

การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและความแปรปรวนของปริมาณ  
น้ำฝนต่อน้ำหลากสูงสุดในลุ่มน้ำน่านตอนบน



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2563  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Impact Assessment of Land Use Change and Rainfall Variability On Peak Flows in  
Upper Nan River Basin



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Water Resources Engineering

Department of Water Resources Engineering

FACULTY OF ENGINEERING

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ ประโยชน์ที่ดินและความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนต่อน้ำ หลากสูงสุดในลุ่มน้ำน่านตอนบน
โดย	นายณรงค์ทัศน์ ธีญญเวทย์
สาขาวิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยธิดา เรืองรัมย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับเป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยธิดา เรืองรัมย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภัทรา วิเศษศรี)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ชัยยุทธ สุขศรี)

ณรงค์ทัศน์ ธัญญเวทย์ : การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนต่อน้ำหลากสูงสุดในลุ่มน้ำน่านตอนบน. ( Impact Assessment of Land Use Change and Rainfall Variability On Peak Flows in Upper Nan River Basin) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.ปิยธิดา เรืองรัศมี, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ดร.อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์

ลุ่มน้ำน่านตอนบนเป็นลุ่มน้ำที่มีปริมาณฝนค่อนข้างสูงในบริเวณพื้นที่ภูเขา และเกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ส่งผลให้เกิดอุทกภัยขึ้นในลุ่มน้ำบ่อยครั้ง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนที่ส่งผลต่ออัตราการไหลสูงสุดในลำน้ำ โดยใช้แบบจำลอง Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) และข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรายวันจากกรมอุตุนิยมวิทยา 4 สถานี ปีพ.ศ. 2544-2560 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ปีพ.ศ.2546, 2552 และ 2555 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) จาก National Aeronautics and Space Administration (NASA) ปี พ.ศ. 2544-2560 และข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขจาก Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ปีพ.ศ. 2544

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายปี พบว่าบริเวณทางตอนบนของลุ่มน้ำน่านตอนบนมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีสูงถึง 1,710 มม./ปี ที่สถานีทุ่งช้าง ในขณะที่ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของลุ่มน้ำน่านอยู่ที่ 1,287 มม./ปี จากการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนรายปีของทั้ง 4 สถานี ด้วยเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่พบว่าไม่มีแนวโน้มแบบคาบ เมื่อทำการทดสอบแนวโน้มด้วยวิธี Mann-Kendall ของปริมาณฝนรายปีและรายฤดูกาลของสถานีนั้น สถานีท่าวังผา และสถานีทุ่งช้าง พบว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก คือ ข้อมูลฝนไม่มีแนวโน้ม ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การวิเคราะห์ปริมาณฝนรายเดือนพบว่าช่วงเดือนสิงหาคมมีปริมาณฝนสูงสุดในปีพ.ศ. 2554 ปริมาณฝนรายเดือนทางด้านตอนบนที่สถานีทุ่งช้างและท่าวังผาในช่วงเดือนมิถุนายนมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยค่อนข้างมาก และทางด้านตอนล่างที่สถานีน่านและสถานีน่าน สกขมีปริมาณฝนรายเดือนสูงกว่าค่าเฉลี่ยตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินไม่ได้เป็นข้อมูลต่อเนื่องทุกปี ในการศึกษาจึงได้ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS มาประกอบและทำการปรับเทียบข้อมูลจาก MODIS ด้วยข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินเพื่อให้มีความสอดคล้องกันก่อนนำเข้าแบบจำลอง RRIจากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณลุ่มน้ำน่านตอนบนมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย และข้อมูลจากดาวเทียม MODIS ไม่สามารถตรวจจับพื้นที่ที่อยู่อาศัยได้ดีมากนัก นอกจากนี้ยังพบว่าพื้นที่ประเภท woody savanna เป็นได้ทั้งพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้ จึงจำเป็นต้องพิจารณาเป็นรายลุ่มน้ำย่อยในการศึกษาต่อไป ผลจากการศึกษาผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดพบว่า เมื่อกำหนดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนและพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินให้เพิ่มขึ้น 1% พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนส่งผลต่ออัตราการไหลสูงสุดมากกว่าผลจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จึงสามารถสรุปได้ว่าผลจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนส่งผลต่ออัตราการไหลสูงสุดมากกว่าผลจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายใต้ขอบเขตและข้อจำกัดของการศึกษานี้ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่มากนัก หากมีการศึกษาในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มากขึ้น อาจจะทำให้มีผลต่ออัตราการไหลสูงสุดเพิ่มมากขึ้น

สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ

ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2563

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

# # 6070175321 : MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING

KEYWORD: Rainfall variation, Land use change, RRI Model

Narongthat Thanyawet : Impact Assessment of Land Use Change and Rainfall Variability On Peak Flows in Upper Nan River Basin. Advisor: Asst. Prof. PIYATIDA RUANGRASSAMEE, Ph.D. Co-advisor: Asst. Prof. ANURAK SRIARIYAWAT, Ph.D.

Upper Nan river basin has relatively high rainfall in mountainous areas, and land-use change has been observed, resulting in frequent flooding. This study investigates the impacts of land-use change, and rainfall variation to peak flows by using the Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) model. The inputs are daily rainfall data from four stations from Thai Meteorological Department (TMD) during 2001-2017, land-use data from Land Development Department (LDD) during 2003, 2009, and 2012 and land-use data from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) from The National Aeronautics and Space Administration (NASA) during 2001-2017, and digital elevation model from Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) during 2001.

From the analysis of annual rainfall, the average annual rainfall in the upper part of the Upper Nan river basin is relatively high of 1710 mm/year compared to the average annual rainfall of the Nan river basin of 1287 mm/year. From the moving average, the annual rainfall of the four stations demonstrates a cyclic pattern. The Mann-Kendall Test of the annual and seasonal rainfall of Nan, Tha Wang Pha, and Thung Chang stations shows that the null hypothesis of rainfall data have no trend cannot be rejected at the confidence level of 95%. From the analysis of monthly rainfall, it shows that monthly rainfall is highest in August. In the year 2011, monthly rainfall in the upper part at Thung Chang and Tha Wang Pha stations in June was much higher than the average, and monthly rainfall from May to September in the lower region at Nan and Nan Agromet stations were higher than the average.

Land-use data from LDD are not continuous. In this study, land-use data from MODIS are used and calibrated with LDD data before inputting into the RRI model. The results show that land-use change in the Upper Nan river basin is relatively small, and MODIS cannot detect urban areas effectively. Furthermore, the woody savanna type in MODIS land-use can be interpreted as agriculture or forest, so further study needs to be at sub-basin scale. Results from the impact study show that when rainfall and land-use increased by 1%, the peak flow would be increased by rainfall variation more than land-use change. The variation from rainfall has more impact on peak flow than land-use change under the scope and limitations of this study that there is a relatively small change in land-use. If a study is carried out where land-use change is relatively high, the impact on peak flow could be higher.

Field of Study: Water Resources Engineering

Student's Signature .....

Academic Year: 2020

Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า เรื่องการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนต่อน้ำหลากสูงสุดในลุ่มน้ำน่านตอนบน ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลต่าง ๆ หลายท่านที่ได้ให้คำแนะนำปรึกษา และแก้ไขรายละเอียดข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยธิดา เรืองรัมย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุรักษ์ ศรีอรินวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความรู้และคำปรึกษา แนะนำ สนับสนุน ตลอดจนการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ และได้ให้โอกาสร่วมโครงการวิจัย อันเป็นประโยชน์สูงสุดแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ทวนทัน กิจไพศาลสกุล ประธานกรรมการ และรองศาสตราจารย์ ชัยยุทธ สุขศรี และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภัทรา วิเศษศรี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ Dr.Takahiro Sayama, Kyoto University ประเทศญี่ปุ่น ผู้พัฒนาแบบจำลอง Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) Model ขอขอบคุณหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา และ The National Aeronautics and Space Administration (NASA) ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษานี้

ขอขอบคุณ นายพงษ์สิทธิ์ ผลสมบูรณ์ ตลอดจนรุ่นพี่ เพื่อน และรุ่นน้องในภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ สำหรับมิตรภาพ ประสพการณ์ทำงาน กำลังใจ และความช่วยเหลือขณะทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ซึ่งดูแลด้านเอกสารให้แก่ข้าพเจ้า จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ ดร.รณกร ไวยวุฒิ และเพื่อน ๆ ในบริษัท ซีทูเทรคดิ่ง จำกัด รวมทั้งรุ่นพี่ เพื่อนรุ่นน้องคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับมิตรภาพ กำลังใจ และความช่วยเหลือขณะทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณครอบครัวอันอบอุ่นของข้าพเจ้าที่ให้โอกาส ให้กำลังใจและสนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ณรงค์ทัศน์ ธีญญเวทย์

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3. ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 การทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1. ประเภทของอุทกภัย.....	5
2.2. อุทกภัยในลุ่มน้ำน่าน.....	6
2.3. ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำน่านตอนบน.....	7
2.4. การศึกษาแนวโน้มของปริมาณน้ำฝน.....	9
2.5. อุทกภัยจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	11
2.6. แบบจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model).....	13
2.6.1. หลักการของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าแบบ Lumped model และ Distributed model.....	14
2.6.2. แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก (Rainfall-Runoff-Inundation model: RRI)....	15

ทฤษฎีและสมการที่เกี่ยวข้องในแบบจำลอง.....	16
2.7. ตัวแปรการตัดสินใจที่ใช้ในการศึกษา.....	18
บทที่ 3        พื้นที่ศึกษา ข้อมูลที่ใช้และขั้นตอนการดำเนินงาน .....	21
3.1. สภาพภูมิประเทศลุ่มน้ำน่าน.....	21
3.1.1. ระบบลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำน่าน.....	23
3.1.2. สภาพอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา.....	24
สภาพภูมิอากาศ .....	24
ปริมาณน้ำฝน .....	25
ปริมาณน้ำท่า .....	25
3.1.3. การใช้ประโยชน์ที่ดิน .....	26
3.2. ขอบเขตพื้นที่ศึกษาและข้อมูลที่ใช้ .....	28
3.2.1. ข้อมูลปริมาณน้ำฝน.....	28
3.2.2. ข้อมูลปริมาณน้ำท่า .....	28
3.2.3. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	29
3.2.4. ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ .....	29
3.3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	31
บทที่ 4        การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน .....	36
4.1. การวิเคราะห์ปริมาณฝนรายปี .....	36
4.2. การวิเคราะห์ปริมาณฝนรายฤดูกาล .....	40
4.3. ผลแนวโน้มจากการทดสอบสมมติฐาน Mann-Kendall Test จากข้อมูลฝนรายปีและราย ฤดูกาล.....	46
4.4. การวิเคราะห์ปริมาณฝนรายเดือน.....	48
บทที่ 5        การวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	53
5.1. ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	53



5.2. การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน .....	57
5.3. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน .....	63
บทที่ 6 การวิเคราะห์อัตราการไหลจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและการเปลี่ยนแปลง การใช้ประโยชน์ที่ดิน .....	67
6.1. วิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง RRI .....	67
6.2. การเปรียบเทียบและการสอบทานแบบจำลอง .....	72
6.3. ผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน .....	74
6.4. ผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน .....	76
6.5. การเปรียบเทียบผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดจากความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนและการ เปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน .....	82
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษา .....	84
7.1. สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำฝน .....	84
7.2. สรุปผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน .....	85
7.3. สรุปผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดจากความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนและการเปลี่ยนแปลง การใช้ประโยชน์ที่ดิน .....	86
7.4. ข้อเสนอแนะ .....	87
บรรณานุกรม .....	88
ภาคผนวก .....	91
ภาคผนวก ก การใช้ประโยชน์ที่ดิน .....	92
ภาคผนวก ข แบบจำลอง Rainfall-Runoff-Inundation .....	95
ประวัติผู้เขียน .....	103

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดของจังหวัดในกลุ่มน้ำน่านโดยข้อมูลจากกรมชลประทาน (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555).....	23
ตารางที่ 3-2 กลุ่มน้ำย่อยในกลุ่มน้ำน่านตอนบน .....	24
ตารางที่ 3-3 การแยกประเภทของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ.....	30
ตารางที่ 3-4 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	35
ตารางที่ 4-1 ความยาวของข้อมูลในแต่ละสถานี.....	36
ตารางที่ 4-2 ค่าตัวสถิติทดสอบของการทดสอบแนวโน้มโดย Mann-Kendall ของปริมาณฝนรายปี.....	47
ตารางที่ 4-3 ค่าตัวสถิติทดสอบของการทดสอบแนวโน้มโดย Mann-Kendall ของปริมาณฝนรายฤดูกาล .....	47
ตารางที่ 5-1 ค่าตรวจจับข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินและ MODIS ในปี พ.ศ.2546 .....	58
ตารางที่ 5-2 ค่าตรวจจับข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินและ MODIS ในปี พ.ศ.2552 .....	59
ตารางที่ 5-3 ค่าตรวจจับข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินและ MODIS ในปี พ.ศ.2555 .....	60
ตารางที่ 5-4 สรุปประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและ hit rate จากดาวเทียม MODIS .....	61
ตารางที่ 5-5 ข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร) ในแต่ละปี .....	63
ตารางที่ 6-1 ตารางสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแต่ละชนิดพื้นที่ (Pakoksung and Takagi, 2016) .....	68
ตารางที่ 6-2 การสรุปพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง .....	73
ตารางที่ 6-3 ตารางสรุปการสอบทานแบบจำลอง .....	74

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1-1 พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำน่านตอนบน .....	3
รูปที่ 2-1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนสะสมรวม (a) รายปี (b) ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และ(c)ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2498-2557 (Limsakul and Singhruck, 2016).....	8
รูปที่ 2-2 การเปลี่ยนแปลงฝนรายเดือน สถานี สตอ.น่าน จังหวัดน่าน (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555) .....	9
รูปที่ 2-3 การทำเกษตรกรรมไร่ข้าวโพดในบริเวณจังหวัดน่าน (Zeng, 2018).....	12
รูปที่ 2-4 รูปแบบแบบจำลอง lumped model และ distributed model (Birihet, 2016) .....	14
รูปที่ 2-5 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก (RRI model) (Sayama ,2017) .....	16
รูปที่ 2-6 ตารางจรรยา.....	20
รูปที่ 3-1 ลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำน่านตอนบนโดยข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำ.....	22
รูปที่ 3-2 รูปตัดตามขวางของแม่น้ำน่านโดยข้อมูลจากกรมชลประทาน (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555) .....	23
รูปที่ 3-3 ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยในลุ่มน้ำน่านตั้งแต่ปี พ.ศ. 2497-2548 (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555).....	25
รูปที่ 3-4 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายเดือนสะสมเฉลี่ยในลุ่มน้ำน่าน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512-2544 ขึ้นอยู่กับแต่ละสถานี (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555).....	26
รูปที่ 3-5 การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำน่าน ปี พ.ศ. 2545 และปี พ.ศ. 2552 โดยข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555) .....	27
รูปที่ 3-6 แผนผังลุ่มน้ำน่าน .....	28
รูปที่ 3-7 สภาพภูมิประเทศโดยข้อมูล SRTM จาก NASA ปี พ.ศ. 2544 ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำน่านตอนบน .....	31
รูปที่ 3-8 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน .....	34

รูปที่ 4-1	ฝนรายปีสถานีน้ำน่านปี พ.ศ.2525-2560.....	37
รูปที่ 4-2	ฝนรายปีสถานีน้ำน่าน สกษ. ปี พ.ศ.2549-2560.....	38
รูปที่ 4-3	ฝนรายปีสถานีท่าวังผา ปี พ.ศ.2532-2560.....	39
รูปที่ 4-4	ฝนรายปีสถานีทุ่งช้าง ปี พ.ศ.2541-2560.....	40
รูปที่ 4-5	ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. ปีพ.ศ. 2525 - 2560 ที่สถานีน้ำน่าน .....	42
รูปที่ 4-6	ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ย. - เม.ย. ปีพ.ศ. 2525 - 2560 ที่สถานีน้ำน่าน .....	42
รูปที่ 4-7	ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. ปีพ.ศ. 2549 - 2560 ที่สถานีน้ำน่าน สกษ.....	43
รูปที่ 4-8	ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ย. - เม.ย. ปีพ.ศ. 2549 - 2560 ที่สถานีน้ำน่าน สกษ.....	43
รูปที่ 4-9	ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. ปีพ.ศ. 2532 - 2560 ที่สถานีท่าวังผา.....	44
รูปที่ 4-10	ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ย. - เม.ย. ปีพ.ศ. 2532 - 2560 ที่สถานีท่าวังผา.....	44
รูปที่ 4-11	ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. ปีพ.ศ. 2541 - 2560 ที่สถานีทุ่งช้าง.....	45
รูปที่ 4-12	ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ย. - เม.ย. ปีพ.ศ. 2541 - 2560 ที่สถานีทุ่งช้าง.....	45
รูปที่ 4-13	การทดสอบสมมติฐานแบบสองทางของการกระจายตัว Z (นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์, 2556) ...	46
รูปที่ 4-14	ปริมาณน้ำฝนรายเดือนสถานีน้ำน่าน.....	48
รูปที่ 4-15	ปริมาณน้ำฝนรายเดือนสถานีน้ำน่าน สกษ. ....	49
รูปที่ 4-16	ปริมาณน้ำฝนรายเดือนสถานีท่าวังผา .....	50
รูปที่ 4-17	ปริมาณน้ำฝนรายเดือนสถานีทุ่งช้าง .....	51
รูปที่ 5-1	แผนผังการปรับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	54
รูปที่ 5-2	วิธีการปรับเทียบลักษณะข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างชุดข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน และชุดข้อมูลจาก MODIS .....	55
รูปที่ 5-3	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากชุดข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินและ MODIS ปี พ.ศ. 2546	55
รูปที่ 5-4	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากชุดข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินและ MODIS ปี พ.ศ. 2552	56
รูปที่ 5-5	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากชุดข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินและ MODIS ปี พ.ศ. 2555	56

