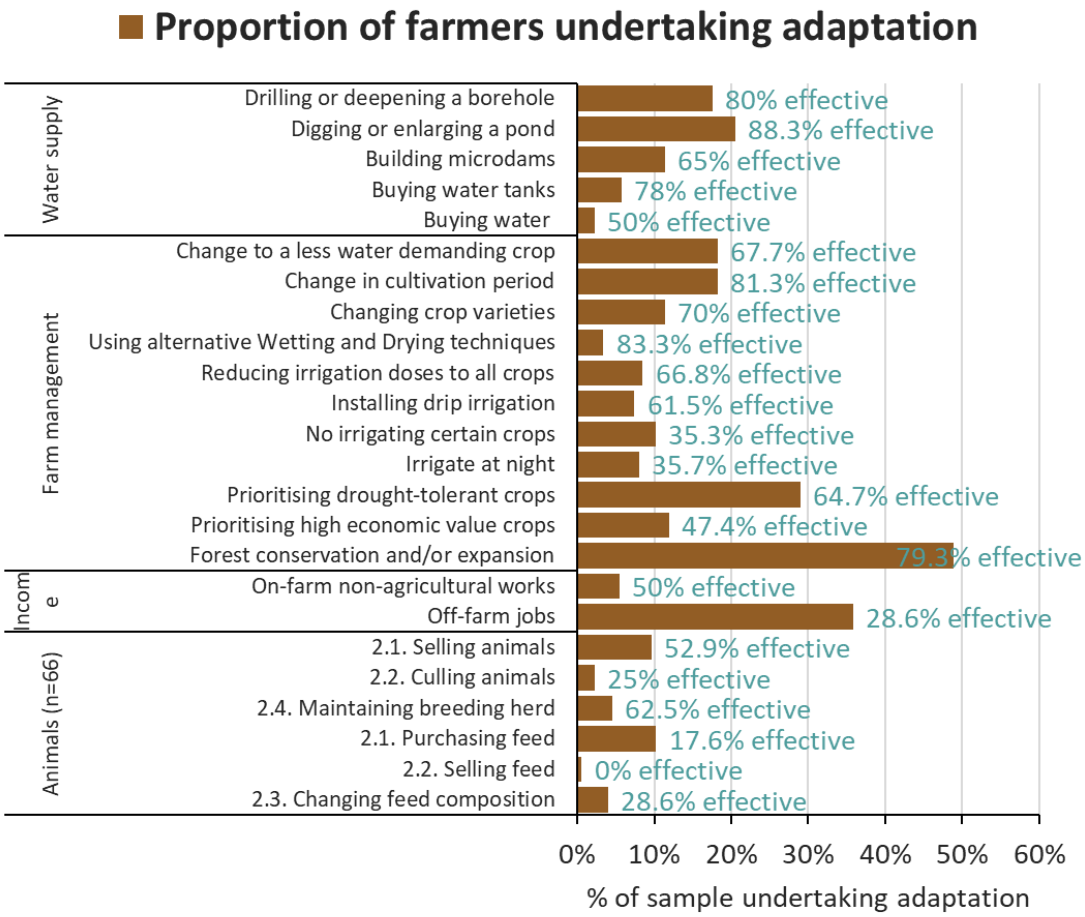
รูปที่ 5-5 ผลการประเมินภาวะคุกคาม

รูปที่ 5-6 แสดงผลการประเมินภาวะการรรับมือ ซึ่งพบว่า โดยทั่วไปแล้ว เกษตรกรทราบว่าต้องรับมือต่อภัยแล้งอย่างไร แต่ไม่สามารถดำเนินการมาตรการที่เหมาะสมได้เนื่องจากข้อจำกัดบางประการ เช่น เงินทุนไม่เพียงพอ ซึ่งประเด็นด้านเงินทุนนี้เป็นอุปสรรคของเกษตรกรส่วนใหญ่

ต่อการดำเนินมาตรการปรับตัว อย่างไรก็ตาม เกษตรกรจำนวนมากถึง 93% ได้ปรับเปลี่ยนบางอย่างเพื่อตอบสนองต่อภัยแล้ง รูปที่ 5-7 แสดงให้เห็นมาตรการหลากหลายที่เกษตรกรนำไปใช้ เช่น การจัดหาน้ำต้นทุนเพิ่มเติม การจัดการพื้นที่การเกษตร เป็นต้น ประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของมาตรการต่อการลดผลกระทบจากภัยแล้งอยู่ที่ 55% มาตรการที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย (49% ของเกษตรกรทั้งหมด) คือ การปลูกป่าต้นน้ำ โดย 79% ของเกษตรกรผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่าวิธีนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 5-6 ผลการประเมินภาวการณ์รับมือ



รูปที่ 5-7 มาตรการการปรับตัวต่อภัยแล้ง

จากการวิเคราะห์ผลจากแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ พบว่า มี 6 ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการปรับตัวของเกษตรกร ซึ่งสรุปได้ดังนี้

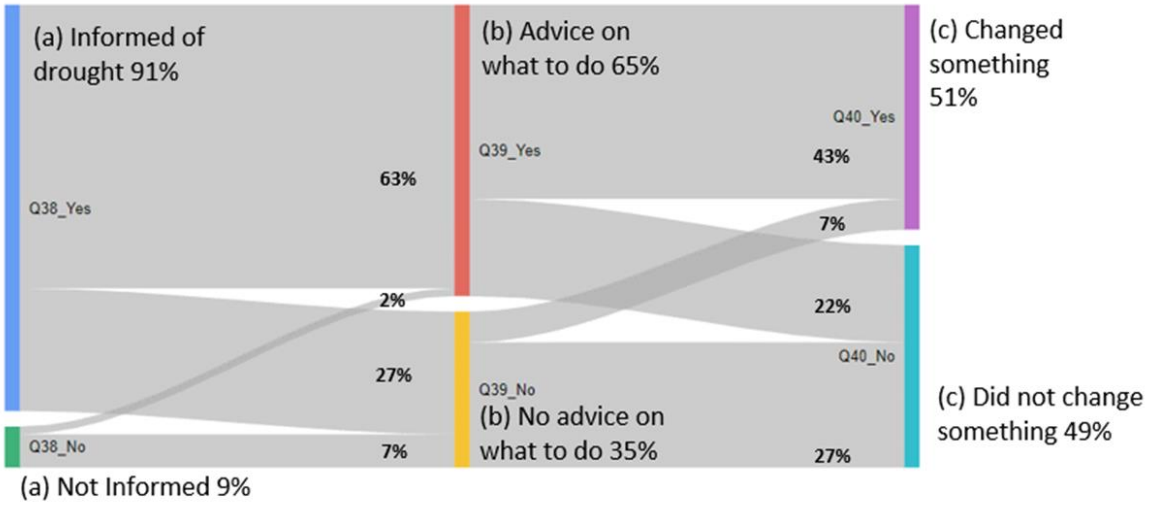
1) รายได้: เกษตรกรมีข้อจำกัดจากการขาดแคลนทุนทรัพย์
2) ระดับการศึกษาสูงสุด: ระดับการศึกษาสูงสุดมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการปรับตัวมากที่สุด
3) อายุ: เกษตรกรสูงอายุบางคนอาจขาดแรงจูงใจและพลังในการปรับตัวต่อภัยแล้ง นำไปสู่การให้ความสำคัญในเรื่องการสร้างความปลอดภัยทางสังคมเพื่อคุ้มครองหรือช่วยเหลือเกษตรกรที่สูงอายุ ในขณะที่เกษตรกรที่อายุไม่เยอะมีแนวโน้มที่จะปรับตัวได้มากกว่า
4) จำนวนของประเภทผลผลิต: พื้นที่การเกษตรที่มีความหลากหลายมีแนวโน้มที่จะปรับตัวมากกว่า เนื่องจากมีโอกาสมากกว่าในการปรับตัว
5) การสื่อสาร: เกษตรกรที่มีเครือข่ายมากและได้รับคำแนะนำมีแนวโน้มที่จะปรับเปลี่ยนมากกว่า (และโดยเฉพาะถ้ามีระดับการศึกษาที่สูงกว่า) และปรับตัวได้ดีกว่า ช่องทางการ

สื่อสารส่วนใหญ่นั้น เกษตรกรได้รับจากการประชุมหมู่บ้านผ่านทางผู้ใหญ่บ้าน เกษตรกรมีความเห็นว่าข้อมูลที่ได้รับสื่อสารจากหน่วยงานของรัฐดูเหมือนว่าจะมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลที่ได้จากการสื่อสารช่องทางอื่นๆ เล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 5-8 กรมชลประทานเป็นหน่วยงานที่มีความเชื่อมโยงกับเกษตรกรมากที่สุด โดยเฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 5-9

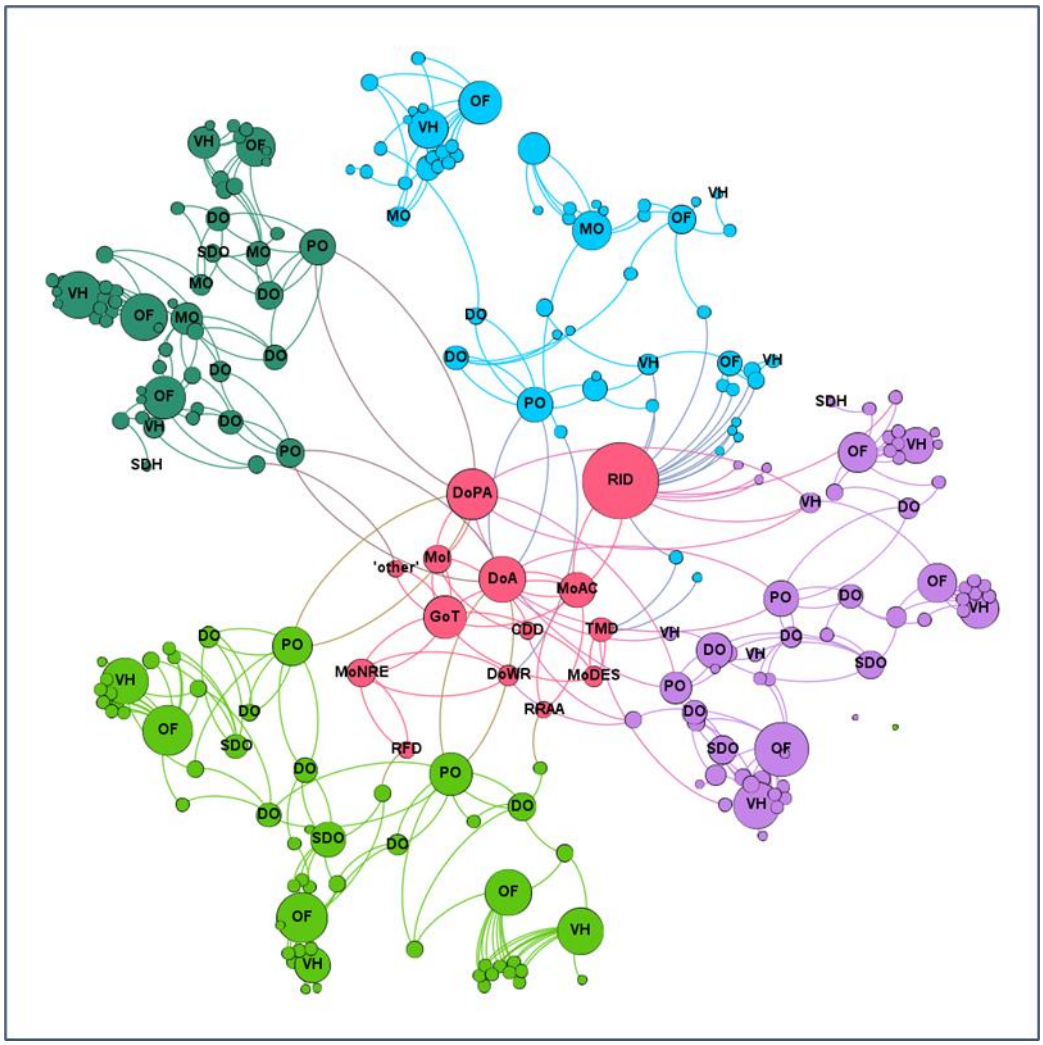
โครงการมีข้อเสนอว่า ควรใช้ประโยชน์จากการสร้างความเข้มแข็งของโครงข่ายคำแนะนำ ในการเชื่อมโยงความรู้และการปฏิบัติสู่การวางนโยบาย เชื่อมโยงศักยภาพของผู้ปฏิบัติการท้องถิ่น (เช่น หมู่บ้าน อำเภอ) เพื่อแก้ไขปัญหาในลักษณะที่เป็นคอขวดในโครงข่าย หน่วยงานต่างๆ สามารถใช้โครงการที่มีอยู่ในการเผยแพร่หรือกระจายข้อมูลข่าวสารให้ได้มากขึ้นเพื่อให้เข้าถึงกลุ่มเกษตรกรที่มีโครงข่ายจำกัดที่อยู่ชายขอบ เป็นโอกาสสนับสนุนเกษตรกรผ่านทางช่องทางที่มีอยู่และเพิ่มประสิทธิภาพของโครงข่ายคำแนะนำในพื้นที่ลุ่มน้ำเพื่อส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ และการเรียนรู้ทางสังคม

6) การชดเชยจากภัยแล้ง: เกษตรกร (เฉพาะผู้ปลูกไม้ผลและข้าว) ที่ได้รับเงินชดเชยมีการตอบสนองน้อยต่อการปรับเปลี่ยนกิจกรรมทางการเกษตร

ในรายละเอียดเกี่ยวกับมาตรการเงินชดเชยจากภัยแล้งนี้ โครงการได้สัมภาษณ์เกษตรกร 48 คน ในลุ่มแม่น้ำปิงในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564 (จังหวัดตากและเชียงใหม่) เพิ่มเติมเฉพาะในประเด็นนี้ และพบว่า มีเพียง 50% ของเกษตรกรที่ทราบถึงโครงการชดเชยภัยแล้งของรัฐ โดยเฉพาะเกษตรกรในจังหวัดตาก มีเกษตรกรจำนวน 2/3 เคยยื่นสมัครขอรับเงินชดเชยหรือเงินประกันในช่วงเวลาที่ผ่านมา และมีเกษตรกรจำนวน 2/3 ที่เคยได้รับเงินชดเชยระบุว่า พึงพอใจกับระดับของเงินที่ได้รับ



รูปที่ 5-8 การสื่อสารด้านภัยแล้ง



รูปที่ 5-9 โครงข่ายคำแนะนำในพื้นที่ลุ่มน้ำ

5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบด้านการเกษตร

ดัชนีภัยแล้งมาตรฐาน เช่น SPI, SPEI ที่คำนวณมาจากตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาเป็นดัชนีที่นิยมใช้ในงานปฏิบัติการติดตามและแจ้งเตือนภัยแล้ง หากดัชนีภัยแล้งเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับผลกระทบที่เกิดขึ้นจะสามารถนำดัชนีที่คำนวณได้ไปใช้คาดการณ์เพื่อที่จะเตรียมมาตรการรับมือภัยแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น แต่ข้อมูลด้านผลกระทบจากภัยแล้งนั้นเป็นข้อมูลที่มักได้จากการสำรวจหลังเหตุการณ์ภัยแล้ง เป็นข้อมูลที่มีการบันทึกอยู่น้อย เป็นข้อมูลเฉพาะเจาะจงสำหรับแต่ละพื้นที่และแต่ละเหตุการณ์ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องใช้ข้อมูลอื่นมาเป็นตัวแทนข้อมูลการวิเคราะห์ด้านผลกระทบ เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบด้านการเกษตร การศึกษานี้จึงกำหนดสมมติฐานว่า ดัชนีต่างๆ ที่บ่งบอกถึงความสมบูรณ์แข็งแรงของพืช (Vegetation indicators: VIs) อันได้แก่ Vegetation Condition Index: VCI และ Vegetation Health Index: VHI สามารถใช้เป็นตัวแทนผลกระทบด้านการเกษตรได้ ในขั้นตอนการวิเคราะห์จะเริ่มจากการทดสอบความสมเหตุสมผลของสมมติฐาน ตามด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบด้านการเกษตรภายใต้สมมติฐานที่ตั้งไว้นี้ด้วยวิธีการทดสอบ 2 วิธี คือ วิธีทางสถิติและวิธีแบบจำลอง Random Forest

ผลการวิเคราะห์การทดสอบสมมติฐานสรุปได้ดังรูปที่ 5-10 โดยรูปที่ 5-10 a) แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้รับการอนุเคราะห์จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และ VCI ซึ่งจะเห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและ VCI ที่มีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญในเกือบทุกจังหวัดของประเทศ รูปที่ 5-10 b) แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและ VHI ซึ่งจะเห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและ VHI มีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญในหลายจังหวัดของประเทศ รูปที่ 5-10 c) แสดงสัดส่วนของพืชหลักที่เพาะปลูกในแต่ละจังหวัดของประเทศไทย ซึ่งข้าวคือพืชหลักที่ปลูกมากที่สุดในหลายจังหวัดของประเทศ รูปที่ 5-10 d) แสดง VIs ที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับพืชหลักที่เพาะปลูก เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 5-10 a) ถึง d) จะเห็นได้ว่า บริเวณที่เป็นพื้นที่เพาะปลูกพืชจะมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและ VIs (VCI, VHI) สูง จึงสรุปได้ว่า VIs สามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนข้อมูลผลกระทบด้านการเกษตรได้อย่างสมเหตุสมผล

5.5.1 วิธีทางสถิติ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยวิธีทางสถิติจะใช้ข้อมูลระยะไกลของดัชนีต่างๆ ที่บ่งบอกถึงความสมบูรณ์แข็งแรงของพืช (Vegetation indicators: VIs) ได้ เช่น Vegetation Condition Index: VCI และ Vegetation Health Index: VHI เป็นตัวแทนข้อมูลผลกระทบด้านการเกษตร และนำค่า VIs นี้มาหาความสัมพันธ์กับดัชนีภัยแล้งทางอุตุนิยมวิทยา (SPI, SPEI) แยกตามพื้นที่แต่ละจังหวัดในลุ่มน้ำ และแยกตามช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง SPI, SPEI และ VCI ในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน) สรุปได้ดังรูปที่ 5-11 โดยรูปที่ 5-11 a) แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดระหว่างดัชนีภัยแล้งทางอุตุนิยมวิทยาและ VCI ของพื้นที่เพาะปลูก รูปที่ 5-11 b) แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดระหว่างดัชนีภัยแล้งทางอุตุนิยมวิทยาและ VCI ของพื้นที่ป่าไม้ รูปที่ 5-11 c) ระบุค่าช่วงเวลาสะสมที่ใช้คำนวณ (Accumulation period) ดัชนีภัยแล้งที่ก่อให้เกิดสหสัมพันธ์สูงสุดกับ VCI ในพื้นที่เพาะปลูก รูปที่ 5-11 d) ระบุค่าช่วงเวลาสะสมที่ใช้คำนวณดัชนีภัยแล้งที่ก่อให้เกิดสหสัมพันธ์สูงสุดกับ VCI ในพื้นที่ป่าไม้

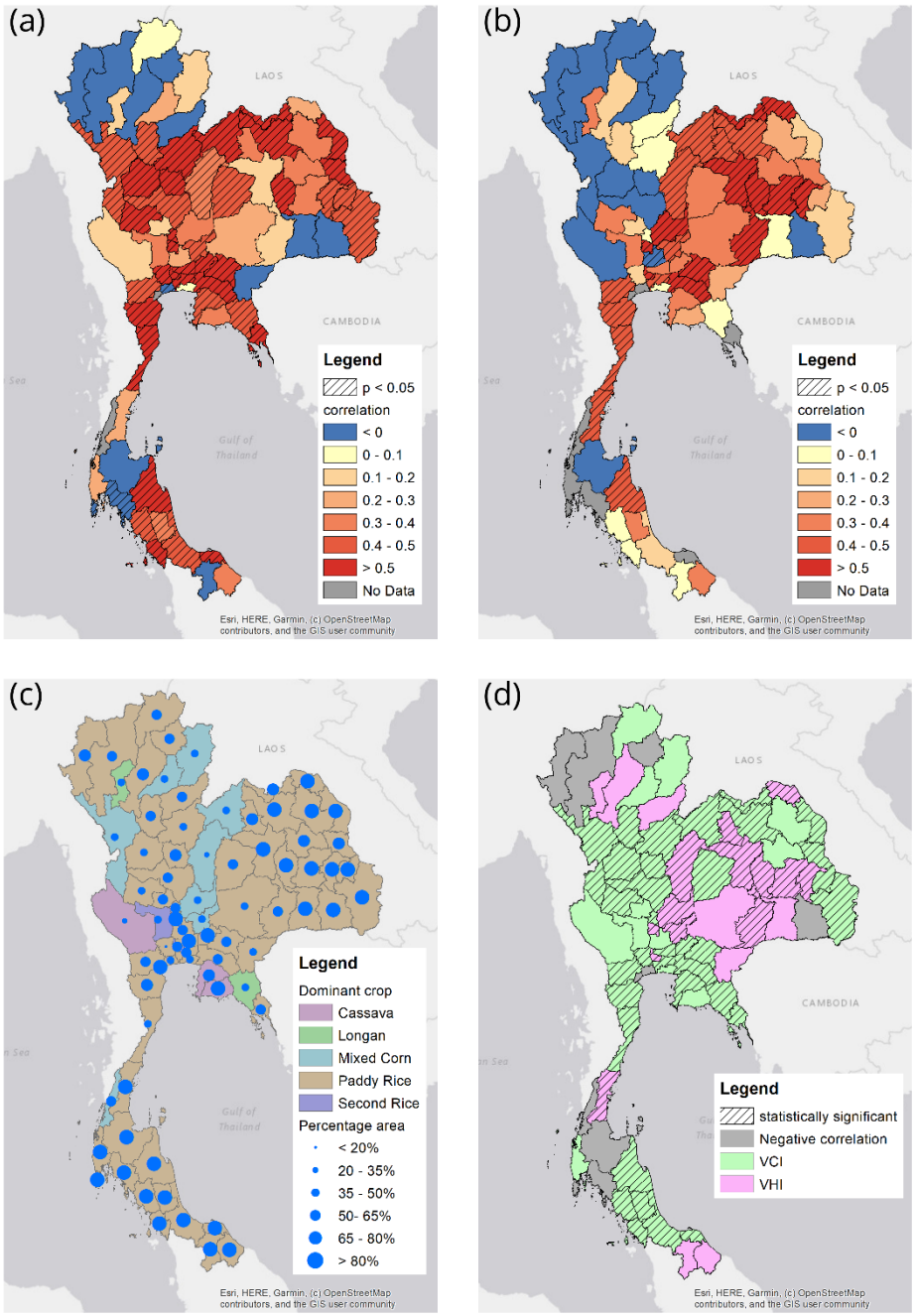
รูปที่ 5-11 a) และ c) แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของ SPI, SPEI และ VCI ของพื้นที่เพาะปลูกมีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญในเกือบทุกจังหวัดของประเทศ และโดยส่วนใหญ่แล้ว SPEI ที่คำนวณในช่วงเวลาสะสมน้อยกว่า 6 เดือน เป็นดัชนีที่แสดงความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับ VCI กล่าวคือ ภัยแล้งระยะสั้นไม่เกิน 6 เดือน ที่มีสาเหตุจากอัตราการระเหยสูงจะส่งผลกระทบกับผลผลิตทางการเกษตรมากกว่าภัยแล้งระยะยาวหรือภัยแล้งที่เกิดจากฝนน้อย

สำหรับพื้นที่ป่า ความสัมพันธ์ของ SPI, SPEI และ VCI มีลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างพื้นที่ตอนบนและตอนล่างของประเทศ ดังแสดงในรูปที่ 5-11 b) ที่จะเห็นได้ว่า ในตอนบนของประเทศนั้น ความสัมพันธ์ของ SPI, SPEI และ VCI มีค่าบวก และรูปที่ 5-11 d) ชี้ให้เห็นว่า ดัชนีที่มีนัยสำคัญสำหรับพื้นที่ตอนบนของประเทศจะมีทั้ง SPI และ SPEI ส่วนในตอนล่างของประเทศนั้น ความสัมพันธ์ของ SPI, SPEI และ VCI จะเป็นค่าลบ เพราะในตอนล่างนั้นเป็นบริเวณที่มีฝนตกสูงกว่าภูมิภาคอื่นๆ หากมีปริมาณฝนที่น้อยกว่าค่าเฉลี่ยสามารถก่อให้เกิดผลในเชิงบวกกับพืชได้ และหากเกิดภัยแล้งในระยะสั้นที่ไม่เกิน 6 เดือน อาจส่งผลให้พืชในป่าเติบโตได้ดียิ่งขึ้น (รูปที่ 5-11 d))

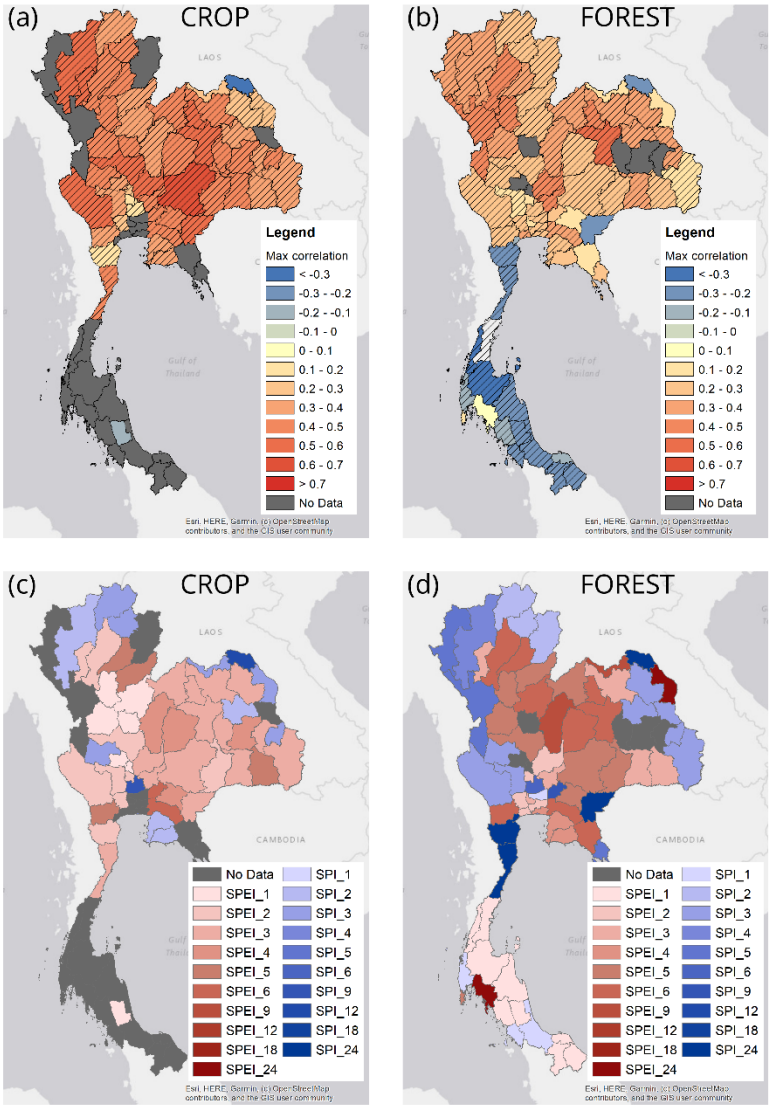
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง SPI, SPEI และ VCI ในช่วงฤดฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) สรุปได้ดังรูปที่ 5-12 โดยรูปที่ 5-12 a) แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดระหว่างดัชนีภัยแล้งทางอุตุนิยมวิทยาและ VCI ของพื้นที่เพาะปลูก รูปที่ 5-12 b) แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดระหว่างดัชนีภัยแล้งทางอุตุนิยมวิทยาและ VCI ของพื้นที่ป่าไม้ รูปที่ 5-12 c) ระบุค่าช่วงเวลาสะสมที่ใช้คำนวณ (Accumulation period) ดัชนีภัยแล้งที่ก่อให้เกิดสหสัมพันธ์สูงสุดกับ VCI ในพื้นที่เพาะปลูก รูปที่ 5-12 d) ระบุค่าช่วงเวลาสะสมที่ใช้คำนวณดัชนีภัยแล้งที่ก่อให้เกิดสหสัมพันธ์สูงสุดกับ VCI ในพื้นที่ป่าไม้

รูปที่ 5-12 a) และ c) แสดงให้เห็นว่า โดยทั่วไปแล้วความสัมพันธ์ของ SPI, SPEI และ VCI ของพื้นที่เพาะปลูกมีค่าเป็นบวก แต่จะมีระดับความสัมพันธ์จะมีค่าต่ำกว่าค่าที่พบในช่วงฤดูแล้ง และดัชนีที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญจะมีทั้ง SPI และ SPEI ที่คำนวณในระยะเวลาสะสมที่ยาวมากขึ้น กล่าวคือ ผลกระทบจากภัยแล้งที่พบในฤดูฝนคาดว่าเป็นผลกระทบที่เกิดจากภัยแล้งระยะยาว ซึ่งเริ่มเกิดตั้งแต่ในช่วงฤดูแล้งก่อนหน้า

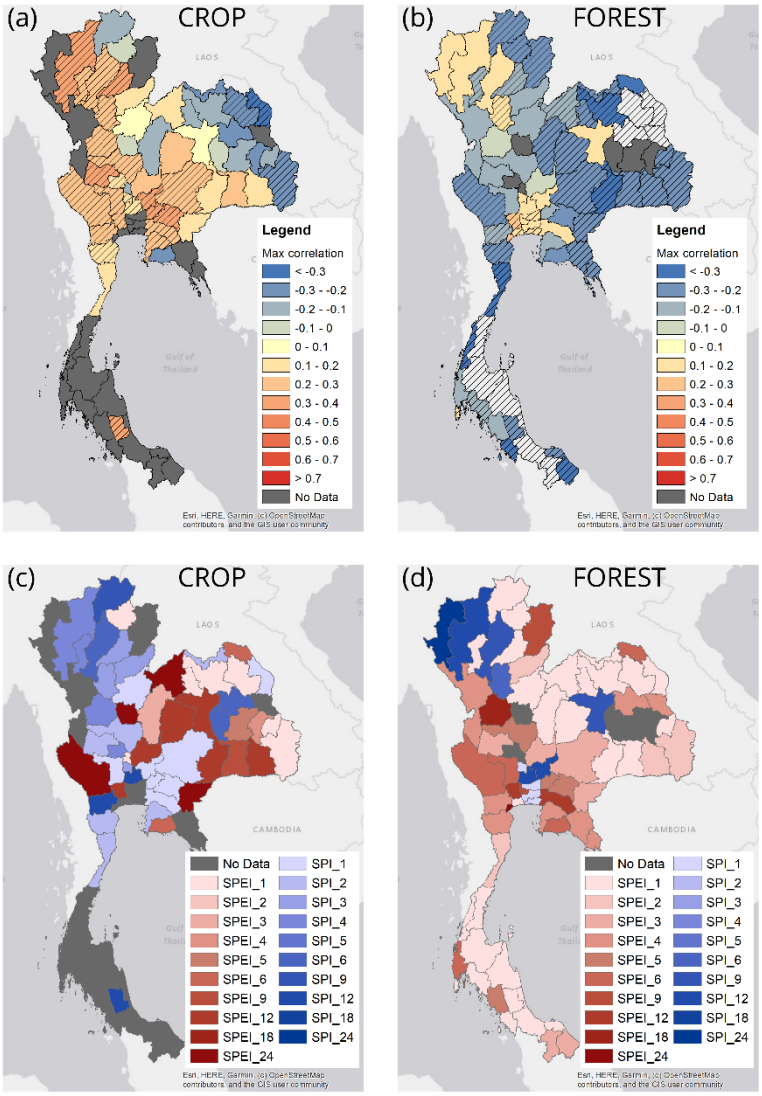
สำหรับพื้นที่ป่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง SPI, SPEI และ VCI โดยทั่วไปเป็นค่าลบ ดังแสดงในรูปที่ 5-12 b) และในหลายจังหวัด พบว่าภัยแล้งระยะสั้นมีผลเชิงบวกต่อการเจริญเติบโตของพืชในป่า ดังแสดงในรูปที่ 5-12 d)



รูปที่ 5-10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตและ VIs



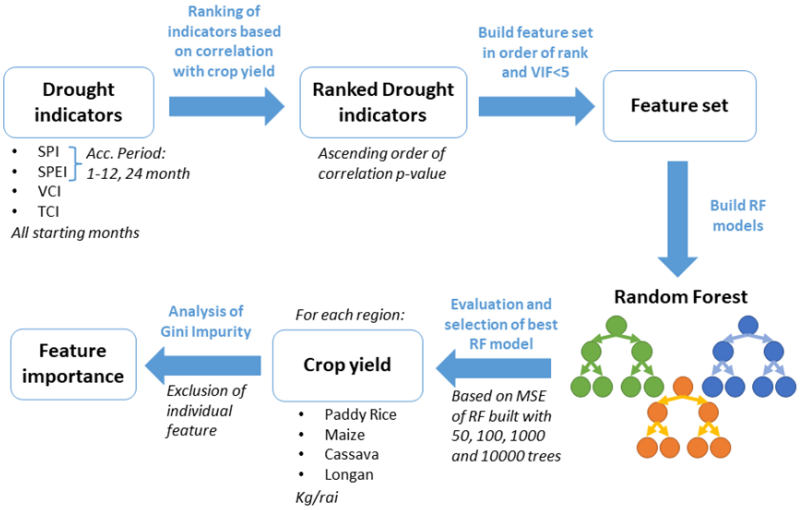
รูปที่ 5-11 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบด้านการเกษตรโดยวิธีทางสถิติ ในช่วงฤดูแล้ง



รูปที่ 5-12 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบด้านการเกษตรโดยวิธีทางสถิติ ในช่วงฤดูฝน

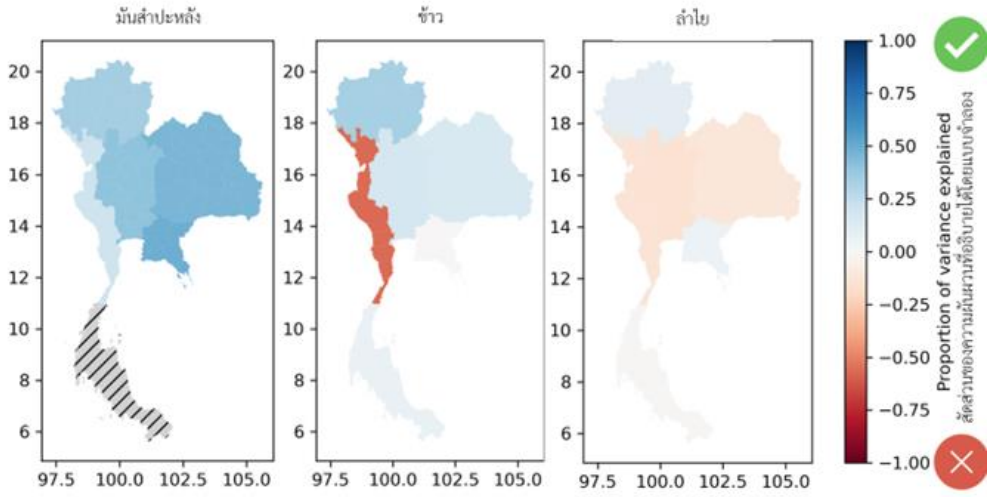
5.5.2 **วิธีแบบจำลอง** Random Forest

แบบจำลอง Random Forest เป็นแบบจำลองรูปแบบหนึ่งที่ใช้การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) การศึกษานี้สร้างแบบจำลอง Random Forest เพื่อใช้ประมาณปริมาณผลผลิตทางการเกษตร โดยได้พัฒนาแบบจำลอง 1 แบบจำลองต่อพืช 1 ชนิด ใน 1 พื้นที่ และนำผลที่ได้ไปใช้วิเคราะห์เพื่อจำแนกลักษณะที่สำคัญ (Feature Importance) ที่ได้จากแบบจำลอง แนวคิดการพัฒนาแบบจำลองแสดงได้ดังรูปที่ 5-13



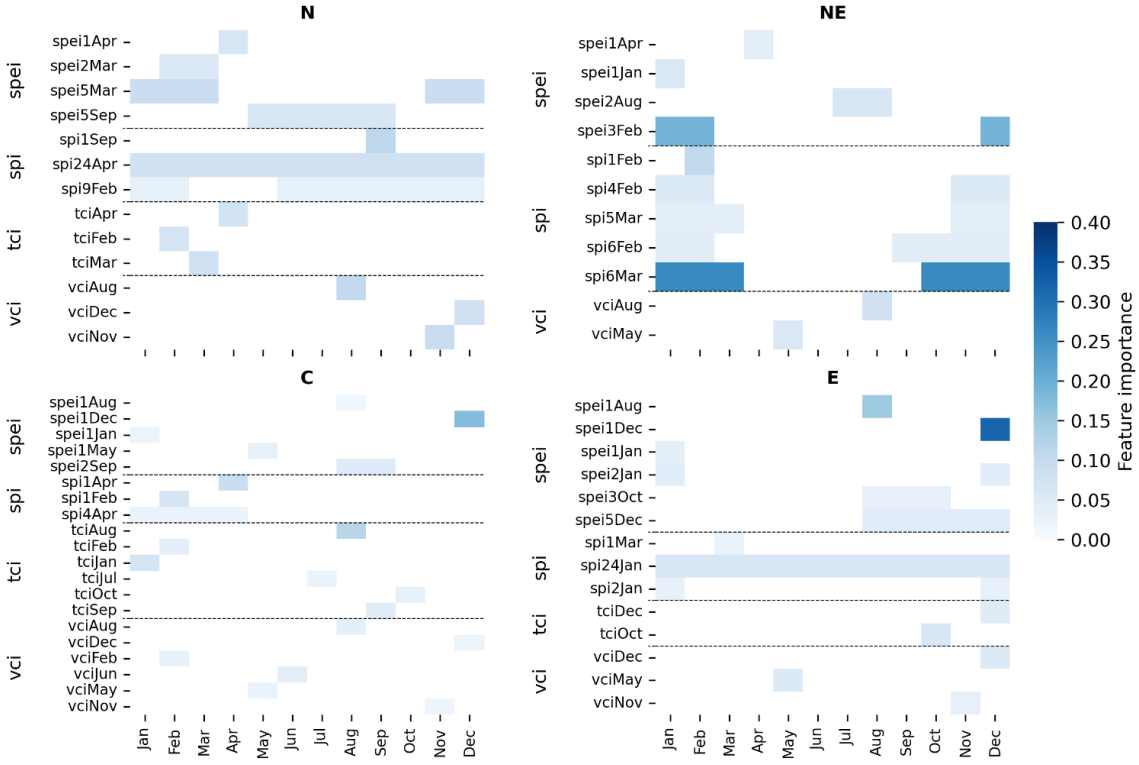
รูปที่ 5-13 แนวคิดการพัฒนาแบบจำลอง Random Forest

รูปที่ 5-14 แสดงผลการวิเคราะห์ความผันผวนของผลผลิตทางการเกษตรของพืชหลัก 3 ชนิด ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าว ลำไย จะเห็นว่า แบบจำลอง Random Forest สามารถอธิบายผลกระทบของภัยแล้งต่อผลผลิตของมันสำปะหลังและข้าวได้ แต่ไม่สามารถอธิบายผลกระทบต่อลำไยได้ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะลำไยเป็นไม้ผลที่ต้องอาศัยระยะเวลานานกว่าจะสังเกตเห็นผลกระทบที่เกิดขึ้นจากภัยแล้งได้ มันสำปะหลังได้รับผลกระทบจากภัยแล้งอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับพืชอื่นๆ และผลกระทบนี้พบได้ในทุกพื้นที่ของประเทศ ซึ่งต่างจากข้าวที่ได้รับผลกระทบในเกือบทุกพื้นที่ยกเว้นในภาคตะวันตกของประเทศ



รูปที่ 5-14 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบจากภัยแล้งต่อพืชชนิดต่างๆ จากแบบจำลอง Random Forest

เมื่อใช้แบบจำลอง Random Forest วิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อดึงลักษณะที่สำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบต่อมันสำปะหลังในแต่ละภาคของประเทศ ได้ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังรูปที่ 5-15 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ผลผลิตมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกมีความสัมพันธ์กับ SPI และ SPEI โดยเฉพาะในช่วงเดือนกันยายนถึงมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ซ้อนทับกับฤดูแล้ง แต่ไม่พบลักษณะของผลกระทบตามฤดูกาลในภาคเหนือและภาคกลาง ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากการมีสัดส่วนของพื้นที่ชลประทานสูงกว่าภาคอื่นๆ ผลกระทบของภัยแล้งต่อมันสำปะหลังที่ปลูกในภาคเหนืออธิบายได้ดีด้วยดัชนี SPEI เป็นดัชนีที่มีนัยสำคัญต่อผลผลิตมันสำปะหลังในภาคเหนือ หากต้องการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบด้านการเกษตรสามารถดูรายละเอียดได้จากภาคผนวกบทความวิชาการ



รูปที่ 5-15 ผลการวิเคราะห์ลักษณะที่สำคัญของผลกระทบจากภัยแล้งต่อมันสำปะหลัง จากแบบจำลอง Random Forest

บทที่ 6 การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม

6.1 วิธีการสำรวจเพื่อวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม

ในช่วงเดือนมกราคม 2563 โครงการฯ ได้ลงสำรวจพื้นที่แล้งซ้ำซากใน 4 จังหวัด สัมภาษณ์เกษตรกร จำนวน 180 คน และจัดสนทนากลุ่ม เพื่อเก็บข้อมูลด้านดัชนีภัยแล้ง การสื่อสาร ผลกระทบและการปรับตัวของเกษตรกร และได้นำข้อมูลที่สำรวจได้มาจัดเก็บลงฐานข้อมูล แปลผล และวิเคราะห์ด้านต่างๆ รวมถึงการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม ที่นำไปสู่ความเข้าใจบทบาทหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการภัยแล้ง การสื่อสารเมื่อเกิดภัยแล้ง และแนวทางการปรับตัวเพื่อฟื้นคืนกลับจากภัยแล้ง ผลการวิเคราะห์และอ้างอิงจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ดังนี้

การศึกษานี้พิจารณาลุ่มน้ำปิงเป็นหนึ่งเครือข่ายการแนะนำ การคงอยู่และลักษณะของเครือข่ายการแนะนำ (Advice network) ของเกษตรกรชุมชนและข้อมูลที่แลกเปลี่ยนกันมีผลกับความเป็นไปได้ในการปรับตัวต่อสภาพภัยแล้ง ในบางพื้นที่พบว่า ข้อมูลเกี่ยวกับการบรรเทาผลกระทบและวิธีการปรับตัวจากเพื่อนบ้าน เพื่อนชาวเกษตรกร และชุมชนการเกษตร อาจมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลที่ได้รับจากหน่วยงานราชการแต่ไม่ใช่สำหรับลุ่มน้ำปิง คอขวดในการดำเนินการระดับหน่วยงานและการขาดกลไกที่เชื่อมต่อระหว่างระดับบริหารเป็นอุปสรรคต่อการจัดการภัยแล้ง อย่างไรก็ตาม การบริหารส่วนตำบลและเครือข่ายชุมชนมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาการจัดการภัยแล้งระดับท้องถิ่น การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมชี้ให้เห็นว่า ผู้ใหญ่บ้านและเจ้าหน้าที่ อบต. มีศักยภาพในการเชื่อมโยงคำแนะนำต่างๆ จากเครือข่ายในลุ่มน้ำปิง และสามารถพัฒนาโครงสร้างการจัดการจากหน่วยงานหลายระดับชั้นที่มีการประสานงานที่ดีเพื่อสนับสนุนการจัดการภัยแล้งในลุ่มน้ำ

6.2 บทบาทของเครือข่ายทางสังคมกับการปรับตัวต่อภัยแล้ง

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การปรับตัวต่อภัยแล้งในแต่ละหมู่บ้านมีความแตกต่างกัน ในแง่ของ 1) การตัดสินใจปรับตัวหรือไม่ เมื่อได้รับข้อมูลเกี่ยวกับภัยแล้ง 2) จำนวนครั้งทั้งหมดที่ดำเนินการปรับตัวในอดีตที่ผ่านมา ซึ่งความแตกต่างที่พบนี้สามารถอธิบายได้ด้วยระดับการศึกษา อายุ พื้นที่การเกษตร (พื้นที่สูงหรือพื้นที่ต่ำ) และความเป็นศูนย์กลาง (Centrality) ในเครือข่ายการแนะนำในลุ่มน้ำ ซึ่งระดับความเป็นศูนย์กลางนี้ใช้อธิบายถึงอิทธิพลทางสังคมและศักยภาพในการกระจายข้อมูลข่าวสาร ทั้งนี้ ความแตกต่างของผลการศึกษาในแต่ละหมู่บ้านนั้นอาจเป็นผลมาจากข้อจำกัดเกี่ยวกับความสามารถในการเป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่าง ประเด็นที่สรุปได้จากผลการศึกษามีดังนี้

- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลคำแนะนำการปรับตัวเมื่อเกิดภัยแล้งและดำเนินการบางอย่างเพื่อปรับตัวมักมีระดับการศึกษาสูงกว่าเกษตรกรที่ไม่ดำเนินการปรับตัว

- เกษตรกรที่เคยดำเนินมาตรการปรับตัวหลายครั้งในอดีตที่ผ่านมามักเป็นเกษตรกรอายุน้อย (20-39 ปี) และทำการเกษตรอยู่ในพื้นที่ต่ำ
- สัดส่วนของเกษตรกรที่ดำเนินมาตรการปรับตัวบางอย่างตามคำแนะนำที่ได้รับ และจำนวนครั้งของมาตรการปรับตัวที่ดำเนินการในอดีตทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละหมู่บ้าน แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละจังหวัด
- เกษตรกรที่เปลี่ยนแปลงและดำเนินการมาตรการปรับตัวมากกว่าเกษตรกรอื่น เป็นเกษตรที่มีความเป็นศูนย์กลาง (Centrality) สูงกว่าในเครือข่ายทางสังคม มักให้คำแนะนำแก่ผู้อื่นในเครือข่าย และมักอาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีความใกล้ชิดกับคนในเครือข่ายมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับตัว
- เกษตรกรที่สร้างเครือข่ายกับเกษตรกรอื่นมากกว่า (ได้รับหรือให้คำแนะนำกับเกษตรกรอื่น) จะดำเนินมาตรการปรับตัวมากกว่าเกษตรกรที่ไม่มีการสร้างเครือข่าย
- ประกาศหมู่บ้านและข้อมูลจากแหล่งระดับประเทศนับว่าเป็นข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ทั้งนี้ ผลที่ได้นี้มาจากกลุ่มย่อยของตัวอย่างซึ่งมีขนาดเล็ก ดังนั้น การอนุมานเชิงสถิตินี้อาจไม่มีความหมายอย่างมีนัยสำคัญ

ข้อสรุปข้างต้นที่ได้กล่าวไปนั้น ได้มาจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ระบุช่องว่างและคำถามงานวิจัย ออกแบบขั้นตอนการดำเนินงาน และดำเนินวิเคราะห์ผลการศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดโดยสังเขปสำหรับแต่ละขั้นตอนดังนี้

6.2.1 เครือข่ายการแนะนำของเกษตรกร (Farmer advice networks)

การปรับตัวต่อภัยแล้งภายใต้แต่ละบริบทนั้น มีความแตกต่างกันทั้งในแง่ของพื้นที่ ขอบเขตเวลา และระยะเวลาในการเกิด (Smit & Skinner, 2002) การปรับตัวจะประสบความสำเร็จได้ต้องอาศัยความร่วมมืออย่างจริงจังจากผู้มีบทบาทหน้าที่ในการจัดการจากหลายภาคส่วน (Mathevet et al., 2011; Vignola, McDaniels, et al., 2013) ซึ่งความสัมพันธ์ของผู้มีบทบาทหน้าที่มักจะมีหลายลำดับชั้นและมีความซับซ้อน (Azhoni et al., 2017). การเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภสภาพภูมิอากาศและการปรับตัวต่อสิ่งที่เกิดขึ้นของภาครัฐสามารถทำได้โดยผ่านหลายช่องทางการสื่อสารและเครือข่าย (Arunrat et al., 2017) เพื่อส่งเสริมให้เกิดการปรับตัวเชิงมาตรการของภาครัฐและภาคเอกชน และในระดับแปลงเพาะปลูก (Smit & Skinner, 2002). การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างองค์กรเป็นไปในรูปแบบทั้งอย่างเป็นทางการและไม่เป็นทางการ มีผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การมีอยู่และลักษณะเครือข่ายทางสังคมของชุมชนเกษตรกรรม และข้อมูลที่ชุมชนมีการแลกเปลี่ยนกันนั้นมีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการปรับตัว (Abid et al., 2020; Filippini et al., 2020; Wu & Pretty, 2004)

เครือข่ายการแนะนำนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนให้เกษตรกรมีความสามารถในการปรับตัวบนข้อมูลที่ได้รับการสื่อสาร เครือข่ายที่ดีควรเอื้ออำนวยให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลและทรัพยากรซึ่งกันและกันได้ (Spielman et al., 2009) ลักษณะของการทำการเกษตรในบางบริบทจะขัดขวางประสิทธิภาพของเครือข่ายการแนะนำด้วยสาเหตุหลายประการ เช่น คอขวดในการถ่ายทอดข้อมูล (Vignola, McDaniels, et al., 2013) ความถี่หรือช่วงเวลาที่จะตอบสนองต่อข้อมูล (Ofoegbu & New, 2020) ในทางกลับกัน การเชื่อมต่อเครือข่ายกับองค์กรต่างๆ หรือการขยายขอบเขตของเครือข่ายจะช่วยส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความรู้ทั้งในแนวราบ (เช่น ภาคการเกษตรที่ต่างกัน) หรือแนวดิ่ง (เช่น ระดับการบริหารที่ต่างกัน)

เกษตรกรที่สร้างเครือข่ายกับเกษตรกรรายอื่นและหน่วยงานต่างๆ จะเป็นการเพิ่มพูนต้นทุนทางสังคมและอาจจะมีแนวโน้มที่จะดำเนินการตามมาตรการปรับตัว เครือข่ายเกษตรกรในชุมชนสามารถมีบทบาทสนับสนุนในการแลกเปลี่ยนข้อมูลและการปรับตัว (Arunrat et al., 2017) ซึ่งเกษตรกรมักจะอาศัยข้อมูลจากเครือข่ายที่ไม่เป็นทางการมากกว่าข้อมูลจากเครือข่ายทางการ (เช่น จาก หน่วยงานราชการ) (Isaac et al., 2007) เกษตรกรสามารถพัฒนาความรู้ผ่านการทดลองปฏิบัติจริง (Isaac et al., 2007) หรือการถ่ายทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น (Mertz et al., 2009) ภายในกลุ่ม (Arunrat et al., 2017) เป็นพื้นฐานต่อยอดไปสู่การจัดการการปรับตัวของชุมชน (Isaac et al., 2007) ข้อมูลที่เข้ามาสู่เครือข่ายทางสังคมโดยผ่านมาทางบุคคลสำคัญ (เช่น ผู้นำชุมชน) (Isaac et al., 2007) ทางชุมชน หรือทางองค์กรต่างๆ อาจมีการปรับให้อยู่ในรูปแบบที่จูงใจให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมโดยไม่ตั้งใจได้ การศึกษาหลายการศึกษาพบว่า ข้อมูลเกี่ยวกับการบรรเทาผลกระทบและวิธีการปรับตัวจากเพื่อนบ้าน กลุ่มเกษตรกร และชุมชนการเกษตร อาจมีประสิทธิภาพมากกว่าข้อมูลจากภาครัฐ (Arunrat et al., 2017; Rockenbauch et al., 2019). ลักษณะของเครือข่ายทางสังคมและปัจจัยต่างๆ เช่น อายุ ความสามารถในการเข้าถึงแหล่งเงินทุน สถานะทางเศรษฐกิจ-สังคม ระดับการศึกษา นั้น มีส่วนในการอธิบายพฤติกรรมการปรับตัว เกษตรกรที่มีอายุค่อนข้างน้อยมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้มากกว่าเกษตรกรที่มีอายุค่อนข้างมาก เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงกว่ามีแนวโน้มที่จะปรับตัวมากกว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่า

6.2.2 **ช่องว่างและคำถามงานวิจัย (**Gaps and research questions)

นโยบายและงานวิจัยตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันชี้ให้เห็นว่า มีเรียกร้องอย่างต่อเนื่องให้ส่งเสริมความแข็งแกร่งของเครือข่ายทางสังคมสำหรับธรรมาภิบาลด้านการเกษตรภายใต้สภาพการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Filippini et al., 2020; Tesfaye et al., 2019) และยังมีการเรียกร้องให้มีตัวแทนเกษตรกรในการพัฒนามาตรการปรับตัวของชุมชน ซึ่งนับว่าเป็นแนวทางของ

นวัตกรรมความรู้ด้านการเกษตร (Filippini et al., 2020) ซึ่งพยายามที่จะส่งเสริมการเกษตรให้ได้มากที่สุดโดยผ่านการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้และการเรียนรู้ (Hermans et al., 2015; Lubell et al., 2014) แนวคิดดังกล่าวนี้สามารถได้จากการวิเคราะห์องค์กรและการทำความเข้าใจบทบาทระหว่างหน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานที่มีอำนาจปกครองตนเองในด้านเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ การกระจายอำนาจในโครงสร้างการบริหารที่มีการประสานงานกันเป็นกลไลที่เชื่อว่ามีส่วนช่วยสร้างประสิทธิภาพของการจัดการระดับลุ่มน้ำได้ (Pahl-Wostl et al., 2012)

การวิเคราะห์ทางสังคม (Social Network Analysis: SNA) เป็นวิธีที่ถูกนำมาใช้ในเรื่องการเกษตรในหลายประเทศทั่วโลก (Aguilar-Gallegos et al., 2015; Filippini et al., 2020; Isaac, 2012; Ouedraogo et al., 2018; Spielman et al., 2009; Vignola, McDaniels, et al., 2013; Wu & Pretty, 2004) แต่ก็การวิเคราห์นี้ยังไม่แพร่หลายและมีการนำไปใช้งานอย่างจำกัดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ การศึกษาที่ผ่านมาของ Rockenbauch et al. (2019) ใช้วิธีสัมภาษณ์เกษตรกรและวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมเพื่อประเมินนวัตกรรมการเกษตรในพื้นที่เพาะปลูกขนาดเล็กในชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยลักษณะเฉพาะของสภาพภูมิอากาศ วัฒนธรรม ภูมิศาสตร์ และกรอบธรรมาภิบาล ส่งผลให้เกิดข้อจำกัดในการค้นคว้าและวิเคราะห์ผลที่ได้จากพื้นที่ที่มีขอบเขตขนาดเล็กนี้ การศึกษาอื่นๆ ในช่วงที่ผ่านมาเกี่ยวกับการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมที่มุ่งเน้นการศึกษากระบวนการที่เป็นคอขวด (Bottleneck) และประโยชน์ของการเชื่อมโยงผู้มีบทบาทในแต่ละหน่วยงาน (Bridging actors) เข้าด้วยกัน ((Isaac et al., 2007; Lubell et al., 2014; Vignola, Mcdaniels, et al., 2013) พบว่า มีความสอดคล้องกับงานวิจัยด้านการจัดการภัยแล้งในประเทศไทยที่ระบุว่า ผู้มีบทบาทในแต่ละหน่วยงานมีการปฏิบัติงานแบบแยกส่วน ระดับการประสานงานและเชื่อมโยงการทำงานยังอยู่ในระดับที่จำกัด ส่งผลให้การส่งเสริมการปรับตัวระดับชุมชนยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร (Croxatto et al., 2020; Franzetti et al., 2017; Pak-uthai, 2019)

สำหรับโครงการฯ นี้ ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกรในลุ่มน้ำปิงได้ถูกนำมาวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการส่งถ่ายข้อมูลและประสิทธิภาพการรับข้อมูลที่ส่งไปยังเกษตรกร รวมถึงลักษณะของเครือข่ายการแนะนำที่ส่งผลต่อการปรับตัว การศึกษาของโครงการฯ มุ่งที่จะตอบประเด็นคำถามวิจัย 4 ข้อ ดังนี้

1) กลุ่มเกษตรกรตัวอย่างมีมุมมองเกี่ยวกับเครือข่ายการแนะนำว่ามีลักษณะอย่างไร? เกษตรกรได้รับข้อมูลข่าวสารจากแหล่งใด?
2) โครงสร้างของเครือข่ายการแนะนำสามารถอธิบายพฤติกรรมการปรับตัวได้ในระดับใด? มีโครงสร้างของเครือข่ายการแนะนำมีความชัดเจนหรือไม่?

3) เนื้อหา ช่วงเวลา และความถี่ในการสื่อสารข้อมูลส่งเสริมพฤติกรรมการปรับตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอหรือไม่? ข้อมูลมีบทบาทอย่างไรต่อการยอมรับมาตรการปรับตัวไปดำเนินการ?
4) เครือข่ายการแนะนำควรได้รับการปรับปรุงในด้านใดบ้างที่จะช่วยให้การปรับตัวและธรรมาภิบาลการจัดการภัยแล้งมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นทั้งในขอบเขตพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปิงและขอบเขตที่มีขนาดใหญ่ขึ้น?

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับโครงการฯ นี้ ใช้วิธีผสมผสานระหว่างการสำรวจเชิงปริมาณ (Quantitative survey) การวิเคราะห์ทางสถิติ และการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม ในการระบุการส่งต่อข้อมูลข่าวสารจากผู้มีทบทบาทในการจัดการภัยแล้งในประเทศไทยไปยังเกษตรกรในเครือข่ายการแนะนำ

6.2.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน (Methods)

1) การศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปิง

ในช่วงเดือนมกราคม 2563 โครงการฯ ได้ลงสำรวจพื้นที่แล้งซ้ำซากใน 4 จังหวัด สัมภาษณ์เกษตรกร จำนวน 180 คน และจัดสนทนากลุ่ม เพื่อเก็บข้อมูลด้านดัชนีภัยแล้ง การสื่อสาร ผลกระทบและการปรับตัวของเกษตรกร และได้นำข้อมูลที่สำรวจได้มาจัดเก็บลงฐานข้อมูล แปลผล และวิเคราะห์ด้านต่างๆ รวมถึงการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม ที่นำไปสู่ความเข้าใจบทบาทหน้าที่ของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการภัยแล้ง การสื่อสารเมื่อเกิดภัยแล้ง และแนวทางการปรับตัวเพื่อฟื้นคืนกลับจากภัยแล้ง

ตามที่กำหนดในแผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่ง ชาติ พ.ศ. 2558 หน่วยงานภาครัฐหลายหน่วยงานในในระดับกระทรวง ทบวง กรม ประเทศไทยถูกกำหนดให้มีหน้าที่ความรับผิดชอบในการจัดการภัยแล้ง ดังสรุปได้ดังตารางที่ 6-1 นอกจากหน่วยงานภาครัฐที่แสดงในตารางที่ 6-1 แล้วยังมีเจ้าหน้าที่ในระดับจังหวัดหรือส่วนท้องถิ่น เช่น กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน ที่มีบทบาททำหน้าที่ในการประสานงานระหว่างชุมชนกับหน่วยงานภาครัฐระดับประเทศ (Thomas, 2005) ผลการศึกษาของ Franzetti et al. (2017) พบว่า ยังคงมีช่องว่างในการบริหารและการสื่อสารแผนแม่บทจากระดับประเทศไปสู่หน่วยงานส่วนท้องถิ่น (เช่น ระดับจังหวัด ตำบล และท้องถิ่น) และยังมีการประสานงานที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพระหว่างหน่วยงานต่างๆ ของภาครัฐ บางหน่วยงานมีการดำเนินกิจกรรมที่ซ้ำซ้อนกันและมีลักษณะของการแข่งขัน โดยไม่มีแนวทางหรือคำแนะนำที่กำหนดไว้ (Croxatto et al., 2020) ธนาคารโลก (The World Bank, 2011) ได้รายงานว่า ในประเทศไทยยังคงมีคอขวดในการดำเนินงานระหว่าง

หน่วยงานและการขาดกลไลที่เชื่อมโยงคณะผู้มีบทบาทในการบริหารจัดการ การศึกษาของ Pak-uthai (2019) ชี้ให้เห็นว่า มีความไม่เชื่อมโยงกันอย่างเพียงพอระหว่างการจัดการตามแนวทางของภาครัฐและการปรับตัวที่เกษตรกรดำเนินการในเหตุการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ.2558-2559 ซึ่งอาจมีสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการที่เกษตรกรไม่ได้รับการสนับสนุนด้านการตลาดที่เพียงพอในการขายผลผลิตชนิดอื่นที่ไม่ใช่ข้าว

ที่ผ่านมามีการศึกษาที่เกี่ยวข้องการการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมในโครงการฯ นี้ เช่น การศึกษาของ Arunrat et al. (2017) ที่ศึกษาความตั้งใจและการตัดสินใจของเกษตรกรในการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในลุ่มน้ำยม น่านและเจ้าพระยา การศึกษาของ Lebel et al. (2018) ที่สำรวจการสื่อสารข้อมูลความเสี่ยงของเกษตรกรผู้เลี้ยงปลาในภาคเหนือของประเทศไทยซึ่งรวมถึงจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน และการศึกษาของ Rockenbauch et al. (2019) ที่สำรวจความแตกต่างในเครือข่ายทางสังคมและการเปลี่ยนแปลงในชุมชนขนาดเล็กที่มีการปลูกข้าวและอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สำหรับลุ่มน้ำปิงนั้น มีการศึกษาที่ผ่านมาของ Lebel et al. (2015) ซึ่งพบว่า เพศเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความแตกต่างบางอย่างในบทบาทและการมีส่วนร่วมในธรรมาภิบาลน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างเขตพื้นที่ราบสูงและพื้นที่ราบลุ่ม และยังพบอีกว่าลักษณะการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันระหว่างเขตพื้นที่ราบสูงและพื้นที่ราบลุ่มนั้นส่งผลต่อความตึงเครียดในการบริหารจัดการน้ำในอดีตในเขตจังหวัดเชียงใหม่ (Thanapakpawin et al., 2007)

ตารางที่ 6-1 สรุปหน้าที่ความรับผิดชอบในการจัดการภัยแล้งของหน่วยงานภาครัฐ

กระทรวง	กรม	บทบาทในการจัดการภัยแล้ง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	กรมชลประทาน	รวบรวม จัดเก็บ ควบคุม กระจาย จัดสรร และระบายน้ำ
	กรมฝนหลวงและการบินเกษตร	ปฏิบัติการฝนเทียม
	กรมวิชาการเกษตร	ดูแลกิจกรรมทางการเกษตร
กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม	กรมอุตุนิยมวิทยา	พยากรณ์และติดตามสภาพอากาศ
	กรมทรัพยากรน้ำ	ติดตามและควบคุมการจัดสรรน้ำ รวมถึงการวางแผนลุ่มน้ำ

กระทรวง	กรม	บทบาทในการจัดการภัยแล้ง
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	กรมป่าไม้	ติดตามสถานะป่าไม้ ส่งเสริมการจัดการป่าชุมชน อนุรักษ์ป่าไม้และที่ดิน และติดตามสถานะอุตสาหกรรมไม้
กระทรวงมหาดไทย	กรมการปกครอง	บริหารงานส่วนท้องถิ่น
	กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย	จัดการกิจกรรมเกี่ยวกับการจัดการความเสี่ยง
	กรมการพัฒนาชุมชน	ดูแลการพัฒนาชุมชน

2) การออกแบบเครื่องมือและตัวแปร

การสำรวจมีการออกแบบเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ระบุตำแหน่งของเกษตรกรที่อยู่ภายในเครือข่ายการสื่อสารวงที่จะเชื่อมโยงเกษตรกรไปยังข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศและการเกษตร การสำรวจมุ่งเน้นที่จะสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความเข้าใจของเกษตรกรเกี่ยวกับลักษณะของเครือข่ายการแนะนำและการรับรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากข้อมูลและคำแนะนำที่ได้รับในอดีต แบบสำรวจซึ่งประกอบด้วยคำถามต่างๆ ถูกพัฒนาขึ้นโดยมีการหารือร่วมกันระหว่างทีมนักวิจัยไทยและอังกฤษและแปลเป็นภาษาไทยเพื่อนำไปใช้สำรวจและสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำปิง คำถามแบ่งออกเป็นกลุ่ม ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มคำถามเกี่ยวกับข้อมูลประชากร (เช่น อายุ เพศ รายได้ ระดับการศึกษา) กลุ่มคำถามเกี่ยวกับการเพาะปลูก (เช่น ขนาดพื้นที่เพาะปลูก สถานที่เพาะปลูก) และกลุ่มคำถามเกี่ยวกับการปรับตัวที่ได้ดำเนินการและข้อมูลข่าวสารที่ได้รับในอดีต การวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างผลสำรวจและตัวแปรทางประชากรศาสตร์และตัวแปรเกี่ยวกับการเพาะปลูกนั้น ใช้วิธีสถิติพรรณนา (Descriptive statistics) การทดสอบไคสแควร์ (Chi-squared test) การทดสอบที (t-test) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA)

3) การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

พื้นที่ศึกษาในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ พื้นที่ในเขตลุ่มแม่น้ำปิง ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ตาก และกำแพงเพชร โดยการศึกษาครั้งนี้มุ่งที่จะศึกษาในพื้นที่ที่ครอบคลุมจังหวัดต่างๆ เหล่านี้ โดยเลือกพื้นที่ 3 อำเภอในแต่ละจังหวัด รวมทั้งหมดเป็น 12 อำเภอจาก 4 จังหวัด โดยมีเกณฑ์ในการเลือกคือ

- เป็นพื้นที่ที่ครอบคลุมระดับต่างๆ ของความเสี่ยงภัยแล้งตามเกณฑ์การวิเคราะห์ของกรมทรัพยากรน้ำ ซึ่งแบ่งพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งออกเป็น 4 ระดับ คือ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูง พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งต่ำ และพื้นที่ไม่เสี่ยงภัยแล้ง โดย

พิจารณาจากปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้ง ซึ่งได้กำหนดปัจจัยไว้ทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน พื้นที่ปลูกพืชทนแล้ง ปริมาณน้ำบาดาล และพื้นที่ประสบภัยแล้งตามประกาศของ ปภ.

- เป็นพื้นที่ที่ผู้นำชุมชนและเกษตรกรยินดีให้ความร่วมมือในการสัมภาษณ์และตอบแบบสอบถาม
- มีความหลากหลายของประเภทเกษตรกรรม

ในพื้นที่ศึกษาแต่ละแห่ง ได้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแห่งละ 10-15 คน โดยมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่เก็บได้ทั้งหมด จำนวน 176 คน โดยรายละเอียดของพื้นที่ศึกษาทั้ง 12 แห่ง และจำนวนกลุ่มตัวอย่างแสดงในตารางที่ 6-2

สำหรับกระบวนการเก็บข้อมูล ได้มีการอบรมพนักงานเก็บข้อมูลภาคสนามจำนวนทั้งสิ้น 6 คน โดยนักวิจัย และได้มีการทดสอบแบบสอบถามและได้ทำการแก้ไขเพื่อให้ได้ข้อคำถามที่ชัดเจนและเหมาะสมมากที่สุด

สำหรับกระบวนการในการสัมภาษณ์นั้น ทางโครงการฯ ให้พนักงานเก็บข้อมูลจับคู่กันถามเพื่อที่หนึ่งคนเป็นผู้สัมภาษณ์และอีกหนึ่งคนเป็นผู้จดบันทึก โดยได้มีแบบฟอร์มสำหรับจดบันทึกแยกมาจากแบบสอบถามอีกชุดหนึ่ง และก่อนทำการสัมภาษณ์มีการชี้แจงรายละเอียดโครงการตามแบบฟอร์มเอกสารชี้แจง และถามความสมัครใจในการเข้าร่วมโครงการ โดยหากยินยอมให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการลงนามในหนังสือยินยอมการเข้าร่วมวิจัย และขณะเดียวกันก็มีการขออนุญาตบันทึกเสียงจากเกษตรกรผู้เข้าร่วมการวิจัย และหากได้รับอนุญาตจึงจะทำการบันทึกเสียง และการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเกษตรกร ใช้ระยะเวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 30-45 นาทีต่อคน

ตารางที่ 6-2 พื้นที่ศึกษาและจำนวนกลุ่มตัวอย่าง

เลขอ้างอิง	ชื่อหมู่บ้าน	ชื่อตำบล	ชื่ออำเภอ	ชื่อจังหวัด	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
fg01	บ้านชบา	ตลุกกลางทุ่ง	เมืองตาก	ตาก	15
fg02	บ้านเด่นวัว	เชียงทอง	กิ่งอำเภอวังเจ้า	ตาก	15
fg03	บ้านสันดินแดง	ท้องฟ้า	บ้านตาก	ตาก	15
fg04	บ้านหนองหล่ม	ทาทุ่งหลวง	แม่ทา	ลำพูน	15
fg05	บ้านปวงคำ	ลี้	ลี้	ลำพูน	15
fg06	บ้านทุ่งเป็ด	ทุ่งหัวช้าง	ทุ่งหัวช้าง	ลำพูน	15

เลขอ้างอิง	ชื่อหมู่บ้าน	ชื่อตำบล	ชื่ออำเภอ	ชื่อจังหวัด	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
fg01	บ้านชบา	ตลุกกลางทุ่ง	เมืองตาก	ตาก	15
fg02	บ้านเด่นวัว	เชียงทอง	กิ่งอำเภอวังเจ้า	ตาก	15
fg03	บ้านสันดินแดง	ท้องฟ้า	บ้านตาก	ตาก	15
fg07	บ้านคลองแต้ว	เพชรชมพู	โกสัมภีนคร	กำแพงเพชร	15
fg08	บ้านวังแขม	คลองขลุง	คลองขลุง	กำแพงเพชร	15
fg09	(ตัวแทนจากทุกหมู่บ้าน)	ธำมรงค์	เมืองกำแพงเพชร	กำแพงเพชร	15
fg10	บ้านมืดก่ำ	อินทขิล	แม่แตง	เชียงใหม่	15
fg11	(ตัวแทนจากทุกตำบล)		สันทราย	เชียงใหม่	11
fg12	บ้านห้วยม่วง	สบเตี๊ยะ	จอมทอง	เชียงใหม่	15
รวม					176

4) การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม

การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม คือการพยายามวิเคราะห์โครงสร้างเครือข่ายทางสังคมและความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์เหล่านั้น สำหรับการวิเคราะห์ระดับความเชื่อมโยงในเครือข่ายจะวัดโดยใช้พารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ความหนาแน่นของเครือข่าย (Network density) ความเป็นศูนย์กลาง (Centrality) ที่ระบุว่าใครหรือศูนย์รวมใดมีความสำคัญในเครือข่ายจะช่วยอธิบายตำแหน่งของผู้มีบทบาทในเครือข่าย และสามารถใช้อธิบายศักยภาพในการกระจายข้อมูลข่าวสารได้ (Freeman, 1979) ในการศึกษานี้สมมติฐานของการประเมินความเป็นศูนย์กลางของเกษตรในเครือข่ายการแนะนำ คือความเป็นศูนย์กลางมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการปรับตัว การศึกษาที่ผ่านมามีการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของความเป็นศูนย์กลางสำหรับเครือข่ายการแนะนำในประเทศกานาและแคลิฟอร์เนีย โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบที ผลการศึกษาพบว่าพารามิเตอร์ของความเป็นศูนย์กลางมีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มของผู้มีบทบาท Frija et al. (2017) ระบุว่า การบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ที่มีสมาคมผู้ใช้น้ำมีความเป็นศูนย์กลางสูงจะมีประสิทธิภาพกว่าพื้นที่ที่สมาคมผู้ใช้น้ำมีความเป็นศูนย์กลางต่ำ นอกจากนี้ ยังพบว่า ระดับความเป็นศูนย์กลางมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความสามารถขององค์กรในการผลักดันนโยบาย (Vignola, McDaniels, et al., 2013)

เครือข่ายทางสังคมประกอบด้วยศูนย์รวมกิจกรรม (Nodes) เช่น เกษตรกร และผู้มีบทบาทอื่นๆ ในการจัดการภัยแล้ง และเส้นเชื่อมโยง (Ties) ระหว่างศูนย์รวมกิจกรรม ซึ่งใช้อธิบายประเภทความสัมพันธ์ทางสัมคมที่แตกต่างกันได้ เช่น ความสัมพันธ์ของเครือข่ายการแนะนำและเครือข่ายเพื่อน (Borgatti & Foster, 2003) เครือข่ายที่มีศูนย์รวมกิจกรรมประเภทเดียวกันเรียกว่า Homogeneous หากมีหลายประเภทปะปนกันเรียกว่า Heterogeneous ในกรณีของเส้นเชื่อมโยงระหว่างคู่ของศูนย์รวมกิจกรรม อาจมีทั้งแบบมีทิศทาง (มีหัวลูกศร) เช่น การให้คำแนะนำแก่ใคร หรือในแบบไม่มีทิศทาง เช่น ระยะการให้บริการ และสามารถเป็นแบบทางเลือกสองทาง (Dichotomous) หรือการให้น้ำหนัก เช่น ติดต่อกับใครมากกว่ากัน โดยปกติเส้นเชื่อมโยงนั้นจะมีน้ำหนักหรือค่าๆ หนึ่งเสมอ เช่น ค่าเลขฐานสองในความสัมพันธ์แบบทางเลือกสองทาง ซึ่งจะให้การมีอยู่หรือการเกิดขึ้นของเหตุการณ์มีค่าเป็น 1 และหากไม่มีอยู่หรือไม่เกิดขึ้นก็จะให้ค่าเป็น 0 (Ruengrit 2012)

ผลการสำรวจเกี่ยวกับการรับข้อมูลข่าวสารของเกษตรกรถูกนำมาแปลงเป็นข้อมูลไบนารี่ (Binary) (ได้รับข้อมูลข่าวสาร = 1 แต่หากไม่ได้รับข้อมูลข่าวสาร = 0) และข้อมูลไบนารี่นี้จะถูกนำไปสร้างเมตริกซ์สำหรับเส้นเชื่อมโยง การวิเคราะห์เมตริกซ์จะใช้โปรแกรม UCINET S.P. Borgatti et al., 2002; Hanneman & Riddle., 2005) และการดูลักษณะของศูนย์รวมกิจกรรมและเส้นเชื่อมโยงจะใช้ฟังก์ชั่น DRAWNET ในการวิเคราะห์จะพิจารณาความเป็นศูนย์กลางของเกษตรกรในแต่ละระดับ (ระดับบุคคล หมู่บ้าน และจังหวัด) ในเครือข่ายการแนะนำ และเปรียบเทียบค่าความเป็นศูนย์กลางเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มของเกษตรกร (เช่น เกษตรกรในแต่ละหมู่บ้าน) โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนในโปรแกรม SPSS

นอกจากข้อมูลการสำรวจที่ได้รับจากเกษตรกรโดยตรงแล้ว ยังมีสมมติฐานบางอย่างที่กำหนดขึ้นโดยอ้างอิงจากการทบทวนวรรณกรรม (Kanjina, 2015; OECD, 2019; Pak-uthai, 2019; Thomas, 2005) เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ของเครือข่ายการแนะนำ สมมติฐานแรก คือ มีเส้นเชื่อมโยงการรายงานระหว่างผู้รายงานในชุมชนไปยังระดับเทศบาลไปยังตำบล อำเภอ จังหวัด หน่วยงานระดับกรม และหน่วยงานระดับกระทรวง สมมติฐานอีกอย่างหนึ่ง คือ หากเกษตรกรตอบว่าได้รับข้อมูลข่าวสารจากเกษตรกรรายอื่น เกษตรกรรายนั้นจะถูกเชื่อมโยงกับศูนย์รวมกิจกรรมเกษตรกรรายอื่นในหมู่บ้าน มีเกษตรกร 13 ราย ที่ไม่ได้ตอบคำถามเกี่ยวกับการได้รับข้อมูลข่าวสาร ดังนั้นเมตริกจึงมีขนาด n = 176 – 13 = 163

6.2.4 ผลการศึกษา (Results)

1) แหล่งข้อมูลข่าวสาร ประเภทข้อมูลหรือคำแนะนำที่ได้รับ และประสิทธิภาพของข้อมูลข่าวสาร

จากการสำรวจ เกี่ยวกับแหล่งข้อมูลข่าวสาร พบว่า

- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลข่าวสารจากแหล่งเดียว มีจำนวน 65%
- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลข่าวสารจาก 2 แหล่ง มีจำนวน 22%
- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลข่าวสารจาก 3 แหล่ง มีจำนวน 3%

จากการสำรวจ เกี่ยวกับแหล่งหลักของข้อมูลข่าวสารที่ได้รับ พบว่า

- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลข่าวสารจากแหล่งหลักในระดับหมู่บ้าน มีจำนวน 89 คน
- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลข่าวสารจากแหล่งหลักในระดับตำบล มีจำนวน 43 คน
- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลข่าวสารจากแหล่งหลักในระดับอำเภอ มีจำนวน 42 คน
- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลข่าวสารจากแหล่งหลักในระดับจังหวัด มีจำนวน 5 คน
- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลข่าวสารจากแหล่งหลักในระดับประเทศ มีจำนวน 27 คน
- เกษตรกรที่ไม่ได้รับข้อมูลข่าวสารจากแหล่งใดเลย มีจำนวน 6 คน
- เกษตรกรที่ไม่ตอบคำถามข้อนี้ มีจำนวน 13 คน

ผลจากแบบสำรวจเกษตรกรมีความสอดคล้องกับผลที่ได้จากการสอบถามผู้ใหญ่บ้าน กล่าวคือ ข้อมูลข่าวสารที่ส่งไปยังเกษตรกรโดยส่วนใหญ่ 66% มาจากช่องทางการสื่อสารในระดับหมู่บ้น ตามด้วยช่องทางออนไลน์ผ่านกลุ่มไลน์ (LINE group) 15% และช่องทางอื่นๆ มีเพียงเล็กน้อย

จากการสำรวจ เกี่ยวกับประเภทข้อมูลหรือคำแนะนำที่ได้รับ พบว่า

- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลแจ้งเตือนภัยแล้ง มีจำนวน 90%
- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลพยากรณ์อากาศ มีจำนวน 66.5%
- เกษตรกรที่ได้รับคำแนะนำเมื่อเกิดภัยแล้ง มีจำนวน 20%
- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลอัตราการไหล มีจำนวน 22%
- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลน้ำชลประทานที่มีอยู่ มีจำนวน 16.5%
- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลความชื้นในดิน มีจำนวน 3%
- เกษตรกรที่ได้รับข้อมูลน้ำใต้ดิน มีจำนวน 5%

จากการสำรวจ เกี่ยวกับประสิทธิภาพของข้อมูลข่าวสาร โดยเป็นการให้คะแนนใน 6 ระดับคะแนน พบว่า

- แหล่งข้อมูลแต่ละแหล่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4 ซึ่งคะแนนที่สูงขึ้นสะท้อนความมีประสิทธิภาพที่มากขึ้น
- เกษตรกรส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อคุณภาพของข้อมูลข่าวสารที่ได้รับ ทั้งในแง่ของเวลาที่ได้รับข้อมูลข่าวสาร ความเกี่ยวข้อง ความถูกต้อง และความเข้าใจได้ของข้อมูลข่าวสารที่ได้รับ
- แหล่งข้อมูลระดับประเทศเป็นแหล่งที่เกษตรกรรับรู้ (Perceived efficacy) ว่ามีความน่าเชื่อถือมากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 4.32
- แหล่งข้อมูลระดับหมู่บ้านที่เป็นประกาศหมู่บ้านเป็นแหล่งที่เข้าถึงได้มากที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 4.45

หมายเหตุ ผลที่ได้เกี่ยวกับแหล่งข้อมูลและช่องทางการสื่อสารเป็นการวิเคราะห์จากตัวอย่างจำนวนน้อย ดังนั้น ความแตกต่างของค่าที่ได้อาจเป็นเพียงการบ่งบอกได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น ตารางที่ 6-3 แสดงเมตริกระหว่างประสิทธิภาพของแหล่งข้อมูลข่าวสารและช่องทางการสื่อสาร

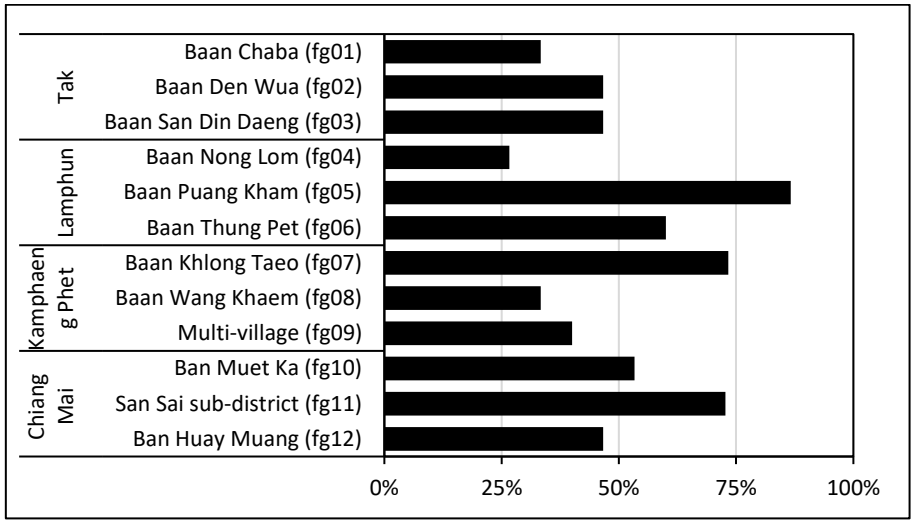
ตารางที่ 6-3 เมตริกแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของแหล่งข้อมูลข่าวสารและช่องทางการสื่อสาร

				ช่องทางการสื่อสาร				
				ทุกช่องทาง	ประชุมหมู่บ้าน	ออนไลน์	ประกาศหมู่บ้าน	อื่นๆ
		ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพที่รับรู้		4.19	4.17	4.23	4.45	4.07
				ขนาดตัวอย่าง				
แหล่งข้อมูลข่าวสาร	หมู่บ้าน	4.16	ขนาดตัวอย่าง	88	74	0	6	5
	ตำบล	4.18		41	23	1	8	6
	อำเภอและจังหวัด	4.20		47	35	7	0	1
	ประเทศ	4.32		27	4	13	2	6
	ทุกแหล่ง	4.19		203	136	21	16	18

2) คำแนะนำและการปรับตัว

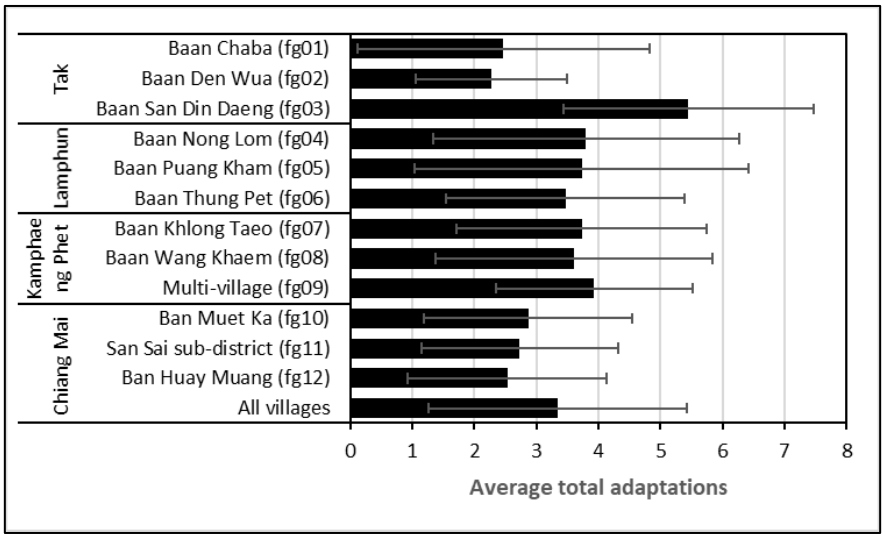
เกษตรกรจำนวนมากถึง 91% ได้รับการแจ้งเตือนว่าจะมีภัยแล้ง เกษตรกร 65% ได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการปฏิบัติเมื่อเกิดภัยแล้ง และเกษตรกร 51% ดำเนินการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกี่ยวกับการทำการเกษตร

การวิเคราะห์ผลของเกษตรกร 51% ที่ดำเนินการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกี่ยวกับการทำการเกษตรพบว่า มีความเกี่ยวข้องกับตัวแปรทางประชากรในเรื่องระดับการศึกษา (χ2 (3) = 8.303, p = 0.040) แต่ไม่พบความเกี่ยวข้องกับตำแหน่งของพื้นที่เพาะปลูก (พื้นที่ราบสูงหรือพื้นที่ราบลุ่ม) เพศ อายุ พืชที่ปลูก (ข้าว) จังหวัดที่อาศัยอยู่ หรือรายได้ต่อปี สัดส่วนของเกษตรกรที่ตอบว่าได้ดำเนินการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกี่ยวกับการทำการเกษตรตามคำแนะนำที่ได้รับนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละหมู่บ้านที่สำรวจจำนวน 12 หมู่บ้าน (χ2 (11) = 23.765, p = 0.014) หมู่บ้านปวงคำ (fg05) ในตำบลลี้ อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน เป็นหมู่บ้านที่มีสัดส่วนของเกษตรกรสูงที่สุดถึง 87% ที่ได้รับข้อมูลการแนะนำในการปฏิบัติในช่วงภัยแล้งและดำเนินการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกี่ยวกับการทำการเกษตร ในขณะที่หมู่บ้านหนองหล่ม (fg04) ในตำบลลี้ อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน เป็นหมู่บ้านที่มีสัดส่วนของเกษตรกรต่ำที่สุดเท่ากับ 27% ดังแสดงในรูปที่ 6-1



รูปที่ 6-1 ผลการตอบแบบสอบถามของเกษตรกรที่ได้รับข้อมูลการแนะนำในการปฏิบัติในช่วงภัยแล้งและดำเนินการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกี่ยวกับการทำการเกษตร

เมื่อพิจารณาในระดับหมู่บ้าน ความแปรปรวนของจำนวนมาตรการการปรับตัวที่เกษตรกรใน 12 หมู่บ้าน เคยดำเนินการ ($F(11, 164) = 2.550$, $p = 0.005$) แสดงได้ดังรูปที่ 6-2 โดยหมู่บ้านสันดินแดง (fg03) ในตำบลท้องฟ้า อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก เป็นหมู่บ้านที่มีค่าเฉลี่ยของจำนวนมาตรการปรับตัวที่เกษตรกรเคยดำเนินการสูงที่สุด ($\bar{x} = 5.45$, $SD = 2.02$) ในขณะที่หมู่บ้านเด่นวัว (fg02) ในตำบลเชียงทอง กิ่งอำเภอวังเจ้า จังหวัดตาก เป็นหมู่บ้านที่มีค่าเฉลี่ยของจำนวนมาตรการปรับตัวที่เกษตรกรเคยดำเนินการต่ำที่สุด ($\bar{x} = 2.27$, $SD = 1.22$) เมื่อพิจารณาในระดับจังหวัด จำนวนมาตรการปรับตัวที่เกษตรกรเคยดำเนินการไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($F(3, 172) = 2.459$, $p = 0.064$) ผลการวิเคราะห์ยังบ่งบอกถึงตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องอย่างมีนัยสำคัญกับการดำเนินมาตรการปรับตัวของเกษตร ซึ่งได้แก่ อายุ ($F(2, 173) = 5.268$, $p = 0.006$) ตำแหน่งของพื้นที่เพาะปลูก (ที่ราบสูงหรือที่ราบลุ่ม) ($t = -3.194$, $p = 0.002$) โดยเกษตรกรที่มีอายุน้อยและเพาะปลูกในพื้นที่ราบลุ่มจะดำเนินมาตรการปรับตัวหลายอย่างกว่าเกษตรกรกลุ่มอื่น ตัวแปรที่ไม่มีความเกี่ยวข้องอย่างมีนัยสำคัญกับการดำเนินมาตรการปรับตัวของเกษตร ได้แก่ เพศ ($t = 1.005$, $p = 0.316$) พืชที่ปลูก (ข้าว) ($t = -1.025$, $p = 0.307$) ระดับการศึกษาสูงสุด ($F(3, 170) = 0.441$, $p = 0.724$) และรายได้ต่อปี ($F(6, 167) = 1.569$, $p = 0.159$) เกษตรกรที่มีการสร้างเครือข่ายกับเกษตรกรรายอื่น ทั้งในแง่ของการเป็นผู้ให้คำแนะนำหรือเป็นผู้ได้รับคำแนะนำนั้น มีแนวโน้มที่จะดำเนินมาตรการปรับตัวหลายอย่างมากกว่าเกษตรกรรายอื่น (Pearson's $r = 0.261$, $p=0.001$)



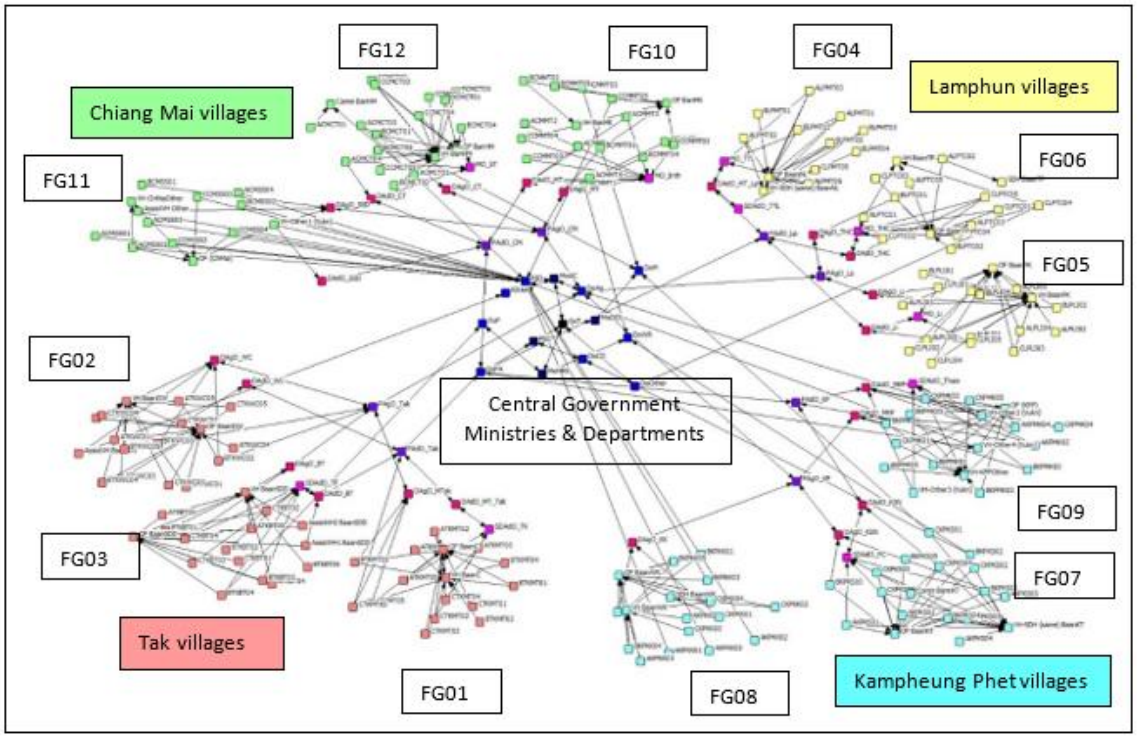
รูปที่ 6-2 ผลการวิเคราะห์จำนวนมาตรการการปรับตัวที่เกษตรกรในแต่ละหมู่บ้านเคยดำเนินการ

3) เครือข่ายการแนะนำของเกษตรกร

การศึกษานี้พิจารณาลุ่มน้ำปิงเป็นหนึ่งเครือข่ายการแนะนำ แม้ว่าผลจากการสำรวจจะชี้ให้เห็นว่า การไหลของข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับภัยแล้งโดยส่วนใหญ่นั้นมาจากหน่วยงานราชการส่งต่อไปยังเกษตรกร แต่วิธีการวิเคราะห์เครือข่ายสามารถช่วยสนับสนุนการตีความเกี่ยวกับบทบาทของผู้มีเกี่ยวข้องในการจัดการภัยแล้งและยังอาจช่วยให้เกิดการให้คำแนะนำที่สามารถเข้าถึงเกษตรกรในหมู่บ้านอื่นๆ ได้ โดยผ่านไปตามระดับของการบริหาร การวิเคราะห์เมตริกซ์จากโปรแกรม UCINET และการดูลักษณะของศูนย์รวมกิจกรรมและเส้นเชื่อมโยงโดยใช้ฟังก์ชั่น DRAWNET แสดงไว้ในรูปที่ 6-3

ในรูปที่ 6-3 ศูนย์รวมกิจกรรม (เช่น เกษตรกร หน่วยงานราชการ) จะแสดงด้วยสีที่แตกต่างกันไปตามแต่ละจังหวัด (ศูนย์รวมกิจกรรมในจังหวัดตากแทนด้วยสีแดง จังหวัดลำพูนแทนด้วยสีเหลือง จังหวัดกำแพงเพชรแทนด้วยสีฟ้า และจังหวัดเชียงใหม่แทนด้วยสีเขียว) ในศูนย์รวมกิจกรรมจะมีลำดับขั้นการบริหารหลายระดับที่แสดงด้วยสีที่แตกต่างกัน (หน่วยงานส่วนกลางระดับประเทศแทนด้วยสีน้ำเงิน หน่วยงานระดับจังหวัดแทนด้วยสีม่วง และหน่วยงานระดับเทศบาล ตำบล และอำเภอ แทนด้วยสีชมพู) โดยศูนย์รวมกิจกรรมในระดับหมู่บ้านจะแสดงไว้รอบนอกของรูปที่ 6-3 และมีเส้นเชื่อมโยงเข้าไปยังศูนย์กลาง จากระดับหมู่บ้านเข้าไปยังเทศบาล ตำบล จังหวัด และหน่วยงานราชการระดับกรมและกระทรวงซึ่งเกษตรกรระบุว่าเป็นแหล่งศูนย์กลางของข้อมูลข่าวสาร

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า มี 4 หมู่บ้าน ได้แก่ บ้านชบา (fg01) บ้านหนองหล่ม(fg04) บ้านปวงคำ (fg05) และบ้านห้วยม่วง (fg12) ที่ไม่มีความเชื่อมโยงโดยตรงกับหน่วยงานกลางของประเทศระดับกระทรวงหรือกรมที่เป็นผู้ให้ข้อมูลหรือคำแนะนำเกี่ยวกับภัยแล้ง แต่หมู่บ้านเหล่านี้จะได้รับการสื่อสารผ่านหน่วยงานระดับตำบลหรือจังหวัด หมู่บ้านอื่นๆ ที่เหลืออีก 8 หมู่บ้าน มีความเชื่อมโยงกับหน่วยงานกลางระดับประเทศหลายหน่วยงาน โดยเฉพาะหมู่บ้านในอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ (fg11) ซึ่งเกษตรกรผู้ตอบแบบสำรวจจากอำเภอสันทรายมีความแตกต่างจากเกษตรกรผู้ตอบแบบสำรวจในอำเภออื่นๆ เนื่องจากเป็นเกษตรกรที่มาจากหลากหลายหมู่บ้านในอำเภอสันทรายและมีเกษตรกรหลายรายที่เป็นกำนัน ซึ่งเกษตรกรกลุ่มอำเภอสันทรายระบุว่ามีความเชื่อมโยงหลายช่องทางในการได้รับข้อมูลจากกรมชลประทาน



(สีแดง = จ.ตาก สีเหลือง = จ.ลำพูน สีฟ้า = จ.กำแพงเพชร สีเขียว = จ.เชียงใหม่
สีน้ำเงิน = ระดับกระทรวงหรือกรม สีม่วง = ระดับจังหวัดแทนด้วยสีม่วง สีชมพู = ระดับเทศบาล ตำบล และอำเภอ)

รูปที่ 6-3 เครือข่ายการให้คำแนะนำของเกษตรกรที่สร้างจาก DRAWNET

การประเมินค่าความเป็นศูนย์กลางจากการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมมี 3 ประเภท ได้แก่ ระดับความเป็นศูนย์กลาง (Degree centrality) ความเป็นค่าคั่นกลาง (Betweenness centrality) และความเป็นศูนย์กลางประเภทความใกล้ชิด (Closeness centrality) ซึ่งการประเมินนี้สามารถใช้อธิบายอิทธิพลและศักยภาพในการกระจายข้อมูลข่าวสาร ดังแสดงในรูปที่ 6-4 ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

ระดับความเป็นศูนย์กลาง (Degree centrality): ศูนย์กลางในเครือข่าย คือ ศูนย์รวมกิจกรรมที่มีความเชื่อมโยงเป็นส่วนใหญ่กับศูนย์รวมกิจกรรมอื่นๆ ศูนย์รวมกิจกรรมที่มีค่าความเป็นศูนย์กลางสูงย่อมถือว่าเป็นศูนย์รวมกิจกรรมที่มีระดับของกิจกรรมในเครือข่ายมากตามไปด้วย (Wasserman & Faust, 1994) ศูนย์รวมกิจกรรมซึ่งมีความเชื่อมโยงกับศูนย์รวมกิจกรรมอื่นๆ ในเครือข่ายเป็นจำนวนมากอาจอยู่ในตำแหน่งที่เอื้ออำนวยประโยชน์ให้แก่ศูนย์รวมกิจกรรมต่างๆ ได้ ขณะเดียวกันอาจจะมีการพึ่งพาต่อศูนย์รวมกิจกรรมอื่นๆ ค่อนข้างน้อยเพราะสามารถเข้าถึงทรัพยากรในเครือข่ายได้ดีกว่า (Hanneman & Riddle, 2005; Narongchai et al. 2016) กรม

ชลประทานซึ่งแสดงด้วยสัญลักษณ์สี่เหลี่ยมสีน้ำเงินตรงกลางของรูปที่ 6-4 a) เป็นศูนย์รวมกิจกรรมที่มีระดับความเป็นศูนย์กลางสูงที่สุด เท่ากับ 18 เส้นเชื่อมโยง รองลงมาคือศูนย์รวมกิจกรรมเกษตรกรรายอื่นและผู้ใหญ่บ้าน โดยเฉลี่ยแล้ว หมู่บ้านในจังหวัดตากมีระดับความเป็นศูนย์กลางสูงที่สุด และหมู่บ้านในจังหวัดเชียงใหม่มีระดับความเป็นศูนย์กลางต่ำที่สุด ระดับความเป็นศูนย์กลางของเกษตรกรที่ดำเนินเปลี่ยนแปลงบางอย่างเมื่อได้รับข้อมูลข่าวสารมีค่าแตกต่างจากเกษตรกรที่ไม่ได้ดำเนินการเปลี่ยนแปลงใดๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($t = -2.636$, $p=0.009$) การปรับตัวในพื้นที่เพาะปลูกโดยรวมของเกษตรกรมีความสัมพันธ์น้อยกับระดับความเป็นศูนย์กลาง (Pearson $r = 0.220$, $p = 0.004$).

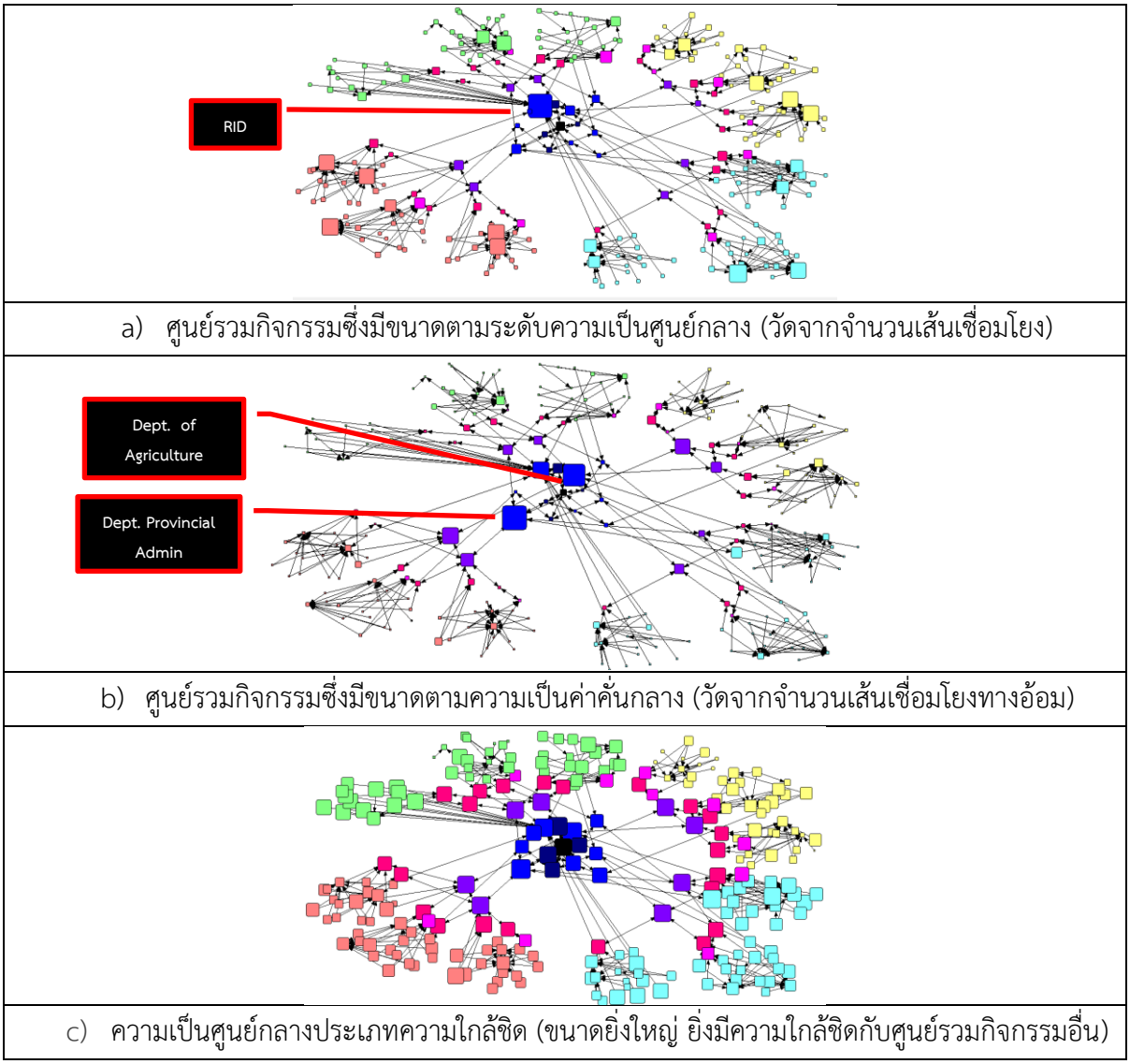
ความเป็นค่าคั่นกลาง (Betweenness centrality): อยู่บนสมมติฐานที่ว่าศูนย์รวมกิจกรรมใดก็ตามซึ่งอยู่ระหว่างกลางการเชื่อมโยงของศูนย์รวมกิจกรรมอื่นๆ สามารถควบคุมการมีปฏิสัมพันธ์ของศูนย์รวมกิจกรรมต่างๆ ที่มาเชื่อมโยงผ่านตัวเองได้ (Wasserman & Faust, 1994) ซึ่งทำการวัดจากความเชื่อมโยงทางอ้อมระหว่างศูนย์รวมกิจกรรมต่างๆ ในเครือข่าย การที่มีความเป็นค่าคั่นกลางสูงหมายถึง ภาวะซ่อนเร้นจากผิวนอกของเครือข่าย (Durland & Fredericks, 2005) นอกจากนี้ความเป็นค่าคั่นกลางยังเป็นการแสดงค่าการเป็นตำแหน่งเชื่อมโยงศูนย์กิจกรรมหนึ่งไปยังศูนย์กิจกรรมอื่นๆ (Narongchai et al. 2016) ผลการวิเคราะห์สำหรับการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ความเป็นค่าคั่นกลางค่อนข้างมีลักษณะโดยเปรียบเทียบที่ชัดเจนในโครงสร้างของเครือข่าย กล่าวคือ กรมการปกครอง (ที่เชื่อมโยงกับองค์การปกครองระดับจังหวัดและอำเภอ) และกรมวิชาการเกษตร (ที่เชื่อมโยงกับหน่วยงานในสังกัดระดับจังหวัด จังหวัดและอำเภอ) มีความเป็นค่าคั่นกลางสูงสุด ตามด้วยกรมชลประทานที่มีความเป็นค่าคั่นกลางรองลงมา เกษตรกรหลายรายที่มีคะแนนใกล้เคียงศูนย์และไม่อยู่ระหว่างศูนย์รวมกิจกรรมใดเลย หมู่บ้านในตำบลธำมรงค์ อำเภอเมืองกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร (fg09) และหมู่บ้านห้วยม่วง ในตำบลสบเตี๊ยะ อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ (fg12) มีความเป็นค่าคั่นกลางเฉลี่ยสูงสุด ในขณะที่หมู่บ้านในอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ (fg11) มีความเป็นค่าคั่นกลางเฉลี่ยต่ำสุด เกษตรกรที่ดำเนินการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการทำการเกษตรบางอย่างมีความเป็นค่าคั่นกลางเฉลี่ยสูงกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้ดำเนินการเปลี่ยนแปลงใดๆ แต่เป็นค่าที่สูงกว่าอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = -1.193$, $p=0.235$) ค่าคั่นกลางไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนการปรับตัวที่เกษตรกรได้ดำเนินการ ($r = 0.100$, $p = 0.202$)

ความเป็นศูนย์กลางประเภทความใกล้ชิด (Closeness centrality): เป็นการวัดถึงความไวของศูนย์รวมกิจกรรมหนึ่งๆ ที่จะสามารถทำการเชื่อมต่อไปยังศูนย์รวมกิจกรรมอื่นๆ ในเครือข่ายได้ ศูนย์รวมกิจกรรมใดมีค่าคะแนนของความเป็นศูนย์กลางประเภทความใกล้ชิดสูงหมายถึงความมีประสิทธิภาพในการสื่อสารข่าวสารข้อมูลหรือข้อความเห็นได้ทั่วถึงตลอดทั้งเครือข่าย และมีความจำเป็นน้อยที่ต้องพึ่งพาศูนย์รวมกิจกรรมอื่นๆ ในการส่งผ่านข่าวสารข้อมูลอีกด้วย (Narongchai et al. 2016) หมู่บ้านต่างๆ ในอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ (fg11) และหมู่บ้านในตำบลธำมรงค์ อำเภอเมืองกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร (fg09) เป็นหมู่บ้านที่มีค่าความเป็นศูนย์กลางประเภทความใกล้ชิดสูงที่สุดภายในเครือข่าย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากตัวแทนเกษตรกรที่มาจากพื้นที่นี้มาจากหลายหมู่บ้านและมีผู้ใหญ่บ้านรวมอยู่ด้วย เกษตรกรที่ดำเนินการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเกี่ยวกับการเพาะปลูกเมื่อได้รับข้อมูลข่าวสารจะมีระยะห่างทางภูมิศาสตร์ใกล้กันกับผู้มีบทบาทในเครือข่ายการแนะนำมากกว่าเกษตรกรที่ไม่ได้ดำเนินการเปลี่ยนแปลงใดๆ แต่ไม่ได้มีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 1.186$, $p= 0.237$) เกษตรกรที่มีความใกล้กับผู้มีบทบาทในเครือข่ายมีความสัมพันธ์อย่างอ่อน (Weakly correlated) กับจำนวนการปรับตัวที่ได้ดำเนินการ ($r = 0.355$, $p = 0.001$)

6.2.5 อภิปรายและสรุปผลการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม

ลักษณะของเครือข่ายการแนะนำเกี่ยวกับภัยแล้ง เกษตรกรให้ข้อมูลว่า โดยส่วนใหญ่แล้วได้รับข้อมูลจากแหล่งเดียว ซึ่งมักเป็นข้อมูลที่ได้รับจากผู้ใหญ่บ้านในการประชุมหมู่บ้าน ข้อมูลโดยทั่วไปที่ได้รับคือข้อมูลสภาพอากาศและการแจ้งเตือนภัยแล้ง เกษตรกรโดยรวมเห็นด้วยว่าข้อมูลที่ได้รับมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะข้อมูลจากประกาศหมู่บ้านและหน่วยงานราชการ อย่างไรก็ตาม จำนวนตัวอย่างกลุ่มย่อยสำหรับการศึกษานี้มีขนาดเล็กซึ่งอาจทำให้การอนุมานทางสถิติไม่มีน้ำหนักมากนัก

โครงสร้างของเครือข่ายมีความแตกต่างกันระหว่างหมู่บ้าน บางหมู่บ้านไม่ได้มีความเชื่อมโยงโดยตรงถึงแหล่งข้อมูลข่าวสารจากหน่วยงานส่วนกลางภาครัฐ แต่ได้รับข้อมูลข่าวสารที่ผ่านมาในระดับตำบล อำเภอ หรือจังหวัด บางหมู่บ้านมีความเชื่อมโยงถึงแหล่งข้อมูลข่าวสารจากหน่วยงานส่วนกลางภาครัฐหลายแหล่ง ดังนั้น จึงควรมีการพัฒนาความเชื่อมโยงระหว่างหน่วยงานให้มากขึ้นในหมู่บ้านที่ไม่มีความเชื่อมโยงถึงแหล่งข้อมูลข่าวสารจากหน่วยงานส่วนกลางภาครัฐ



a) ศูนย์รวมกิจกรรมซึ่งมีขนาดตามระดับความเป็นศูนย์กลาง (วัดจากจำนวนเส้นเชื่อมโยง)

b) ศูนย์รวมกิจกรรมซึ่งมีขนาดตามความเป็นค่าคั่นกลาง (วัดจากจำนวนเส้นเชื่อมโยงทางอ้อม)

c) ความเป็นศูนย์กลางประเภทความใกล้ชิด (ขนาดยิ่งใหญ่ ยิ่งมีความใกล้ชิดกับศูนย์รวมกิจกรรมอื่น)

รูปที่ 6-4 การประเมินค่าความเป็นศูนย์กลางจากการวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม a) ระดับความเป็นศูนย์กลาง (Degree centrality) b) ความเป็นค่าคั่นกลาง (Betweenness centrality) และ c) ความเป็นศูนย์กลางประเภทความใกล้ชิด

หมู่บ้านหลายหมู่บ้านมีความเชื่อมโยงอย่างดีกับหน่วยงานบริหารส่วนท้องถิ่นและหน่วยงานด้านการเกษตรหรือผู้ใหญ่บ้าน ซึ่งผลการศึกษาจาก Thomas (2005) แนะนำไว้ว่า สมาชิกของหน่วยงานบริหารส่วนท้องถิ่นสามารถทำหน้าที่เป็นผู้ประสานงานกับหน่วยงานราชการ และองค์กรบริหารส่วนตำบลควรให้ความสำคัญในการพัฒนาการจัดการระดับท้องถิ่น ซึ่งมีการศึกษาก่อนนี้อีกหลายการศึกษาที่สนับสนุนคำแนะนำจากการศึกษาของ Thomas (2005) นี้ การศึกษาของ Franzetti et al. (2017) และ Pak-uthai (2019) ชี้ว่า การพัฒนาความสามารถขององค์กรบริหารส่วนตำบลจะช่วยให้การ

จัดการภัยพิบัติมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและช่วยพัฒนาการปรับตัวของชุมชนได้ นอกจากนี้ การกระจายอำนาจไปยังผู้มีบทบาทและเครือข่ายในระดับท้องถิ่นสามารถช่วยสนับสนุนให้เกิดความมั่นคงและธรรมาภิบาลด้านน้ำ (OECD, 2019) และส่งเสริมการจัดการลุ่มน้ำปิง (The World Bank, 2011) ชุมชนและกลุ่มในลุ่มน้ำปิงได้เรียนรู้ประสบการณ์ในการร่วมกับเครือข่ายชุมชนอื่นร่วมกันจัดการน้ำในระดับลุ่มน้ำย่อย การแลกเปลี่ยนความรู้และการส่งเสริมการเกษตรได้รับการสนับสนุนโดยการจัดกิจกรรมผ่านศูนย์การเรียนรู้เกษตรภูมิภาคและหมอดินซึ่งนับเป็นตัวอย่างของนวัตกรรม (Salaisook et al., 2020) สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภูมิภาคเป็นหน่วยงานที่มุ่งเน้นการรวบรวมองค์ความรู้ความสนใจของเกษตรกร และการนำหน่วยงานภาครัฐ สมาคมเกษตรกร NGO และภาคเอกชน มาร่วมในกระบวนการพัฒนาการเกษตร (Suebpongsang et al., 2020)

ผลของโครงสร้างเครือข่ายการแนะนำต่อพฤติกรรมการปรับตัว หมู่บ้านแต่ละหมู่บ้านมีความแตกต่างกันในเชิงการปรับตัวเมื่อได้รับคำแนะนำในการจัดการกับภัยแล้งและในเชิงของจำนวนมาตรการการปรับตัวที่ดำเนินการในอดีตที่ผ่านมา จากการวิเคราะห์ ไม่พบลักษณะที่ชัดเจนในความแตกต่างของแต่ละหมู่บ้าน แต่พบว่า หมู่บ้านที่อยู่ใกล้ศูนย์กลางของเครือข่ายการแนะนำของลุ่มน้ำ (กล่าวคือ มีอิทธิพลทางสังคมและมีศักยภาพในการกระจายข้อมูลข่าวสาร) มีแนวโน้มที่จะปรับตัวบางอย่างในการทำการเกษตร มีความเชื่อมโยงกับแหล่งข้อมูลหลายแหล่ง และมีที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ใกล้กับผู้มีบทบาทจากหน่วยงานอื่นๆ เกษตรกรที่สร้างเครือข่ายมากกว่า จะได้รับหรือเป็นผู้ให้คำแนะนำแก่เกษตรกรรายอื่นและมีแนวโน้มที่จะปรับตัวมากกว่า งานวิจัยในประเทศไทย (Arunrat et al., 2017) พบว่า คำแนะนำที่แลกเปลี่ยนกันในเครือข่ายชุมชนมีความสำคัญและเอื้อต่อการปรับตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากคำแนะนำนั้นมีตัวอย่างของผู้ที่ดำเนินการและประสบความสำเร็จมาก่อน (Rockenbauch et al., 2019)

ระดับการศึกษาของเกษตรกรมีผลต่อการตัดสินใจปรับตัวเมื่อได้รับข้อมูลข่าวสาร โดยเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงกว่าจะมีการปรับตัวมากกว่า เกษตรกรที่อายุน้อยกว่า (20-39 ปี) จะดำเนินมาตรการปรับตัวหลายรูปแบบมากกว่าและเป็นเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกในเขตที่ราบลุ่ม ผลการวิเคราะห์ที่ได้นี้ สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่ระบุว่า ปัจจัยด้านอายุ การเข้าถึงแหล่งเงินทุน สถานะทางเศรษฐกิจสังคม ระดับการศึกษา มีผลต่อความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกร เกษตรที่เช่าที่ดินทำการเกษตรหรือเป็นลูกจ้างมีพฤติกรรมที่จะปรับตัวได้น้อยกว่าเกษตรกรที่เป็นเจ้าของที่ดินเอง (Alessandra Garbero & Muttarak, 2013; Salaisook et al., 2020)

บทบาทของข้อมูลในการยอมรับและดำเนินมาตรการการปรับตัว คำแนะนำในการรับมือกับภัยแล้งที่เกษตรกรที่ได้รับมีผลต่อการตัดสินใจปรับตัว ผลสำรวจชี้ว่าเกษตรกรได้รับคำแนะนำจากหลายแหล่งและไม่มีข้อบ่งชี้ว่าข้อมูลจากท้องถิ่นมีประสิทธิภาพสูงกว่าข้อมูลจากหน่วยงานส่วนกลางภาครัฐ ซึ่งผลที่ได้นี้เป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาก่อนหน้า (Arunrat et al., 2017; Rockenbauch et al., 2019) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลในระดับหมู่บ้านจะมีแพร่หลายและมีศักยภาพสำหรับหน่วยงานภาครัฐที่จะสนับสนุนการร่วมแก้ปัญหาภัยแล้งในท้องถิ่น (Ostrom, 1990; Vignola, McDaniels, et al., 2013)

ผลการวิเคราะห์ของโครงการฯ ในที่นำเสนอนี้เป็นผลเบื้องต้นที่อาศัยข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมประกอบ โครงการฯ มีแผนที่จะวิเคราะห์เชิงลึกมากขึ้นเกี่ยวกับการไหลของข้อมูลข่าวสาร การเข้าถึงเกษตรกรผู้รับสาร และประสิทธิภาพของข้อมูลที่มาจากหน่วยงานราชการที่เป็นข้อมูลแบบเป็นทางการเปรียบเทียบกับข้อมูลจากท้องถิ่นที่เป็นข้อมูลแบบไม่เป็นทางการ ผลการศึกษาในขั้นนี้ชี้ให้เห็นว่า การสื่อสารข้อมูลความเสี่ยงภัยแล้งและผลกระทบที่เกี่ยวข้องจะช่วยยกระดับการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งของเกษตรกรได้ การศึกษาในรายละเอียดต่อไปจะช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกที่เชื่อมโยงข้อมูลที่ได้รับสู่พฤติกรรมการปรับตัว การศึกษาที่ผ่านมาพบว่านวัตกรรมการสื่อสาร เช่น การสื่อสารผ่านสมาร์ทโฟน และการเรียนรู้แบบกลุ่ม (Peer-to-peer learning) การให้ข้อเสนอแนะ (Ofoegbu & New, 2020) และการเพิ่มระบบการติดตามและประเมินการสื่อสาร (Tesfaye et al., 2019) อาจช่วยสร้างความแข็งแรงให้เครือข่ายทางสังคม การยกระดับเครือข่ายทางสังคมทำได้หลายวิธี เช่น การปรับปรุงความสัมพันธ์ในระหว่างเกษตรกร ภาคอุตสาหกรรม และหน่วยงานราชการ (Ouedraogo et al., 2018) การปรับปรุงเนื้อหาของข้อมูลที่ใช้สื่อสาร การสร้างความน่าเชื่อถือของข้อมูล (Lebel et al., 2018) การอธิบายอย่างชัดเจนเกี่ยวกับนโยบายหรือแนวทางการปรับตัวเมื่อเกิดภัยแล้ง (Ofoegbu & New, 2020)

ข้อจำกัด เครือข่ายของเกษตรกรในการศึกษานี้มีข้อจำกัดจากประเด็นดังต่อไปนี้

1) คำตอบหรือความคิดเห็นของเกษตรกรที่เลือกมาเป็นตัวแทนซึ่งเป็นมุมมองเฉพาะบุคคล ไม่ได้สะท้อนมุมมองของเกษตรกรรายอื่นๆ ในลุ่มน้ำ
2) วิธีการวิจัย เช่น เกษตรกรอาจจำไม่ได้ว่าได้รับข้อมูลข่าวสารจากแหล่งใดในช่วงภัยแล้งที่ผ่านมา
3) การวิเคราะห์เครือข่าย เช่น การตั้งสมมติฐานว่า การสื่อสารจะผ่านไปตามเส้นทางที่สั้นที่สุด การวิเคราะห์ที่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ทุกอย่างหรือ

การสื่อสารทุกประเภทที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งได้ อย่างไรก็ตาม โครงการฯ คำนึงถึงข้อจำกัดที่มีอยู่และมีความระมัดระวังในการใช้การวิเคราะห์อธิบายผลในภาพรวม

บทที่ 7 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการศึกษา

ภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่ส่งผลกระทบอย่างกว้างขวางต่อหลายภาคส่วนทั้งในระดับชุมชน ภูมิภาค และประเทศ ภาคการเกษตรเป็นภาคส่วนหลักของประเทศไทยแต่มีความเปราะบางสูงต่อปัญหาภัยแล้ง ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะของภัยแล้งและผลกระทบของภัยแล้งต่อผลผลิตทางการเกษตรและความเป็นอยู่ของเกษตรกร และเพื่อพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรในการรรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร โครงการวิจัยนี้จึงถูกพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (stakeholders) ในการดำเนินงานโครงการ โดยให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียร่วมแสดงความคิดเห็นร่วมกับโครงการเพื่อกำหนดแนวทางการติดตามภัยแล้ง
2) เพื่อพัฒนาดัชนีสำหรับติดตามและบ่งชี้ภัยแล้งสำหรับประเทศไทย ซึ่งพัฒนาขึ้นตามกรอบความต้องการใช้งานของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
3) เพื่อเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบภัยแล้งต่อภาคการเกษตร และประเมินความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาต่อภัยแล้ง
4) เพื่อเพิ่มความสามารถของเกษตรกรไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร ผ่านการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการศึกษาแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มงาน ให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ 4 ข้อ ข้างต้น ข้อการศึกษาโดยสรุปที่ได้จากแต่ละกลุ่มงานมีดังนี้

กลุ่มงานที่ 1 การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

ในช่วงแรกของการดำเนินงาน โครงการฯ จัดประชุมร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลักที่เป็นผู้แทนจากหน่วยงานราชการที่มีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการภัยแล้ง เพื่อนำเสนอข้อมูลโครงการฯ และรับฟังข้อเสนอแนะเพื่อมาปรับแนวทางการดำเนินงานโครงการฯ ให้มีความเหมาะสมและชัดเจนยิ่งขึ้น ในระหว่างการดำเนินงาน โครงการฯ ได้จัดประชุมความก้าวหน้าในการดำเนินงานเป็นระยะอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากหน่วยงานราชการ รวมถึงเกษตรกร ได้รับทราบผลการศึกษาและเพื่อให้แน่ใจว่าผลการศึกษาที่ได้นี้เป็นประโยชน์และสามารถนำไปใช้งานได้ตรงตามความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ภาพกิจกรรมการจัดประชุมต่างๆ ของโครงการ แสดงไว้ในภาคผนวก 7-1

กลุ่มงานที่ 2 การศึกษาคุณลักษณะของภัยแล้งในประเทศไทยเพื่อปรับปรุงการจัดการและการติดตาม

โครงการฯ รวบรวมข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยาของประเทศไทย ทั้งที่เป็นข้อมูลจากสถานีตรวจวัดของกรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ และกรมอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลจากดาวเทียว แล้วนำมาสังเคราะห์เป็นดัชนีภัยแล้งที่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียให้ความเห็นว่าเป็นดัชนีที่นำไปใช้งานได้สะดวก ดัชนีภัยแล้งที่พัฒนาขึ้นนี้มีจำนวน 6 ดัชนี ได้แก่ SPI, SSI, NDVI, DSI, CDI JD และ CDI JV ซึ่งสามารถเรียกดูค่าดัชนีทั้งในเชิงเวลาและเชิงพื้นที่ได้จากเว็บแอปพลิเคชั่น https://eip.ceh.ac.uk/hydrology/star

กลุ่มงานที่ 3 ผลกระทบจากภัยแล้งและความสามารถในการปรับตัวภาคการเกษตรในลุ่มน้ำปิง

วันที่ 8 - 23 มกราคม 2563 โครงการฯ สำรวจผลกระทบจากภัยแล้งโดยการใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์เกษตรกรจำนวน 176 คนจาก 12 อำเภอใน 4 จังหวัดที่ลุ่มน้ำปิง ผลการสำรวจพบว่า

- เกษตรกรรับรู้ถึงภาวะคุกคามจากภัยแล้งที่เพิ่มมากขึ้น รวมถึงผลกระทบที่จะส่งผลยิ่งขึ้นในอนาคต
- เกษตรกรหลายคนได้มีการปรับเปลี่ยนหรือปรับตัวเพื่อรับมือกับภัยแล้ง โดยมีปัจจัยต่างๆ ที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการปรับตัวดังกล่าว รวมไปถึงลักษณะทางประชากรและลักษณะทั่วไปของเกษตรกร
- เกษตรกรหลายคนต้องการที่จะปรับตัวและรู้สึกมั่นใจในการนำยุทธวิธีการรับมือต่างๆ มาใช้ แต่หลายคนพบว่ามีข้อจำกัดด้านการเงิน หรือไม่รู้ว่าจะต้องทำอย่างไร
- โครงข่ายด้านการสื่อสารเป็นสิ่งสำคัญ โครงข่ายคำแนะนำจะสามารถช่วยบูรณาการความรู้ในท้องถิ่นและนโยบายของรัฐเพื่อนำไปสู่การรู้รับปรับตัวและฟื้นคืนกลับได้
- เกษตรกรบางคนเท่านั้นที่ตระหนักหรือทราบเกี่ยวกับโครงการชดเชยหากมีภัยแล้งเกิดขึ้น แต่ส่วนใหญ่พึงพอใจกับการชดเชยที่ได้รับในช่วงเวลาที่ผ่านมา

กลุ่มงานที่ 4 การพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตรในลุ่มน้ำปิงและประเทศไทย

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบเป็นแนวทางที่จะช่วยพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรต่อการรับมือกับภัยแล้งได้ เนื่องจากดัชนีภัยแล้งเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์สำหรับติดตามภัยแล้ง เมื่อผู้วิเคราะห์มีความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีและผลกระทบและใช้ความสัมพันธ์นี้คาดการณ์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้ จะสามารถวางแผนและเตรียมมาตรการ

ป้องกันและรับมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้วิธีการทางสถิติและแบบจำลอง Random Forest ชี้ให้เห็นว่า ระดับความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบมีความแตกต่างกันในเชิงพื้นที่และเวลา ดัชนีภัยแล้งด้านอุตุนิยมวิทยา เช่น SPI และ SPEI มีศักยภาพในการใช้คาดการณ์ผลกระทบกับพืชที่เพาะปลูก เช่น ข้าวและมันสำปะหลัง ได้ แต่อาจยังมีข้อจำกัดสำหรับการคาดการณ์ผลกระทบต่อไม้ผล

7.2 สรุปผลผลิต

ผลผลิตของโครงการตลอดช่วงระยะเวลาการดำเนินงาน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 7-1

ตารางที่ 7-1 สรุปผลผลิตที่ได้จากโครงการ

ผลผลิต	รายละเอียดเพิ่มเติม
การเผยแพร่ผลงาน	
บทความวิชาการ 5 บทความ ในหัวข้อดังนี้	
1) What is the evidence linking financial assistance for drought-affected agriculture and resilience in tropical Asia? A systematic review	ภาคผนวก 7-2 หรือ DOI: 10.1007/s10113-021-01867-y.
2) The contribution of a catchment-scale advice network to successful agricultural drought adaptation in Northern Thailand	ภาคผนวก 7-3 หรือ DOI: 10.1098/rsta.2021.0293.
3) Low-Flow Assessment Methods for Ungauged Sub-Basins in the Upper Ping River Basin, Thailand	ภาคผนวก 7-4 หรือ DOI: https://doi.org/10.14456/nuej.2023.1
4) Indicator-to-impact links to help improve agricultural drought preparedness in Thailand	ภาคผนวก 7-5 หรือ DOI: https://doi.org/10.5194/nhess-23-2419-2023, 2023
5) How do drought communications interact with farmer motivations to implemement agricultural adaptations?	ภาคผนวก 7-6

ผลผลิต	รายละเอียดเพิ่มเติม
A case study in Northern Thailand (Under review)	
ข้อเสนอเชิงนโยบายแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน	ภาคผนวก 7-7 หรือ https://www.senate.go.th/document/Ext25325/25325862_0002.PDF
แผ่นประชาสัมพันธ์	ภาคผนวก 7-8
การจัดบรรยายเผยแพร่ความรู้ 2 ครั้ง	ภาคผนวก 7-9
การพัฒนาข้อเสนอหัวข้อ (Session proposal) และนำเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการ Water Security and Climate Change Conference (WSCC)	ภาคผนวก 7-10
Website โครงการ	https://www.ceh.ac.uk/our-science/projects/strengthening-thailands-agricultural-drought-resilience-star
ฐานข้อมูล	
ข้อมูลอุต-อุทกวิทยา	ภาคผนวก 2-1 และ 2-2 หรือ https://eip.ceh.ac.uk/hydrology/star
ข้อมูลดาวเทียม	https://eip.ceh.ac.uk/hydrology/star
ข้อมูลดัชนีภัยแล้ง	https://eip.ceh.ac.uk/hydrology/star
ข้อมูลผลกระทบจากภัยแล้งในพื้นที่ศึกษา	หัวข้อ 5.3 และ 5.4
ข้อมูลชุดแบบสอบถาม	ภาคผนวก 5-1 ถึง 5-3
กระบวนการ/ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
กระบวนการเก็บข้อมูลผลกระทบจากภัยแล้ง	หัวข้อ 5.2
กระบวนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบ	หัวข้อ 5-5
แผนผังผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	หัวข้อ 3-1
การวิเคราะห์จุดแข็ง-จุดอ่อน-โอกาส-อุปสรรค	หัวข้อ 3-3

ผลผลิต	รายละเอียดเพิ่มเติม
เครื่องมือการแสดงข้อมูล	
เครื่องมือที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบ	หัวข้อ 5-5
เครือข่าย	
การจัดตั้งเครือข่ายลุ่มน้ำปิงและแนวทางการสร้างความต่อเนื่อง	หัวข้อ 7-8

7.3 ข้อเสนอแนะ

- การพัฒนาดัชนีภัยแล้งตัวอื่นๆ เพื่อให้มีความครอบคลุมและเป็นประโยชน์ในวงกว้างยิ่งขึ้นสำหรับผู้ใช้งานกลุ่มอื่นๆ ที่อยู่นอกเหนือภาคการเกษตร
- การพัฒนาระบบการติดตามภัยแล้งไปสู่การคาดการณ์ภัยแล้งในอนาคต เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปวางแผนป้องกันภัยแล้งล่วงหน้าได้
- การสำรวจข้อมูลผลกระทบจากภัยแล้งในพื้นที่อื่นๆ ของประเทศไทยเพิ่มเติม เพื่อให้การวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือและสะท้อนถึงผลกระทบที่อาจมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของประเทศได้ดียิ่งขึ้น
- การค้นคว้าหรือพัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีภัยแล้งและผลกระทบได้ชัดเจนมากขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคาดการณ์และสนับสนุนการวางแผนจัดการภัยแล้ง
- การออกแบบมาตรการจัดการภัยแล้ง ควรเน้นที่มาตรการเชิงรุกมากกว่าเชิงรับ เพื่อป้องกันและลดความเสียหายจากภัยแล้งให้น้อยที่สุด
- การออกแบบมาตรการด้านการเงิน เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งอาจจะต้องพิจารณาการช่วยเหลือแบบมีเงื่อนไขเพื่อสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ การพัฒนาศักยภาพ ที่นำไปสู่การพึ่งพิงตนเองมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย (ม.ป.ป.). มาตรฐานการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dla.go.th (วันที่ค้นข้อมูล: 13 มกราคม 2562).

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2556). การลดความเสี่ยงจากสาธารณภัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2557). การลดความเสี่ยงจากภัยพิบัติเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักงานโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ สำนักงานประเทศไทย.

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2558). แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://elibrary.trf.or.th (วันที่ค้นข้อมูล: 5 กรกฎาคม 2561)

คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (2558). แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ ปี 2558-2569. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.onwr.go.th (วันที่ค้นข้อมูล: 5 ตุลาคม 2561)

คนึง นาวงษ์ และคณะ (2545). รายงานการศึกษาโครงการเครือข่ายอนุรักษ์แม่น้ำปิง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://elibrary.trf.or.th (วันที่ค้นข้อมูล: 27 กรกฎาคม 2561).

ชฎา ณรงฤทธิ์ และคณะ (2552). รายงานการศึกษาโครงการการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศโดยกระบวนการมีส่วนร่วมของท้องถิ่นเพื่อการกำหนดเขตและรูปแบบที่เหมาะสมของกองทุนปรับตัวในการประกันความเสียหายของผลผลิตข้าวจากอุทกภัยและภัยแล้งในจังหวัดกำแพงเพชร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://elibrary.trf.or.th (วันที่ค้นข้อมูล: 27 กรกฎาคม 2561).

ทนงศักดิ์ อะโน และคณะ (2556). การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่. วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. ปีที่ 6 ฉบับที่ 2: 13-21.

ธนาคารแห่งประเทศไทย (2557). รายงานสถานการณ์สินค้าเกษตร ปี 2557 และแนวโน้มปี 2558. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.bot.or.th (วันที่ค้นข้อมูล: 7 กรกฎาคม 2561).

นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ (2557). การกำหนดดัชนีภัยแล้งที่เหมาะสำหรับประเทศไทย. รายงานการกำหนดทิศทางของนโยบายและแผนหลักการบริหารจัดการน้ำระดับประเทศและการวิจัยเพื่อลดผลกระทบจากภัยพิบัติ, สำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร

บุญฤทธิ์ ทำมืด และคณะ (2558). รายงานการศึกษาโครงการระบบสวัสดิการที่เหมาะสมกับชุมชนชาวนาเพื่อรองรับภัยแล้ง บ้านหนองบัวแปะ ตำบลสร้างแซ่ง อำเภอสีสุราช จังหวัดมหาสารคาม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://elibrary.trf.or.th (วันที่ค้นข้อมูล: 27 กรกฎาคม 2561).

“ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2555-2559” (20 กุมภาพันธ์ 2555) ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 129 ตอนพิเศษ 37 ง. หน้า 1-137.

พัฒนา วิจิตรพงษ์สกุล และคณะ (2559). การวิเคราะห์ระดับความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำสะแกกรังด้วยดัชนีน้ำฝนมาตรฐาน และดัชนีนความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร ปีที่ 24 ฉบับที่ 3: 123-135.

"พระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2561" (28 ธันวาคม 2561) ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 135 ตอนที่ 112 ก. หน้า 44-83.

"พระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2550" (7 กันยายน 2550) ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 124 ตอนที่ 52 ก. หน้า 1-18.

วิชัย กิจมี (2550). กระบวนการเรียนรู้กับศักยภาพของชุมชนในการจัดการที่ดินร่วมกันในลุ่มน้ำลี้ จังหวัดลำพูน.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิทยา เรืองฤทธิ์และฮอง-ฉาง เซี๊ยะ (2555). จากแหล่งศูนย์กลางของสถานที่สู่แหล่งศูนย์กลางของกระแสการไหล:หลักฐานหนึ่งจากภูมิภาคเมืองโคราช, การใช้วิธีทางเครือข่าย. วารสารพัฒนบริหารศาสตร์. ปีที่ 52 ฉบับที่ 1/2555: 132-157

ศุภศิลป์ กุลจิตต์เจือวงศ์ (2556). ความเสื่อมสภาพของแม่น้ำลี้และนโยบายสาธารณะ. วารสารร่มพฤกษ์ ปีที่ 31 ฉบับที่ 1 ตุลาคม 2555 - มกราคม 2556: 116-130.

ศิรินันต์ สุวรรณโมลี (2559). การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมในการรับมือกับเหตุแผ่นดินไหวของจังหวัดเชียงรายในปี 2557. วารสารวิจัยสังคม. ปีที่ 39 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน): 109-145.

ศศิธร เพียนเลิศ และคณะ (2561). การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา บริเวณลุ่มน้ำสาขาเชิญ. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ฉบับบัณฑิตศึกษา) ปีที่ 18 ฉบับที่ 3: 67-83.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.) (องค์การมหาชน) (2553). บันทึกเหตุการณ์ภัยแล้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.thaiwater.net (วันที่ค้นข้อมูล: 27 ตุลาคม 2561).

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.) (องค์การมหาชน) (2557). บันทึกเหตุการณ์ภัยแล้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.thaiwater.net (วันที่ค้นข้อมูล: 27 ตุลาคม 2561).

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.) (องค์การมหาชน) (2558). บันทึกเหตุการณ์ภัยแล้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.thaiwater.net (วันที่ค้นข้อมูล: 27 ตุลาคม 2561).

สามารถ ใจเตี้ย และกฤษณา ลางคำ (2561). ผลกระทบสุขภาพสังคมจากภัยแล้งและข้อเสนอแนะเชิงนโยบายต่อการแก้ไขผลกระทบจากภัยแล้ง: กรณีศึกษาลุ่มน้ำกวงตอนบน อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 27 ฉบับที่ 1 มกราคม - กุมภาพันธ์ 2562: 150-158.

สามารถ ใจเตี้ย และชวลิต วโรดมรรังสิมันต์ (2556). ความเสื่อมสภาพของแม่น้ำลี้และนโยบายสาธารณะ. วารสารร่มพฤกษ์ ปีที่ 31 ฉบับที่ 1 ตุลาคม 2555 - มกราคม 2556: 132-156.

สำนักวิชาการ สำนักเลขาธการสภาผู้แทนราษฎร (2558). การแก้ไขปัญหาภัยแล้งอย่างยั่งยืน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://elibrary.trf.or.th (วันที่ค้นข้อมูล: 27 กรกฎาคม 2561).

ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาค กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2551). ภัยแล้ง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://local.environnet.in.th (วันที่ค้นข้อมูล: 13 มกราคม 2562).

อภิรัฐ ปิ่นทอง และบัญชา ขวัญยืน (2557). การติดตามความแห้งแล้งด้วยดัชนีความแห้งแล้งรวม. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปีที่ 15 ฉบับที่ 2: 132-156.

อรรณุวัฒน์ วัฒนวรรณ. (2556). การปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์ในการจัดการภัยพิบัติแห่งชาติ กรณีศึกษาจากประเทศฟิลิปปินส์. เข้าถึงได้จาก http://www.ocsc.go.th/ocsc/th/files/Sample_2.pdf. (สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562).

ภาษาอังกฤษ

Bachmair, S., Svensson, C., Hannaford, J., Barker, L. J., & Stahl, K. (2016). A quantitative analysis to objectively appraise drought indicators and model drought impacts. Hydrol. Earth Syst. Sci., 20(7), 2589-2609. doi:10.5194/hess-20-2589-2016

Bastakoti, R., Shivakoti, G., & Lebel, L. (2010). Local Irrigation Management Institutions Mediate Changes Driven by External Policy and Market Pressures in Nepal and Thailand (Vol. 46).

Bhalme, H. N., & Mooley, D. A. (1980). Large-scale droughts/floods and monsoon circulation. Monthly Weather Review, 108(8), 1197-1211.

Bhalme, H. N., & Mooley, D. A. (1980). Large scale droughts/floods and monsoon circulation Monthly Weather Review, 108, 197-1211.

Bryant, S., Arnell, N., & Law, F. (1992). The long term context for the current hydrological drought. Management of scarce water resources, 8, 39–51.

Byun, H.-R., & Wilhite, D. A. (1999). Objective quantification of drought severity and duration. Journal of Climate, 12(9), 2747-2756.

Byun, H. R., & Wilhite, D. A. (1999). Objective quantification of drought severity and duration. American Meteorological Society, 12, 2747-2756.

Cai, G., Du, M., & Liu, Y. (2011). Regional Drought Monitoring and Analyzing Using MODIS Data — A Case Study in Yunnan Province, Berlin, Heidelberg.

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). (2018). Review of disaster events. [online]. Available: http://www.cred.be (accessed on 28 Feb 2019).

Choo, C. W. (2009). Information use and early warning effectiveness: Perspectives and prospects. Journal of the Association for Information Science and Technology, 60(5), 1071-1082.

Department of Environment Quality Promotion. (1994). Drought. (Online). Available: https://local.environ net.in.th/formal_data2.php?id=72, (accessed on 1 March 2019).

Franzetti, F, et al. (2017). Renewing Local Planning to Face Climate Change in the Tropics. Green Energy and Technology. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-319-59096-7_9.

Ghulam, A., Qin, Q., Teyip, T., & Li, Z.-L. (2007c). Modified perpendicular drought index (MPDI): a real-time drought monitoring method. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 62(2), 150-164.

Guo, H., Bao, A., Liu, T., Ndayisaba, F., He, D., Kurban, A., & De Maeyer, P. (2017). Meteorological Drought Analysis in the Lower Mekong Basin Using Satellite-Based Long-Term CHIRPS Product (Vol. 9).

Hardisky, M., Klemas, V., & Smart, R. M. (1983). The influence of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral radiance of Spartina alterniflora canopies. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 49, 77-83.

Hayes, M. J. (2006). Drought indices. Wiley Online Library. Center. (Online). Available: http://drought.unl. edu/whatis/indices.htm (accessed 15 March 2019)

Homdee, T., Pongput, K., & Kanae, S. (2016). A comparative performance analysis of three standardized climatic drought indices in the Chi River basin, Thailand (Vol. 50).

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote sensing of Environment, 83(1), 195-213.

Huete, A. R. (1988). A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). Remote sensing of Environment, 25(3), 295-309.

Huggins, L. J. (2007). อ้างใน ศิรินันต์ สุวรรณโมลี (2559). การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคมในการรับมือกับเหตุแผ่นดินไหวของจังหวัดเชียงรายในปี 2557. วารสารวิจัยสังคม. ปีที่ 39 ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน): 109-145.

Jackson, R. D., Idso, S. B., Reginato, R. J., & Pinter, P. J. (1981). Canopy temperature as a crop water stress indicator. Water Resources Research, 17, 1133.

Jaitae, S. and Warodomrungsimun, C. (2013). The Li river's deterioration and public policy. Rom Phruek, 31, 132-156.

Katz, R. W., & Glantz, M. H. (1986). Anatomy of a rainfall index. Monthly Weather Review, 114, 764–771

Keyantash, J., & Dracup, J. A. (2002). The quantification of drought: An evaluation of drought indices. Bull. Amer. Meteor. Soc, 83, 1167–1180.

Keyantash, J., & Dracup, J. A. (2002). The quantification of drought: an evaluation of drought indices. Bulletin of the American Meteorological Society, 83(8), 1167-1180.

Kogan, F. (1990). Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. International Journal of Remote Sensing, 11(8), 1405-1419.

Lebel et al. (2009). Water Policy Entrepreneurs: A Research Companion to Water Transitions Around the Globe. UK: Edward Elgar Publishing.

McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration of time scales. Paper presented at the Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Anaheim CA.

McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Paper presented at the Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology.

Nalbantis, I., & Tsakiris, G. (2009). Assessment of hydrological drought revisited. Water resources management, 23(5), 881-897.

Niemeyer, S. (2008). New drought indices, 80, 267-274.

Palmer, W. C. (1965). Meteorological drought. US Department of Commerce, Weather Bureau Washington, DC. (Vol. 30).

Palmer, W. C. (1968). Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new crop moisture index. Weatherwise, 22, 156-161.

Pandey, S., Bhandari, H., Ding, S., Prapertchob, P., Sharan, R., Naik, D., & Sastri, A. (2007). Coping with drought in rice farming in Asia: insights from a cross-country comparative study (Vol. 37).

Rahmat, S. N., Jayasuriya, N., & Bhuiyan, M. (2015). Development of drought severity-duration-frequency curves in Victoria, Australia (Vol. 19).

Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. Geographical review, 38(1), 55-94.

Tsakiris, G., & Vangelis, H. (2005). Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. Eur Water, 9, 1-10.

Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote sensing of Environment, 8(2), 127-150.

Tucker, C. J., & Choudhury, B. J. (1987). Satellite remote sensing of drought conditions. Remote Sensing of Environment, 23(2), 243-251. doi:https://doi.org/10.1016/0034-4257(87)90040-X

UN Secretariat General. (1994). United Nations convention to combat drought and desertification in countries experiencing serious droughts and/or desertification. Particularly in Africa. UN Press, New York.

Van Rooy, M. (1965). A rainfall anomaly index independent of time and space. Notos, 14(43), 6.

Van Rooy, M. P. (1965). A Rainfall Anomaly Index independent of time and space. Notos, 6, 14-43.

Varda, D. M., Forgette, R., Banks, D., & Contractor, N. (2009). Social Network Methodology in the Study of Disasters: Issues and Insights Prompted by Post-Katrina Research. Population Research and Policy Review, 28(1), 11-29. doi:10.1007/s11113-008-9110-9

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. Journal of Climate, 23(7), 1696-1718.

Ruangrit, V. (2012). A Social Network Analysis of Commuting Flows in the Korat City Region. Veridian E-Journal, 5(3), 254-266.

Vlachos, E., & James, L. D. (1983). Drought impacts. Coping With Droughts. Water Resources Publications, Littleton, CO, 44-73.

Wilhite, D., & Glantz, M. (1985). Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. (Vol. 10).

World Meteorological Organization. (1986). Report on Drought and Countries Affected by Drought. During1974–1985. WMO. Geneva. p. 118.

Yevjevich, V. M. (1967). An Objective Approach to Definitions and Investigations of Continental Hydrologic Droughts. Hydrological Papers, (Vol. 23).