รูปที่ 5-6 แผนที่พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน MODIS ก่อนจากจำแนกประเภท และ MODIS หลังจากจำแนกประเภท ปี พ.ศ. 2546 .....	62
รูปที่ 5-7 แผนที่พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน MODIS ก่อนจากจำแนกประเภท และ MODIS หลังจากจำแนกประเภท ปี พ.ศ. 2552 .....	62
รูปที่ 5-8 แผนที่พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน MODIS ก่อนจากจำแนกประเภท และ MODIS หลังจากจำแนกประเภทปี พ.ศ. 2555.....	63
รูปที่ 5-9ราคาข้าวในตลาดโลกรายปีราคา USD ต่อหน่วยตวงข้าว (Macrotrends, 2020).....	64
รูปที่ 5-10 ราคาข้าวโพดในตลาดโลกรายปีราคา USD ต่อหน่วยตวงข้าวโพด (Macrotrends, 2020) .....	65
รูปที่ 5-11 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ .....	66
รูปที่ 6-1 ประเมินความอ่อนไหวของค่าสัมประสิทธิ์ซุรชระต่ออัตราการไหลสถานี N.1 .....	68
รูปที่ 6-2 ประเมินความอ่อนไหวของ Soil Depth ต่ออัตราการไหลสถานี N.1 .....	69
รูปที่ 6-3 ประเมินความอ่อนไหวของ gamma a ต่ออัตราการไหลสถานี N.1 .....	70
รูปที่ 6-4 ประเมินความอ่อนไหวของค่าสัมประสิทธิ์ซุรชระของลำน้ำต่ออัตราการไหลสถานี N.1 ....	70
รูปที่ 6-5 ประเมินความอ่อนไหวของ Ka ต่ออัตราการไหลสถานี N.1.....	71
รูปที่ 6-6 ประเมินความอ่อนไหวของ soil depth ต่ออัตราการไหลสถานี N.1.....	71
รูปที่ 6-7 ผลการสอบทานสถานี.....	75
รูปที่ 6-8 แผนที่ (ก) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2544 และ (ข) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2560 (ค) การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2544 กับ 2560.....	77
รูปที่ 6-9 การจำลองในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าโดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2555 และสถานการณ์จำลองการเพิ่มปริมาณน้ำฝน 1% 2% 3% และ 4% .....	78
รูปที่ 6-10 การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภท woody savanna (ก) เป็นพื้นที่เกษตรกรรม และ (ข) เป็นพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ.2546 .....	79
รูปที่ 6-11 อัตราการไหลเปรียบเทียบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภท woody savanna ที่ต่างกัน.....	79
รูปที่ 6-12 การจำลองอัตราการไหลโดยใช้ข้อมูลฝนปี พ.ศ. 2554 และการใช้ประโยชน์ที่ดินปี .....	80

รูปที่ 6-13 ค่าอัตราการไหลสูงสุดจากการจำลอง กรณีเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2544-2560 โดยใช้ข้อมูลฝนปี พ.ศ. 2554 .....	81
รูปที่ 6-14 ความสัมพันธ์ของร้อยละการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดที่สถานี N.13A จากการ เปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	83



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ลุ่มน้ำน่านเป็นลุ่มน้ำที่สำคัญทางตอนบนของประเทศไทย และเป็นหนึ่งในลุ่มน้ำหลักที่เป็นต้นน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำน่านเป็นลุ่มน้ำที่ประสบกับปัญหาอุทกภัยและภัยแล้งเป็นประจำ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา มีอุทกภัยที่เกิดขึ้นหลายครั้งในบริเวณลุ่มน้ำน่าน ในช่วงปี พ.ศ. 2549-2556 (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2556) จากพายุและร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านภาคเหนือตอนบนทำให้เกิดฝนตกหนักต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม ทำให้เกิดความเสียหายต่อบ้านเรือนพื้นที่เกษตรกรรม และมีผู้เสียชีวิต ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนสะสมที่เกิดขึ้นทำให้ในช่วงฤดูน้ำหลากปริมาณน้ำฝนที่ตกมีความเข้มข้นมากกว่าในอดีต ซึ่งก่อให้เกิดอุทกภัยขึ้นในลุ่มน้ำ อีกทั้งในช่วงฝนทิ้งช่วงยังทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำ ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ด้วยเช่นกัน (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555)

นอกเหนือจากความแปรปรวนของปริมาณฝนแล้ว การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสภาพอุทกวิทยาในลุ่มน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอันเนื่องมาจากการรุกป่าพื้นที่ป่า การขยายพื้นที่เกษตรกรรม หรือการขยายเขตเมือง ทำให้ลักษณะภูมิประเทศในลุ่มน้ำเปลี่ยนไป ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันพื้นที่ในลุ่มน้ำน่านมีการขยายพื้นที่เขตเมืองออกและการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อทำการเกษตรโดยเฉพาะทางตอนบนของลุ่มน้ำ (Hansen et al., 2013) ทำให้ผลกระทบจากอุทกภัยส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ในลุ่มน้ำน่าน ไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านการอยู่อาศัย ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม และด้านเกษตรกรรม และทำให้การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ได้รับผลกระทบอย่างมากจากอุทกภัย

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้น เพื่อศึกษาสาเหตุปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการไหลในบริเวณลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยการใช้แบบจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่าในการจำลองสภาพอัตราการไหลสูงสุดที่เกิดขึ้น และได้นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียม MODIS มาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง เนื่องด้วยเป็นข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง เพื่อให้มีความต่อเนื่องในการวิเคราะห์อัตราการไหลจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมากยิ่งขึ้น ผลการศึกษาปัจจัยที่จะทำให้เกิดอัตราการไหลสูงสุดที่ทำให้เกิดอุทกภัยจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการ และเฝ้าระวังภัยที่เกิดจากน้ำต่อไปในอนาคต

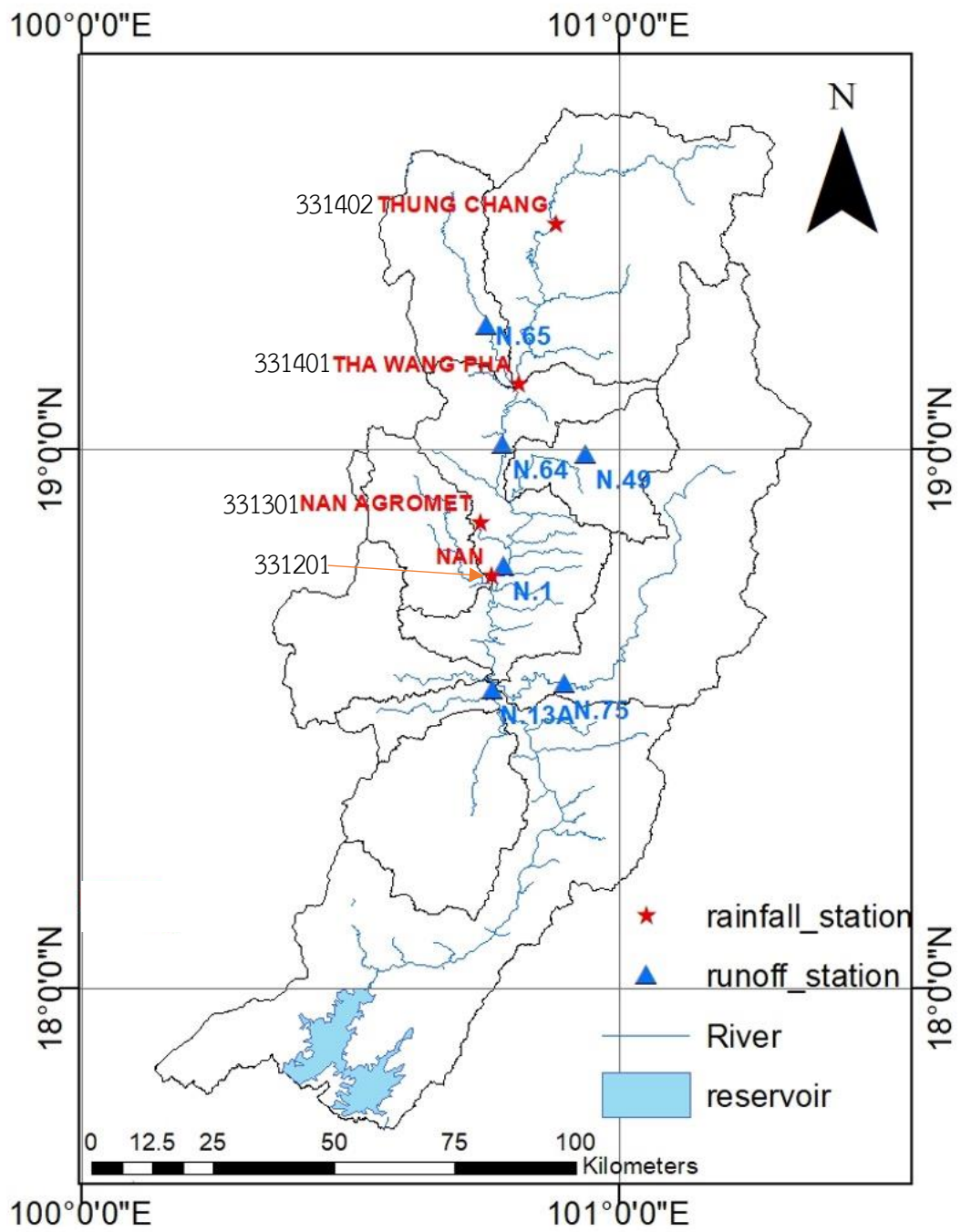
## 1.2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์อัตราการไหลสูงสุดที่เกิดจากการความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน
2. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์อัตราการไหลสูงสุดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน
3. เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

## 1.3. ขอบเขตของการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษาครอบคลุมบริเวณลุ่มน้ำน่านตอนบนเหนือเขื่อนสิริกิติ์ครอบคลุมจังหวัดน่าน แพร่ และอุดรดิตถ์ ซึ่งอยู่บริเวณทางตอนบนของประเทศไทย ลักษณะลุ่มน้ำวางตัวตามแนวเหนือ-ใต้ ดังรูปที่ 1-1
2. ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของข้อมูลจากดาวเทียม MODIS โดยกรมพัฒนาที่ดินมีการจำแนกข้อมูลเป็น 5 ประเภท (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) ได้แก่
  - พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง
  - พื้นที่เกษตรกรรม
  - พื้นที่ป่าไม้
  - พื้นที่แหล่งน้ำ
  - พื้นที่เบ็ดเตล็ด (ที่ทิ้งร้าง ที่ลุ่ม และเหมือง)





รูปที่ 1-1 พื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำน่านตอนบน

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินใช้ข้อมูลจากดาวเทียม MODIS จาก The National Aeronautics and Space Administration (NASA) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544-2560 ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 500 เมตร และข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินในปี พ.ศ. 2546, 2552 และ 2555 ในการเปรียบเทียบ
4. การศึกษาสภาพภูมิประเทศจะใช้ข้อมูลแบบจำลองระดับเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) จาก Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 500 เมตร จากหน่วยงาน The National Aeronautics and Space Administration (NASA) ในการจำลองลักษณะพื้นที่ศึกษา
5. การศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝนใช้ข้อมูลรายวันตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529-2559 จากกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีน้ำ่าน สถานีน้ำน่าน สกข. สถานีท่าวังผา และสถานีทุ่งช้าง และใช้ข้อมูลน้ำท่าจากข้อมูลกรมชลประทาน สถานี N.1 N.13A N.49 N.64 N.65 และ N.75 และใช้ข้อมูลน้ำท่าในการเปรียบเทียบและสอบทานแบบจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่าในปี พ.ศ.2554 และ 2551 ตามลำดับ
6. การศึกษาใช้เครื่องมือแบบจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า Rainfall-Runoff Inundation (RRI) ที่พัฒนาโดย The International Centre for Water Hazard and Risk Management under the auspices of UNSECO (ICHARM) และรองศาสตราจารย์ Dr. Takahiro Sayama มหาวิทยาลัยเกียวโต (Sayama, 2017) ในการจำลองอัตราการไหลในพื้นที่ โดยใช้ข้อมูลทางอุทกวิทยาและอุตุนิยมวิทยาในปี พ.ศ. 2554 ในการปรับเทียบ (calibration) แบบจำลอง ในการสอบทานปริมาณน้ำท่าแบบจำลอง จะใช้สถานีวัดน้ำท่าลำน้ำ่านจากกรมชลประทานในการสอบทานแบบจำลอง (verification) โดยใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2551
7. วิเคราะห์และเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

#### 1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้แบบจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่าในการจำลองอัตราการไหลได้
2. เข้าใจถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่ออัตราการไหลสูงสุดในพื้นที่ศึกษา
3. เข้าใจผลกระทบจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนต่ออัตราการไหลสูงสุดที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา
4. สามารถเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดในลำน้ำ่านเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินกับความแปรปรวนของปริมาณฝน

## บทที่ 2

### การทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะทำการกล่าวถึงปัญหาอุทกภัยในลุ่มน้ำนาน เพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ รวมทั้งทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา โดยในบทนี้จะนำเสนอทฤษฎีและการศึกษาที่ผ่านมาของการเกิดอุทกภัยภายใต้ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน (rainfall variability) และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use change) ลักษณะพื้นที่ศึกษาที่มีเหตุการณ์น้ำท่วมเกิดขึ้น รวมถึงการศึกษาที่ผ่านมาของแบบจำลองสภาพน้ำฝน – น้ำท่าที่ใช้ในการศึกษานี้ ซึ่งจะกล่าวต่อไปในบทนี้

#### 2.1. ประเภทของอุทกภัย

ในการศึกษาอุทกภัยเนื่องมาจากปริมาณน้ำในพื้นที่ที่มีปริมาณมากกว่าประสิทธิภาพในการปล่อยน้ำออก ก่อให้เกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่และสร้างความเสียหายแก่ผู้คนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น รวมถึงการเกษตร การคมนาคม เศรษฐกิจ และการอุปโภค-บริโภค ในการศึกษาปัญหาด้านอุทกภัยสามารถจำแนกประเภทอุทกภัยออกเป็น 3 ประเภท (Maddox, 2014) ดังนี้

1. อุทกภัยชายฝั่ง (coastal flood / surge flood) เป็นอุทกภัยที่จะเกิดจากพื้นที่ที่ติดชายฝั่งทะเล หรือมีส่วนของพื้นที่ติดกับทะเล มหาสมุทร การเกิดอุทกภัยชายฝั่งเกิดจากคลื่นหนุนจากทะเลมีความสูงมากกว่าชายฝั่ง เนื่องมาจากลมจากทะเลทำการพัดทำให้คลื่นยกตัวสูงขึ้น ทำให้คลื่นที่มีความสูงเนื่องจากลมพายุเคลื่อนตัวเข้ามาสู่ชายฝั่งทำให้เกิดน้ำท่วมพื้นที่บริเวณชายฝั่งขึ้น อุทกภัยชายฝั่งมักเป็นอุทกภัยที่รุนแรงเนื่องจากคลื่นที่เคลื่อนตัวเข้าสู่บริเวณพื้นที่ติดชายฝั่ง ทำให้มีความรุนแรงและก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างและชีวิตผู้คนที่อาศัยอยู่ละแวกดังกล่าว

2. อุทกภัยลำน้ำ (fluvial flood / river flood / riverine flood) คืออุทกภัยที่เกิดจากปริมาณน้ำฝนส่วนเกิน (excess rainfall) ตกลงมาในพื้นที่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ทำให้ลำน้ำไม่สามารถรับปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นได้จนเกิดการไหลล้นของลำน้ำก่อให้เกิดอุทกภัยขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเกิดจากหิมะ (snow) ที่ตกลงมาอย่างรุนแรงและละลายทำให้เกิดปริมาณน้ำเกินกว่าความจุของลำน้ำจะรับได้ ทำให้เกิดอุทกภัยจากลำน้ำขึ้น ความเสียหายจากอุทกภัยลำน้ำสามารถขยายออกไปทางลำน้ำสาขาขนาดเล็กทางตอนล่าง (downstream) ซึ่งบ่อยครั้งจะเกิดความเสียหายแก่โครงสร้างทางชลศาสตร์ที่อยู่ทางตอนล่างของลำน้ำ เช่น เขื่อน (dam) กำแพงกั้นน้ำ (dike) และหนองน้ำ (swamp) ในพื้นที่ใกล้เคียง อุทกภัยลำน้ำสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท ดังนี้

- อุทกภัยล้นตลิ่ง (overbank flooding) เกิดเมื่อระดับน้ำยกตัวสูงขึ้นเหนือตลิ่งหรือริมลำน้ำ การเกิดอุทกภัยลำน้ำประเภทนี้สามารถเกิดขึ้นได้ทั่วไปทุกขนาดลำน้ำ

- อุทกภัยฉับพลัน (flash flooding) หรือในประเทศไทยมีการเรียกว่าน้ำป่าไหลหลาก คือลักษณะการไหลของกระแสน้ำมีความเร็วสูงที่จะเกิดบริเวณพื้นที่ที่ลาดชัน โดยการเกิดอุทกภัยประเภทนี้มีความอันตรายสูง ไม่เพียงกระแสน้ำที่มีความเร็วทำให้เกิดแรงกระแทก แต่ยังมีซากปรักหักพัง (debris) ที่เกิดจากความรุนแรงของกระแสน้ำพัดพามากับกระแสน้ำ

อุทกภัยลำน้ำสามารถประเมินและคาดการณ์ได้จากปริมาณน้ำที่ตกลงในพื้นที่ ระยะเวลาที่เกิดฝนเพื่อประเมินถึงปริมาณฝนสะสมที่จะเกิดขึ้น ความชื้นในดิน และสภาพภูมิประเทศรอบข้างลำน้ำ ในบริเวณพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบอุทกภัยมีแนวโน้มที่จะค่อย ๆ เกิดขึ้นและระดับน้ำเนื่องจากอุทกภัยส่วนมากมีระดับน้ำที่ตื้นและใช้เวลามากกว่า 1 วัน ในการเพิ่มระดับน้ำในพื้นที่ เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศที่เป็นที่สูงชันหรือบริเวณภูเขา อุทกภัยจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในระดับนาที่เมื่อเกิดฝนตกหนักอย่างรุนแรง เพื่อที่จะหาความเสี่ยงที่จะเกิดอุทกภัยลำน้ำ

3). อุทกภัยจากฝน (pluvial flood / surface flood) เกิดจากฝนตกอย่างรุนแรงในพื้นที่ก่อให้เกิดพื้นที่อุทกภัยขึ้นโดยไม่ขึ้นกับการไหลจากพื้นที่แหล่งน้ำที่มีอยู่แล้ว เช่น ลำน้ำ อ่างเก็บน้ำ นอกจากนี้อุทกภัยจากฝนสามารถเกิดขึ้นได้โดยทั่วไปในพื้นที่ที่อยู่อาศัยหรือพื้นที่เขตเมือง รวมถึงพื้นที่ที่อยู่ในพื้นที่ที่มีระดับสูงกว่าลำน้ำหรือชายฝั่งทะเล โดยสามารถจำแนกอุทกภัยที่เกิดจากฝนได้ 2 ประเภท คือ

- ความเข้มของฝนมีมากกว่าความจุของระบบระบายน้ำภายในเมือง ทำให้น้ำฝนที่ตกลงมาไม่สามารถระบายออกนอกเมืองได้ ก่อให้เกิดน้ำไหลท่วมพื้นที่อยู่อาศัยหรือถนนภายในเมือง

- กระแสน้ำจากฝนไหลมาจากบริเวณที่เป็นเนินเขาละแวกใกล้เคียง ก่อให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันขึ้นได้ โดยทั่วไปอุทกภัยจากฝนมักจะเกิดพร้อมกับอุทกภัยชายฝั่งหรืออุทกภัยลำน้ำ แม้ว่าระดับน้ำที่เกิดจากอุทกภัยจากฝนจะมีระดับเซนติเมตร แต่เมื่อเกิดพร้อมกับอุทกภัยประเภทอื่นก็เป็นปัจจัยสำคัญต่อความเสียหายที่เกิดขึ้นเช่นกัน (Maddox, 2014)

## 2.2. อุทกภัยในลุ่มน้ำน่าน

พื้นที่ลุ่มน้ำน่านซึ่งเกิดอุทกภัยอันเนื่องมาจากอุทกภัยอุทกภัยลำน้ำที่ก่อให้เกิดความเสียหายขึ้นในพื้นที่ ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนส่วนเกินที่มากเกินไปกว่าประสิทธิภาพการระบายน้ำในพื้นที่ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาเกิดอุทกภัยที่เกิดขึ้นหลายครั้งในบริเวณลุ่มน้ำน่านในช่วงปี พ.ศ. 2549-2556 (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2556) ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- ในปี พ.ศ. 2549 เกิดฝนตกหนักติดต่อกันหลายวันทำให้น้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มขึ้น เกิดความเสียหายต่อผู้คนในพื้นที่ เช่นอำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน ทำให้บ้านเรือนเสียหายหลายหลัง

- ในปี พ.ศ. 2551 เกิดฝนตกหนักในพื้นที่อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน เป็นเหตุให้เกิดน้ำป่าไหลหลากของแม่น้ำสาย เกิดความเสียหายโดยมีผู้บาดเจ็บ 10 ราย และมีผู้เสียชีวิต 3 ราย นอกจากนี้ยังมีบ้านเรือนพังเสียหายทั้งสิ้น 45 หลังคาเรือน
- ในปี พ.ศ. 2552 เกิดพายุโซนร้อนมูจิแกบริเวณประเทศเวียดนามและอ่อนกำลังลงกลายเป็นพายุดีเปรสชันในบริเวณอำเภอเมืองจังหวัดน่าน ซึ่งทำให้เกิดน้ำป่าไหลหลากอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดระดับน้ำสูงถึง 1 เมตร โดยมีบ้านเรือนเสียหายประมาณ 2,500 หลังคาเรือน และมีผู้เสียชีวิต 4 ราย
- ในปี พ.ศ. 2553 เกิดพายุโซนร้อนโกนเซินบริเวณทะเลจีนใต้ตอนกลาง ทำให้เกิดร่องมรสุมพัดผ่านประเทศไทย เกิดน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมพื้นที่ อำเภอปัว และท่าวังผา จังหวัดน่าน ส่งผลให้พื้นที่ทางเกษตรเสียหายจำนวนมาก นอกจากนี้ยังเกิดร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านภาคเหนือตอนบนทำให้เกิดฝนตกหนักต่อเนื่อง เป็นเหตุให้เกิดน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมบ้านเรือนและพื้นที่เกษตรกรรมอีกเช่นกัน
- ในปี พ.ศ. 2555 เกิดฝนตกหนักเป็นบริเวณกว้าง ก่อให้เกิดน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมพื้นที่ อำเภอปัว และอำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน กระแสน้ำได้ไหลผ่านอย่างรวดเร็วสูงถึง 1 เมตร
- ในปี พ.ศ. 2556 เกิดเหตุการณ์น้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมบ้านเรือน เนื่องจากฝนตกหนักและส่งผลให้เกิดน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มเกิดขึ้นในอำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ซึ่งเป็นพื้นที่บริเวณในหุบเขา เกิดความเสียหายต่อบ้านเรือนกว่า 20 หลังคาเรือนและมีผู้สูญหาย 1 ราย รวมถึงเกิดความเสียหายต่อพื้นที่เกษตรกรรม

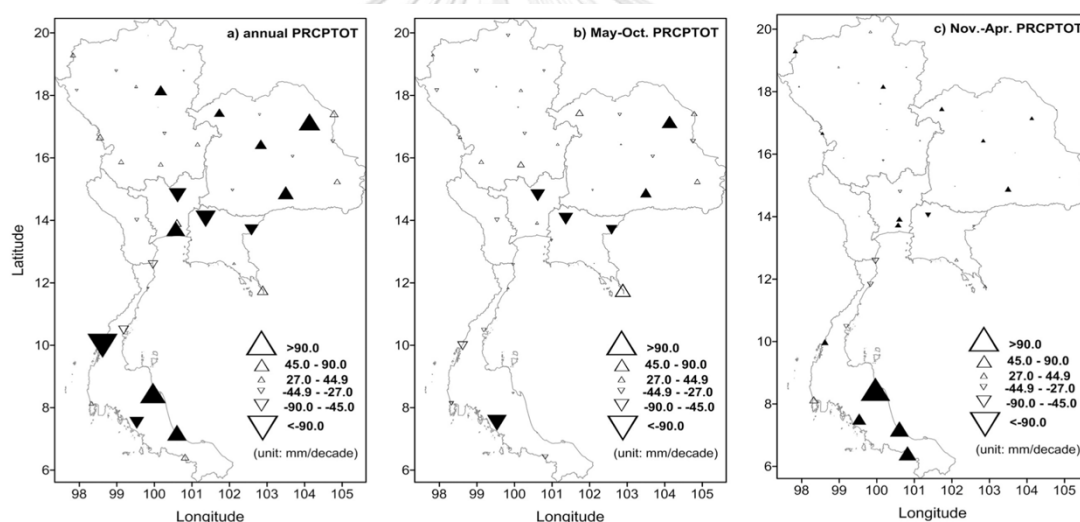
จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า บริเวณลุ่มน้ำน่านตอนบนจะเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในขณะที่มีฝนตกหนักกะทันหันหรือต่อเนื่อง นอกจากนั้นยังเกิดอุทกภัยจากพายุหรือลมมรสุมตามฤดูกาลที่ทำให้เกิดฝนตกหนักต่อเนื่องอีกเช่นกัน

### 2.3. ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำน่านตอนบน

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้นที่มีลักษณะความแปรปรวนสูง ทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนในประเทศไทยมาจากความผันแปรของภูมิอากาศในรูปแบบต่าง ๆ ปริมาณน้ำฝนส่วนใหญ่ในประเทศไทยเกิดขึ้นในช่วงมรสุมฤดูร้อน ซึ่งความแปรปรวนของฝนในประเทศไทยมีความสัมพันธ์กับความผันผวนของระบบมรสุมและปรากฏการณ์เอนโซ่ (El Nino-Southern Oscillation: ENSO) รวมทั้งปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ปรากฏในระบบภูมิภาคอินโด-แปซิฟิก และมหาสมุทรแปซิฟิก เช่น Madden Julian Oscillation (MJO), Indian Ocean Dipole (IOD) และ Pacific Decadal Oscillation (PDO) การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนสะสมรวมรายปีในประเทศไทย

ไทย ทั้งจากข้อมูลจากสถานีและแบบกริด ให้ผลการศึกษาที่ไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนสะสมรายปีในระยะยาว แต่ความแปรปรวนในระยะสั้นมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์เอนโซ่ และ PDO ยังเป็นองค์ประกอบหลักของการเปลี่ยนแปลงฝนสะสมรายปีในประเทศไทย (Kirtphai boon et al., 2014)

จากการศึกษาของ Limsakul and Singhruck (2016) พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนสะสมในระยะยาวของประเทศไทยมีรูปแบบแตกต่างกันในระหว่างช่วงมรสุม (monsoon) ฤดูร้อนและช่วงเดือนอื่น ๆ ของปี ในช่วงฝนสะสมรายปีมีการเปลี่ยนแปลงมากในทางภาคใต้ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกดังรูป 2-1 a เช่นเดียวกันกับในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม) แต่ในช่วงฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน) มีการเปลี่ยนแปลงทางภาคใต้ค่อนข้างมาก เนื่องจากลมมรสุมในแต่ละฤดูพัดมาในทิศทางแตกต่างกัน ทำให้การเกิดฝนในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนในสถานีน้ำน่านการเปลี่ยนแปลงฝนรายปีหรือรายฤดูกาลมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มากนัก ซึ่งไม่อาจบอกได้ว่ามีอัตราแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างชัดเจน

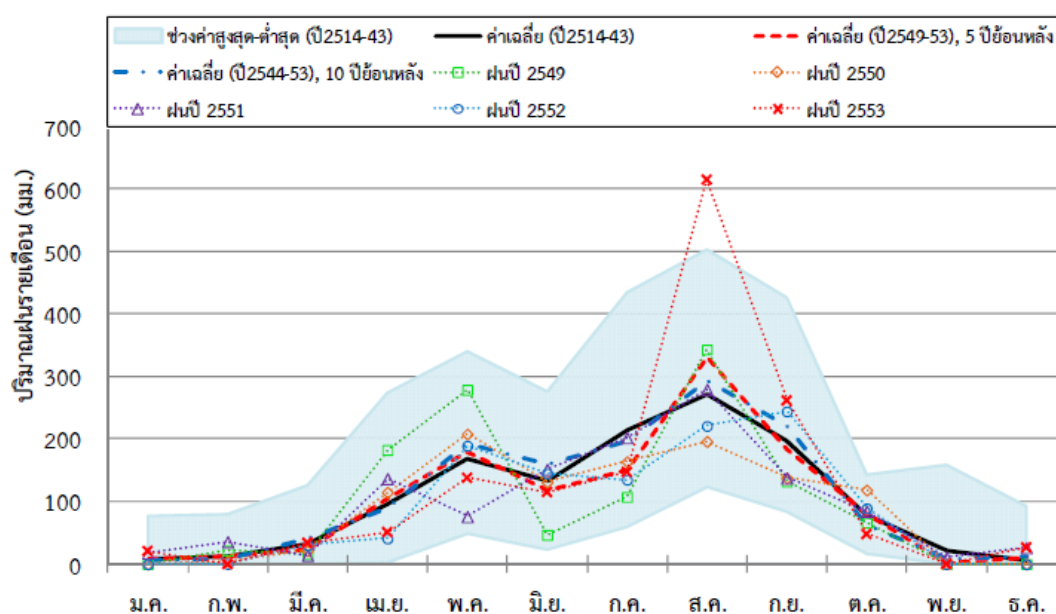


รูปที่ 2-1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนสะสมรวม (a) รายปี (b) ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และ(c)ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2498-2557 (Limsakul and Singhruck, 2016)

ในการศึกษาความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนสะสมจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา ในปี พ.ศ. 2549-2553 พบว่าในประเทศไทยความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนสะสมในระยะสั้นมีความสอดคล้องกับปรากฏการณ์เอนโซ่ ซึ่งในช่วงระยะ La Nina จะก่อให้เกิดปริมาณน้ำฝนสะสมที่มากกว่าในช่วงระยะ El Nino

นอกจากนี้พื้นที่บริเวณลุ่มน้ำน่านโดยเฉพาะในจังหวัดน่านมีความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนสะสม โดยมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีเฉลี่ยและการเปลี่ยนแปลงด้านการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝนสะสม ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในจังหวัดน่านที่ตั้งอยู่ในลุ่มน้ำน่าน

นอกจากนี้ยังพบว่าการกระจายตัวของฝนเปลี่ยนแปลงไปจากค่าเฉลี่ยในรอบ 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543) (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555) จากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือน สตอ. น่าน จังหวัดน่าน พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2549-2553 ในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคมมีปริมาณที่ลดลง แต่ในเดือนสิงหาคมปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยรายเดือนมีอัตราที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ย 30 ปี ดังรูปที่ 2-2 ในทางเดียวกันหากพิจารณาปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนเฉลี่ยตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2549-2553 รายปี พบว่าปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนในแต่ละปีมีความแปรปรวนสูง เช่น ในเดือนสิงหาคมปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณน้ำฝนสะสมมากกว่า 300 มิลลิเมตร ซึ่งความแปรปรวนที่เกิดขึ้นนั้นทำให้ในบางเดือนมีปริมาณน้ำฝนสะสมที่มีมากกว่าปกติ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน



รูปที่ 2-2 การเปลี่ยนแปลงฝนรายเดือน สถานี สตอ.น่าน จังหวัดน่าน (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555)

#### 2.4. การศึกษาแนวโน้มของปริมาณน้ำฝน

การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝน ซึ่งอาจมีแนวโน้มเป็นแบบคาบ (cycle) หรือมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง สามารถใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (moving average) ในการวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูล Wu et al. (2016) ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนระหว่างพื้นที่ราบและ

พื้นที่แถบภูเขา โดยผลจากการศึกษาสรุปได้ว่า พื้นที่ราบมีอัตราการลดลงของปริมาณน้ำฝนอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดภาวะแห้งแล้งบริเวณลุ่มน้ำทาร์ม ในประเทศจีน ในทางกลับกันในส่วนของพื้นที่สูงชัน มีอัตราการเพิ่มของปริมาณน้ำฝนอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ Velazquez et al. (2015) ได้ทำการวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณน้ำฝนรายปีในพื้นที่ประเทศสเปน โดยใช้เส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ 10 ปี เพื่อทำการดูแนวโน้มของปริมาณน้ำฝนของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้เส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่มาวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนรายปีในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน

นอกจากการใช้เส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ในการวิเคราะห์ข้อมูลฝนรายปี หากข้อมูลฝนรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง ในการศึกษาจะทำการทดสอบสมมติฐานว่าข้อมูลฝนรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยใช้การทดสอบ Mann-Kendall Test ซึ่งเป็นกรวิเคราะห์แนวโน้มทางสถิติแบบไม่มีพารามิเตอร์ ซึ่งในงานศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์แนวโน้มนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่นที่ 95% โดยตั้งสมมติฐาน ดังนี้

$H_0$  : ไม่มีแนวโน้มในชุดข้อมูล

$H_a$  : มีแนวโน้มในชุดข้อมูล

ในการทดสอบใช้ตัวแปรสุ่ม  $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_N)$  และทำการเรียงลำดับตามเวลา (1 จนถึง N) เพื่อหาพารามิเตอร์ความชันตามสมการดังนี้

$$S = \sum_{i=1}^N \left\{ \sum_{j=i+1}^N \text{sgn}(X_i - X_j) \right\} \quad (2-1)$$

โดย

$$\text{sgn}(X) = 1 \quad \text{เมื่อ } X > 0$$

$$\text{sgn}(X) = 0 \quad \text{เมื่อ } X = 0$$

$$\text{sgn}(X) = -1 \quad \text{เมื่อ } X < 0$$

เมื่อ  $X$  คือ ตัวแปรสุ่มจากผลที่ได้จากการคำนวณปริมาณน้ำฝน

ถ้าสมมติฐานหลัก (null hypothesis,  $H_0$ ) เป็นจริง ค่า  $S$  จะตั้งสมมติฐานว่ามีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0

ความแปรปรวนของสถิติทดสอบ  $S$  ได้ดังนี้

$$\text{Var}(S) = \frac{N(N-1)(2N+5)}{18} \quad (2-2)$$



โดยค่า Z score ของ Mann-Kendall สามารถเขียนได้ดังนี้

$$Z = \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad \text{ถ้า } S \geq 0 \quad (2-3)$$

$$Z = \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad \text{ถ้า } S < 0 \quad (2-4)$$

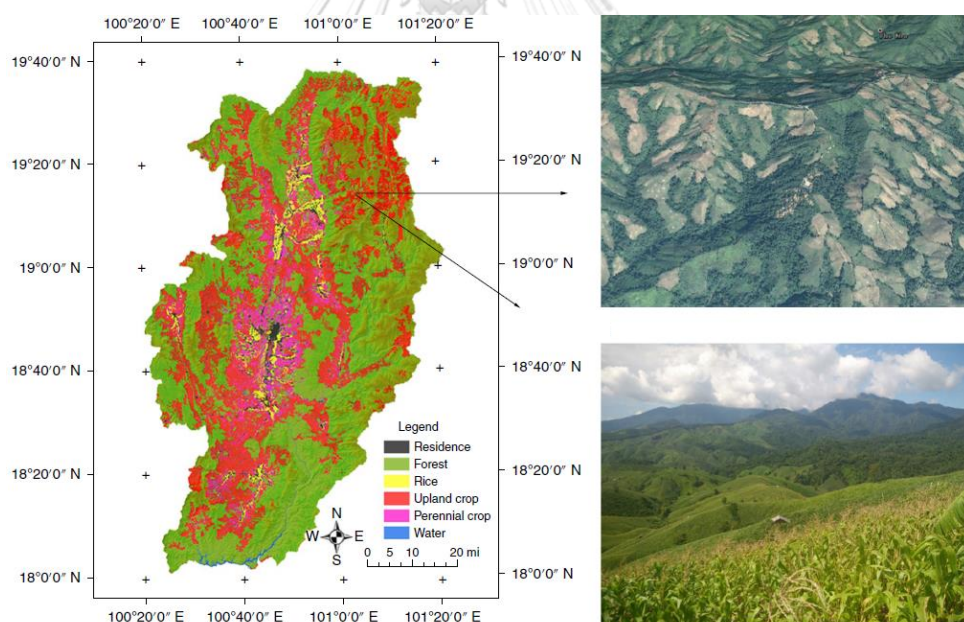
ค่า Z ที่เป็นค่าบวกบ่งบอกถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ในทางกลับกันค่า Z ที่เป็นค่าลบบ่งบอกถึงแนวโน้มที่ลดลง ในการศึกษาแนวโน้มของปริมาณน้ำฝน Hussain et al. (2015) ในประเทศปากีสถานบริเวณทางตอนเหนือของประเทศ มีการศึกษาโดยแบ่งเป็นปริมาณน้ำฝนตามฤดูกาลและปริมาณน้ำฝนรายปีในการศึกษาโดยใช้ Mann-Kendall Test ผลการศึกษาพบว่าโดยรวมปริมาณน้ำฝนในช่วงที่ทำการศึกษา 37 ปี (ตั้งแต่ 2520 ถึง 2556) มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น