ภาคผนวก

ภาคผนวก 2-1
ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีน้ำฝน

ภาคผนวก 2-1 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีน้ำฝน จากกรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ และกรมอุตุนิยมวิทยา

ลำดับ	สถานี	ที่อยู่	Lat	Long
1	300001	ที่ว่าการอำเภอขุนยาม	18.829	97.939
2	300004	สถานีทดลองข้าวแม่ฮ่องสอน อป.	19.590	98.218
3	300201	สตอ.แม่ฮ่องสอน	19.298	97.968
4	300202	สตอ.แม่สะเรียง	18.157	97.935
5	327003	ที่ว่าการอำเภอจอมทอง	18.416	98.680
6	327006	ที่ว่าการอำเภอพร้าว	19.364	99.205
7	327007	ที่ว่าการอำเภอแม่แจ่ม	18.498	98.365
8	327008	ที่ว่าการอำเภอออมก๋อย	17.796	98.360
9	327009	ที่ว่าการอำเภอสะเมิง	18.848	98.736
10	327011	ที่ว่าการอำเภอสารภี	18.713	99.041
11	327012	ที่ว่าการอำเภอสันทราย	18.848	99.048
12	327014	ที่ว่าการอำเภอสันป่าตอง	18.627	98.899
13	327016	ที่ว่าการอำเภอเชียงดาว	19.365	98.967
14	327022	นิคมสร้างตนเองเขื่อนภูมิพล	17.917	98.683
15	327023	ศูนย์พัฒนาปิโตรเลียมภาคเหนือ	19.850	99.213
16	327025	สวนป่าแม่หอพระ อ.แม่แตง	19.067	99.217
17	327027	ศูนย์ทดลองปลูกพันธุ์ไม้บ่อ	18.150	98.393
18	327501	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ	18.840	98.976
19	328001	ที่ว่าการอำเภอแจ้ห่ม	18.702	99.570
20	328005	ที่ว่าการอำเภอเถิน	17.611	99.219
21	328007	ที่ว่าการอำเภอสบปราบ	17.879	99.341
22	329005	บ้านโข่ง	18.314	98.823
23	329006	บ้านก้อจัดสรร	17.656	98.775
24	329201	สกษ.ลำพูน	18.583	99.033
25	373006	ที่ว่าการอำเภอบ้านด่านลานหิน	17.004	99.577
26	376002	ที่ว่าการอำเภอแม่ระมาด	16.981	98.521
27	376007	ศูนย์วิจัยบำรุงพันธุ์สัตว์	16.917	99.117

ลำดับ	สถานี	ที่อยู่	Lat	Long
28	376202	สตอ.แม่สอด	16.712	98.579
29	376203	สตอ.เขื่อนภูมิพล	17.233	99.053
30	376401	สอท.อุ้มผาง	16.016	98.867
31	380002	ที่ว่าการอำเภอพรานกระต่าย	16.663	99.592
32	380201	สกษ.กำแพงเพชร	16.482	99.524
33	400002	ที่ว่าการอำเภอลาดยาว	15.749	99.792
34	400011	แผนกสัตว์บาลที่ 2 อำเภอเมือง	15.650	100.167
35	410006	ที่ว่าการอำเภอสว่างอารมณ์	15.582	99.864

ภาคผนวก 2-2
ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอุทกวิทยา

ภาคผนวก 2-2 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีอุทกวิทยาที่รวบรวมจากกรมทรัพยากรน้ำ

ลำดับ	สถานี	ที่อยู่	Lat	Long
1	P.1	สะพานนวรัฐ	18.7861	99.0075
2	P.2A	บ้านท่าแค	16.8539	99.1306
3	P.4A	บ้านแม่แตง	19.1208	98.9481
4	P.5	สะพานท่าสิงห์พิทักษ์	18.5756	99.0122
5	P.7A	ในเมือง	16.4772	99.5183
6	P.12C	บ้านย่านรี	17.2408	99.025
7	P.14	แก่งออบหลวง	18.2306	98.5606
8	P.15	หน้าวัดศรีภิรมย์	16.2139	99.7239
9	P.17	บ้านท่างิ้ว	15.9339	99.9806
10	P.20	บ้านเชียงดาว	19.3525	98.9736
11	P.21	บ้านริมใต้	18.9292	98.9444
12	P.56A	บ้านสหกรณ์ร่มเกล้า	19.2844	99.1897
13	P.67	บ้านแม่แต	19.0197	98.9617
14	P.73	บ้านสบสอย	18.2903	98.6503
15	P.75	บ้านช่อแล	19.1494	99.0119
16	P.76	บ้านแม่อีไอ	18.1397	98.8994
17	P.77	บ้านสบแม่สะป๊วด	18.4325	99.0839
18	P.78	บ้านสามเรือน	16.1842	99.6025

ภาคผนวก 3-1
รายงานบทบาทหน้าที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการน้ำ

1. คณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ

คณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติเป็นองค์กรระดับชาติโดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 1-1 ที่จัดตั้งขึ้นตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการบริหารทรัพยากรน้ำแห่งชาติ พ.ศ. 2550 เรียกโดยย่อ “กนช.” ประกอบด้วย

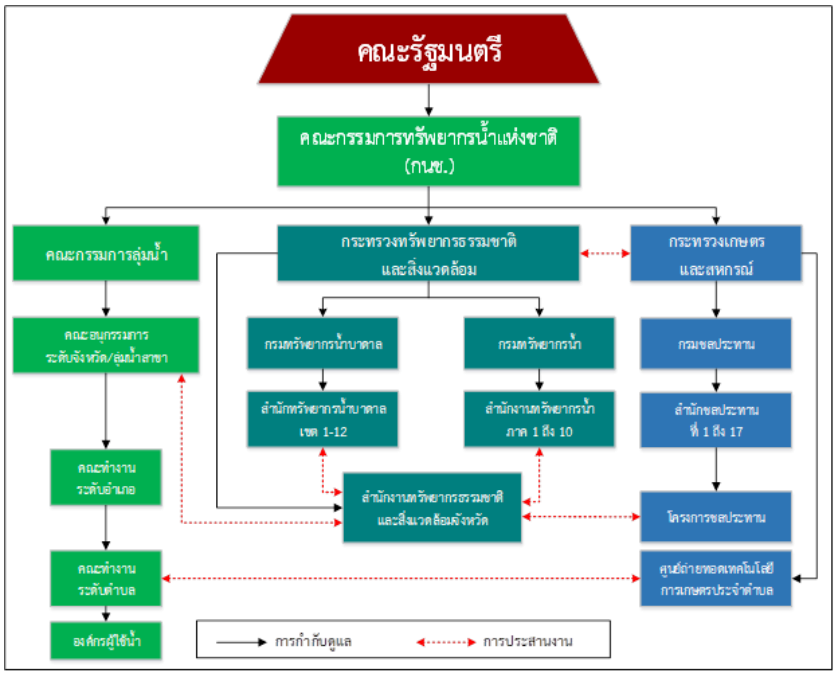
1) นายกรัฐมนตรี เป็นประธานกรรมการ
2) รองนายกรัฐมนตรีที่นายกรัฐมนตรีมอบหมาย เป็นรองประธานกรรมการ
3) กรรมการโดยมีตำแหน่ง รัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงาน รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม เลขาธิการคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ เลขาธิการคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ และผู้อำนวยการสำนักงบประมาณ
4) กรรมการผู้แทนคณะกรรมการลุ่มน้ำ ซึ่งได้รับการคัดเลือกมาจากกรรมการลุ่มน้ำ ผู้แทนองค์กรผู้ใช้น้ำ กรรมการลุ่มน้ำผู้แทนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และกรรมการลุ่มน้ำผู้ทรงคุณวุฒิ
5) กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งนายกรัฐมนตรีแต่งตั้งจากผู้ที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ ประสบการณ์และผลงานเป็นที่ประจักษ์ไม่น้อยกว่าห้าปีในด้านการเกษตร ด้านทรัพยากรน้ำ ด้านผังเมือง ด้านสิ่งแวดล้อม หรือด้านอุตสาหกรรม

คณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ เป็นหน่วยงานรับผิดชอบการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในประเทศ (National Water Board) ที่สามารถบริหารจัดการและสั่งการหน่วยงานด้านทรัพยากรน้ำของประเทศได้อย่างเป็นเอกภาพ และปรับปรุงให้คณะกรรมการลุ่มน้ำเป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพในการสะท้อนความต้องการของภาคีการพัฒนาในพื้นที่ และสามารถเสริมสร้างการมีส่วนร่วมและเอกภาพในการบริหารจัดการน้ำภายในลุ่มน้ำของประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีอำนาจหน้าที่ดังนี้

1) จัดทำนโยบายและแผนแม่บทเกี่ยวกับการบริหารทรัพยากรน้ำที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ เพื่อเสนอคณะรัฐมนตรีให้ความเห็นชอบ
2) พิจารณาและให้ความเห็นชอบแผนปฏิบัติการของหน่วยงานของรัฐและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ และแผนงบประมาณการบริหารทรัพยากรน้ำบบ

บูรณาการให้สอดคล้องกับนโยบายและแผนแม่บท และเสนอคณะรัฐมนตรี เพื่อพิจารณาในการจัดทำงบประมาณประจำปี

3) พิจารณาและให้ความเห็นชอบแผนแม่บทการใช้ การพัฒนา การบริหารจัดการ การบำรุงรักษา การฟื้นฟู และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำในเขตลุ่มน้ำต่างๆ ตามที่คณะกรรมการลุ่มน้ำเสนอ
4) กำกับ ดูแล เร่งรัด ตรวจสอบ ติดตาม และให้คำแนะนำแก่หน่วยงานของรัฐ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการดำเนินการตามนโยบาย และแผนแม่บท รวมทั้งแผนปฏิบัติการและแผนงบประมาณ และรายงานให้คณะรัฐมนตรีทราบทุกสิ้นปีงบประมาณ
5) พิจารณาและให้ความเห็นชอบผังน้ำที่สำนักงานเสนอ และประกาศกำหนดผังน้ำ
6) เสนอแนะหรือมอบหมายแนวทางแก่หน่วยงานของรัฐ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในการบังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวกับการบริหารทรัพยากรน้ำให้มีคุณภาพ และการจัดการมลพิษทางน้ำที่อยู่ในหน้าที่และอำนาจของหน่วยงานของรัฐหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นนั้น
7) เสนอคณะรัฐมนตรีพิจารณาแก้ไขปัญหาจากการปฏิบัติงานของหน่วยงานของรัฐ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต่างๆ ซึ่งปฏิบัติตามกฎหมาย หรือระเบียบของแต่ละหน่วยงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการใช้ การพัฒนา การบริหารจัดการ การบำรุงรักษา การฟื้นฟู และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ เพื่อให้เกิดการบูรณาการ และการมีส่วนร่วมของประชาชน



รูปที่ 1-1 โครงสร้างองค์กรบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของชาติ

8) กำหนดหน่วยงานของรัฐและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีหน้าที่ต้องให้ความร่วมมือต่อสำนักงานในการรวบรวมข้อมูล เชื่อมต่อข้อมูล และบูรณาการข้อมูลด้านทรัพยากรน้ำ
9) กำหนดกรอบ หลักเกณฑ์ และแนวทางการปฏิบัติงานของคณะกรรมการลุ่มน้ำ และลำดับความสำคัญของการใช้น้ำสำหรับกิจการประเภทต่างๆ เพื่อให้คณะกรรมการลุ่มน้ำนำไปพิจารณาในการจัดสรรน้ำ และควบคุมการใช้น้ำในแต่ละลุ่มน้ำ
10) พิจารณาและให้ความเห็นชอบแผนป้องกัน และแก้ไขภาวะน้ำแล้ง และแผนป้องกัน และแก้ไขภาวะน้ำท่วมของคณะกรรมการลุ่มน้ำต่างๆ เพื่อบูรณาการการป้องกันและแก้ไขภาวะน้ำท่วมระหว่างลุ่มน้ำ
11) พิจารณา และให้ความเห็นชอบการอนุญาตการใช้น้ำประเภทที่สาม และการเพิกถอนใบอนุญาตการใช้น้ำประเภทที่สาม
12) พิจารณาและให้ความเห็นชอบการผันน้ำระหว่างลุ่มน้ำ และการผันน้ำจากแหล่งน้ำระหว่างประเทศหรือแหล่งน้ำต่างประเทศ
13) ไกล่เกลี่ย และชี้ขาดข้อพิพาทระหว่างคณะกรรมการลุ่มน้ำ
14) เสนอแนะเกี่ยวกับการตรา การออกหรือการแก้ไขเพิ่มเติมพระราชกฤษฎีกาหรือกฎกระทรวงตามพระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ
15) เสนอแนะต่อคณะรัฐมนตรี หน่วยงานของรัฐ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องให้มีการตรากฎหมายหรือแก้ไขเพิ่มเติมกฎหมาย กฎ ระเบียบ ข้อบังคับ หรือข้อบัญญัติท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับการบริหารทรัพยากรน้ำ
16) ออกระเบียบกำหนดมาตรการในการส่งเสริมและสนับสนุนให้ภาคเอกชน ประชาชน และชุมชนที่เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในด้านการใช้ การพัฒนา การบริหารจัดการ การบำรุงรักษา การฟื้นฟู การอนุรักษ์ และการดำเนินการอื่นใดเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ
17) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่กำหนดในพระราชบัญญัตินี้ หรือที่กฎหมายอื่นกำหนดให้เป็นหน้าที่และอำนาจของ กนช. หรือตามที่คณะรัฐมนตรีหรือนายกรัฐมนตรีมอบหมาย

นอกนั้น การจัดทำนโยบายและแผนแม่บทเกี่ยวกับการบริหารทรัพยากรน้ำให้ครอบคลุมถึงการรักษาและแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำด้วย การเสนอข้อพิพาทระหว่างคณะกรรมการลุ่มน้ำเพื่อให้ กนช. ไกล่เกลี่ยและชี้ขาดให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ และวิธีการที่ กนช. กำหนด ให้ กนช. ติดตามและประเมินผลการดำเนินการ รวมทั้งพิจารณาทบทวน หรือปรับปรุงแผนปฏิบัติการเกี่ยวกับการบริหารทรัพยากรน้ำให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงที่มีความเปลี่ยนแปลง และรายงานต่อคณะรัฐมนตรีทุกปี ในการปฏิบัติหน้าที่ กนช. อาจมอบหมายให้กรรมการเป็นผู้รับผิดชอบในกิจการด้านต่างๆ ที่อยู่ในหน้าที่และอำนาจของ

กนช. แล้วรายงานต่อ กนช. หรือดำเนินการตามที่ กนช. มอบหมาย รวมทั้งมีอำนาจแต่งตั้งคณะอนุกรรมการเพื่อพิจารณา เสนอแนะ หรือปฏิบัติการอย่างหนึ่งอย่างใดตามที่ กนช. มอบหมายได้

สำนักงานเลขานุการของ กนช. โดยให้มีหน้าที่และอำนาจ ดังต่อไปนี้

1) รับผิดชอบงานธุรการของ กนช. และคณะอนุกรรมการ
2) กลั่นกรอง และเสนอความเห็นต่อ กนช. เพื่อประกอบการพิจารณาดำเนินการ
3) จัดทำผังน้ำเสนอ กนช. เพื่อพิจารณาให้ความเห็นชอบ
4) ประสานการดำเนินงานกับคณะกรรมการลุ่มน้ำ หน่วยงานของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และภาคส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อปฏิบัติการ
5) รวบรวมและจัดเตรียมข้อมูล ศึกษา วิเคราะห์ วิจัย และริเริ่มกิจกรรมหรือโครงการใดๆ เพื่อประโยชน์ในการดำเนินงานของ กนช.
6) ให้คำแนะนำ และสนับสนุนหน่วยงานของรัฐ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับการบริหารทรัพยากรน้ำ รวมทั้งการดำเนินงานของคณะกรรมการลุ่มน้ำตามที่ได้รับการร้องขอ
7) อำนวยการ และกำกับดูแลโครงการสำคัญระดับชาติหรือโครงการเร่งด่วนที่จำเป็นต้องมีการประสานการทำงานหลายหน่วยงานตามที่ กนช. มอบหมาย
8) ติดตาม ประเมินผล และเสนอความเห็นเกี่ยวกับการดำเนินงานของคณะกรรมการลุ่มน้ำ หน่วยงานของรัฐ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับการบริหารทรัพยากรน้ำ และรายงานต่อ กนช.
9) กำกับดู แลและบริหารจัดการระบบสารสนเทศทรัพยากรน้ำโดยให้หน่วยงานที่ กนช. กำหนดสนับสนุนข้อมูลและเชื่อมโยงระบบสารสนเทศที่เป็นปัจจุบันเพื่อประโยชน์ในการบริหารทรัพยากรน้ำ ทั้งในภาวะปกติ และภาวะวิกฤต
10) ส่งเสริมและสนับสนุนให้ภาคเอกชน ประชาชน และชุมชนที่เกี่ยวข้องมีส่วนร่วมในด้านการใช้ การพัฒนา การบริหารจัดการ การบำรุงรักษา การฟื้นฟู การอนุรักษ์ และการดำเนินการอื่นใดเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ
11) จัดทำงบประมาณเพื่อเป็นค่าใช้จ่ายสำหรับเบียประชุม ค่าพาหนะ ค่าเบี้ยเลี้ยง ค่าเช่าที่พัก และค่าใช้จ่ายอย่างอื่นที่เกี่ยวกับการด้านเนินงานของ กนช. คณะกรรมการลุ่มน้ำ และคณะอนุกรรมการ
12) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่กำหนดในพระราชบัญญัติทรัพยากน้ำ หรือตามที่ กนช. มอบหมาย

ปัจจุบัน คณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบให้ คณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ ทำหน้าที่ผลักดันและขับเคลื่อนแผนยุทูศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ (ปี พ.ศ. 2558-2569) ให้เกิดผลอย่างเป็นรูปธรรม และมีประสิทธิภาพอย่างมีเอกภาพบูรณาการและสอดคล้องสัมพันธ์กันทั้ง

ระดับประเทศและลุ่มน้ำ โดยการมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนในการเสนอแนะนโยบายหรือแผนงาน และแผนปฏิบัติการในภาพรวม ทั้งในภาวะปกติและในภาวะวิกฤติ เสนอคณะรัฐมนตรีพิจารณาให้ความเห็นเพื่อให้ส่วนราชการหรือหน่วยงานของรัฐนำไปปฏิบัติ

ในกรณีเกิดปัญหาวิกฤตินำ้จนอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของคน สัตว์ หรือพืช หรืออาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สินของประชาชนหรือของรัฐอย่างรุนแรง ให้นายกรัฐมนตรีมีอำนาจจัดตั้ง “**ศูนย์บัญชาการเฉพาะกิจ**” โดยนายกรัฐมนตรีเป็นผู้บัญชาการ และมีอำนาจออกคำสั่งให้หน่วยงานของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ข้าราชการฝ่ายพลเรือน เจ้าหน้าที่ของหน่วยงานของรัฐ เจ้าหน้าที่ฝ่ายปกครองหรือตำรวจ เจ้าหน้าที่ฝ่ายทหาร พนักงานส่วนท้องถิ่น หรือบุคคลใดๆ ร่วมกันกระทำหรือห้ามกระทำการใดๆ เพื่อการป้องกัน แก้ไข ควบคุม ระงับ หรือบรรเทาปัญหาวิกฤตินำ้เป็นการชั่วคราวจนกว่าปัญหาวิกฤตินำ้จะผ่านพ้นไป

เมื่อนายกรัฐมนตรีได้ออกคำสั่งตามวรรคสองแล้ว ให้ประกาศคำสั่งดังกล่าวในราชกิจจานุเบกษาโดยมิชักช้า ในการปฏิบัติการตามหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ของศูนย์บัญชาการเฉพาะกิจหรือการปฏิบัติตามคำสั่งของนายกรัฐมนตรี หากเจ้าหน้าที่ของศูนย์บัญชาการเฉพาะกิจ ข้าราชการฝ่ายพลเรือน เจ้าหน้าที่ของหน่วยงานของรัฐ เจ้าหน้าที่ฝ่ายปกครองหรือตำรวจ เจ้าหน้าที่ฝ่ายทหาร พนักงานส่วนท้องถิ่น หรือบุคคลใด ได้ดำเนินการไปตามหน้าที่และอำนาจ และได้กระทำไปพอสมควรแก่เหตุ และมิได้ประมาทเลินเล่ออย่างร้ายแรง ให้ผู้นั้นพ้นจากความผิดและความรับผิดทั้งปวง เมื่อการดำเนินการแก้ไขปัญหาวิกฤตินำ้แล้วเสร็จ ให้สำนักงานรายงาน และจัดทำสรุปผล การดำเนินการแก้ไขปัญหาวิกฤตินำ้เสนอต่อรัฐสภาเพื่อทราบโดยมิชักช้า

คณะกรรมการทรัพยากรนำ้แห่งชาติมีหน้าที่ในการแต่งตั้งคณะกรรมการลุ่มนำ้ขึ้นเพื่อปฏิบัติหน้าที่ในแต่ละลุ่มน้ำ นอกจากนั้นคณะกรรมการลุ่มน้ำยังได้มีการจัดตั้งคณะทำงานด้านวิชาการ และคณะทำงานระดับจังหวัด อำเภอ และตำบลอีกด้วย

2. คณะกรรมการลุ่มนำ้

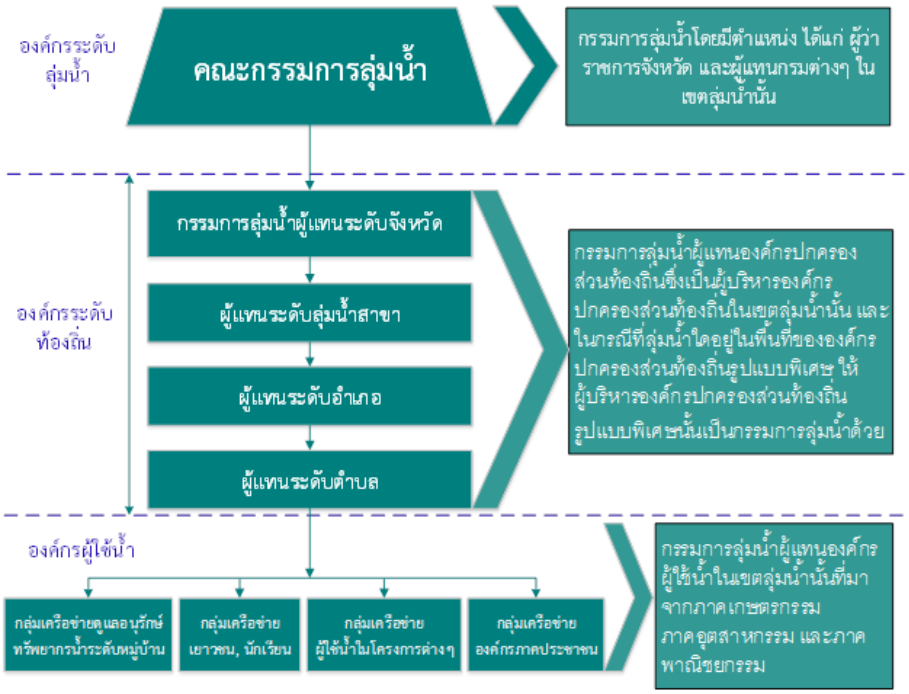
คณะกรรมการลุ่มนำ้ คือ บุคคลที่คัดเลือกจากข้าราชการ ผู้แทนรัฐวิสาหกิจผู้แทนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ผู้แทนองค์กรผู้ใช้นำ้ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเกี่ยวกับทรัพยากรนำ้ ซึ่งปฏิบัติหน้าที่หรืออาศัยอยู่ในลุ่มน้ำ และผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับการบริหารจัดการทรัพยากรนำ้ โดยมีสัดส่วนและจำนวนตามความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ลุ่มนำ้ สำหรับประธานกรรมการ และเลขานุการให้แต่งตั้งจากคณะกรรมการในลุ่มนำ้นั้นๆ และให้มีผู้ช่วยเลขานุการตามความจำเป็น

กรรมการลุ่มน้ำโดยมีตำแหน่ง ได้แก่ ผู้ว่าราชการจังหวัดในเขตลุ่มน้ำนั้น ผู้แทนกรมควบคุมมลพิษ ผู้แทนกรมเจ้าท่า ผู้แทนกรมชลประทาน ผู้แทนกรมทรัพยากรน้ำ ผู้แทนกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ผู้แทนกรมที่ดิน ผู้แทนกรมประมง ผู้แทนกรมป้องกันและบรรเทาภัยแล้ง ผู้แทนกรมป่าไม้ ผู้แทนกรมพัฒนาที่ดิน ผู้แทนกรมโยธาธิการและผังเมือง ผู้แทนกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น และผู้แทนกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ในกรณีที่ลุ่มน้ำใดมีพื้นที่ติดต่อกับชายแดน ให้มีผู้แทนกระทรวงกลาโหมเข้าร่วมเป็นกรรมการลุ่มน้ำ หรือในกรณีที่ลุ่มน้ำใดมีพื้นที่ติดต่อกับชายฝั่งทะเล ให้มีผู้แทนกรมทรัพยากรทางทะเล และชายฝั่งเข้าร่วมเป็นกรรมการลุ่มน้ำ หรือในกรณีที่ลุ่มน้ำใดอยู่ในพื้นที่จังหวัดนราธิวาส จังหวัดปัตตานี และจังหวัดยะลา ให้มีผู้แทนศูนย์อำนวยการบริหารจังหวัดชายแดนภาคใต้เข้าร่วมเป็นกรรมการลุ่มน้ำด้วย

กรรมการลุ่มน้ำผู้แทนองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นซึ่งเป็นผู้บริหารองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตลุ่มน้ำนั้น จังหวัดละหนึ่งคน และในกรณีที่ลุ่มน้ำใดอยู่ในพื้นที่ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นรูปแบบพิเศษ ให้ผู้บริหารองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นรูปแบบพิเศษนั้นเป็นกรรมการลุ่มน้ำด้วย

กรรมการลุ่มน้ำผู้แทนองค์กรผู้ใช้น้ำในเขตลุ่มน้ำนั้นที่มาจากภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และภาคพาณิชยกรรม ภาคละสามคน ส่วนกรรมการลุ่มน้ำผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ จำนวนสี่คน ให้ผู้ว่าราชการจังหวัดเลือกกันเองเพื่อเป็นประธานกรรมการลุ่มน้ำ และให้คณะกรรมการลุ่มน้ำเลือกกรรมการลุ่มน้ำอีกสองคนเป็นรองประธานกรรมการลุ่มนั้น ทั้งนี้ การเลือกประธานกรรมการลุ่มน้ำ และรองประธานกรรมการลุ่มน้ำให้กระทำทุกสามปี ให้ผู้อำนวยการสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติภาคแต่งตั้งข้าราชการของสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติภาคเป็นกรรมการลุ่มน้ำและเลขานุการ และผู้ช่วยเลขานุการอีกไม่เกินสองคน โครงสร้างคณะกรรมการลุ่มน้ำแสดงในรูป 1-2



รูปที่ 1-2 โครงสร้างคณะกรรมการลุ่มน้ำ

คณะกรรมการลุ่มน้ำ มีหน้าที่และอำนาจเกี่ยวกับการบริหารทรัพยากรน้ำในเขตลุ่มน้ำ รวมทั้งให้มีหน้าที่ และอำนาจ ดังต่อไปนี้

1) จัดทำแผนแม่บทการใช้ การพัฒนา การบริหารจัดการ การบำรุงรักษา การฟื้นฟูและการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำในเขตลุ่มน้ำเสนอ กนช. เพื่อให้ความเห็นชอบ
2) จัดทำแผนป้องกันและแก้ไขภาวะน้ำแล้ง และแผนป้องกันและแก้ไขภาวะน้ำท่วม เสนอ กนช. เพื่อให้ความเห็นชอบ
3) พิจารณาปริมาณการใช้น้ำ การจัดสรรน้ำ และจัดลำดับความสำคัญในการใช้น้ำในเขตลุ่มน้ำ และควบคุมการใช้น้ำให้เป็นไปตามกรอบ หลักเกณฑ์ และแนวทางที่ กนช. กำหนด
4) กำหนดหลักเกณฑ์ และระเบียบการใช้ การพัฒนา การบริหารจัดการ การบำรุงรักษา การฟื้นฟูและการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำในเขตลุ่มน้ำ ทั้งนี้ ภายใต้กรอบและแนวทางที่ กนช. กำหนด
5) ให้ความเห็นชอบการอนุญาตการใช้น้ำประเภทที่สอง และการเพิกถอนใบอนุญาตการใช้น้ำประเภทที่สอง
6) พิจารณาและเสนอความเห็นเกี่ยวกับการผันน้ำระหว่างลุ่มน้ำต่อ กนช.
7) เสนอความเห็นต่อ กนช. เกี่ยวกับแผนงานและโครงการในการดำเนินการใดๆ เกี่ยวกับทรัพยากรน้ำในเขตลุ่มน้ำ
8) รับเรื่องร้องทุกข์ ไกล่เกลี่ย และชี้ขาดข้อพิพาทระหว่างผู้ใช้น้ำ

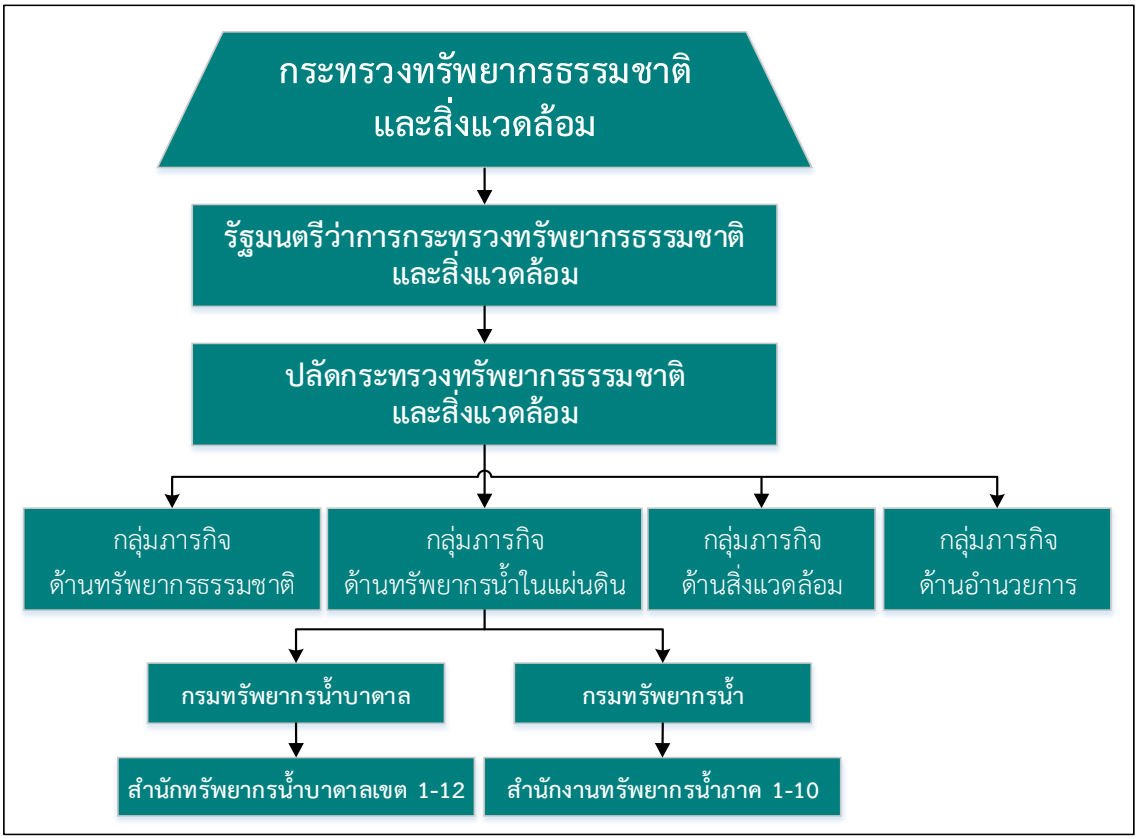
9) ประสานงานกับหน่วยงานของรัฐ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องในการบังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช การพัฒนา การบริหารจัดการ การบำรุงรักษา การฟื้นฟู และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ และกฎหมายเกี่ยวกับมลพิษทางน้ำในเขตลุ่มน้ำนั้น
10) ส่งเสริมและรณรงค์การสร้างจิตสำนึกแก่ประชาชนในการใช้ การพัฒนา การบริหารจัดการ การบำรุงรักษา การฟื้นฟู และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำในเขตลุ่มน้ำ
11) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่กำหนดในพระราชบัญญัตินี้ หรือที่กฎหมายอื่นกำหนดให้เป็นหน้าที่ และอำนาจของคณะกรรมการลุ่มน้ำ หรือตามที่ กนช. มอบหมาย

3. องค์กรผู้ใช้น้ำ

องค์กรผู้ใช้น้ำ คือ บุคคลซึ่งใช้น้ำในบริเวณใกล้เคียงกันและอยู่ในเขตลุ่มน้ำเดียวกันมีสิทธิรวมตัวกันจดทะเบียนก่อตั้งองค์กรผู้ใช้น้ำเพื่อประโยชน์ร่วมกันเกี่ยวกับการใช้ การพัฒนา การบริหารจัดการ การบำรุงรักษา การฟื้นฟู และการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำในหมู่สมาชิกขององค์กรผู้ใช้น้ำ วัตถุประสงค์ หน้าที่และอำนาจ และการดำเนินงานขององค์กรผู้ใช้น้ำ รวมทั้งหลักเกณฑ์ ขั้นตอน และวิธีการก่อตั้งองค์กรผู้ใช้น้ำให้เป็นไปตามที่กำหนดในกฎกระทรวงที่ออกโดยนายกรัฐมนตรี หน้าที่ และอำนาจขององค์กรผู้ใช้น้ำในแต่ละลุ่มน้ำจะแตกต่างกันโดยคำนึงถึงสภาพอุทกวิทยา สภาพภูมิศาสตร์ ระบบนิเวศ วัฒนธรรม จารีตประเพณี วิถีชีวิตของประชาชนในการใช้น้ำประเภทต่างๆ และความจ้าเป็นในการบริหารจัดการด้วย

4. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยงานราชการไทย มีอำนาจหน้าที่เกี่ยวกับการสงวน อนุรักษ์ และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม จัดการการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน และดูแลหน่วยงานราชการอื่น ตามที่มีกฎหมายกำหนดให้เป็นอำนาจหน้าที่ ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม หรือส่วนราชการที่สังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 1-3 โครงสร้างกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม

โครงสร้างกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมดังแสดงในรูปที่ 1-3 รวมมี 4 กลุ่มภารกิจที่อยู่พายใต้กระทรวงเช่น กลุ่มภารกิจด้านอำนวยการ กลุ่มภารกิจด้านทรัพยากรธรรมชาติ กลุ่มภารกิจด้านทรัพยากรน้ำในแผ่นดิน และกลุ่มภารกิจด้านสิ่งแวดล้อม แต่ในรายงานฉบับนี้จะมุ่งนั้นไปที่กลุ่มภารกิจด้านทรัพยากรน้ำในแผ่นดินซึ่งประกอบด้วย กรมทรัพยากรน้ำ และกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ที่มา: http://www.mnre.go.th)

4.1. กรมทรัพยากรน้ำ

กรมทรัพยากรน้ำ เป็นหน่วยงานระดับกรม ในสังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ก่อตั้งขึ้นตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 เพื่อให้การบริหารทรัพยากรน้ำมีความก้าวหน้ายิ่งขึ้นในฐานะหน่วยงานภาครัฐที่มีภารกิจหลักด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างครบวงจร โดยทำหน้าที่เสนอแนะนโยบาย จัดทำแผนแม่บท การศึกษาวิจัย พัฒนา อนุรักษ์ และฟื้นฟูแหล่งน้ำ ตลอดจนการส่งเสริมและสนับสนุนการมีส่วนร่วมของประชาชน ในรูปของคณะอนุกรรมการลุ่มน้ำ ให้สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล เพื่อส่งเสริมบทบาทของประชาชน ในการมีส่วนร่วมกับการทำงานของภาครัฐ เริ่มจากการคิด การนำเสนอความเห็น การลงมือปฏิบัติ รวมทั้งการ

ติดตามและประเมินผล เพื่อสร้างการยอมรับในแผนงานของโครงการและกิจกรรมของภาครัฐ ที่เข้าไปดำเนินการพัฒนาท้องถิ่นได้อย่างเปี่ยมประสิทธิภาพ และยั่งยืน

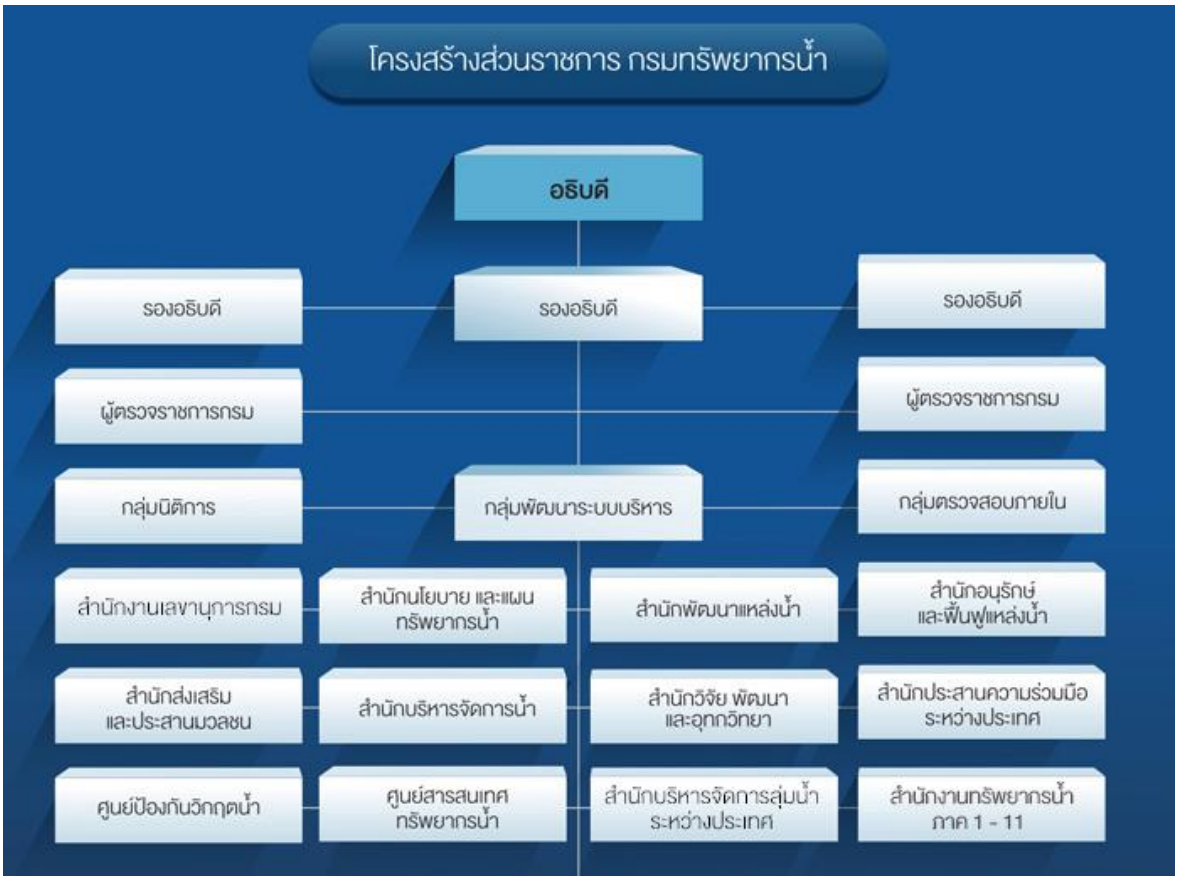
หน่วยงานที่สังกัดในกรมทรัพยากรน้ำประกอบด้วย สำนักบริหารกลาง สำนักวิจัยพัฒนาและอุทกวิทยา สำนักส่งเสริมและประสานมวลชน สำนักบริหารจัดการน้ำ สำนักพัฒนาแหล่งน้ำ สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรน้ำ สำนักประสานความร่วมมือระหว่างประเทศ สำนักบริการจัดการลุ่มน้ำโขง ศูนย์สารสนเทศทรัพยากรน้ำ ศูนย์ป้องกันวิกฤติน้ำ สำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำ สำนักงานเลขานุการคณะทรัพยากรน้ำแห่งชาติ กองสื่อสารพัฒนาการ กลุ่มตรวจสอบภายใน กลุ่มพัฒนาระบบบริหาร กลุ่มงานนิติการ สำนักตรวจราชการ และสำนักงานทรัพยากรน้ำภาค 1-11 ดังโครงสร้างที่แสดงในรูป 1-4 (ที่มา: http://www.dwr.go.th)

กรมทรัพยากรน้ำมีอำนาจหน้าที่ดังต่อไปนี้

1) เสนอแนะนโยบาย แผนแม่บท และมาตรการเกี่ยวกับการบริหารจัดการ พัฒนา อนุรักษ์ ฟื้นฟูทรัพยากรน้ำ และแก้ไขปัญหาวิกฤตน้ำ
2) เสนอแนะแนวทาง แผนงาน และมาตรการในการจัดทำแผนปฏิบัติการเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ
3) พิจารณา กลั่นกรอง เสนอแนะ และประสานแผน
4) ปฏิบัติงานในฐานะฝ่ายเลขานุการของคณะกรรมการและคณะอนุกรรมการเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ
5) ติดตาม และประเมินผลการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ
6) ปฏิบัติงานร่วมกับหรือสนับสนุนการปฏิบัติงานของหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องหรือที่ได้รับมอบหมาย
7) ให้การสนับสนุน และคำปรึกษาด้านเทคนิควิชาการและมาตรฐานหลักเกณฑ์ด้านบริหารจัดการน้ำแก่หน่วยงานของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และประชาชน
8) ให้การสนับสนุน และคำปรึกษาด้านเทคนิควิชาการ การพัฒนา และบำรุงรักษาแหล่งน้ำให้กับหน่วยงานระดับภาค คณะอนุกรรมการลุ่มน้ำ หน่วยงานของรัฐ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
9) ศึกษา วิเคราะห์ รวบรวมข้อมูล สถิติต่างๆ ด้านอุทกวิทยา และกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยเกี่ยวกับน้ำ
10) พัฒนาระบบฐานข้อมูล และเป็นศูนย์เครือข่ายข้อมูลและสารสนเทศ เกี่ยวกับการบริหารจัดการกรมทรัพยากรน้ำในระดับลุ่มน้ำ
11) เสนอแนะแนวทาง แผนแม่บท มาตรการ รวมทั้งประสานการนำแผนไปสู่การปฏิบัติในการป้องกันและแก้ไขวิกฤติน้ำ

12) สร้างระบบเฝ้าระวัง ป้องกัน และเตือนภัย

13) ปฏิบัติงานร่วมกับหรือสนับสนุน การปฏิบัติงานของหน่วยงานอื่น ที่เกี่ยวข้องหรือที่ได้รับมอบหมาย



รูปที่ 1-4 โครงสรงกรมทรัพยากรน้ำ

4.2. กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล เป็นส่วนราชการระดับกรม สังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ก่อตั้งขึ้นตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวงกรม พ.ศ. 2545 โดยเป็นองค์กรหลักในการบริหารจัดการน้ำบาดาลในประเทศไทย โดยมีอำนาทหน้าที่ เป็นองค์กรหลักในการบริหารจัดการน้ำบาดาล เสนอแนะในการจัดทำนโยบายแผนและมาตรการที่เกี่ยวข้อง กับทรัพยากรน้ำบาดาล สำรวจ บริหารจัดการ พัฒนา อนุรักษ์ ฟื้นฟู รวมทั้งควบคุม ดูแล กำกับ ประสาน ติดตามประเมินผลและแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำบาดาล พัฒนาวิชาการ กำหนดมาตรฐานและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านทรัพยากรน้ำบาดาล หน่วยงานในสังกัดประกอบด้วย สำนักบริหารกลาง กองแผนงาน กองวิเคราะห์น้ำ

บาดาล กลุ่มพัฒนาระบบบริหาร กลุ่มตรวจสอบภายใน กลุ่มนิติการ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศทรัพยากรน้ำบาดาล สำนักพัฒนาน้ำบาดาล สำนักควบคุมกิจการน้ำบาดาล สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล สำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 1-12 กรมทรัพยากรน้ำบาดาลมีอำนาจหน้าที่ดังต่อไปนี้

1) จัดทำแผนแม่บทการบริหารจัดการ อนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาล
2) จัดทำแผนงานโครงการพัฒนาน้ำบาดาล.
3) ประสานและดำเนินการเกี่ยวกับการพัฒนาระบบราชการร่วมกับหน่วยงานกลาง ต่าง ๆ และหน่วยงานภายในกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
4) ติดตาม ประเมินผลการดำเนินงานตามแผนงานโครงการ
5) พัฒนาข้อมูลและระบบสารสนเทศทรัพยากรน้ำบาดาล และให้บริการ รวมทั้งเผยแพร่ข้อมูลสารสนเทศทรัพยากรน้ำบาดาล
6) พัฒนาและจัดทำมาตรฐาน ข้อกำหนด หลักเกณฑ์ และคู่มือด้านการพัฒนาและบริหารจัดการน้ำบาดาล
7) ดำเนินการเกี่ยวกับการสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาลเพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการ และอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาลในระดับพื้นที่
8) ป้องกันและแก้ไขวิกฤตน้ำบาดาล และผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม ดำเนินการแก้ไขปัญหาความเดือดร้อนแก่ประชาชนในพื้นที่ประสบภัยพิบัติธรรมชาติ

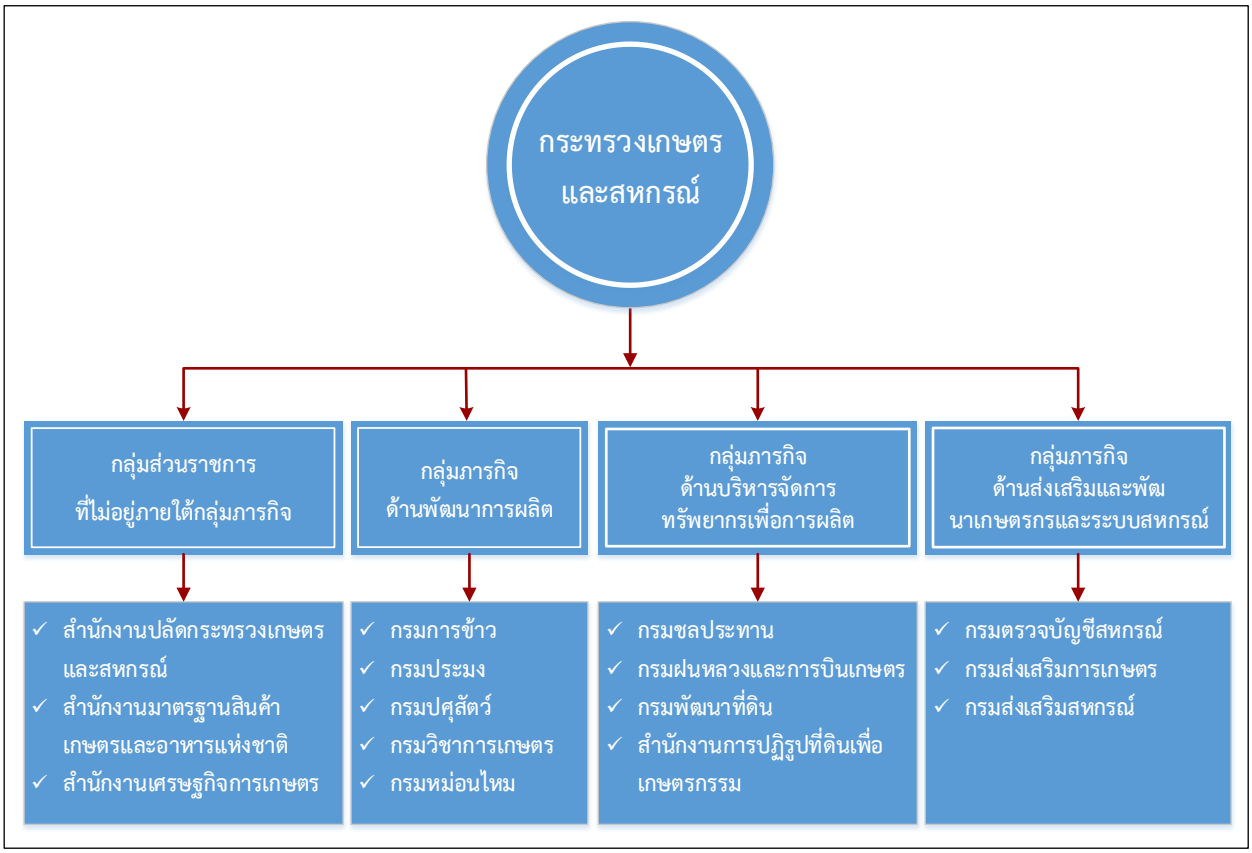
5. กระทรวงการเกษตร และสหกรณ์

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีภารกิจเกี่ยวกับเกษตรกรรม การจัดหาแหล่งน้ำ และพัฒนาระบบชลประทาน ส่งเสริมและพัฒนาเกษตรกร ส่งเสริมและพัฒนาระบบสหกรณ์ รวมตลอดทั้งกระบวนการผลิตและสินค้าเกษตรกรรม และราชการอื่นที่กฎหมายกำหนดให้เป็นอำนาจหน้าที่ของกระทรวงเกษตร และสหกรณ์หรือส่วนราชการที่สังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์โดยมีอำนาจหน้าที่ ดังต่อไปนี้

1) ศึกษา วิเคราะห์ และจัดทำข้อมูลเพื่อเสนอแนะรัฐมนตรีสำหรับใช้ในการกำหนดนโยบาย เป้าหมาย และผลสัมฤทธิ์ของกระทรวง
2) พัฒนายุทธศาสตร์การบริหารของกระทรวง
3) แปลงนโยบายเป็นแนวทาง และแผนการปฏิบัติราชการ โครงการ และโครการพิเศษ
4) ดำเนินการ และประสานงานกับองค์การหรือหน่ายงานที่เกี่ยวกับกิจการด้านการเกษตต่างประเทศ

5) ดำเนินการเกี่ยวกับการตรวจสอบและประเมินผลการปฏิบัติราชการของส่วนราชการในสังกัดกระทรวง
6) กำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนา และพัฒนาบุคลากรของกระทรวง
7) ดำเนินการเกี่ยวกับกฎหมายและระเบียบที่อยู่ในความรับผิดชอบของกระทรวง
8) พัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อใช้ในการบริหารงานและการบริการ รวมทั้ง รวมทั้งประชาสัมพันธ์และเผยแพร่ข้อมูลสารนิเทศด้านการเกษตร
9) ดำเนินการบริหารกองทุนเพื่อช่วยเหลือเกษตกร และรับเรื่องร้องเรียน
10) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่กฎหมายกำหนดให้เป็นอำนาจหน้าที่ของสำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์หรือตามที่รัฐมนตรีหรือคณะรัฐมนตรีมอบหมาย

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์มีส่วนราชการในสังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จำนวน 15 ส่วนราชการ และแบ่งกลุ่มภารกิจออกเป็น 3 กลุ่ม และกลุ่มส่วนราชการที่ไม่อยู่ภายใต้กลุ่มภารกิจตามกฎกระทรวง จำนวน 1 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มภารกิจด้านพัฒนาการผลิต กลุ่มภารกิจด้านบริหารจัดการทรัพยากรเพื่อการผลิต กลุ่มภารกิจด้านส่งเสริมและพัฒนาเกษตรกรและระบบสหกรณ์ และกลุ่มส่วนราชการที่ไม่อยู่ภายใต้กฎกระทรวงว่าด้วยกลุ่มภารกิจดังแสดงในรูปที่ 1-5



รูปที่ 1-5 โครงสร้างส่วนราชการในสังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ในรายงานฉบับนี้จะมุ่งไปที่กลุ่มที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำได้แก่กลุ่มภารกิจด้านบริหารจัดการทรัพยากรเพื่อการผลิต ประกอบด้วย 4 หน่วยงาน ดังนี้

1. กรมชลประทาน
2. กรมฝนหลวง และการบินเกษตร
3. กรมพัฒนาที่ดิน
4. สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม

5.1 กรมชลประทาน

กรมชลประทาน เป็นหน่วยงานในกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีหน้าที่จัดให้ได้มาซึ่งน้ำเพื่อกัก เก็บรักษา ควบคุม ส่ง ระบาย หรือ แบ่งน้ำเพื่อการเกษตร การพลังงาน การสาธารณูปโภค หรือการอุตสาหกรรม และการคมนาคมทางน้ำซึ่งอยู่ในเขตชลประทาน มีภารกิจเกี่ยวกับการพัฒนาแหล่งน้ำตามศักยภาพของลุ่มน้ำให้เพียงพอ และจัดสรรน้ำให้กับผู้ใช้น้ำทุกประเภท เพื่อให้ผู้ใช้น้ำได้รับน้ำอย่างทั่วถึงและเป็นธรรม ตลอดจนป้องกันความเสียหายอันเกิดจากน้ำ โดยมีอำนาจหน้าที่ ดำเนินการจัดให้ได้มาซึ่งน้ำ หรือกัก เก็บ รักษา ควบคุม ส่ง ระบายหรือจัดสรรน้ำเพื่อการเกษตร การพลังงาน การสาธารณูปโภค หรือการอุตสาหกรรม ตามกฎหมายว่าด้วยการชลประทาน กฎหมายว่าด้วยคันและคูน้ำ และกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง ดำเนินการเกี่ยวกับการป้องกันความเสียหายอันเกิดจากน้ำ ความปลอดภัยของเขื่อนและอาคารประกอบ และการคมนาคมทางน้ำที่อยู่ในเขตชลประทาน ตลอดจนดำเนินการเกี่ยวกับกิจกรรมพิเศษต่างๆ ที่ไม่ได้เป็นแผนงานประจำปีของกรม ดำเนินการจัดรูปที่ดินเพื่อการเกษตรกรรมตามกฎหมายว่าด้วยการจัดรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม และปฏิบัติการอื่นใดตามที่กฎหมายกำหนดให้เป็นอำนาจหน้าที่ของกรมหรือตามที่รัฐมนตรี หรือคณะรัฐมนตรีมอบหมาย (ที่มา: รายงานประจำาปี กรมชลประทาน ปี 2561)

กรมชลประทานเป็นหน่วยงานหลักในการพัฒนาแหล่งน้ำตามศักยภาพของลุ่มน้ำให้เพียงพอ จัดการน้ำให้กับผู้ใช้น้ำทุกประเภทอย่างทั่วถึง เป็นธรรม และยั่งยืน เสริมสร้างให้ประชาชนมีส่วนร่วมเพื่อให้การและบริหารจัดการน้ำ ทุกระดับอย่างบูรณาการ ดำเนินการป้องกันและบรรเทาภัยทางน้ำ โครงสร้างและหน่วยงานในสังกัดกรมชลประทาน แบ่งส่วนราชการตาม กฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2557 ดังนี้

สำนักงานเลขานุการกรม กองการเงินและบัญชี กองแผนงาน กองพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลาง กองพัสดุ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักกฎหมายและที่ดิน สำนักเครื่องจักรกล สำนักงานจัดรูปที่ดินกลาง สำนักบริหารโครงการ สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา สำนักบริหารทรัพยากร

บุคคล สำนักพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ สำนักวิจัยและพัฒนา สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา สำนักออกแบบวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม สำนักชลประทานที่ 1-17 (ที่มา: http://www.rid.go.th)

5.2 กรมฝนหลวง และการบินเกษตร

กรมฝนหลวงและการบินเกษตรเป็นองค์กรชั้นนำในภูมิภาคอาเซียนในด้านการดัดแปรสภาพอากาศและบริหารจัดการน้ำในชั้นบรรยากาศ เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาภัยแล้งและบรรเทาภัยพิบัติอย่างบูรณาการ กรมฝนหลวงและการบินเกษตร มีภารกิจเกี่ยวกับการปฏิบัติการฝนหลวงและการบินเกษตรทั้งระบบ โดยการทำฝน กำหนดนโยบาย ยุทธศาสตร์ และแผนแม่บทเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำในชั้นบรรยากาศ และมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการของประเทศรวมทั้งการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี การทำฝนและการดัดแปรสภาพอากาศ ตลอดจนการให้บริการด้านการบินและการสื่อสารเพื่อสนับสนุนภารกิจด้านการเกษตรและอื่นๆ โดยมีอำนาจหน้าที่ดังต่อไปนี้

1) กำหนดนโยบาย ยุทธศาสตร์ และแผนแม่บทเกี่ยวกับการบริหารจัดการน้ำในชั้นบรรยากาศ
2) ประสานนโยบายและมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการของประเทศ
3) ปฏิบัติการทำฝนเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำในพื้นที่เกษตร ป่าไม้ และเขื่อนเก็บกักน้ำ แก้ไขภาวะภัยแล้งให้แก่เกษตรกรและประชาชนผู้ใช้น้ำทั่วไป รวมทั้งพื้นที่ที่ต้องการฝนในการแก้ปัญหาภัยพิบัติอื่นๆ เกี่ยวข้อง
4) ศึกษา ค้นคว้า วิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีฝนหลวง และการดัดแปรสภาพอากาศปฏิบัติการด้านการบินและการสื่อสารเพื่อสนับสนุนการปฏิบัติการฝนหลวง การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีฝนหลวง และปฏิบัติงานด้านการเกษตร
5) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่กฎหมายกำหนดให้เป็นอำนาจหน้าที่ของกรมหรือตามที่รัฐมนตรีมอบหมาย

5.3 กรมพัฒนาที่ดิน

กรมพัฒนาที่ดิน เป็นหน่วยงานในกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบดังต่อไปนี้

1) ดำเนินการตามกฎหมายว่าด้วยการพัฒนาที่ดินและกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง

2) ศึกษา สำรวจ วิเคราะห์ และจำแนกดิน เพื่อกำหนดนโยบายและวางแผนการใช้ที่ดิน การกำหนดบริเวณการใช้ที่ดิน การควบคุมการใช้ที่ดินบริเวณที่มีการใช้หรือทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมี หรือวัตถุอื่นใด การกำหนดเขตอนุรักษ์ดินและน้ำ รวมทั้งติดตามสถานการณ์สภาพการใช้ที่ดิน

3) ศึกษา วิจัย และพัฒนาการอนุรักษ์ดินและน้ำ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการเกษตรในไร่นา การปรับปรุงบำรุงดิน การผลิตและใช้เทคโนโลยีชีวภาพทางดิน การปรับปรุงและพัฒนาพื้นที่และการใช้ประโยชน์ที่ดิน การจัดการที่ดินเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตร

4) ให้บริการวิเคราะห์และตรวจสอบดิน น้ำ พืช ปุ๋ย พร้อมให้คำแนะนำเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงบำรุงดิน และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาที่ดิน

5) ศึกษา วิเคราะห์ และผลิตแผนที่ภาพถ่าย จัดทำสำมะโนที่ดิน และพัฒนาระบบแผนที่ฐานเพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนการใช้ การพัฒนาการผลิต การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางการเกษตรและอื่นๆ

6) ถ่ายทอดผลการศึกษา ค้นคว้า วิจัย และให้บริการด้านการพัฒนาที่ดิน รวมทั้งสร้างเครือข่ายหมอดินอาสา และกลุ่มเกษตรกรให้เข้มแข็ง เพื่อรองรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี และมีส่วนร่วมในการพัฒนาที่ดินและด้านอื่นๆ

7) ปฏิบัติการอื่นใดตามที่กฎหมายกำหนด ให้เป็นอำนาจหน้าที่ของกรมหรือตามที่รัฐมนตรี หรือคณะรัฐมนตรีมอบหมาย

โครงสร้างและหน่วยงานในสังกัดกรมพัฒนาที่ดิน แบ่งส่วนราชการตามกฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2557 ได้แก่ สำนักงานเลขานุการกรม กองการเจ้าหน้าที่ กองคลัง กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กองแผนงาน กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักวิศวกรรมเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1-12 (http://www.ldd.go.th)

5.4 สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม

สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม เป็นองค์กรหลักด้านการบริหารจัดการที่ดิน สู่การพัฒนาเกษตรกรรมอย่างยั่งยืน มีภารกิจเกี่ยวกับการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม ให้เกษตรกรได้มีที่ทำกิน

เพื่อยังชีพอย่างพอเพียงและยั่งยืน โดยการปรับปรุงเกี่ยวกับสิทธิและการถือครองในที่ดินเพื่อเกษตรกรรม รวมตลอดถึงการจัดที่อยู่อาศัยในที่ดินเพื่อเกษตรกรรมนั้น โดยนำที่ดินของรัฐหรือที่ดินที่รัฐซื้อ หรือเวนคืนจากเจ้าของที่ดินซึ่งมิได้ทำประโยชน์ในที่ดินนั้นด้วยตนเอง หรือมีที่ดินเกินสิทธิตามกฎหมายว่าด้วยการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม เพื่อจัดให้แก่เกษตรกร ผู้ไม่มีที่ดินเป็นของตนเอง หรือมีที่ดินเล็กน้อยไม่เพียงพอแก่การครองชีพ และสถาบันเกษตรกรได้เช่าซื้อ เช่า หรือเข้าทำประโยชน์ และให้ความช่วยเหลือด้านการพัฒนาอาชีพเกษตรกรรม การปรับปรุงทรัพยากรและปัจจัยการผลิต ตลอดจนการผลิตและการจำหน่าย ให้เกิดผลดียิ่งขึ้นโดยให้มีอำนาจหน้าที่ดังต่อไปนี้ (https://www.alro.go.th, รายงานประจำปี 2560)

1) ดำเนินการตามกฎหมายว่าด้วยการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม และกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง
2) ดำเนินการจัดหาที่ดินเอกชนและที่ดินของรัฐ เพื่อนำมาดำเนินการปฏิรูปที่ดิน โดยจัดที่ดินให้เกษตรกรเช่าซื้อ เช่า หรือเข้าทำประโยชน์ ตลอดจนการจัดที่อยู่อาศัย การให้กรรมสิทธิ์และการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเกษตรกรรม รวมทั้งการศึกษา ค้นคว้า วิจัย และพัฒนาองค์ความรู้ด้านการปฏิรูปที่ดินและวิชาการด้านอื่นที่เกี่ยวข้อง
3) ดำเนินการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน พัฒนาประสิทธิภาพการใช้ที่ดิน การบริหารจัดการทรัพยากรการผลิต ฟื้นฟูสภาพแวดล้อม และคุ้มครองพื้นที่เกษตรกรรม
4) บริหารกองทุนการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม เพื่อเป็นทุนหมุนเวียนและค่าใช้จ่ายเพื่อการปฏิรูปที่ดิน การบริหารจัดการที่ดินของรัฐ การให้กู้ยืมเงินเพื่อการพัฒนาอาชีพ รายได้รวมตลอดถึงการใช้เงินกองทุนเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรมิให้สูญเสียสิทธิในที่ดิน รวมทั้งการจัดทำสารบบที่ดินเพื่อการปฏิรูปที่ดิน

ปฏิบัติการอื่นใดตามที่กฎหมายกำหนดให้เป็นอำนาจหน้าที่ของสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม หรือตามที่กระทรวงหรือคณะรัฐมนตรีมอบหมาย

6. การป้องกัน และแก้ไขภาวะภัยแล้ง

ปัญหาภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่นำความเสียหายทางเศรษฐกิจและสังคม ทั้งทางด้านการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และด้านผลิตผลทางการเกษตรที่ต้องพึ่งพาแหล่งน้ำจากธรรมชาติ ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์แปรรูปทางการเกษตรที่สำคัญในตลาดโลก ภัยแล้งจึงมีผลกระทบโดยตรงต่อการลดลงของผลผลิตทางด้านการเกษตรของไทย และมีผลกระทบทางอ้อม ได้แก่ การอพยพทิ้งที่ดินทำกิน ละทิ้งที่อยู่อาศัยไปหางานทำในเมือง ซึ่งเป็นที่ประจักษ์แล้วว่าได้

ก่อให้เกิดปัญหาทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม ตามมา ปัญหาภัยแล้งจึงจัดเป็นปัญหาสำคัญของชาติ

6.1 ความหมายของภัยแล้ง

ภัยแล้ง หมายถึง ความแห้งแล้งของลมฟ้าอากาศ อันเกิดจากการที่มีฝนน้อยกว่าปกติ หรือฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาลเป็นระยะเวลานานกว่าปกติและครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้างทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำดื่ม น้ำใช้ พืชพันธุ์ไม้ต่างๆ ขาดน้ำ ทำให้ไม่เจริญเติบโตตามปกติ เกิดความเสียหายและความอดอยากทั่วไป

อ้างอิงตามรายงานของคณะกรรมการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติว่าด้วย แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ. 2558 ได้กำหนดไว้ว่า ภัยแล้ง เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำฝน น้ำใต้ดิน หรือน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ หรืออ่างเก็บน้ำ มีน้อยกว่าปกติในช่วงเวลาหนึ่ง โดยมีปริมาณน้อยกว่าที่พืช คน หรือสัตว์ต้องการ ซึ่งเป็นสภาวะการขาดแคลนน้ำอุปโภคและบริโภค รวมถึง น้ำเพื่อการเกษตรและอุตสาหกรรมในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเป็นเวลานานจนก่อให้เกิดความเสียหาย และส่งผลกระทบอย่างกว้างขวางต่อชุมชน สังคม และระบบเศรษฐกิจโดยรวม และจากสภาวะการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเป็นสาเหตุให้ฤดูฝนสั้นขึ้น ซึ่งหมายถึงว่าฤดูแล้งจะยาวนานขึ้น พื้นที่ตอนบนของประเทศจะมีปริมาณฝนตกน้อยลง ทำให้ปริมาณน้ำในเขื่อนและอ่างเก็บน้ำทั่วประเทศมีปริมาณไม่เพียงพอเพื่ออุปโภคบริโภค และเพื่อการเกษตร โดยเฉพาะพื้นที่นอกเขตชลประทาน นอกจากนี้ความเจริญของชุมชน การขยายตัวทางเศรษฐกิจ เช่น ภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจบริการ และจำนวนประชากรที่ขยายตัวเพิ่มขึ้นพร้อมกัน ทำให้มีความต้องการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ของทุกภาคส่วนมากขึ้น จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำตามมา

6.2 สาเหตุของการเกิดภัยแล้ง

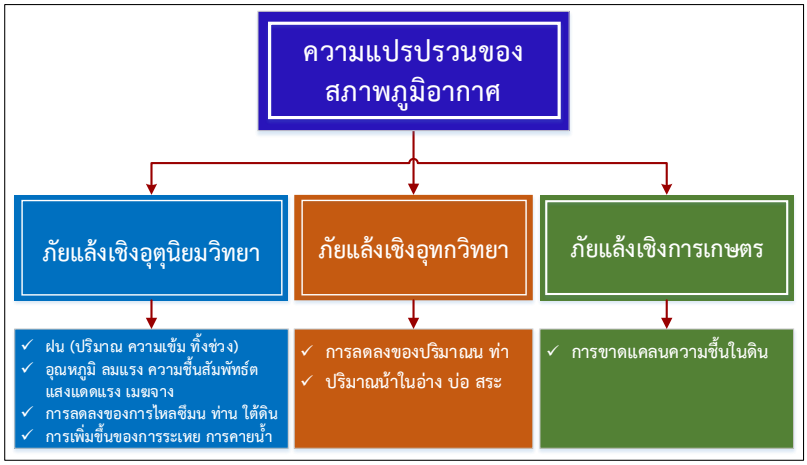
ภัยแล้งในประเทศไทย เกิดจากปริมาณน้ำฝนที่น้อยกว่าปกติและมีปัจจัยที่เป็นสาเหตุให้เกิดภัยแล้งอีกหลายประการ เช่น ระบบการหมุนเวียนของบรรยากาศ การเปลี่ยนแปลงส่วนผสมของบรรยากาศ การเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศกับน้ำทะเลหรือมหาสมุทร ดังนั้น การเกิดภัยแล้งจึงมิใช่เกิดจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งเพียงอย่างเดียว ซึ่งศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อมได้ประมวลสาเหตุของการเกิดภัยแล้งไว้ ดังนี้

1) เกิดจากสภาวะอากาศในฤดูร้อนที่ร้อนมากกว่าปกติ
2) เกิดจากการพัดพาของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

3) ความผิดปกติของต าแหน่งร่องมรสุม ทำให้ฝนตกในพื้นที่ไม่ต่อเนื่อง
4) ความผิดปกติเนื่องจากพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนที่ผ่านประเทศไทยน้อยกว่าปกติ
5) การเปลี่ยนแปลงความสมดุลของพลังงานที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ จากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาพลาสติก น้ำมัน และถ่านหิน ทำให้เกิดช่องโหว่ในชั้นโอโซน
6) ผลกระทบจากปรากฏการณ์ภาวะเรือนกระจก เนื่องจากส่วนผสมของบรรยากาศ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำลอยขึ้นไปเคลือบชั้นล่างของชั้นโอโซน ทำให้ความร้อนสะสมอยู่ในอากาศใกล้ผิวโลกมากขึ้น ทำให้อากาศร้อนกว่าปกติ
7) การพัฒนาด้านอุตสาหกรรมต่างๆ
8) การตัดไม้ทำลายป่า ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมอันเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของภูมิอากาศ เช่น ฝน อุณหภูมิ และความชื้น เป็นต้น

6.3 ลักษณะของภัยแล้ง แบ่งได้เป็น 3 ประเภท

1) ภัยแล่งเชิงอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Drought) เกิดขึ้นเนื่องมาจากการมีฝนตกน่อยกว่าปกติ หรือมีจำนวนวันที่ฝนตกน่อยผิดปกติเปนบริเวณกวางและเปนระยะเวลานานตอเนื่องกัน
2) ภัยแล่งเชิงอุทกวิทยา (Hydrological Drought) เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณน้ำทา (ในแมน้ำ ลำคลอง หนอง บึง และอางเก็บน้ำตาง ๆ) มีนอยกวาระดับปกติหรือระดับน้ำใตดินลดลง
3) ภัยแล่งเชิงเกษตรกรรม (Agricultural Drought) มีความสัมพันธเกี่ยวของกับภัยแล่งเชิงอุตุนิยมวิทยา และภัยแล่งเชิงอุทกวิทยา เปนสภาวะที่พืชขาดน้ำซึ่งเกิดเนื่องจากปริมาณฝนรวม และการกระจายตัวของน้ำฝนผิดปกติ



รูปที่ 1-6 ลักษณะของภัยแลง

สำหรับภัยแล้งในประเทศไทย สวนใหญเกิดจากฝนแล้งและฝนทิ้งชวง ซึ่งฝนแล้งเปนภาวะปริมาณฝนตกน้อยกวาปกติหรือไมตกต่องตามฤดูกาล สวนฝนทิ้งชวงหมายถึงชวงที่มีปริมาณฝนตกไมถึงวันละ 1 มิลลิเมตรติดต่อกันเกิน 15 วันในชวงฤดูฝน และเดือนที่มีโอกาสเกิดฝนทิ้งชวงสูงคือ เดือนมิถุนายนและเดือนกรกฎาคม (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2550)

6.4 ปัญหาอุปสรรคในการป้องกัน และแก้ไขปัญหาภัยแล้งที่ผ่านมา

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอันมีผลกระทบต่อโลกและประเทศไทยมีความวิปริตแปรปรวนเกิดขึ้น ซึ่งรวมทั้งประเทศไทยด้วยที่มักประสบกับความแห้งแล้งรุนแรงอยู่เสมอ และประกอบกับปัจจุบันประชาชนตามชนบท ในเมือง และเขตอุตสาหกรรม มีความต้องการใช้น้ำมากขึ้น แต่ปริมาณและคุณภาพของน้ำมีจำกัด ในขณะเดียวกันการสร้างงานพัฒนา และจัดหาแหล่งน้ำทั้งรูปแบบและขนาดต่างๆเพิ่มขึ้นก็มีปัญหา และอุปสรรคหลายด้าน รวมทั้งการจัดการเพื่อแก้ปัญหาทั้งระดับหน่วยงานของรัฐ และองค์กรภาคประชาชนต่างๆ ก็ยังไม่มีความสอดคล้องกัน ขาดความเป็นเอกภาพในการร่วมมือแก้ไขปัญหา ซึ่งมีดังนี้

6.4.1 การเตรียมการป้องกันและลดผลกระทบ

1) การจัดทำข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งยังไม่มีการดำเนินการร่วมกันอย่างเป็นรูปธรรมซึ่ง มีการประสานฐานข้อมูลเชิงแผนที่ของหน่วยงานต่างๆที่มีอยู่แล้ว โดยกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยได้มีการจัดทำเฉพาะในระดับจังหวัดที่เกิดภัย ซึ่งไม่มีความชัดเจนเพียงพอสำหรับใช้ประโยชน์ในการเตรียมพร้อมเพื่อป้องกันและให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยให้ตรงกับพื้นที่เป้าหมายจริง

2) การดำเนินแผนงาน/โครงการต่างๆ เช่น การติดตั้งระบบเตือนภัย มีหลายหน่วยงานดำเนินการแต่วัตถุประสงค์ต่างกัน

3) การฝึกอบรมและเตรียมความพร้อมในการเผชิญภัยพิบัติมีไม่เพียงพอ ทั้งในหน่วยงานเดียวกันและระหว่างหน่วยงาน

4) ระบบเตือนภัยและเครือข่ายป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่

5) การแจ้งเตือนภัยในระหว่างหน่วยงานยังไม่มีรูปแบบและแนวทางที่ชัดเจน ขึ้นอยู่กับความคุ้นเคยส่วนตัวของผู้ปฏิบัติงาน

6) การวิจัยและพัฒนาในเรื่องภัยพิบัติ ไม่ได้รับความสำคัญและไม่มีการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง

7) ระบบการพัฒนาเครือข่ายเทคโนโลยีและสารสนเทศไม่สมบูรณ์ การติดต่อระหว่างส่วนกลางและท้องถิ่นมีปัญหาในด้านความเชื่อมโยงและส่งข้อมูล

8) หน่วยงานในท้องถิ่นไม่ให้ความสำคัญในภารกิจด้านภัยพิบัติเท่าที่ควร และไม่มีการจัดเตรียมงบประมาณไว้

9) เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการจัดการภัยพิบัติ ไม่เพียงพอและไม่เหมาะสมกับประเภทของภัยและสภาพภูมิประเทศ ส่วนใหญ่โอนจากหน่วยงานเดิม และเป็นเครื่องมือก่อสร้าง

6.4.2 การเตรียมพร้อมรับภัย

1) การฝึกซ้อมเพื่อจัดการภัยพิบัติ และการให้ความรู้แก่ประชาชนเกี่ยวกับเรื่องภัยพิบัติ มีไม่เพียงพอและทั่วถึง เนื่องจากข้อจำกัดของงบประมาณ

2) การประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนเตรียมพร้อมรับภัยพิบัติในบางสถานการณ์และบางพื้นที่ไม่มีการดำเนินการ

6.4.3 การจัดการภัยในภาวะฉุกเฉิน

1) แผนการจัดการภัยในภาวะฉุกเฉินไม่ชัดเจนครบถ้วน

2) การจัดการในภาวะฉุกเฉินของภาครัฐ เป็นการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าเท่าที่จะทำได้ ขาดการตัดสินใจและการสั่งการที่มีเอกภาพ

3) ความสับสนวุ่นวายในการปฏิบัติการในภาวะฉุกเฉิน ทำให้ทรัพย์สินของผู้ประสบภัยที่ต้องให้ความช่วยเหลือเร่งด่วนถูกโจรกรรม

4) ไม่มีแผนดำเนินการร่วมกันในเรื่องการแบ่งภารกิจรับผิดชอบและการประชาสัมพันธ์และการประสานงานระหว่างภาครัฐและเอกชน ทำให้ผู้ประสบภัยถูกละเลยไม่มีความช่วยเหลือในขณะที่บางพื้นที่มีมากเกินไป

5) การให้ข่าวสารและการเปิดเผยข้อมูลระหว่างผู้ปฏิบัติงานไม่มีเอกภาพ จึงเกิดความสับสนในข้อมูลข่าวสารที่มาจากหลายหน่วยงานและความถูกต้องของข้อมูล

6) การบริหารจัดการภัยพิบัติ บางพื้นที่เกิดจากการสั่งการที่ไม่เข้าใจในลักษณะสภาพพื้นที่และพฤติกรรมของบุคคล ต่างฝ่ายต่างมีความเครียดในการควบคุมสถานการณ์ในพื้นที่

6.4.4 การจัดการหลังเกิดภัย

1) การรวบรวมข้อมูลความเสียหายทั้งผู้ประสบภัยและพื้นที่ที่ชัดเจน มีความล่าช้าเนื่องจากไม่ใช่ภารกิจหลักของบุคลากรของแต่ละหน่วยงาน

2) การช่วยเหลือของภาคราชการ ติดขัดระเบียบ จึงมีความล่าช้า ท าให้เกิดการเปรียบเทียบในความไม่เท่าเทียมกันของการให้ความช่วยเหลือ

3) การร้องขอความช่วยเหลือของผู้ประสบภัยจากภาครัฐ สร้างความสับสน ผู้ประสบภัย ไม่ทราบเกี่ยวกับหน่วยงาน แหล่ง และขั้นตอนที่จะร้องขอความช่วยเหลือและการชดเชยทรัพย์สินและชีวิต

4) การให้ความช่วยเหลือในด้านชีวิตและจิตใจของผู้ประสบภัย ขาดความต่อเนื่องในการดาเนินงาน ผู้ประสบภัยมักถูกทอดทิ้งให้ช่วยเหลือตนเองเมื่อภัยพิบัติที่เกิดผ่านไประยะหนึ่ง

6.5 การดำเนินการของรัฐบาลในการเตรียมความพร้อมรับสถานการณ์ภัยแล้ง

เมื่อเกิดปัญหาภัยแล้งรัฐบาลมีอำนาจออกมาประชาสัมพันธ์เพื่อขอความร่วมมือในการใช้น้ำอุปโภคบริโภค และน้ำเพื่อการเกษตรตามที่หน่วยงานของรัฐได้มีการแจ้งเตือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการงดทำนาปรังในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำที่มีความเสี่ยงเกิดปัญหาภัยแล้ง รวมทั้งการรณรงค์การใช้น้ำอย่างประหยัดเพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น และกองบัญชาการป้องกันและบรรเทาภัยแล้งแห่งชาติได้ร่วมกับหน่วยทหาร และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้าให้ความช่วยเหลือเพื่อบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชนตามนโยบายการแก้ไขปัญหาภัยแล้งเร่งด่วน คือ การขุดลอกคูคลอง สนับสนุนการจัดสรรน้ำดิบเพื่อการผลิตให้กับการประปาส่วนภูมิภาคและการประปาท้องถิ่นได้ตลอดฤดูแล้ง โดยซ่อมบ่อน้ำบาดาลที่เป็นน้ำดิบ และจัดรถบรรทุกแจกจ่ายน้ำในพื้นที่เพื่อสนับสนุนการสูบน้ำดิบเข้าสู่ระบบประปาหมู่บ้านและถังน้ำกลางประจำหมู่บ้าน และขอให้ประชาชนเตรียมรับมือปัญหาภัยแล้ง ด้วยการซ่อมแซมภาชนะกักเก็บน้ำ เพื่อสำรองน้ำไว้ใช้และใช้น้ำอย่างประหยัด ในพื้นที่เกิดปัญหาภัยแล้งและพื้นที่ใกล้เคียง (สิตาวีร์ ธีรวิรุฬห์, 2558)

พระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ 2561 ได้กำหนดไว้ว่า ในกรณีที่มีข้อมูลเพียงพอที่ชี้ได้ว่าจะเกิดภาวะน้ำแล้งในพื้นที่ใดของลุ่มน้ำ ให้คณะกรรมการลุ่มน้ำโดยความเห็นชอบของนายกรัฐมนตรีมีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษา กำหนดเขตภาวะน้ำแล้ง และกำหนดให้กิจการใดสามารถใช้น้ำได้ในปริมาณที่เห็นสมควรได้ การกำหนดให้กิจการใดสามารถใช้น้ำได้ในปริมาณที่เห็นสมควร ให้ทำเป็นประกาศปิดไว้ในที่เปิดเผย และเห็นได้ง่ายในเขตภาวะน้ำแล้งนั้น เมื่อภาวะน้ำแล้งได้พ้นไปแล้ว ให้คณะกรรมการลุ่มน้ำโดยความเห็นชอบของนายกรัฐมนตรีประกาศยกเลิกเขตภาวะน้ำแล้ง

ในกรณีที่เกิดภาวะน้ำแล้งจนอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อเศรษฐกิจหรือการดำรงชีวิตของประชาชนในพื้นที่ใด ให้นายกรัฐมนตรีมีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษา กำหนดเขตภาวะน้ำแล้งอย่างรุนแรงในพื้นที่นั้น และกำหนดวิธีการใช้น้ำเพื่อลดปริมาณการใช้หรือ ห้ามการใช้น้ำบางประเภทเกินกว่าจำเป็นแก่การอุปโภคบริโภค กำหนดวิธีการแบ่งปันน้ำ รวมทั้งกำหนดมาตรการอื่นใดที่จำเป็นใช้บังคับในพื้นที่เพื่อแก้ไขและบรรเทาภาวะน้ำแล้งนั้น ทั้งนี้ ต้องเป็นไปเพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ส่วนรวมและให้ผู้ใช้น้ำต้องเสียหายน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

ในระหว่างที่ยังไม่มีประกาศ ให้คณะกรรมการลุ่มน้ำมีอำนาจกำหนดวิธีการใช้น้ำ และการแบ่งปันน้ำในพื้นที่ได้เท่าที่จำเป็นในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ในกรณีที่ประกาศใช้บังคับในพื้นที่เดียวกันกับที่ได้มีประกาศกำหนดเขตภาวะน้ำแล้ง ให้ประกาศตามวรรคหนึ่งมีผลเป็นการยกเลิกเขตภาวะน้ำแล้งนั้น และ

เมื่อภาวะน้ำแล้งอย่างรุนแรงได้พ้นไปแล้ว ให้นายกรัฐมนตรีประกาศยกเลิกเขตภาวะน้ำแล้งอย่างรุนแรง ในกรณีมีความจำเป็นต้องผันน้ำจากลุ่มน้ำหนึ่งไปยังอีกลุ่มน้ำหนึ่งเพื่อบรรเทาภาวะน้ำแล้ง นายกรัฐมนตรีโดยความเห็นชอบของ กนช. มีอำนาจสั่งให้ดำเนินการดังกล่าวได้เท่าที่จำเป็นในการบรรเทาภาวะน้ำแล้งนั้น

ในกรณีที่เกิดภาวะนแล้งอย่างรุนแรงในพื้นที่ใด ให้พนักงานเจ้าหน้าที่มีอำนาจ สั่งให้บุคคลซึ่งกักเก็บน้ำไว้ต้องเฉลี่ยน้ำเพื่อบรรเทาความเดือดร้อนในการอุปโภคบริโภคของประชาชนในพื้นที่ตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่นายกรัฐมนตรีประกาศกำหนด ในกรณีเช่นนี้ให้ผู้กักเก็บน้ำดังกล่าวมีสิทธิได้รับค่าทดแทนจากการที่ต้องสูญเสียน้ำที่กักเก็บไว้ คณะกรรมการลุ่มน้ำจัดทำแผนป้องกัน และแก้ไขภาวะน้ำแล้งขึ้นไว้เป็นการล่วงหน้า โดยให้จัดทำเป็นแผนเพื่อเตรียมการรองรับทั้งกรณีปกติซึ่งสามารถคาดหมายได้ว่าจะเกิดภาวะน้ำแล้งในระยะเวลาใดระยะเวลาหนึ่งเป็นประจำ และกรณีที่เกิดภาวะน้ำแล้งอย่างรุนแรง