## 2.5. อุทกภัยจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ในปัจจุบันประชากรโลกเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับอดีต เทคโนโลยีและการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อทำการเกษตรกรรม ที่พักอาศัย การปลูกสัตว์ หรือการสร้างพื้นที่เมือง ทำให้การใช้ประโยชน์พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไป การรुक้าอาณาเขตพื้นที่ป่าได้ทำลายสมดุลธรรมชาติ ก่อให้เกิดภัยธรรมชาติขึ้นรวมถึงอุทกภัยเช่นกัน และในอนาคตอันใกล้ประชากรมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้มนุษย์จำเป็นต้องขยายอาณาเขตพื้นที่อยู่อาศัยและพื้นที่เขตเมือง เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการและจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นพื้นที่เพื่อทำเกษตรกรรมจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม เนื่องมาจากอัตราการเติบโตของจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการอาหารเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ประเทศไทยมีการแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ แหล่งน้ำ ที่อยู่อาศัย และใช้ที่ดินด้านอื่น ๆ (ที่ทิ้งร้าง ที่ลุ่ม และเหมือง) ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำน่านพื้นที่ใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้และเกษตรกรรมโดยเฉพาะบริเวณตอนบนของกลุ่มน้ำน่านโดยแสดงในรูปที่ 2-3 ในการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่ว่าจะเป็นการบุกรุกป่าเพื่อทำเกษตรกรรม การขยายพื้นที่ที่อยู่อาศัยเนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นหรือการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ ทำให้พื้นที่บริเวณดังกล่าวมีสภาพทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้การไหลผิวดิน (surface runoff) มีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ในการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้พบว่าลุ่มน้ำน่านถูกรุกป่าพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด ในลุ่มน้ำย่อย จาก 78% ในปี พ.ศ. 2499 เหลือ 30% ในปี พ.ศ. 2536 นอกจากนี้ปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีในลุ่มน้ำย่อยวังและลุ่มน้ำย่อยน่านมีอัตราที่ลดลงที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับการรुक้าพื้นที่เขตป่าไม้ แต่อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใช้ประโยชน์นั้นไม่ส่งผลสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงหรือความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ศึกษา (Tangthan and Boonyawat, 1998)

Hansen et al. (2013) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้โดยเฉพาะในพื้นที่เขตร้อน (tropical zone) เนื่องจากตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2555 พื้นที่ป่าถูกรุกทำลายมากถึง 2.3 ล้านตารางกิโลเมตร แต่มีเพียง 0.8 ล้านตารางกิโลเมตรที่มีการฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ โดยผลการศึกษาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลงของ HANSEN นอกจากนี้ Zeng et al. (2018) ได้ศึกษาและวิเคราะห์ในพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศไทย จังหวัดน่าน พบว่าพื้นที่ป่าที่ครอบคลุมมีอัตราลดลงถึง 60% และมีปริมาณการลดลงของพื้นที่ป่ากระจายตัวแบบ power-law การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 เป็นต้นมา ซึ่งส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนเพิ่มสูงขึ้นถึง 6 เท่า การลดลงของพื้นที่ป่าไม้สาเหตุหลักมาจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกโดยเฉพาะข้าวโพดตั้งรูปที่ 2-3 ซึ่งพบว่าการลดลงของพื้นที่ป่าไม้สอดคล้องกับปริมาณราคาที่สูงขึ้นของข้าวโพดในตลาด นอกจากนี้ความลาดชันและระดับของพื้นที่ที่ลดลงของพื้นที่ป่าไม้มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ไม่ได้มีสาเหตุจากปริมาณประชากรในพื้นที่ที่เพิ่มขึ้น และผลกระทบจากพื้นที่ต้นน้ำที่ถูกรุกทำลายทำให้พื้นที่ท้ายน้ำเกิดอุทกภัยมากยิ่งขึ้น (Zeng et al., 2018)



รูปที่ 2-3 การทำเกษตรกรรมไร่ข้าวโพดในบริเวณจังหวัดน่าน (Zeng, 2018)

นอกจากนั้นโดยปกติการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจะใช้ข้อมูลที่ทำการศึกษาโดยหน่วยงานภาครัฐ เช่น กรมพัฒนาที่ดิน แต่ในต่างประเทศมีการศึกษาโดยทำการเก็บและประมวลผลโดยดาวเทียม MODIS ที่มีข้อดีในการเก็บข้อมูลและประมวลผลอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมที่ผ่านการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินแล้วยังมีการประมวลผลเพียงระยะสั้น โดยส่วนมากจะมีข้อมูลเพียงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 เป็น

ต้นไปเท่านั้น และยังมีความถูกต้องดีไม่เท่ากับการจัดเก็บข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน เพราะมีการเก็บที่มีการลงภาคสนามเพื่อตรวจสอบก่อนทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละจุดอีกด้วย

นอกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในกลุ่มน้ำ่านแล้ว ทางตอนบนของประเทศไทยก็ประสบปัญหาเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะลุ่มน้ำยมพบว่ามีนอกจากนี้พื้นที่ทางตอนบนของประเทศไทยโดยเฉพาะลุ่มน้ำยมมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งพบว่าอัตราการขยายตัวของพื้นที่เขตที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้นถึง 32% โดยดูการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533-2549 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งทราบได้จากข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัดในลำน้ำ ช่วงตอนล่างของลุ่มน้ำยมมีแนวโน้มที่มีอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่าช่วงตอนบน (Petchprayoon et al., 2010) ซึ่งผลที่เกิดขึ้นทำให้ทราบว่า การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นส่งผลต่ออัตราการไหลในลำน้ำ โดยเฉพาะการขยายเขตที่อยู่อาศัยซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ลำน้ำไม่มีประสิทธิภาพมากพอในการระบายน้ำไปยังท้ายน้ำจนเกิดอุทกภัยลำน้ำขึ้น นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเนื่องจากการรุกป่าพื้นที่ป่าเพื่อทำเกษตรกรรมในลุ่มน้ำยม ส่งผลให้ช่วงฤดูน้ำหลากมีอัตราการไหลในลำน้ำมากยิ่งขึ้น ในทางตรงข้ามอัตราการไหลในลำน้ำในช่วงหน้าแล้งมีค่าน้อยลง ผลกระทบนี้ก่อให้เกิดโอกาสการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ที่มีค่ามากขึ้นในช่วงฤดูน้ำหลาก (Susunpoontong S, 1995; Chotpantararat and Boonkaewwan, 2018) ในลุ่มน้ำ่านเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเขตที่อยู่อาศัยมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (น้อยกว่า 1 %) ทำให้การเกิดอุทกภัยจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนี้ไม่ส่งผลต่อลุ่มน้ำ แต่อย่างไรก็ตามการทำเกษตรกรรมโดยเปลี่ยนจากพื้นที่ประเภทป่าไม้เป็นพื้นที่ประเภทเกษตรกรรมนั้นยังคงส่งผลอุทกภัยต่อลุ่มน้ำ่านเช่นกัน

## 2.6. แบบจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า (Rainfall-Runoff Model)

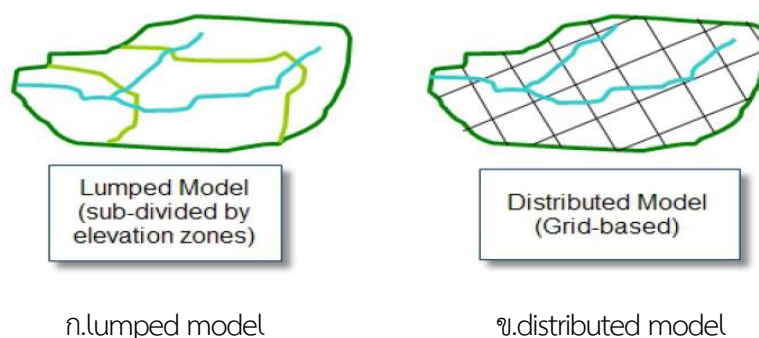
แบบจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่าเป็นการจำลองพฤติกรรมทางกายภาพของลำน้ำ ซึ่งจำลองมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ ซึ่งในอดีตนักอุทกวิทยาทำการคำนวณเพื่อหาอัตราการไหลบนพื้นผิวดินด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตกลงพื้นที่ โดยข้อจำกัดของข้อมูลและทำการใช้หลักการคำนวณอย่างไม่ซับซ้อน หลักการคำนวณแบบ Rational method ได้ถูกเผยแพร่โดย Thomas Mulvaney ในปี พ.ศ. 2394 (Chow et al., 1998) โดยใช้ความเข้มฝน พื้นที่รับน้ำ และสัมประสิทธิ์การไหล (runoff coefficient) ในการคำนวณหาอัตราการไหลสูงสุดในพื้นที่รับน้ำ (Xu, 2002; Beven, 2012) โดยสัมประสิทธิ์การไหลสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่า ในการเริ่มต้นการศึกษาที่กล่าวมานี้ทำให้เริ่มมีการศึกษาเกี่ยวกับการคำนวณเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทำให้มีการศึกษาอย่างแพร่หลายเพื่อเข้าใจถึงกระบวนการทางอุทกวิทยา (hydrological process) และพัฒนาจนมาเป็นแบบจำลองน้ำท่า (runoff model) ซึ่งทำให้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่ามีการศึกษาที่ละเอียดมากขึ้น ไม่ว่าจะจำเป็นการจำลองอัตราการไหล การไหล

ซึมแนวตั้งในดิน หรือการดูความสูงการท่วมขังของน้ำ ทำให้เกิดการศึกษาลงลึกถึงรายละเอียดของแบบจำลองมากยิ่งขึ้น (Sitterson et al., 2017)

แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าช่วยทำให้สามารถเข้าใจปรากฏการณ์ทางอุทกวิทยาและการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรน้ำมากขึ้น (Xu, 2002) โดยแบบจำลองสามารถแสดงภาพลักษณะทางกายภาพของการเคลื่อนตัวน้ำในระบบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่รับน้ำ พืชในพื้นที่ และปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยา (Sitterson et al., 2017) โดยมีการแบ่งประเภทแบบจำลองสภาพน้ำท่า-น้ำฝนเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1.lumped model และ 2.distributed model

### 2.6.1. หลักการของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าแบบ Lumped model และ Distributed model

Brirhet and Benaabidate (2016) ได้ทำการศึกษาความแตกต่างของ lumped model และ distributed model โดยได้กล่าวว่า lumped model หลากหลายตัวแปรจะขึ้นอยู่กับปริมาตรและช่วงเวลาของกระบวนการทางอุทกวิทยา ซึ่งจะถูกทำการปรับเทียบ (calibration) ด้วยข้อมูลอัตราการไหลในอดีตเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้อง โดยใช้ข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ distributed model จะขึ้นอยู่กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) และต้องทำการปรับเทียบเช่นเดียวกับ lumped model ซึ่งได้มีการศึกษาถึงข้อดีของ distributed model เทียบกับ lumped model ในความสามารถของการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดติดตั้ง (un-gauged location) ผลจากการจำลองพบว่า distributed model มีความถูกต้องในการจำลองที่ดีกว่า lumped model (Smith et al., 2004) แต่อย่างไรก็ตามในผลการศึกษาอื่นได้ผลการศึกษาว่า distributed model ไม่ได้ให้ผลการจำลองที่ถูกต้องเสมอไปเมื่อเทียบกับ lumped model ในบางกรณี (Reed et al., 2004; Smith et al., 2004)



รูปที่ 2-4 รูปแบบแบบจำลอง lumped model และ distributed model (Brirhet, 2016)

Lumped model คือแบบจำลองที่จะทำการใช้ข้อมูลเฉลี่ยของกลุ่มน้ำเป็นตัวแทนในกลุ่มน้ำนั้น ๆ ในการจำลอง โดยไม่สนใจสภาพการไหลและรายละเอียดย่อยอื่น ๆ การจำลองด้วย lumped model จะทำการจำลองโดยเสมือนว่าทั้งพื้นที่มีลักษณะทางกายภาพที่เหมือนกันที่ได้แสดงดังรูปที่ 2-4 (ก) ซึ่งการนำเข้าข้อมูล

นำเข้าในการจำลองจำเป็นต้องพิจารณาข้อมูลนำเข้าก่อนทำการจำลอง ผลที่ได้จากการจำลองจะเป็นตัวแทนค่าเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งลุ่มน้ำ การจำลองแบบ lumped model ต้องการข้อมูลนำเข้าน้อยและใช้เวลาในการจำลองที่น้อย เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ผลเบื้องต้นของพื้นที่ลุ่มน้ำ

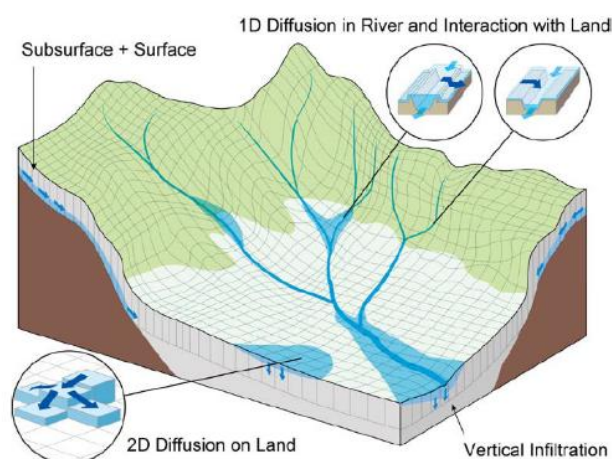
Distributed model คือแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำในการศึกษา โดยแต่ละส่วนของลุ่มน้ำจะมีลักษณะพื้นที่ทางกายภาพที่แตกต่างกัน ทำให้มีความละเอียดและต้องการข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองที่มากกว่า lumped model ในการจำลองที่แต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันในทางลักษณะกายภาพ ทำให้สามารถศึกษาการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนของพื้นที่ลุ่มน้ำได้ ในการจำลองแบบ distributed model จะทำการแบ่งพื้นที่เป็นส่วนย่อย ๆ (grid cell) ซึ่งในแต่ละส่วน (cell) สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลหรือส่งผลกับส่วนที่ใกล้เคียงได้ ผลจากการจำลองจะสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงในแต่ละส่วนย่อยของพื้นที่ตามที่แสดงในรูปที่ 2-4 (ข) ด้วยหลักการนี้ทำให้ข้อมูลนำเข้าจำเป็นต้องใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) ในการนำเข้า (Chow et al., 1998)

การเลือกแบบจำลองเพื่อใช้ในการศึกษาเพื่อความเหมาะสมของการศึกษาที่เกิดขึ้น ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลอง (Syed and Sayama, 2015; Kimmany, 2016) ในแต่ละพื้นที่เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองซึ่งมีความเหมาะสมแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่เช่นกัน ในการศึกษานี้ได้ทำการใช้ distributed model ในการศึกษาสภาพการไหลในลำน้ำ เนื่องด้วยแบบจำลอง RRI มีข้อดีคือเป็น distributed model ที่แยกการจำลองการไหลบนผิวดินและการไหลในลำน้ำออกจากกัน ดังนั้นจึงเหมาะกับการวิเคราะห์ผลจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในการศึกษาจึงเลือกใช้แบบจำลอง Rainfall-Runoff-Inundation Model (RRI) ในการจำลองลักษณะอัตราการไหลในลำน้ำ

## 2.6.2. แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก (Rainfall-Runoff-Inundation model: RRI)

แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก (Rainfall-Runoff-Inundation model: RRI) เป็นแบบจำลอง 2 มิติในการจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่าและพื้นที่น้ำท่วมขัง (Sayama et al., 2012; Sayama, 2017) แบบจำลองจะทำการแยกความลาดชันของพื้นที่และความลาดชันของลำน้ำออกจากกัน หลักการวางตัวของลำน้ำในพื้นที่ที่ถูกแบ่งย่อยเป็นพื้นที่เล็ก ๆ (grid cell) ที่ตำแหน่งของลำน้ำ แบบจำลองทำการสมมติว่าพื้นที่รับน้ำและลำน้ำอยู่ในพื้นที่ส่วนเดียวกัน โดยการวางตัวของลำน้ำจะวางตัวเป็นแนวยาวตามเส้นกึ่งกลางของลำน้ำไหลผ่าน ซึ่งจะวางตัวเหนือภูมิประเทศลาดชันที่ตำแหน่งเดียวกัน การไหลในพื้นที่ภูมิประเทศลาดชันที่เป็นพื้นที่น้ำท่วมแบบจำลองจะทำการคำนวณโดยการจำลอง 2 มิติ ในขณะที่การไหลในลำน้ำแบบจำลองจะทำการคำนวณโดยการจำลอง 1 มิติ ดังรูปที่ 2-5 ในการแสดงผลของแบบจำลอง RRI มีการจำลองแบบการไหลด้านข้าง (lateral flow) ในพื้นที่ การไหลซึมในแนวตั้ง (vertical infiltration flow) และการไหลบนผิวดิน สำหรับการไหลด้านข้างซึ่งมีความสำคัญในการจำลองโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีบริเวณโดยรอบเป็นภูเขา จะถูกนำมา

พิจารณาในรูปของความสัมพันธ์ทิศทางการไหลที่จะสามารถถูกนับรวมกับการไหลใต้ดินและผิวดิน นอกจากนี้การไหลซึมในแนวตั้งจะถูกคำนวณโดยใช้ทฤษฎี Green-Ampt ส่วนการไหลระหว่างลำน้ำและพื้นที่ภูมิประเทศด้านข้างลำน้ำจะทำการจำลองโดยขึ้นอยู่กับความต่างของระดับน้ำในลำน้ำและระดับความสูงของตลิ่ง



รูปที่ 2-5 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก (RRI model) (Sayama ,2017)

### ทฤษฎีและสมการที่เกี่ยวข้องในแบบจำลอง

การคำนวณในแบบจำลองการไหลบนผิวดินของ Rainfall-Runoff-Inundation ใช้ทฤษฎีการคำนวณเป็นหลักการของสมการสมดุลมวล (2-5) และสมการสมดุลโมเมนตัม (2-6), (2-7) สำหรับการไหลแบบไม่คงตัว (unsteady flow) ดังสมการที่ 2-5, 2-6 และ 2-7

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = I - f \quad (2-5)$$

$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial u q_x}{\partial x} + \frac{\partial v q_x}{\partial y} = -gh \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho_w} \quad (2-6)$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial u q_y}{\partial x} + \frac{\partial v q_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho_w} \quad (2-7)$$

เมื่อ  $h$  คือ ความสูงของระดับน้ำจากระดับท้องน้ำ

$q_x$  และ  $q_y$  คือ อัตราการไหลต่อความกว้างหนึ่งหน่วย (unit) ในทิศทาง  $x$  และ  $y$  ตามลำดับ

$u$ และ $v$	คือ ความเร็วในการไหลในทิศทาง $x$ และ $y$ ตามลำดับ
$I$	คือ ความเข้มปริมาณน้ำฝน (rainfall intensity)
$f$	คือ อัตราการซึมผ่าน (infiltration rate)
$H$	คือ ความสูงของระดับน้ำจากระดับอ้างอิง (datum)
$\rho_w$	คือ ความหนาแน่นของน้ำ
$g$	คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดโลก (gravity acceleration)
$\tau_x$ และ $\tau_y$	คือ ความเค้นแบบเฉือน (shear stress) ในทิศทาง $x$ และ $y$ ตามลำดับ

ในการคำนวณตามสมการที่ 2-6 และ 2-7 ในพจน์ที่สองของด้านขวาจะถูกคำนวณโดยสมการของ Manning (Manning's equation) ที่จะแสดงในสมการที่ 2-8 และ 2-9 ดังนี้

$$\frac{\tau_x}{\rho_w} = \frac{gn^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (2-8)$$

$$\frac{\tau_y}{\rho_w} = \frac{gn^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (2-9)$$

เมื่อ  $n$  คือ ตัวแปรความขรุขระของ Manning

ในการจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลากในแบบจำลอง RRI จะใช้การจำลองการไหล 1 มิติ สำหรับการจำลองสภาพการไหลในลำน้ำ โดยลักษณะของลำน้ำแบบจำลอง RRI ทำการสมมติให้มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อสะดวกต่อการคำนวณและการใส่ค่าตัวแปรนำเข้า โดยจะมีความกว้างลำน้ำ ( $W$ ) ความลึกลำน้ำ ( $D$ ) และความสูงของตลิ่งหรือลำน้ำ ( $H_e$ ) เป็นตัวแปรสำคัญในการคำนวณในแบบจำลอง ในกรณีในพื้นที่ไม่มีข้อมูลหรือขาดการเก็บข้อมูลลักษณะรูปร่างลำน้ำ ความกว้างและความลึกของลำน้ำสามารถประมาณค่าได้จากการคำนวณตามสมการที่ 2-10 และ 2-11 โดยเป็นฟังก์ชันที่ขึ้นกับพื้นที่ของต้นน้ำในลุ่มน้ำ โดยจะแสดงสมการดังนี้

$$W = C_w A^{S_w} \quad (2-10)$$

$$D = C_D A^{S_D} \quad (2-11)$$

เมื่อ  $C_w$   $C_D$   $S_w$  และ  $S_D$  เป็นสัมประสิทธิ์เพื่อบ่งบอกลักษณะรูปร่างของลำน้ำและ  $A$  คือพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ และหน่วยของความกว้างและความลึกลำน้ำที่ใช้เป็นหน่วยเมตร (meter) (Sayama, 2017)

ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก (RRI model) เพื่อใช้ในการประเมินพื้นที่อุทกภัยและการประมาณค่าความเสียหายเนื่องจากอุทกภัย โดยทำการใช้ภาพพื้นที่การเกิดอุทกภัยจากดาวเทียมในการเปรียบเทียบและสอบทานแบบจำลอง (Sriariyawat et al., 2013) นอกจากนี้การใช้แบบจำลอง RRI เพื่อจำลองพื้นที่น้ำท่วมโดยสภาพการท่วมคำนึงถึงลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งใช้การปรับเทียบ (calibration) แบบจำลองด้วยเครื่องมือการปรับแก้ให้เหมาะสมอัตโนมัติ (optimization tool) จาก SCE-UA (Try et al., 2018) ผลจากแบบจำลองให้ผลที่มีความถูกต้องมากกว่า 60% ซึ่งการจำลองโดยใช้แบบจำลอง RRI ยังให้ผลค่อนข้างดีกับข้อมูลนำเข้าที่เป็นข้อมูลจากดาวเทียมเช่นกัน (Pakoksung and Takagi, 2016; อีรวัดน์ รัมอินทรา, 2558)

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินจะส่งผลต่อสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning หรือการเปลี่ยนแปลงลักษณะการไหลของพื้นที่บริเวณนั้น (Yang et al., 2016) โดยจากการศึกษาพบว่าลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทมีสัมประสิทธิ์ที่แตกต่างกันมากที่สุดถึง 16 เท่า ทำให้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลต่ออัตราการไหลในลำน้ำและการไหลเหนือผิวดิน รวมถึงการท่วมขังของน้ำในพื้นที่เช่นกัน (Brath et al., 2006; Apollonio et al., 2016) นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละช่องเซลล์ ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ n-Manning ของพื้นผิวดินมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นการศึกษานี้จึงเลือกใช้แบบจำลอง RRI ในการศึกษา เนื่องจากมีความสามารถในการปรับค่า n-Manning ของพื้นผิวดินตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จึงมีความเหมาะสมกับการศึกษานี้

## 2.7. ตัวแปรการตัดสินใจที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษานี้ทำการประเมินอัตราการไหลสูงสุดด้วยแบบจำลองโดยทำการศึกษาจากอัตราการไหลสูงสุดในลำน้ำที่เกิดขึ้น ในการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่การปรับเทียบ (calibration) การสอบทาน (verification) รวมไปถึงผลจากการศึกษาจำเป็นต้องอาศัยตัวแปรในการตัดสินใจประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งในการศึกษานี้อาศัยตัวแปรการตัดสินใจทั้งหมด 5 ตัวแปร ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์กำหนดการตัดสินใจ (coefficient of determination:  $R^2$ ) ค่าความเบี่ยงเบนจากการประมาณ (bias of estimation) ค่า Nash Sutcliffe coefficient (NSE) ค่าความคลาดเคลื่อนรากกำลังสองเฉลี่ยแบบไร้หน่วย (normalized root mean squared error: NRMSE) และ hit rate โดยมีรายละเอียดและสมการดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์กำหนดการตัดสินใจ (coefficient of determination:  $R^2$ ) เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์นี้ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ นี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 ถึง 1.0 ซึ่งหากมี



ค่าใกล้ 0.0 นั้นหมายความว่าตัวแปรทั้งสองตัวไม่มีความสัมพันธ์กัน ในเชิงตรงกันข้ามหากมีค่าใกล้ 1.0 นั้นหมายความว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันโดยตรงอย่างมากโดยสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2-12 ดังนี้

$$R^2 = \frac{(\sum(X_{obs} - \bar{X}_{obs})(X_{sim} - \bar{X}_{sim}))^2}{\sum(X_{obs} - \bar{X}_{obs})^2 \sum(X_{sim} - \bar{X}_{sim})^2} \quad (2-12)$$

เมื่อ  $X_{obs}$  คือ ข้อมูลสังเกตการณ์

$X_{sim}$  คือ ข้อมูลจากแบบจำลอง

- ค่าการเบี่ยงเบนจากการประมาณ (bias of estimation) เป็นการหาความเบี่ยงเบนของข้อมูล โดยทำการหาความเบี่ยงเบนของข้อมูลสังเกตการณ์ที่ได้จากสถานีตรวจวัดและข้อมูลจากแบบจำลอง ค่าการเบี่ยงเบนจากการประมาณจะแสดงถึงประสิทธิภาพของผลที่ได้จากแบบจำลองโดยประเมินจากค่าความต่างที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ย ค่าการเบี่ยงเบนจากการประมาณจะมีตั้งแต่ค่าที่ติดลบอนันต์จนถึงอนันต์ โดยค่าที่เท่ากับ 0 จะแสดงถึงค่าที่ได้จากการจำลองมีค่าที่เท่ากับค่าที่ได้จากการตรวจวัด ค่าความเบี่ยงเบนจากการประมาณที่มีค่าเป็นลบแสดงถึงผลที่ได้จากแบบจำลองมีแนวโน้มในการประเมินมากกว่าข้อมูลสังเกตการณ์ และค่าความเบี่ยงเบนจากการประมาณที่มีค่าเป็นบวกหมายถึงผลที่ได้จากแบบจำลองที่มีแนวโน้มการประเมินน้อยกว่าข้อมูลสังเกตการณ์ โดยสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2-13 ดังนี้

$$\text{bias of estimation} = \frac{1}{N} \sum (X_{obs} - X_{sim}) \quad (2-13)$$

เมื่อ  $N$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

- ค่า Nash Sutcliffe coefficient (NSE) เป็นดัชนีซึ่งคำนวณจาก 1 ลบด้วย อัตราส่วนระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error) กับความแปรปรวนของข้อมูลสังเกตการณ์ (Nash and Sutcliffe, 1970) ค่าสูงสุดเชิงทฤษฎีคือ 1 ซึ่งหมายถึงความเข้ากันได้ อย่างสมบูรณ์ระหว่างแบบจำลองและข้อมูล สังเกตการณ์ โดย Liden and Harlin(2000) และ Anderson et al.(2001) ได้แนะนำระดับของค่า ดัชนีที่เหมาะสมว่าอยู่ระหว่าง 0.5–0.95 ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปของสมการได้ดังสมการที่ 2-14 ดังนี้

$$NSE = 1 - \frac{\sum(X_{obs} - X_{sim})^2}{\sum(X_{obs} - \bar{X}_{obs})^2} \quad (2-14)$$

- ค่าความคลาดเคลื่อนรากกำลังสองแบบไร้หน่วย (normalized root mean squared error) เป็นการหาจากค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจากข้อมูลสังเกตการณ์และข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง

โดยทำการเทียบอัตราส่วนกับผลต่างของข้อมูลสังเกตการณ์สูงสุดและข้อมูลสังเกตการณ์ต่ำสุด ในชุดข้อมูล เพื่อทำการขจัดหน่วยและสามารถเทียบเป็นอัตราส่วนในช่วงของข้อมูลสังเกตการณ์ โดยค่าความคลาดเคลื่อนรากกำลังสองแบบไร้หน่วยมีค่าตั้งแต่ 0 จนถึงอนันต์ โดยค่าที่เท่ากับ 0 หมายถึงแบบจำลองไม่มีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลสังเกตการณ์ โดยสามารถหาได้จากสมการ 2-15 และ 2-16 ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(X_{obs} - X_{sim})^2}{N}} \quad (2-15)$$

$$NRMSE = \frac{RMSE}{X_{obs, max} - X_{obs, min}} \quad (2-16)$$

เมื่อ  $X_{obs, max}$  คือ ค่าข้อมูลสังเกตการณ์มากที่สุด

$X_{obs, min}$  คือ ค่าข้อมูลสังเกตการณ์น้อยสุด

5. อัตราการตรวจจับ (hit rate) เป็นการหาค่าการตรวจจับความแม่นยำของตารางจรรยา (contingency table) โดยในการศึกษานี้ได้ดูการตรวจจับของข้อมูลดาวเทียม MODIS กับข้อมูลสังเกตการณ์กรมพัฒนาที่ดิน โดยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2-6 และสมการ 2-17 ดังนี้

		Observation		
		Yes	No	
Satellite	Yes	a	b	a+b
	No	c	d	c+d
		a+c	b+d	n = a+b+c+d

รูปที่ 2-6 ตารางจรรยา

$$\text{hit rate} = \frac{a}{a+c} \quad (2-17)$$

เมื่อ a คือ การตรวจจับข้อมูลดาวเทียมสามารถตรวจจับได้และข้อมูลสังเกตการณ์สามารถตรวจจับได้เช่นกัน

c คือ การตรวจจับข้อมูลดาวเทียมไม่สามารถตรวจจับได้แต่ข้อมูลสังเกตการณ์สามารถตรวจจับได้

### บทที่ 3

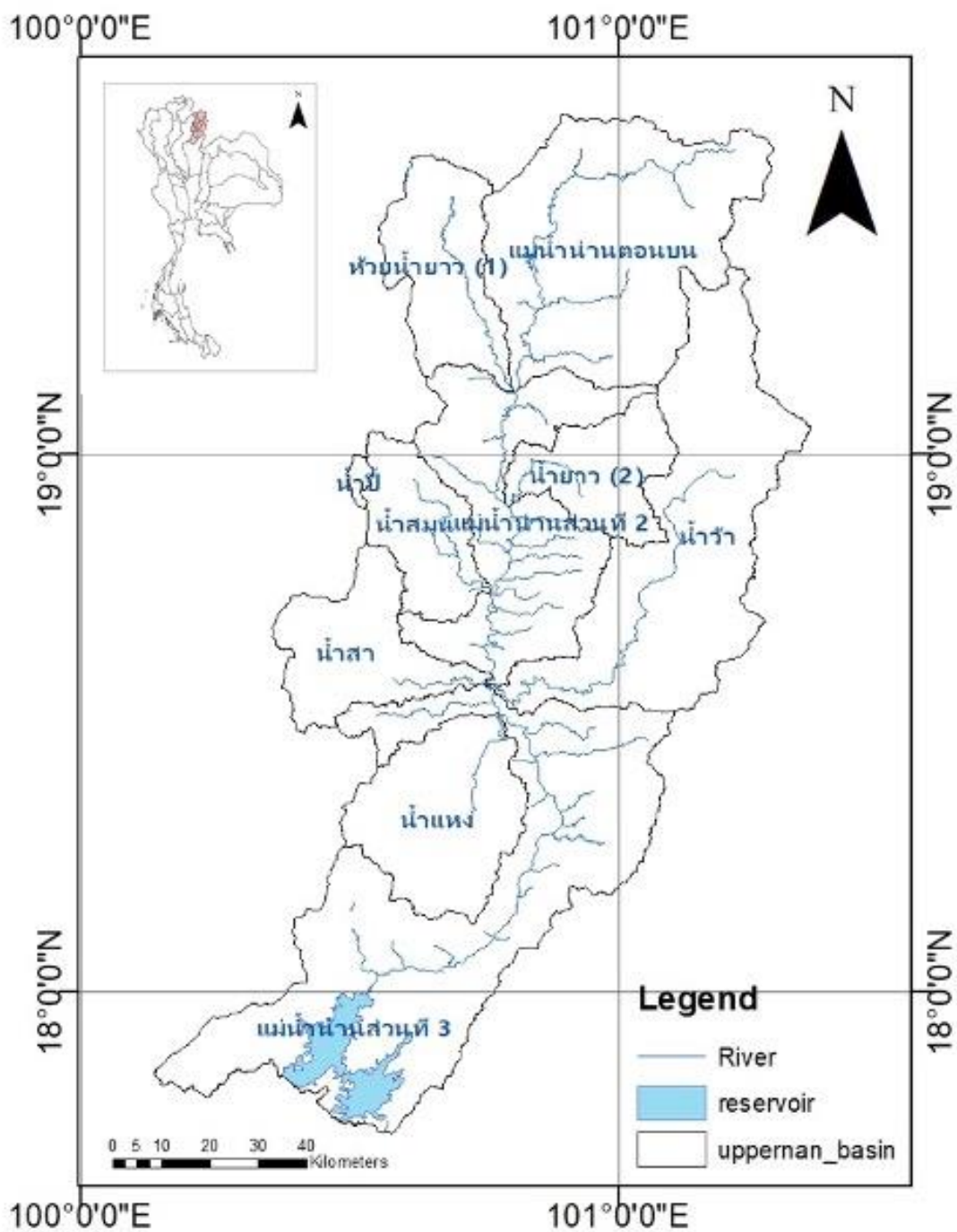
## พื้นที่ศึกษา ข้อมูลที่ใช้และขั้นตอนการดำเนินงาน

พื้นที่ศึกษาในการศึกษานี้ได้กำหนดขอบเขตการศึกษาเฉพาะลุ่มน้ำน่านตอนบนเหนืออ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ ซึ่งบริเวณลำน้ำน่านมีความชันที่ค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับทำนองเก็บน้ำ ในบทนี้กล่าวถึงข้อมูลพื้นฐาน อันประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า ขอบเขตลุ่มน้ำ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา และขั้นตอนการดำเนินงานโดยจะกล่าวถึงต่อไปนี้

### 3.1. สภาพภูมิประเทศลุ่มน้ำน่าน

ลุ่มน้ำน่านตอนบนที่เป็นพื้นที่ศึกษาและเป็นส่วนหนึ่งของลุ่มน้ำน่านตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่รวม 13,129.1 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ครอบคลุมทั้งหมด 3 จังหวัด ได้แก่ แพร่ น่าน และอุตรดิตถ์ ดังตารางที่ 3-1 ลักษณะลุ่มน้ำวางตัวตามแนวเหนือ-ใต้ มีทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำโขง ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำน่านตอนล่าง ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำโขง และทิศตะวันตกติดกับลุ่มน้ำยม ในการศึกษานี้ จะทำการศึกษาเฉพาะลุ่มน้ำน่านตอนบนซึ่งมีขอบเขตประกอบด้วยจังหวัดน่าน แพร่ และอุตรดิตถ์ดังรูปที่ 3-1