ในการจัดทำแผนป้องกันและแก้ไขภาวะน้ำแล้ง ให้มีการบูรณาการร่วมกับแผนการป้องกันและบรรเทาภัยแล้งแห่งชาติและแผนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งรับฟังความคิดเห็นจากหน่วยงานของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้อง และประชาชนในเขตลุ่มน้ำตามความเหมาะสม เมื่อคณะกรรมการลุ่มน้ำได้จัดทำแผนป้องกันและแก้ไขภาวะน้ำแล้งขึ้นแล้วให้เสนอต่อ กนช. เพื่อให้ความเห็นชอบ และจัดส่งแผนดังกล่าวไปยังผู้ว่าราชการจังหวัด หน่วยงานของรัฐ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องเพื่อทราบและด้าเนินการ ในการนี้ ให้หน่วยงานของรัฐและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องจัดสร้างหรือเตรียมอุปกรณ์ที่จะต้องใช้ในการป้องกันและแก้ไขภาวะน้ำแล้ง รวมทั้งบำรุงรักษาสิ่งก่อสร้างหรืออุปกรณ์นั้น หรือดำเนินการใดๆ เพื่อให้เป็นไปตามแผนดังกล่าว

กรณีที่หน่วยงานของรัฐหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นใดไม่อาจดำเนินการให้เป็นไป ตามแผนป้องกัน และแก้ไขภาวะน้ำแล้งได้ ให้คณะกรรมการลุ่มน้ำเสนอเรื่องต่อ กนช. เพื่อพิจารณาหาแนวทางแก้ไขต่อไป และให้คณะกรรมการลุ่มน้ำติดตามการดำเนินการให้เป็นไปตามแผนป้องกันและแก้ไขภาวะน้ำแล้งที่ กนช. ให้ความเห็นชอบ และทบทวนแผนให้มีความเหมาะสม และสอดคล้องกับสภาพการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อให้อยู่ในสภาพที่พร้อมจะดำเนินการได้เมื่อเกิดภาวะน้ำแล้ง

ในการช่วยเหลือประชาชนในพื้นที่ประสบภัยแล้ง ได้กำหนดแนวทางให้ทุกจังหวัดจัดตั้งศูนย์อำนวยการเฉพาะกิจป้องกันและแก้ไขปัญหาภัยแล้ง ทั้งในระดับจังหวัด ระดับอำเภอ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยให้ดำเนินการดังนี้

1. ด้านการเตรียมการ ให้จัดทำบัญชีหมู่บ้านและชุมชนที่มีความเสี่ยงต่อการประสบปัญหาภัยแล้ง และจัดทำแผนเฉพาะกิจป้องกันและแก้ไขปัญหาภัยแล้งอย่างเป็นระบบให้ครอบคลุมทุกมิติ ทั้งในระดับหมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จังหวัด กลุ่มจังหวัด ตามสภาพปัญหาเพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขตามลำดับ

ความสำคัญทั้งในระยะสั้นและระยะยาว และให้จัดทำแผนการดำเนินงานทั้งระบบอย่างชัดเจน เช่น แผนแจกจ่ายน้ำให้แก่ราษฎรตามข้อมูลของหมู่บ้าน/ชุมชนที่มีความเสี่ยง การกำหนดจุดแจกจ่ายน้ำให้ชัดเจนและสะดวกกับประชาชนในแต่ละหมู่บ้าน การสำรวจตรวจสอบแหล่งน้ำ รวมทั้งสำรวจภาชนะเก็บกักน้ำให้อยู่ในสภาพที่ใช้การได้อย่างเพียงพอ การจัดทำแผนบังคับใช้กฎหมายที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะด้านการป้องกันปัญหาอาชญากรรมที่เกิดขึ้นบ่อยในฤดูแล้ง เช่น ปัญหาการลักขโมยเครื่องสูบน้ำ และเครื่องมือการเกษตร ซึ่งถือเป็นการซ้ำเติมประชาชนผู้ประสบภัย การจัดทำแผนดูแลรักษาสุขภาพป้องกันโรคระบาดในช่วงฤดูแล้ง การประสานการประปาส่วนภูมิภาค ประปาท้องถิ่น ในการจัดหาแหล่งน้ำสะอาดสำหรับบริการประชาชน

2. ด้านการเพาะปลูกและดูแลพี่น้องเกษตรกร ให้ผู้ว่าราชการจังหวัดบูรณาการการทำงานอย่างใกล้ชิดกับชลประทานจังหวัดและเกษตรจังหวัด เพื่อจัดทำแผนและแนวทางการจัดการพืชผลการเกษตรและทำความเข้าใจให้คำแนะนำกับเกษตรกรปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อยหรือพืชฤดูแล้ง ให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ดูแลรักษาแหล่งน้ำสาธารณะ คู คลอง สถานที่เก็บกักน้ำ เพื่อให้สามารถเก็บกักน้ำในหมู่บ้านและตำบลได้มากขึ้น รวมทั้งรณรงค์และส่งเสริมให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการจัดหาภาชนะเก็บกักน้ำและใช้น้ำอุปโภค บริโภคอย่างประหยัด ถูกวิธี ถูกสุขลักษณะ ทั้งนี้ ให้เตรียมพร้อมทุกด้านตั้งแต่กำลังคน สำรวจวัสดุ อุปกรณ์ รถยนต์บรรทุกน้ำ เครื่องสูบน้ำ เครื่องมือเครื่องใช้ในการบรรเทาความเดือดร้อนและช่วยเหลือประชาชนให้พร้อมใช้การได้ทันทีที่พี่น้องประชาชนต้องการความช่วยเหลือ

3. ด้านการให้ความช่วยเหลือ เมื่อเกิดสถานการณ์ภัยแล้งให้จังหวัดพิจารณาให้ความช่วยเหลือผู้ประสบภัยตามระเบียบกระทรวงการคลังและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง โดยให้ดำเนินการอย่างรวดเร็วทั่วถึง เป็นธรรมตามสภาพความเป็นจริงและที่สำคัญต้องมีความโปร่งใส ตรวจสอบได้ทุกขั้นตอนเพื่อประโยชน์สูงสุดต่อประชาชน กรณีเกิดสถานการณ์ภัยแล้งที่กระทบต่อพื้นที่การเกษตร ให้จังหวัดรีบประสานไปยังกรมฝนหลวงและการบินเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เพื่อจัดทำฝนหลวงเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรตามที่สภาพอากาศเอื้ออำนวย นอกจากนี้ในการรายงานสถานการณ์ภัยแล้งให้รายงานข้อมูลอย่างถูกต้องและเหมาะสมตามข้อเท็จจริง ทั้งด้านการประกาศพื้นที่ภัยแล้ง จำนวนครัวเรือนที่ประสบภัย ข้อมูลพื้นที่เกษตรที่ได้รับผลกระทบ เพื่อให้การประเมินสถานการณ์เป็นไปอย่างถูกต้องตามข้อเท็จจริง จนกว่าสถานการณ์ภัยแล้งจะเข้าสู่สภาวะปกติ

6.5.1 ระดับการจัดการภัยแล้ง

ระดับการจัดการภัยแล้งแบ่งเป็น 4 ระดับ ทั้งนี้ ขึ้นกับพื้นที่ ประชากร ความซับซ้อน หรือความสามารถในการจัดการภัยแล้ง ตลอดจนศักยภาพด้านทรัพยากร ที่ผู้มีอำนาจตามกฎหมาย ใช้ดุลยพินิจในการตัดสินใจเกี่ยวกับความสามารถในการเข้าควบคุมสถานการณ์เป็นหลักดังนี้

ตารางที่ 1-1 ระดับการจัดการภัยแล้ง

ระดับ	การจัดการ	ผู้มีอำนาจตามกฎหมาย
1	สาธารณภัยขนาดเล็ก	ผู้อำนวยการอำเภอ ผู้อำนวยการท้องถิ่น และ/หรือ ผู้ช่วยผู้อำนวยการกรุงเทพมหานครควบคุมและสั่งการ
2	สาธารณภัยขนาดกลาง	ผู้อำนวยการจังหวัด หรือผู้อำนวยการกรุงเทพมหานคร ควบคุม สั่งการและบัญชาการ
3	สาธารณภัยขนาดใหญ่	ผู้บัญชาการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ ควบคุม สั่งการและบัญชาการ
4	สาธารณภัยร้ายแรงอย่างยิ่ง	นายกรัฐมนตรีหรือรองนายกรัฐมนตรีซึ่งนายกรัฐมนตรีมอบหมาย ควบคุม สั่งการและบัญชาการ

6.5.2 บทบาทและภารกิจของหน่วยงานตามแผนแม่บทการป้องกันและบรรเทาภัยแล้ง

บทบาท และภารกิจของหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการการป้องกันและบรรเทาปัญหาภัยแล้งตามแผนแม่บทการป้องกันและบรรเทาภัยแล้งได้แบ่งออกเป็น 4 ระยะที่สำคัญดังแสดงในรูปที่ 1-7

รูปที่ 1-7 ภารกิจของหน่วยงานต่างๆในการการป้องกัน และบรรเทาปัญหาภัยแล้ง

1) **การป้องกันและลดผลกระทบ**

- **การแจ้งเตือน** กรมอุตุนิยมวิทยา,กรมชลประทาน, ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ, กรมทรัพยากรน้ำ, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย
- **การจัดทำพื้นที่เสี่ยงภัย** กรมอุตุนิยมวิทยา, กรมพัฒนาที่ดิน, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย
- **การจัดทำแผนป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ทุกระดับ** กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, จังหวัด, องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
- **การจัดตั้งหน่วยบรรเทาทุกข์** กรมป้องกันและบรรเทา สาธารณภัย, องค์การบริหารส่วนตำบล
- **การฝึกซ้อมแผน** จังหวัด, อำเภอ, กรมป้องกันและ บรรเทาสาธารณภัย, องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
- **การพยากรณ์ภัย** กรมอุตุนิยมวิทยา, กรมทรัพยากรน้ำ, กรมชลประทาน, ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย
- **การจำลองสถานการณ์ภัย** กระทรวงมหาดไทย, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย , กรมทรัพยากรน้ำ, กรมชลประทาน, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
- **การสร้างระบบเครือข่ายข้อมูลสารสนเทศ** กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, กรมอุตุนิยมวิทยา, กรมทรัพยากรน้ำ, กรมชลประทาน, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น, การประปาส่วนภูมิภาค

2) **การเตรียมพร้อมรับมือภัยแล้ง**

- **การเรียนรู้และสร้างความตระหนัก** กระทรวงศึกษาธิการ, กระทรวงแรงงาน, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย
- **การฝึกอบรม** กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, จังหวัด, อำเภอ, องค์การบริหารส่วนตำบล

3) **การจัดการในภาวะฉุกเฉิน**

- **การเชื่อมโยงระบบติดต่อสื่อสาร** กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ,ศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ
- **การติดตามสถานการณ์** จังหวัด, อำเภอ, เทศบาล, ตำบล, กระทรวงมหาดไทย,กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

- **การสื่อสารและการดำเนินการช่วยเหลือ** กระทรวงมหาดไทย, จังหวัด, อำเภอ, ตำบล
- การสนับสนุนเครื่องมือและบุคลากร กระทรวงกลาโหม, กรมชลประทาน, กรมทรัพยากรน้ำ, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, องค์กรเอกชน/มูลนิธิ

4) การจัดการหลังเกิดภัย

- **การพัฒนาระบบการรับบริจาค** กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, สำนักนายกรัฐมนตรี
- **การฟื้นฟูความมั่นคงของมนุษย์** กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์,กระทรวงสาธารณสุข, กระทรวงแรงงาน
- **การฟื้นฟูโครงสร้างพื้นฐาน** การประปาส่วนภูมิภาค, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย
- **การฟื้นฟูระบบสิ่งแวดล้อมชุมชน** กรมชลประทาน, กรมควบคุมมลพิษ, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

7. แนวทางการแก้ไขปัญหาภัยแล้งอย่างยั่งยืน

7.1 แนวทางการแก้ไขปัญหาภัยแล้งอย่างยั่งยืนของสำนักเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร

จากการศึกษาของ สิตาวีร์ ธีรวิรุฬห์, 2558 พบว่ารัฐบาลแก้ปัญหาภัยแล้งตามแผนระยะเร่งด่วนในแต่ละปี มีการช่วยเหลือเกษตรกรโดยวิธีให้การสนับสนุนเครื่องสูบน้ำ จัดสรรงบประมาณในการขุดลอกคูคลอง และฝนหลวง ฯลฯ เพื่อบรรเทาปัญหาเฉพาะหน้าซึ่งรัฐบาลสามารถจัดการแก้ไขปัญหาในระยะสั้นในแต่ละปีได้เป็นอย่างดี แต่การบริหารจัดการน้ำที่ยั่งยืนในทางปฏิบัติยังไม่เกิดผล ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อภาคเศรษฐกิจและสังคมในระยะยาว เนื่องจากปัญหาภัยแล้งส่งผลให้ปริมาณการผลิตไม่เพียงพอต่อการบริโภคที่มากขึ้นตามการเติบโตของสังคมที่ต้องการอาหารและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น เมื่อปัญหาภัยแล้งยังคงเกิดขึ้นทุกปีและเป็นปัญหาหลักของไทยเนื่องจากประชากรส่วนใหญ่ของประเทศประกอบอาชีพเกษตรกรรม และยังต้องดำรงชีวิตอยู่ด้วยการอาศัยทรัพยากรธรรมชาติ คือแหล่งน้ำอันเป็นปัจจัยหลักในการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์อันเป็นผลผลิตอาหารแก่ประชากรของประเทศ การอาศัยน้ำฝนตามฤดูกาลอาจไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก ทุกฝ่ายจึงต้องดำเนินการแก้ปัญหาภัยแล้งอย่างยั่งยืนโดยต้องคำนึงถึงความสอดคล้องระหว่างธรรมชาติและการพัฒนาด้วย ดังนี้

1) สภาปฏิรูปแห่งชาติควรตอบสนองต่อการเสนอให้มีกระทรวงทรัพยากรน้ำที่ทำหน้าที่หลักในการบริหารจัดการน้ำ

2) สนับสนุนการปลูกป่าและป่าชุมชนเพื่อสร้างให้เกิดแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

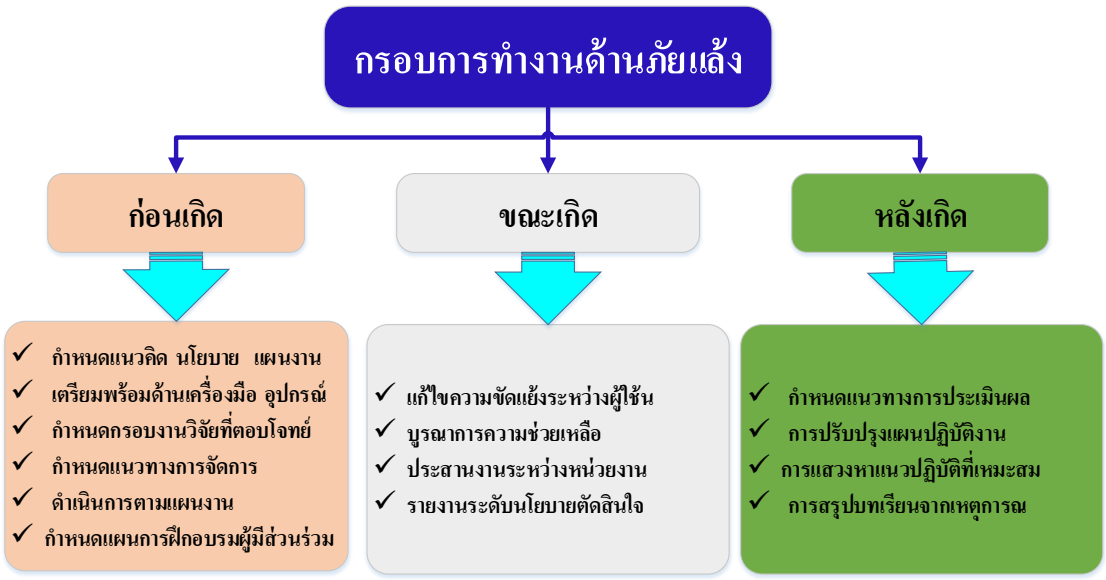
3) จัดให้มีงบประมาณในการสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กในชุมชน และจัดทำระบบชลประทานครอบคลุมพื้นที่เกษตรกรรมทั่วประเทศ เพื่อให้เกษตรกรสามารถบริหารจัดการน้ำได้ด้วยตนเอง

4) มีการบริหารจัดการน้ำอย่างบูรณาการสามารถตอบสนองความต้องการของประชาชนได้อย่างแท้จริง

5) มีแนวทางในการจัดการน้ำที่ยั่งยืน คือ ควรมีการนำกฎหมายที่เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับระบบน้ำทั้งหมด เช่น การบริหารทรัพยากรน้ำ การส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อม การชลประทาน น้ำบาดาล การปฏิรูปที่ดินเพื่อการเกษตร มาบูรณาการบริหารจัดการน้ำที่ยั่งยืนและจัดทำแผนบริหารจัดการน้ำเพื่อผลในระยะยาวควบคู่ไปกับการพิจารณาจัดตั้งกระทรวงทรัพยากรน้ำ เพราะภัยแล้งเป็นปัญหาภัยธรรมชาติที่มนุษย์ไม่อาจควบคุมได้แต่จะสามารถบริหารจัดการน้ำที่มีอยู่ให้เพียงพอต่อการอุปโภคบริโภคและการเกษตรกรรมได้อย่างเต็มประสิทธิภาพโดยไม่ขาดแคลน

7.2 แนวทางการแก้ไขปัญหาภัยแล้งอย่างยั่งยืนจากแผนแม่บทป้องกันและบรรเทาภัยแล้ง

จากสภาพปัญหาภัยแล้งที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน จึงนำไปสู่การหามาตรการในการแก้ปัญหาการ ขาดแคลนน้ำและภัยแล้งให้เหมาะสม มาตรการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำและภัยแล้ง เป็นสิ่งสำคัญที่หน่วยงานและผู้เกี่ยวข้องควรต้องศึกษาและวิเคราะห์ให้เหมาะสม มีความสอดคล้องกับสภาพภูมิศาสตร์และสภาพธรรมชาติของแต่ละท้องที่ และแต่ละลุ่มน้ำเสมอ มาตรการแก้ปัญหาเหล่านี้เป็นวิธีการที่จะดำเนินการแก้ปัญหาที่มีให้บังเกิดผลสำเร็จหรือสามารถลดปัญหาให้บรรเทาเบาบางลง ดังนั้นทุกวิธีการที่นำมาใช้จะต้องมีความชัดเจนสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงทั้งด้านเทคโนโลยีและสภาพสังคมของแต่ละพื้นที่ แผนแม่บทป้องกันและบรรเทาภัยแล้งได้มีกรอบการทำงานด้านภัยแล้งซึ่งได้แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังแสดงในรูป 1-8



รูปที่ 1-8 กรอบการทำงานด้านภัยแล้ง

เนื่องจากภัยแล้งเป็นภัยที่เกิดจากการขาดแคลนน้ำ ส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของประชาชนและสร้างความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตร เพื่อลด ผลกระทบจากปัญหาภัยแล้ง กระทรวงมหาดไทย โดยกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (ปภ.) ได้เสนอแนวคิดมาตรการลดผลกระทบจากภัยแล้ง เพื่อรับมือและลดผลกระทบจากปัญหาภัยแล้งแสดงในรูปที่ 1-9 และรูปที่ 1-10 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) กรณีพื้นที่เพราะปลูก พืชพรรณเกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากเกิดความแล้งแล้งผิดปกติ น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติแห้งขอด และไม่มีโครงการชลประทานช่วยเหลือ มาตรการแก้ไขเฉพาะหน้าไม่ให้เกิดความเสียหายต่อพืชพรรณ ได้แก่ การจัดทำฝนเทียมหรือฝนหลวง เพื่อช่วยเหลือช่วยให้พืชผลของชาวไร่ชาวสวนหลายจังหวัดไม่ให้ได้รับความเสียหาย หรือเสียหายน้อย

2) สร้างโครงการอ่างเก็บน้ำขนาดต่าง ๆ ซึ่งอาจมีขนาดใหญ่ ขนาดกลาง หรือขนาดเล็ก ในบริเวณที่เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ ศักยภาพของแหล่งน้ำธรรมชาติที่มี ตลอดถึงสภาพเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมของแต่ละท้องถิ่นที่เอื้ออ านวยเหมาะสมอ่างเก็บน้ำ นอกจากแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรแล้วยังเป็นแหล่งน้ำใช้อุปโภคบริโภคของประชาชน และเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำด้วย

ในปัจจุบัน กล่าวได้ว่างานอ่างเก็บน้ำ (สร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ) มีข้อจำกัดเรื่องสภาพภูมิประเทศและแหล่งน้ำ ตลอดจนผลกระทบกับชุมชนและสังคมที่ยากในการจัดการให้เหมาะสม หน่วยงานภาครัฐต้องตระหนักความจริงว่าทำได้น้อยแห่ง และบางลุ่มน้ำทำไม่ได้เลยไม่ว่าจะเป็นขนาดใหญ่หรือขนาดเล็ก

3) สร้างงานทดน้ำคือฝายทดน้ำ ฝายคือสิ่งก่อสร้างปิดขวางทางน้ำไหลเพื่อทดน้ำที่ไหลมาให้มีระดับสูงขึ้น จนสามารถผันเข้าไปตามคลองหรือคูส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกบริเวณสองฝั่งล าน้ำได้สะดวก ส่วนน้ำที่เหลือจะไหลข้ามสันฝายไปเอง ในล าน้ำที่มีน้ำไหลมาอย่างเพียงพอและสม ่าเสมอตลอดฤดูกาลเพาะปลูกโครงการฝายทดน้ำจะช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยฝายจะช่วยทดน้ำในช่วงที่น้ำไหลมาน้อยและมีระดับต ่ากว่าตลิ่งนั้นให้สูงขึ้น จนสามารถผันเข้าสู่คลองส่งน้ำไปยังไร่นาต่อไป

รูปที่ 1-9 แนวทางป้องกัน และลดผลกระทบจากภัยแล้ง

ในปัจจุบัน เนื่องด้วยแม่น้ำลำธารส่วนใหญ่มักมีระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงไปจากอดีตมาก ทำให้งานทดน้ำ(สร้างฝายทดน้ำหรือเขื่อนทดน้ำ) มีข้อจำกัดเรื่องแหล่งน้ำ เพราะลำน้ำตามธรรมชาติในประเทศไทยปัจจุบันส่วนใหญ่มีน้ำไหลไม่ตลอดปี งานทดน้ำจึงไม่เกิดประโยชน์ในฤดูแล้งเท่าที่ควรเพราะไม่มีน้ำไหล

4) สร้างโครงการสูบน้ำ (ด้วยพลังงานไฟและพลังงานเครื่องยนต์) สูบน้ำจากแม่น้ำ แหล่งน้ำธรรมชาติที่มีน้ำเพียงพอตลอดฤดูกาลเพาะปลูก ให้แก่พื้นที่เพาะปลูกสองฝั่งล าน้ำที่อยู่นอกโครงการชลประทานให้มีน้ำใช้ทำการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝนเมื่อฝนทิ้งช่วง หากแหล่งน้ำนั้นมีน้ำเพียงพอในฤดูแล้งก็สามารถสนับสนุนการเพาะปลูกข้าวนาปรังและพืชผลต่างๆได้ ซึ่งงานสูบน้ำนี้ก็มีข้อจำกัดที่ต้องมีแหล่งน้ำให้สูบไปใช้งาน จึงมีความเหมาะสมเฉพาะจุดเฉพาะครั้งคราวเท่านั้น

5) ขุดลอกหนองและบึง เป็นงานขุดลอกหนองและบึงที่ตื้นเขินให้มีความลึกที่สามารถเก็บน้ำได้มากขึ้น เพราะหนองและบึงส่วนใหญ่มักตื้นเขินเกิดจากน้ำที่ไหลลงหนองและบึงชะพาดินลงไปตกตะกอนทับ

ถมกันทุกปี ทำให้เก็บน้ำได้ไม่มากและมีน้ำไม่เพียงพอใช้ในฤดูแล้ง สามารถสูบขึ้นไปปลูกพืชผักสวนครัว ใช้เลี้ยงสัตว์ ใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อเลี้ยงปลา และใช้เป็นแหล่งน้ำอุปโภคบริโภคของหมู่บ้านอีกด้วย

6) สร้างสระเก็บน้ำในไร่นาหรือสระเก็บน้ำประจำหมู่บ้าน สระเก็บน้ำคือแหล่งเก็บขังน้ำฝน น้ำท่า หรือน้ำไหลออกมาจากดิน โดยการขุดดินให้เป็นสระสำหรับเก็บขังน้ำ มีขนาดความยาว ความกว้าง และความลึกของสระตามจำนวนน้ำที่ต้องการจะเก็บกักไว้ใช้

7) การพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคและการเพาะปลูก ท้องที่ใดมีศักยภาพและคุณภาพน้ำบาดาลเหมาะสมใช้อุปโภคบริโภคได้ให้วางแผนขุดเจาะน้ำบาดาลให้ครบทุกหมู่บ้านที่ขาดแคลนน้ำใช้อุปโภคบริโภคแล้วพัฒนาจัดทำระบบประปาหมู่บ้าน

รูปที่ 1-10 มาตรการลดผลกระทบจากภัยแล้ง

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำ. พระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ 2561

คณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. สืบค้น 28 กุมภาพันธ์ 2562 จาก http://www.onwr.go.th/?page_id=3795

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม. โครงสร้างกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, สืบค้น 1 มีนาคม 2562 จาก http://www.mnre.go.th/th/about/content/19

กรมทรัพยากรน้ำ. คณะกรรมการลุ่มน้ำ รายงานสรุปผลการจัดประชุมคณะกรรมการลุ่มน้ำ ครั้งที่1, สืบค้น 1 มีนาคม 2562 จาก http://division.dwr.go.th/bmpc/?page_id=193

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. หน้าที่ความรับผิดชอบ, สืบค้น 2 มีนาคม 2562 จาก http://www.dgr.go.th/th/responsibilities

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โครงสร้าง และอำนาจหน้าที่, สืบค้น 5 มีนาคม 2558 จาก https://www.moac.go.th/about-str_org

กรมชลประทาน. กฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมชลประทาน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2557

กรมชลประทาน. แผนการป้องกันและบรรเทาภัยแล้งในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบของสำนักชลประทานที่1, 2557

กรมฝนหลวงและการบินเกษตร. กฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมฝนหลวงและการบินเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ, 2556

กรมพัฒนาที่ดิน. กฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ, 2557

สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม. รายงานประจำปี, 2560

เสรี ศุภราทิตย์. เปลี่ยนวิกฤตให้เป็นโอกาส กับแผนแม่บทป้องกันและบรรเทาภัยแล้ง, กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2559

คณะกรรมการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ. แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ, 2558

สิตาวีร์ ธีรวิรุฬห. การแก้ไขปัญหาภัยแล้งอย่างยั่งยืน, สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2558

ภาคผนวก 5-1

แบบสอบถาม

แบบสอบถาม

ชื่อผู้สัมภาษณ์: ……

รหัสผู้เข้าร่วมการวิจัย: ……..

สถานที่ **วัน เดือน ปี**

…… **……..**

เพศ (กรุณาใส่เครื่องหมาย √): ชาย □ หญิง □

(สำหรับข้อคำถามที่ผู้จดบันทึกต้องจดจะแสดงด้วย "*")**

"ขอขอบพระคุณท่านที่กรุณาเข้าร่วมการสัมภาษณ์ แบบสอบถามนี้มีทั้งหมด 5 ส่วน"

ส่วนที่ 1: ข้อมูลพื้นฐานและกิจกรรมการเกษตร

"คำถามในส่วนแรกนี้เป็นคำถามเกี่ยวกับลักษณะทางประชากรและขนาดของพื้นที่ทำกินและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิต"

1. **ท่านอายุเท่าไร**

อายุ	เช็ค √
<20	
20-39	
40-59	
60-80	
>80	

2. **ระดับการศึกษาของท่าน**

ระดับการศึกษา	เช็ค √
ไม่ได้เรียน	
ประถมศึกษา	
มัธยมศึกษา	
มหาวิทยาลัย	

3. **ท่านทำเกษตรกรรมประเภทใดบ้าง**

ประเภทเกษตรกรรม	เช็ค √	พืชหรือสัตว์ชนิดใดบ้าง
ข้าว		
พืชปลูกระยะสั้น[1]		
พืชไร่ (อุตสาหกรรม) ระยะยาว[2]		
ผัก[3]		
ผลไม้[4]		
ไม้ประดับ[5]		
ทุ่งหญ้า ทุ่งเลี้ยงสัตว์		
เลี้ยงสัตว์[6]		
สัตว์ปีก[7]		
บ่อเลี้ยงปลา (การเลี้ยงสัตว์น้ำ)		

อื่นๆ		

[1]**ข้าวโพด, ถั่ว (เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง)**
[2]**อ้อย มันสำปะหลัง ฝ้าย ยาสูบ**
[3]**ตัวอย่างเช่น พืชมีหัว ผักสีเขียว พริก แตง มะเขือเทศ มะเขือ ข้าวโพดหวาน ถั่ว กระเทียม**
[4]**ตัวอย่างเช่น ส้ม มะม่วง ลิ้นจี่ สตรอเบอรี่**
[5]**ตัวอย่างเช่น กุหลาบ กล้วยไม้ แกลดิโอลัส ดอกไม้และไม้ประดับอื่นๆ**
[6]**ได้แก่ วัว ควาย แกะ หมู แพะ ม้า ลา และล่อ**
[7]**ได้แก่ ไก่ ไก่งวง ห่านและเป็ด**

4. เราจะขอถามรายละเอียดเกี่ยวกับพื้นที่การเกษตรของครัวเรือนของท่าน:

มีพื้นที่กี่ไร่							
มีสัตว์ใหญ่ (แพะ หมู วัว) จำนวนเท่าไร							
มีสัตว์ปีก (ไก่ เป็ด) จำนวนเท่าไร							
สัดส่วนร้อยละของพื้นที่เช่า และที่เป็นเจ้าของของครัวเรือนท่าน	**ที่เช่า**		**ที่เป็นเจ้าของ**				
ทำการเกษตรในพื้นที่ดังกล่าวมาแล้วกี่ปี							
มีสมาชิกในครัวเรือนที่ทำการเกษตรในที่ดินนี้กี่คน							
ในครัวเรือนนี้มีวัยพึ่งพิง (เด็ก ผู้สูงอายุ) กี่คน							
มีแรงงานที่ได้รับค่าจ้างทำงานในที่ดินนี้จำนวนกี่คน							
พื้นที่นี้มีสัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับน้ำจากชลประทานร้อยละเท่าไร							
พืชชนิดไหนที่ได้รับน้ำจากชลประทาน							
ครัวเรือนท่านใช้น้ำจากแหล่งใดบ้าง	**แม่น้ำ**	**ลำคลอง**	**น้ำบ่อ**	**ประปา**	**อื่นๆ:……**		
น้ำที่ได้รับจัดสรร มีการดำเนินการเอง หรือโดยชุมชน	**ดำเนินการเอง**				**ชุมชน**		
ครัวเรือนท่านใช้ระบบชลประทานวิธีใด	**น้ำไหลบ่า**	**น้ำผิวดิน**	**น้ำฉีดฝอย**	**น้ำหยด**	**อื่นๆ:……**		
ถ้ามีการใช้มากกว่า 1 วิธี: มีสัดส่วนร้อยละของการใช้แต่ละวิธีเท่าไร	(%)						
อะไรคือแหล่งตลาดที่สำคัญสำหรับผลผลิตทางการเกษตรของครัวเรือนท่าน	**ตำรงชีพ**		**ตลาดท้องถิ่น**		**ตลาดระดับประเทศ**	**ส่งออก**	
รายได้จากการเกษตรที่ครัวเรือนท่านได้รับต่อปี (บาท)	< 32,000	32,000 – 60,000	60,000 – 120,000	120,000 – 180,000	180,000-240,000	240,000 – 300,000	>300,000
ครัวเรือนท่านมีรายได้จากกิจกรรมในภาคการเกษตรอื่นๆ อีกหรือไม่ ถ้ามี คืออะไร							
ครัวเรือนท่านมีรายได้จากกิจกรรมนอกภาคการเกษตรอื่นๆ อีกหรือไม่ ถ้ามี คืออะไร							

5. ท่านมีทรัพย์สินต่อไปนี้หรือไม่

ทรัพย์สิน	**จำนวน** (0, 1, 2, 3…)
รถแทรกเตอร์	
รถไถ	
บ่อน้ำ	
แทงค์น้ำ	
เครื่องสูบน้ำ	
คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊คหรือตั้งโต๊ะ	
ทีวี	
วิทยุ	
จักรยาน	
มอเตอร์ไซด์	
รถยนต์	
รถบรรทุก	

6. ท่านมีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตไวไฟหรือไม่ มี/ไม่มี **(**ให้วงกลม**)**
7. ท่านมีโทรศัพท์มือถือกี่เครื่อง**.....**
8. ในจำนวนโทรศัพท์มือถือที่มี มีที่เป็นสมาร์ทโฟนกี่เครื่อง**……**
9. ในที่ดินทำกิน มีไฟฟ้าเข้าถึงหรือไม่ มี/ไม่มี **(**ให้วงกลม**)**

10. ถ้าเปรียบเทียบกับ **10** ปีก่อน มีการเปลี่ยนแปลงในด้านต่อไปนี้อย่างไรบ้าง

	เพิ่มขึ้น	**ลดลง**	**เท่าเดิม**
พื้นที่ทำกิน			
จำนวนสัตว์			
ความหลากหลายของชนิดพืช			
ความหลากหลายของชนิดสัตว์			
จำนวนของแหล่งรายได้นอกภาคเกษตรกรรม			

11. ถ้าเปรียบเทียบกับ **10** ปีก่อน**:**

	ดีขึ้น	**ไม่เปลี่ยนแปลง**	**แย่ลง**	**(หากดีขึ้นหรือแย่ลง) เพราะอะไร**(***)
ท่านคิดว่าการทำการเกษตรในพื้นที่ดินทำกินของท่านนั้นดีขึ้นหรือแย่ลง				
	มากขึ้น	**ไม่เปลี่ยนแปลง**	**น้อยลง**	**(หากเปราะบางมากขึ้นหรือน้อยลง) เพราะเหตุใด** (***)
ท่านรู้สึกว่าที่ดินทำกินของท่านได้เตรียมความพร้อมรับมือกับผลกระทบจากภัยแล้งมากน้อยเพียงใด				

ส่วนที่ 2: ประสบการณ์และการรับรู้ต่อภัยแล้ง

"ส่วนที่สองนี้เป็นคำถามเกี่ยวกับภัยแล้งที่ท่านเคยประสบมาในอดีต"

12. (***) ท่านเข้าใจเกี่ยวกับภัยแล้งอย่างไรบ้าง

……
……
……
……
……
……

13. ครัวเรือนท่านเคยประสบภาวะภัยแล้งมากี่ครั้งในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา …… ท่านจำได้หรือไม่ว่ามีปีใดบ้าง

……

14. ครัวเรือนท่านเคยได้รับผลกระทบจากภัยแล้งในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาในด้านต่างๆ ต่อไปนี้หรือไม่

ผลกระทบ	**(เช็ค √)**
คุณภาพของพืช	
ผลผลิตของพืช	
ศัตรู/โรคพืช	
ความพอเพียงของอาหารพืช (หญ้า อาหารสัตว์ หญ้าแห้ง)	
ผลผลิตจากสัตว์และสัตว์ปีก (เนื้อ ไข่ นม)	
สวัสดิภาพของสัตว์ (เครียดจากความร้อน โรค การขาดแคลนน้ำดื่ม)	
รายได้เกษตรกร	
ต้นทุนที่ต้องจ่าย	
ความสำเร็จจากราคาขาย	
ความอยู่ดีมีสุขของเกษตรกร (เช่น ความเครียด การเจ็บป่วย)	
อื่นๆ	

15. ครัวเรือนของท่านเคยได้ผลกระทบทางบวกจากภัยแล้งหรือไม่

ใช่/ ไม่ใช่ (ให้วงกลม)

(***) (ถ้าใช่) ท่านได้ผลกระทบทางบวกอะไรบ้าง

……
……
……
……

ต่อจากนี้เราอยากทราบความคิดเห็นในเรื่องต่างๆ ขอให้ท่านบอกระดับที่ท่านเห็นด้วยในข้อความต่อจากนี้เป็นระดับต่างๆ ดังนี้ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่มีความเห็น ไม่เห็นด้วย และ ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

16. "**ที่ดินทำกินของครัวเรือนข้าพเจ้าน่าจะโดนผลกระทบในทางลบจากภัยแล้งในอีก** 5 **ปีข้างหน้า**"

เห็นด้วยอย่างยิ่ง (**5**)	**เห็นด้วย** (**4**)	**ไม่มีความเห็น** (3)	**ไม่เห็นด้วย** (**2**)	**ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง** (**1**)

17. "**ข้าพเจ้าคิดว่าตัวข้าพเจ้าได้รับข้อมูลข่าวสารที่ดีเกี่ยวกับความเสี่ยงต่อภัยแล้ง**"

เห็นด้วยอย่างยิ่ง (**5**)	**เห็นด้วย** (**4**)	**ไม่มีความเห็น** (3)	**ไม่เห็นด้วย** (**2**)	**ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง** (**1**)

18. "**ผลกระทบจากภัยแล้งที่มีต่อที่ดินทำกินของครัวเรือนข้าพเจ้าค่อนข้างรุนแรง**"

เห็นด้วยอย่างยิ่ง (**5**)	**เห็นด้วย** (**4**)	**ไม่มีความเห็น** (3)	**ไม่เห็นด้วย** (**2**)	**ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง** (**1**)

19. "ผลกระทบจากภัยแล้งที่มีต่อที่ดินทำกินของครัวเรือนข้าพเจ้ามันแย่กว่าทุกครั้งที่ผ่านมา"

เห็นด้วยอย่างยิ่ง (**5**)	**เห็นด้วย** (**4**)	**ไม่มีความเห็น** (3)	**ไม่เห็นด้วย** (**2**)	**ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง** (**1**)

ส่วนที่ 3. ยุทธวิธีการปรับตัวต่อภัยแล้ง

"ส่วนที่สามนี้เป็นคำถามเกี่ยวกับยุทธวิธีการปรับตัวต่อภัยแล้งที่ท่านใช้ในช่วงที่ผ่านมาหรืออาจนำไปใช้ในอนาคต"

20. ในช่วงการเกิดภัยแล้งครั้งก่อน ครัวเรือนท่านได้ดำเนินการด้านใดบ้างหรือไม่เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำ
ใช่/ ไม่ใช่ (ให้วงกลม)

(ถ้าใช่**)** ครัวเรือนท่านได้ดำเนินการในด้านใดบ้าง

ให้อ่านวิธีการดังต่อไปนี้

วิธีการการรับมือ/การปรับตัว	**เช็ค** √	**ท่านคิดว่าวิธีการนี้ทำให้ที่ดินทำกินของครัวเรือนท่านลดความเสี่ยงจากภัยแล้งในอนาคต (ใช่/ ไม่ใช่)**
การขุดหลุมเจาะ หรือทำให้ลึกขึ้น		
การขุดบ่อหรือขยายบ่อ		
สร้างเขื่อนกั้นน้ำใหม่บริเวณแม่น้ำ		
สร้างเขื่อนขนาดเล็ก (เหมืองฝาย)		
ซื้อแทงค์น้ำ		
ซื้อน้ำ		
อื่นๆ:		

21. ในช่วงการเกิดภัยแล้งครั้งก่อน ครัวเรือนท่านได้ดำเนินการอะไรบ้างหรือไม่ที่จะช่วยลดความต้องการใช้น้ำลง
ใช่/ ไม่ใช่ (ให้วงกลม)

(ถ้าใช่) ครัวเรือนท่านได้ดำเนินการในวิธีใดบ้าง

กรุณาอ่านวิธีต่างๆ ต่อไปนี้

วิธีการการรับมือ/การปรับตัว	**เช็ค √**	**ท่านคิดว่าวิธีการนี้ทำให้ที่ดินทำกินของครัวเรือนท่านลดความเสี่ยงจากภัยแล้งในอนาคต (ใช่/ ไม่ใช่)**
เปลี่ยนไปปลูกพืชที่ต้องการน้ำน้อยกว่า		
เปลี่ยนช่วงเวลาการเพาะปลูก		
เปลี่ยนชนิดของพืช		
เลือกใช้เทคนิคการทำเปียกสลับแห้ง		
ลดการให้น้ำจากชลประทานในพืชทุกชนิด		
การให้น้ำแบบน้ำหยด		
ไม่ให้น้ำในพืชบางชนิด		
ให้น้ำในเวลากลางคืน		
เปลี่ยนมาทำฟาร์มกุ้ง		
อื่นๆ:		

22. ในช่วงการเกิดภัยแล้งครั้งก่อน ครัวเรือนท่านได้จัดลำดับความสำคัญของพืชแต่ละชนิดหรือไม่

(ถ้าใช่) ครัวเรือนท่านได้ดำเนินการจัดลำดับความสำคัญอย่างไรบ้าง

วิธีการการรับมือ/การปรับตัว	**เช็ค √**	**ท่านคิดว่าวิธีการนี้ทำให้ที่ดินทำกินของครัวเรือนท่านลดความเสี่ยงจากภัยแล้งในอนาคต (ใช่/ ไม่ใช่)**
ให้ความสำคัญกับพืชทนแล้ง		
ให้ความสำคัญกับพืชที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูง		
อื่นๆ:		

23. ในช่วงการเกิดภัยแล้งครั้งก่อน ครัวเรือนท่านได้นำวิธีการในการพัฒนาการกักเก็บน้ำในดินหรือการเติมน้ำใต้ดินบ้างหรือไม่

(ถ้าใช่) ครัวเรือนท่านได้ดำเนินการในด้านใดบ้าง

วิธีการการรับมือ/การปรับตัว	**เช็ค √**	**ท่านคิดว่าวิธีการนี้ทำให้ที่ดินทำกินของครัวเรือนท่านลดความเสี่ยงจากภัยแล้งในอนาคต (ใช่/ ไม่ใช่)**
การอนุรักษ์และ/หรือการขยายป่าไม้		
อื่นๆ:		

ถ้าท่านเลี้ยงสัตว์ ให้ตอบคำถามสองคำถามต่อไปนี้ (ข้อ *24* และ *25*) หากไม่ได้เลี้ยงสัตว์ ให้ข้ามไปถามข้อ *26*

24. ในช่วงการเกิดภัยแล้งครั้งก่อน ครัวเรือนท่านได้ดำเนินการในการจัดการกับสัตว์เลี้ยงของท่านที่ต่างไปจากเดิมหรือไม่

(ถ้าใช่) ครัวเรือนท่านได้ดำเนินการในด้านใดบ้าง

วิธีการการรับมือ/การปรับตัว	**เช็ค √**	**ท่านคิดว่าวิธีการนี้ทำให้ที่ดินทำกินของครัวเรือนท่านลดความเสี่ยงจากภัยแล้งในอนาคต (ใช่/ ไม่ใช่)**
ขายสัตว์		
คัดเลือกสัตว์		
เลี้ยงสัตว์ในเวลากลางคืน		
รักษาไว้เฉพาะสัตว์ที่เป็นพ่อพันธุ์แม่พันธุ์		
อื่นๆ:		

25. ในช่วงการเกิดภัยแล้งครั้งก่อน ครัวเรือนท่านได้ดำเนินการในการจัดการเรื่องอาหารสัตว์หรือไม่

(ถ้าใช่**)** ครัวเรือนท่านได้ดำเนินการในด้านใดบ้าง

วิธีการการรับมือ/การปรับตัว	**เช็ค √**	**ท่านคิดว่าวิธีการนี้ทำให้ที่ดินทำกินของครัวเรือนท่านลดความเสี่ยงจากภัยแล้งในอนาคต (ใช่/ ไม่ใช่)**
ซื้ออาหารสัตว์		
ขายอาหารสัตว์		
เปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของอาหารสัตว์		
ออกแบบการจัดการการให้อาหารสัตว์		
อื่นๆ:		

26. ในช่วงการเกิดภัยแล้งครั้งก่อน ครัวเรือนท่านได้มีการหารายได้ที่หลากหลายมากขึ้นหรือไม่

(ถ้าใช่**)** ครัวเรือนท่านได้ดำเนินการในด้านใดบ้าง

วิธีการการรับมือ/การปรับตัว	**เช็ค √**	**ท่านคิดว่าวิธีการนี้ทำให้ที่ดินทำกินของครัวเรือนท่านลดความเสี่ยงจากภัยแล้งในอนาคต (ใช่/ ไม่ใช่)**
งานในที่ดินทำกินที่ไม่ใช่ด้านการเกษตร		
งานนอกภาคเกษตรกรรม		
อื่นๆ:		

27. ครัวเรือนท่านได้ดำเนินการในวิธีอื่นใดอีกที่เป็นยุทธวิธีการปรับตัวอื่นๆ ที่เรายังไม่ได้ถามท่านหรือไม่

ใช่/ ไม่ใช่ (ให้วงกลม)

(***) (ถ้าใช่**)** ขอท่านอธิบายยุทธวิธีการปรับตัวอื่นๆ เหล่านั้น

.....
.....
.....
.....
.....

28. เพื่อลดผลกระทบจากภัยแล้งในระยะยาว มีการเปลี่ยนแปลงอะไรอีกหรือไม่ที่ท่านอยากนำมาปรับใช้ในที่ดินทำกินของครัวเรือนท่าน แต่ยังไม่ได้นำมาปรับใช้

ใช่/ ไม่ใช่ (ให้วงกลม)

(***) (ถ้าใช่) มีวิธีการใดบ้าง

.....
.....
.....
.....

29. (***) เพราะเหตุใดครัวเรือนท่านยังไม่ได้นำวิธีการเหล่านั้นมาปรับใช้

.....
.....
.....
.....

ต่อจากนี้เราอยากทราบความคิดเห็นในเรื่องต่างๆ ขอให้ท่านบอกระดับที่ท่านเห็นด้วยในข้อความต่อจากนี้เป็นระดับต่างๆ ดังนี้ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่มีความเห็น ไม่เห็นด้วย และ ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

30. "**มียุทธวิธีในการปรับตัวที่เหมาะสมที่จะป้องกันที่ดินทำกินแบบของข้าพเจ้าจากภัยแล้งได้**"

เห็นด้วยอย่างยิ่ง (**5**)	**เห็นด้วย** (**4**)	**ไม่มีความเห็น** (3)	**ไม่เห็นด้วย** (**2**)	**ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง** (**1**)

31. "**ข้าพเจ้ารู้สึกมั่นใจในการนำยุทธวิธีการปรับตัวต่อภัยแล้งมาใช้สำหรับที่ดินทำกินของข้าพเจ้า**"

เห็นด้วยอย่างยิ่ง (**5**)	**เห็นด้วย** (**4**)	**ไม่มีความเห็น** (3)	**ไม่เห็นด้วย** (**2**)	**ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง** (**1**)

32. "**ข้าพเจ้าทำงานหนักทุกวัน ฉะนั้นจึงเหนื่อยเกินไปที่จะนำวิธีการปรับตัวที่จำเป็นมาใช้**"

เห็นด้วยอย่างยิ่ง (**5**)	**เห็นด้วย** (**4**)	**ไม่มีความเห็น** (3)	**ไม่เห็นด้วย** (**2**)	**ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง** (**1**)

33. "**การทำเกษตรกรรมมันยุ่งมาก และไม่เหลือเวลาพอที่เราจะนำยุทธวิธีการปรับตัวที่จำเป็นมาปรับใช้**"

เห็นด้วยอย่างยิ่ง (**5**)	**เห็นด้วย** (**4**)	**ไม่มีความเห็น** (3)	**ไม่เห็นด้วย** (**2**)	**ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง** (**1**)

34. "**ข้าพเจ้าไม่มีเงินทุนเพียงพอที่จะนำยุทธวิธีการปรับตัวที่จำเป็นมาใช้**"

เห็นด้วยอย่างยิ่ง (**5**)	**เห็นด้วย** (**4**)	**ไม่มีความเห็น** (3)	**ไม่เห็นด้วย** (**2**)	**ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง** (**1**)

ส่วนที่ 4: การชดเชย

"ส่วนที่สี่เป็นการถามเกี่ยวกับการชดเชยจากการสูญเสียที่เกิดจากภัยแล้ง"

35. มีการชดเชยเงินค่าเสียหายจากภัยแล้งให้กับเกษตรกรในบริเวณที่ท่านอยู่หรือไม่

ใช่/ ไม่ใช่ (ให้วงกลม)

36. ครัวเรือนท่านเคยได้รับเงินชดเชยใดๆ หรือไม่

ใช่/ ไม่ใช่ (ให้วงกลม)

(***) (ถ้าใช่**)** ได้เงินชดเชยประเภทใด

.....
.....
.....
.....

37. ครัวเรือนท่านเคยได้รับการช่วยเหลือแบบอื่นๆ หรือไม่

ใช่/ ไม่ใช่ (ให้วงกลม)

"ตัวอย่างสำหรับผู้สัมภาษณ์: ต้นกล้าสำหรับเกษตรกร การยกเว้นหรือยืดระยะเวลาของการชำระหนี้"

(***) (ถ้าใช่**)** เป็นการช่วยเหลือแบบใด

.....
.....
.....
.....

ส่วนที่ 5. การเตือนภัยสำหรับภัยแล้ง (การเตือนว่าจะมีภัยแล้ง) และข้อเสนอแนะต่อการปรับตัว (ควรปฏิบัติอย่างไรหากเกิดภัยแล้ง)

"ในท้ายสุดนี้ ส่วนที่ห้าเป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลเกี่ยวกับภัยแล้งและข้อมูลที่ว่าควรปฏิบัติอย่างไรหากเกิดภัยแล้ง และเป็นการถามความเห็นของท่านเกี่ยวกับหน่วยงานหรือองค์กรที่ให้ข้อมูลข่าวสารกับเกษตรกรเกี่ยวกับการเตือนว่าจะมีภัยแล้งและการปฏิบัติหากเกิดภัยแล้ง

38. จากปัญหาภัยแล้งครั้งที่ผ่านมา ครัวเรือนท่านเคยได้รับข้อมูลเกี่ยวกับภัยแล้งหรือไม่

ได้รับ/ ไม่ได้รับ (ให้วงกลม)

(ถ้าเคยได้รับ**)** ท่านเคยได้รับข้อมูลข่าวสารอะไรบ้าง

.....
.....
.....
.....
.....
.....

39. จากปัญหาภัยแล้งครั้งที่ผ่านมา ครัวเรือนท่านเคยได้รับข้อมูลการปฏิบัติหากเกิดภัยแล้งบ้างหรือไม่

ได้รับ/ ไม่ได้รับ (ให้วงกลม)

(ถ้าเคยได้รับ) ท่านเคยได้รับข้อมูลข่าวสารอะไรบ้าง

.....
.....
.....
.....
.....
.....

40. ครัวเรือนท่านได้ทำการปรับเปลี่ยนอะไรหรือไม่ที่เป็นผลมาจากข้อมูลข่าวสารดังกล่าว

ได้เปลี่ยน/ ไม่ได้เปลี่ยน (ให้วงกลม)

(***) (ถ้าได้เปลี่ยน) ครัวเรือนท่านเปลี่ยนอะไรบ้าง

.....
.....
.....
.....
.....
.....

(***) (ถ้าไม่ได้เปลี่ยน) ทำไมครัวเรือนท่านถึงไม่ได้เปลี่ยน

.....
.....
.....
.....
.....
.....

41. ครัวเรือนท่านได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเตือนว่าจะมีภัยแล้งและการปฏิบัติหากเกิดภัยแล้งจากเกษตรกรรายอื่นๆ บ้างหรือไม่

ได้รับ/ ไม่ได้รับ (ให้วงกลม)

(ถ้าได้รับ) จากเกษตรกรกี่คน.....

42. ครัวเรือนท่านได้ส่งต่อข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเตือนว่าจะมีภัยแล้งและการปฏิบัติหากเกิดภัยแล้งไปให้เกษตรกรรายอื่นๆ บ้างหรือไม่

ได้/ ไม่ได้ (ให้วงกลม)

(ถ้าได้ส่งต่อ) ส่งให้เกษตรกรกี่คน.....

43. มีชุมชน หน่วยงานรัฐหรือเอกชนใดบ้างที่ครัวเรือนท่านได้รับข้อมูลข่าวสารที่สำคัญเกี่ยวกับการเตือนว่าจะมีภัยแล้ง และ/หรือการปฏิบัติหากเกิดภัยแล้ง (ถ้าไม่มี ให้ระบุว่าท่านได้รับข้อมูลจากบุคคลใดหรือไม่ เช่น ผู้ใหญ่บ้าน) หรือจากการประชุม (การประชุมหมู่บ้าน) หากคำตอบคือได้รับจากผู้ใหญ่บ้าน ให้ถือเป็นหนึ่งในองค์กรและให้ถามรายละเอียดในข้อ 44

หมายเลข	ชื่อหน่วยงาน	การเตือนว่าจะมีภัยแล้ง (**เช็ค** √)	ข้อมูลการปฏิบัติ (**เช็ค** √)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

(ในกรณีที่มีมากกว่าสามหน่วยงาน) **หน่วยงานสามหน่วยงานแรกที่ครัวเรือนท่านมีความคุ้นเคยมากที่สุดคือหน่วยงานใดบ้าง**
หน่วยงานที่ 1.....
หน่วยงานที่ 2.....
หน่วยงานที่ 3.....

หน่วยงานที่ 1

ชื่อหน่วยงาน: _____

44. ครัวเรือนท่านได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการประเมินภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้า (ถ้าเกี่ยวข้อง) อะไรบ้างจากหน่วยงานนี้ (เช็คทุกข้อที่เกี่ยวข้อง)

การพยากรณ์อากาศ □
ข้อมูลการปล่อยน้ำของแม่น้ำ □
การพยากรณ์ความเพียงพอของน้ำชลประทาน □
ความชื้นในดิน □
ระดับน้ำใต้ดิน □
การเตือนภัยเรื่องภัยแล้ง □

อื่นๆ: _____
_____

45. (***) ครัวเรือนท่านได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการปรับตัว (ถ้าเกี่ยวข้อง) อย่างไรบ้างจากหน่วยงานนี้

_____
_____
_____

46. ครัวเรือนท่านได้รับข้อมูลข่าวสารจากหน่วยงานนี้ทางช่องทางใดบ้าง

ตัวต่อตัว □
โทรศัพท์ □
หนังสือพิมพ์ □
วิทยุท้องถิ่น □
รายงานของรัฐ □
การประชุมของหมู่บ้าน □
จดหมาย □
ทีวี □
สื่อสังคม □
บอร์ดประชาสัมพันธ์ของชุมชน □
ข้อความทางโทรศัพท์ □
วิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย □
กลุ่มสนทนาออนไลน์ □

อื่นๆ: _____
_____
_

47. โดยประมาณแล้ว ครัวเรือนท่านได้รับข่าวสารเกี่ยวกับภัยแล้ง และ/หรือการปฏิบัติหากเกิดภัยแล้งจากหน่วยงานนี้กี่ครั้งในรอบปีที่ผ่านมา_____

48. กรุณาระบุว่าท่านเห็นด้วยกับข้อความต่อไปนี้มากน้อยเพียงใดที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานนี้ **(**เห็นด้วยอย่างยิ่ง = 5**,** เห็นด้วย = 4**,** ไม่มีความเห็น = 3**,** ไม่ค่อยเห็นด้วย = 2**,** ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง = 1**)**

ข้อความ	**ลำดับ (1-5)**	(**ถ้าคะแนน**=1) **จงอธิบายว่าเพราะเหตุใด**
"ข้อมูลที่ได้รับช่วยให้ข้าพเจ้าเตรียมการรับมือกับภัยแล้งในที่ดินทำกินได้มากขึ้น"		
"ข้อมูลที่ได้รับมาถึงก่อนเวลาปลูกพืชและเป็นประโยชน์ต่อที่ดินทำกินของครัวเรือนข้าพเจ้า"		
"ข้อมูลที่ได้รับเกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางการเกษตรของครัวเรือนข้าพเจ้า"		
"ข้าพเจ้ามั่นใจว่าข้อมูลที่ได้รับมีความถูกต้อง"		
"ข้อมูลที่ได้รับมาในรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดที่เกษตรกรจะเข้าถึงและเข้าใจได้อย่างง่ายดาย"		
"หน่วยงานนี้ให้ความสนใจต่อการรับฟังข้อมูลจากเกษตรกรท้องถิ่นแบบข้าพเจ้าในเรื่องประสบการณ์และการรับรู้ต่อภัยแล้งและการปรับตัว"		

หน่วยงานที่ 2

ชื่อหน่วยงาน: _____

49. ครัวเรือนท่านได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการประเมินภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้า (ถ้าเกี่ยวข้อง) อะไรบ้างจากหน่วยงานนี้ (เช็คทุกข้อที่เกี่ยวข้อง)

การพยากรณ์อากาศ □
ข้อมูลการปล่อยน้ำของแม่น้ำ □
การพยากรณ์ความเพียงพอของน้ำชลประทาน □
ความชื้นในดิน □
ระดับน้ำใต้ดิน □
การเตือนภัยเรื่องภัยแล้ง □

อื่นๆ: _____

_____

50. (***) ครัวเรือนท่านได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการปรับตัว (ถ้าเกี่ยวข้อง) อย่างไรบ้างจากหน่วยงานนี้

_____

_____

_____

51. ครัวเรือนท่านได้รับข้อมูลข่าวสารจากหน่วยงานนี้ทางช่องทางใดบ้าง

ตัวต่อตัว □
โทรศัพท์ □
หนังสือพิมพ์ □
วิทยุท้องถิ่น □
รายงานของรัฐ □
การประชุมของหมู่บ้าน □
จดหมาย □
ทีวี □
สื่อสังคม □
บอร์ดประชาสัมพันธ์ของชุมชน □
ข้อความทางโทรศัพท์ □
วิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย □
กลุ่มสนทนาออนไลน์ □

อื่นๆ: _____

_____

52. โดยประมาณแล้ว ครัวเรือนท่านได้รับข่าวสารเกี่ยวกับภัยแล้ง และ**/**หรือการปฏิบัติหากเกิดภัยแล้งจากหน่วยงานนี้กี่ครั้งในรอบปีที่ผ่านมา_____

53. กรุณาระบุว่าท่านเห็นด้วยกับข้อความต่อไปนี้มากน้อยเพียงใดที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานนี้ **(**เห็นด้วยอย่างยิ่ง = 5**,** เห็นด้วย = 4**,** ไม่มีความเห็น = 3**,** ไม่ค่อยเห็นด้วย = 2**,** ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง = 1**)**

ข้อความ	**ลำดับ (1-5)**	(**ถ้าคะแนน**=1) **จงอธิบายว่าเพราะเหตุใด**
"ข้อมูลที่ได้รับช่วยให้ข้าพเจ้าเตรียมการรับมือกับภัยแล้งในที่ดินทำกินได้มากขึ้น"		
"ข้อมูลที่ได้รับมาถึงก่อนเวลาปลูกพืชและเป็นประโยชน์ต่อที่ดินทำกินของครัวเรือนข้าพเจ้า"		
"ข้อมูลที่ได้รับเกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางการเกษตรของครัวเรือนข้าพเจ้า"		
"ข้าพเจ้ามั่นใจว่าข้อมูลที่ได้รับมีความถูกต้อง"		
"ข้อมูลที่ได้รับมาในรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดที่เกษตรกรจะเข้าถึงและเข้าใจได้อย่างง่ายดาย"		
"หน่วยงานนี้ให้ความสนใจต่อการรับฟังข้อมูลจากเกษตรกรท้องถิ่นแบบข้าพเจ้าในเรื่องประสบการณ์และการรับรู้ต่อภัยแล้งและการปรับตัว"		

หน่วยงานที่ 3

ชื่อหน่วยงาน: _____

54. ครัวเรือนท่านได้รับข้อมูลข่าวสารด้านการประเมินภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้า (ถ้าเกี่ยวข้อง) อะไรบ้างจากหน่วยงานนี้ (เช็คทุกข้อที่เกี่ยวข้อง)

การพยากรณ์อากาศ □
ข้อมูลการปล่อยน้ำของแม่น้ำ □
การพยากรณ์ความเพียงพอของน้ำชลประทาน □
ความชื้นในดิน □
ระดับน้ำใต้ดิน □
การเตือนภัยเรื่องภัยแล้ง □

อื่นๆ: _____

_____

55. (***) ครัวเรือนท่านได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการปรับตัว (ถ้าเกี่ยวข้อง) อย่างไรบ้างจากหน่วยงานนี้

_____

_____

_____

56. ครัวเรือนท่านได้รับข้อมูลข่าวสารจากหน่วยงานนี้ทางช่องทางใดบ้าง

ตัวต่อตัว □
โทรศัพท์ □
หนังสือพิมพ์ □
วิทยุท้องถิ่น □
รายงานของรัฐ □
การประชุมของหมู่บ้าน □
จดหมาย □
ทีวี □
สื่อสังคม □
บอร์ดประชาสัมพันธ์ของชุมชน □
ข้อความทางโทรศัพท์ □
วิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย □
กลุ่มสนทนาออนไลน์ □

อื่นๆ: _____

_____

57. โดยประมาณแล้ว ครัวเรือนท่านได้รับข่าวสารเกี่ยวกับภัยแล้ง และ**/**หรือการปฏิบัติหากเกิดภัยแล้งจากหน่วยงานนี้กี่ครั้งในรอบปีที่ผ่านมา_____

58. กรุณาระบุว่าท่านเห็นด้วยกับข้อความต่อไปนี้มากน้อยเพียงใดที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานนี้ **(**เห็นด้วยอย่างยิ่ง = 5**,** เห็นด้วย = 4**,** ไม่มีความเห็น = 3**,** ไม่ค่อยเห็นด้วย = 2**,** ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง = 1**)**

ข้อความ	**ลำดับ (1-5)**	(**ถ้าคะแนน**=1) **จงอธิบายว่าเพราะเหตุใด**
"ข้อมูลที่ได้รับช่วยให้ข้าพเจ้าเตรียมการรับมือกับภัยแล้งในที่ดินทำกินได้มากขึ้น"		
"ข้อมูลที่ได้รับมาถึงก่อนเวลาปลูกพืชและเป็นประโยชน์ต่อที่ดินทำกินของครัวเรือนข้าพเจ้า"		
"ข้อมูลที่ได้รับเกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางการเกษตรของครัวเรือนข้าพเจ้า"		
"ข้าพเจ้ามั่นใจว่าข้อมูลที่ได้รับมีความถูกต้อง"		
"ข้อมูลที่ได้รับมาในรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดที่เกษตรกรจะเข้าถึงและเข้าใจได้อย่างง่ายดาย"		
"หน่วยงานนี้ให้ความสนใจต่อการรับฟังข้อมูลจากเกษตรกรท้องถิ่นแบบข้าพเจ้าในเรื่องประสบการณ์และการรับรู้ต่อภัยแล้งและการปรับตัว"		

ภาคผนวก 5-2
ข้อมูลโครงการเพื่อใช้ชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย

เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย

เรียน ผู้เข้าร่วมการวิจัย,

โครงการ "การพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร (STAR)" มีวัตถุประสงค์ที่จะทำความเข้าใจภัยแล้งในประเทศไทยและผลกระทบจากภัยแล้งที่มีต่อชีวิตความเป็นอยู่ของเกษตรกร โครงการนี้มุ่งที่จะเข้าถึงศักยภาพในการปรับตัวของเกษตรกรจากภัยแล้งและการเตือนภัยสำหรับภัยแล้งและข้อเสนอแนะเพื่อเพิ่มความสามารถของเกษตรกรที่จะช่วยบรรเทาผลกระทบจากภัยแล้งด้านการเกษตร

โครงการนี้เป็นความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในประเทศไทย และ UK Centre for Ecology & Hydrology และมหาวิทยาลัยแครนฟิลด์ของประเทศสหราชอาณาจักร

เราขอขอบคุณในความร่วมมือของท่าน ซึ่งเป็นความสมัครใจที่จะร่วมให้สัมภาษณ์ตามข้อคำถามต่างๆ ที่ปรากฏในแบบสอบถาม การสัมภาษณ์จะเป็นการสอบถามปากเปล่า และเราจะขออนุญาตบันทึกข้อมูลโดยการจดและอัดเสียง สำหรับไฟล์เสียงและรายละเอียดที่จดทั้งหมดจะถูกเก็บไว้อย่างปลอดภัยในระบบโครงข่ายของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และจะถูกทำลายโดยเร็วที่สุด ท่านสามารถตัดสินใจได้ว่าจะอนุญาตให้บันทึกเสียงร่วมกับการจดบันทึกหรือไม่

และเราอยากให้ท่านทราบว่าชื่อของท่านจะไม่ถูกเปิดเผยและคำตอบทุกอย่างของท่านจะถูกปกปิดเป็นความลับ และข้อมูลทั้งหมดที่เก็บมาจะถูกวิเคราะห์แบบบูรณาการเพื่อวัตถุประสงค์ในการวิจัยและอาจถูกใช้ในรายงานการวิจัย การนำเสนอและการตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน ซึ่งจะให้ความสำคัญกับการปกปิดแหล่งที่มาของข้อมูล หากท่านเลือกที่จะเป็นส่วนหนึ่งของโครงการนี้ ท่านสามารถเลือกที่จะถอนตัวออกจากโครงการหรือข้ามข้อคำถามบางข้อได้ตามสะดวก และผู้ที่ให้สัมภาษณ์จะต้องเป็นผู้ที่มีอายุมากกว่า 18 ปี

หากท่านมีข้อสงสัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ กรุณาติดต่อทีมวิจัยตามรายละเอียดด้านล่างนี้

ผศ.ดร.ลิวา ผาดไธสง
ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อีเมล์: gaeliwa@gmail.com
โทร: 081 992 5737

ภาคผนวก 5-3

แบบฟอร์มการยินยอมการเข้าร่วมการวิจัย

หนังสือยินยอมการเข้าร่วมการวิจัย

ชื่อโครงการ:	การพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร (STAR)
ชื่อผู้วิจัย:	ผศ. ดร. ลิวา ผาดไธสง
ที่ติดต่อของผู้วิจัย:	ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อีเมล์ gaeliwa@gmail.com โทรศัพท์ 081 992 5737
ชื่อผู้สัมภาษณ์:	
รหัสผู้เข้าร่วม:	
วัน เดือน ปี:	

1. ข้าพเจ้ายืนยันว่าได้รับข้อมูลเกี่ยวกับโครงการนี้และยินดีเข้าร่วม ☐
2. ข้าพเจ้าเข้าใจว่าข้อมูลส่วนตัวที่ให้ไปจะถูกรักษาเป็นความลับและไม่เชื่อมโยงถึงตัวบุคคล ☐
3. ข้าพเจ้าเข้าใจว่าข้าพเจ้ามีอิสระที่จะไม่ตอบคำถามในแบบสอบถามหากไม่สะดวกใจ โดยสามารถแจ้งทีมวิจัย ดังรายละเอียดการติดต่อที่แนบมา (ผศ.ดร. ลิวา ผาดไธสง) ☐
4. การสัมภาษณ์จะเป็นคำถามจากการพูด และทางเราจะขออนุญาตบันทึกทั้งโดยการจดและ/หรือการอัดบทสัมภาษณ์เพื่อที่จะได้นำไปฟังในการเขียนบันทึกในภายหลัง ไฟล์เสียงและเนื้อหาการสัมภาษณ์จะถูกเก็บไว้ในที่ปลอดภัยภายใต้โครงข่ายของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และจะถูกลบออกเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ☐
   - ข้าพเจ้ายินดีที่จะให้มีการบันทึกการสัมภาษณ์: ยินดี/ ไม่ยินดี (เลือกตามความเหมาะสม)
5. สำหรับวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ ข้อมูลที่เก็บได้จะไม่ระบุชื่อและจะถูกนำไปวิเคราะห์ผลโดยรวมแยกตามพื้นที่ที่ได้สัมภาษณ์ ☐
   - ข้าพเจ้าเข้าใจว่าข้อมูลต่างๆ ที่วิเคราะห์ในภาพรวม จะถูกนำเสนอเพื่อเป็นการสนับสนุนผลการวิจัย ☐
6. ข้าพเจ้าเข้าใจว่าข้อมูลที่ให้ไปจะถูกนำไปใช้โดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ข้อมูลที่ได้ (และข้อมูลสำรองทั้งหมด) จะถูกเก็บไว้อย่างมิดชิดในพื้นที่ปกปิดของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และจะเข้าถึงได้เฉพาะผู้ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น ☐
7. ข้าพเจ้ายืนยันว่าได้อ่านและเข้าใจข้อมูลต่างๆ ตามรายละเอียดในแบบฟอร์มนี้และยินยอมที่จะเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ ☐

ลายเซ็นผู้เข้าร่วมการวิจัย:

ชื่อของผู้เข้าร่วมการวิจัย:

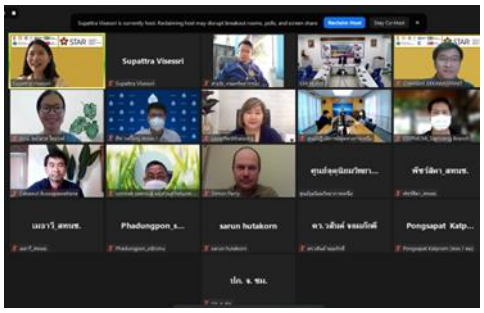
STAR Strenthening Thailand's Agricultural Drought Resilience

ภาคผนวก 7-1

การประชุมของโครงการ

ภาคผนวก 7-1 การจัดประชุมของโครงการ

	การประชุมแนะนำโครงการ 23 พฤศจิกายน 2561 ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนบน อ.เมือง จ.เชียงใหม่
	การประชุมการเริ่มดำเนินงาน ครั้งที่ 1 26 มีนาคม 2562 โรงแรมแมนดาริน กรุงเทพมหานคร
	การประชุมการเริ่มดำเนินงาน ครั้งที่ 2 27 มีนาคม 2562 โรงแรมอโมรา ท่าแพ เชียงใหม่
	การประชุมสนทนากลุ่ม 14 มกราคม 2563 โรงแรมอโมรา ท่าแพ เชียงใหม่

	การประชุมเชิงปฏิบัติการร่วม STAR-ENRICH 16 มกราคม 2563 สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ปทุมธานี
	การรายงานความก้าวหน้าในการดำเนินงาน 3 สิงหาคม 2564 ออนไลน์ผ่านโปรแกรมซูม
	การรายงานความก้าวหน้าในการดำเนินงาน 13 มกราคม 2565 ออนไลน์ผ่านโปรแกรมซูม
	การประชุมปิดโครงการ 29 กันยายน 2565 ออนไลน์ผ่านโปรแกรมซูม

ภาคผนวก 7-2

บทความวิชาการ

What is the evidence linking financial assistance for drought-affected agriculture and resilience in tropical Asia? A systematic review

Regional Environmental Change (2022) 22:12
https://doi.org/10.1007/s10113-021-01867-y

REVIEW

What is the evidence linking financial assistance for drought-affected agriculture and resilience in tropical Asia? A systematic review

Daniel Goodwin[1] · Ian Holman[1] · Liwa Pardthaisong[2] · Supattra Visessri[3] · Chaiwat Ekkawatpanit[4] · Dolores Rey Vicario[1]

Received: 1 October 2021 / Accepted: 15 December 2021
© The Author(s) 2021

Abstract

Agriculture is sensitive to drought and associated social, environmental and economic impacts. Finance-based interventions aim to support farmers affected by drought; however, the extent to which such tools encourage resilience to this natural hazard is unclear. This paper systematically reviews evidence on links between financial interventions to mitigate drought-related impacts and adaptation towards longer-term resilience. We focus on tropical Asia where agriculture contributes significantly to national economies and is a primary source of livelihood in a region subject to high climate variability and episodic drought. Guided by Population, Intervention, Comparator and Outcome criteria, we identify and review 43 regionally specific articles that describe a range of financial interventions. Through thematic synthesis, we document the interventions' associations with micro-level and macro-level outcomes. The results reveal how some interventions helped sustain household incomes and crop yield (e.g. through farm investments that increased productivity) through drought, whilst others encouraged adaptive behaviours. At a macro-level, there were challenges associated with government budgets and scheme administration, with the longevity of many schemes difficult to sustain. From fragmented evidence, this review reasons that there can be challenging policy trade-offs for institutions between supporting livelihoods and economic growth whilst also protecting the environment—highlighting the interdependence of systems' resilience and variability in actors' capacity to adapt. Low-regret interventions that integrate existing community adaptive practices, engage with farmers' needs and prioritise extension support may encourage more desirable counteractions to drought; however, further research is needed to establish the role of such interventions.

Keywords Drought risk management · Financial compensation · Vulnerability · Adaptive capacity · Crop insurance

Introduction

Agriculture in tropical Asia is sensitive to drought and the associated social, environmental and economic impacts (Franzetti et al. 2017). Countries in the region regularly experience episodic dry season droughts (Pavelic et al. 2012) due to inadequate pre-monsoon rainfall, a delay in the onset of the rainy season or its early departure (Habiba et al. 2014). Formal institutions, such as governments, respond to the economic risks of drought (and other climate and non-climate conditions) through a range of financial mechanisms (Smit and Skinner, 2002). At a policy level, governments may select from a variety of strategies that aim to manage the risks associated with climate variability and change (Aakre et al. 2010), that help to smooth farm incomes, and include publicly funded input subsidies, compensation for harvest losses, minimum price support systems,

Communicated by Jamie Pittock

✉ Ian Holman
i.holman@cranfield.ac.uk

[1] Cranfield Water Science Institute, Cranfield University, Bedfordshire MK43 0AL, UK

[2] Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

[3] Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

[4] Department of Civil Engineering, King Mongkut's University of Technology, Bangkok, Thailand

Published online: 17 January 2022

public–private insurance schemes or low-interest loans (Prasada, 2020; Ghosh et al. 2021). Multiple agencies may have to coordinate decisions during dry periods relating to the declaration of a disaster and how and when to distribute financial support (Stricevic et al. 2011). Ultimately, the risk may be distributed in different ways across levels of government, private industry (insurers) and farmers (Pasaribu and Sudiyanto, 2016) and, in some international settings, the policy shift has been towards farmer self-reliance, particularly through insurance and preparedness (Wilhite et al. 2000), with government assistance only available in more exceptional circumstances (Wright, 2005).

Post-disaster financial relief may disincentivise longer-term adaptation, particularly where the recovery does not address existing vulnerabilities, does not reach those that are most vulnerable or focuses resources too heavily on short-terms needs (Cutter et al. 2012; Wilhite et al. 2013). In recent years, countries in Asia and the Pacific, a region dominated by middle-income countries where agriculture is a major economic sector and a critical source of livelihood (Mia et al. 2015), have allocated significant funds to disaster risk financing (IRGP and MSC, 2019). Regional reviews on drought resilience (SAARC, 2010; UNESCAP and ASEAN, 2020) recommend exploring financing measures that can reallocate risk and shift towards more ex ante financial instruments for drought risk management and climate change adaptation. In this regard, considerable attention has been paid to crop insurance schemes, including weather index and revenue-based policies, that aim to protect farmers against crop and income losses (Sinha and Tripathi, 2016). Current scholarly interest centres around understanding whether certain financial interventions designed to support agricultural sectors during drought function better than others (Ricome et al. 2017) and the advantages and disadvantages of providing support ex ante or ex post (Linnerooth-Bayer and Hochrainer-Stigler, 2015; Guimarães Nobre et al. 2019).

Underpinning this study is a comparatively limited evidence base describing the impacts of financial relief on facilitating adaptations to the drought that can help build agricultural resilience in tropical Asia. Adaptation can occur at both the farm scale and at national or regional scales; thus, evaluation of financial interventions should consider both micro- and macro-level responses (Kandlikar and Risbey, 2000; Bradshaw et al. 2004; Habiba et al. 2014; Mia et al. 2015) to help understand where to target interventions (Williams and Carrico, 2017) and the inter-relationship between policy and farmers' actions (Singh et al. 2018). At the micro-level, farmers may adapt through changing crop varieties, planting dates or fertilisers (Abid et al. 2015), improving irrigation efficiency (Swain, 2014) or investing to increase water supply (Bastakoti et al. 2014). In lieu of more sustained adaptive adjustments, farmers may resort to shorter-term coping by drawing down savings, borrowing or migrating for work (Smit and Skinner, 2002; Field et al. 2012; Shaffril et al. 2018). At a macro-level, the financial intervention may be associated with policy, management and strategy refinement (Sinha and Tripathi, 2016; Suebpongsang et al. 2020); modified institutional arrangements (Smit and Skinner, 2002) or modified governance practices (Hurlbert and Gupta, 2019). Moreover, at the macro-level, the intervention may contribute to wider social, economic and environmental impacts (Reidsma et al. 2010). Across these levels, the outcomes of intervention can serve as indicators of adaptive capacity or resilience in different contexts (Reidsma et al. 2010). For example, a resilient system will continue to provide income for farmers, support crop yields, sustain communities and the economy, even when challenged by drought (Lin, 2011) whilst adaptability refers to the capacity of actors in the system to manage and influence resilience (Engle, 2011) and to (intentionally) reorganise, change and learn in response to the threat of drought (Cutter et al. 2008; Carter et al. 2018).

This systematic review (SR) aims to synthesise and critically examine existing evidence around the advantages and disadvantages of institutional financial responses to drought and the associations with adaptation and resilience in tropical Asia. Guided by research that draws together farm and regional level factors (Reidsma et al. 2010), adaptability as a characteristic of a resilient farming system (Meuwissen et al. 2019) and depictions of conceptual links between vulnerability, adaptive capacity and resilience (see Cutter et al. 2008; Engle, 2011), we ask (i) what are the micro and macro-level outcomes associated with financial interventions designed to support drought management in tropical Asia and in what way do the interventions influence the outcomes? and (ii) to what extent might the different financial interventions affect drought adaptation and resilience of agricultural systems in tropical Asia? The study contributes to the understanding of the form and function (including timing) of financial interventions and to how the link between institutional responses to drought and agricultural adaptations and resilience might be strengthened. This review ultimately aims to help support policymakers, academics, industry and farmers understand how financial interventions can help strengthen agricultural resilience in tropical Asia and elsewhere.

In the following section, we outline the SR methodology. The subsequent section draws the evidence together in a qualitative synthesis and then the implications are discussed.

Methods

Systematic review

For this SR, we followed the Collaboration for Environmental Evidence (CEE) guidelines (Pullin et al. 2018). As this review was concerned with determining the effects of

an intervention within a specified population, we followed the concept of defining the Population, Intervention, Comparators and Outcomes (PICO) to inform the search and the criteria for inclusion and exclusion of literature. The criteria for this SR were (i) the Populations: farmers, communities, governments and non-government organisations (NGOs) in tropical Asian climates experiencing drought; (ii) Intervention: any coordinated (e.g. by government or NGO) financial intervention intended to respond to risks associated with drought by either anticipating and mitigating potential impacts or facilitating the recovery from impacts. Thus, interventions could include ex post financial assistance, crop insurance or subsidies; (iii) Comparator: no intervention (that is instances where the searches returned articles concerned with the target population and outcomes but without the explicit discussion or analysis of a specific financial intervention related to managing drought risk) and (iv) Outcomes: evidence of the results or effects linked to interventions (or comparator) at micro- or macro-levels. Whilst the PICO criteria guided the search, we note the objective was to compile a body of literature to evaluate the evidence linking financial assistance and resilience and, as such, interventions and comparators were not defined in the sense of experimental or quasi-experimental design but rather as comparable situations where confounding variables might not necessarily be isolated. We defined tropical Asia using the Köppen–Geiger classification system (Kottek et al. 2006), noting that some countries (particularly India, Myanmar, Lao and Vietnam) may overlap with the hot semi-arid climate region or the humid sub-tropics, and focused the search on Development Assistance Committee (DAC) List countries (OECD, 2021).

Searching and screening

Keyword searches were undertaken in academic journal databases Scopus and Web of Science in February 2021. The keyword searches, using Boolean operators and wildcards aimed to return a body of literature that met the PICO criteria (see Supplementary Material – Table 1). Journal articles were limited to those published in English and published during the decade March 2011 to February 2021. The selected time period was based on initial exploratory searches that indicated few studies published in earlier years. Secondly, the search period was limited due to potential changes over time in climate, socio-economics, governance, agricultural populations and practices, crop varieties and so on. Other databases including Agris, ProQuest and Google Scholar were reviewed to check for completeness of the dataset, help refine keyword searches and to identify a supplementary selection of literature. For Google Scholar, the first ten pages of results (advanced search terms with 'all the words anywhere in the article': tropical, Asia, drought, financial compensation, intervention, insurance, adaptation; years 2011–2021) were reviewed and relevant journal articles were saved to the library and downloaded (n = 31, the total number of results returned was in excess of 15,000). Similar searches were performed in Agris ($n = 12$) and ProQuest ($n = 22$), which both returned relatively few results. We used the ROSES flow diagram for SRs to summarise the articles included in searching, screening and synthesis (Fig. 1).

The searches were exported from the databases and organised in Microsoft Excel where duplicate records were removed to give a complete corpus of unique articles ($n = 502$). Articles were excluded at the title and abstract screening if they did not focus on financial interventions for drought in tropical Asia but rather focused on crop variety genetics (drought resilient), other hazards (such as hailstorms or floods), other regions (such as Africa, West or Central Asia), aquaculture or statistical modelling of weather insurance indices. In a number of cases, the financial intervention was inferred as an implication of the research but was not central to the study and such articles were excluded. Following the screening of the title and abstract, the full texts of $n = 68$ articles were searched and $n = 63$ returned. The full-text articles were then imported into NVivo to assist with coding against the PICO criteria where a further 20 articles were excluded because (i) the details of intervention were not clear, (ii) outcomes were not obviously linked to interventions, (iii) the article was not focused on drought (but rather land degradation and erosions, as examples), (iv) the article was not regionally or climatically specific and (v) two articles were excluded as they were by authors already included in the corpus and relied on the same datasets.

Synthesis

This study was concerned with the thematic outcomes linked to different financial interventions, noting that we anticipated a range of interactional contexts and variables such as by demographics (e.g. age, gender, level of education), crop, farm-scale or cultural context. Coded text was organised in matrix tables to aid in the sorting and thematic categorisation. We indicated whether the intervention was perceived as either positively (+) or negatively (−) influencing the outcome, for example the intervention might have positively influenced crop yield. We also recorded if the influence was uncertain (or ambiguous, inconclusive or negligible) (+/−). We quantified the number of articles that linked each intervention to an outcome; however, these numbers were for illustrative purposes and not used for statistical inference due to the sample sizes. We used the sorting and tabulation of codes and themes to draw the evidence together and to then interpret the extent to which interventions with varying

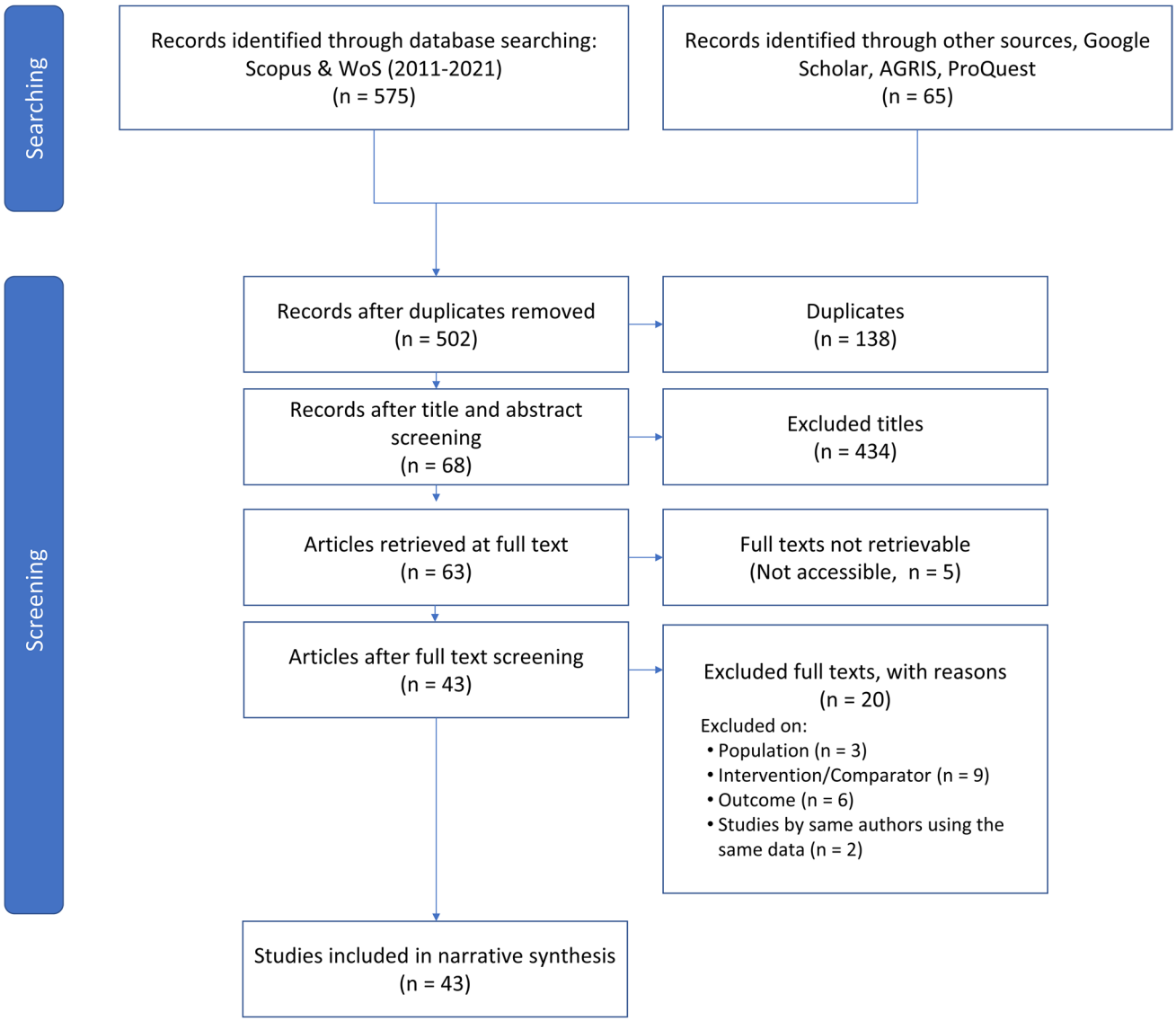


Fig. 1 Flow diagram for searching and screening articles (based on ROSES flow diagram, Haddaway et al. 2017a)

form and function were contributing to drought adaptation and resilience of agricultural systems in tropical Asia.

Results

Most articles related to individual countries ($n=40$), whilst three referred to multiple countries in the region. Articles relating to India ($n=24$) were the most prominent in the corpus (Fig. 2). Most articles reported empirical studies that sampled farmers in their study locations and used survey instruments ($n=31$), with many involving quantitative choice experiments (including willingness to pay, contingent valuations). The median survey sample size used in these quantitative studies was 380 (range 100 to 3614). Other studies used qualitative methods, including interviews and focus groups with sample sizes ranging from approximately 30 to over 500 (47 focus groups in one study). Some studies analysed secondary data (also including farmer surveys undertaken by national governments) or were reviews of policies or drought support initiatives.

The populations described in the selected articles were farmers, farming households, farming communities, community organisations, governments (national, state, local), NGOs, international aid organisations, banks and money lenders, agribusinesses and private insurance companies. The financial interventions described in the articles were (i) ex post compensation (e.g. government assistance or aid); (ii) ex ante subsidies (also including grant payments); (iii) ex ante centralised investment in irrigation infrastructure or

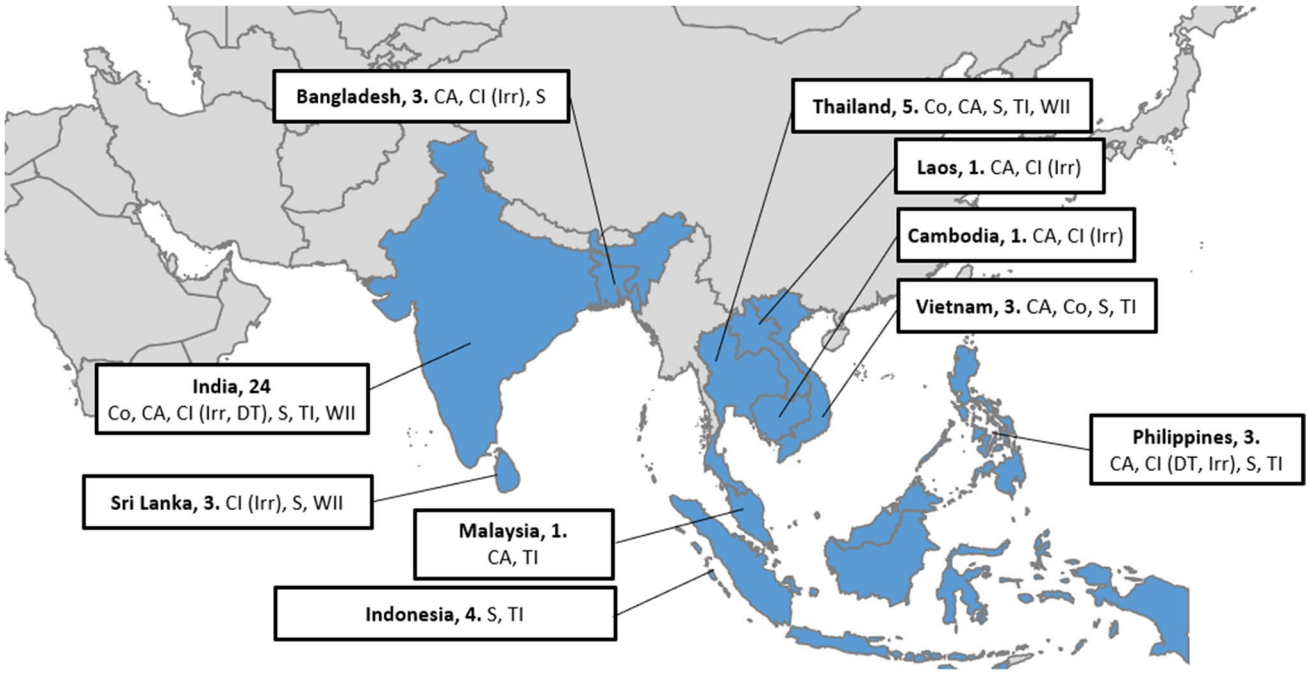


Fig. 2 Countries represented in the SR (some from multi-country studies), including the number of articles in the corpus referring to that country and the types of schemes. Co, compensation; CA, credit access; CI, central investment (DT, drought-tolerant seeds; Irr, irrigation); S, subsidy; TI, traditional insurance; WII, weather index insurance

development of drought tolerant seed varieties (also with subsided distribution in some instances); (iv) traditional insurance (indemnity); (v) weather index insurance and (vi) access to credit (including government subsidised loans and micro-finance initiatives). The outcomes are described in the following sections. Micro-level outcomes were linked to interventions in 35 articles, whilst macro-level outcomes were linked in 37 articles (see Table 1).

Micro-level outcomes

Three categories of micro-level outcomes were identified as associated with interventions (Table 1): (i) outcomes associated with farm finances were the most prominent (77% of the 35 articles coded as linking interventions to farm financial outcomes, Table 1), (ii) farm productivity (51% of coded articles), where the intervention may have supported better yields during drought or helped farmers increase their productivity and (iii) adaptive behaviours (43% of coded articles), where the intervention was associated with the farm changing something for drought management. With all interventions considered jointly, most outcomes were coded as being positively influenced (66%); however, many of the references were also coded as uncertain (51%) or as being negatively influenced (51%). Of the interventions, centralised investment was most frequently described as having a positive influence on outcomes (67% of coded articles), whilst insurance (indemnity) had the highest occurrence of references negatively associated with outcomes (69%). The absence of an intervention was most frequently coded as a negative association with the micro-level outcomes (56%). Throughout the corpus, it was apparent that outcomes were not experienced homogeneously. Generally, poorer and less-educated farmers with smaller land sizes and without access to irrigation facilities were described as being disproportionally affected by drought and less likely to access financial dispensation, credit or insurance schemes (as found by Habiba et al. 2014; Bordey and Arida, 2015; Gaurav, 2015; Dewi et al. 2018; Brown et al. 2019; Senapati, 2020). These characteristics were also associated with farmers' propensity to migrate to urban areas or to be trapped in cycles of debt.

Farm finances

In this subsection, we describe the identified interactions between specific interventions and outcomes relating to farm finances. Compensation and centralised investment were cited as mostly having a positive influence on farm finances. Compensation helped improve income, including improved business and job opportunities after a drought (Habiba et al. 2014; Sharma and Sen, 2021). Central investment in irrigation infrastructure created employment that could help improve farmers' income (Arora and Birwal, 2017), whilst the adoption of certified seeds developed through public rice

Table 1 Summary of coded outcomes ([+], green] = positive, [+/−], amber = uncertain, [−], red = negative). Percentages are for articles coded as linking intervention to a micro- or macro-level outcome (refer to Supplementary Materials Table 2 and Table 3 for more details of coding)

Intervention	Micro-level Outcomes[b]						Macro-Level Outcome[b]						
	n[a] (micro)		Total micro-level	Farm finances	Farm productivity	Adaptive behaviour	n[a] (macro)	Total macro-level	Government finances	Scheme administration	Social	Economic	Environmental
All interventions	35	% of coded articles	100%	77%	51%	43%	37	100%	73%	81%	27%	3%	11%
		[+]	66%	29%	31%	26%		41%	22%	35%	3%	3%	3%
		[+/-]	51%	34%	23%	6%		57%	32%	22%	8%	3%	none identified
		[-]	51%	34%	11%	11%		81%	41%	62%	19%	none identified	8%
Compensation	6	[+]	50%	33%	none identified	17%	8	38%	none identified	25%	none identified	13%	
		[+/-]	17%	17%	none identified	none identified		38%	25%	13%		13%	none identified
		[-]	33%	none identified	17%	17%		75%	50%	38%	13%	none identified	
Subsidies	9	[+]	67%	11%	56%	none identified	13	23%	8%	23%	8%		none identified
		[+/-]	44%	11%	33%	11%		23%	8%	15%	none identified	none identified	8%
		[-]	33%	11%	none identified	22%		69%	23%	38%	15%		15%
Centralised investment	11	[+]	73%	36%	36%	27%	14	14%	none identified	14%	none identified		none identified
		[+/-]	9%	none identified	9%	none identified		71%	57%	7%	7%	none identified	
		[-]	27%	none identified	18%	9%		36%	29%	21%	7%		7%
Insurance (indemnity)	13	[+]	46%	15%	15%	23%	13	23%	23%	8%	none identified		
		[+/-]	31%	23%	15%	none identified		15%	8%	8%	8%	none identified	none identified
		[-]	69%	54%	none identified	8%		92%	38%	92%	none identified		
Index insurance	7	[+]	14%		14%	none identified	9	56%	44%	56%			
		[+/-]	71%	71%	14%	14%		22%		22%	none identified	none identified	none identified
			43%	29%	none identified	14%		78%	22%	44%			
Credit access	13	[+]	46%	15%		38%	5	20%	20%	none identified	none identified		
		[+/-]	23%	15%	8%			40%	none identified		40%	none identified	none identified
		[-]	38%	31%	8%	8%		80%		80%	60%		
No intervention	25	% of coded articles	100%	44%	48%	56%	14	100%	n/a	n/a	93%	36%	14%
		[+]	36%	4%	12%	28%		0%	n/a	n/a	none identified	none identified	none identified
		[+/-]	44%	32%	none identified	16%		7%	n/a	n/a	7%		
		[-]	56%	24%	40%	16%		93%	n/a	n/a	86%	36%	14%

[a]Number of articles coded as linked to outcomes for each intervention. [b]Bars show the proportion of the articles linking intervention to outcomes coded as either positive, uncertain or negative influence on the outcome, may not sum to 100% as an article could include details of both positive, uncertain or negative influences on outcomes

breeding research in the Philippines also provided opportunities for farmers to improve their income due to better yields during droughts (Mariano et al. 2012).

Government subsidies for electricity were recommended by farmers in India to help initiate additional income-generating activities and thus build financial resilience to drought (Habiba et al. 2014). In the case of conditional payments for ecosystem services in Thailand, farmers were likely to opt for riskier, higher-income activities that may be less resilient to climate shocks (Kanchanaroek and Aslam, 2018).

Insurance (indemnity) was often negatively associated with income (in 54% of the articles referring to such insurance schemes): firstly, because the premium was considered a financial burden (Bordey and Arida, 2015) and, secondly, because crops could be damaged by drought but the farmer did not receive any insurance payment (Singh and Agrawal, 2020). The classification of references to index insurance was mostly uncertain (71%), as it could help smooth income (Prasada, 2020) but compensation levels could be variable and not always adequate (Ghosh et al. 2021). Credit access, including through micro-finance initiatives, also helped farmers invest in income-generating activity (Habiba et al. 2014); however, it was more often negatively associated with high repayments (Brown et al. 2019) and debt (Taylor, 2011).

The absence of intervention was linked to micro-level outcomes in 25 of the articles, with 44% of these relating to farm finances. Whilst farmers experienced economic losses (Bahinipati, 2020) and reduced income (Ho et al. 2021) due to drought, some were able to autonomously protect their income through diversification of income sources (Arora and Birwal, 2017), and even increase it through shifting to higher profit crops (Habiba et al. 2014).

Farm productivity

Without intervention, farms typically experienced crop losses (Pasaribu and Sudiyanto, 2016) and production declines during drought (Kishore et al. 2015). Subsidies and government investment were the two categories of interventions with the highest proportion of positive associations with farm productivity.

Improved productivity was linked to government subsidies in a number of articles relating to cocoa farming in Indonesia (Tothmihaly and Ingram, 2019), rice and wheat in India (Kishore et al. 2019) and rice in Sri Lanka (Williams and Carrico, 2017). In these cases, the subsidy included support for fertilisers, seed varieties, pumps and electricity. On the other hand, subsidised diesel for irrigation pumps was described as ineffective for a scheme in India (Kishore et al. 2019). Another study (Kanchanaroek

and Aslam, 2018) found that payments for ecosystem services attracted farmers to change their land use and land management practices; however, this did not relate to an increase in productivity.

Government infrastructure investment was associated with yield improvements. One article described benefits to a centrally funded and managed irrigation scheme in Sri Lanka (Burchfield et al. 2018) and another recommended access to affordable irrigation as the best stimulus for agricultural production (Kishore et al. 2019). However, another study suggested that reliance on irrigation infrastructure rather than crop diversification had a negative association with yield during drought due to the limited water availability (Auffhammer and Carleton, 2018). Other central investment schemes included the development of hybrid seeds (that were also distributed to farmers with institutional involvement) that correlated with better rice yields (Williams and Carrico, 2017).

Adaptive behaviour

Proportionally, credit access had the most articles positively associated with adaptive behaviour. Credit access helped facilitate investments in adaptation, including diversifying livelihoods (Reddy and Sahu, 2013), and was cited as helping to improve resilience (Ho et al. 2021). Crop insurance was also shown to correlate with an increased likelihood of engaging in yield raising adaptations, although insurance could influence riskier production decisions, such as crop choice and usage of agricultural inputs (Sinha and Tripathi, 2016), that were less resilient to climate shocks (Panda et al. 2013).

Centralised investment in irrigation was positively associated with improved farm management and adaptation (Mariano et al. 2012); however, such interventions were also negatively associated with adaptive behaviour as they could discourage crop diversification (Auffhammer and Carleton, 2018). Similarly, government subsidies were coded as negatively influencing adaptive behaviours, for example input subsidies encouraged undesirable land management practices (Ghosh et al. 2021).

With no intervention, farmers exhibited a range of adaptive behaviours with both positive and negative implications. For example, farmers were adapting their land and water management, diversifying their livelihoods and protecting themselves through self-insurance (e.g. Ghosh et al. 2021). However, it was also evident that there was low engagement with diversification (Bordey and Arida, 2015; Prasada, 2020) and limitations to the resilience of self-insurance to extreme or successive shocks (Gaurav, 2015), particularly for more vulnerable groups.

Macro-level outcomes

The following macro-level outcomes were categorised as being associated with the interventions (Table 1): (i) government finances (73% of the 37 articles coded as linking interventions to macro-level financial outcomes), (ii) scheme administration (81% of the coded articles) and (iii) social (27%), economic (3%) or environmental (11%) impacts.

With all interventions considered together, the majority of outcomes was coded as being negatively influenced (81%); however, many references were also coded as uncertain (57%) and positive (41%). Of the interventions, index insurance was most frequently described as having a positive influence on outcomes (56% of the coded articles). All interventions had more negatively coded references, with the exception of centralised investment, where the majority of codes was uncertain. With no intervention, the macro-level outcomes were almost entirely coded as negative (93%) and mostly related to social impacts (86% of coded articles).

Government finances

In this subsection, we describe in more detail the identified interactions between specific interventions and outcomes relating to government finances. Most interventions were observed to have a negative influence on government finances, mainly through the burden of costs. As such, funds were diverted away from other spending priorities (Prasada, 2020; Sharma and Sen, 2021) and were often insufficient to sustain a scheme, whether it be post-disaster compensation (Sharma, 2019) or the ongoing maintenance and repair of infrastructure investments (Beckman and Nguyen, 2016; Brown et al. 2019). In India, the central government's transfer of drought management financial obligations to the States led to the States being financially more stressed, in part due to arranging and deploying resources (Sharma, 2019).

Traditional insurance schemes were reported as an inefficient use of tax revenue (Ghosh et al. 2021) that were often not financially sustainable (Singh and Agrawal, 2020) due to high running costs (Alam et al. 2020). Whilst index insurance had more positively coded references, this was framed by a relative comparison to traditional insurance products where index-based products were more attractive to governments and private insurers as they were less expensive to run (Bordey and Arida, 2015; Prasada, 2020). Some governments saw subsidising insurance as more cost-effective than post-disaster compensation; however, some farmers preferred compensation (Sinha and Tripathi, 2016).

Scheme administration

Across all micro- and macro-level outcomes, factors influencing scheme administration had the most references coded

in the most articles (30 articles or 81% of articles coded with macro-level outcomes). The administration of some schemes was positively influenced by having standardised rules to declare droughts and issue compensation (Sharma, 2019), by stakeholder collaboration relating to subsidy schemes (Bastakoti et al. 2014) and by being seen as easier to run than other schemes, particularly relating to index insurance (Ward and Makhija, 2018).

However, except for index insurance, all interventions had more negatively coded references relating to scheme administration. One negative factor was the low participation of farmers or limited coverage which led to administrative inefficiencies for schemes including compensation (Pasaribu and Sudiyanto, 2016), subsidies (Kanchanaroek and Aslam, 2018) and insurance (Dewi et al. 2018). There were many negative outcomes associated with insurance schemes and subsidy schemes where the administrative burden was greater due to the need to assess many applications and process numerous transactions. Central investment in water supply infrastructure also placed an administrative burden on governments through the continual need to coordinate maintenance—also linked to government finance (Palis et al. 2015; Kishore et al. 2019).

Wider social, economic and environmental impacts

Wider impacts were observed to be associated with the financial interventions, although a higher number of adverse outcomes were coded as being associated with no intervention. Of all the interventions, only one article was coded as having a positive outcome. This was a positive economic impact from compensation on the industrial sector and the district economy (Sharma and Sen, 2021). Many of the negative outcomes from interventions were social and related to farmers' reliance on credit (including micro-credit) which led to cycles of indebtedness (Gaurav, 2015) and poverty (Palis et al. 2015).

Without some intervention, the most prominent impacts (in terms of the number of articles coded) were social (poorer farmers changed job, migrated to urban areas or suffered poor physical or mental health—Arora & Birwal, 2017; Chandra Sekhar Bahinipati, 2020; Gaurav, 2015), followed by economic (decreased productivity in the agricultural sector, regional and national economies) and environmental (pollution, land degradation) (Habiba et al. 2014; Bahinipati, 2020; Suryanto et al. 2020; Ho et al. 2021).

Discussion

This review set out to contribute to the understanding of the form and function (including timing) of financial interventions and to how the link between institutional responses to drought and agricultural adaptations and resilience might be strengthened in tropical Asia. We found evidence of outcomes being influenced by the financial interventions at both the micro (or farm) level and at a macro-level.

Micro-level outcomes

The micro-level outcomes related to farm finances, farm productivity and farmers' adaptive behaviour, which, on balance, were collectively described as being more positively influenced by the interventions. The interventions were also associated with more positive outcomes for farm finances and farm productivity when compared to having no intervention. However, farmers were similarly likely to demonstrate positive adaptive behaviour with or without a formal intervention (noting the limitations to these cross-study comparisons and also noting variations in the frequency of adaptive behaviours cited as an outcome depending on the intervention). With no intervention, some farmers undertook autonomous risk management like crop diversification or selling livestock to sustain incomes during drought, although many farmers lacked the resources to make their desired changes. Access to formal institutional credit helped support adaptive behaviour but was not typically available to all demographics, hence, drawing attention to the need for interventions to reach the most vulnerable groups (Cutter et al. 2012). Lack of credit access can be a major constraint on farmers' ability to adapt to drought conditions and micro-finance initiatives may be an appropriate tool in some circumstances (Khanal and Regmi, 2018). Informal risk sharing may continue to help many farmers cope in the short term, particularly for those who are less wealthy and do not have access to institutional financial support (Bastakoti et al. 2014; Gaurav, 2015; Palis et al. 2015); however, this route is less likely to strengthen adaptive capacity nor enhance the resilience of the farming system.

Macro-level outcomes

Adaptation can occur at both the farm scale and at national or regional scales, for example, through drought management policy iterations (Habiba et al. 2014). Moreover, drought management financial obligations can vary between national and state levels of government (Sharma, 2019), or between nations included in this review, that may also differ in their capacity to manage and influence resilience. Macro-level consequences associated with the interventions related to government finances, scheme administration and wider social, economic and environmental impacts. The review did not uncover evidence of positive macro-level adaptation trends that might support resilience. Rather, institutions were described as struggling to maintain the required budgets and administrative arrangements to deliver desired scheme

impacts. The results suggested that institutions need to weigh up interactions and trade-offs between social, environmental and economic outcomes related to financial interventions. Many schemes had not accounted for non-economic losses that might include health impacts, damage to wildlife or loss of biodiversity (Bahinipati, 2020). As an example, a government scheme to expand access to groundwater irrigation may make farms more productive in the short term (and sustain incomes) but may not foster longer-term resilience as overutilisation of the water source or intensification of production ultimately causes negative environmental impacts (Prasad and Sohoni, 2020). Similar paradoxes can include disinvestment in education in favour of immediate employment in low-skill jobs or encouraging adaptation towards income diversification where specialisation in livestock activities may be a more drought resilient strategy in some circumstances (Gerber and Mirzabaev, 2017). Despite the trade-offs, there were some positive macro-level outcomes associated with the financial interventions that, if sustained, could increase place-based (or community level) adaptive capacity and strengthen farming system resilience through providing regional economic stimulus (Sharma and Sen, 2021) or through decreasing permanent urban migration amongst poor households or decreasing food shortage days (Reddy and Sahu, 2013).

Forms of intervention

Regarding the form of intervention, we found that coordinated financial interventions can help to avoid the negative impacts of drought and, with the appropriate continual policy support, may help strengthen agricultural resilience in tropical Asia. For some schemes, the precise form was ambiguous as the development of drought-tolerant seeds involved government investment but could also involve subsidies to encourage the broader uptake by farmers. Similarly, governments could centrally invest in developing irrigation infrastructure or provide grants and subsidies to local communities or individuals to build their own water storage and irrigation. The results of this review, albeit based on diverse literature using different methods in different settings, suggest that there may not be one optimal financial intervention (Aakre et al. 2010) but rather country and context-specific solutions (Clarke et al. 2017) that might combine different management interventions (Ward and Makhija, 2018) tailored to the characteristics of the drought risk (Linnerooth-Bayer and Hochrainer-Stigler, 2015) and countries' unique institutional and socio-economic circumstances (Anbumozhi et al. 2012). In the case of subsidising crop insurance, Smith (2016) suggests that more evidence is needed on the relative returns compared to other uses of the money such as subsiding conservation practices, providing education and increasing location-specific agricultural research and extension. In terms of fairness and effectiveness, index insurance has been evaluated as better than more traditional indemnity based products (Hazell and Hess, 2010); however, such schemes may not support smallholder farmers more than informal community-based initiatives, payments will not necessarily correlate well with actual losses, and subsided access may be sub-optimal for encouraging longer-term investments in risk management (Smith, 2016).

Timing of intervention

In terms of intervention timing, we found advantages and disadvantages to both ex post and ex ante schemes, noting that it was sometimes unclear where intervention was in a given sequence of droughts (e.g. the intervention followed one drought and preceded the next). There may be some benefits to governments providing ex post crisis management support funds (Zhou and Shao-Yu, 2013) but such stimulus is unlikely to facilitate longer-term resilience (Habiba et al. 2014; Sharma and Sen, 2021) if farmers become dependent on compensation nor where prioritising short-term needs does not facilitate the building of capacity to adapt away from existing vulnerabilities (Cutter et al. 2012; Wilhite et al. 2013; Carrão et al. 2016). Ex ante support is mooted as the more desirable time to intervene (Linnerooth-Bayer and Hochrainer-Stigler, 2015; Gerber and Mirzabaev, 2017; Guimarães Nobre et al. 2019), but such approaches can still be challenged in practice by scheme administration issues, budget constraints and demographic or farm-level heterogeneity. A more need-based adaptation planning approach could help integrate various farm-level needs with centrally coordinated interventions (Singh et al. 2018), which may help mainstream adaptive practices as well as strengthen institutional capabilities (Aryal et al. 2020). In summary, there may be several more easily implementable, low-cost drought management investments that can be made such as extension support, supporting indigenous knowledge networks, improving the communication of formal advice, upscaling local climate resilient practices, that also have added social or economic co-benefits (Rao et al. 2016; Gerber and Mirzabaev, 2017) and that would help mainstream adaptation in the long run (Prabhakar and Shaw, 2008) as an enduring characteristics of a resilient farming system (Meuwissen et al. 2019).

Conclusions

Agriculture in tropical Asia is sensitive to drought and associated impacts. By exploring the influence of several types of financial interventions described in the academic literature on micro- and macro-level outcomes, we were able to infer the potential to support adaptation towards more

drought-resilient agriculture. At a farm level, interventions help to sustain crop yields and protect farmers' income during drought. The interventions were also associated with adaptive behaviours where farmers were able to make changes and increase their capacity to make their livelihoods more resilient. At a macro-level, governments were challenged by the budgetary and administrative demands of running many of the schemes. Interventions were also linked to wider social, economic and environmental impacts which implied a need for more integrative scheme monitoring and evaluation. Whilst there may be no optimal solutions, mixes of instruments may bring benefits when tailored to specific contexts and levels of risk. The evidence, albeit of varying quality and strength and set in cross-national contexts, suggests that there are challenging policy trade-offs for institutions to make between supporting livelihoods and economic growth whilst also protecting the environment and sustaining local communities. The design of schemes should benefit from deeper consultation with farmers, undertaking need-based assessment and supporting the promotion (and upscaling) of effective community-level adaptive practices. Evidenced by the low participation rate of many schemes integrated packages of support may help reach a greater diversity of farmers and should aim to account for different literacy and wealth levels of farmers across the region, thus reinforcing the higher vulnerabilities of certain groups or sectors within the farming system. A focus on low-regret investments may help reduce vulnerabilities and mainstream adaptation as an ongoing, reflexive evaluation of system resilience. In this regard, agricultural extension, local experimentation, social networks and social learning may play important roles in strengthening the elements of agricultural systems contributing to reorganisation but also to maintaining the more desirable configurations. To conclude, further research should aim to evaluate such financial interventions using more controlled experimental (or quasi-experimental) methods so that the quality and strength of evidence on the relative advantages and disadvantages of different strategies can be more rigorously weighed up and synthesised. The relative sparsity of studies in countries within the region highlights an opportunity for inter-regional and cross-national collaboration.

Supplementary Information The online version contains supplementary material available at https://doi.org/10.1007/s10113-021-01867-y.

Funding This project was funded through a Global Challenges Research Fund QR 2020/21 grant and a joint grant from NERC (Natural Environment Research Council, UK), grant number NE/S003223/1 and TSRI (Thailand Science Research and Innovation), grant number RDG6130017 for the STAR project (Strengthening Thailand's Agricultural drought Resilience) .

No new data were created in this study. The authors confirm that the articles used in the literature review are cited in the article. The coding of articles is summarised in the supplementary materials. Any enquiries can be directed to the authors.

Declarations

Ethics approval Ethics was approved the Cranfield University Research Ethics System (CURES), reference: CURES/12888/2021.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

References

Aakre S, Banaszak I, Mechler R, Rübbelke D, Wreford A et al (2010) Financial adaptation to disaster risk in the European Union: identifying roles for the public sector. Mitig Adapt Strat Glob Change 15(7):721–736. https://doi.org/10.1007/s11027-010-9232-3

Abid M, Scheffran J, Schneider UA, Ashfaq M (2015) Farmers' perceptions of and adaptation strategies to climate change and their determinants: the case of Punjab province, Pakistan. Earth System Dynamics 6(1):225–243. https://doi.org/10.5194/esd-6-225-2015

Alam ASAF, Begum H, Masud MM, Al-Amin AQ, Leal Filho W (2020) 'Agriculture insurance for disaster risk reduction: a case study of Malaysia', International Journal of Disaster Risk Reduction. Elsevier 47:101626. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101626

Anbumozhi V, Breiling M, Pathmarajah S, Reddy VR (2012) Climate change in Asia and the Pacific how can countries adapt? SAGE Publications Ltd

Arora A, Birwal D (2017) Natural calamities, crop losses and coping strategies: an economic analysis from Odisha. Indian J Agric Econ 72(3):385–395

Aryal JP, Sapkota TB, Khurana R, Khatri-Chhetri A, Rahut DB et al (2020) Climate change and agriculture in South Asia: adaptation options in smallholder production systems, Environment, Development and Sustainability. Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/s10668-019-00414-4

Auffhammer M, Carleton TA (2018) Regional crop diversity and weather shocks in India. Asian Dev Rev 35(2):113–130. https://doi.org/10.1162/adev_a_00116

Bahinipati CS (2020) Assessing the costs of droughts in rural India: a comparison of economic and non-economic loss and damage. Curr Sci 118(11):1832–1841. https://doi.org/10.18520/cs/v118/i11/1832-1841

Bastakoti RC, Gupta J, Babel MS, van Dijk MP (2014) Climate risks and adaptation strategies in the Lower Mekong River basin. Reg Environ Change. https://doi.org/10.1007/s10113-013-0485-8

Beckman M, Nguyen MVT (2016) Upland development, climate-related risk and institutional conditions for adaptation in Vietnam. Clim Dev Taylor & Francis 8(5):413–422. https://doi.org/10.1080/17565529.2015.1067178

Bordey FH, Arida IA (2015) Adoption of rice crop insurance in the Philippines: lessons from farmer's experience. Philipp J Crop Sci 40(1):24–34

Bradshaw B, Dolan H, Smit B (2004) Farm-level adaptation to climatic variability and change: crop diversification in the Canadian prairies. Clim Change 67(1):119–141. https://doi.org/10.1007/s10584-004-0710-z

Brown PR, Afroz S, Chialue L, Chiranjeevi T, El S et al (2019) Constraints to the capacity of smallholder farming households to adapt to climate change in South and Southeast Asia. Clim Dev Taylor & Francis 11(5):383–400. https://doi.org/10.1080/17565529.2018.1442798

Burchfield E, Williams NE, Carrico AR (2018) Rescaling drought mitigation in rural Sri Lanka Regional Environmental Change. Reg Environ Change 18(8):2495–2503. https://doi.org/10.1007/s10113-018-1374-y

Carrão H, Naumann G, Barbosa P (2016) Mapping global patterns of drought risk: an empirical framework based on sub-national estimates of hazard, exposure and vulnerability. Glob Environ Chang 39:108–124. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.04.012

Carter R, Ferdinand T, Chan C (2018) Transforming agriculture for climate resilience: a framework for systemic change. WRI Publications, World Resources Institute

Clarke DJ, Mahul O, Poulter R, Teh TL (2017) 'Evaluating sovereign disaster risk finance strategies: a framework', Geneva Papers on Risk and Insurance: Issues and Practice. Palgrave Macmillan UK 42(4):565–584. https://doi.org/10.1057/s41288-017-0064-1

Cutter SL, Barnes L, Berry M, Burton C, Evans E et al (2008) A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. Glob Environ Chang 18(4):598–606. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013

Cutter S, Osman-Elasha B, Campbell J, Cheong S-M, McCormick S et al (2012) Managing the risks from climate extremes at the local level. In: Field CB, Barros V, Stocker TF, Qin D, Dokken DJ et al (eds) Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 291–338

Dewi N, Kusnandar, Rahayu ES (2018) 'Risk mitigation of climate change impacts on rice farming through crop insurance: an analysis of farmer's willingness to participate (a case study in Karawang Regency, Indonesia)', IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 200: 012059. https://doi.org/10.1088/1755-1315/200/1/012059.

Engle NL (2011) Adaptive capacity and its assessment. Global Environmental Change Elsevier Ltd 21(2):647–656. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.019

Field CB, Barros V, Stocker TF, Dahe Q (2012) Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press

Franzetti F, Pezzoli A, Bagliani M (2017) 'Rethinking water resources management under a climate change perspective: from national to local level. The case of Thailand', in Tiepolo, M., Pezzoli, A. and Tarchiani, V. (ed.) Renewing local planning to face climate change in the tropics. Springer Nature

Gaurav S (2015) 'Are rainfed agricultural households insured? Evidence from five villages in Vidarbha, India', World Development. Elsevier Ltd 66:719–736. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.09.018

Gerber N, Mirzabaev A (2017) Benefits of action and costs of inaction: drought mitigation and preparedness-a literature review (N. Gerber and A. Mirzabaev), Integrated Drought Management Programme (IDMP) Working Paper No. 1. Stockholm, Sweden. https://doi.org/10.1201/b22009

Ghosh RK, Gupta S, Singh V, Ward PS (2021) Demand for crop insurance in developing countries: new evidence from India. J Agric Econ 72(1):293–320. https://doi.org/10.1111/1477-9552.12403

Guimarães Nobre G, Davenport F, Bischiniotis K, Veldkamp T, Jongman B et al (2019) 'Financing agricultural drought risk through ex-ante cash transfers', Science of the Total Environment. The Authors, 653(February 2018) 523–535. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.406

Habiba U, Shaw R, Takeuchi Y (2014) Farmers' adaptive practices for drought risk reduction in the northwest region of Bangladesh. Nat Hazards 72(2):337–359. https://doi.org/10.1007/s11069-013-1011-5

Haddaway N, Macura B, Whaley P, Pullin A (2017) 'ROSES flow diagram for systematic reviews. Version 1.0.' https://doi.org/10.6084/m9.figshare.5897389

Hazell PBR, Hess U (2010) Drought insurance for agricultural development and food security in dryland areas. Food Security. https://doi.org/10.1007/s12571-010-0087-y

Ho TDN, Kuwornu JKM, Tsusaka TW (2021) Factors influencing smallholder rice farmers' vulnerability to climate change and variability in the Mekong Delta Region of Vietnam, European Journal of Development Research. Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/s41287-021-00371-7

Hurlbert MA, Gupta J (2019) An institutional analysis method for identifying policy instruments facilitating the adaptive governance of drought. Environ Sci Policy. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.09.017

IRGP and MSC (2019) First insights: landscape of climate and disaster risk insurance (CDRI) in Asia and the Pacific. MicroSave Consulting

Kanchanaroek Y, Aslam U (2018) 'Policy schemes for the transition to sustainable agriculture—farmer preferences and spatial heterogeneity in northern Thailand.' Land Use Policy Elsevier(September 2017) 78:227–235. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.05.026

Kandlikar M, Risbey J (2000) Agricultural impacts of climate change: if adaptation is the answer, what is the question? Clim Change 45(3–4):529. https://doi.org/10.1016/j.urology.2014.04.064

Khanal AR, Regmi M (2018) Financial constraints and production efficiency: a case from rice growers in drought prone areas of Indonesia. Agric Financ Rev 78(1):25–40. https://doi.org/10.1108/AFR-07-2016-0068

Kishore A, Joshi PK, Pandey D (2015) Drought, distress, and a conditional cash transfer programme to mitigate the impact of drought in Bihar, India. Water Int Routledge 40(3):417–431. https://doi.org/10.1080/02508060.2015.1050579

Kishore A, Joshi PK, Pandey D (2019) 'Droughts, distress, and policies for drought-proofing agriculture in Bihar, India', Climate Smart Agriculture in South Asia: Technologies, Policies and Institutions, (December) 143–164. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8171-2_7

Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F (2006) World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorol Z 15(3):259–263. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130

Lin BB (2011) Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. Bioscience 61(3):183–193. https://doi.org/10.1525/bio.2011.61.3.4

Linnerooth-Bayer J, Hochrainer-Stigler S (2015) Financial instruments for disaster risk management and climate change adaptation. Clim Change 133(1):85–100. https://doi.org/10.1007/s10584-013-1035-6

Mariano MJ, Villano R, Fleming E (2012) 'Factors influencing farmers' adoption of modern rice technologies and good management practices in the Philippines', Agricultural Systems. Elsevier Ltd 110:41–53. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.03.010

Meuwissen MPM, Feindt PH, Spiegel A, Termeer CJAM, Mathijs E et al (2019) A framework to assess the resilience of farming systems. Agric Syst Elsevier 176(May):102656. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102656

Mia MS, Er AC, Prabhakar S, Pereira JJ (2015) 'Disaster risks and insurance in the agriculture sector in Asia: a review'. J Food Agric Environ

OECD (2021) DAC List of ODA Recipients. Available at: https://www.oecd.org/dac/financing-sustainable-development/development-finance-standards/daclist.htm (Accessed: 27 Sept 2021).

Palis F, Diaz C, Todcor G, Flor RJ, Tanzo I et al (2015) 'Voices from the field: needs of small-scale Filipino rice farmers', Philippine Journal of Crop Science (PJCS). Crop Sci Soc Philipp 40(1):1–7

Panda A, Sharma U, Ninan KN, Patt A (2013) Adaptive capacity contributing to improved agricultural productivity at the household level: empirical findings highlighting the importance of crop insurance. Glob Environ Chang. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.03.002

Pasaribu SM, Sudiyanto A (2016) 'Agricultural risk management: lesson learned from the application of rice crop insurance in Indonesia', in Climate Change Policies and Challenges in Indonesia. Springer 305–322. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55994-8_14.

Pavelic P, Srisuk K, Saraphirom P, Nadee S, Pholkern K et al (2012) 'Balancing-out floods and droughts: opportunities to utilize floodwater harvesting and groundwater storage for agricultural development in Thailand', Journal of Hydrology. Elsevier B.V., 470–471, pp. 55–64. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.08.007.

Prabhakar SVRK, Shaw R (2008) Climate change adaptation implications for drought risk mitigation: a perspective for India. Clim Change 88(2):113–130. https://doi.org/10.1007/s10584-007-9330-8

Prasad P, Sohoni M (2020) Agricultural intensification and risk in water-constrained hard-rock regions: a social-ecological systems study of horticulture cultivation in Western India. Ecol Soc. https://doi.org/10.5751/ES-11825-250402

Prasada DVP (2020) 'Climate-indexed insurance as a climate service to drought-prone farmers: evidence from a discrete choice experiment in Sri Lanka', in Filho, W. L. and Jacob, D. (eds) Handbook of Climate Services

Pullin AS, Frampton GK, Petrokofsky, Gillian BL (2018) Guidelines and standards for evidence synthesis in environmental management version 5, collaboration for environmental evidence. Available at: https://environmentalevidence.org/information-for-authors/table-of-contents-page/ (Accessed: 10 Mar 2021).

Rao CS, Gopinath KA, Prasad JVNS, Singh AK (2016) 'Climate resilient villages for sustainable food security in tropical India: concept, process, technologies, institutions, and impacts', Advances in Agronomy 1–114. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.06.003.

Reddy GB, Sahu N (2013) 'Disaster risk management through a "'Watershed Plus'" approach in the Western Orissa Rural Livelihoods Project (WORLP): Orissa, India', in Filho, W. L. (ed.) Climate Change and Disaster Risk Management. Springer

Reidsma P, Ewert F, Lansink AO, Leemans R (2010) Adaptation to climate change and climate variability in European agriculture: the importance of farm level responses. Eur J Agron 32(1):91–102. https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.06.003

Ricome A, Affholder F, Gérard F, Muller B, Poeydebat C et al (2017) 'Are subsidies to weather-index insurance the best use of public funds? A Bio-Economic Farm Model Applied to the Senegalese Groundnut Basin', Agricultural Systems. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.05.015

SAARC (2010) SAARC Workshop on Drought Risk Management in South Asia. South Asian Association for Regional Cooperation (SAARC) Disaster Management Centre. Available at: www.droughtmanagement.info/literature/SAARC_drought_risk_management_south_asia_2010.pdf.

Senapati AK (2020) 'Do farmers value insurance against extreme droughts and floods? Evidence from Odisha, India', Global Business Review. https://doi.org/10.1177/0972150920957616

Shaffril HAM, Krauss SE, Samsuddin SF (2018) 'A systematic review on Asian' s farmers' adaptation practices towards climate change', Science of the Total Environment. Elsevier B.V., 644, pp. 683–695. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.349

Sharma A (2019) Drought management policy of india: an overview. Disaster Adv 12(11):51–62

Sharma A, Sen S (2021) 'Impact of drought on economy: a district level analysis of Madhya Pradesh, India', Journal of Environmental Planning and Management. Routledge 64(6):1021–1043. https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1797651

Singh NP, Anand B, Khan MA (2018) 'Micro-level perception to climate change and adaptation issues: a prelude to mainstreaming climate adaptation into developmental landscape in India', Natural Hazards. Springer, Netherlands 92(3):1287–1304. https://doi.org/10.1007/s11069-018-3250-y

Singh P, Agrawal G (2020) Development, present status and performance analysis of agriculture insurance schemes in India: review of evidence. Int J Soc Econ 47(4):461–481. https://doi.org/10.1108/IJSE-02-2019-0119

Sinha S, Tripathi NK (2016) Assessing the challenges in successful implementation and adoption of crop insurance in Thailand. Sustainability (switzerland). https://doi.org/10.3390/su8121306

Smit B, Skinner MW (2002) Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. Mitig Adapt Strat Glob Change 7(1):85–114. https://doi.org/10.1023/A:1015862228270

Smith VH (2016) Producer insurance and risk management options for smallholder farmers. World Bank Res Obs. https://doi.org/10.1093/wbro/lkw002

Stricevic R, Djurovic N, Djurovic Z (2011) Drought classification in Northern Serbia based on SPI and statistical pattern recognition. Meteorol Appl. https://doi.org/10.1002/met.207

Suebpongsang P, Benchaphun E, Cramb R (2020) 'Chapter 2 - Commercialisation of rice farming Thailand, in Northeast', in Cramb, R. (ed.) White Gold - the commercialisation of rice farming in the Lower Mekong Basin. Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.2307/2996870

Suryanto, Gravitiani E, Daerobi A, Susilowati F (2020) 'Crop insurance as farmers adaptation for climate change risk on agriculture in Surakarta residency-Indonesia', International Journal of Trade and Global Marketshttps://doi.org/10.1504/IJTGM.2020.106771

Swain M (2014) Crop insurance for adaptation to climate change in India. Asia Research Centre (ARC), The London School of Economics & Political Science

Taylor M (2011) "Freedom from poverty is not for free": rural development and the microfinance crisis in Andhra Pradesh, India. J Agrar Chang 11(4):484–504. https://doi.org/10.1111/j.1471-0366.2011.00330.x

Tothmihaly A, Ingram V (2019) How can the productivity of Indonesian cocoa farms be increased? Agribusiness 35(3):439–456. https://doi.org/10.1002/agr.21595

UNESCAP and ASEAN (2020) Ready for the dry years - building resilience to drought in South-East Asia Second Edition. Available at: https://www.unescap.org/sites/default/files/publications/Ready for the Dry Years.pdf.

Ward PS, Makhija S (2018) 'New modalities for managing drought risk in rainfed agriculture: evidence from a discrete choice experiment in Odisha. India', World Development. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.03.002

Wilhite DA, Hayes, Michael J, Knutson C, Smith KH (2000) 'Planning for drought: moving from crisis to risk management', Journal

of the Am Water Resour Assoc 36(4) 697–710https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2000.tb04299.x

Wilhite DA, Sivakumar MVK, Pulwarty R (2013) (2014) 'Managing drought risk in a changing climate: the role of national drought policy.' Weather Clim Extremes Elsevier 3:4–13. https://doi.org/10.1016/j.wace.2014.01.002

Williams NE, Carrico A (2017) 'Examining adaptations to water stress among farming households in Sri Lanka's dry zone', Ambio. Springer, Netherlands 46(5):532–542. https://doi.org/10.1007/s13280-017-0904-z

Wright WJ (2005) Agricultural drought policy and practices in Australia, natural disasters and extreme events in agriculture: impacts and mitigation. https://doi.org/10.1007/3-540-28307-2_12

Zhou, C-S, Shao-Yu W (2013) 'Econometric analysis on factors influencing agricultural production output', in International Conference on Management Science and Engineering - Annual Conference Proceedings. https://doi.org/10.1109/ICMSE.2013.6586304.

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

ภาคผนวก 7-3

บทความวิชาการ

The contribution of a catchment-scale advice network to successful agricultural drought adaptation in Northern Thailand

PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS A

royalsocietypublishing.org/journal/rsta

Research

Cite this article: Goodwin D, Holman I, Sutcliffe C, Salmoral G, Pardthaisong L, Visessri S, Ekkawatpanit C, Rey D. 2022 The contribution of a catchment-scale advice network to successful agricultural drought adaptation in Northern Thailand. *Phil. Trans. R. Soc. A* **380**: 20210293.
https://doi.org/10.1098/rsta.2021.0293

Received: 28 September 2021
Accepted: 28 January 2022

One contribution of 11 to a Royal Society Science+ meeting issue 'Drought risk in the Anthropocene'.

Subject Areas:
climatology

Keywords:
social network analysis, drought communication, drought information, vulnerability, Asia

Author for correspondence:
Ian Holman
e-mail: i.holman@cranfield.ac.uk

Electronic supplementary material is available online at https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.6230507.

THE ROYAL SOCIETY PUBLISHING

The contribution of a catchment-scale advice network to successful agricultural drought adaptation in Northern Thailand

Daniel Goodwin[1], Ian Holman[1], Chloe Sutcliffe[1], Gloria Salmoral[1], Liwa Pardthaisong[2], Supattra Visessri[3], Chaiwat Ekkawatpanit[4] and Dolores Rey[1]

[1]Cranfield University, Bedfordshire MK43 0AL, UK
[2]Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand
[3]Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand
[4]Department of Civil Engineering, King Mongkut's University of Technology, Thonburi, Bangkok, Thailand

DG, 0000-0003-3330-3078

The intensification of drought affects agricultural production, leading to economic losses, environmental degradation and social impacts. To move toward more resilient system configurations requires understanding the processes that shape farmers' adaptation amidst complex institutional contexts. Social networks are an important part of collective action for supporting adaptive capacity and there are continuing calls to strengthen network connectivity for agricultural governance under the impacts of climate change. Through a survey of 176 farmers in northern Thailand, we explore the extent to which the characteristics of information shared in a catchment advice network are associated with adaptations. Statistical analyses reveal the perceived efficacy of communications as well as

© 2022 The Author(s) Published by the Royal Society. All rights reserved.

farmers' relative closeness in the advice network to be positively associated with adaptation to drought. We identify a capacity for local actors to bridge information bottlenecks in the network and opportunities for institutions to enhance their dissemination of information to reach less networked farmers. We find that not all adaptations are perceived as effective against future drought and infer opportunities to support engagement with extension services, encourage the sharing of local knowledge and experience and devise policy and interventions to strengthen advice networks for more resilient agricultural systems.

This article is part of the Royal Society Science+ meeting issue 'Drought risk in the Anthropocene'.

1. Introduction

Agriculture, a major economic sector and a critical source of livelihood in Southeast Asian countries like Thailand, is vulnerable to climate variability and extremes, including drought [1]. Coupled with climate change, the intensification of drought affects agricultural production and catalyses economic losses [2], environmental degradation [3] and social impacts such as de-agrarianization [4]. Once manifested, these drought impacts signify vulnerability in an agricultural system, particularly where there is not the capacity to absorb the shock or respond to change [5]. From a resilience perspective, research endeavours to understand the elements that enable the system to renew and reorganize and cope with disturbances in the longer term [6]. Thus, efforts to understand the processes that shape farmers' adaptation to climate change [7] in diverse geographical, institutional and governance contexts [8] can contribute toward the development of more effective adaptation strategies. Using a case study from Thailand, this study aims to investigate the roles of institutions and farmers in sharing advice to support drought resilience.

Various frameworks attempt to draw together the concepts of resilience, vulnerability and adaptive capacity with respect to socio-ecological systems (e.g. [9–11], wherein adaptive capacity is a common link and where systems with higher adaptive capacity have a greater chance of moving to a more desirable system state [12]. Adaptation, viewed as a reduction in vulnerability arising from the realization of adaptive capacity [13], can describe reactive responses or the anticipation of and planning for future stresses [12]. Moreover, adaptation can vary in spatial scale, intent, timing or duration [14] and successful implementation involves the coordination of efforts across multiple actors [8]. Public bodies may disseminate information via different communication channels and networks [1] to promote both strategic and on-farm adaptation measures [14]. The sharing of information is further shaped by formal and informal institutional structures and governance arrangements that encompass the capacity for collective responses [8,15]. Yet while evidence shows that access to information and participation in social institutions are associated with households making successful farming changes [16,17], many farmers remain constrained by a lack of information on what to do in response to drought [18].

Social networks are an important part of collective action for supporting adaptive capacity [19] and they may serve as an indicator of community resilience [9]. Farmers that network more with other farmers and institutional services build social capital [1] and may be more likely to adapt [20–22]. Local farming networks can contribute to information exchange and adaptive responses [1] where farmers often rely on informal, rather than formal (e.g. from a government department), advice networks [23]. Farmers can also generate knowledge through experimentation [23], or by referring to indigenous knowledge [24], which is shared via neighbours and peer groups [1]. Information can enter the social network via prominent individuals (e.g. a local community leader) [23] or via farmer organizations [25], and advice on adaptation from neighbours, peer groups and the farming community, rather than from the government, can be more efficacious

[1,26]. Alongside social networks, other factors such as age [27], access to financial resources [28], socioeconomic status [1] and level of education [20] also influence farmers' capacity to adapt.

Within contemporary research and policy, there are calls to strengthen the connectivity of social networks for agricultural governance [27,28] and for increased farmer inclusion in the development of local adaptation strategies [27,29,30]. These concepts can be viewed through an institutional analysis lens and continuing attempts to understand the interplay between governments and the self-governing aspects of natural resource management [15,31] and the role social networks play in fortifying resilience to drought [32]. Despite innovations in the application of social network analysis (SNA) (e.g. [8,21,22,27,33–35]), there is uncertainty in the relationship between a farmer's position in a network and their propensity to make adaptations to counteract drought, particularly in varying climatic or cultural settings. Moreover, little is known about the association between the characteristics of information shared in an agricultural advice network and farmers' evaluations of the success of the adaptations they have undertaken in response to that advice. Thus, further research is needed to help understand the effectiveness of adaptations in different geographical and institutional contexts [7,8,36], how to evaluate the characteristics of successful adaptation [11] and then how to best share the knowledge gained with other farmers and institutional actors at local or translocal network scales [16,22,26,36].

In this study, data from a survey of farmers in Northern Thailand are viewed through SNA to investigate how the characteristics of information and the farmers' position in the catchment advice network influence adaptations to drought. To further understand the intersection of SNA research focused on interactions between institutions and farmers [8,23,29] with perspectives on constraints to drought management in Thailand [37–39], the study asks: (i) To what extent are the characteristics of information shared in a catchment advice network and the connectivity of farmers within the network associated with farm adaptations? and (ii) To what extent do these factors contribute toward farmers perceiving the adaptations as effective against future droughts? Through answering these questions, we aim to interpret (iii) what the potential contribution of the catchment advice network is for strengthening adaptive capacity and resilience in the context of the case study and more broadly.

2. Methods

(a) Drought management and the Ping River catchment study area

Recent droughts in Thailand include 2010 (when most provinces were declared disaster areas due to water shortages [40]), 2015–2016 and 2018–2020 [41]. Climate modelling indicates a higher drought risk in the dry season can be expected in the future, alongside a decrease in irrigation water availability and an increase in water demand [36]. Multiple national government ministries and departments are assigned specific roles and responsibilities relating to drought risk and disaster management in Thailand [36]. A selection of prominent departments includes the Royal Irrigation Department (RID; responsible for developing irrigated areas), the Department of Water Resources (responsible for coordinating water resource management) and the Department of Disaster Prevention and Mitigation (responsible for disaster risk management). Additional details of the management structure and roles is provided in the electronic supplementary material, table S1. The implementation of national and provincial government drought management activities is facilitated by an administrative hierarchy of provincial governors, district officers, *kamnan* (sub-district headpeople) and village headpeople [42]. Village headpeople are nominated through local elections and their local administrative duties include assisting in implementing government policy, coordination with local government, organizing village meetings and communicating government news [43].The Ping River in northern Thailand (figure 1) is a major tributary within the Chao Phraya River basin. The Ping catchment traverses five provinces (Chiang Mai, Lamphun, Tak, Kamphaeng Phet and Nakhon Sawan) with varying topography of hills, mountains, valleys and lowland plains [44].

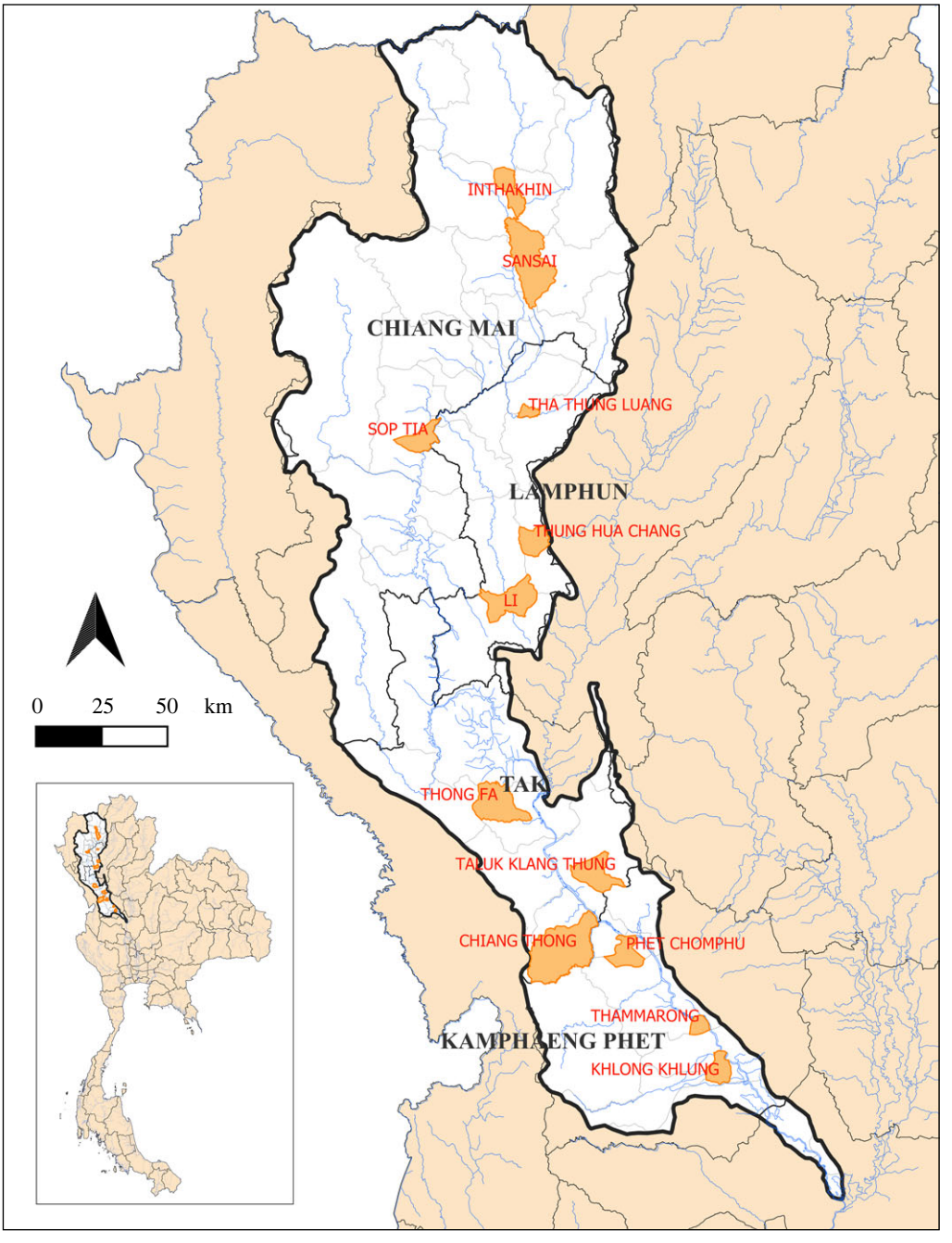


Figure 1. Location of Ping Catchment and study areas. (Online version in colour.)

(b) Questionnaire and respondents

A structured questionnaire (available at [45]) was developed in English, translated into Thai for the fieldwork and the results were translated back into English for analysis. The questionnaire was designed to collect: (i) farmers' demographic information (e.g. age, gender, annual income, highest level of education), (ii) details of farm characteristics (e.g. crops grown, farm size), (iii) details relating to adaptations that farmers had undertaken during previous droughts, and

whether they perceived these drought adaptations as effective, (iv) whether they had received drought advice and acted upon it, (v) characteristics of the information they received (source, frequency, channel, efficacy) and (vi) details of organizations they received drought advice from. The questionnaire contained over 50 questions, the majority with predetermined response categories (e.g. single tick boxes, multiple selection or Likert-type responses scales), however, some open-ended questions were included to elicit qualitative response data, for example, '*Have the household farm undertaken any other adaptation strategies that we have not yet covered? If Yes, Can you describe these other adaptation strategies?*'. Analysis of the survey data was undertaken using SPSS v. 26.

To complete the SNA and regression models (as described in the next sub-sections), the farmers listed organizations (community, government or private) that had informed their household farm that a drought was coming and/or advised them what to do under drought. They were asked to elaborate on the three organizations they were most familiar with, providing details on the content of the information, the channel through which they received the information, the frequency of communications and the perceived efficacy of the communications. Six statements relating to perceived efficacy asked if the communications had helped farmers prepare for drought, were received in time, were relevant, accurate, comprehensible and whether the organization was responsive to farmer's concerns. The agree-disagree responses were coded (e.g. 1 = strongly disagree, 5 = strongly agree) and aggregated for analysis. The Cronbach alpha for the six statements was 0.784, considered above acceptable for representing reliability [46].

After ethical approval, and following the concept of rapid rural appraisal [7,47], farmers were recruited from villages in the four main provinces in the Ping Catchment, to cover a representative spectrum of farming conditions and agricultural areas most affected by recent droughts. The survey took place in January 2020. All respondents gave informed consent and their responses were recorded anonymously. The questionnaire was administered by trained university students and lasted approximately 30 min. The interviewers completed the questionnaire for each respondent and made digital recordings to check the recorded responses. The final sample consisted of 176 farmers from 12 districts, three from each of the four provinces (figure 1; also, see the electronic supplementary material, table S2). With an estimated population of farm holdings in the four provinces of 326 000 [48], the sample size ($n = 176$) resulted in a margin of error of approximately 7.5% with a 95% confidence interval (see [49] for formula).

(c) Social network analysis

Social networks consist of *nodes* (e.g. farmers and others actors) connected by *ties*, which can describe different types of social relationships [50]. *Centrality* of a particular actor in a social network is used to describe their social influence and their potential for diffusing information [51]. We considered three measures of the centrality of the farmers within the overall catchment advice network and hypothesized that centrality measures would be associated with adaptive behaviours. The centrality measures were: *Degree Centrality* (counting the number of ties a node has, which can indicate exposure to the network and opportunities to influence), *Betweenness Centrality* (how frequently a node lies on the shortest path between two other nodes, which can indicate informal power, gatekeeping, bridging) and *Closeness Centrality* (the distance of a node to all other nodes, which can indicate the time taken to receive advice, or the point of most rapid diffusion) [51,52]. We used total degree centrality and normalized values for betweenness and closeness centrality in the regression models.

Information channels, as specified by the farmers, were signified as binary data (received information from source = 1, if not = 0). These data were used to create an adjacency matrix in rows (egos) and columns (alters) for all ties reported by farmers. Guided by literature [37,42,53,54], ties were included between the reported institutions to connect municipal offices, to sub-district offices, to district, province, government department and government ministry. Additionally, where respondents reported that they had received information from 'other farmers' (*Was your household farm informed that a drought was coming and what to do under drought*

from any other famers?), they were connected to a single node for that village designated as 'other farmers'. Some farmers ($n = 13$) did not provide a response, thus the matrix was defined by $n = 163$ respondents, the organizations they named, interconnecting government departments (e.g. at province and central government levels) and nodes representing 'other farmers' where appropriate. The matrix was analysed and visualized using Gephi 0.9.2.

(d) Factors influencing farm adaptations

We used Pearson's chi-squared test (χ^2) for categorical variables and *t*-tests for continuous variables to explore the interaction of demographic, farm and communication variables (see variables in table 1, Results section) with the binary categorical variable that contrasted farmers who reported changing something due to receiving information against those that reported not changing something (irrespective of receiving information or advice).

Multiple linear regression was used to investigate factors determining (i) the total number of adaptations undertaken by farmers (model 1), and (ii) the total number of those adaptations perceived as successful ('*Do you think that doing that measure helped the household farm to reduce the impacts of droughts in the future?*', model 2). We hypothesized that a farmer's relative position in the advice network would help to predict whether they had made more changes on their farms to adapt to drought and whether they perceived those changes as successful. Adaptations reported by the farmers and the number of perceived successful adaptations (see questionnaire available at [45] for more details) were both aggregated as a total count following methods similar to [7,55,56].

The independent variables used in the regression model are summarized in table 2 (also, see electronic supplementary material, table S3, for further details and justification of the variables). The socio-demographic and farm characteristic variables referred to similar studies relating to farmer adaptations undertaken in Thailand and South-East Asia so that the model was based on theoretical insights from past research [57] that used regression analysis. We used hierarchical regression with two blocks, such that the first block (model 'A') contained the socio-demographic and farm characteristic variables with more established evidence describing their role in predicting farm adaptations in similar contexts. The second block (model 'B') contained the variables relating to our research questions that described the characteristics of the information communicated to farmers and the SNA centrality metrics. Studies undertaken in Thailand have used 'access to the farming network' as a binary variable [1] and the number of social group memberships as a continuous variable [58]. We extended these previous analyses by using the SNA metrics. We included the three centrality measures (degree, betweenness and closeness) in the second block of the hierarchical regression and referred to [59] for the inclusion of multiple centrality measures in a regression analysis. The regression models were assessed for multicollinearity using the Variance Inflation Factor (where all values were less than 10). The results of the Durbin-Watson test were within the acceptable range of between 1.5 and 2.5 (2.245 and 2.098, respectively), indicating the values of the residuals were independent.

3. Results

(a) Characteristics of the sample and adaptations

Close to half of the respondents identified as female (46.0%) and 53.4% as male. The largest proportion was aged between 40 and 59 years (57.4%), followed by respondents between 60 and 80 years (35.2%), with 7.4% in the younger age group of between 20 and 39 years of age. The majority had completed a highest level of primary school (63.1%), while over a quarter (27.8%) had completed high school. Smaller proportions indicated having no schooling (4.0%) or having attended university (also 4.0%). On average, respondents reported having around 25 years of farming experience ($\bar{x} = 24.98$, s.d. = 14.36). Most respondents (58.1%) stated that their household earned between 32 000 and 180 000 Thai Baht (THB) from farming per annum, while 17.2% earned

Table 1. Interactions with the binary categorical variable that contrasted the farmers who reported changing something due to receiving information against those that reported not changing something.

variable category	variable	test statistic
farmer	highest level of education is high school or above	$\chi 2\,(1) = 7.780^{**}$
	age	$\chi 2\,(2) = 2.091$
	gender	$\chi 2\,(1) = 0.064$
	annual income	$\chi 2\,(6) = 3.091$
	access to off-farm income	$\chi 2\,(1) = 0.063$
farm	access to government irrigation zone infrastructure	$\chi 2\,(1) = 0.008$
	household owns farm	$\chi 2\,(1) = 0.001$
	number of types of production	$t = -0.333$
	size of farm (rai)	$t = -0.463$
	number of family members working on the farm	$t = -0.963$
	grows short-season field crops (e.g. corn)	$\chi 2\,(1) = 5.004^{*}$
	grows rice	$\chi 2\,(1) = 1.304$
	grows long-season field crops	$\chi 2\,(1) = 0\ 0.155$
	grows fruit	$\chi 2\,(1) = 1.301$
	farm has large animals	$\chi 2\,(1) = 0.036$
	farm has poultry	$\chi 2\,(1) = 0.155$
	village	$\chi 2\,(11) = 23.765^{*}$
	province	$\chi 2\,(3) = 5.656$
information	received from government source (any level of government)	$\chi 2\,(1) = 6.629^{**}$
	received from village headperson	$\chi 2\,(1) = 0.229$
	received from other farmers	$\chi 2\,(1) = 0.748$
	average number of different types of information received	$t = -2.001^{*}$
	frequency of information	$t = -1.647$
	number of information channels	$t = 0.678$
	perceived efficacy of information	$t = -2.341^{*}$
advice network	degree centrality	$t = -2.636^{**}$
	closeness centrality	$t = -2.164^{*}$
	betweenness centrality	$t = -0.689$

*significant at $p = 0.05$, **significant at $p = 0.01$.

less than 32 000 THB. For reference, the average household income in Thailand is around 312 000 THB [60].

Rice was the most grown crop (61.4% of farms), followed by fruit (predominantly longan), long-season crops (mostly cassava), short-season crops and vegetables (see the electronic supplementary material, figure S1). Nearly a third of households (31.8%) kept poultry, while 12.5% kept larger animals such as pigs and cows. On average, farms had more than two types of production ($\bar{x} = 2.31$, s.d. $= 1.08$), with approximately two family members ($\bar{x} = 1.97$, s.d. $= 0.95$) working on farms of approximately 4.5 hectares in size, on average ($\bar{x} = 27.71$ rai, s.d. $= 37.79$). The majority of respondents owned at least a proportion of the land they farmed (86.9%–60.8% owned all of the land they farmed) and most had access to off-farm income (72.7%); outside the main rice

Table 2. Hierarchical linear regressions results on the predictors of (1) the total number of farm adaptations and (2) the total number of perceived successful adaptations ($n = 176$).

		1. total number of adaptations						2. total number of perceived successful adaptations					
		model A			model B			model A			model B		
variable category	variable	*B′*	*t*	*p*	*B′*	*t*	*p*	*B′*	*t*	*p*	*B′*	*t*	*p*
	(constant^{+})	0.682	0.784	0.434	−4.783	−1.864	0.065	0.637	0.945	0.347	−4.054	−2.069	*0.041**
farmer	gender	0.024	0.281	0.779	−0.005	−0.062	0.951	0.167	1.892	0.061	0.110	1.243	0.216
(block 1)	education	0.002	0.021	0.983	−0.093	−0.949	0.345	−0.037	−0.382	0.703	−0.125	−1.27	0.207
	income (med)	0.048	0.528	0.598	0.050	0.545	0.587	−0.035	−0.374	0.709	−0.011	−0.123	0.902
	income (high)	0.074	0.666	0.507	0.044	0.399	0.690	0.186	1.637	0.104	0.165	1.496	0.137
	age (20–39)	0.234	2.314	*0.022**	0.113	1.044	0.299	−0.048	−0.462	0.645	−0.118	−1.085	0.280
	age (40–59)	0.276	2.873	*0.005***	0.141	1.366	0.175	0.131	1.332	0.185	0.042	0.407	0.685
farm	number of production types	0.311	3.698	*0.001****	0.211	2.463	*0.015**	0.215	2.498	*0.014**	0.142	1.648	0.102
(block 1)	farm size	−0.022	−0.225	0.823	−0.001	−0.009	0.993	−0.097	−0.978	0.330	−0.092	−0.953	0.342
	farming experience	0.153	1.666	0.098	−0.011	−0.112	0.911	0.097	1.034	0.303	−0.037	−0.383	0.703
	land ownership	−0.095	−1.156	0.25	−0.035	−0.393	0.695	−0.108	−1.281	0.202	−0.021	−0.235	0.815
	family farm workers	0.050	0.598	0.551	0.061	0.74	0.461	0.046	0.535	0.594	0.066	0.793	0.430
information	number of types of information				0.093	0.904	0.368				0.153	1.476	0.143
(block 2)	number of communication channels				0.146	1.756	0.082				0.043	0.517	0.606
	frequency of communications				0.118	1.384	0.169				0.120	1.407	0.162
	efficacy of communications				0.060	0.616	0.539				0.236	2.411	*0.017**
	information from other farmers				−0.127	−0.971	0.334				−0.035	−0.267	0.790
	information from government				−0.301	−1.764	0.080				0.054	0.311	0.756
	information from village headperson				−0.165	−1.067	0.288				0.074	0.477	0.634

(*Continued.*)

Table 2. (*Continued.*)

		1. total number of adaptations						2. total number of perceived successful adaptations					
		model A			model B			model A			model B		
variable category	variable	B'	t	p	B'	t	p	B'	t	p	B'	t	p
advice network	degree centrality				0.306	1.811	0.073				0.014	0.084	0.933
(block 2)	betweenness centrality				−0.040	−0.386	0.700				−0.036	−0.344	0.731
	closeness centrality				0.273	2.199	*0.030**				0.111	0.889	0.376
R^2		0.193			0.309			0.153			0.298		
model ANOVA		$F_{11} = 2.758, p = 0.003$			$F_{21} = 2.496, p = 0.001$			$F_{11} = 2.088, p = 0.026$			$F_{21} = 2.365, p = 0.002$		
ΔR^2		0.117									0.145		
change ANOVA		$F_{10} = 1.974, p = 0.042$									$F_{10} = 2.414, p = 0.012$		

B' = standardized coefficient, *significant at $p = 0.05$, **significant at $p = 0.01$, ***significant at $p = 0.001$. †Coefficient is unstandardized for the constant.

growing season, many farmers find work outside of their own farm in either agricultural (e.g. as a day labourer) or non-agricultural (e.g. construction) activities. Most respondents reported that their farm did not have access to water resource infrastructure (68.8%) developed by the RID, which covers approximately 26% of arable land in the North of Thailand [61].