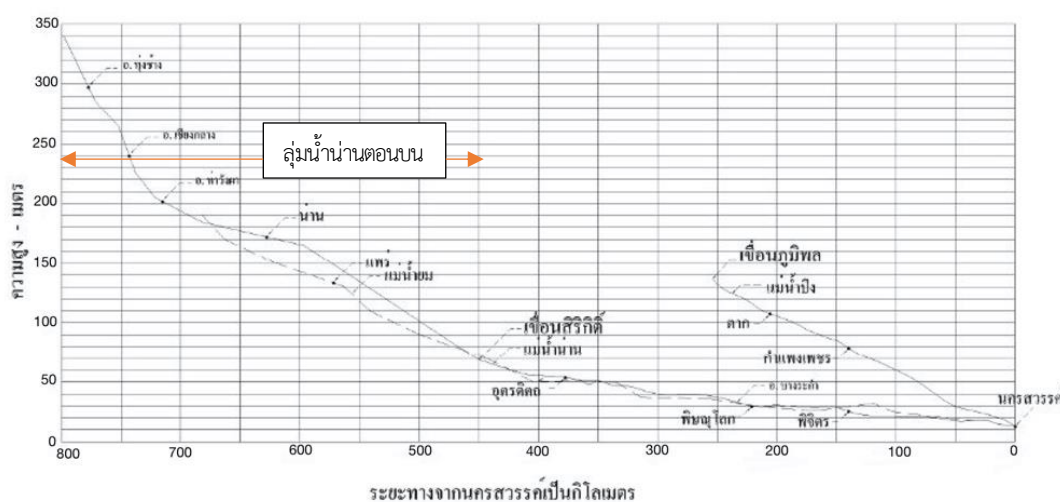
สภาพลำน้ำน่านในบริเวณตอนบนเหนืออ่างเก็บน้ำสิริกิติ์จะมีความลาดชันสูงกว่าบริเวณตอนล่าง ทำนองเก็บน้ำสิริกิติ์แสดงดังรูปที่ 3-2 ทำให้เกิดการไหลที่เร็วกว่าลุ่มน้ำน่านตอนล่างเนื่องจากความชันของลำน้ำ นอกจากนี้จากสถาบันทรัพยากรน้ำสารสนเทศได้ให้ข้อมูลว่าลักษณะความลึกของลำน้ำที่ต้น (ประมาณ 5 เมตร) และความกว้างของลำน้ำอยู่ที่ประมาณ 15-30 เมตร ซึ่งสภาพลำน้ำน่านที่บริเวณตอนบนมีความชันที่มากเป็นหนึ่งในสาเหตุของอุทกภัยในลุ่มน้ำน่าน นอกจากนี้ในบริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำทำนองเก็บน้ำสิริกิติ์มีลักษณะเป็นที่ราบบริเวณกว้าง ทำให้เมื่อมีน้ำไหลจากต้นน้ำมาเป็นปริมาณมาก สภาพพื้นที่ราบและความชันน้อยจะทำให้ประสิทธิภาพในการระบายน้ำเป็นไปได้ไม่ดีนัก



รูปที่ 3-1 กลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำ่านตอนบนโดยข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำ

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดของจังหวัดในกลุ่มน้ำน่านโดยข้อมูลจากกรมชลประทาน (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555)

จังหวัด	พื้นที่จังหวัด (ตร.กม.)	พื้นที่ในเขตลุ่มน้ำน่าน		ร้อยละของ พื้นที่จังหวัด	ร้อยละของพื้นที่ ในลุ่มน้ำน่าน
		(ตร.กม.)	(ไร่)		
กำแพงเพชร	8,541.34	796.06	497,535	9.32	2.30
นครสวรรค์	9,567.04	748.04	467,526	7.82	2.16
น่าน	12,215.06	11,632.90	7,270,562	95.23	33.54
พะเยา	6,182.16	1.24	778	0.02	0.004
พิจิตร	4,341.96	2,530.58	1,581,614	58.28	7.30
พิษณุโลก	10,524.94	8,983.52	5,614,700	85.35	25.90
เพชรบูรณ์	12,348.59	2,103.46	1,314,661	17.03	6.06
แพร่	6,490.81	53.48	33,422	0.82	0.15
เลย	10,473.34	15.30	9,562	0.15	0.04
สุโขทัย	6,670.29	58.16	36,353	0.87	0.17
อุตรดิตถ์	7,855.21	7,759.30	4,849,565	98.78	22.37
รวม		34,682.04	21,676,276		100.00



รูปที่ 3-2 รูปตัดตามขวางของแม่น้ำน่านโดยข้อมูลจากกรมชลประทาน (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555)

### 3.1.1. ระบบลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำน่าน

การแบ่งลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำน่านพิจารณาหลักเกณฑ์การแบ่งลุ่มน้ำสาขาและขอบเขต การเรียกชื่อลุ่มน้ำ ลำน้ำ และการกำหนดรหัสลุ่มน้ำ โดยยึดถือมาตรฐานลุ่มน้ำและลุ่มน้ำสาขาของคณะกรรมการศูนย์ข้อมูลสารสนเทศอุทกวิทยา (น้ำผิวดิน) ภายใต้คณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติ (ปัจจุบันได้รวมอยู่ในกรม

ทรัพยากรน้ำ) ซึ่งได้ทำการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนออกเป็น 16 ลุ่มน้ำสาขาดังแสดงในตารางที่ 3-2 (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555) และผลจากบริเวณทางตอนบนของลุ่มน้ำน่านมีลุ่มน้ำสาขาเป็นจำนวนมาก ทำให้เมื่อปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาทั่วทั้งพื้นที่ลำน้ำสาขาจะไหลมารวมกันที่แม่น้ำน่านจนทำให้เกิดอุทกภัยลำน้ำขึ้น เนื่องจากลำน้ำน่านไม่สามารถรับปริมาณน้ำที่มาจากลำน้ำสาขาได้ทั้งหมด (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555)

ตารางที่ 3-2 ลุ่มน้ำย่อยในลุ่มน้ำน่านตอนบน

รหัส	ลุ่มน้ำย่อย	พื้นที่ (ตร.กม.)
0902	ลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำน่านตอนบน	2222.34
0903	ห้วยน้ำยาว	787.73
0904	แม่น้ำน่านส่วนที่2	1532.19
0905	น้ำยาว	598.88
0906	น้ำสมุน	589.57
0907	แม่น้ำน่านส่วนที่3	3375.8
0908	น้ำสา	778.4
0909	น้ำว้า	2200.39
0910	น้ำแหง	1043.8
0911	แม่น้ำน่านส่วนที่4	2470.5
0912	น้ำปาด	2435.02
0913	คลองตรอน	1297.54
0914	แม่น้ำแควน้อย	4578.86
0915	น้ำภาค	992.83
0916	แม่น้ำวังทอง	2008.04
0917	แม่น้ำน่านตอนล่าง	7770.16

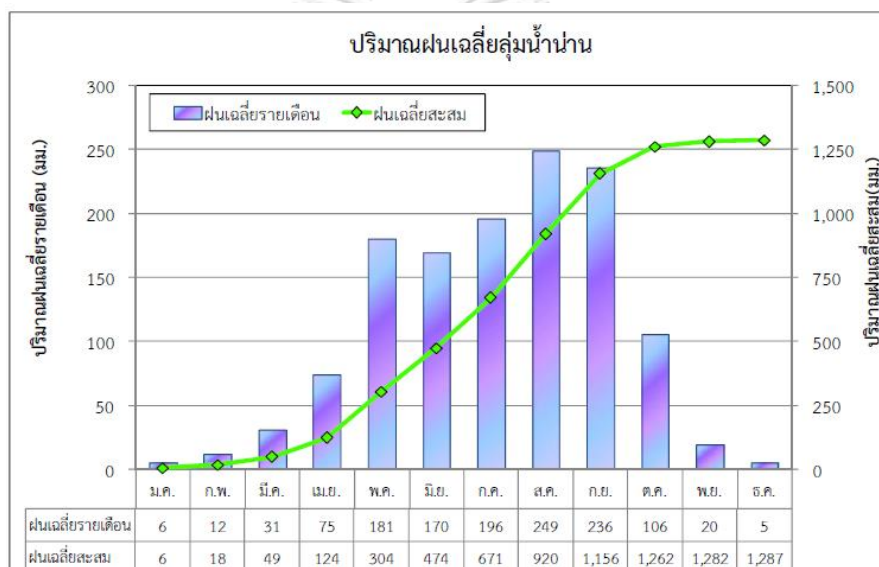
### 3.1.2. สภาพอุทกนิยามวิทยาและอุทกวิทยา

#### สภาพภูมิอากาศ

พื้นที่ลุ่มน้ำน่านอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังมีพายุดีเปรสชันและพายุไต้ฝุ่น ซึ่งพัดมาจากทะเลจีนใต้เป็นครั้งคราว ส่งผลให้เกิดฤดูกาลต่าง ๆ ซึ่งพายุหรือลมมรสุมที่เข้ามาในพื้นที่เป็นหนึ่งในสาเหตุที่ก่อให้เกิดอุทกภัยขึ้น (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555)

## ปริมาณน้ำฝน

จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนโดยข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาและการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ทำการรวบรวมจำนวน 84 สถานี พบว่ามีเพียง 36 สถานี ที่มีช่วงเวลาของการจดบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนโดยเฉลี่ยของแต่ละสถานีครบตลอดทั้งปี และในช่วงระยะเวลาการเก็บมากกว่า 30 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2497-2548 จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยรายปี 1,287 มิลลิเมตร การกระจายตัวของปริมาณฝนจะเกิดตั้งแต่เดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555) โดยแสดงดังรูปที่ 3-3 ซึ่งปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนมีผลที่สอดคล้องกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนจากกรมอุตุนิยมวิทยา ในช่วงเดือนสิงหาคมปริมาณน้ำฝนสะสมจะมีปริมาณมากที่สุดส่งผลให้เกิดอุทกภัยขึ้นในช่วงนั้นมีความเสี่ยงที่สูงกว่าเดือนอื่น

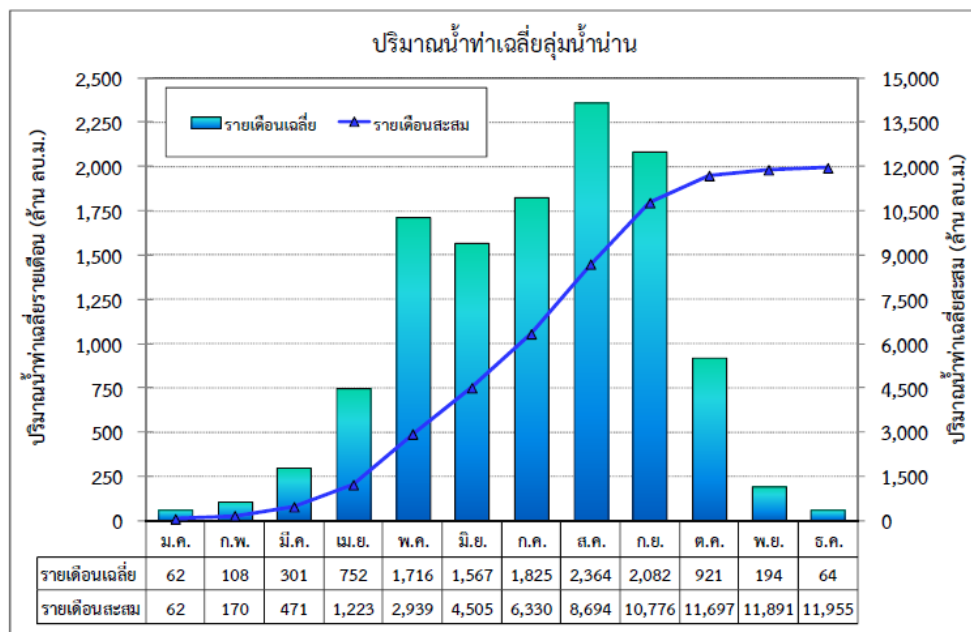


รูปที่ 3-3 ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยในกลุ่มน้ำน่านตั้งแต่ปี พ.ศ. 2497-2548 (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555)

## ปริมาณน้ำท่า

การประเมินน้ำท่าโดยข้อมูลจากกรมชลประทานที่ได้มีการทำการประเมินพบว่า กลุ่มน้ำน่านมีปริมาณน้ำท่ารายปีเฉลี่ย 11,955 ล้านลูกบาศก์เมตร และมีการกระจายตัวรายเดือนเฉลี่ยอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายนที่แสดงดังรูป 3-4 ซึ่งสอดคล้องกับการกระจายตัวรายเดือนเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนที่ตกในกลุ่มน้ำเช่นเดียวกับข้อมูลของทางกรมอุตุนิยมวิทยา ในการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานีวัดน้ำในกลุ่มน้ำน่านของหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จำนวน 101 สถานี มีเพียง 76 สถานี ที่มีช่วงเวลาของการจดบันทึกข้อมูลค่าปริมาณน้ำท่าครบตลอดทั้งปี โดยข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนจะมีช่วงระยะตั้งแต่ปี พ.ศ.

2512-2544 ขึ้นอยู่กับแต่ละสถานี (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555) จากผลการศึกษานี้ ปริมาณน้ำท่าในเดือนสิงหาคม มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ที่ 2,364 ล้านลูกบาศก์เมตร



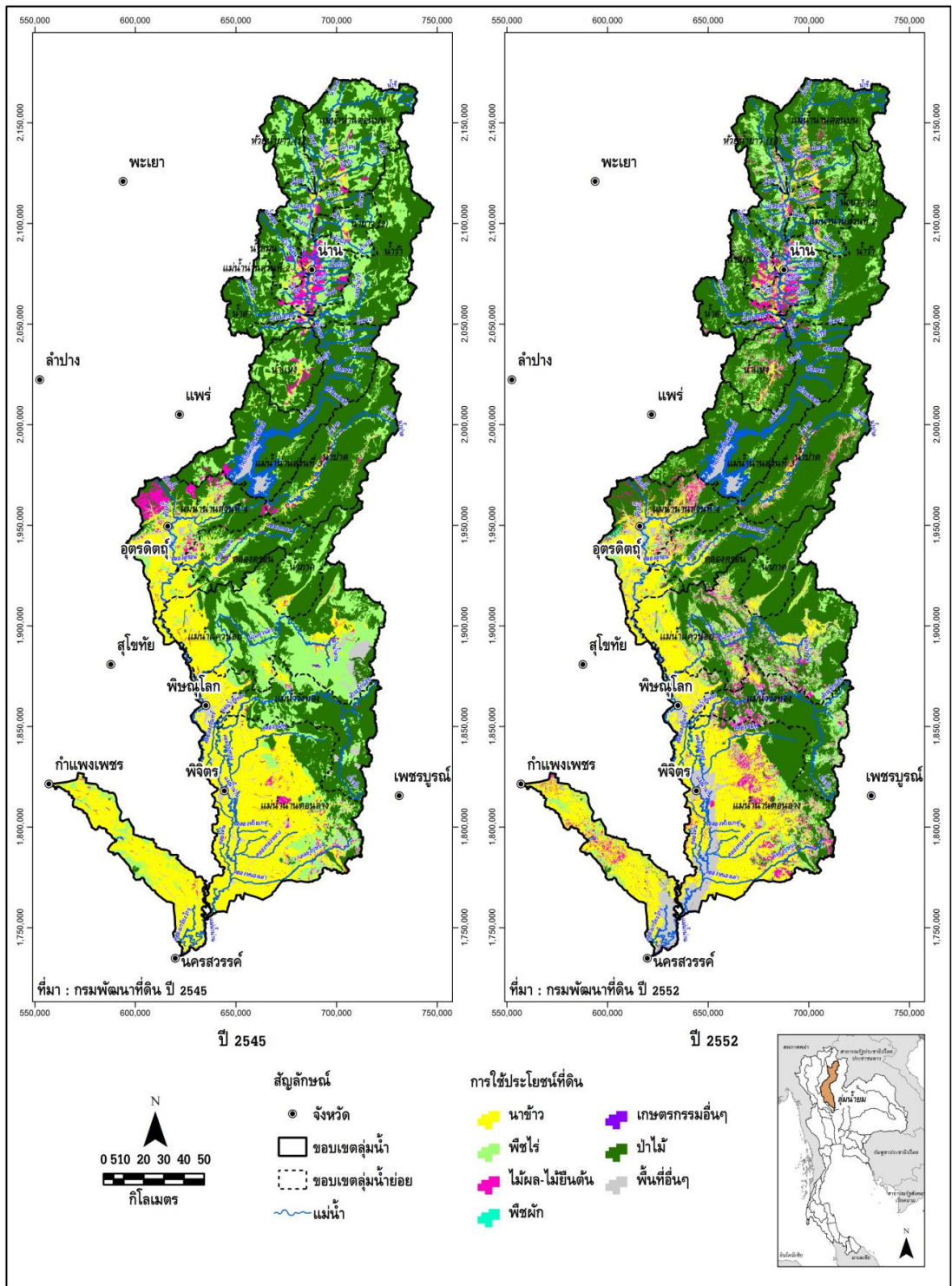
รูปที่ 3-4 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนและรายเดือนสะสมเฉลี่ยในลุ่มน้ำน่าน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512-2544 ขึ้นอยู่กับแต่ละสถานี (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555)

### 3.1.3. การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตรจาก กรมพัฒนาที่ดินในปี พ.ศ. 2545 และปี พ.ศ. 2552 ของลุ่มน้ำน่าน พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ในลุ่มน้ำน่านเป็น พื้นที่ป่าคิดเป็นร้อยละ 52.80 ของพื้นที่ทั้งลุ่มน้ำ ซึ่งเห็นได้ว่าพื้นที่ป่าไม่มีการเพิ่มขึ้นในช่วงปี พ.ศ.2545-2552 (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555) ดังแสดงในรูปที่ 3-5 สำหรับพื้นที่เกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 37.64 ของพื้นที่ทั้งลุ่มน้ำ ในช่วงเวลาดังกล่าวอัตราการเพิ่มของพื้นที่ป่าไม่มีการเพิ่มขึ้น แต่พบว่าในช่วงปี พ.ศ.2555 อัตราการบุกรุกป่าเพื่อใช้ทำการเกษตรโดยเฉพาะข้าวโพดที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่าง รุนแรง จนทำให้อัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม่มีอัตราที่ลดลงถึง 9.1 % ในช่วงปี พ.ศ. 2543-2559 (Zeng et al., 2018)

ในการศึกษานี้พบว่าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำน่านตอนบนปี พ.ศ. 2546 ส่วนใหญ่เป็น พื้นที่เกษตรกรรมคิดเป็นร้อยละ 55.35 และพื้นที่ป่าไม้คิดเป็นร้อยละ 43.02 ในปี พ.ศ. 2552 พบว่าส่วนใหญ่ เป็นพื้นที่เกษตรกรรมคิดเป็นร้อยละ 60.73 และพื้นที่ป่าไม้คิดเป็นร้อยละ 37.71 และในปี พ.ศ. 2555 พบว่า ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมคิดเป็นร้อยละ 60.50 และพื้นที่ป่าไม้คิดเป็นร้อยละ 37.97





รูปที่ 3-5 การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำน่าน ปี พ.ศ. 2545 และปี พ.ศ. 2552 โดยข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555)

### 3.2. ขอบเขตพื้นที่ศึกษาและข้อมูลที่ใช้

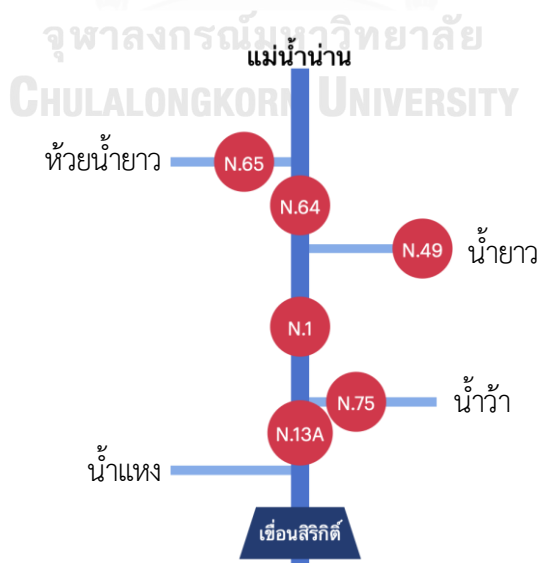
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่าง ๆ ในลุ่มน้ำน่านตอนบน เช่น การวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝน การวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงการวิเคราะห์ผลน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลอง ใน การศึกษานี้จะมีการใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสภาพภูมิประเทศ ที่ใช้ในการวิเคราะห์และนำเข้าแบบจำลองปริมาณน้ำฝน-น้ำท่าในบทต่อ ๆ ไป

#### 3.2.1. ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ใช้วิเคราะห์และนำเข้าในแบบจำลอง Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันจากกรมอุตุนิยมวิทยาทั้ง 4 สถานี ได้แก่ สถานีน่าน สถานีนาน สกษ. สถานีท่าวัง ผา และสถานีทุ่งช้าง โดยจะใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525-2560, พ.ศ. 2549-2560, พ.ศ. 2532-2560 และ พ.ศ. 2541-2560 ของแต่ละสถานีตามลำดับ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560) โดยมีจุดที่ตั้งสถานีดังรูป 1-1

#### 3.2.2. ข้อมูลปริมาณน้ำท่า

ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการปรับเทียบ (calibration) และสอบทาน (verification) ในแบบจำลอง RRI โดยใช้ข้อมูลรายวันปี พ.ศ. 2554 เพราะเป็นปีที่มีปริมาณน้ำท่าและน้ำฝนรายวันสูงสุดโดยเฉลี่ย ในการปรับเทียบ และปี พ.ศ. 2551 เนื่องจากเป็นปีที่ประสบเหตุการณ์อุทกภัยขึ้น ในการสอบทานแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลจากกรมชลประทานทั้งหมด 6 สถานี ในการปรับเทียบและสอบทาน ได้แก่ สถานี N.1 สถานี N.13 สถานี N.49 สถานี N.64 สถานี N.65 และสถานี N.75 โดยมีตำแหน่งที่ตั้งสถานี ดังรูปที่ 1-1 และ 3-6



รูปที่ 3-6 แผนที่ลุ่มน้ำน่าน

### 3.2.3. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นหนึ่งในปัจจัยในการศึกษา ซึ่งข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินมีการเก็บโดยการสำรวจทางอากาศและเดินสำรวจพื้นที่ ทำให้ข้อมูลมีความถูกต้องสูง แต่อย่างไรก็ตามการเก็บข้อมูลที่มีความถูกต้องสูงจำเป็นต้องใช้งบประมาณจำนวนมาก จึงทำให้มีการเก็บข้อมูลเฉพาะบางปี เช่น ปี พ.ศ. 2546, 2549 และ 2552 และมีความละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลไม่เท่ากัน

ข้อมูลดาวเทียม MODIS มีการเก็บข้อมูลทุกปีและมีความต่อเนื่องกว่าข้อมูลกรมพัฒนาที่ดิน แต่จำเป็นต้องมีการปรับแก้เนื่องจากเป็นข้อมูลที่มีการเก็บจากดาวเทียม ดังนั้นจึงได้ดำเนินการซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจะใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2546, 2549 และ 2552 เพื่อใช้ในการปรับเทียบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS จาก NASA ในปีดังกล่าว เพื่อใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS ที่มีความต่อเนื่องของข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544-2560 ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod12.php> ข้อมูลดาวเทียม MODIS มีลักษณะการจำแนกหลายแบบ ซึ่งในการศึกษานี้ได้ใช้ลักษณะการจำแนกแบบ The International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) ที่ได้ทำการจำแนกลักษณะข้อมูลเป็น 17 ประเภท ดังตารางที่ 3-2 ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 500 เมตร ซึ่งนำไปใช้ในการนำเข้าแบบจำลอง RRI เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ใช้ในการวิเคราะห์ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าสูงสุดอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use change)

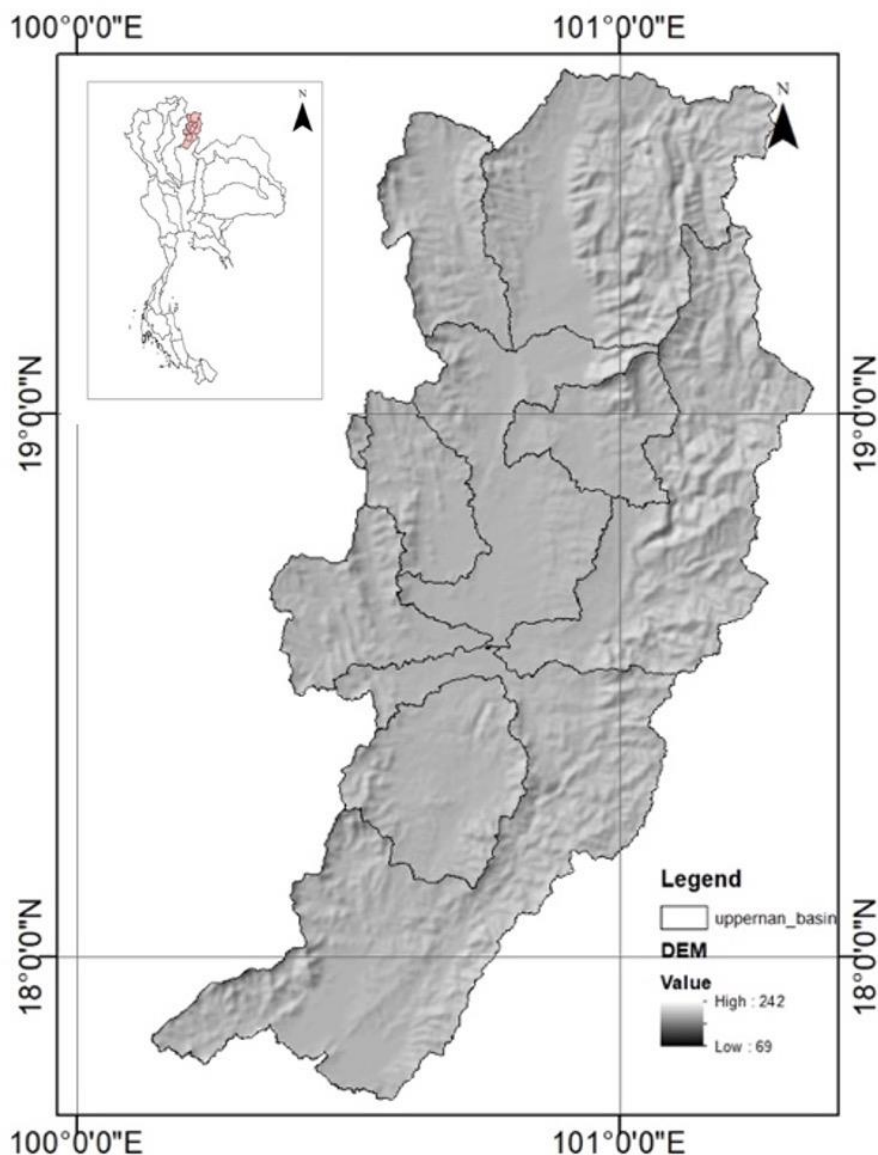
ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่นำมาใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองคือข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน ใน การศึกษานี้จะทำการใช้ข้อมูลพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS จึงจำเป็นต้องปรับเทียบ ข้อมูลระหว่างชุดข้อมูลของทางกรมพัฒนาที่ดินและชุดข้อมูลดาวเทียมของทาง MODIS ซึ่งข้อมูลจากชุด ข้อมูลจากดาวเทียม MODIS นั้นได้แบ่งเป็น 17 รูปแบบพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินดังตารางที่ 3-3

### 3.2.4. ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ

ข้อมูลสภาพภูมิประเทศได้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม SRTM จาก NASA ปี พ.ศ. 2544 ขนาด 0.00417 องศา หรือประมาณ 500 เมตร โดยได้ทำการปรับสภาพภูมิประเทศโดยเฉพาะเส้นลำน้ำให้มีความตรงกับเส้น ลำน้ำจริงในบางจุดโดยทำการเทียบกับข้อมูลสภาพลำน้ำจากข้อมูลสารสนเทศของกรมชลประทาน โดยการ ปรับความลึกของข้อมูลความสูงเชิงเลขคณิต (DEM) ให้มีความลึกสภาพลำน้ำตรงกับลำน้ำจริง และทำการ ปรับสภาพพื้นที่ภูมิประเทศให้มีความลาดชันไปในทางเดียวกันด้วยวิธีของ รองศาสตราจารย์ ดร. Takahiro Sayama เนื่องจากข้อจำกัดของแบบจำลอง RRI จะทำให้เกิดการจำลองไม่ได้หากไม่ปรับสภาพพื้นที่ที่เกิดเป็น หลุมเป็นบ่อ ทำให้เกิดการขังของน้ำ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการจำลองที่นานขึ้นของแบบจำลอง RRI โดยได้ ใช้ข้อมูลสภาพภูมิประเทศดังรูปที่ 3-7

ตารางที่ 3-3 การแยกประเภทของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ

ชื่อ	ค่า	คำอธิบาย
ป่าสนไม่ผลัดใบ	1	ครอบคลุมไปด้วยป่าสน (ความสูงมากกว่า 2 เมตร) ปกคลุมด้วยต้นไม้มากกว่า 60 %
ป่าไม้ใบใหญ่ไม่ผลัดใบ	2	ครอบคลุมไม้ใบใหญ่ และไม้ประเภทปาล์ม (ความสูงมากกว่า 2 เมตร) ปกคลุมด้วยต้นไม้มากกว่า 60 %
ป่าสนผลัดใบ	3	ครอบคลุมไปด้วยป่าสน (ความสูงมากกว่า 2 เมตร) ปกคลุมด้วยต้นไม้มากกว่า 60 %
ป่าไม้ใบใหญ่ผลัดใบ	4	ครอบคลุมไม้ใบใหญ่ และไม้ประเภทปาล์ม (ความสูงมากกว่า 2 เมตร) ปกคลุมด้วยต้นไม้มากกว่า 60 %
ป่าผสม	5	ครอบคลุมด้วยป่าผลัดใบหรือไม่ผลัดใบ (40-60 %) (ความสูงมากกว่า 2 เมตร) ปกคลุมด้วยต้นไม้มากกว่า 60 %
พุ่มไม้แบบปิด	6	ครอบคลุมด้วยพืชที่มีวงจรกิจิตยาวนาน (ความสูง 1-2 เมตร) ปกคลุมมากกว่า 60 %
พุ่มไม้แบบเปิด	7	ครอบคลุมด้วยพืชที่มีวงจรกิจิตยาวนาน (ความสูง 1-2 เมตร) ปกคลุม 10-60 %
ป่าทุ่งหญ้า	8	ปกคลุมด้วยต้นไม้ 30-60 % (ความสูงมากกว่า 2 เมตร)
ทุ่งหญ้า	9	ปกคลุมด้วยต้นไม้ 10-30 % (ความสูงมากกว่า 2 เมตร)
ทุ่งหญ้าล้มลุก	10	ครอบคลุมด้วยไม้ล้มลุกรายปี (ความสูงน้อยกว่า 2 เมตร)
พื้นที่ชุ่มน้ำถาวร	11	ครอบคลุมด้วยพื้นที่ท่วมขัง 30-60 % และพืชพันธุ์ต่าง ๆ มากกว่า 10 %
พื้นที่เกษตรกรรม	12	ไม่น้อยกว่า 60 % ของพื้นที่เป็นพื้นที่เพาะปลูก
ที่อยู่อาศัย	13	ครอบคลุมด้วยพื้นที่ไม่ชื้นน้ำอย่างน้อย 30 %
พื้นที่เพาะปลูกผสม	14	ประกอบด้วยการเพาะปลูกพืชขนาดเล็ก 40-60 % ต้นไม้ตามธรรมชาติ พุ่มไม้ หรือไม้ล้มลุก
พื้นที่หิมะหรือน้ำแข็ง	15	พื้นที่ครอบคลุมไปด้วยหิมะหรือน้ำแข็งมากกว่า 60 % ระยะเวลา 10 เดือนต่อปี
พื้นที่แห้งแล้ง	16	ไม่น้อยกว่า 60 % ของพื้นที่คือพื้นที่แห้งแล้ง (ดิน หิน ทราย) และพื้นที่เพาะปลูกน้อยกว่า 10 %
พื้นที่น้ำ	17	ครอบคลุมด้วยน้ำมากกว่า 60 % ของพื้นที่
ไม่สามารถจำแนกได้	255	ไม่สามารถจำแนกได้เนื่องจากขาดข้อมูลนำเข้าการสะท้อน



รูปที่ 3-7 สภาพภูมิประเทศโดยข้อมูล SRTM จาก NASA ปี พ.ศ. 2544 ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำน่านตอนบน

### 3.3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษานี้มีขั้นตอนการดำเนินงานโดยรวบรวม ทบทวน และศึกษางานวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษานี้ และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อทำการจำลองพื้นที่อุทกภัยด้วยแบบจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า Rainfall-Runoff Inundation Model (RRI) และจำเป็นต้องปรับเทียบและสอบเทียบเพื่อปรับแก้ตัวแปรจากแบบจำลองให้มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง จากนั้นจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่าเพื่อศึกษา วิเคราะห์ และเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดภายใต้อิทธิพลความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและ

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการสรุปและจัดทำวิทยานิพนธ์แสดงดังรูปที่ 3-8 โดยขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยที่กล่าวมาสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนรายละเอียด ได้ดังนี้

1. รวบรวม และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- ศึกษาประวัติการเกิดอุทกภัยในลุ่มน้ำน่าน
- ศึกษาการแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าต่าง ๆ ในงานวิจัยที่ผ่านมา
- ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำน่าน
- ศึกษาการความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน
- ศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แบบจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า
- การประยุกต์ใช้และวิเคราะห์อัตราการใช้สูงสุดจากแบบจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า

2. รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัด

- ข้อมูลทางสภาพทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ข้อมูลอัตราการระเหยจากภาคระเหยรายวัน จากกรมอุตุนิยมวิทยา ดังที่แสดงในตาราง 3-3
- ข้อมูลอุทกวิทยา เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ข้อมูลอัตราการไหลรายวัน จากกรมชลประทาน ดังที่แสดงในตาราง 3-3

3. รวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังที่แสดงในตาราง 3-3

- ข้อมูลการใช้ที่ดินรายปี จากปี พ.ศ. 2546, 2552 และ 2555 จากกรมพัฒนาที่ดิน
- ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินรายปี จากดาวเทียม MODIS จาก The National Aeronautics and Space Administration (NASA) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544-2560

4. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS กับกรมพัฒนาที่ดิน

5. วิเคราะห์เส้นแนวโน้มฝนโดย 5-year-moving average และ ทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Mann-Kendall

6. รวบรวมข้อมูลทางกายภาพลุ่มน้ำน่าน

- ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ เช่น ข้อมูลแบบจำลองระดับเชิงเลข (DEM) จาก Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ข้อมูลตำแหน่งสิ่งปลูกสร้างที่ส่งผลต่อการไหลของน้ำ เช่น กำแพงกันน้ำ ข้อมูลรูปร่างหน้าตัดลำน้ำน่าน จากกรมชลประทาน (RID) ดังตารางที่ 3-3

7. วิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรในแบบจำลอง

- วิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรในแบบจำลองโดยการเปลี่ยนค่าตัวแปรในแบบจำลองและประเมินความอ่อนไหวเมื่อทำการเปลี่ยนค่าแล้วในแต่ละตัวแปร เพื่อใช้สำหรับพิจารณาค่าของตัวแปรในขณะวัดสอบเทียบ

#### 8. ปรับเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลปี พ.ศ. 2554

- ปรับเทียบแบบจำลอง (model calibration) โดยใช้ข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2554 โดยการปรับแก้ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในแบบจำลอง เพื่อทำการปรับเทียบตัวแปรให้สอดคล้องกับข้อมูลอัตราการไหลอัตราการไหลสูงสุด

#### 9. สอบทานแบบจำลองด้วยข้อมูลปี พ.ศ. 2551

- ตรวจสอบแบบจำลอง (model verification) โดยใช้ข้อมูลต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2551 ในการตรวจสอบความถูกต้องของพื้นที่อุทกภัยและอัตราการไหลในลำน้ำจากสถานีตรวจวัด เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องหลักจากการปรับเทียบตัวแปรในแบบจำลอง