The adaptations that farmers reported undertaking during previous droughts are summarized in figure 2 (noting that although they may have recalled undertaking such adaptations as a consequence of drought, drought may not have been the only factor contributing to their decision). Nearly all farmers (93%) had undertaken at least one of the adaptations and, on average, farmers had implemented approximately three adaptations ($\bar{x} = 3.34$, s.d. = 2.08). For the adaptation category of water supply, digging or enlarging a pond was the most frequently undertaken (21%) and was also the water supply option perceived as the most effective at reducing the impacts of drought in the future (88% of farmers undertaking the adaptation thought it was effective). Of the farm management practices, forest conservation was the most frequently undertaken adaptation (49%), of which 79% deemed it effective. The next most frequently implemented crop management adaptation was the prioritization of drought-tolerant crops (29%), of which 65% of the farmers adopting this option considered it an effective measure. Concerning income-related adaptations, 36% had taken up off-farm jobs for income diversification, however, only a minority (29%) considered that finding work off-farm could help reduce future drought impacts. A smaller proportion of respondents kept animals (including larger animals, poultry or fish, $n = 70$, 40% of the sample), thus, the 10% of the sample ($n = 17$) who sold animals represented a quarter of farmers with animals. Of those who sold animals, approximately half (53%) considered it as an effective measure.

Adaptations that were viewed as less effective included buying water, not irrigating certain crops, buying feed and culling animals. These types of adaptations could be seen more as coping strategies that did not enhance future adaptive capacity for those farmers. Comparing the mean percentages of adaptations perceived as successful, there was an evident difference between crop adaptations and animal adaptations, where only 30% of animal adaptations were perceived as successful overall, while over 60% of the adaptations related to water supply and farm management were viewed as successful, perhaps indicating that producers engaged in animal husbandry might need more adaptation support.

(b) Characteristics of information received

Most farmers reported receiving information from one source ($n = 115$, 65%), with less than a quarter (22%) reporting two sources of drought information. The maximum number of sources was three (3%). The main source of information was the village headperson ($n = 86$ responses), noting that eight of these individuals served as both village and sub-district headperson. In terms of administrative level, village ($n = 89$) was followed by sub-district government sources ($n = 43$), district government sources ($n = 42$), then national government sources of information ($n = 27$). Few farmers reported communications being received from provincial government sources ($n = 5$), some farmers did not respond ($n = 13$) and some stated they did not receive information ($n = 6$).

The information received contained less than two types of content on average ($\bar{x} = 1.6$, s.d. = 0.97). The main types of information content received were warnings about a drought (90%) and weather forecast information (67%). Less content was related to what to do under drought (20%), river discharge levels (22%), irrigation availability (17%), groundwater levels (5%) or soil moisture (3%). Coinciding with the prominence of the village headperson as the main source of information, the main channel of information was village meetings (66%) followed by online chat groups (15%). Other channels of communication (e.g. television, phone, radio, letter) received few responses. The average frequency of communications was 14 times per year, which varied depending on the source and channel. Internet sources were the most frequently consulted (some almost daily), followed by District and Sub-district Offices ($\bar{x} = 16$ per year). Next, in descending order of average communication frequency was the Department of Agriculture ($\bar{x} = 12$), RID

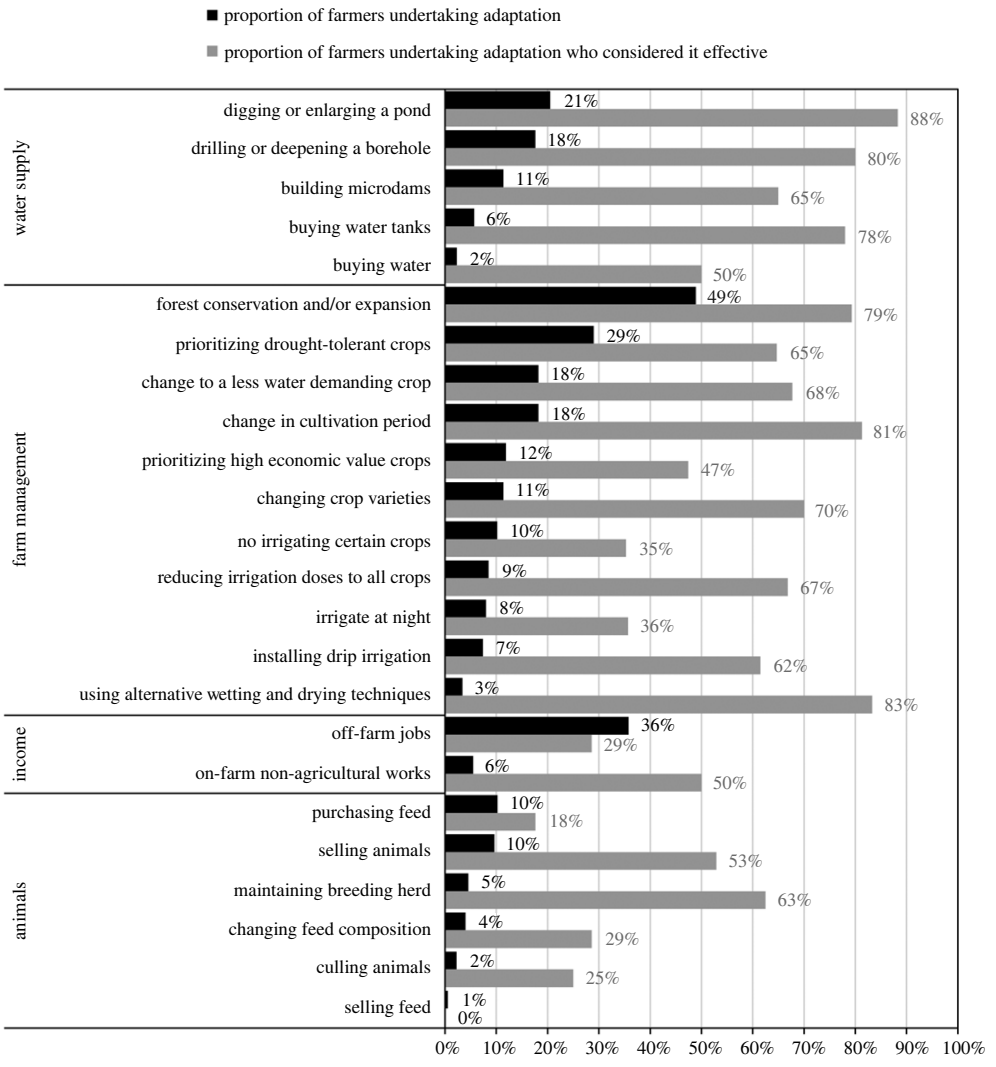


Figure 2. Adaptations undertaken by farmers during drought and the proportion of those adaptations perceived as effective against future droughts.

($\bar{x} = 9$) and village headperson ($\bar{x} = 8$). Communications were received by farmers from other sources infrequently.

Farmers were asked to rate the efficacy of information they had received using six statements. The mean efficacy of each statement was 4.00 or above, equivalent to 'Agree', signifying that the farmers were, on average, satisfied with the information they received, including the timing, relevance, accuracy and comprehensibility. National sources of information were perceived as the most efficacious on average ($\bar{x} = 4.32$), while village announcement was the channel associated with higher perceived communication efficacy ($\bar{x} = 4.45$). However, the sample sizes for this source and channel were small and therefore the observed differences were only indicative.

(c) The farmer advice network

The adjacency matrix was visualized and analysed in Gephi with nodes coloured by province and central government (figure 3). The village nodes are shown around the outside of the figure,

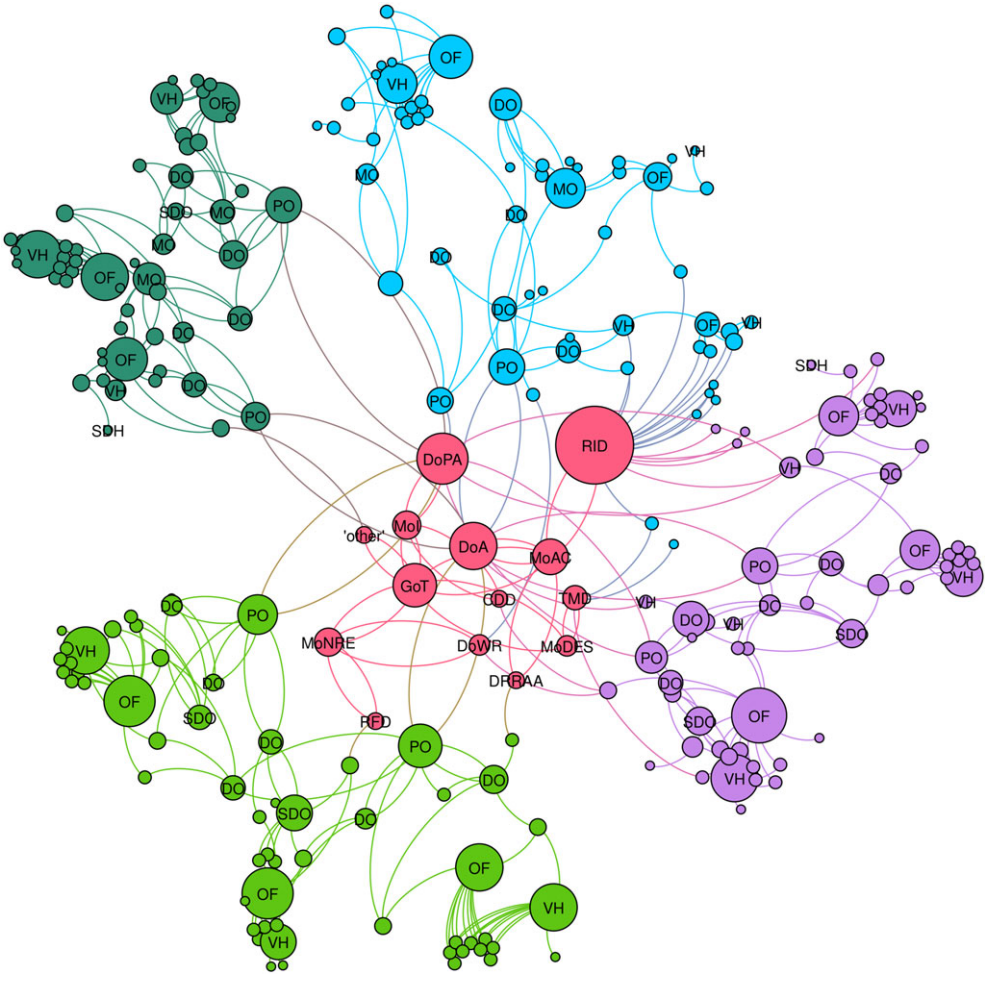


Figure 3. Catchment advice network (Gephi) with node size by Degree Centrality. Dark green (top left cluster) = Lamphun, blue (top cluster) = Chiang Mai, purple (right cluster) = Kamphaeng Phet, green (bottom left cluster) = Tak, pink (central cluster) = Central Government Departments and Offices. OF = 'other farmers', VH = village headperson, SDH = sub-district headperson, MO = municipal office, SDO = sub-district office, DO = district office, PO = provincial office. GoT = Government of Thailand. See the electronic supplementary material, table S1, for Government office and department abbreviations. (Online version in colour.)

connecting inwards to municipal, district and provincial offices (agricultural or administrative), with the central government departments and ministries named by the farmers as sources of information located at the centre of the figure.

In terms of degree centrality, RID had the most ties ($n = 19$), as indicated in figure 3 by the largest node toward the centre. Thus, RID was the single node (government department) with the most opportunity to have influence in the network (although collectively, village headpeople were the main source of information). Next in terms of degree centrality were the 'other farmer' nodes and several individual village headperson nodes. On average, Chiang Mai villages had the lowest average degree centrality and Tak villages had the highest. The centrally connected Department of Public Administration (connected into the provincial and district administrative offices) and the Department of Agriculture (connected into the provincial and district agricultural offices) had the highest betweenness scores. These were followed by the RID. Thus, these were the main organizations with power to influence within this network. Farmers on the periphery

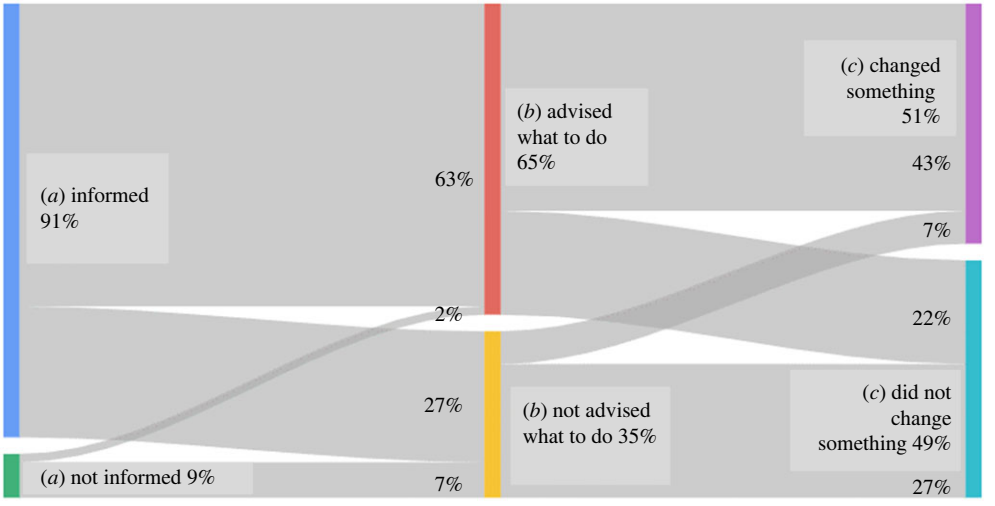


Figure 4. The proportion of farmers (*a*) informed of drought, (*b*) advised what to do, and (*c*) changed something as a result of the advice they received. (Online version in colour.)

scored zero for betweenness centrality and were not located between any two nodes. In terms of closeness centrality, again, the two government departments of Public Administration and Agriculture had the shortest geodesic distances between all other vertices, thus indicating their power to influence and spread information more easily in the catchment advice network. Some farmers also networked more with other farmers in their local area, thus increasing their degree and betweenness centrality but perhaps reducing their closeness within the catchment network. Many of the villages were well connected to their local administration offices and agricultural offices (sometimes via their village headperson) but not all villages were directly connected to central government sources for receiving advice.

(d) Adaptation in response to drought advice

Many of the farmers who were informed a drought was coming (91%) and received information on what to do (65%) made changes on their farms (figure 4). We explored interactions with the binary categorical variable that contrasted the farmers who reported changing something due to receiving information (51%) against those that reported not changing something (irrespective of receiving information or advice, 49%, table 1). There were significant interactions with highest level of education (more likely to make changes when highest level of education was equivalent to high school or above), but not with other demographic characteristics of the farmers such as age, gender or income. Having changed something did not interact with variables capturing different farm characteristics, including whether the farm had access to Government irrigation zone infrastructure, whether the household owned the farm, the number of production types and farm size. Farms with short-season field crops (e.g. corn) were significantly more like to change something on the farm as a result of receiving advice but not farms with other crops or with animals. Geographically, the proportion of farmers making changes based on the advice they received differed significantly by village but not by Province.

Characteristics of the information received interacted with the propensity to make changes on the farm. Respondents were more likely to have reported making changes if they received information from a government source (any government level including central, provincial and district offices) and when the information was perceived as more efficacious. Another significant interaction was with the average number of different types of information received, however, the frequency and the number of channels for receiving information were not significant. Two SNA

centrality metrics were significantly higher for the farmers that adapted, degree centrality and closeness centrality.

(e) Factors predicting adaptations

The results of the regression models are summarized in table 2 for the two dependent variables (1. total adaptations, 2. total perceived successful adaptations) and for the two-step hierarchical analyses. The R^2 values for the final models were 0.309 (total adaptations) and 0.298 (total successful adaptations). Both were significant at $p < 0.05$, indicating that the independent variables significantly predicted the dependent variable. In terms of the hierarchical analysis, for both dependent variables the second step of the analysis (that included the predictors describing the characteristics of the information and the SNA metrics) significantly increased the R^2, thus illustrating the added predictiveness of these variables. As the significance of the model ANOVA increased in both cases, we surmised that the model became better at predicting the outcome through adding the communication variables.

The variables significantly predicting the 'total number of adaptations' were: age (model 1A), number of production types (1A and 1B) and closeness centrality (model 1B). Thus, accounting for the different results across the two steps of the hierarchical model, generally, farmers aged between 20 and 59, who were more central in the advice network and farms with more production types were more likely to undertake more adaptations. For the second dependent variable, total perceived successful adaptations, the two significant independent variables were total production types (model 2A) and information efficacy (model 2B). Centrality measures were not significant in model 2. Thus, more diverse farm production and receiving information perceived as more efficacious were predictive of the number of perceived successful adaptations.

4. Discussion

(a) Relationships between an advice network and adaptation

Nearly all farmers had implemented at least one adaptation during previous droughts and, on average, had adopted three. Our results showed that the number of adaptations undertaken during past droughts by farmers was associated with having more farm production types and the farmers' age. However, limitations to our data meant more nuanced relationships between the adaptations (including the sequence of implementation) and characteristics of discrete drought events (e.g. severity, duration, timing of onset) could not be uncovered. As other evidence suggests, farmers that have diversified production [4] and younger farmers [27], can be more inclined to take on adaptive management or innovative technology. Generally, farmers who received information on what they should do in response to drought made changes on their farms and were more likely to do so if they had higher levels of education. This result fits with the extant body of evidence supporting the importance of education in facilitating adaptations (e.g. [7,20]) but also foregrounds that most sampled farmers had no more than a primary school level of education—potentially constraining adaptive capacity. The farmers that were more central in the catchment advice network (specifically those closer to sources of information and more able to spread information) were more likely to have made more adaptations on their farms—although not all were perceived as successful. The positive implication is the benefit to being closer to other actors in the network with the potential to access information, ideas and resources. However, the benefits of network centrality may introduce elements of inequality if those on the periphery miss out [34,35].

Several characteristics of communications were associated with the adaptations undertaken by our respondents during previous droughts. Communications received directly from government sources (inclusive of central, provincial and district government offices) and a higher average number of different types of information were both associated with a propensity for adaptation. Our finding on the role of government information (although also noting potential unequal

effectiveness between departmental communications) is somewhat in contrast to other studies that have found local sources of information to be more influential on farmer's adaptation decisions [1,26]. While advice sharing in rural Thailand may be a more local phenomenon, with many adoption decisions being influenced by local peers or the subjective norms of the farming community [1,26], we can also highlight the influence of the inter-connected advice network, the intermediary roles of actors such as village headpeople (in cascading government policy to their local areas), and farmers' desire for clear government guidance on what to do, how and when. Thus, on this point, we contribute to the debate on the relative roles of local versus institutional advice and support a role for both in an integrative, reflexive advice (and support) network. Generalizing, our findings support recommendations for promoting higher frequency and higher quality communications from institutions to farmers, perhaps under a broader ambition of shifting towards more dialogue-based interactions [62,63], while also making the most of local networks and key information brokers [26]. Further qualitative research is recommended to explore the qualities of communications in more depth, including how different qualities might help to enable or constrain adaptation to droughts with distinct characteristics and in farming communities with different characteristics (e.g. those growing different crops or with unique demographics).

For the second dependent variable in the regression analysis, 'total number of perceived successful adaptations', the efficacy of communications was the only variable significantly predicting success (in terms of helping the household farm reduce the impacts of drought in the future). Other research has discussed how many farmers tend to apply short-term, reactive measures in response to drought rather than more longer-term strategic adaptations [36] that anticipate and plan for future stresses [12]. Our results help to expose the contrast between the total number of adaptations and their perceived longer-term success, which, commensurate with [7], helps to illustrate how implementing more changes does not necessarily mean being better adapted (or more resilient). Farmers have cited the lack of information on what to do in response to drought as an obstacle to successful adaptation [18] and participation in social institutions is associated with households making successful farming changes [16,17]. Farmers are likely to need further support, commensurate with their level of education so that the changes they are making can be more effective, and more effectively translate strategic advice to the farm-level [64], particularly for responding to droughts of varying severity, duration and occurring at critical times in the crop cycle. Alongside increasing the perceived quality of advice, the success of adaptations could be aided through extension support (particularly in providing technical assistance, [26,65]), through engaging farmers in the development of local adaptation strategies [1,23,24] and through facilitating opportunities to exchange knowledge and learn [29,30].

Limited connections in some villages indicated that structural holes in the advice network could be improved through bridging organizations [52]. Thomas [42] suggests local administrations in Thailand can act as coordinators with government agencies and that *tambon* (subdistrict) administrations should be a focus for improved local management. The prominence of the village headperson as the main source of information for many farmers has implications for their bridging role in the network but may also introduce potential information biases. For example, information entering the advice network via prominent local individuals or organizations can arrive in modified forms that could influence behaviour [23,25]. By supporting network bridging organizations, and through strengthening the interconnecting ties in the advice network [66], sought after advice (developed through interdepartmental coordination) could be more effectively disseminated [25,63] beyond institutional bottlenecks [67] to span cited administrative gaps in Thailand's water resource governance [36,38,39]. Through bridging actors, locally derived knowledge or experience may be transferred to other networks at different scales (e.g. translocal, national) or with other types of production [26].

Along with advancing the use of SNA metrics as a measure of access to farming networks in statistical analysis of farmer adaptations in Thailand (e.g. [1,58]), a contribution of this study is in further highlighting methodological benefits to using SNA as a diagnostic tool to identify network weaknesses, prominent actors and bridging organizations that can help

address administrative gaps associated with implementing adaptation strategies and drought mitigation measures in Thailand [36–39]—and also elsewhere. Beyond the focus of this study, SNA diagnostics are recommended at multiple scales (e.g. local, translocal) and multiple time points to monitor changing dynamics. Where previous authors have documented a need to strengthen the connectivity of social networks for agricultural governance [27,28], our research adds to the understanding of the network qualities in terms of transmitting efficacious advice to stimulate adaptive capacity through facilitating more successful adaptations. These observations lead to policy implications summarized in the next section and add to proposed indicators for conceptual resilience frameworks (e.g. [9]) and resilience assessment (e.g. [68]) through highlighting the importance of evaluating social network characteristics of structure but also agency when interpreting adaptive capacity – on an ongoing, periodic basis.

(b) Implications for policy

The findings have several policy implications centred on improving communications in the advice network (and extending to other geographical areas of the country and other types of agricultural production) to support more effective adaptive practices. Dissemination of best-practice advice could be aided through a river basin-level knowledge centre that offered a range of advice in national and ethnic languages [42]. Additionally, the development of best practice advice should draw on local knowledge and encourage experience sharing and social learning through strengthening local farmer advice networks [1,37,38] – previously identified 'higher adapters' such as those with more production types and younger farmers with higher levels of formal education would be well placed to help network and share knowledge with other farmers, with the possibility to leverage their knowledge and enthusiasm to support participation in field trials and on-farm demonstrations [1]. There are opportunities to explore multi-level administrative partnership models [42] and for capacity building of the lower level (e.g. sub-district) administrative organizations to act as the bridge between local people and governmental agencies [66]. Under the remit of the Department of Agriculture, regional agricultural extension offices may be well placed to bridge information dissemination across administrative scales and policy areas [8]. Examples of positively perceived extension support already exist in many countries including Thailand, for example, an 'Alternative Agriculture Network' engages in seed sharing and organizes an annual farmers' fair [66], and local 'soil doctors' share their knowledge through model farms practising sustainable land management [4].

The positive perception of communications from government sources suggests there are benefits to enhancing their reach throughout the network for our case study. More generally, institutions involved in communicating drought advice should consider experimenting with the design of messages to improve their efficacy and facilitate more rapid dissemination through innovative mobile phone and Internet-based communication channels that can also reach farmers in more isolated locations [25,63]. A small proportion of farmers in our study were actively using social media for sharing advice and online and in-person forums could be promoted so that farmers have opportunities to network and deliberate in more ways [16]. We have already noted the unequal access to information in the advice network (and also potentially unequal reach and influence of departmental communications). Thus, the design of information campaigns should aim to find ways to reach the less connected farmers on the periphery of the advice network (for example, older farmers not using social media), ideally through interdepartmentally coordinated communications. Farmers may find it difficult to know what changes they should make and formalizing the judgement of the success of an adaptation [11] could support the development of an evidence base documenting what works which can then be shared through interconnected advice networks and be used to inform the appropriate scale and timing of policy interventions. Furthermore, institutions, supported through research, could enhance monitoring and evaluation of communicative systems [28] and clarify policy guidance on adaptation [63] to improve links between proposed government management measures and the adaptations undertaken by farmers [37]. Alongside knowledge support, financial support can help farmers implement

adaptations more successfully [58], thus policy should consider how financial resources can be targeted to support agricultural resilience through leveraging SNA diagnostics to help target vulnerabilities at different scales and in responses to drought with heterogeneous characteristics.

(c) Limitations

The network represented the farmers' self-reported advice network and was limited to the respondents (a non-probability sample, which, for example, was possibly over-representative of older, wealthier farmers) and the method (e.g. farmers may not have recalled who they received information from in the past, nor the characteristics of past droughts and the motivations behind their adaptive responses). There were further limitations to the SNA analysis, for example, the network was indicative and did not describe every relationship (e.g. the network did not include the perspectives of institutional representatives), nor different types of communication occurring over time (the network represented a cross-sectional 'snapshot'), or at different geographical network scales [11], and, as such, any attempts to generalize the findings are made cautiously.

5. Conclusion

To move toward a more resilient agricultural system requires an understanding of the processes that shape successful adaptation amidst complex institutional contexts. Social networks are an important part of collective action for supporting adaptive capacity and there are continuing calls to strengthen the connectivity of social networks for agricultural governance under the impacts of climate change. Through our case study in Thailand, we observe that farmers are making changes on their farms, however, they are less certain about the longer-term benefits of the actions they take and many changes they make might be more reasonably viewed as shorter-term coping strategies. Our analysis revealed several variables interacting with farmers propensity to adapt. These included more diversified farms, younger farmers, farmers with higher levels of education, the characteristics and qualities of the information they received and farmers' centrality in a localized advice network.

The presence of a network infers the potential to draw together heterogeneous knowledge bases that span farmer and institutional perspectives. As a relatively no-regret policy intervention, strengthening the catchment advice network could help reduce current drought vulnerabilities while mainstreaming adaptation in the long run. We identify a capacity for local actors to bridge bottlenecks in the advice network as well as opportunities for institutions to enhance their dissemination of information to reach less networked farmers on the periphery and to interconnect with other related networks (e.g. other catchments or other types of agricultural production). We found that not all adaptations were perceived as effective against future drought and, therefore, there are opportunities to support farmer's adaptative capacity through improving the qualities of advice they are given, for example, through building on existing extension provisions and leveraging local advice networks to encourage the sharing of knowledge and experience and social learning. Thus, through understanding the qualities and dynamics of social networks, policy initiatives and interventions can be devised to support agricultural systems that can become more resilient to drought and other climate change-driven phenomena threatening rural livelihoods and agricultural economies.

Ethics. The study gained ethical approval through the Cranfield University Research Ethics System (CURES) CURES/9419/2019.

Data accessibility. The dataset and questionnaire for this study can be found in the Cranfield Online Research Data (CORD) https://doi.org/10.17862/cranfield.rd.16553136 [69].

The data are provided in electronic supplementary material [70].

Conflict of interest declaration. We declare we have no competing interests.

Authors' contributions. D.G.: formal analysis, methodology, writing—original draft, writing—review and editing; I.H.: conceptualization, funding acquisition, supervision, writing—original draft, writing—review and

editing; C.S.: conceptualization, data curation, formal analysis, methodology; G.S.: conceptualization, data curation, funding acquisition, investigation; L.P.: conceptualization, data curation, funding acquisition, investigation, visualization; S.V.: conceptualization, data curation, funding acquisition, investigation; C.E.: conceptualization, data curation, funding acquisition, investigation; D.R.: conceptualization, data curation, funding acquisition, investigation, methodology, project administration, writing—original draft.

All authors gave final approval for publication and agreed to be held accountable for the work performed therein.

Funding. This project is funded through a NERC (Natural Environment Research Council, UK) grant for the STAR project (Strengthening Thailand's Agricultural drought Resilience) grant no. NE/S003223/1 and Thailand Science Research and Innovation (TSRI) grant no. is RDG6130017.

Acknowledgements. We wish to thank the wider members of the STAR project team, the CMU students who performed the interviews and the farmers for giving their time.

References

1. Arunrat N, Wang C, Pumijumnong N, Sereenonchai S, Cai W. 2017 Farmers' intention and decision to adapt to climate change: a case study in the Yom and Nan basins, Phichit province of Thailand. *J. Clean Prod.* **143**, 672–685. (doi:10.1016/j.jclepro.2016.12.058)
2. Ding Y, Hayes MJ, Widhalm M. 2011 Measuring economic impacts of drought: a review and discussion. *Disaster Prev. Manag.* **20**, 434–446. (doi:10.1108/09653561111161752)
3. Pereira LS, Oweis T, Zairi A. 2002 Irrigation management under water scarcity. *Agric. Water Manag.* **57**, 175–206. (doi:10.1016/S0378-3774(02)00075-6)
4. Salaisook P, Faysse N, Tsusaka TW. 2020 Reasons for adoption of sustainable land management practices in a changing context: a mixed approach in Thailand. *Land Use Policy* **96**, 104676. (doi:10.1016/j.landusepol.2020.104676)
5. Holling CS. 1973 Resilience and stability of ecological systems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **4**, 1–23. (doi:10.1146/annurev.es.04.110173.000245)
6. Walker B *et al.* 2002 Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach. *Ecol. Soc.* **6**, 14. (doi:10.5751/es-00356-060114)
7. Below TB, Mutabazi KD, Kirschke D, Franke C, Sieber S, Siebert R, Tscherning K. 2012 Can farmers' adaptation to climate change be explained by socio-economic household-level variables? *Glob. Environ. Change* **22**, 223–235. (doi:10.1016/j.gloenvcha.2011.11.012)
8. Vignola R, McDaniels TL, Scholz RW. 2013 Governance structures for ecosystem-based adaptation: using policy-network analysis to identify key organizations for bridging information across scales and policy areas. *Environ. Sci. Policy* **31**, 71–84. (doi:10.1016/j.envsci.2013.03.004)
9. Cutter SL, Barnes L, Berry M, Burton C, Evans E, Tate E, Webb J. 2008 A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Glob. Environ. Change* **18**, 598–606. (doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013)
10. Folke C. 2006 Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Glob. Environ. Change* **16**, 253–267. (doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002)
11. Adger WN, Arnell NW, Tompkins EL. 2005 Successful adaptation to climate change across scales. *Glob. Environ. Change* **15**, 77–86. (doi:10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005)
12. Engle NL. 2011 Adaptive capacity and its assessment. *Glob. Environ. Change* **21**, 647–656. (doi:10.1016/j.gloenvcha.2011.01.019)
13. Brooks N. 2003 Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework. *Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper* **38**, 1–16.
14. Smit B, Skinner MW. 2002 Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change* **7**, 85–114. (doi:10.1023/A:1015862228270)
15. Ostrom E. 1990 *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. See https://doi.org/10.2307/3146384.
16. Wood SA, Jina AS, Jain M, Kristjanson P, DeFries RS. 2014 Smallholder farmer cropping decisions related to climate variability across multiple regions. *Glob. Environ. Change* **25**, 163–172. (doi:10.1016/j.gloenvcha.2013.12.011)
17. Ho TDN, Kuwornu JKM, Tsusaka TW. 2021 Factors influencing smallholder rice farmers' vulnerability to climate change and variability in the Mekong Delta region of Vietnam. *Eur. J. Dev. Res.* **34**, 272–302. (doi:10.1057/s41287-021-00371-7)

18. Singh NP, Anand B, Khan MA. 2018 Micro-level perception to climate change and adaptation issues: a prelude to mainstreaming climate adaptation into developmental landscape in India. *Nat. Hazards* **92**, 1287–1304. (doi:10.1007/s11069-018-3250-y)
19. Ireland P, Thomalla F. 2011 The role of collective action in enhancing communities' adaptive capacity to environmental risk: an exploration of two case studies from Asia. *PLoS Curr.* **3**, 1–17. (doi:10.1371/currents.RRN1279)
20. Abid M, Ali A, Rahut DB, Raza M, Mehdi M. 2020 Ex-ante and ex-post coping strategies for climatic shocks and adaptation determinants in rural Malawi. *Clim. Risk Manag.* **27**, 100200. (doi:10.1016/j.crm.2019.100200)
21. Wu B, Pretty J. 2004 Social connectedness in marginal rural China: the case of farmer innovation circles in Zhidan, north Shaanxi.
22. Aguilar-Gallegos N, Muñoz-Rodríguez M, Santoyo-Cortés H, Aguilar-Ávila J, Klerkx L. 2015 Information networks that generate economic value: a study on clusters of adopters of new or improved technologies and practices among oil palm growers in Mexico. *Agric. Syst.* **135**, 122–132. (doi:10.1016/j.agsy.2015.01.003)
23. Isaac ME, Erickson BH, James Quashie-Sam S, Timmer VR. 2007 Transfer of knowledge on agroforestry management practices: the structure of farmer advice networks. *Ecol. Soc.* **12**, 32. (doi:10.5751/ES-02196-120232)
24. Mertz O, Mbow C, Reenberg A, Diouf A. 2009 Farmers' perceptions of climate change and agricultural adaptation strategies in rural sahel. *Environ. Manage.* **43**, 804–816. (doi:10.1007/s00267-008-9197-0)
25. Lebel L, Lebel P, Lebel B, Uppanunchai A, Duangsuwan C. 2018 The effects of tactical message inserts on risk communication with fish farmers in Northern Thailand. *Reg. Environ. Change* **18**, 2471–2481. (doi:10.1007/s10113-018-1367-x)
26. Rockenbauch T, Sakdapolrak P, Sterly H. 2019 Do translocal networks matter for agricultural innovation? A case study on advice sharing in small-scale farming communities in Northeast Thailand. *Agric. Human Values* **36**, 685–702. (doi:10.1007/s10460-019-09935-0)
27. Filippini R, Marescotti ME, Demartini E, Gaviglio A. 2020 Social networks as drivers for technology adoption: a study from a rural mountain area in Italy. *Sustain* **12**, 1–18. (doi:10.3390/su12229392)
28. Tesfaye A, Hansen J, Radeny M, Belay S, Solomon D. 2019 Actor roles and networks in agricultural climate services in Ethiopia: a social network analysis. *Clim. Dev.* **12**, 769–780. (doi:10.1080/17565529.2019.1691485)
29. Lubell M, Niles M, Hoffman M. 2014 Extension 3.0: managing agricultural knowledge systems in the network age. *Soc. Nat. Resour.* **27**, 1089–1103. (doi:10.1080/08941920.2014.933496)
30. Hermans F, Klerkx L, Roep D. 2015 Structural conditions for collaboration and learning in innovation networks: using an innovation system performance lens to analyse agricultural knowledge systems. *J. Agric. Educ. Ext.* **21**, 35–54. (doi:10.1080/1389224X.2014.991113)
31. Frija A, Zaatra A, Frija I, Abdelhafidh H. 2017 Mapping social networks for performance evaluation of irrigation water management in dry areas. *Environ. Model. Assess.* **22**, 147–158. (doi:10.1007/s10666-016-9527-1)
32. Folke C, Hahn T, Olsson P, Norberg J. 2005 Adaptive governance of social-ecological systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.* **30**, 441–473. (doi:10.1146/annurev.energy.30.050504.144511)
33. Isaac ME. 2012 Agricultural information exchange and organizational ties: the effect of network topology on managing agrodiversity. *Agric. Syst.* **109**, 9–15. (doi:10.1016/j.agsy.2012.01.011)
34. Spielman DJ, Ekboir J, Davis K. 2009 The art and science of innovation systems inquiry: applications to Sub-Saharan African agriculture. *Technol. Soc.* **31**, 399–405. (doi:10.1016/j.techsoc.2009.10.004)
35. Ricciardi V. 2015 Social seed networks: identifying central farmers for equitable seed access. *Agric. Syst.* **139**, 110–121. (doi:10.1016/j.agsy.2015.07.002)
36. Kiguchi M, Takata K, Hanasaki N, Archevarahuprok B. 2021 A review of climate-change impact and adaptation studies for the water sector in Thailand. *Environ. Res. Lett.* **16**, 023004. (doi:10.1088/1748-9326/abce80)
37. Pak-uthai S. 2019 Coping with Drought: Farmers' Actions and Public Policies in Suphanburi Province, Thailand.

38. Franzetti F, Pezzoli A, Bagliani M. 2017 Rethinking Water Resources Management Under a Climate Change Perspective: From National to Local Level. The Case of Thailand. Renewing Local Plan. to Face Clim. Chang. Trop.
39. Croxatto LS, Hogendoorn D, Petersen AC. 2020 How networked organisations build capacity for anticipatory governance in South East Asian deltas. *Futures* **116**, 102512. (doi:10.1016/j.futures.2020.102512)
40. Garbero A, Muttarak R. 2013 Impacts of the 2010 droughts and floods on community welfare in rural Thailand: differential effects of village educational attainment. *Ecol. Soc.* **18**, 27. (doi:10.5751/ES-05871-180427)
41. UNESCAP, ASEAN. 2020 *Ready for the Dry years - building resilience to drought in South-East Asia*, 2nd edn.
42. Thomas D. 2005 Developing Watershed Management Organizations in Pilot Sub-Basins of the Ping River Basin.
43. Ek-Iem B. 2021 Local community's leader: Role and authority of sub-district and village headman in the changing structure and context in Chiang Mai, Thailand. *Int. J. Agric. Technol.* **17**, 465–478.
44. Reda AG, Tripathi NK. 2016 Rain fed rice agriculture under climate variability in Southeast Asia: the case of Thailand. *J. Earth Sci. Clim. Change* **6**, 297. (doi:10.4172/2157-7617.1000297)
45. Goodwin D, Holman I, Sutcliffe C, Vicario RD. 2021 *Strengthening Thailand's agricultural drought resilience -questionnaire and dataset*. Cranfield Online Research Data (CORD). See https://doi.org///doi.org/10.17862/cranfield.rd.16553136.
46. Tavakol, M. and Dennick R. 2011 Making sense of Cronbach's alpha. *Int. J. Med. Educ.* **2**, 53. (doi:10.5116/ijme.4dfb.8dfd)
47. Brown PR *et al*. 2019 Constraints to the capacity of smallholder farming households to adapt to climate change in South and Southeast Asia. *Clim. Dev.* **11**, 383–400. (doi:10.1080/17565529.2018.1442798)
48. NSO. 2013 Agricultural Census Northern Region. National Statistical Office, Thailand.
49. Daniel WW, Cross CL. 2018 *Biostatistics: a foundation for analysis in the health sciences*. Wiley.
50. Borgatti SP, Foster PC. 2003 The network paradigm in organizational research: a review and typology. *J. Manage* **29**, 991–1013. (doi:10.1016/S0149-2063_03_00087-4)
51. Freeman LC. 1979 Centrality in social networks conceptual clarification. *Soc. Netw.* **1**, 215–239. (doi:10.1016/0378-8733(78)90021-7)
52. Spielman DJ, Davis K, Negash M, Ayele G. 2011 Rural innovation systems and networks: findings from a study of Ethiopian smallholders. *Agric. Human Values* **28**, 195–212. (doi:10.1007/s10460-010-9273-y)
53. OECD. 2019 Chapter 3. Towards better management of water security in Thailand's Northern Region. OECD Dev. Pathways, Multi-dimensional Rev. Thail. vol. 3 From Anal. to Action.
54. Kanjina S. 2015 *Collaborative water governance in Thailand: much ado about nothing?* PhD thesis, University of Hohenheim, Stuttgart.
55. Panda A, Sharma U, Ninan KN, Patt A. 2013 Adaptive capacity contributing to improved agricultural productivity at the household level: empirical findings highlighting the importance of crop insurance. *Global Environ. Change* **23**, 782–790. (doi:10.4337/9781785368455.00014)
56. Delfiyan F, Yazdanpanah M, Forouzani M, Yaghobi J. 2020 Farmers' adaptation to drought risk through farm–level decisions: the case of farmers in Dehloran county, Southwest of Iran. *Clim Dev.* 1–12.
57. Field A. 2009 *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*, 3rd edn. London, UK: SAGE Publications Ltd.
58. Sirisunyaluck R, Singsin P, Kanjina S. 2020 Factors influencing the adoption of climate change adaptations among rice growers in Doi Saket District, Chiang Mai Province. *Int. J. Agric. Technol.* **16**, 129–142.
59. Abbasi A, Altmann J, Hossain L. 2011 Identifying the effects of co-authorship networks on the performance of scholars: a correlation and regression analysis of performance measures and social network analysis measures. *J. Informetr.* **5**, 594–607. (doi:10.1016/j.joi.2011.05.007)
60. National Statistical Office. 2020 *The 2019 household socio-economic survey - whole kingdom*. Bangkok.

61. Schar P. 2004 Chapter 4 - agriculture. *Atlas Thail. Spat. Struct. Dev.* (doi:10.1111/j.0033-0124.2005.493_10.x)
62. Muench S, Bavorova M, Pradhan P. 2021 Climate change adaptation by smallholder tea farmers: a case study of Nepal. *Environ. Sci. Policy* **116**, 136–146. (doi:10.1016/j.envsci.2020.10.012)
63. Ofoegbu C, New M. 2020 Environmental management collaboration relations in climate information production and dissemination to subsistence farmers in Namibia. *Environ. Manage.* **67**, 133–145. (doi:10.1007/s00267-020-01383-5)
64. Azhoni A, Holman I, Jude S. 2017 Adapting water management to climate change: institutional involvement, inter-institutional networks and barriers in India. *Glob. Environ. Change* **44**, 144–157. (doi:10.1016/j.gloenvcha.2017.04.005)
65. Mahaarcha W. 2018 Factors influencing farmers' adaptation strategies to climate change in Bophloi district, Kanchanaburi Province, Thailand. 19, 70–86.
66. Bastakoti RC, Gupta J, Babel MS, van Dijk MP. 2014 Climate risks and adaptation strategies in the Lower Mekong River basin. *Reg. Environ. Change* **14**, 207–219. (doi:10.1007/s10113-013-0485-8)
67. The World Bank. 2011 Thailand environment monitor: integrated water resources management - a way forward.
68. Meuwissen MPM *et al*. 2019 A framework to assess the resilience of farming systems. *Agric. Syst.* **176**, 102656. (doi:10.1016/j.agsy.2019.102656)
69. Goodwin D, Holman I, Sutcliffe C, Rey Vario D. 2021 Strengthening Thailand's Agricultural drought Resilience -Questionnaire and Dataset. Cranfield Online Research Data. (doi:10.17862/cranfield.rd.16553136)
70. Goodwin D, Holman I, Sutcliffe C, Salmoral G, Pardthaisong L, Visessri S, Ekkawatpanit C, Rey D. 2022 The contribution of a catchment-scale advice network to successful agricultural drought adaptation in northern Thailand. Figshare. (doi:10.6084/m9.figshare.c.6230507)

ภาคผนวก 7-4

บทความวิชาการ

Low-Flow Assessment Methods for Ungauged Sub-Basins in the Upper Ping River Basin, Thailand

NUEJ
Naresuan University
Engineering Journal

Low-Flow Assessment Methods for Ungauged Sub-Basins in the Upper Ping River Basin, Thailand

Sokseyla Man[1] and Supattra Visessri[2,*]

[1,2] Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
[2] Disaster and Risk Management Information Systems Research Unit, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

* Corresponding author e-mail: supattra.vi@chula.ac.th

(Received: 24 July 2022, Revised: 6 December 2022, Accepted: 15 December 2022)

Abstract

The assessment of low-flow in ungauged or poorly-gauged basins where the flow data are unavailable remains a challenge in many parts of the world. This study aims to address the low-flow assessment in the ungauged sub-basins in Thailand by regionalizing low flow indices including the base-flow index (BFI), 95th percentile-flow (Q95) and the annual minimum 7-day moving average flow with a 10-year recurrence interval (7Q10). The framework is demonstrated through the case study of 25 sub-basins of the Upper Ping River basin with available data from 1995-2014. Performance of two widely used regionalization methods, the regression and climate adjustment methods are tested and compared. The accuracy of the methods is assessed by comparing the predicted with the observed low-flow indices calculated in terms of R^2, NSE, and RMSE. The results of the regression method indicate that the method performs best for predicting 7Q10 compared to Q95 and BFI. The best R^2, RMSE, and NSE values obtained from the regression model for predicting 7Q10 are 0.95, 0.95, and 0.26 respectively. The results of the climate adjustment method show that the method with a comparatively long overlap period is found to improve over the regression method. The longest 15 overlap period tested in this study show that the R^2 and RMSE can be improved to almost 1.00 and NSE can be reduced to 0.09. While this study could offer a way forward improving low-flow estimation and water resources management in ungauged basins, further study on non-stationarity of the basin is recommended.

Keywords: Climate adjustment, Low-flow indices, Record augmentation, Regional regression, Upper Ping River Basin

1. INTRODUCTION

Water is vital for human living and essential for environmental, economic, and ecological management. Due to the growth of the global population, the water demand for food production and social development towards better living conditions have also been increasing (Kundzewicz, 1997). Since the amount of water is limited especially in the dry year while the demand has increased higher, this may lead some areas to face the problem of water scarcity. In order to cope with the problem, the management of water resources is necessary. In recent years, water resources management has become more focused on mid-term and long-term planning for water demand and conservation management, water transfer, and diversion (Karamouz et al., 2003). For riparian countries, monitoring of flow characteristics in the river basin is the principal for water resources management responding to the problem of water scarcity. One of the most essential indicators which are beneficial for flow characterization is known as "low-flow" which is defined as "flow of water in a stream during prolonged dry weather" (Smakhtin, 2001). During low-flow periods, most stream habitats are reduced in area and and may also affect biota. Low-flow characteristics information provides threshold values for different water-based activities and is required for some water resources management such as irrigation, water supply, and water quality and quantity estimations (Eslamian, 2018).

In Thailand, there are more flood studies than drought or low-flow. The method for low-flow estimation has been paid little attention. This study focuses on assessing the techniques for estimating low-flow in gauged and ungauged sub-basins of the Upper Ping River basin where the hydrological study is particularly challenging due to limited available data. A previous study by Visessri (2014) used BFI as a low-flow index to predict flow in the Upper Ping River basin. This study introduced other two low-flow indices (Q95 and 7Q10) that might be useful for the prediction in ungauged basins. The objective of this study is to define the applicable method for low-flow estimation in ungauged sub-basins of the Upper Ping River basin which is the headwater of the Chao Phraya basin. If the low-flow in the Upper Ping River basin can be monitored, it could also reduce the risk of water scarcity in the Chao Phraya basin.

2. DATA

2.1 Study Area

This study is conducted in the Upper Ping River basin which is in the northwestern part of Thailand. It stretches from latitude 17°00'N to 19°48'N and from longitude 98°05'E to 99°23'E and covers a total area of 26,674 km^2 with elevation ranges from 195 to 2577 m a.s.l (meter above mean sea level) as shown in Figure 1. The west of the basin is mainly mountainous while the central and the east of the basin are relatively flat. The major water resource is the Ping River flowing from the north to the south. The Bhumibol reservoir separates the upper and lower part of the Ping basin. The basin has a varied climate with a mean annual rainfall of 1,097 mm (Sharma & Babel, 2014).

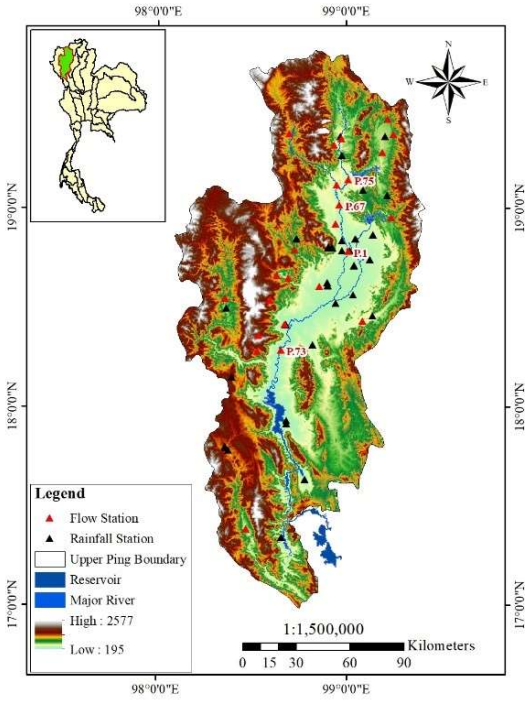


Figure 1 Elevation of the Upper Ping River basin

2.2 Flow Data and Rainfall Data

Flow data and rainfall data used in this study are daily series from 25 flow gauges obtained from the Royal Irrigation Department (RID) and the Department of Water Resources (DWR) and 43 rain gauges obtained from RID and the Thai Meteorological Department (TMD) which have been continuously monitored from 1995 to 2014, respectively. The study period from 1995 to 2014 was selected because it has a relatively small amount of missing data and sufficiently long records for low-flow assessment. The rainfall and streamflow time series from those stations are shown in Figure 2.

2.3 Land Use

Land use is classified into five main different types, such as Forest (F), Agriculture (A), Urban (U), Open water (W), and Mixed land-use (M). The major land use of the Upper Ping River basin is the forest which covers the area of 21,235 km^2 or equal to approximately 80% of the total area. The second majority is agriculture which covers another 14% of the total area while the urban, open water and mixed land-use areas show a minor proportion to the total area. The information mentioned above is obtained by overlapping the basin boundary with the land use data of year 2005 obtained from the Land Development Department (LDD), Thailand. The land use data of year 2000 are assumed to sufficiently represent the land use condition and have negligible change over the entire period of study. This assumption is supported by the study of Visessri & McIntyre (2015) which found that the land use change in the Upper Ping River basin was not significant enough to cause an impact on the regionalized flow indices (Visessri & McIntyre, 2015).

2.4 Soil Type

Based on the soil type data obtained from LDD, there are thirty-six soil types in the Upper Ping River basin. However, only four types among the total show the major value in terms of proportion to the total area. The first majority is Soil type group 62 which distributes about 70% and can be found almost everywhere in the basin. The second and third majorities are Soil type group 48 and Soil type group 20 which distribute about 9% and 3% to the basin, respectively. Another majority which distributes about 3% to the basin also is Soil type group 29. When considering the soil type of the 25 sub-basins used in this study, Soil type group 62 remains dominant; other soil types cover much smaller area.

A summary of the basin characteristics of the 25 sub-basins used in this study is given in Table 1.

2.5 Low-flow Characteristics

There are three commonly used low-flow indices (LFI) chosen in this study. They are ninety-five-percentile flow (Q95), baseflow index (BFI), and annual minimum 7-day moving average flow with a 10-year recurrence interval (7Q10).

2.5.1 Ninety-five-percentile Flow (Q95)

Q95 represents flow that is equaled or exceeded for 95 percent of the observation period and can be determined from the flow duration curve (WMO, 2008). It can be used for establishing low-flow criteria for stream standards. Furthermore, it can be used as a reference streamflow level to differentiate drought flows from nondroughted flows (Zelenhasić & Salvai, 1987). The value of Q95 is calculated for all 25 gauges from continuous daily flow data between 1995 and 2014 and is assumed to represent the long-term average of Q95.

2.5.2 Baseflow Index (BFI)

BFI is a non-dimensional index that is defined as the baseflow volume divided by the total streamflow volume. The values range between 0 and 1. The high index of baseflow indicates that the river flow can be sustained by

the basin during a prolonged dry period (WMO, 2008). In this study, the BFI is determined using the method of local minimum as described in (White & Sloto, 1990) for all the 25 gauges.

2.5.3 Annual minimum 7-day moving Average Flow with a 10-year Recurrence Interval (7Q10)

7Q10 is determined from the annual series of minimum 7-day moving average flow at the selected 25 gauges. The average flow for each consecutive 7-day period is calculated from the daily records, and the lowest average value for each year represents that year in the annual series. The 7-day minimum average flows are fit to a log-Pearson Type III distribution to determine the recurrence interval for an individual 7-day minimum mean flow (Riggs, 1972).

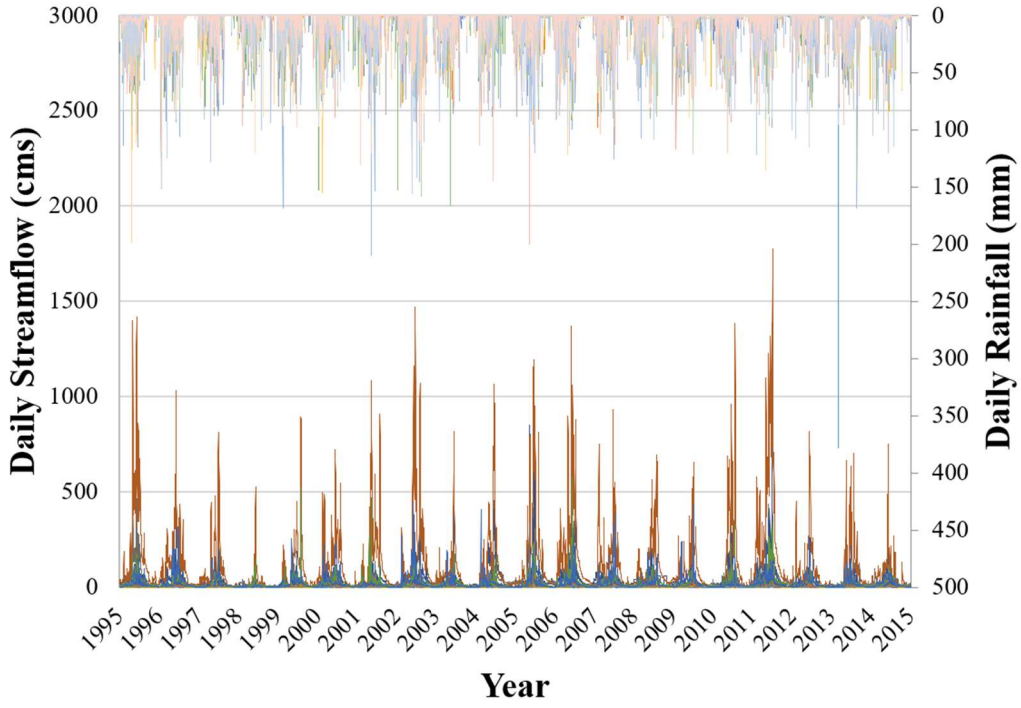


Figure 2 Daily rainfall and streamflow time series

Table 1 Statistical summary of the basin characteristics of the 25 sub-basins used in this study

Acronym	Variable description	Units	Minimum	Mean	Maximum
%A	Percentage of agriculture	%	0.01	14.43	31.17
%F	Percentage of forest	%	64.68	83.78	98.09
%G30	Percentage of soil type group 30	%	0.00	0.84	13.79
%G40	Percentage of soil type group 40	%	0.00	0.25	3.05
%G56	Percentage of soil type group 56	%	0.00	0.01	0.20
%G60	Percentage of soil type group 60	%	0.00	0.07	0.84
%G62	Percentage of soil type group 62	%	63.87	85.48	99.99
%M	Percentage of mixed-land use	%	0.00	0.42	3.37
%W	Percentage of open water	%	0.00	0.08	0.54
AMR	Annual mean rainfall	mm	912.90	1117.43	1305.40
Ar	Basin area	km^2	23.43	1638.54	14536.02
El_{max}	Maximum elevation	m	1251.00	1968.12	2577.00
El_{min}	Minimum elevation	m	195.00	436.44	1024.00
Sl_{max}	Maximum slope	%	116.25	236.32	441.30
Sl_{mean}	Mean slope	%	24.93	31.30	41.82

3. METHODOLOGY

There are two regionalization methods namely regional regression and climate adjustment used in this study because they performed reasonably well, and they require a few hydrological variables that allow us to test its applicability in the study area.

3.1 Regional Regression Method

Regional regression is a frequently used method to develop a relationship between LFI and an 'optimal' set of basin characteristics. The regression in this study is established using stepwise linear regression for homogeneous subregions to predict low-flow characteristics in ungauged sub-basins(Laaha et al., 2013). As stated in (Nathan & McMahon, 1992), a common form of prediction equations can be simplified as Eq. (1).

$$LFI = f(basin\ characteristics) \tag{1}$$

3.2 Climate Adjustment Method

The climate adjustment method is one of the methods to deal with the problem of low-flow estimation from a short streamflow record. The method consists of two steps which are the donor site selection and the record augmentation (Laaha & Blöschl, 2005). Unlike the regression method that is primarily based on the spatial relationship between the basin characteristics and LFI, the climate adjustment method is believed to be able to account for the influence of temporal variation of the climate on the prediction of LFI.

3.2.1 Donor Site Selection

In this study, the donor is selected based on the shortest Euclidean distance between the centroid of the donor (gauged) sub-basin and the centroid of the subject (ungauged) sub-basin or it is called the "Nearest basin method".

3.2.2 Record Augmentation

Once the suitable donor has been selected, the predicted LFI at the subject site can be adjusted by transferring the information from the donor based on two record augmentation techniques.

In the first technique, the predicted low-flow characteristic at subject site (QS_{pred}) is adjusted by scaling LFI calculated from the overlap period of the subject site (QS_o) with the ratio of LFI calculated from the entire observations period and LFI calculated from the overlap period of the donor site (QD and QD_o). In this study, four overlap periods of 1-yr, 5-yr, 10-yr, and 15-yr are selected to test the predictive performance. The predicted LFI at the subject site can be extrapolated using Eq. (2).

$$QS_{pred} = QS_o \times \left(\frac{QD}{QD_o}\right) \tag{2}$$

The second technique applies the same principle, but a weighting coefficient M(r) is included to account for the robustness of correlation between subject and donor sites. The predicted LFI at the subject site can be extrapolated using Eq. (3).

$$QS_{pred} = QS_o \times \left(\frac{QD}{QD_o}\right)^{M(r)} \tag{3}$$

where M(r) considers the length of the overlap period in years (n_o), as well as the correlation coefficient (r) of annual low flows and, can be calculated using Eq. (4).

$$M(r) = \frac{(n_o-3).r^3}{(n_o-4).r^2+1} \tag{4}$$

3.3 Evaluation of Methods Performance

To define the most applicable method between the spatial regionalization and the temporal regionalization methods, the scatter plot between observed and predicted LFI for each method will be constructed and the statistical indicators including coefficient of determination (R^2), root-mean-square error (RMSE) and Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) will be calculated to define which method is the most applicable for this study.

3.3.1 Nash-Sutcliffe Efficiency

The Nash-Sutcliffe efficiency is a normalized statistic that determines the relative magnitude of the residual variance compared to the measured data variance. NSE indicates how well the plot of observed versus predicted LFI fits the 1:1 line (Moriasi et al., 2007). NSE can be computed by using Eq. (5).

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i-P_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i-\bar{O})^2}\right] \tag{5}$$

where O_i is i^{th} observed low-flow indices, P_i is i^{th} predicted low-flow indices, $\bar{O}$ is mean of observed low-flow indices, and n is total number of observations.

3.3.2 Root-Mean-Square Error

The root-mean-square error is the square root of the mean of the square of all the errors. It is considered as an excellent general-purpose error metric for numerical predictions. RMSE is a good measure of accuracy, but only to compare prediction errors of different models or model configurations for a particular variable and not between variables, as it is scale-dependent (Neill & Hashemi, 2018). It can be computed by using Eq. (6).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2} \tag{6}$$

3.3.3 Coefficient of Determination

The coefficient of determination is the criterion generally used in the linear regression to test the adjustment of the model (Ait-Amir et al., 2020) and can be calculated by using Eq. (7).

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i-\bar{O})\times(P_i-\bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(O_i-\bar{O})^2}\times\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(P_i-\bar{P})^2}}\right]^2 \quad (7)$$

where $\bar{P}$ is predicted low-flow indices

4. RESULTS AND DISCUSSIONS

The results are divided into three parts including the estimation of the observed and regionalized low-flow indices.

4.1 Low-flow Indices

4.1.1 Ninety-five-percentile Flow (Q95)

Figure 3 illustrates the flow duration curves (FDCs) of the 25 flow stations used in this study. It can be seen from Figure 3 that FDCs developed from the three located mainstream stations namely P.73, P.1, and P.67 indicate much higher flows for overall compared to the others. The Q95 of the 25 flow stations are then determined from the FDCs.

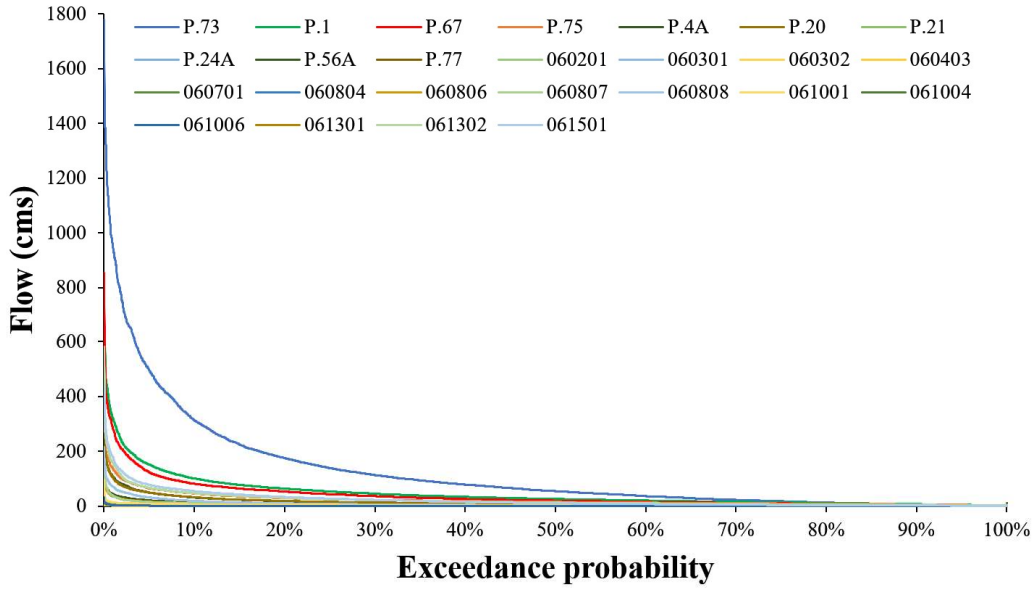


Figure 3 FDCs of the 25 selected flow stations

4.1.2 Baseflow Index

Figure 4 demonstrates the baseflow lines of the 25 selected flow stations. Similar to the FDC, the baseflow line developed from the three located mainstream stations namely P.73, P.1, and P.67 indicate much higher flows for overall comparing to the others. The plot also depicts that the daily baseflow in the 25 sub-basins has a similar pattern, but they are different in amount. The BFIs are then defined as the baseflow volume divided by the total streamflow volume.

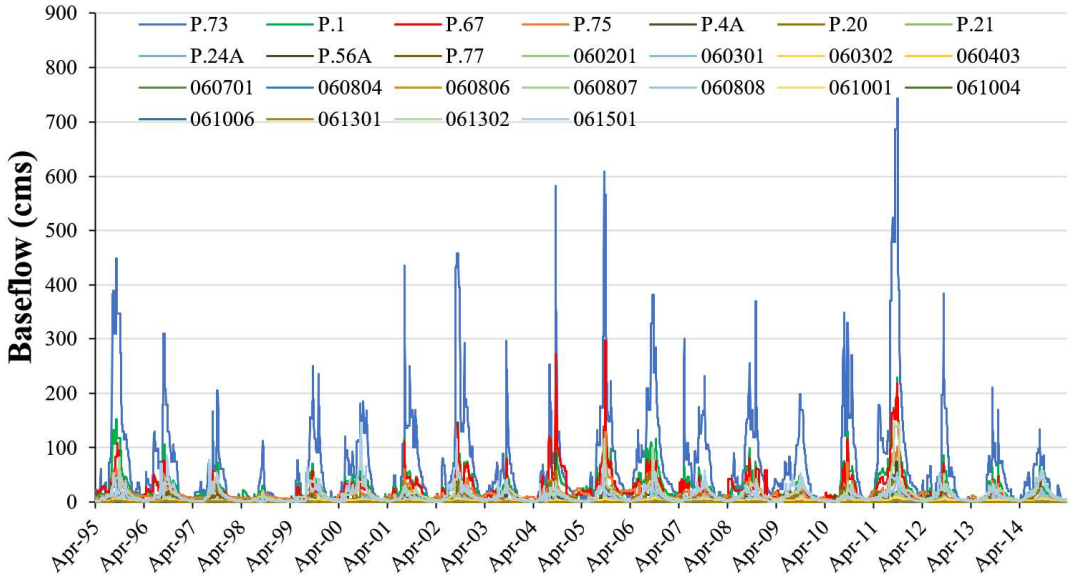


Figure 4 Baseflow hydrograph of the 25 flow stations

4.1.3 Annual Minimum 7-day Moving Average Flow with a 10-year Recurrence Interval

Figure 5 shows the 7-day moving average flow of the 25 selected flow stations. The plot is much similar to that of the baseflow hydrograph. However, they are different in terms of quantity. The 7-day minimum average flows determined from streamflow time series are fitted to a Log-Pearson Type III distribution to determine 7Q10. The result indicates that the three located mainstream stations (P.73, P.1, and P.67) mentioned above keep showing higher values. Moreover, station P.75 located upstream of the three stations is also found to present a significantly higher value of 7Q10 compared to the others.

The estimated LFI of all the 25 flow stations can be summarized as shown in Table 2

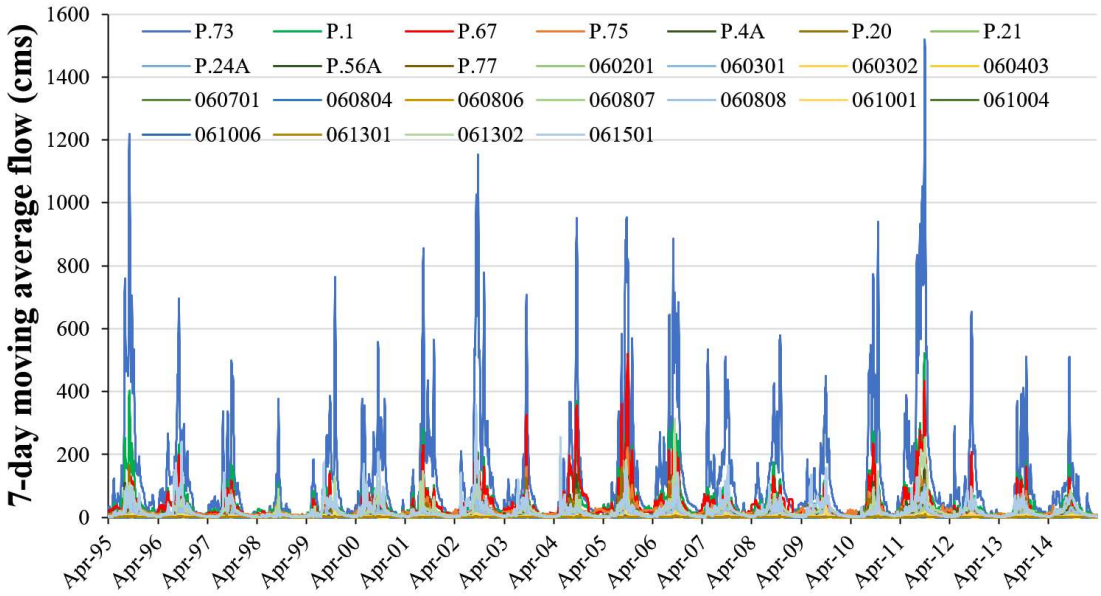


Figure 5 7-day moving average flow of the 25 stations

Table 2 The average LFI of the 25 sub-basins

No.	Station	Q95	BFI	7Q10	No.	Station	Q95	BFI	7Q10
1	P.1	4.60	0.58	10.21	14	060403	0.11	0.81	0.19
2	P.4A	0.12	0.41	0.50	15	060701	0.12	0.60	0.18
3	P.20	0.96	0.57	2.49	16	060804	0.06	0.51	0.12
4	P.21	0.15	0.48	0.41	17	060806	0.21	0.45	0.43
5	P.24A	0.21	0.45	0.52	18	060807	0.88	0.59	1.39
6	P.56A	0.31	0.49	0.83	19	060808	0.22	0.42	0.42
7	P.67	3.44	0.56	7.53	20	061001	0.70	0.73	0.93
8	P.73	0.96	0.53	12.98	21	061004	0.11	0.66	0.18
9	P.75	4.23	0.63	8.58	22	061006	0.10	0.58	0.16
10	P.77	0.01	0.52	1.53	23	061301	0.11	0.73	0.27
11	060201	0.11	0.67	0.23	24	061302	3.48	0.67	4.51
12	060301	0.26	0.65	0.45	25	061501	1.20	0.54	1.82
13	060302	0.11	0.65	0.15					

4.2 Regional Regression Method

4.2.1 Correlation between LFI and Each Independent Basin Characteristics

To investigate the possibility of using the regression to represent the relationship between the basin characteristics and the LFI, a matrix of scatter plots between each basin characteristic and each LFI was developed, and the correlation coefficient (r) is computed.

The results show that r of the Q95 ranges from -0.30 to 0.74. The %W and Sl_{max} are the descriptors with the highest r equal to 0.74 and 0.63, respectively. The r of the BFI ranges from -0.48 to 0.50. The El_{min} and Sl_{mean} seem to be most informative in predicting BFI with r equal to 0.50 and 0.49, respectively. For the 7Q10, r ranges from -0.57 to 0.91 where the Ar, %W, $Sl_{max,}$ and %G62 are descriptors with relatively high r equal to 0.91, 0.90, 0.77, and -0.57, respectively. A few descriptors with high r values suggest the possibility of using the regression as

the LFI can be explained by some of the informative basin characteristics.

4.2.2 Regression Equations

Based on the stepwise regression approach with the allowable p-value of 0.05, only three standardized basin characteristics namely proportions of agriculture (%A), forest (%F), and open water (%W) show a significant relationship for predicting the Q95. The regression equation which relates the three descriptors to the predicted Q95 is as shown in Eq. 8. The presence of the three sub-basin descriptors tends to increase the value of Q95 in each sub-basin. The result indicates that the regression equation yields a better R^2 and NSE of 0.78 with a moderate RMSE of 0.51 as shown in Figure 6(a).

$$Q95_{pred} = 2.20\%A + 2.63\%F + 1.18\%W \quad (8)$$

In the prediction of BFI, there are three standardized basin characteristics namely minimum elevation (El_{min}), mean slope (Sl_{mean}), and proportion of soil type group 60 (%G60) which share substantial contribution to the prediction. The regression equation which relates the three basin characteristics to the predicted BFI is as shown in Eq. 9. The presence of El_{min}, and Sl_{mean} tends to increase the amount of BFI while the presence of %G60 tends to decrease the amount of BFI in each sub-basin. The result shows that the equation yields a moderate R^2 and NSE of 0.58 with a high RMSE of 0.70 as shown in Figure 6(b).

$$BFI_{pred} = 0.43El_{min} + 0.37Sl_{mean} - 0.34\%G60 \quad (9)$$

The regression equation for predicting 7Q10 consists of four standardized basin characteristics namely area (Ar), proportions of agriculture (%A), forest (%F) and open water (%W) as shown in Eq. 10. The presence of the four descriptors tends to increase the amount of 7Q10 in each sub-basin. The result indicates that the equation yields a high R^2 and NSE of 0.95 with a low RMSE of 0.26 as shown in Figure 6(c).

$$7Q10_{pred} = 0.61Ar + 0.74\%A + 0.90\%F + 0.58\%W \quad (10)$$

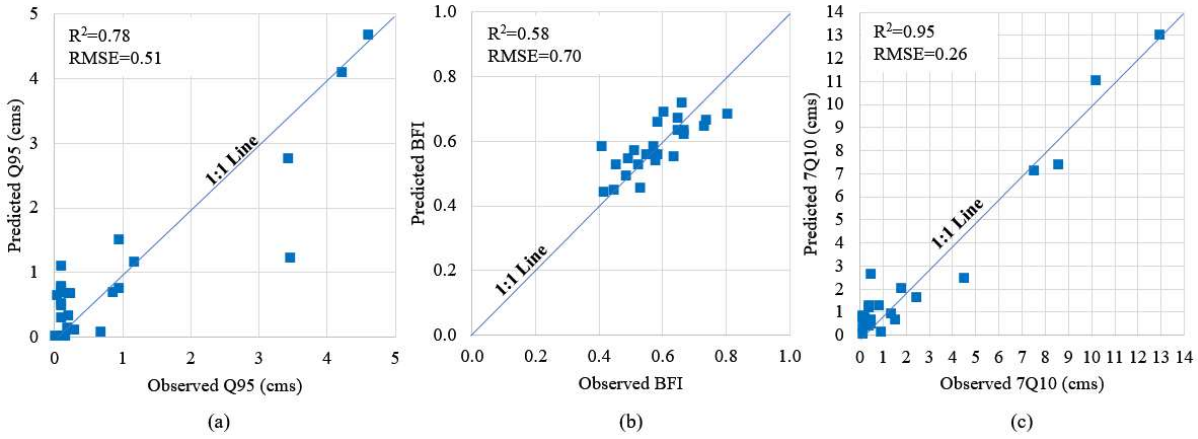


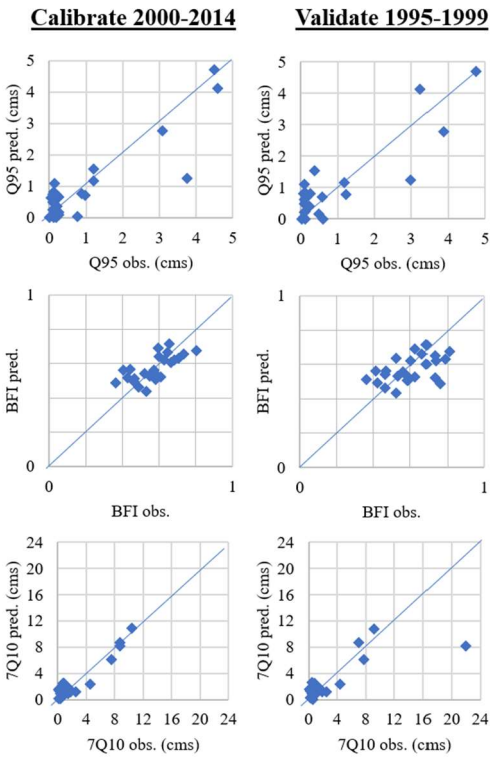
Figure 6 Predicted LFI estimated from regional regression method plotted versus Observed LFI estimated from overall 20-yr period: (a) Q95, (b) BFI, (c) 7Q10

To test the reliability of the regression model, the regression method was applied separately to calibration (2000-2014) and validation (1995-1999) periods. The regression method gives acceptable performance for Q95 and 7Q10 but not BFI. For Q95, the values of R^2, NSE, and RMSE are similar for both calibration and validation periods. When moving from calibration to validation period, a drop in performance of the 7Q10 is caused by an outlier. While further investigation of the outlier should have been done, it is beyond the scope of this study. The regression equation for BFI shows the worst performance for both calibration and validation periods. The results of reliability test are provided in Figure 7 and it can be concluded that the regression model is applicable for predicting low-flow indices but with variable performance.

4.3 Climate Adjustment Method

The climate adjustment method can be applied using different overlap periods. The effects of different overlap periods with different base years are investigated in the prediction. A sample of the Q95 which is predicted from various overlap periods of 1-yr, 5-yr, 10-yr, and 15-yr with the base year of 1995 is assessed using both augmentation techniques and can be plotted versus the observed Q95 estimated from the overall 20-yr period as shown in Figure 8. The results indicate that the appropriate length of overlap period is necessary for the prediction to obtain a reliable result. The figure clearly shows that for the overlap period of 1-yr, the prediction using the 1st technique performs better than the 2nd

technique. However, for the overlap period of 5 years or more, the 2nd technique shows better performance overall.



Q95	Calibrate	Validate
RMSE (cms)	0.65	0.66
R^2	0.78	0.76
NSE	0.78	0.75

BFI	Calibrate	Validate
RMSE	0.08	0.11
R^2	0.49	0.25
NSE	0.49	0.18

7Q10	Calibrate	Validate
RMSE (cms)	0.95	2.96
R^2	0.92	0.68
NSE	0.92	0.65

Figure 7 Performance of the regression model in calibration and validation periods

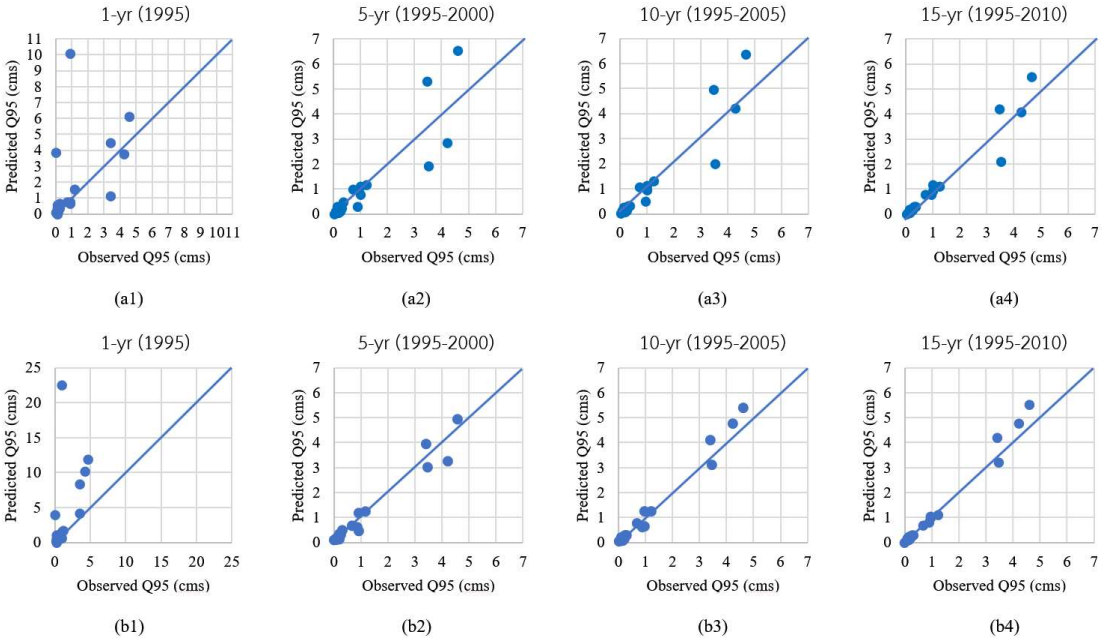


Figure 8 Adjusted $Q95_{pred}$ estimated from: (a1) 1-yr (1995), (a2) 5-yr (1995-2000), (a3) 10-yr (1995-2005), (a4) 15-yr (1995-2010) records using 1st technique plotted versus $Q95_{obs}$ estimated from overall 20-yr period; and Adjusted $Q95_{pred}$ estimated from: (b1) 1-yr (1995), (b2) 5-yr (1995-2000), (b3) 10-yr (1995-2005), (b4) 15-yr (1995-2010) records using 2nd technique plotted versus $Q95_{obs}$ estimated from overall 20-yr period

Figure 9 shows the summary of the method performance for the prediction of Q95 using both techniques with different overlap periods and base years. In the 1st technique, for 1-year overlap period, the method shows unsatisfied performance with very poor statistical indicators. For 5 years, the method yields R^2 range from 0.42 to 0.92, NSE range from -0.33 to 0.90, and RMSE range from 0.43 to 1.58. For 10 years, the method yields R^2 range from 0.72 to 0.97, NSE range from 0.69 to 0.96, and RMSE range from 0.28 to 0.77 while for 15 years, the method yields R^2 range from 0.89 to 1.00, NSE range from 0.89 to 0.99, and RMSE range from 0.25 to 0.62.

In the 2nd technique, for 5 years, the method yields R^2 range from 0.67 to 0.98, NSE range from -1.02 to 0.96, and RMSE range from 0.27 to 1.95. For 10 years, the method yields R^2 range from 0.90 to 0.98, NSE range from 0.79 to 0.97, and RMSE range from 0.25 to 0.62 while for 15 years, the method yields R^2 range from 0.98 to 1.00, NSE range from 0.96 to 1.00, and RMSE range from 0.09 to 0.27.

The summary of the BFI and 7Q10 is as shown in Figure 10 and Figure 11, respectively.

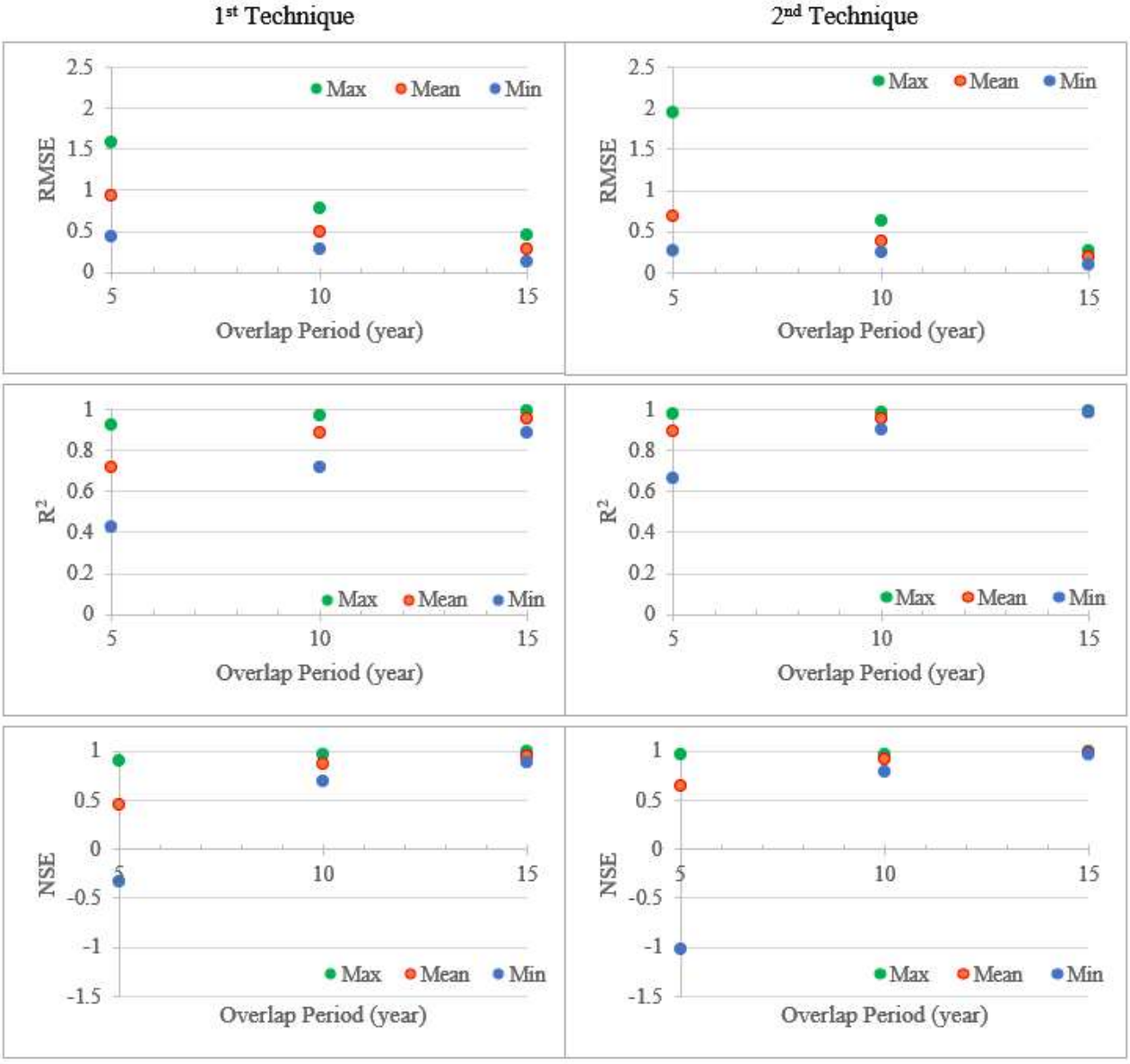


Figure 9 Summary of climate adjustment method performance of two augmentation techniques for Q95

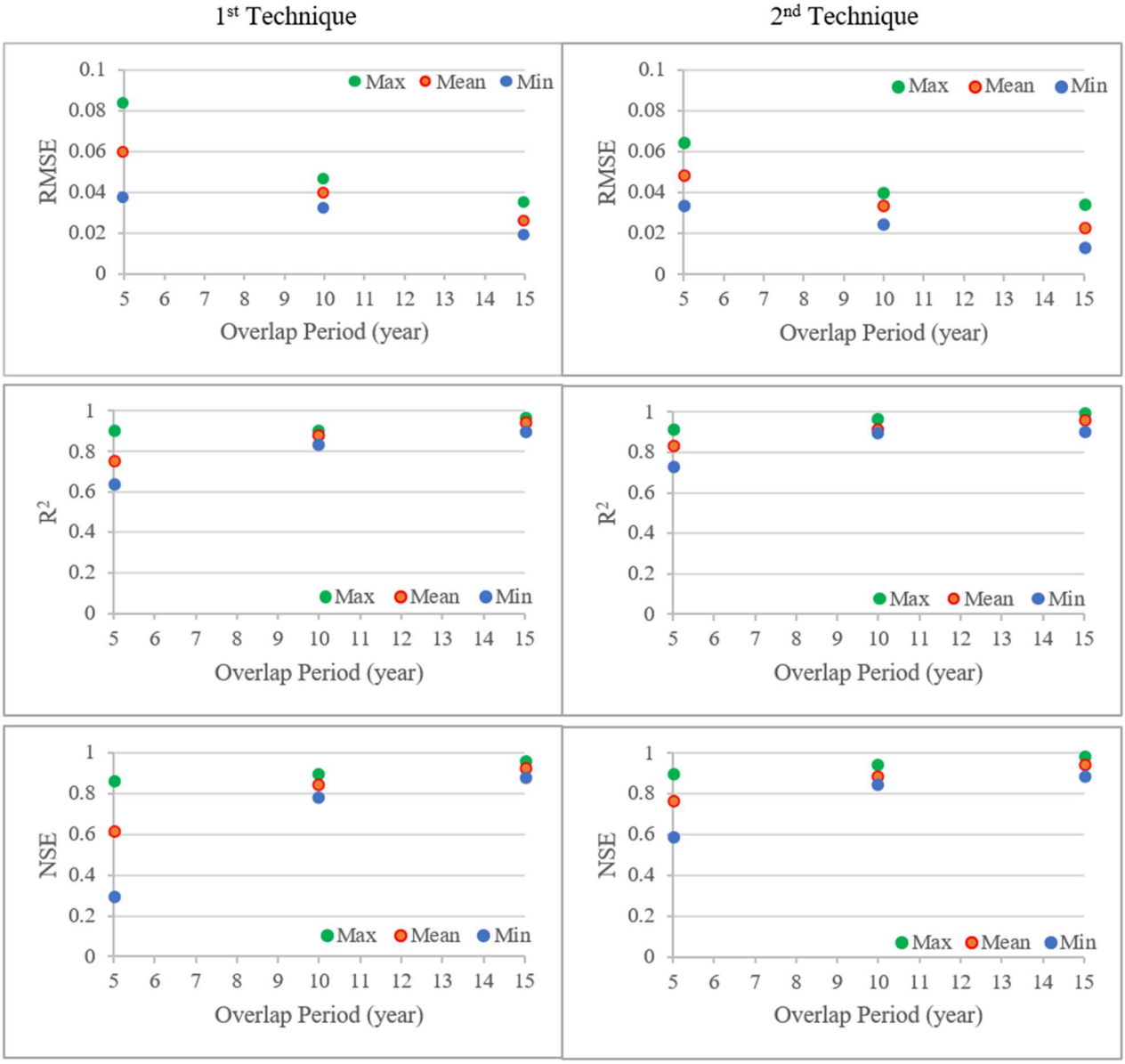


Figure 10 Summary of climate adjustment method performance of two augmentation techniques for BFI

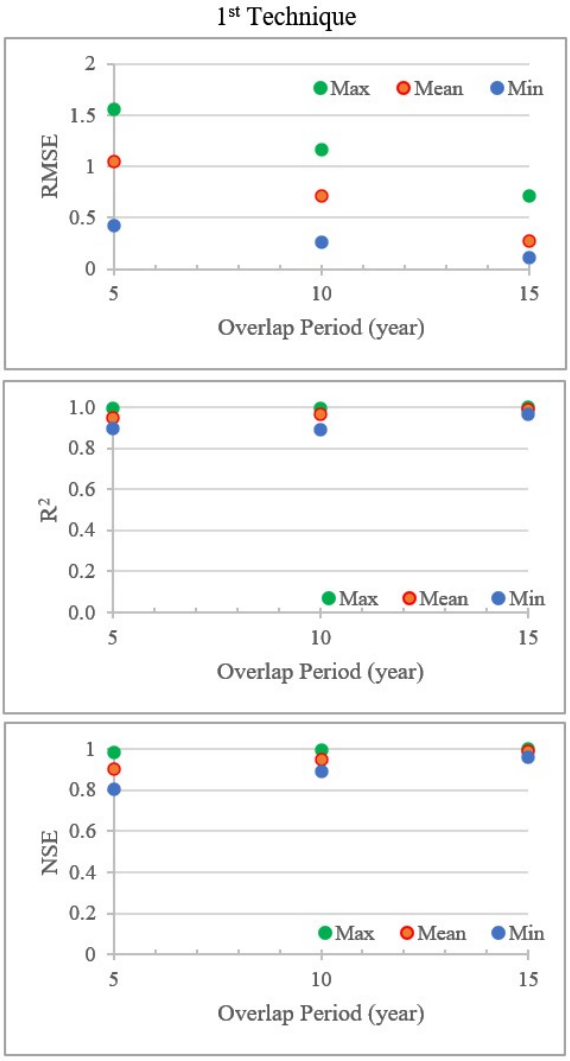
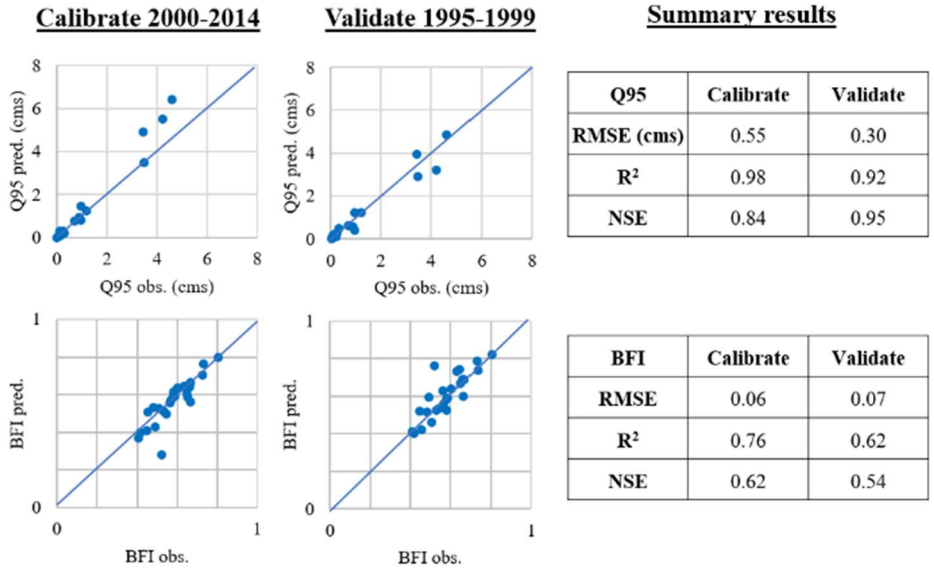


Figure 11 Summary of climate adjustment method performance using 1st techniques for 7Q10



Q95	Calibrate	Validate
RMSE (cms)	0.55	0.30
R^2	0.98	0.92
NSE	0.84	0.95

BFI	Calibrate	Validate
RMSE	0.06	0.07
R^2	0.76	0.62
NSE	0.62	0.54

Figure 12 Performance of the 2nd technique of the climate adjustment method in calibration and validation periods

Figure 12 shows the results of reliability test when the 2nd technique of the climate adjustment method is used for calibration and validation period. The method can yield a reliable performance since the values of R^2, NSE, and RMSE in validation period are comparable to those of the calibration period. This supports the applicability of the climate adjustment method for estimating low-flow indices in ungauged basins.

5. CONCLUSIONS

The assessment of low-flow in ungauged basins remains a challenging issue especially for developing countries where the flow gauging network is limited. Regionalization using the regression and climate adjustment methods was found to be applicable to the prediction of low-flow in the Upper Ping River basin which is the study area. Generally, the climate adjustment method outperforms the regression method as it yielded better values for performance indices. The improved performance obtained from the climate adjustment method is probably due to being contribution from the consideration of the variation in climate over 20 years of the study period. The longer overlap period used for climate adjustment, the better the performance. However, the marginal increase in the performance is less seen when using the overlap period longer than 10 years. The 2nd technique of the climate adjustment method where the weighting coefficient was applied further improves the performance over its 1st technique. The framework demonstrated in this study could be used as a guideline to regionalize low-flow indices and estimate streamflow in other ungauged basins with similar climate regime and hydrological context. This would help address the issue of water scarcity and improve water resources management in ungauged basins.

6. ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the Royal Irrigation Department and Department of Water Resources for providing the data for this study. We also would like to thank the reviewers for their comments to improve this manuscript.

7. REFERENCES

Ait-Amir, B., Pougnet, P., & El Hami, A. (2020). Meta-Model Development. In *Embedded Mechatronic Systems 2* (pp. 157-187). Elsevier.

Eslamian, S. (2018). *Handbook of Engineering Hydrology (Three-Volume Set)*. CRC Press. https://books.google.co.th/books?id=I2G1DwAAQBAJ

Karamouz, M., Szidarovszky, F., & Zahraie, B. (2003). *Water resources systems analysis*. CRC Press.

Kundzewicz, Z. W. (1997). Water resources for sustainable development. *Hydrological Sciences Journal, 42*(4), 467-480.

Laaha, G., & Blöschl, G. (2005). Low flow estimates from short stream flow records—a comparison of methods. *Journal of Hydrology, 306*(1-4), 264-286.

Laaha, G., Hisdal, H., Kroll, C., Van Lanen, H., Nester, T., Rogger, M., Sauquet, E., Tallaksen, L., Woods, R., & Young, A. (2013). Prediction of low flows in ungauged basins. In *Run-off Prediction in Ungauged Basins, Synthesis across Processes, Places and Scales* (pp. 163-188). Cambridge University Press.

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. *Transactions of the ASABE, 50*(3), 885-900.

Nathan, R. J., & McMahon, T. A. (1992, June 01). Estimating low flow characteristics in ungauged catchments [journal article]. *Water Resources Management, 6*(2), 85-100. https://doi.org/10.1007/bf00872205

Neill, S. P., & Hashemi, M. R. (2018). *Fundamentals of ocean renewable energy: generating electricity from the sea*. Academic Press.

Riggs, H. C. (1972). *Low-flow investigations*. US Government Printing Office.

Sharma, D., & Babel, M. S. (2014). Trends in extreme rainfall and temperature indices in the western Thailand. *International Journal of Climatology, 34*(7), 2393-2407.

Smakhtin, V. U. (2001). Low flow hydrology: a review. *Journal of Hydrology, 240*(3-4), 147-186.

Visessri, S. (2014). *Flow prediction in data scarce catchments: A case study of Northern Thailand* Imperial College London].

Visessri, S. & McIntyre, N. (2015). Regionalisation of hydrological responses under land-use change and variable data quality. *Hydrological Sciences Journal, 61*(2), 302-320.

White, K. E., & Sloto, R. A. (1990). *Base-flow frequency characteristics of selected Pennsylvania Streams* (Vol. 90). US Department of the Interior, US Geological Survey.

WMO. (2008). *Manual on Low-flow Estimation and Prediction*. World Meteorological Organization. https://books.google.co.th/books?id=A5YiQwAACAAJ

Zelenhasić, E., & Salvai, A. (1987). A method of streamflow drought analysis. *Water resources research, 23*(1), 156-168.

ภาคผนวก 7-5

บทความวิชาการ

Indicator-to-impact links to help improve agricultural drought preparedness in Thailand

Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 23, 2419–2441, 2023
https://doi.org/10.5194/nhess-23-2419-2023
© Author(s) 2023. This work is distributed under
the Creative Commons Attribution 4.0 License.

Natural Hazards and Earth System Sciences
Open Access
EGU

Indicator-to-impact links to help improve agricultural drought preparedness in Thailand

Maliko Tanguy[1], Michael Eastman[1,2], Eugene Magee[1], Lucy J. Barker[1], Thomas Chitson[1], Chaiwat Ekkawatpanit[3], Daniel Goodwin[4,5], Jamie Hannaford[1,6], Ian Holman[5], Liwa Pardthaisong[7], Simon Parry[1], Dolores Rey Vicario[5], and Supattra Visessri[8,9]

[1]UK Centre for Ecology & Hydrology (UKCEH), Wallingford, United Kingdom
[2]Met Office, Exeter, United Kingdom
[3]Department of Civil Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand
[4]School of Social Sciences, University of Tasmania, Hobart, Australia
[5]School of Water, Energy and Environment, Cranfield University, Cranfield, United Kingdom
[6]Irish Climate Analysis and Research UnitS (ICARUS), Maynooth University, Maynooth, Ireland
[7]Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand
[8]Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand
[9]Disaster and Risk Management Information Systems Research Unit, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

Correspondence: Maliko Tanguy (malngu@ceh.ac.uk)

Received: 20 February 2023 – Discussion started: 1 March 2023
Revised: 12 May 2023 – Accepted: 25 May 2023 – Published: 6 July 2023

Abstract. Droughts in Thailand are becoming more severe due to climate change. Developing a reliable drought monitoring and early warning system (DMEWS) is essential to strengthen a country's resilience to droughts. However, for a DMEWS to be valuable, the drought indicators provided to stakeholders must have relevance to tangible impacts on the ground. Here, we analyse drought indicator-to-impact relationships in Thailand, using a combination of correlation analysis and machine learning techniques (random forest). In the correlation analysis, we study the link between meteorological drought indicators and high-resolution remote sensing vegetation indices used as proxies for crop yield and forest growth impacts. Our analysis shows that this link varies depending on land use, season and region. The random forest models built to estimate regional crop productivity allow a more in-depth analysis of the crop- and region-specific importance of different drought indicators. The results highlight seasonal patterns of drought vulnerability for individual crops, usually linked to their growing season, although the effects are somewhat attenuated in irrigated regions. Integration of the approaches provides new, detailed knowledge of crop- and region-specific indicator-to-impact links, which can form the basis of targeted mitigation actions in an improved DMEWS in Thailand and could be applied to other parts of Southeast Asia and beyond.

1 Introduction

Droughts are one of the costliest natural hazards worldwide (FAO, 2021). Their frequency and duration are expected to increase in many parts of the world due to climate change (IPCC, 2021, 2022; WBG and ADB, 2021). Over the past few decades, Thailand has already seen a rise in impacts from a warming world, experiencing increasingly unpredictable weather, with an alternation of droughts and floods on a 2- to 3-year cycle (Ikeda and Palakhamarn, 2020), causing a wide range of impacts. This trend is expected to intensify further in the near future in Southeast Asia, as highlighted by Hariadi et al. (2023).

One notable recent example is the severe 2020 drought, which was driven by a shorter monsoon period and a strong El Niño event (CFE-DMHA, 2022). The drought caused impacts in water supply, water quality, crop production and the economy, with an economic loss of THB 46 billion (USD 1.4 billion, GBP 1.1 billion; Sowcharoensuk and

Marknual, 2020). Other notable recent droughts include the 2005 event, in which 11 million people in 71 (out of 77) provinces were affected by water shortages; the 2008 event where over 10 million people in rural areas were affected (Ikeda and Palakhamarn, 2020); and the 2015–2016 event, which affected the upper-middle part of the country the most, and was so severe that at the Ubol Ratana Dam, in northeastern Thailand, steps were taken to use "dead storage" (i.e. the last 1 % in the bottom of the reservoir; CFE-DMHA, 2022). Overall, the National Disaster Relief Centre estimates that drought events between 1989 and 2017 caused more than THB 19.1 billion (USD 0.6 billion, GBP 0.5 billion) of damage to the Thai economy, with average annual economic damages of almost THB 0.6 billion per year (USD 20 million, GBP 16 million; NESDC, 2021).

One sector particularly affected by droughts in Thailand is agriculture (Yoshida et al., 2019); in particular, rice, corn and other cash crops periodically suffer economic losses (Ikeda and Palakhamarn, 2020). Thailand is currently the second largest rice exporter in the world (OECD, 2020), and rice fields utilise 70 % of Thailand's total water supply (ICID, 2020). Thailand is also the second biggest sugar exporter, and the 2020 drought resulted in a 28 % fall in production (Thammachote and Trichim, 2021). However, drought risk is also moderated or exacerbated by human activities. Areas with water reservoirs and extensive irrigation facilities are more resilient and are impacted less by droughts than rainfed agriculture and areas without reservoir storage. In the northeast, higher water demand for rice cultivation during the dry seasons, combined with limited irrigation infrastructure, exacerbates water scarcity (CFE-DMHA, 2022).

Thirty percent of Thailand's population work in agriculture, and drought threatens their income and poses food security issues. Given this considerable impact that droughts have on Thai society and the expectation of it worsening in the coming years and decades, there is an urgent need to improve preparedness for and resilience to droughts in the country (UNDRR and ADCP, 2020). This also aligns with the priorities of the UNDRR's (United Nations Office for Disaster Risk Reduction) Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030, which aims to achieve a substantial reduction in disaster risk and the loss of lives, livelihoods and health, as well as economic, physical, social, cultural and environmental assets of persons, businesses, communities and countries over the next 15 years (UNDRR, 2015). One important aspect of improving drought resilience lies in enhancing the drought monitoring and early warning (DMEW) capabilities of a country, in order to detect droughts in their early stages such that proactive mitigation strategies can be implemented (Bachmair et al., 2016a).

According to the World Meteorological Organization (WMO), drought can be defined as a prolonged dry period in the natural climate cycle (WMO, 2014). Since Wilhite and Glantz's study (1985), drought has commonly been categorised into various types, often differentiating between meteorological, hydrological and soil moisture (or agricultural) droughts, alongside various others. Many drought indices have been developed for drought monitoring purposes for these different types of drought over the past few decades (Lloyd-Hughes, 2014). In this paper, we consider a drought to be a period drier than normal for that time of year at a given location and distinct from the impacts it causes. Droughts can occur without causing any impacts, in which case they are not a concern for water managers or water users.

Drought impacts (e.g. crop failure, water quality issues, etc.) are what stakeholders are interested in from a DMEW point of view. However, impact data are scarce and generally not routinely monitored. There are significant challenges in collecting and monitoring drought impacts, including the visibility of drought impacts, which can be diffuse, delayed and non-structural (e.g. in comparison to the impacts of flooding). Nevertheless, while impact research is inherently challenging, it is also pivotal to drought management. While rainfall or river flow deficits can help track drought evolution, ultimately it is the impacts of drought which are of greatest importance for water managers and other stakeholders. Numerous international initiatives have highlighted that information on drought impacts is the key "missing piece" of drought monitoring and forecasting (e.g. Bachmair et al., 2016a), and some effort has been invested in collating drought impact data at national or international scales (e.g. in Europe: European Drought Impact report Inventory (EDII), Stahl et al., 2016; in the US: Drought Impact Reporter (DIR), Smith et al., 2014). In an age where there have been huge advances in real-time hydrometeorological monitoring, better prediction of impacts would be the single greatest practical advance in paving the way for improved drought resilience. Understanding the link between drought indicators and impacts is an essential first step to achieve this goal (Bachmair et al., 2016a).

Some of the most commonly used indices in operational DMEWS are the meteorological standardised indices such as the Standardised Precipitation Index (SPI; McKee et al., 1993) and Standardised Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI; Vicente-Serrano et al., 2010). However, these indicators based purely on meteorological status are not always well correlated with drought impacts (Bachmair et al., 2018), as impacts often occur when precipitation deficits have propagated through the hydrological cycle to deficits in soil moisture or river flows, for example. Moreover, precipitation deficit is likely to cause more impacts in water-limited regions than in regions with abundant water, though water management practices can counteract this effect to a certain extent. Drought indices are only meaningful to decision-makers if the relationship to drought impacts is known, i.e. understanding the type and magnitude of impacts that can be expected for different drought index values. For regions where drought impact data are available, the relationship between drought indices to drought impacts can be studied (e.g. Bachmair et al., 2016b; Parsons et al., 2019; Wang et al., 2020). Where drought impact data are not readily available,

remote sensing vegetation indices (VIs) can provide a proxy for drought impacts on vegetation.

VIs are commonly used to monitor the impacts of drought on vegetation. The Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) is one of the most established and widely used VIs (Tucker, 1979). It exploits the sharp increase in vegetation reflectance across the red and near-infrared (NIR) regions of the electromagnetic spectrum, known as the "red edge", to detect photosynthetically active plant material and infer plant stress. However, the Vegetation Condition Index (VCI), a pixel-based normalisation of NDVI, offers a more robust indicator for seasonal droughts by minimising spurious or short-term signals and amplifying long-term trends (Anyamba and Tucker, 2012; Liu and Kogan, 1996). VCI has been widely used and has proved to be effective in monitoring vegetation change and signalling agricultural drought (e.g. Jiao et al., 2016). The Vegetation Health Index (VHI) is a composite index that combines the VCI and Temperature Condition Index (TCI) – a pixel-based normalisation of the land surface temperature (LST) – and is also commonly used to monitor vegetation stress and drought conditions (Kogan, 1997). VHI incorporates the effect of temperature and is therefore more suitable for monitoring the effect of drought in species more sensitive to concurrent water and heat stress. VHI has successfully been used worldwide to monitor vegetation stress and drought conditions (e.g. Jain et al., 2009; Singh et al., 2003; Unganai and Kogan, 1998). Note that these VIs are relative indices that compare current conditions to the long-term average to measure vegetation health and therefore are dependent on the environmental and climatic conditions of the study area. As such, they should be used in conjunction with information on the drought hazard situation to distinguish between drought and different hazards on vegetation (e.g. disease, floods, anthropogenic impacts, etc.).

In addition to their use as drought indicators as discussed above, VIs are often used as proxies for agricultural drought impacts. The relationship between crop yield and VIs varies by crop type and location but has been shown to be strong in many locations. For example, strong correlations were found between VIs and crop yield in North America (e.g. maize in Bolton and Friedl, 2013; winter wheat, sorghum and corn in Kogan et al., 2012), South America (e.g. white oat in Brazil in Coelho et al., 2020), Europe (e.g. maize in Germany in Bachmair et al., 2018; cereals in Spain in García-León et al., 2019), Asia (e.g. sugarcane in India in Dubey et al., 2018), the Middle East (e.g. paddy rice in Iran in Shams Esfandabadi et al., 2022), Africa (e.g. millet and sorghum in the Sahelian region in Maselli et al., 2000) and Australia (e.g. wheat in Smith et al., 1995).

Data science and machine learning are fast-moving fields and are increasingly being used for the study of environmental science, though still in its infancy (Blair et al., 2019). Random forest (RF) models have been used to link drought indicators to drought impacts (e.g. Bachmair et al., 2016b), including drought impact forecasting with relative success (Hobeichi et al., 2022; Sutanto et al., 2019). These emerging techniques within the field of DMEW offer great potential to move from simply monitoring droughts using indices to drought impact estimation, which would revolutionise the early warning aspect of drought mitigation, enabling action to be taken before impacts occur.

Despite the significance of droughts in Thailand, few previous studies have analysed the link between drought indices and drought impacts in the country. Thavorntam et al. (2015) and Thavorntam and Shahnawaz (2022) looked at links between SPI and VIs but only at four test sites in the northeast of Thailand. Prabnakorn et al. (2018) and Khadka et al. (2021) have both focused on the drought-prone Mun River basin situated in the northeast of Thailand; both studies have found that SPEI shows a good correlation with crop yield. However, no previous study has looked comprehensively at drought indicator-to-impact links at a national scale in Thailand, and to our knowledge none has used machine learning techniques to estimate drought impacts in the country.

The ambition of this paper was to fill the gap in the literature on studies investigating the links between drought indicators and impacts at a national scale in Thailand. Specifically, we focused on agricultural drought impacts, considering different crops and seasons, and compared the relative utility of traditional statistical methods at high-resolution (i.e. remote sensing data at provincial scale) vs. lower-resolution sectoral-specific analyses (i.e. applying machine learning approaches to regional/provincial yield data) to inform improved approaches for national DMEW. The overall aim was to support agricultural drought management and inform targeted action and policy by water resource managers. To that end, this paper evaluates how relationships between drought indices and impacts vary according to the time of year, index, accumulation period length and location in Thailand. The approach presented is relevant internationally and could be replicated in other parts of the world to improve the management of agricultural droughts and their impacts.

2 Data and methods

2.1 Study area

Thailand is located between 5°30′ and 20°30′ N latitudes and between 97°30′ and 105°30′ E longitudes and has an area of 51 million ha, from which 46.5 % is agricultural area (77 % of which is rainfed). Paddy fields cover 46 % of that cultivated area, with around 30 % being irrigated (OAE, 2022).

Most of the country experiences distinct wet and dry seasons, except some parts of the southern region, which experience a wet and humid climate throughout the year. The average annual rainfall of the whole country is about 1700 mm, ranging from 1200 mm in the north and central plain up to

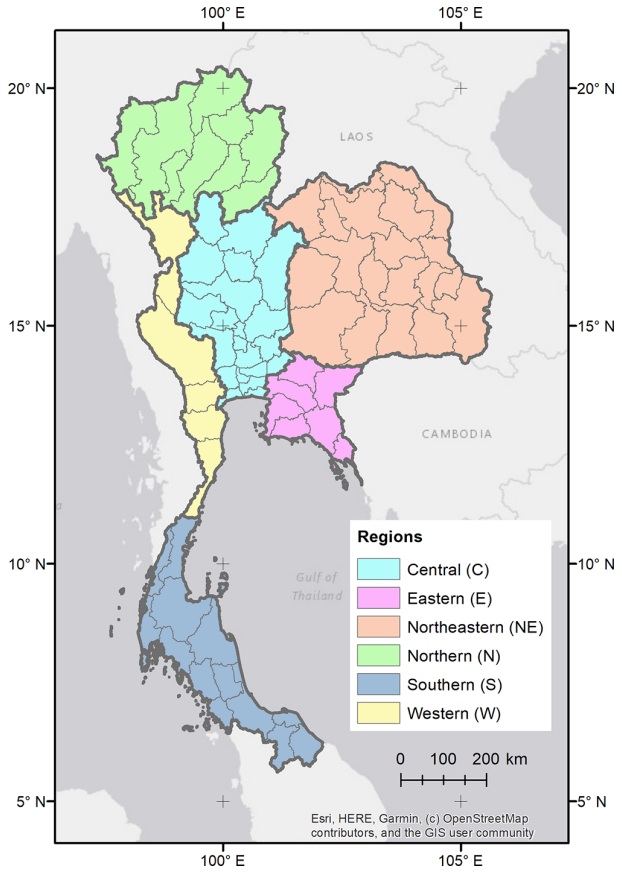


Figure 1. Map of Thailand showing provinces and regions used in this study. The provinces are the smaller areas shown within each of the coloured regions.

2000–2700 mm in the western part of the south and the eastern part of the country (ICID, 2020).

Droughts often occur in two distinct periods: between June and September, as a consequence of the delay in the onset of rainfall or due to low precipitation during the dry season between October and May. The occurrence of drought in Thailand is increasingly associated with the El Niño–Southern Oscillation (ENSO) cycle, which brings drier-than-average rainfall conditions (UNDRR and ADCP, 2020).

Figure 1 shows the six regions and 77 provinces that were used in our analysis. Provinces (*changwat*) are the primary local government unit in Thailand. The regions do not have an administrative character but are commonly used for geographical and scientific purposes (e.g. Martin and Ritchie, 2020; Sanoamuang and Dabseepai, 2021). The dominant land cover for each province is shown in Fig. S3 in the Supplement.

In addition to these regions and provinces, in the Results and Discussion sections, we use "the north" to refer to the area encompassing regions N, NE, C, W and E, as opposed to "the south", comprising only region S.

Regional differences

The northeastern region (NE) consists mainly of the dry Khorat Plateau. Unlike the more fertile areas of Thailand, the NE has a long dry season, and much of the land is covered by sparse grasses. The main crops cultivated in this region are glutinous rice (two harvests), cash crops such as sugar cane and cassava, and to a lesser extent rubber. This region is the most prone to drought (LePoer, 1987) and as such is particularly vulnerable to agricultural droughts, as highlighted by several studies (e.g. Mongkolsawat et al., 2001; Sa-nguansilp et al., 2017; Wijitkosum, 2018).

The northern region (N) is a mountainous region and the most forested region of Thailand. Although it has suffered from extensive deforestation due to agricultural expansion over the past few decades, there has been some reforestation in recent years (RFD, 2022). Many dams and irrigated croplands are situated in this region.

The western (W) region is characterised by high mountains and steep river valleys. Western Thailand hosts much of Thailand's less-disturbed forest areas. The region is home to many of the country's major dams.

The eastern (E) region is characterised by short mountain ranges alternating with small basins of short rivers which drain into the Gulf of Thailand; fruit is a major component of agriculture in the area.

The central (C) region is a natural self-contained basin often termed "the rice bowl of Asia". A complex irrigation system and fertile soil support the cultivation of rice paddies. It is the most densely populated region of Thailand, with metropolitan Bangkok on its southern edge (LePoer, 1987).

The southern region (S) is part of a narrow peninsula and is distinctive in climate, terrain and resources. This region is characterised by north–south mountain barriers, tropical forest and the absence of large rivers. It is the wettest region in Thailand and is not generally considered to suffer from drought impacts (LePoer, 1987).

2.2 Data

Table 1 lists the data used in this study, with details on the type of data, spatial resolutions, temporal resolutions, periods available, post-processing applied in this study and references.

From these datasets, the following drought indicators were calculated.

– *Standardised meteorological indicators*. This includes the Standardised Precipitation Index (SPI; McKee et al., 1993) and Standardised Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI; Vicente-Serrano et al., 2010) for accumulation periods of 1–6, 9, 12, 18 and 24 months. For the SPI, the data were fitted to a gamma distribution, whereas for SPEI, a generalised logistic distribution was used, as recommended by the original authors.

Table 1. Details of the datasets used in this study.

Dataset	Type of data	Variable	Spatial resolution	Temporal resolution	Period available	Post-processing	Reference
APHRODITE (Asian Precipitation – Highly-Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation)	Gridded data interpolated from ground observations	Precipitation (P)	0.25°	Daily	1998–2015	Used to calculate the Standardised Precipitation Index (SPI).	Yatagai et al. (2012)
MOD16A2 product from MODIS	Gridded data from remote sensing/modelled data	Potential evapotranspiration (PET)	500 m	16 d	2000–2020	The climatic water balance (CWB) is calculated as $P - \mathrm{PET}$. CWB is used to calculate the Standardised Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI).	Running et al. (2017)
MCD12Q1 product from MODIS	Gridded data from remote sensing	Land cover map	500 m	Annual	2000–2015	Land cover map and dominant land cover for each province are shown in Fig. S3 of the Supplement and are used to create cropland and forest masks.	Friedl and Sulla-Menashe (2019)
MOD13A1 and MYD13A1 products from MODIS	Gridded data from remote sensing	Normalised Difference Vegetation Index (NDVI)	500 m	16 d	2000–2020	NDVI and LST are masked using crop and forest masks, before aggregation at province level, and are used to calculate the Vegetation Condition Index (VCI), Temperature Condition Index (TCI) and Vegetation Health Index (VHI). VCI for crops is detrended to remove effect from technological advances.	Didan (2015b, a)
MOD11A2 product from MODIS	Gridded data from remote sensing	Land surface temperature (LST)	1 km	Monthly	2000–2022		Wan et al. (2015)
Crop yield data	Yearly time series per crop and province	Crop yield	Province level	Annual	1984–2019	Main crop in each province is identified. Time series are detrended to remove the effect from technological advances.	Office of Agricultural Economics (OAE, 2021)

– *Vegetation indices (VIs) from remote sensing*. The Vegetation Condition Index (VCI), Temperature Condition Index (TCI) and Vegetation Health Index (VHI) were calculated on a monthly time step following Bachmair et al.'s (2018) methodology, which is detailed in Sect. S1 in the Supplement.

In this study, when the word "indicators" is used on its own, we refer to both meteorological indicators (SPI and SPEI) and VIs (VCI, TCI and VHI).

Annual crop yield data (OAE, 2021) are used as a measure of agricultural drought impacts. Although drought is not the only factor that can cause crop yield departure, Venkatappa et al. (2021) have shown that it is the main driver of crop loss in Thailand.

Spatial and temporal aggregation

To derive the meteorological indicators, we first averaged the meteorological variables (precipitation and PET) for each province and then calculated the standardised indicators based on the province-averaged time series. For VIs, we first derived them at the pixel level for the entire country and then used a land cover map to differentiate between forest- and crop-covered pixels. We then calculated province-level VI averages separately for forests and crops, using the corresponding land cover mask. We used monthly time series for most of our analysis, with the exception of the comparative analysis between VIs and crop yield (described further in Sect. 2.3.1) where VIs were averaged over the growing season for each crop.

2.3 Methods

Figure 2 shows a schematic representation of the methodological steps involved in this study.

2.3.1 Indicator-to-indicator correlation analyses

For the correlation analysis, data were used at the finer province resolution.

VIs vs. crop yield

Firstly, a correlation analysis was performed between the vegetation indices (VIs) and the crop yield data. This was done to investigate whether the VIs could be used as a proxy for agricultural impacts, as spatially distributed data on crop areas were unavailable to accompany the yield data. VIs were masked using the land cover data to ensure that only areas covered by cropland were considered. The cropland-masked monthly VIs were then averaged to the province level, the time series were filtered to only include the growing season of the spatially dominant crop within each province, and an annual average was taken. The growing season was taken from Lacombe et al. (2017) for Cassava, the FAO GIEWS (Global Information and Early Warning System on Food and Agriculture) Country Briefs (FAO, 2021) for paddy rice, Arunrat et al. (2022) for corn and the FFTC (2015) for longan. The annual time series for the VIs for each province was correlated with the yield of the dominant crop for that province using a Pearson correlation (Pearson, 1920). The Pearson correlation was selected since it estimates the strength of normalised covariance between two variables, allowing for insight into how closely related the two variables are.

Meteorological drought indicators vs. VIs

The Pearson correlation was also used to compare the standardised indicators (SPI and SPEI) and vegetation indices (VCI and VHI) for both forest areas and cropland, where the crop-masked vegetation indices were treated as a proxy for the agricultural impact. This approach was used to investigate the effect of meteorological conditions on crops and forests and identify the most relevant indicators from a drought monitoring perspective. Monthly crop-masked VCI values were regressed against time using linear regression, and the residuals were used to remove linear trends, accounting for increased biomass from developments in agricultural technology and practices. The analysis was done spatially, making use of province-averaged indicators, and temporally, by splitting the time series into wet and dry seasons. While the specific months of these seasons vary across the country, a general approach was taken with the wet season being May to October and the dry season November to April, inclusive. Correlation coefficients were calculated between standardised meteorological indicators for all given accumulation periods and the VIs. For each VI and province, the standardised meteorological indicator with the largest-magnitude correlation was identified, and critical values were calculated by accounting for autocorrelation using Pyper and Peterman's (1998) methodology.

To check how much difference there is between SPI and SPEI and verify that they are different enough to justify using both indices in our analysis, we compared the two indicators to determine how much of SPEI can be explained by SPI over the whole period, each season and each accumulation period, details of which are given in Sect. S2 of the Supplement.

2.3.2 Simulating crop productivity

Regional random forest (RF) models were used to predict agricultural impacts (crop yield). RF regression is a machine learning algorithm that combines predictions from multiple decision trees to make a more accurate prediction than a single tree. The analysis was carried out at regional level by aggregating all provincial data to the regional level, as data were too scarce at the provincial level to be able to train the models at that higher resolution.

As input data to the models, we used SPI, SPEI, VCI and TCI for each individual month separately. Note that VHI was

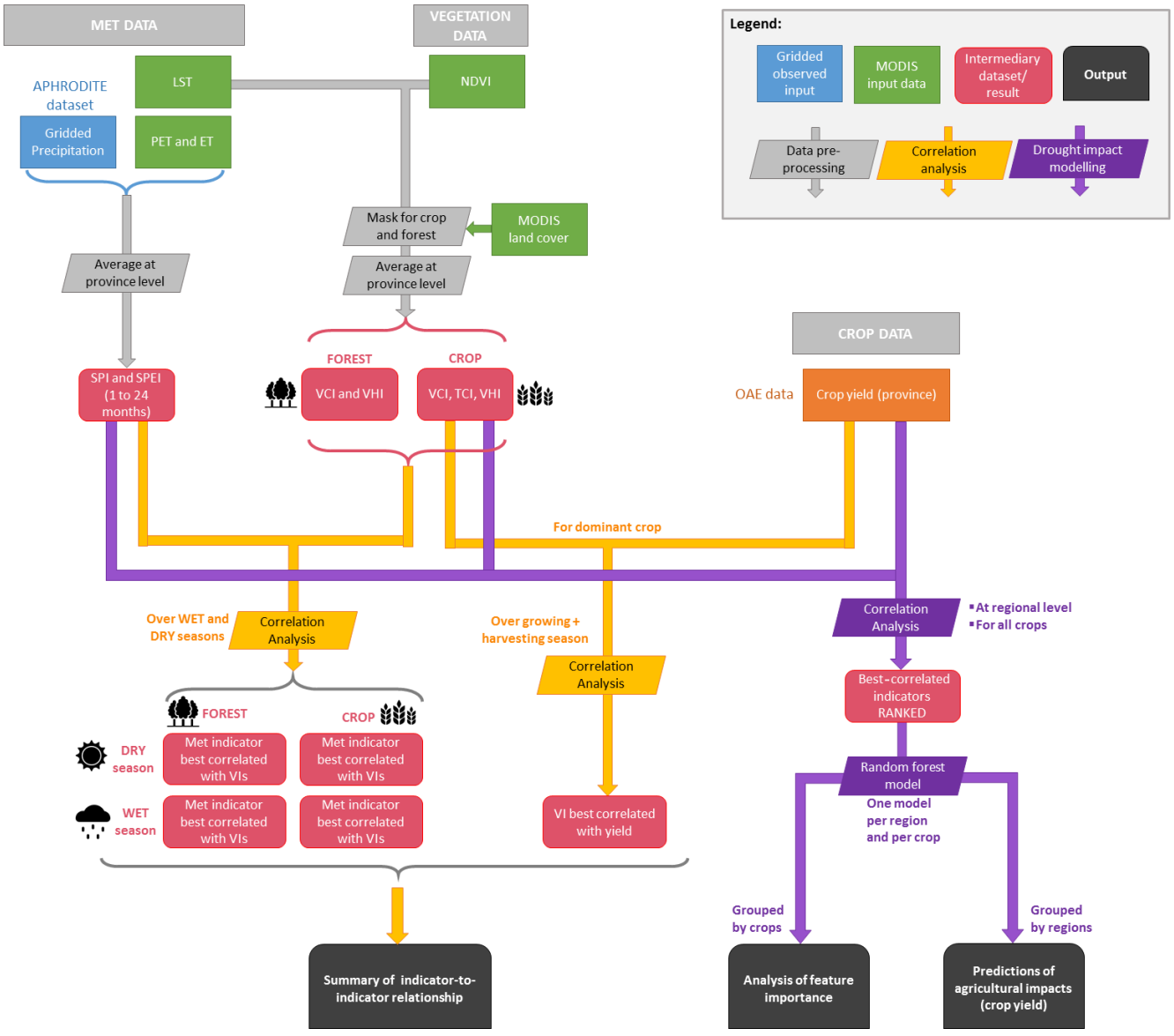


Figure 2. Schematic diagram of the steps involved in this study.

not used here, as it is a combination of VCI and TCI and is therefore strongly correlated to both. Accumulation periods of 1–6, 9, 12, 18 and 24 months were used for SPI and SPEI. All input data were first regressed against time, and the residuals were used as input to the random forest models to account for linear trends. Annual crop yield data for a range of individual crops were used to train the models and evaluate them.

First, a correlation analysis of all input data against each crop's annual yield was carried out with the objective of ranking the indicators in the order of the highest to lowest correlation with crop yield. All indicators were split by month (i.e. all the Januaries lumped together, all the Februaries, and so on), and the correlations were ranked by p value.

In a second step, we built the feature set by adding features (i.e. indicators) in the order of ascending correlation p value, while maintaining all variance inflation factor (VIF) values below 5 (to minimise multicollinearity). This means that for strongly correlated input variables, only the variable with the strongest correlation with crop yield was used to build the model.

In the final step, we built the forests to predict crop yield. A total of 38 individual RFs were built for each combination of crop and region using the six regions shown in Fig. 1 and seven crops – cassava, corn S1 (March–October), corn S2 (November–February), mixed corn (corn S1 + corn S2), paddy rice, second rice and longan. Only combinations that had more than 50 samples (province yield–year combina-

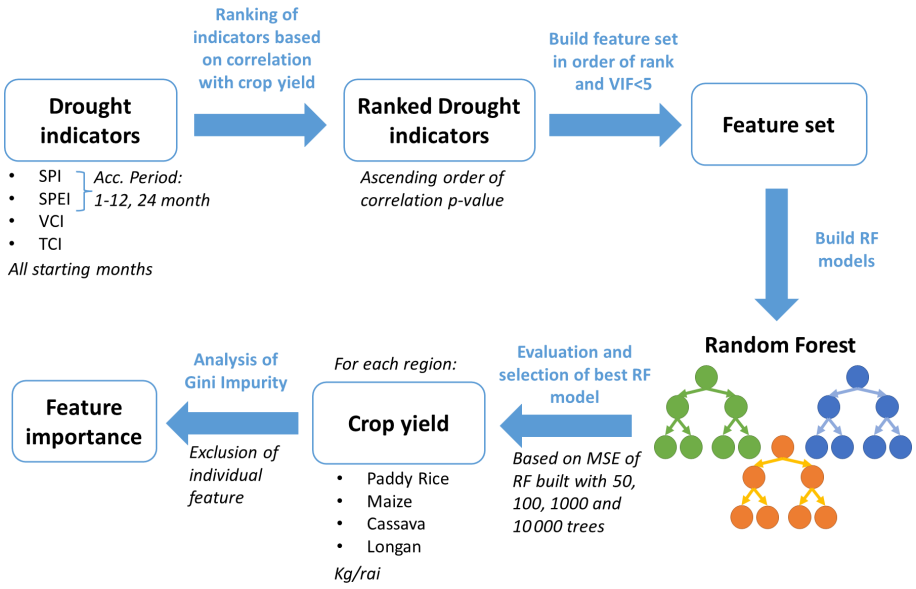


Figure 3. Schematic representation of the steps involved to build RF models and associated analysis in this study.

tions) were used, and as a result, corn S1, corn S2 and mixed corn were removed from region S, and corn S2 was removed from region E. Figure 3 shows a schematic representation of the steps involved to build the RF models.

Due to the considerable number of RFs trained and evaluated, the number of trees within each RF was selected using an automated process by evaluating the mean squared error for RFs consisting of 50, 100, 1000 and 10 000 trees. The number of trees that resulted in the lowest mean squared error was used to train the final model for each region–crop combination. To enable parameters to be estimated on the full dataset, estimation of the optimal number of trees and training of the final model were performed using 5-fold cross validation.

Finally, using these models, we investigated the relative importance of features in explaining the variance in crop yield. The average decrease in Gini impurity resulting from the exclusion of a certain feature can provide insights into its relative importance for simulating the target variable. In this case, indicators with relatively high decreases in Gini impurity resulting from their exclusion were considered important for the simulation of the productivity of the crop in question. While RFs were built to predict crop yields, the main focus of our study was their use to study feature importance to identify monitoring priorities for different regions and crops.

3 Results

3.1 Correlation analysis: indicator-to-indicator

3.1.1 VIs vs. crop yield

In most provinces, we found that VCI is positively correlated with crop yield for the dominant crop in that province, and in the majority of cases that correlation is statistically significant ($p \leq 0.05$) (See Fig. 4a). In 13 provinces (out of 77), VCI is negatively correlated with crop yield (provinces in blue in Fig. 4a), which suggests VCI is not directly linked to crop yields in these provinces and may not be suitable as a proxy for agricultural impacts. In the most northern provinces, the land cover is highly dominated by dense forest (Fig. S3), and the limited crop area has a mixture of crops, which might explain these poor relationships.

VHI is negatively correlated with yields in more provinces than VCI but has stronger correlation than VCI in some provinces (Fig. 4b). Figure 4d shows the VI best correlated with crop yield (for dominant crop) in each province. For more than 90 % of the provinces, at least one of the VIs is positively correlated with crop yield. Note that in some provinces the dominant crop – especially provinces in W, C and E regions – accounts for less than 50 % of the total cultivated area (Fig. 4c). This can introduce significant noise in the data, and therefore these results should be treated with caution and be regarded as a general indication that VIs are a reasonable proxy for crop yield, rather than an absolute validation. In some cases, there is no obvious reason as to why the correlation is very different between two neighbouring provinces which share a similar topography, land cover, climatology and dominant crop type. However, differences in

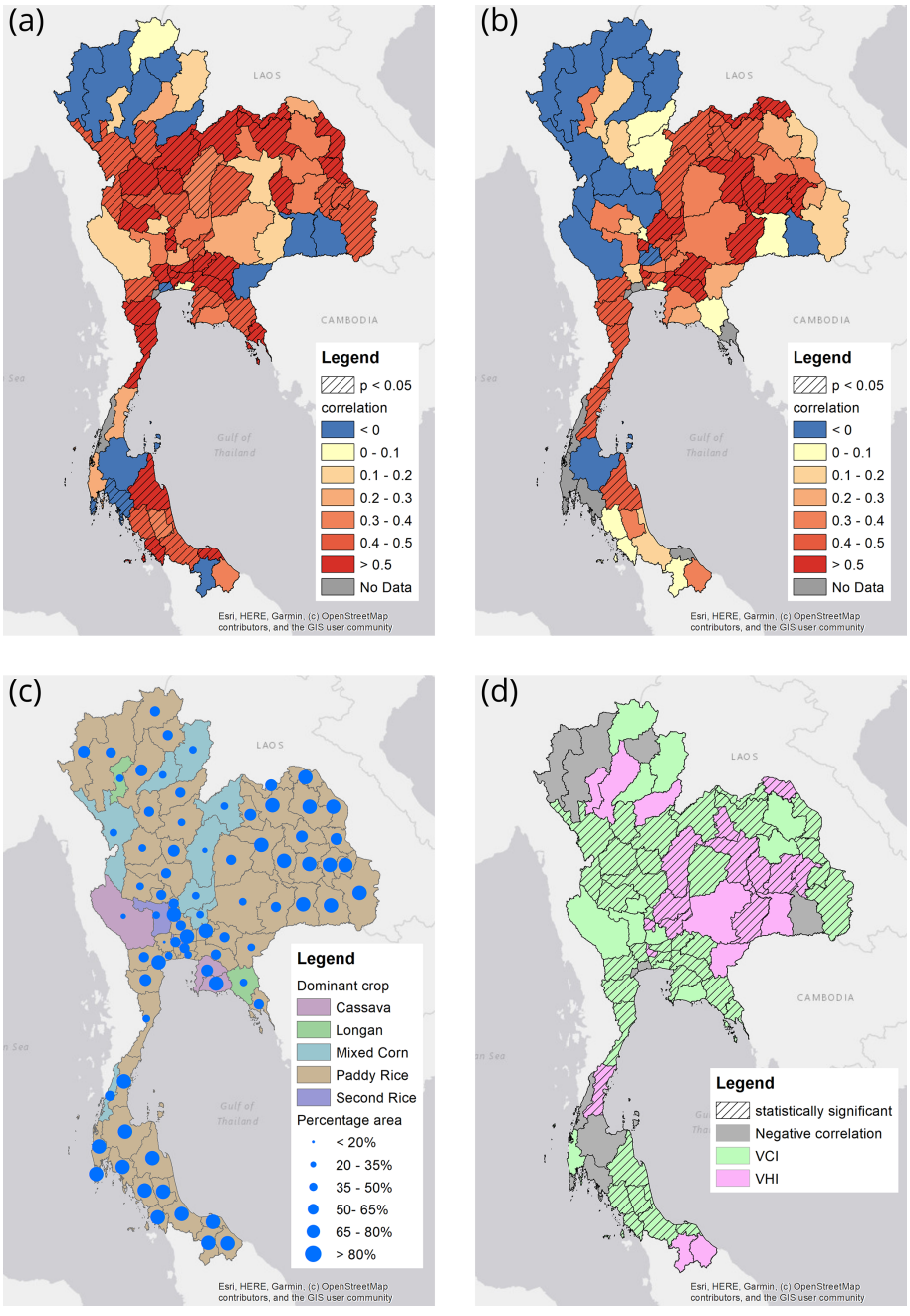


Figure 4. **(a)** Correlation between VCI and crop yield for the dominant crop in each province, **(b)** correlation between VHI and crop yield for the dominant crop in each province, **(c)** map of the dominant crop in each province and the percentage area of said crop over the total crop area in each province, and **(d)** map of VI best correlated with crop yield for the dominant crop in each province.

irrigation or agricultural practices or in the outbreak of pests and diseases could be contributing factors. Exploring these factors in future research may provide insights into the observed differences in correlations. Crop yield at field scale or a high-resolution land cover map, which includes information on crop type, would be needed to carry out a robust validation, but in the absence of such data, we consider that the strong correlation between VIs and crop yield found in most provinces provides enough confidence to utilise VIs as a reasonable proxy for crop yield in subsequent analysis in this paper.

The following analysis focusses on VCI to simplify the messaging, but the equivalent plots for VHI can be found in the Supplement. Note that for this analysis, TCI was not considered, as its effect is implicit within VHI as described in Sect. 2.2 above.

Note that we also use VIs as proxy for forest growth in the following analysis, but we had no verification data to validate this assumption. However, VIs have shown strong links to forest health and drought impacts in previous studies (e.g. Byer and Jin, 2017; Torres et al., 2021). Therefore, we consider the assumption that VIs are good proxies for drought impacts on forests to be reasonable.

3.1.2 Meteorological indicators vs. VIs

Meteorological drought indicators were then correlated with VIs to assess the effect of meteorological conditions on crops and forests and identify the most relevant drought indicator for impacts on crops and forests. The analysis was divided between dry and wet seasons.

Dry season

Figure 5 shows the strongest correlation for all the combinations of meteorological indicators vs. VCI for the dry season (Fig. 5a and b) with the corresponding meteorological indicator (Fig. 5c and d) for crops (Fig. 5a and c) and for forests (Fig. 5b and d). Strong and statistically significant correlations can be seen for most provinces in the north. Correlations are higher for crops than for forests.

For crops, we find high correlations between VCI and SPEI of a relatively short accumulation period during the dry season, suggesting that short droughts affect crops the most. The fact that SPEI is generally more highly correlated with crop production than SPI highlights the important link between the evaporative demand and impact on crops.

For forests, we observe a very clear north–south split, with positive correlations in the north and negative in the south. A positive correlation between VCI and the meteorological indicators suggests that a deficit in water availability (as indicated by negative SPI or SPEI) leads to a decline in vegetation growth (reduced VCI). In contrast, a negative correlation suggests that such a deficit leads to an increase in vegetation growth. This second scenario may seem counterintuitive, but it can occur in energy-limited environments where water is not the limiting factor. In such cases, short-duration droughts (i.e. periods drier than usual for the time of year) can stimulate increased vegetation growth, as droughts in energy-limited environments are often associated with increased radiation (i.e. energy) due to decreased cloud cover. This is discussed further in Sect. 4.3.

Except in the south, the best-correlated accumulation period is generally longer for forests than for crops. Forests are impacted by droughts that are longer in duration than those affecting crops.

Wet season

Figure 6 shows the highest correlation for all the combinations of meteorological indicators with VCI for the wet season (Fig. 6a and b) with the corresponding meteorological indicators (Fig. 6c and d) for crops (Fig. 6a and c) and for forests (Fig. 6b and d). The maximum correlation is, in general, lower for the wet season than for the dry season, which indicates that the impact of meteorological droughts on crops and forests is less severe during the wet season.

A clear difference between crops and forests can be observed. Whereas crops suffer some negative impact from meteorological drought (positive correlations), even during the wet season, forest growth seems to benefit from short droughts (negative correlations in most provinces, with short accumulation periods ranking first in many provinces).

The figures corresponding to Figs. 5 and 6 for VHI can be found in the Supplement (Figs. S4 and S5).

3.2 Simulating crop productivity

3.2.1 Model performance

The ability of RFs to simulate crop yield in Thailand varied across the country and between different crops. Cassava productivity was simulated well, and RFs were able to explain variance in the data across the country, apart from in the S region where the lack of cassava being grown in this region made approximating the relationships between indicators and impacts difficult (Fig. 7a). The variance in cassava yield data explained by the indicators also varied across the country, with more variance explained in the E and NE regions than the W region.

Indicators were also able to explain more than 33 % of the observed variance in corn (S1, S2 and mixed) yield in the N region and S region for corn S2 (Fig. S6). Furthermore, the amount of variance in paddy rice yield data explained by the RF models only exceeded 33 % in the N region (Fig. 7b). In total, variance explained exceeded 33 % for five crops in the N region, one crop (cassava) in the NE region, no crops in the W region, one crop (cassava) in the C region, two crops in the E region and no crops in the S region.

3.2.2 Feature importance

RF models also allow us to investigate the relative importance of features (i.e. indicators) in explaining the variance in crop yield by calculating the average decrease in Gini impurity from the exclusion of individual features, as described in Sect. 2.3.2. To ensure the feature importance were representative of the variation observed within the crop yield data, only RFs that explained > 33 % of the variance observed in the crop productivity data were selected for analysis. This resulted in the feature importance of nine RFs being presented here.

Figure 8 shows feature importance in each region for all available crops aggregated, whereas Fig. 9 presents the feature importance in each region for a single crop (cassava), and finally Fig. 10 shows feature importance for five distinct crops in region N only. Figure S6 in the Supplement also

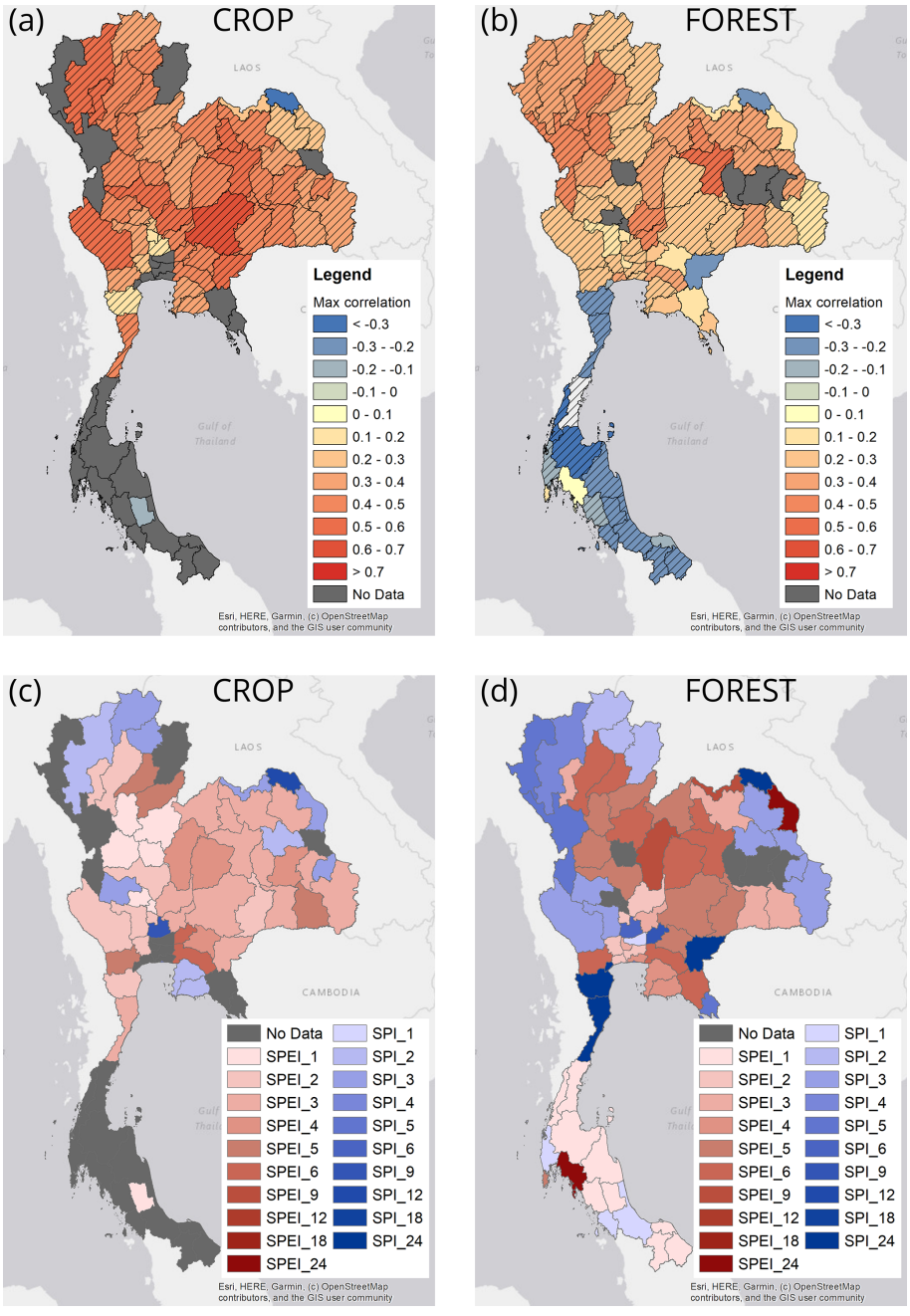


Figure 5. For the dry season, maximum correlation (all combinations of meteorological indicators with VCI) for each province for **(a)** crops and **(b)** forests and the corresponding meteorological indicator and accumulation period for each province for **(c)** crops and **(d)** forests.

shows the feature importance in two regions for the various types of corn.

Long accumulation periods are assigned relatively high importance in the N region compared to other regions (Fig. 8). This agrees with regional differences observed in cassava feature importance, where SPI24 had the highest mean decrease in impurity (i.e. feature importance) in the cassava model for region N (Fig. 9). Furthermore, 22 SPI indicators (different accumulation periods and different times of year) were used in the N region RFs, more than any other indicator (11 SPEI, 10 VCI, 6 TCI; Fig. 10). For corn S1, S2 and mixed corn, SPI consisted of 5/9, 5/9 and 4/8 of the indicators used to simulate crop yield, respectively. In contrast, just 3/10 features used in the cassava model were SPIs; the remaining features were a combination of SPEI, TCI and VCI. Differences in accumulation periods of the most important indicators were also observed between crops. Whereas the corn models (all types) had many long-accumulation-

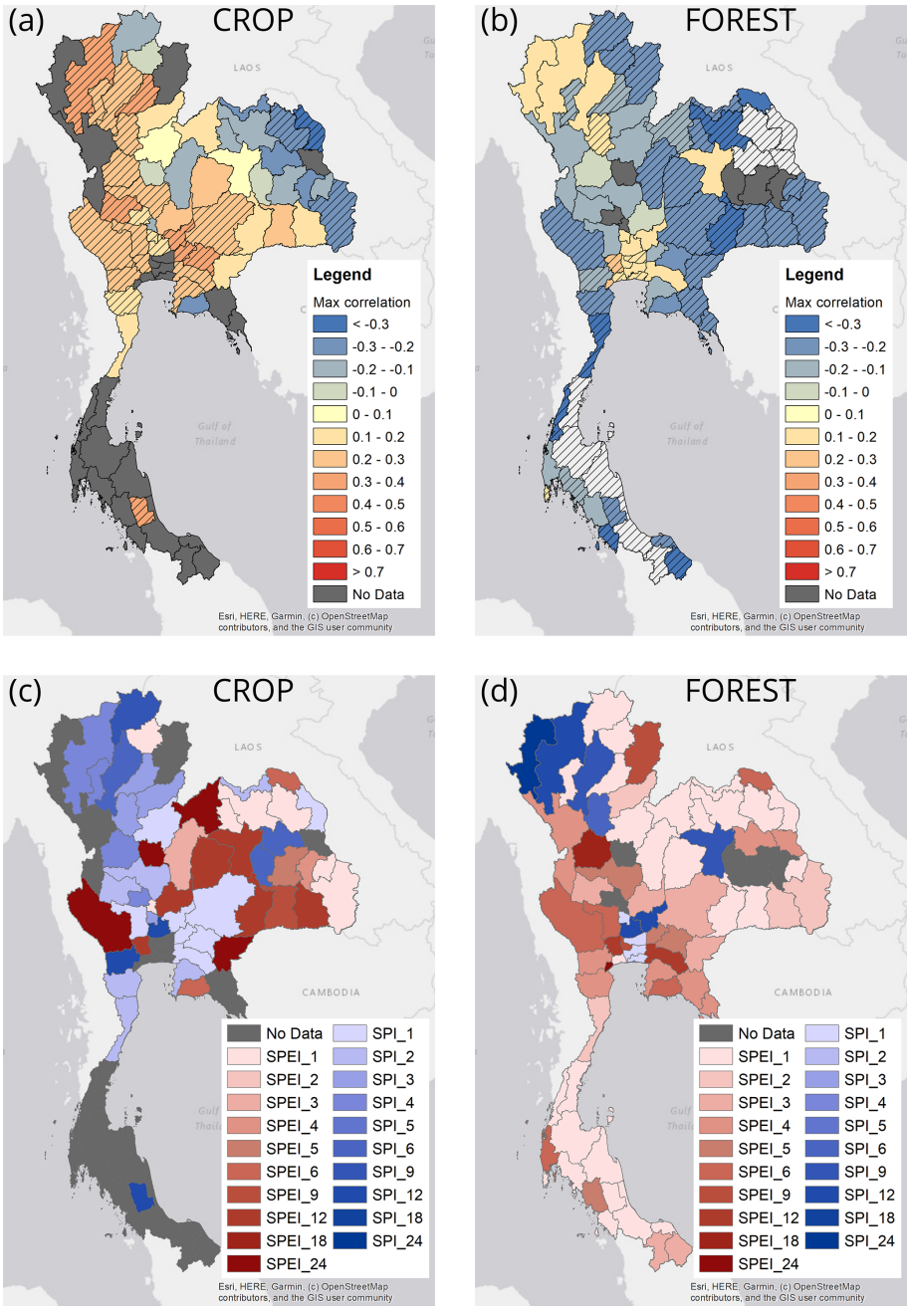


Figure 6. For the wet season, maximum correlation (all combinations of meteorological indicators with VCI) for each province for **(a)** crops and **(b)** forests and the corresponding meteorological indicator and accumulation period for each province for **(c)** crops and **(d)** forests.

period indicators, cassava included eight indicators covering just 1 month, demonstrating the importance of short-term effects on cassava production. Paddy rice also exhibits high importance for several indicators of short accumulation periods. However, in contrast to cassava, 5/10 features selected by the model for paddy rice yield simulation were SPIs.

Mean decreases in impurity for cassava models appear to exhibit seasonality in the NE and E regions, with a focus on October–March in the NE region, and August–January in the E region (Figs. 9 and S6). However, seasonality is less evident in the N and C regions. Seasonality is also observed in the correlation coefficients between cassava yields and meteorological indicators in the NE and E regions (Fig. S7). Figure S7 shows that meteorological indicators accumulated between October and April exhibit the highest correlation coefficients in the NE region, agreeing with the results from the RF analysis. In contrast, the highest correlation coefficients occur for indicators calculated from data in February–July in

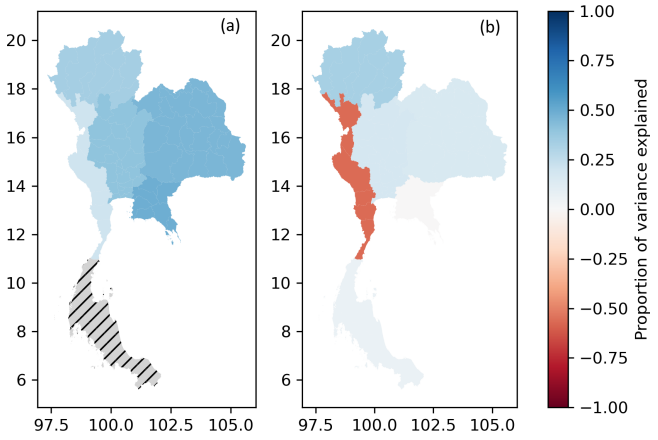


Figure 7. Amount of variance explained in cassava **(a)** and paddy rice **(b)** productivity data by the random forest models.

the E region. This period is only covered by a single indicator in the RF model, assigning relatively low importance for estimating cassava yields. This may be due to crop yields being more sensitive to floods in region E, supported by the strong negative correlations between meteorological indicators and cassava yields during August–December (Fig. S7). This is also consistent with findings from Venkatappa et al. (2021), who found that floods caused more damage than droughts to crops in the eastern region.

4 Discussion

4.1 Spatial variation in indicator-to-impact relationships

The correlation analysis showed that in most of the provinces in region N (Figs. 5c and 6c), SPI is more correlated with crop yield than SPEI, whereas SPEI dominates in the rest of the country during both the wet and dry seasons. This, combined with the high importance placed on SPI features by the RF models in region N (Figs. 8 and 9), demonstrates the strong relationship between SPI and crop yield, particularly compared to other parts of the country. Region N is one of the most irrigated areas of Thailand together with region C (FAO, 1999; Varawoot, 2016). A region's dependence on irrigation (and therefore water storage) seems to result in (i) a lack of variation in indicator importance across different seasons, (ii) an importance of long accumulation periods (when storage gets depleted) and (iii) SPI being more important than SPEI to explain drought impacts. This last point could be explained by the fact that low precipitation in region N leads to the actual evapotranspiration (AET) to be water limited (i.e. AET < PET), meaning SPEI may be less closely linked to agrometeorological conditions. However, this is also the case for region W and C, and to lesser extent NE as well, where precipitation is also low, but in these other regions, SPEI's importance is generally dominant (Fig. 5c). Therefore, it is likely that the dominant importance of SPI in region N is linked to the reliance of agriculture on water storage for irrigation in this region, particularly for corn S2, which is planted in the dry season and relies heavily on irrigation (Fig. 10). Therefore, a deficit in rainfall (and consequent depleted storage) will have a strong impact on crop yield. For regions where rainfed crops dominate, shorter droughts can cause impacts, and SPEI becomes a stronger explanatory variable, given the effect of the increased evaporative demand. This was observed in regions E and NE, where SPEI indicators had high importance, whereas in regions N and C, SPI and TCI were more important for understanding the impacts of droughts on cassava yield. These results agree with previous studies which found strong relationships between SPEI and crop yield in the Mun River basin located in the NE region (Khadka et al., 2021; Prabnakorn et al., 2018).

Region N was the only region where we successfully built RF models for five crops (cassava, corn S1, corn S2, mixed corn, paddy rice). This was due to a combination of a lack and/or low quality of yield data, limited crop area, relationships being too complicated (with factors other than drought affecting crop yield), or indicators not being related to impacts in other regions. The comparison of the feature importance for these five models in the N region provides insight into the differences between crops. Both short- and long-duration droughts are important for all the crops simulated, demonstrated by the presence of indicators with 1- to 12-month accumulation periods for each crop. However, there was a higher prominence of short-accumulation-period indicators for cassava than other crops, particularly corn (all types). Cassava has the longest crop calendar (12 months), therefore having a higher chance of experiencing drought during the growing period. Other crops have shorter cycles compared to cassava (4–5.5 months for paddy rice, 4 months for both corn S1 and S2). Also, cassava is the least water-demanding crop of the list (irrigation requirement of around $20\,m^3\,t^{-1}$ in the wet season and $65\,m^3\,t^{-1}$ in the dry season, Gheewala et al., 2014). This explains the comparatively lower importance of long-accumulation-period indicators for cassava (Fig. 10), given the decreased reliance on water storage, especially compared with the most water-intensive crops, such as paddy rice (irrigation requirement of $520\,m^3\,t^{-1}$ during the wet season and $1140\,m^3\,t^{-1}$ in the dry season) and corn S2 (irrigation requirement of $850\,m^3\,t^{-1}$ in the dry season). Whereas SPI were important for simulating productivity of corn and paddy rice in the N region, SPEI, TCI and VCI were more important in simulating cassava productivity than in other crops. These differences in results between regions and crops demonstrate the importance of having region- and crop-specific policies, actions and indicators for drought monitoring.

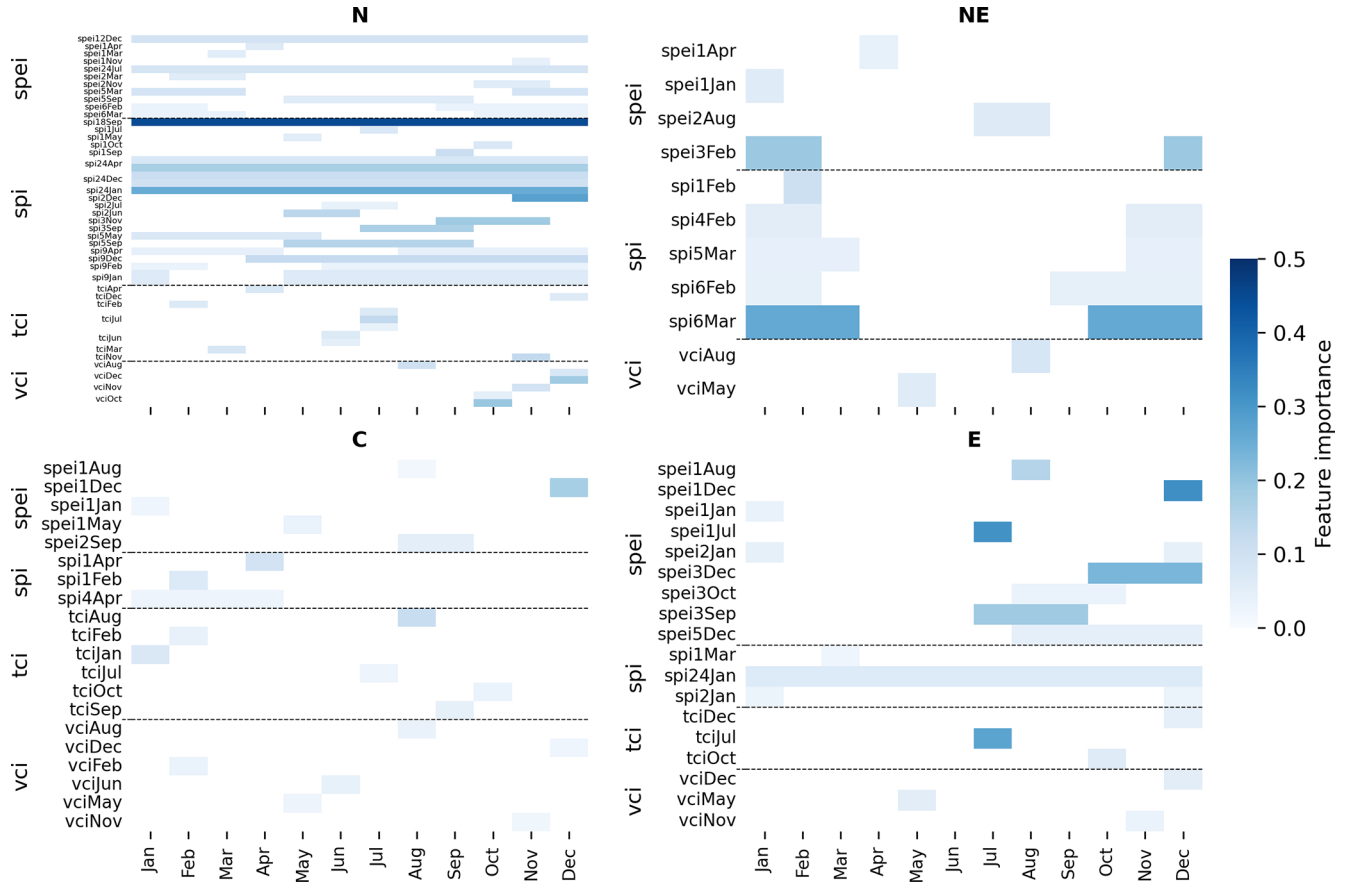


Figure 8. Heatmap displaying the relative feature importance (impurity decrease) of each indicator used in the random forest models (for all crops) for each region. Each row corresponds to a different indicator, with the *y* axis representing the indicator and the length of the bar representing the accumulation period. The *x* axis indicates the time of year (month) when the indicator is the most relevant for predicting crop yield. For instance, spi6Mar in the NE region represents SPI with a 6-month accumulation period for March, and the bar covers October to March (i.e. the 6-month period ending in March). The bars are shaded darker for indicators that are more important in the models. Unlike Figs. 9 and 10, which show only one crop per subplot, this figure includes all crops that can be modelled in each region. Region N has five models (cassava, corn S1, corn S2, mixed corn, and paddy rice models), while Region NE, region C and region E have one, one and two models, respectively. The number of rows (i.e. indicators) in each subplot is a consequence of the number of models in each region and the number of variables in each model. The thickness of the lines is a result of the number of indicators displayed for each region and has no meaning attached to it. Finally, note that different crop models within a region can use the same indicators, leading to some indicators being repeated and having multiple rows within the same region (e.g. vciDec in region N).

4.2 Temporal- and crop-specific variation in indicator-to-impact relationships

When we look at seasonal differences, we observe that SPI a has higher correlation with yield during the wet season, whereas SPEI is generally more correlated during the dry season (Figs. 5c and 6c). This suggests the importance of accounting for both temperature and evapotranspiration in dry season monitoring. We also observe that the highest correlations are for longer accumulation periods in the wet season compared to the dry season. This might be because longer wet season accumulation periods also include the information of the preceding dry season. The N region paddy rice RF model exhibited the high importance of indicators accumulated for the second half of the year (Fig. 10). Rice can be harvested twice or even three times per year in certain regions. The main rice crop cycle has its growing season between June and December, a large part of which occurs during the wet season. The RF model for paddy rice in region N exhibits high importance during this period (Fig. 10).

The RF models show spatial variations in the strength of relationships between crop yields and different accumulation periods, with longer accumulations assigned higher importance in region N, compared to other regions (Figs. 8 and 9), and this is also evident in the correlation analysis plot (Fig. S7). This might partly be explained by the presence of major dams in that region, which can mitigate the effect of short droughts (LePoer, 1987). The comparison of feature

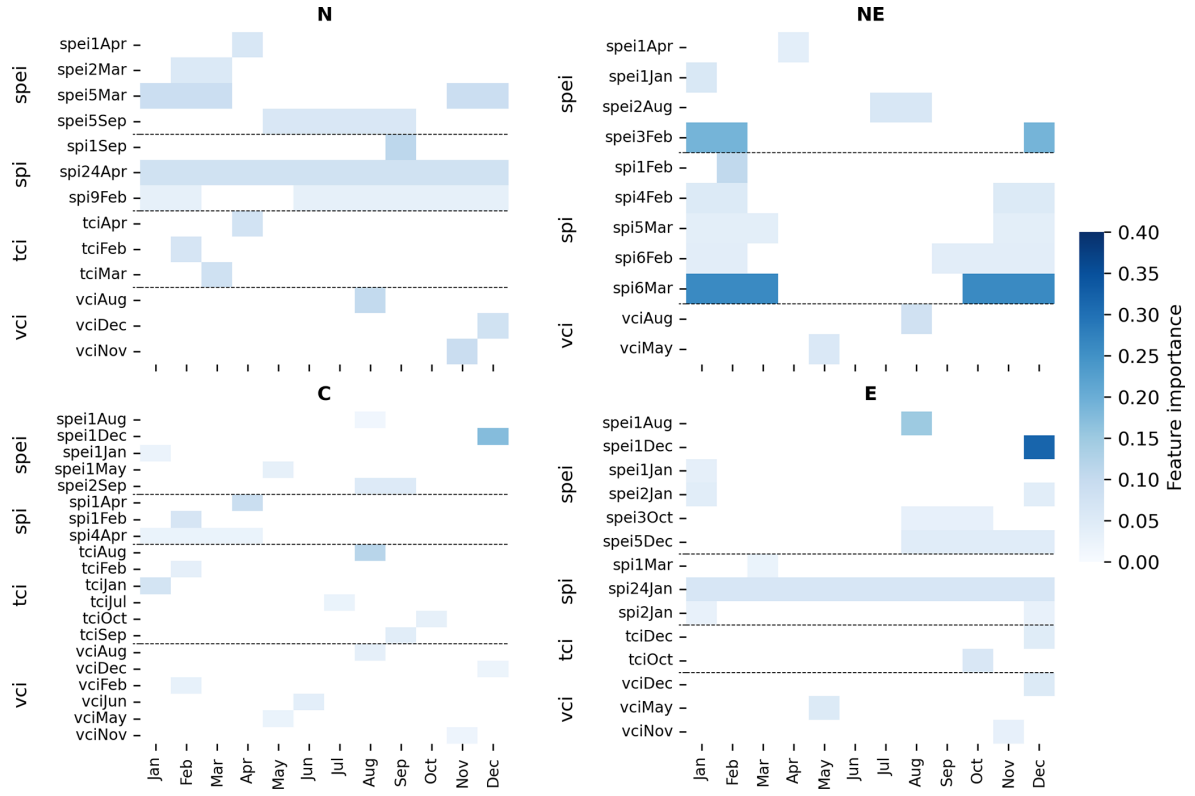


Figure 9. Heatmap displaying the relative feature importance (impurity decrease) of each indicator used in the random forest models for cassava for each region. Each row corresponds to a different indicator, with the *y* axis representing the indicator and the length of the bar representing the accumulation period. The *x* axis indicates the time of year (month) when the indicator is the most relevant for predicting crop yield. For instance, spi6Mar in region NE represents SPI with a 6-month accumulation period for March, and the bar covers October to March (i.e. the 6-month period ending in March). The bars are shaded darker for indicators that are more important in the models. Unlike Fig. 8, each subplot here shows only cassava models for each region. However, the number of indicators can still differ between models due to the feature selection process that eliminates highly correlated indicators, which may vary between regions. The number of rows (i.e. indicators) in each subplot reflects the number of variables in each model, and the thickness of the lines is a result of the number of indicators displayed for each region and has no meaning attached to it.

importance for cassava and paddy in region N (Fig. 9) supports the idea that different indicators and periods are important for each crop.

Cassava models for regions NE and E exhibit importance during October–March (Fig. 9), which overlaps with the dry season. Cassava is usually planted in April–June, and its yield is known to be sensitive to water stress in early stages of growth, corresponding to root initiation and bulking (Connor et al., 1981; Okogbenin et al., 2013; Oliveira et al., 1982). This seasonal pattern is not seen as clearly for regions N and C and is most probably explained by the fact that these two regions rely heavily on irrigation as opposed to regions NE and E, which are mainly rainfed.

Paddy rice's critical period for drought stress – which will have a severe effect on crop yield – is the early stages of germination, the seedling stage and also the flowering period (Farooq et al., 2012; Kadam et al., 2017; Mishra and Panda, 2017; Yang et al., 2019). However, it should be noted that this effect varies significantly depending on the specific crop variety, and the increasing adoption of drought-resistant varieties mitigates the impacts. The RF model for paddy rice in region N (Fig. 10) shows important features overlapping with these critical periods, in particular the early stage of the germination and seedling.

The critical period for drought for corn (all types) is in the early period of the growing season, with water stress after the anthesis (flowering) having no significant impact on crop yield (Pradawet et al., 2023). However, no distinct seasonality is observed in feature importance for corn in region N (Fig. S6), with a high prominence of long accumulation periods, despite corn being grown within mostly one season. This most likely reflects the dependence on irrigation of this crop in region N. However, in region E, which is dominated by rainfed crops, feature importance is concentrated around this critical period (June–October, Fig. S6).

We were not able to build RF models able to simulate longan productivity. The lack of model skill could be due to several factors. Firstly, unlike the other crops studied here, lon-

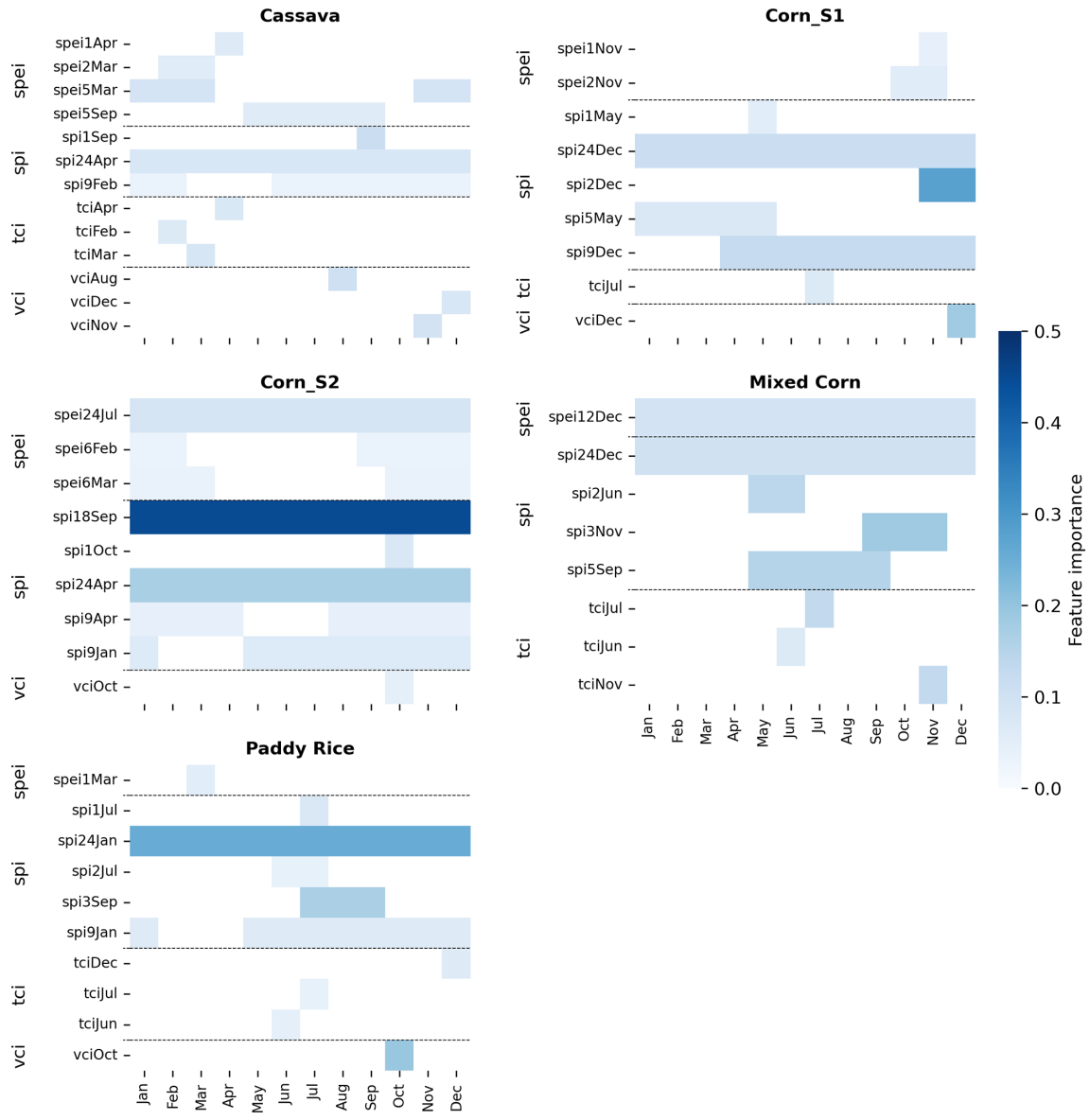


Figure 10. Heatmap displaying the relative feature importance (impurity decrease) of each indicator used in the random forest models for five different crops in region N. Each row corresponds to a different indicator, with the *y* axis representing the indicator and the length of the bar representing the accumulation period. The *x* axis indicates the time of year (month) when the indicator is the most relevant for predicting crop yield. For instance, spi5Sep for mixed corn represents SPI with a 5-month accumulation period for September, and the bar covers May to September (i.e. the 5-month period ending in September). The bars are shaded darker for indicators that are more important in the models. Unlike Fig. 8, each subplot here only shows the model for a single crop in region N. The number of rows (i.e. indicators) in each subplot reflects the number of variables in each model, and the thickness of the lines is a result of the number of indicators displayed and has no meaning attached to it.

gan is a tree, and the effect of drought might be more complex. Secondly, longan is not grown extensively in comparison to the other crops, and the resulting lack of data might make it hard to identify patterns. And finally, longan trees are particularly sensitive to drought during the flowering and early fruit development stages (Menzel and Waite, 2005), which coincides with the dry season in Thailand, making this crop completely reliant on irrigation for production (Spreer et al., 2013). Irrigation mitigates the effects of drought, making it more difficult to model direct effects of meteorological droughts on crop production.

For the crops where it was possible to build an RF model, the analysis of the temporal variation in feature importance and the indicator-to-impact relationships provide insights into critical periods of the year for early warning of impacts

and relevant accumulation periods. Specifically, these are periods of interest when dry conditions could lead to impacts.

4.3 Crop vs. forest

Clear differences in how drought impacts crops versus natural vegetation (forest) were observed. Firstly, a geographic distinction between the north (regions N, NE, W, C and E) and the south (region S) and secondly, temporal differences between wet and dry seasons suggest that drought management will be different between regions and the time of year. The summary of these differences can be found in Table 2, which also indicates the most relevant drought indicator to be used in a DMEW context for each land use type, season and region.

For forests in the north, droughts during the dry season will limit vegetation growth. This is in line with previous studies on dendrochronology, which have found that moisture availability in the pre-monsoon season is the predominant climatic factor controlling vegetation growth of tree species in tropical Southeast Asia, though there are important differences between species (e.g. Buckley et al., 1995; Rakthai et al., 2020; Sano et al., 2008). Generally, the indicator showing the highest correlation with impacts is for the longer accumulation period for forests than for crops, suggesting that shorter droughts will have impacts on crops, whereas only longer droughts will affect forests. The higher resilience to droughts of forests compared to crops is at least partially explained by the deeper root systems of forest trees, allowing them to extract water from deeper layers of the soil (Bréda et al., 2006; Schenk and Jackson, 2002).

During the wet season in the north and year round in the south, forests do not suffer from drought (negative correlation), and short droughts might even contribute positively to vegetation growth. Roebroek et al. (2020) produced a global distribution of hydrologic controls on forest growth. For Thailand, the forest growth in the south is mainly energy limited (solar radiation), rather than water limited. Hence short droughts, which are associated with increased radiation (due to decreased cloud cover), can have a beneficial effect on the forest.

The north of Thailand is a mixture of water-limited areas (water is the limiting factor for vegetation growth) – which explains the negative effect of droughts during the dry season – and oxygen-limited areas (when growth is limited by the availability of oxygen by the root, often due to flooding), which in Thailand is typical during the wet season. This explains the positive effect that short droughts have on forests during the wet season in the north (less flooding).

For crops, droughts have a negative impact both in the dry and wet seasons, though the effects during the dry season are stronger. The correlation could only be derived in the north, as the south is dominated by forested areas. Although SPEI shows the highest correlation with crop yields in most cases in the north, SPI is more prominent in region N. This, combined with the relatively high correlation between SPI and crop yields in region N during the wet season (Fig. S7), explains the higher importance placed on SPI compared to SPEI in the RF results. This can be explained by the higher dependency on storage and irrigation in region N than in the rest of the country.

4.4 Limitations

Though this study provides important new insight into the relationship between drought indicators and drought impacts in Thailand, some limitations should be acknowledged.

Firstly, there are limitations due to the imperfect nature of the data. By averaging VIs at a province level and correlating these values with crop yield from the dominant crop within that region, we inevitably introduce some noise, especially in provinces with a varied range of cultivated crops. However, a detailed map of crop distribution was not available. Therefore, the simplified approach taken here of using a land cover mask differentiating cropland from forests (but with no distinction between crops) was the best approach possible with the available data.

In addition, the time series available to carry out our analysis are short (15 years), which makes them more susceptible to noise, and also means that fewer drought events are available to learn from. Nevertheless, the study period (1984–2019) does include some of the major recent drought events such as 1990–1993, 1997, 2005, 2008 and 2015–2016.

Secondly, some limitations come from the methods we have used. Different factors can cause a trend (e.g. climate change, policy change, improvement in agricultural practice, etc.). However, we have applied a simple detrending approach (linear regression), which assumes that the trend is linear. In addition, the short length of the record makes it difficult to identify any trend. Another methodological limitation is our use of correlations to link drought indicators to drought impacts. Correlations can only explain linear relationships. However, the reality can be more complex, especially when looking at precipitation, where both extremes (droughts and floods) can have similar effects on crop yield loss. RFs are powerful tools for producing predictive models from data, but they are considered "black boxes", since they do not explicitly extract the relationships between input features and the predicted outcomes. However, RFs can aid in the interpretation of the model through the analysis of feature importance, which identifies the most influential variables in making predictions. In addition, we only consider drought indicators and VIs as input variables, but many other factors can influence crop yield, such as floods, low temperature, disease, policy changes, farming practices, etc. This might also partially explain the relatively low performance of some of the RF models. Lastly, another limitation of using data-driven models such as RFs is the need for a large amount of data needed to train the model effectively. In our study, we had a relatively short period of data available,

Table 2. Summary of main findings on the relationship between drought indicators and drought impacts, as well as differences between land cover, region and season. North: regions N, NE, W, C and E; south: region S.

	Crop		Forest	
	North	South	North	South
Dry season	Droughts have a strong negative impact. The most correlated indicator is mostly SPEI, except for region N, where SPI is more prominent, with short-to-medium accumulation periods.	No data (crop area too limited)	Droughts have a negative impact. The most correlated indicator is mostly SPEI (some SPI), with medium-to-long accumulation periods.	Droughts have a positive impact. The most correlated indicator is SPEI, with a short accumulation period.
Wet season	Droughts have a negative impact, though it is less strong than in the dry season. The most correlated indicator is a combination of SPI and SPEI, with different lengths of accumulation periods.	No data (crop area too limited)	Droughts have a positive impact in most of the north, except in region N, where they have a negative impact. The most correlated indicator is mostly SPEI, with short accumulation periods (except in region N: SPI with long accumulation period).	Droughts have a positive impact. The most correlated indicator is SPEI, with short accumulation periods.

which limited the amount of data available for training the models. As a result, the models may not have been able to accurately capture the full range of conditions that could occur in the real world. For example, for species such as longan, which are more susceptible to long drought events, the limited instances of these events in our training data may have affected the model's ability to accurately predict impacts.

4.5 Future work

In this study, we used RF models primarily to analyse the relationships between drought indicators and impacts and to identify the relative importance and timing of relevant indicators for impacts on crops and forests. While the main focus of our analysis was on feature importance, our analysis also demonstrated the potential of RFs to simulate unseen data, which suggests they could be used for impact prediction. With further work, such as addressing the limitations discussed above, these models could be used for DMEWSs, support and compensation schemes, long-term planning, etc.

Furthermore, alternative methods could be explored and compared with the ones used here. Simpler approaches could provide simpler interpretation, such as the logistic regression (model diagnosis and equifinality/extrapolation). Due to the linear additive nature of logistic regression, it can be used to identify thresholds at which drought impacts are expected (Bachmair et al., 2016b; Parsons et al., 2019). However, for that same reason, it can only account for the probability of impacts increasing as conditions get drier or wetter, not both. Given that Thailand suffers from both floods and droughts, more complex models capable of capturing this non-linearity would be more suitable.

The RF models developed here offer promising results but could be compared to more sophisticated approaches. Machine learning/deep learning algorithms (artificial intelligence, AI) and Bayesian inference techniques are currently two rapidly developing areas of research and are increasingly used in environmental science. AI is very effective in finding patterns and connections within large volumes of multisource spatio-temporal information, while Bayesian models are well suited for modelling complex spatio-temporal variations and capturing uncertainties. Shen et al. (2019) used a deep learning technique (artificial neural network) to build a drought monitoring model in China, whereas Bouras et al. (2021) developed a crop yield forecasting tool based on eXtreme Gradient Boost (XGBoost) in Morocco. Salakpi et al. (2022), on the other hand, used a dynamic hierarchical Bayesian approach for forecasting vegetation conditions in Kenya. With the burgeoning of new and increasingly complex methods, an assessment of the most suited approach in the context of DMEWS would be highly valuable.

5 Conclusions

In this study, we used a combination of traditional statistical approaches and machine learning techniques to analyse the relationship between drought indicators and drought impacts on vegetation and crops. These approaches are relatively novel in environmental science, particularly in the Southeast Asian context, bridging the gap between hazard and vulnerability by incorporating observed drought impact data.

Firstly, we carried out a correlation analysis to study the link between meteorological drought indicators (SPI and SPEI at different accumulation periods) and remote sensing vegetation indices (VCI and VHI) used as a proxy for crop yield and forest growth. Our analysis shows that these links in Thailand vary greatly depending on the land use (crops vs. forests), season (wet vs. dry) and geographical region, as does the type of droughts (short vs. long duration, with or without high temperature), which causes the most damaging impacts. Some of the main findings are that droughts have a negative effect on crops during both wet and dry seasons, though the lengths of the droughts having the most impact differ between seasons (shorter droughts during the dry season). Results also highlighted that short droughts can have a beneficial effect on forest growth in the wettest areas of the country and during the wet season.

Secondly, we built a series of random forest models to estimate crop productivity for each crop and region separately. This allowed a more in-depth analysis of the importance of the different drought indicators in a crop-specific way. The analysis of feature importance has teased out seasonal patterns of feature importance for individual crops, often linked to their growing season, though the presence of irrigation systems in some of the regions (regions N and C) removes some of that seasonality. This new knowledge about the importance of specific drought indicators to predict drought impacts for targeted crops and regions could be used to improve drought monitoring and early warning systems in Thailand, particularly for the agricultural sector, which is both economically important to Thailand as well as vulnerable to the drought, as it will allow tailored monitoring of the most relevant indicators for individual crops/regions. The best indicators to monitor vary in space and time, as well as by land use and crop type. The work presented in this paper can provide guidance and inform water managers of the best indicator to use spatio-temporally, which ultimately will contribute to increasing Thailand's resilience to and preparedness for droughts. Furthermore, the methodology can be replicated in other areas of the world to help build this knowledge in other countries aiming to increase their resilience to droughts.

Code and data availability. All code and data are available upon request. Open data used in this study are listed in Table 1.

Supplement. The supplement related to this article is available online at: https://doi.org/10.5194/nhess-23-2419-2023-supplement.

Author contributions. MT: conceptualisation, formal analysis, investigation, methodology, supervision, validation, visualisation, writing (original draft), writing (review and editing). ME: conceptualisation, formal analysis, investigation, methodology, validation, visualisation, writing (original draft). EM: data curation, formal analysis, investigation, methodology, validation, visualisation, writing (original draft). LJB: conceptualisation, writing (review and editing). TC: data curation. CE: funding acquisition, writing (review and editing). DG: conceptualisation, methodology, writing (review and editing). JH: conceptualisation, funding acquisition, supervision, writing (review and editing). IH: conceptualisation, funding acquisition, writing (review and editing). LP: funding acquisition, writing (review and editing). SP: conceptualisation, funding acquisition, project administration, resources, writing (review and editing). DRV: funding acquisition, writing (review and editing). SV: funding acquisition, project administration, writing (review and editing).

Competing interests. The contact author has declared that none of the authors has any competing interests.

Disclaimer. Publisher's note: Copernicus Publications remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Special issue statement. This article is part of the special issue "Drought, society, and ecosystems (NHESS/BG/GC/HESS interjournal SI)". It is a result of the Panta Rhei Drought in the Anthropocene workshop 2022, Uppsala, Sweden, 29–30 August 2022.

Acknowledgements. This project was funded through the Cranfield University Global Challenges Research Fund (grant no. QR 2020/21) and a joint grant from NERC (Natural Environment Research Council, UK), grant number NE/S003223/1, and TSRI (Thailand Science Research and Innovation), grant number RDG6130017, for the STAR project (Strengthening Thailand's Agricultural drought Resilience). The funding was also complemented by UKCEH's Land Air Water International Science (LAWIS) and NC international programmes (NE/X006247/1) delivering national capability, both funded by NERC. The authors would also like to express their gratitude to the two reviewers, Samuel Jonson Sutanto and Veit Blauhut, for their valuable feedback which has contributed to improve the quality of the paper.

Financial support. This research has been supported by the Natural Environment Research Council (grant nos. NE/S003223/1 and NE/X006247/1), the Global Challenges Research Fund (grant no. QR 2020/21), and the Thailand Science Research and Innovation (grant no. RDG6130017).

Review statement. This paper was edited by Anne Van Loon and reviewed by Samuel Jonson Sutanto and Veit Blauhut.

References

Anyamba, A. and Tucker, C. J.: Historical perspectives on AVHRR NDVI and vegetation drought monitoring, Remote Sensing of Drought: Innovative Monitoring Approaches, edited by: Wardlow, B. D., Anderson, M. C., Verdin, J. P., CRC Press, New York, United States of America, 2023–2051, https://doi.org/10.1201/b11863, 2012.

Arunrat, N., Sereenonchai, S., Chaowiwat, W., and Wang, C.: Climate change impact on major crop yield and water footprint under CMIP6 climate projections in repeated drought and flood areas in Thailand, Sci. Total Environ., 807, 150741, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150741, 2022.

Bachmair, S., Stahl, K., Collins, K., Hannaford, J., Acreman, M., Svoboda, M., Knutson, C., Smith, K. H., Wall, N., Fuchs, B., Crossman, N. D., and Overton, I. C.: Drought indicators revisited: the need for a wider consideration of environment and society, WIREs Water, 3, 516–536, https://doi.org/10.1002/wat2.1154, 2016a.

Bachmair, S., Svensson, C., Hannaford, J., Barker, L. J., and Stahl, K.: A quantitative analysis to objectively appraise drought indicators and model drought impacts, Hydrol. Earth Syst. Sci., 20, 2589–2609, https://doi.org/10.5194/hess-20-2589-2016, 2016b.

Bachmair, S., Tanguy, M., Hannaford, J., and Stahl, K.: How well do meteorological indicators represent agricultural and forest drought across Europe?, Environ. Res. Lett., 13, 034042, https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaafda, 2018.

Blair, G. S., Henrys, P., Leeson, A., Watkins, J., Eastoe, E., Jarvis, S., and Young, P. J.: Data Science of the Natural Environment: A Research Roadmap, Front. Environ. Sci., 7, 121, https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00121, 2019.

Bolton, D. K. and Friedl, M. A.: Forecasting crop yield using remotely sensed vegetation indices and crop phenology metrics, Agr. Forest Meteorol., 173, 74–84, https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.01.007, 2013.

Bouras, E. H., Jarlan, L., Er-Raki, S., Balaghi, R., Amazirh, A., Richard, B., and Khabba, S.: Cereal Yield Forecasting with Satellite Drought-Based Indices, Weather Data and Regional Climate Indices Using Machine Learning in Morocco, Remote Sens., 13, 3101, https://doi.org/10.3390/rs13163101, 2021.

Bréda, N., Huc, R., Granier, A., and Dreyer, E.: Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences, Ann. For. Sci., 63, 625–644, 2006.

Buckley, B. M., Barbetti, M., Watanasak, M., Arrigo, R. D., Boonchirdchoo, S., and Sarutanon, S.: Dendrochronological Investigations in Thailand, IAWA J., 16, 393–409, https://doi.org/10.1163/22941932-90001429, 1995.

Byer, S. and Jin, Y.: Detecting Drought-Induced Tree Mortality in Sierra Nevada Forests with Time Series of Satellite Data, Remote Sens., 9, 929, https://doi.org/10.3390/rs9090929, 2017.

CFE-DMHA: THAILAND Disaster Management Reference Handbook, Center for Excellence in Disaster Management & Humanitarian Assistance, ISBN 978-971-955429-955433-955427, https://reliefweb.int/report/thailand/disaster-management-reference-handbook-thailand-january-2022 (last access: 22 June 2023), 2022.

Coelho, A. P., de Faria, R. T., Leal, F. T., Barbosa, J. D. A., and Rosalen, D. L.: Validation of white oat yield estimation models using vegetation indices. Basic areas, Bragantia, 79, 2, https://doi.org/10.1590/1678-4499.20190387, 2020.

Connor, D. J., Cock, J. H., and Parra, G. E.: Response of cassava to water shortage I. Growth and yield, Field Crop. Res., 4, 181–200, https://doi.org/10.1016/0378-4290(81)90071-X, 1981.

Didan, K.: MYD13A1 MODIS/Aqua Vegetation Indices 16-day L3 Global 500m SIN Grid V006, NASA EOSDIS Land Processes DAAC [data set], https://doi.org/10.5067/MODIS/MYD13A1.006, 2015a.

Didan, K.: MOD13A1 MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 500m SIN Grid V006, NASA EOSDIS Land Processes DAAC [data set], https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD13A1.006, 2015b.

Dubey, S. K., Gavli, A. S., Yadav, S. K., Sehgal, S., and Ray, S. S.: Remote Sensing-Based Yield Forecasting for Sugarcane (Saccharum officinarum L.) Crop in India, J. Indian Soc. Remot., 46, 1823–1833, https://doi.org/10.1007/s12524-018-0839-2, 2018.

FAO: Irrigation in Asia in Figures, Water reports, Food and Agriculture Organization of the United Nations, https://www.fao.org/1023/I9275EN/i9275en.pdf (last access: 5 January 2023), 1999.

FAO: The impact of disasters and crises on agriculture and food security: 2021, Food and Agriculture Association of the United Nations, Rome, https://doi.org/10.4060/cb3673en, 2021.

Farooq, M., Hussain, M., Wahid, A., and Siddique, K. H. M.: Drought Stress in Plants: An Overview, in: Plant Responses to Drought Stress: From Morphological to Molecular Features, edited by: Aroca, R., Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1–33, https://doi.org/10.1007/978-3-642-32653-0_1, 2012.

FFTC: Fruit Production, Marketing and Research and Development System in Thailand, Food and Fertilizer Technology Cente for the Asian and Pacific Region, https://www.fftc.org.tw/en/publications/main/1912 (last access: 19 January 2023), 2015.

Friedl, M. and Sulla-Menashe, D.: MCD12Q1 MODIS/Terra+Aqua Land Cover Type Yearly L3 Global 500m SIN Grid V006, NASA EOSDIS Land Processes DAAC [data set], https://doi.org/10.5067/MODIS/MCD12Q1.006, 2019.

García-León, D., Contreras, S., and Hunink, J.: Comparison of meteorological and satellite-based drought indices as yield predictors of Spanish cereals, Agr. Water Manage., 213, 388–396, https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.10.030, 2019.

Gheewala, S. H., Silalertruksa, T., Nilsalab, P., Mungkung, R., Perret, S. R., and Chaiyawannakarn, N.: Water Footprint and Impact of Water Consumption for Food, Feed, Fuel Crops Production in Thailand, Water, 6, 1698–1718, 2014.

Hariadi, M. H., van der Schrier, G., Steeneveld, G.-J., Sutanto, S., Sutanudjaja, E., Ratri, D. N., Sopaheluwakan, A., and Klein Tank, A.: A high-resolution perspective of extreme rainfall and river flow under extreme climate change in Southeast Asia, Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss. [preprint], https://doi.org/10.5194/hess-2023-14, in review, 2023.

Hobeichi, S., Abramowitz, G., Evans, J. P., and Ukkola, A.: Toward a Robust, Impact-Based, Predictive Drought Metric, Water Resour. Res., 58, e2021WR031829, https://doi.org/10.1029/2021WR031829, 2022.

ICID: Thailand, International Commission on Irrigation & Drainage, Thai National Committee on Irrigation and Drainage (THAICID), https://www.icid.org/v_thailand.pdf (last access: 5 June 2022), 2020.

Ikeda, M. and Palakhamarn, T.: Economic Damage from Natural Hazards and Local Disaster Management Plans in Japan and Thailand, ERIA Discussion Paper Series, No. 346, ERIA-DP-2020-2019, Economic Research Institute for ASEAN and East Asia, https://www.eria.org/research/economic-damage-from-natural-hazards-and-local-disaster-management-plans-in-japan-and-thailand/ (last access: 22 June 2023), 2020.

IPCC: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., and Zhou, B., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp., https://report.ipcc.ch/ar6/wg1/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf (last access: 4 July 2023), 2021.

IPCC: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by: Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Tignor, M., Poloczanska, E. S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A., and Rama, B., Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., https://doi.org/10.1017/9781009325844, 2022.

Jain, S. K., Keshri, R., Goswami, A., Sarkar, A., and Chaudhry, A.: Identification of drought-vulnerable areas using NOAA AVHRR data, Int. J. Remote Sens., 30, 2653–2668, https://doi.org/10.1080/01431160802555788, 2009.

Jiao, W., Zhang, L., Chang, Q., Fu, D., Cen, Y., and Tong, Q.: Evaluating an Enhanced Vegetation Condition Index (VCI) Based on VIUPD for Drought Monitoring in the Continental United States, Remote Sens., 8, 224, https://doi.org/10.3390/rs8030224, 2016.

Kadam, N. N., Tamilselvan, A., Lawas, L. M. F., Quinones, C., Bahuguna, R. N., Thomson, M. J., Dingkuhn, M., Muthurajan, R., Struik, P. C., Yin, X., and Jagadish, S. V. K.: Genetic Control of Plasticity in Root Morphology and Anatomy of Rice in Response to Water Deficit, Plant Physiol., 174, 2302–2315, https://doi.org/10.1104/pp.17.00500, 2017.

Khadka, D., Babel, M. S., Shrestha, S., Virdis, S. G. P., and Collins, M.: Multivariate and multi-temporal analysis of meteorological drought in the northeast of Thailand, Weather and Climate Extremes, 34, 100399, https://doi.org/10.1016/j.wace.2021.100399, 2021.

Kogan, F., Salazar, L., and Roytman, L.: Forecasting crop production using satellite-based vegetation health indices in Kansas, USA, Int. J. Remote Sens., 33, 2798–2814, https://doi.org/10.1080/01431161.2011.621464, 2012.

Kogan, F. N.: Global Drought Watch from Space, B. Am. Meteorol. Soc., 78, 621–636, https://doi.org/10.1175/1520-0477(1997)078<0621:GDWFS>2.0.CO;2, 1997.

Lacombe, G., Polthanee, A., and Trébuil, G.: Long-term change in rainfall distribution in Northeast Thailand: will cropping systems be able to adapt?, Cah. Agric., 26, 25001, https://doi.org/10.1051/cagri/2017006, 2017.

LePoer, B. L.: Thailand: a country study, Federal Research Division, Washington, D.C., USA, 60–65, OCLC 44366465, https://www.loc.gov/item/88600485/ (last access: 4 July 2023), 1987.

Liu, W. T. and Kogan, F. N.: Monitoring regional drought using the Vegetation Condition Index, Int. J. Remote Sens., 17, 2761–2782, https://doi.org/10.1080/01431169608949106, 1996.

Lloyd-Hughes, B.: The impracticality of a universal drought definition, Theor. Appl. Climatol., 117, 607–611, https://doi.org/10.1007/s00704-013-1025-7, 2014.

Martin, S. A. and Ritchie, R. J.: Sourcing Thai geography literature for ASEAN and international education, Singapore J. Trop. Geo., 41, 61–85, https://doi.org/10.1111/sjtg.12296, 2020.

Maselli, F., Romanelli, S., Bottai, L., and Maracchi, G.: Processing of GAC NDVI data for yield forecasting in the Sahelian region, Int. J. Remote Sens., 21, 3509–3523, https://doi.org/10.1080/014311600750037525, 2000.

McKee, T. B., Doesken, N. J., and Kleist, J.: The relationship of drought frequency and duration to time scales, Eighth Conference on Applied Climatology, 17–22 January 1993, Anaheim, California, American Meteorological Society, https://www.droughtmanagement.info/literature/AMS_Relationship_Drought_Frequency_Duration_Time_Scales_1993.pdf (last access: 4 July 2023), 1993.

Menzel, C. M. and Waite, G. K.: Litchi and longan, botany, production and uses, CABI Publishing, Oxfordshire/Cambridge, MA, ISBN 9780851996967, 2005.

Mishra, S. S. and Panda, D.: Leaf Traits and Antioxidant Defense for Drought Tolerance During Early Growth Stage in Some Popular Traditional Rice Landraces from Koraput, India, Rice Science, 24, 207–217, https://doi.org/10.1016/j.rsci.2017.04.001, 2017.

Mongkolsawat, C., Thirangoon, P., Suwanwerakamtorn, R., Karladee, N., Paiboonsak, S., and Champathet, P.: An evaluation of drought risk area in Northeast Thailand using remotely sensed data and GIS, Asian Journal of Geoinformatics, 1, 33–43, 2001.

NESDC: Statistics on Thailand's drought situation for the period 1989–2021, National Economic and Social Development Council, Data collated from annual report of the Disaster Data Center DDPM, https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=9787 (last access: 23 June 2023), 2021.

OAE: Agricultural production data, Office of Agricultural Economics, https://www.ceicdata.com/en/thailand/agricultural-production-index-office-of-agricultural-economics (last access: 23 June 2023), 2021.

OAE: Agricultural Statistics of Thailand 2021, Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand, https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/jounal/2565/yearbook2564.pdf (last access: 23 June 2023), 2022.

OECD: OECD Economic Surveys Economic Assessment: Thailand, Organisation for Economic Co-operation and Development, https://www.oecd.org/economy/thailand-economic-snapshot/ (last access: 23 June 2023), 2020.

Okogbenin, E., Setter, T., Ferguson, M., Mutegi, R., Ceballos, H., Olasanmi, B., and Fregene, M.: Phenotypic approaches to drought in cassava: review, Front. Physiol., 4, https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00093, 2013.

Oliveira, S. L., Macedo, M. M. C., and Porto, M. C. M.: Effects of water stress on cassava root production, Pesquia Agropecu-

ria Brasil, 17, 121–124, https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302182137 (last access: 31 January 2023), 1982.

Parsons, D. J., Rey, D., Tanguy, M., and Holman, I. P.: Regional variations in the link between drought indices and reported agricultural impacts of drought, Agr. Syst., 173, 119–129, https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.02.015, 2019.

Pearson, K.: Notes on the history of correlation, Biometrika, 13, 25–45, https://doi.org/10.1093/biomet/13.1.25, 1920.

Prabnakorn, S., Maskey, S., Suryadi, F. X., and de Fraiture, C.: Rice yield in response to climate trends and drought index in the Mun River Basin, Thailand, Sci. Total Environ., 621, 108–119, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.136, 2018.

Pradawet, C., Khongdee, N., Pansak, W., Spreer, W., Hilger, T., and Cadisch, G.: Thermal imaging for assessment of maize water stress and yield prediction under drought conditions, J. Agron. Crop Sci., 209, 56–70, https://doi.org/10.1111/jac.12582, 2023.

Pyper, B. J. and Peterman, R. M.: Comparison of methods to account for autocorrelation in correlation analyses of fish data, Can. J. Fish. Aquat. Sci., 55, 2127–2140, https://doi.org/10.1139/f98-104, 1998.

Rakthai, S., Fu, P.-L., Fan, Z.-X., Gaire, N. P., Pumijumnong, N., Eiadthong, W., and Tangmitcharoen, S.: Increased Drought Sensitivity Results in a Declining Tree Growth of Pinus latteri in Northeastern Thailand, Forests, 11, 361, https://doi.org/10.3390/f11030361, 2020.

RFD: Forest area of Thailand, 1973–2018, Royal Forest Department (RFD), http://forestinfo.forest.go.th/Content.aspx?id=72 (last access: 5 June 2022), 2022.

Roebroek, C. T. J., Melsen, L. A., Hoek van Dijke, A. J., Fan, Y., and Teuling, A. J.: Global distribution of hydrologic controls on forest growth, Hydrol. Earth Syst. Sci., 24, 4625–4639, https://doi.org/10.5194/hess-24-4625-2020, 2020.

Running, S., Mu, Q., and Zhao, M.: MOD16A2 MODIS/Terra Net Evapotranspiration 8-Day L4 Global 500m SIN Grid V006, NASA EOSDIS Land Processes DAAC [data set], https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD16A2.006, 2017.

Salakpi, E. E., Hurley, P. D., Muthoka, J. M., Bowell, A., Oliver, S., and Rowhani, P.: A dynamic hierarchical Bayesian approach for forecasting vegetation condition, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 22, 2725–2749, https://doi.org/10.5194/nhess-22-2725-2022, 2022.

Sa-nguansilp, C., Wijitkosum, S., and Sriprachote, A.: Agricultural Drought Risk Assessment in Lam Ta Kong Watershed, International Journal of Geoinformatics, 13, 46, https://journals.sfu.ca/ijg/index.php/journal/article/view/1090 (last access: 23 June 2023), 2017.

Sano, M., Buckley, B. M., and Sweda, T.: Tree-ring based hydroclimate reconstruction over northern Vietnam from Fokienia hodginsii: eighteenth century mega-drought and tropical Pacific influence, Clim. Dynam., 33, 331–340, https://doi.org/10.1007/s00382-008-0454-y, 2008.

Sanoamuang, L. and Dabseepai, P.: Diversity, Distribution, and Habitat Occurrence of the Diaptomid Copepods (Crustacea: Copepoda: Diaptomidae) in Freshwater Ecosystems of Thailand, Water, 13, 2381, https://doi.org/10.3390/w13172381, 2021.

Schenk, H. J. and Jackson, R. B.: The Global Biogeography Of Roots, Ecol. Monogr., 72, 311–328, https://doi.org/10.1890/0012-9615(2002)072[0311:TGBOR]2.0.CO;2, 2002.

Shams Esfandabadi, H., Ghamary Asl, M., Shams Esfandabadi, Z., Gautam, S., and Ranjbari, M.: Drought assessment in paddy rice fields using remote sensing technology towards achieving food security and SDG2, Brit. Food J., 124, 4219–4233, https://doi.org/10.1108/BFJ-08-2021-0872, 2022.

Shen, R., Huang, A., Li, B., and Guo, J.: Construction of a drought monitoring model using deep learning based on multi-source remote sensing data, Int. J. Appl. Earth Obs., 79, 48–57, https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.03.006, 2019.

Singh, R. P., Roy, S., and Kogan, F.: Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India, Int. J. Remote Sens., 24, 4393–4402, https://doi.org/10.1080/0143116031000084323, 2003.

Smith, K. H., Svoboda, M., Hayes, M., Reges, H., Doesken, N., Lackstrom, K., Dow, K., and Brennan, A.: Local Observers Fill In the Details on Drought Impact Reporter Maps, B. Am. Meteorol. Soc., 95, 1659–1662, https://doi.org/10.1175/1520-0477-95.11.1659, 2014.

Smith, R., Adams, J., Stephens, D., and Hick, P.: Forecasting wheat yield in a Mediterranean-type environment from the NOAA satellite, Aust. J. Agr. Res., 46, 113–125, https://doi.org/10.1071/AR9950113, 1995.

Sowcharoensuk, C. and Marknual, C.: Severe drought: Agriculture sector takes direct hit and spillover effects on manufacturing supply chains, Bank of Ayudhya's Krungsri Research Intellingence Report, https://www.krungsri.com/getmedia/dc6db8a2-00d2-4c3b-bbd4-ebad9275193b/RI_Drought_200207_EN.pdf.aspx (last access: 23 June 2023), 2020.

Spreer, W., Schulze, K., Ongprasert, S., Wiriya-Alongkorn, W., and Müller, J.: Mango and Longan Production in Northern Thailand: The Role of Water Saving Irrigation and Water Stress Monitoring, in: Sustainable Land Use and Rural Development in Southeast Asia: Innovations and Policies for Mountainous Areas, edited by: Fröhlich, H. L., Schreinemachers, P., Stahr, K., and Clemens, G., Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 215–228, https://doi.org/10.1007/978-3-642-33377-4_6, 2013.

Stahl, K., Kohn, I., Blauhut, V., Urquijo, J., De Stefano, L., Acácio, V., Dias, S., Stagge, J. H., Tallaksen, L. M., Kampragou, E., Van Loon, A. F., Barker, L. J., Melsen, L. A., Bifulco, C., Musolino, D., de Carli, A., Massarutto, A., Assimacopoulos, D., and Van Lanen, H. A. J.: Impacts of European drought events: insights from an international database of text-based reports, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 16, 801–819, https://doi.org/10.5194/nhess-16-801-2016, 2016.

Sutanto, S. J., van der Weert, M., Wanders, N., Blauhut, V., and Van Lanen, H. A. J.: Moving from drought hazard to impact forecasts, Nat. Commun., 10, 4945, https://doi.org/10.1038/s41467-019-12840-z, 2019.

Thammachote, P. and Trichim, J. I.: The Impact of the COVID-19 Pandemic on Thailand's Agricultural Export Flows, Feed the Future report, The U.S. Government's Global Hunger & Food Security Initiative, https://www.canr.msu.edu/prci/PRCI-Research-Paper-4-Thailand_updated.pdf (last access: 29 January 2023), 2021.

Thavorntam, W. and Shahnawaz, S.: Evaluation of Drought in the North of Thailand using Meteorological and Satellite-Based

Drought Indices, International Journal of Geoinformatics, 18, 13–26, https://doi.org/10.52939/ijg.v18i5.2367, 2022.

Thavorntam, W., Tantemsapya, N., and Armstrong, L.: A combination of meteorological and satellite-based drought indices in a better drought assessment and forecasting in Northeast Thailand, Nat. Hazards, 77, 1453–1474, https://doi.org/10.1007/s11069-014-1501-0, 2015.

Torres, P., Rodes-Blanco, M., Viana-Soto, A., Nieto, H., and García, M.: The Role of Remote Sensing for the Assessment and Monitoring of Forest Health: A Systematic Evidence Synthesis, Forests, 12, 1134, https://doi.org/10.3390/f12081134, 2021.

Tucker, C. J.: Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, Remote Sens. Environ., 8, 127–150, https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0, 1979.

UNDRR: The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030, United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 32 pp., https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030 (last access: 23 June 2023), 2015.

UNDRR and ADCP: Disaster Risk Reduction in Thailand: Status Report 2020, UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction) and ADCP (Asian Disaster Preparedness Center), Climate Change and Climate Risk Management, DRR Report, http://www.adpc.net/Igo/contents/Publications/publications-Details.asp?pid=1681#sthash.JBSoZQWU.dpbs (last access: 23 June 2023), 2020.

Unganai, L. S. and Kogan, F. N.: Southern Africa's recent droughts from space, Adv. Space Res.-Series, 21, 507–511, https://doi.org/10.1016/S0273-1177(97)00888-0, 1998.

Varawoot, V.: Historical Irrigation Development of Thailand, Irrigation Technology Research, Development Laboratory, Department of Irrigation Engineering, Kasetsart University, Kamphaengsaen campus, https://eng.kps.ku.ac.th/irre/slideshow/pdf/4.pdf (last access: 18 February 2023), 2016.

Venkatappa, M., Sasaki, N., Han, P., and Abe, I.: Impacts of droughts and floods on croplands and crop production in Southeast Asia – An application of Google Earth Engine, Sci. Total Environ., 795, 148829, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148829, 2021.

Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., and López-Moreno, J. I.: A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, J. Climate, 23, 1696–1718, https://doi.org/10.1175/2009jcli2909.1, 2010.

Wan, Z., Hook, S., and Hulley, G.: MOD11A2 MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity 8-Day L3 Global 1km SIN Grid V006, NASA EOSDIS Land Processes DAAC [data set], https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD11A2.061, 2015.

Wang, Y., Lv, J., Hannaford, J., Wang, Y., Sun, H., Barker, L. J., Ma, M., Su, Z., and Eastman, M.: Linking drought indices to impacts to support drought risk assessment in Liaoning province, China, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 20, 889–906, https://doi.org/10.5194/nhess-20-889-2020, 2020.

WBG and ADB: Climate Risk Country Profile: Thailand (2021), The World Bank Group and the Asian Development Bank, https://www.adb.org/sites/default/files/publication/722251/climate-risk-country-profile-thailand.pdf (last access: 23 June 2023), 2021.

Wijitkosum, S.: Fuzzy AHP for drought risk assessment in Lam Ta Kong watershed, the north-eastern region of Thailand, Soil Water Res., 13, 218–225, 2018.

Wilhite, D. A. and Glantz, M. H.: Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions, Water Int., 10, 111–120, https://doi.org/10.1080/02508068508686328, 1985.

WMO: WMO Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2019), WMO-No. 1267, World Meteorological Organization (WMO), ISBN 978-992-963-11267-11265, https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21930#.Y11294o_11263bP11262Ul (last access: 23 June 2023), 2014.

Yang, X., Wang, B., Chen, L., Li, P., and Cao, C.: The different influences of drought stress at the flowering stage on rice physiological traits, grain yield, and quality, Sci. Rep., 9, 3742, https://doi.org/10.1038/s41598-019-40161-0, 2019.

Yatagai, A., Kamiguchi, K., Arakawa, O., Hamada, A., Yasutomi, N., and Kitoh, A.: APHRODITE: Constructing a Long-Term Daily Gridded Precipitation Dataset for Asia Based on a Dense Network of Rain Gauges, B. Am. Meteorol. Soc., 93, 1401–1415, https://doi.org/10.1175/bams-d-11-00122.1, 2012.

Yoshida, K., Srisutham, M., Sritumboon, S., Suanburi, D., and Janjirauttikul, N.: Weather-induced economic damage to upland crops and the impact on farmer household income in Northeast Thailand, Paddy Water Environ., 17, 341–349, https://doi.org/10.1007/s10333-019-00729-y, 2019.

ภาคผนวก 7-6

บทความวิชาการ

How do drought communications interact with farmer motivations to implement agricultural adaptations? A case study in Northern Thailand (Under review)

How do drought communications interact with farmer motivations to implement agricultural adaptations? A case study in Northern Thailand

ABSTRACT:

Drought communications constitute an important source of learning about climate risks and responses that can assist adaptation decision-making amongst those whose livelihoods are threatened by drought. This paper applies Protection Motivation Theory to explore interactions between drought communications and attitudes towards drought risk and adaptation amongst farmers in Northern Thailand. The analysis reveals links between drought communications, farmers' adaptation appraisal and their adaptation decisions, whilst links with risk appraisal are minimal. The results highlight positive feedbacks between adaptation experience and appraisal and reveal a weak negative relationship between risk appraisal and adaptation appraisal. The findings imply benefits to framing drought communications in terms of the efficacy and attainability of suitable adaptations, rather than as fear appeals, to best enable farmers to build drought resilience.

Keywords: protection motivation theory, drought risk perceptions, climate change resilience, Thailand

ภาคผนวก 7-7

ข้อเสนอเชิงนโยบาย

ภาคผนวก 7-7 ข้อเสนอเชิงนโยบายแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน: การบริหารและการจัดการภาวะแล้ง ของคณะกรรมาธิการการแก้ปัญหาความยากจนและลดความเหลื่อมล้ำ วุฒิสภา

ผลการศึกษาของโครงการฯ เกี่ยวกับการวิเคราะห์สวอทเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาภัยแล้งและมาตรการภัยแล้งได้ถูกนำไปเผยแพร่เป็นส่วนหนึ่งของรายงานการพิจารณาศึกษา เรื่องข้อเสนอเชิงนโยบายแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน: การบริหารและการจัดการภาวะแล้ง ของคณะกรรมาธิการการแก้ปัญหาความยากจนและลดความเหลื่อมล้ำ วุฒิสภา ผลการศึกษาบางส่วนที่เกี่ยวกับโครงการฯ แสดงได้ดังรูปที่ด้านล่าง รายละเอียดของรายงานสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ที่ https://www.senate.go.th/document/Ext25325/25325862_0002.PDF

รูปแสดงรายงานการพิจารณาศึกษา เรื่องข้อเสนอเชิงนโยบายแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน: การบริหารและการจัดการภาวะแล้ง ของคณะกรรมาธิการการแก้ปัญหาความยากจนและลดความเหลื่อมล้ำ วุฒิสภา

ภาคผนวก 7-8

แผ่นเผยแพร่ข้อมูล (STAR Sheet)

ภาคผนวก 7-8 แผ่นเผยแพร่ข้อมูล (STAR Sheet)

STAR Strengthening Thailand's Agricultural drought Resilience

โครงการการพัฒนาศักยภาพของประเทศไทยต่อการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร

The STAR project will deliver new information and insights about the relationships between drought characteristics (severity, timing and duration), and its impacts on Thai agriculture, as well as guidance on how drought risk can be better communicated from policy planners to farmers, increasing the resilience of agriculture to this natural hazard. Although the scope of the project is national, more detailed work of impact data collection and analaysis will be undertaken in the Ping catchment. At the local level, the immediate beneficiaries will be growers and the policy planners working in the area as they will have access to more sophisticated drought indicators and information about the associated impacts for agriculture in the catchment.

โครงการ STAR เป็นโครงการที่พัฒนาความเข้าใจเชิงลึก เกี่ยวกับภัยแล้งและสร้างชุดข้อมูลใหม่ที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการมีลักษณะคุณลักษณะภัยแล้ง (ความรุนแรง เวลาการเกิด ช่วงความยาวของภัยแล้ง) และผลกระทบต่อการการเกษตรของไทย รวมทั้งแสดงแนวทางการสื่อสารข้อมูลภัยแล้งจากระดับนโยบายไปยังเกษตรกรในรูปแบบที่เข้าถึงระดับความสามารถของเกษตรกรในการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้ง ของประเทศในส่วนของโครงการฯ คือ ประเทศไทย โดยมีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลผลกระทบอย่างละเอียดในลุ่มน้ำปิง แต่ที่ได้รับจากโครงการจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรและผู้ทำแผนนโยบายเกี่ยวกับ ภัยแล้ง เนื่องจากจะสามารถเข้าถึงฐานข้อมูลที่ซับซ้อนเกี่ยวกับภัยแล้งที่มีความหลากหลายและครอบคลุมการใช้งานในการการเกษตรและประเมินผลกระทบที่เกี่ยวข้องได้

Objectives:

1. Engage stakeholders in informing and co-designing drought monitoring practices, ensuring collaboration during and post project;
2. Develop new drought monitoring and characterisation indicators for Thailand based on stakeholders' needs;
3. Improve understanding of drought impacts on agriculture and assess adaptive capacity in a case study catchment;
4. Increase drought resilience and capacity through better communication of drought risks and associated impacts.

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการดำเนินงานโครงการ โดยให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียร่วมแสดงความคิดเห็นร่วมกับโครงการเพื่อกำหนดแนวทางการติดตามภัยแล้ง
2. เพื่อพัฒนาดัชนีสำหรับติดตามและประเมินภัยแล้งสำหรับประเทศไทย ซึ่งพัฒนาขึ้นตามกรอบความต้องการใช้งานของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
3. เพื่อเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบภัยแล้งต่อภาคการเกษตร และประเมินความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาต่อภัยแล้ง
4. เพื่อเพิ่มความสามารถของเกษตรกรในการรู้รับ ปรับตัว และฟื้นคืนกลับจากภัยแล้งด้านการเกษตร ผ่านการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ

WP1: Stakeholder engagement and co-production

กลุ่มงานที่ 1: การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วน

WP1 used a participatory approach to identify the key actors in agricultural drought management at national and catchment scales and the requirements and issues related to drought monitoring and communication, fostering collaboration among key stakeholders. A series of stakeholder workshops have been arranged to ensure the co-production of the outputs and outcomes.

WP1 ใช้แนวทางการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการดำเนินงานโครงการ เพื่อระบุผู้มีบทบาทสำคัญในการจัดการภัยแล้งด้านการเกษตรในระดับประเทศและระดับลุ่มน้ำ เพื่อรวบรวมความต้องการและประเด็นเกี่ยวกับการติดตามและสื่อสารเกี่ยวกับภัยแล้ง และเพื่อเสริมสร้างความร่วมมือระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีบทบาทสำคัญในการจัดการภัยแล้งการเกษตร โครงการจัดการประชุมเชิงปฏิบัติการอยู่เป็นระยะเน้นการมีส่วนร่วมในการออกแบบผลผลิตและผลลัพธ์ของโครงการ

Kickoff meeting in Bangkok

Kickoff meeting in the Ping catchment (Chiang Mai)

The project team utilised the existing mechanism of the Ping River Basin Committee involving key stakeholders to form the PingSTAR network and undertook a strengths, weaknesses, opportunities and threats (SWOT) analysis of current approaches to drought monitoring. 14 drought measures were discussed and the most effective measures from stakeholders' view were promoting community water management, communicating drought warning information and developing

โครงการใช้กลไกของคณะกรรมการลุ่มน้ำปิงที่มีอยู่แล้วในการจัดตั้งเครือข่ายลุ่มน้ำปิงของโครงการ (PingSTAR) และได้ร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรค (สวอท) ของมาตราการติดตามภัยแล้งที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จาก การหารือ 14 มาตการภัยแล้งพบว่า มาตรการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ได้แก่ การสนับสนุนการจัดการน้ำในระดับชุมชน การสื่อสารข้อมูลภัยแล้ง และการพัฒนาพันธุ์พืชทนแล้ง

Disaster Risk Management

การจัดการความเสี่ยง

Framework on Disaster Risk Management

Disaster Risk Management in Thailand is developed to comply with relevant international cooperation frameworks listed as follows:

- 2030 Agenda for Sustainable Development
- Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030
- United Nations Framework Convention on Climate Change and Kyoto Protocol
- ASEAN Agreement on Disaster Management and Emergency Response: AADMER
- Bangkok Declaration on Disaster Risk Reduction in Asia and the Pacific (2014)

Policy, Strategy and Plan on Disaster Risk Management

National Disaster Risk Management Plan (2015) is a key plan for disaster risk management in Thailand. It is formulated to align with the national disaster management policy, national disaster risk management strategy and Disaster Prevention and Mitigation Act B.E. 2550 (2007). The National Disaster Risk Management Plan (2015) focuses on taking proactive approach of 'disaster risk management' that is a four -phase approach of 2P2R including P1: prevention, mitigation of disaster impacts and P2: prepare dness in parallel with emergency management that includes R1: response and relief operations as well as R2: recovery, rehabilitation, and reconstruction with recognition of the need for building back better and safer, as illustrated below.

กรอบการจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัย

การจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัยในประเทศไทยถูกพัฒนาขึ้น โดยอ้างอิงตามข้อตกลงกับกรอบความร่วมมือระหว่างประเทศ ซึ่งมีดังนี้:

- วาระการพัฒนาที่ยั่งยืน พ.ศ.2573
- กรอบการดำเนินงานเซนได เพื่อการลดอันตรายเสี่ยงจากภัยพิบัติ พ.ศ.2558-2573
- กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และพิธีสารเกียวโต
- ความตกลงอาเซียนว่าด้วยการบริหารจัดการภัยพิบัติและการตอบสนองต่อสถานการณ์ฉุกเฉิน
- ปฏิญญากรุงเทพฯ เพื่อลดอันตรายเสี่ยงจากภัยพิบัติในภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิก (พ.ศ.2557)

แนวนโยบาย กลยุทธ์ และแผนงานการจัดการ ความเสี่ยงจากสาธารณภัย

แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ.2558 เป็นแผนหลักของประเทศไทยที่ใช้สำหรับ อัตราการอันตรายเสี่ยงจากสาธารณภัย แผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ พ.ศ.2558 ถูกพัฒนาขึ้นโดยอาศัยแนวทางจากนโยบายการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยแห่งชาติ ยุทธศาสตร์การจัดการความเสี่ยงจากสาธารณภัย และพระราชบัญญัติป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ.2550 โดยมุ่งเน้นแนวคิดการจัดการภัยพิบัติแบบเชิงรุก 2P2R ซึ่งประกอบด้วย P1: การป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย รวมถึงการจัดการในการเตรียมความพร้อมฉุกเฉิน ซึ่งประกอบด้วย R1: การตอบโต้ภัย และฟื้นฟูหลังเกิดภัย

Drought monitoring and management

การติดตามและจัดการภัยแล้ง

WP1 used a participatory approach to identify the key actors in agricultural drought management at national and catchment scales and the requirements and issues related to drought monitoring and communication, fostering collaboration among key stakeholders. A series of stakeholder workshops have been arranged to ensure the co-production of the outputs and outcomes.

กลุ่มงานที่ 1 ใช้แนวทางการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการระบุผู้มีบทบาทสำคัญในการจัดการภัยแล้งด้านการเกษตรในระดับประเทศและระดับลุ่มน้ำ รวบรวมความต้องการและประเด็นเกี่ยวกับการติดตามและสื่อสารเกี่ยวกับภัยแล้ง และเสริมสร้างความร่วมมือระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีบทบาท

Kickoff meeting in Bangkok

Kickoff meeting in the Ping catchment (Chiang Mai)

The project team utilised the existing mechanism of the Ping River Basin Committee involving key stakeholders to form the PingSTAR network and undertook a strengths, weaknesses, opportunities and threats (SWOT) analysis of current approaches to drought monitoring. 14 drought measures were discussed and the most effective measures from stakeholders' view were promoting community water management, communicating drought warning information and developing

โครงการใช้กลไกของคณะกรรมการลุ่มน้ำปิงที่มีอยู่แล้วในการจัดตั้งเครือข่ายลุ่มน้ำปิงของโครงการ (PingSTAR) และได้ร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรค (สวอท) ของมาตราการติดตามภัยแล้งที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จาก การหารือ 14 มาตการภัยแล้งพบว่า มาตรการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ได้แก่ การ

Drought Measures มาตรการภัยแล้ง

A number of drought measures have been used to address drought problem in Thailand. Some key measures are listed below:

- Developing water resources and irrigation system
- Providing additional water supply
- Agroforestry to support healthy ecology and reduce drought risk
- Agricultural zoning
- Changing agricultural practices
- Developing drought tolerant breed
- Promoting water management at community level
- Promoting community enterprise
- Action plan for drought mitigation
- Royal rain making
- Water allocation planning
- Weather and water forecast
- Communicating drought warning information

SWOT analysis of these measures was performed by the project. The results of SWOT analysis was validated through an expert workshop. Expert opinion showed that 'Promoting water management at community level' is the most efficient measure in the view of the participants.

ประเทศไทยมีการนำมาตรการหลายอย่างมาใช้เพื่อแก้ปัญหาภัยแล้ง ซึ่งมาตรการที่สำคัญมีดังนี้

- การพัฒนาแหล่งน้ำ และระบบชลประทาน
- การจัดทำแหล่งน้ำสำรอง
- การปลูกพืชเกษตรเพิ่มเพื่อเป้าหมายใช้ประโยชน์เกษตรเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ระบบนิเวศและลดความเสี่ยงภัยแล้ง
- การกำหนดเขตพื้นที่ (Zoning) สำหรับกิจกรรมทางการเกษตรให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและปริมาณน้ำ
- การปรับเปลี่ยนวิธีการทำการเกษตรให้เหมาะกับสภาพพื้นที่
- การพัฒนาพันธุ์พืชให้สามารถต้านทานสภาพแล้งได้
- การส่งเสริมการจัดการน้ำในชุมชน
- การส่งเสริมอาชีพหรือวิสาหกิจชุมชน
- การจัดทำแผนปฏิบัติการช่วยเหลือผู้ประสบภัยแล้ง
- การจัดทำแผนปฏิบัติการฝนหลวง

SWOT analysis workshop

การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อหาข้อสรุปการวิเคราะห์สวอท

Lessons learnt ถอดบทเรียน

The lessons learned from past experience cover different aspects including management, organisation, mechanism, data and knowledge as listed below:

- The synergy across a wide range of agencies both at national and locals levels remains an underlying problem. Integration and synergy should be strongly supported and promoted.
- Insufficient monitoring and evaluation of implemented measures obstructs improvement in risk management and prevent the identification of best practices. The results of implementation should be monitored and evaluated. Regular review of the plan should be done to ensure that is actionable and appropriate with changing circumstances
- Confusion and delay in provision of immediate assistance to people could occur especially in providing emergency responses. A standard for operating procedure should be clearly defined.
- Most of the drought measures are rather passive. More proactive measures should be promoted.
- The allocated resources are not matched with the practices. For example, instruments or budget is not sufficient for the activities need to be implemented.
- Disaster or drought data are fragmented. Seamless integration of the database should be developed to support the administration and coordination.

การศึกษาการจัดการภัยแล้งในอดีตที่ผ่านมาพบว่า มีประเด็นที่ได้จากการถอดบทเรียนซึ่งครอบคลุมด้านต่างๆ ทั้งการจัดการ องค์กร กลไก ข้อมูล และองค์ความรู้ ดังนี้

- การทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานต่างๆ หลากหลายหน่วยงาน ทั้งในระดับประเทศและระดับท้องถิ่นยังคงเป็นปัญหาพื้นฐาน ควรมีการสนับสนุนและส่งเสริมอย่างจริงจังให้เกิดการบูรณาการและการทำงานร่วมกัน
- การติดตามและประเมินผลมาตรการที่ดำเนินการยังมีไม่เพียงพอ จึงเป็นอุปสรรคต่อการปรับปรุงการบริหารความเสี่ยง อีกทั้งยังไม่สามารถระบุแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดได้ ผลลัพธ์ของการดำเนินการควรได้รับการตรวจสอบและประเมินผล ควรทบทวนแผนงานอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้มั่นใจว่าสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงและมีความเหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป
- ความสับสนและความล่าช้าในการให้ความช่วยเหลือประชาชนอย่างทันท่วงทีมักจะเกิดขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการให้การรับมือในกรณีฉุกเฉิน จึงควรกำหนดมาตรฐานขั้นตอนการปฏิบัติงานไว้อย่างชัดเจน
- มาตรการภัยแล้งส่วนใหญ่ค่อนข้างเป็นมาตรการเชิงรับ ดังนั้น จึงควรส่งเสริม

ภาคผนวก 7-9

การบรรยายพิเศษ

ภาคผนวก 7-9 การบรรยายพิเศษ

เมื่อวันที่ 13 และ 15 มกราคม 2563 โครงการฯ ได้จัดการบรรยายพิเศษขึ้นที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตามลำดับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ แลกเปลี่ยนประสบการณ์เกี่ยวกับภัยแล้งระหว่างนักวิจัยไทยและสหราชอาณาจักร ในงานนี้มีผู้เข้ารับฟังการบรรยาย จำนวน 25-30 คน จากสถาบันการศึกษา และหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับการจัดการภัยแล้ง เช่น กรมชลประทาน หัวข้อการบรรยายประกอบด้วยลักษณะของภัยแล้ง การติดตามและจัดการภัยแล้งในสหราชอาณาจักร และการประยุกต์ใช้แนวทางของประเทศสหราชอาณาจักรสำหรับงานโครงการฯ

ดร.สุภัทรา วิเศษศรี กล่าวแนะนำโครงการฯ และทีมงาน ตามด้วยการนำเสนอจาก Dr.Simon Parry (UKCEH) ซึ่งเริ่มจากการแนะนำองค์กรและงานวิจัยของ UK Centre for Ecology & Hydrology ตามด้วยนิยาม ตัวชี้วัด และลักษณะของภัยแล้ง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาใช้สนับสนุนการตัดสินใจด้านการจัดการภัยแล้งได้ จากนั้นเป็นการบรรยายเกี่ยวกับความก้าวหน้าในการติดตามภัยแล้งในสหราชอาณาจักรที่ให้ความสำคัญแก่การนำระบบติดตามภัยแล้งมาใช้วางแผนและเตรียมความพร้อมเพื่อบรรเทาความเสียหายที่จะเกิดขึ้น ซึ่งในส่วนนี้นำเสนอโดย Lucy Baker (UKCEH) สำหรับการบรรยายที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ Jamie Hannaford (UKCEH) สำหรับการบรรยายที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Dr. Gloria Salmoral (Cranfield University, UK) นำเสนอเกี่ยวกับหลักสูตรการจัดการทรัพยากรน้ำและการเกษตรที่ Cranfield University และ Dr.Dolores Rey (Cranfield University) ปิดการบรรยายด้วยหัวข้อแนวทางการปฏิบัติสำหรับการจัดการภัยแล้ง และแนวคิดที่สามารถนำมาใช้ในประเทศไทยได้ โดยภาพรวมแล้ว การบรรยายครั้งนี้มีส่วนช่วยให้ผู้ร่วมงานเห็นประโยชน์ของการนำวิธีการที่ทันสมัยมาใช้ศึกษาลักษณะ ติดตาม และจัดการภัยแล้ง ทั้งในสหราชอาณาจักรและต่างประเทศ

การบรรยายเผยแพร่ความรู้
เมื่อวันที่ 13 มกราคม 2563
ณ ม.วิทยาลัยเชียงใหม่

การบรรยายเผยแพร่ความรู้
เมื่อวันที่ 15 มกราคม 2563
ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก 7-10

ข้อเสนอ (Session proposal) ในการประชุม Water Security and Climate Change Conference (WSCC)

ภาคผนวก 7-10 ข้อเสนอ (Session proposal) Building Resilience to Hydrometeorological Hazards in Southeast Asia ในการประชุม Water Security and Climate Change Conference (WSCC)

Background

Hydrometeorological hazards, including floods, droughts, landslides and storm surges, threaten lives and impact livelihoods. The incidence and severity of extreme weather is projected to increase due to climate change. Besides, in Southeast Asia, population growth, land-use change and urbanization are increasing the number of people at risk from these hazards. A better understanding of the likely impacts and potential responses is needed to enable appropriate adaptation and mitigation measures and ultimately increase resilience. This session aims at presenting the main outcomes of several research projects jointly funded by the UK and countries in Southeast Asia through the Newton fund scheme. These projects bring together researchers from the UK and Southeast Asian countries (Thailand, Vietnam, Indonesia, Philippines, Malaysia) to work together on increasing our understanding on hydrometeorological hazards (e.g., droughts, floods, landslides) and their associated impacts on food and water security, economies and livelihoods, and health.

The session is co-convened by two of these projects (STAR and ENRICH), focusing on drought risks and impacts in Thailand. The rest of the 16 projects funded by this program3 (and others funded by a different program but with the same focus) will be invited to contribute to the session. This session will be a unique opportunity to share experiences from these ongoing projects, identify commonalities and to discuss future steps for increasing resilience of Southeast Asia to hydrometeorological disasters.

The session will have 5 oral presentations in total: one from the STAR project (Jamie Hannaford/Supattra Visessri), one from the ENRICH project (Slobodan Djordjevic/TBC) and 3 from ongoing research projects on this topic. In addition, we will have five 1-minute presentations from the best posters linked to this session.

Structure

1. Oral presentations: Each presenter will have 10 mins to present + 2 mins Q&A. Duration: 70 minutes.
2. Flash poster presentation: Top 5 posters will be selected by session conveners. Each author will have 1 min to present their poster as a way of convincing the audience to go and talk to them afterwards at the general poster session. Duration: 10 minutes.
3. Discussion: Invited panellists on stage. They will be asked to reflect on what they have heard and the implications (through a facilitated discussion) before the floor is opened to more general discussion (which would include presenters and audience). Duration: 40 minutes.

Oral Presentations

1. De Stercke, Simon; Ab Rahman, Jamalludin; Afip, Irfan Ahmad; Buytaert, Wouter; Mijic, Ana; Rahman, Mohamad Fariq; Templeton, Michael; Zulkafli, Zed: Leptospirosis risk from hydrometeorological patterns under climate change.
2. Rehan, Balqis Mohamed; Mohd Ghamrawi, Muhammad Fadhil: Uncertainty in estimated flood losses from national and global derived depth-damage functions: A case study in Malaysia.
3. Penny, Jessica; Djordjević, Slobodan; Chen, Albert: A Comparison of Models, to study future Agricultural Land Use Change in the Mun River Basin.
4. Parry, Simon; Visessri, Supattra; Rey, Dolores; Ekkawatpanit, Chaiwat; Hannaford, Jamie; Pardthaisong, Liwa: Strengthening Thailand‘s Agricultural drought Resilience.