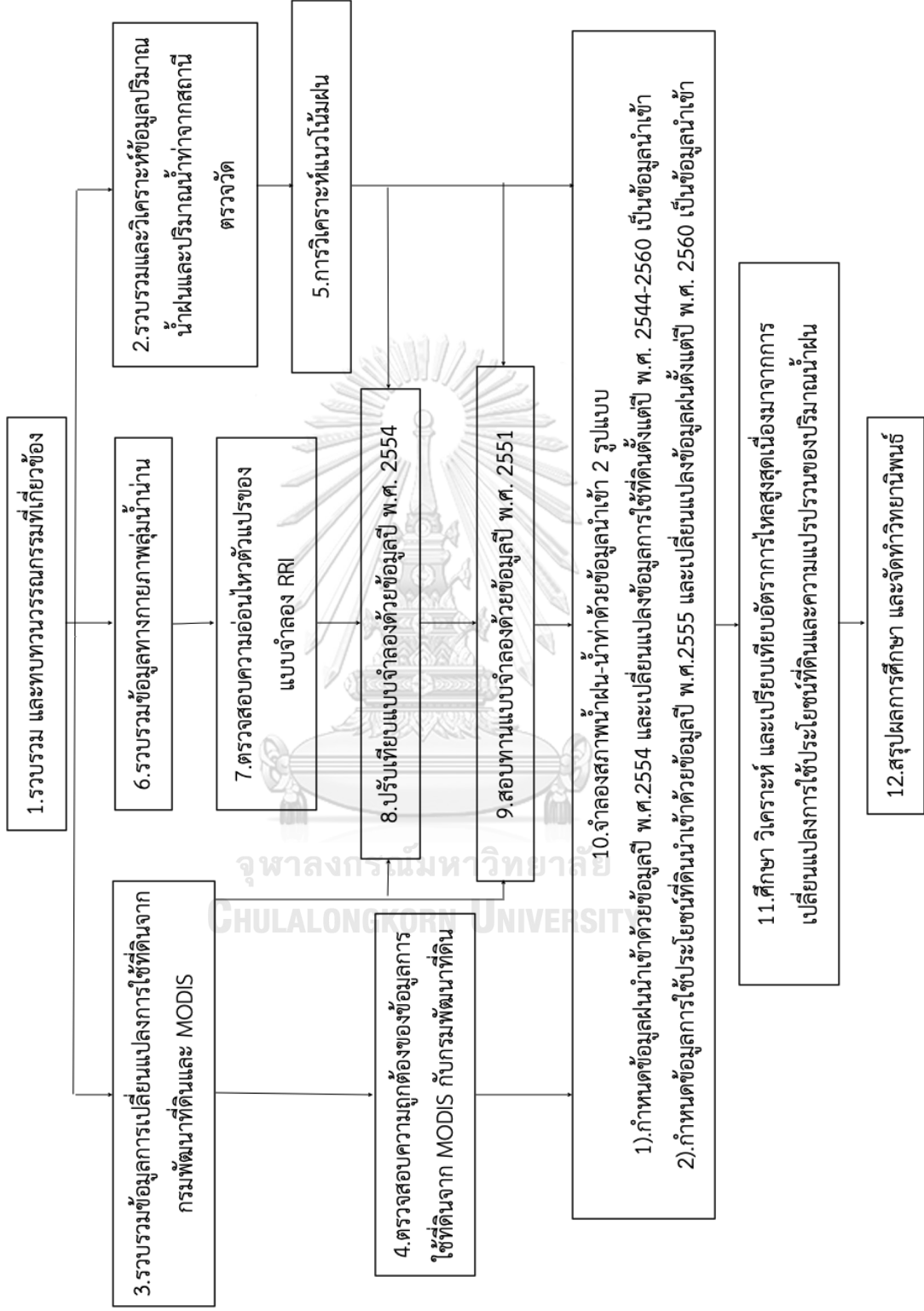
#### 10. จำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่าด้วยข้อมูลนำเข้า 2 รูปแบบ

- ในรูปแบบที่ 1 จะทำการกำหนดข้อมูลนำเข้าปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลคงที่ โดยใช้ข้อมูลนำเข้าปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2554 จากนั้นทำการจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่าด้วยแบบจำลอง โดยทำการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรายปี พ.ศ. 2544-2560 จากข้อมูลการใช้ที่ดินจากดาวเทียม MODIS เพื่อดูผลลัพธ์อัตราการไหลที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน
- ในรูปแบบที่ 2 จะทำการกำหนดข้อมูลนำเข้าการใช้ที่ดินเป็นข้อมูลคงที่ โดยใช้ข้อมูลนำเข้าการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2555 จากกรมพัฒนาที่ดิน จากนั้นทำการจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่าด้วยแบบจำลอง โดยทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายวันปี พ.ศ. 2560 และความแปรปรวนเชิงปริมาณจากปี พ.ศ. 2560 1% 2% 3% และ 4% เพื่อศึกษาผลจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนซึ่งทำให้อัตราการไหลสูงสุดที่เปลี่ยนแปลงไป

#### 11. ศึกษา วิเคราะห์ และเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน

- ทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่าทั้ง 2 รูปแบบ โดยทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดที่เกิดขึ้นจากการจำลอง

#### 12. สรุปผลการศึกษา และจัดทำวิทยานิพนธ์



รูปที่ 3-8 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน



ตารางที่ 3-4 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับ	ข้อมูล	หน่วยงาน	ช่วงเวลา (พ.ศ.)	วัตถุประสงค์ในการใช้งาน
1	Digital Elevation Model: DEM	SRTM จาก NASA	2549	นำเข้าแบบจำลอง
2	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2546, 2549 และ 2552	เปรียบเทียบข้อมูล
		MODIS จาก NASA	2544-2560	นำเข้าแบบจำลอง
3	ข้อมูลปริมาณน้ำฝน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2525-2560	นำเข้าแบบจำลอง
4	ข้อมูลปริมาณน้ำท่า	กรมชลประทาน	2544-2560	นำเข้าแบบจำลอง เปรียบเทียบและสอบทาน แบบจำลอง

## บทที่ 4

### การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน

ในบทนี้เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฝนรายปี และรายเดือน และวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธีเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่และวิธี Mann-Kendall

#### 4.1. การวิเคราะห์ปริมาณฝนรายปี

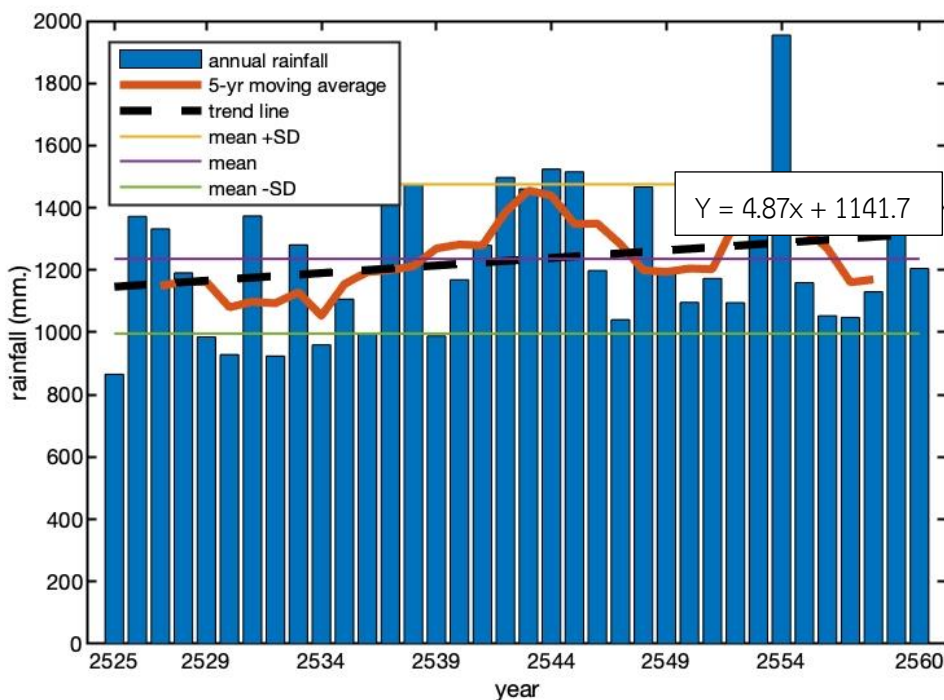
ข้อมูลฝนที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 4 สถานี คือ สถานีน่าน สถานีน่าน สกษ. สถานีท่าวังผา และ สถานีทุ่งช้าง ดังแสดงในรูปที่ 4-1 ถึง 4-4 โดยแต่ละสถานีมีความยาวของข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังสรุปในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ความยาวของข้อมูลในแต่ละสถานี

รหัสสถานี	สถานี	ละติจูด	ลองจิจูด	ช่วงเวลาข้อมูล	จำนวนปี(ปี)
331201	น่าน	18.77	100.76	พ.ศ.2525-2560	36
331301	น่าน สกษ.	18.86	100.74	พ.ศ.2549-2560	12
331401	ท่าวังผา	19.12	100.81	พ.ศ.2532-2560	29
331402	ทุ่งช้าง	19.42	100.88	พ.ศ.2541-2560	20

### จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

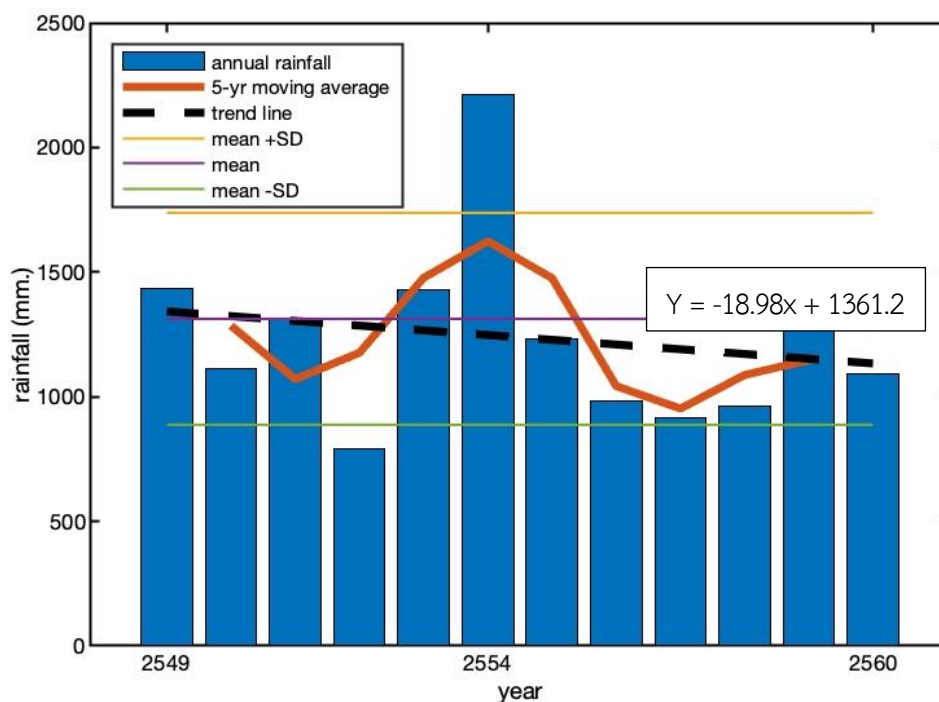
ปริมาณฝนรายปีที่สถานีน่านในช่วงปีพ.ศ. 2525 – 2560 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,236 มม./ปี และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 240 มม. จากรูปที่ 4-1 กราฟแท่งแสดงปริมาณน้ำฝนรายปี จะเห็นได้ว่าปริมาณฝนรายปีที่สถานีน่านมีความแปรปรวนระหว่างปีค่อนข้างมาก ในปีพ.ศ. 2554 ปริมาณฝนรายปีมีปริมาณสูงถึง 1,954.5 มม. ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยถึง 58% และในช่วงปีพ.ศ. 2555 – 2558 ปริมาณฝนรายปีมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยติดต่อกันเป็นเวลา 4 ปี



รูปที่ 4-1 ฝนรายปีสถานีน้ำน่านปี พ.ศ.2525-2560

จากการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนรายปีด้วยเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ 5 ปี พบว่า ปริมาณฝนรายปีที่สถานีน้ำน่านมีแนวโน้มแบบคาบ (cycle) และจากเส้นแนวโน้ม (trend line) พบว่าในช่วง พ.ศ. 2525 – 2560 ปริมาณฝนรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อทำการวิเคราะห์แนวโน้มด้วยวิธี Mann-Kendall พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่า Z เท่ากับ 1.18

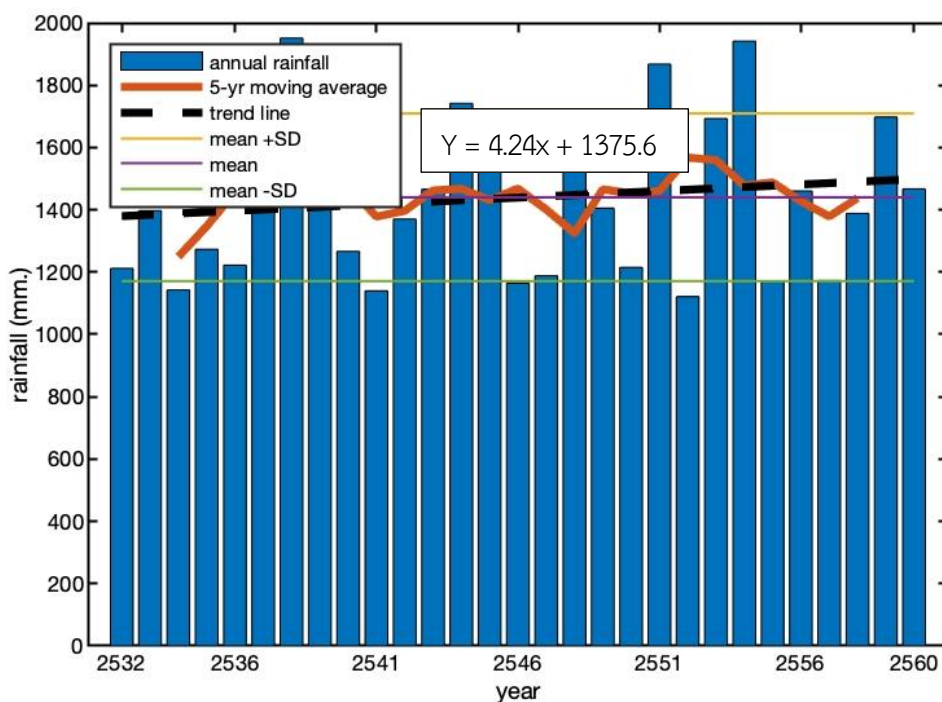
ปริมาณฝนรายปีที่สถานีน้ำน่าน สกช. ในช่วงปีพ.ศ. 2549 – 2560 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,313 มม./ปี และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 425 มม. จากรูปที่ 4-2 กราฟแท่งแสดงปริมาณน้ำฝนรายปี จะเห็นว่าปริมาณฝนรายปีที่สถานีน้ำน่าน สกช. มีความแปรปรวนระหว่างปีค่อนข้างมาก ในปีพ.ศ. 2554 ปริมาณฝนรายปีมีปริมาณสูงถึง 2,212.9 มม. ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยถึง 68% และในช่วงปีพ.ศ. 2555 – 2558 ปริมาณฝนรายปีมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยติดต่อกันเป็นเวลา 4 ปี



รูปที่ 4-2 ฝนรายปีสถานีน้ำ สกช. ปี พ.ศ.2549-2560

จากการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนรายปีด้วยเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ 3 ปี พบว่า ปริมาณฝนรายปีที่สถานีน้ำ สกช. มีแนวโน้มแบบคาบ (cycle) และจากเส้นแนวโน้ม (trend line) พบว่าในช่วงพ.ศ. 2549 – 2560 ปริมาณฝนรายปีมีแนวโน้มลดลง และด้วยจำนวนข้อมูลรายปีที่น้อย อาจทำให้ค่า 3-year-moving average ในช่วงดังกล่าวมีเพียงแต่ช่วงลดลง ทำให้เกิดเส้นแนวโน้มที่ลดลงเพียงอย่างเดียว หากมีข้อมูลที่ต่อเนื่องมากขึ้นอาจจะทำให้ข้อมูลมีแนวโน้มแบบคาบ และเส้นแนวโน้มอาจเพิ่มขึ้นหรือลดลง

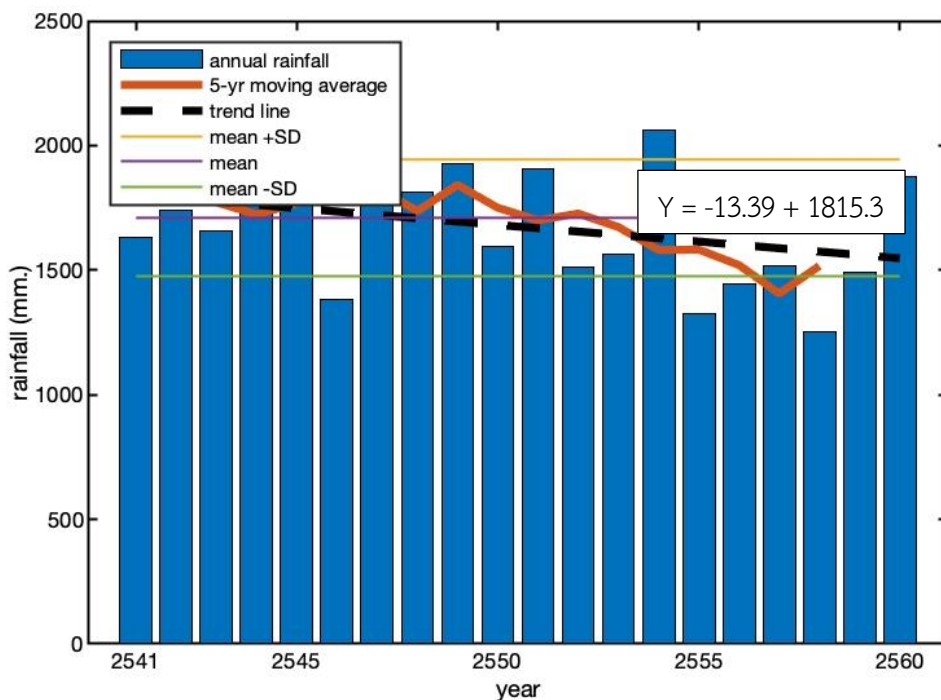
ปริมาณฝนรายปีที่สถานีท่าวังผาในช่วงปีพ.ศ. 2532 – 2560 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,440 มม./ปี และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 269 มม. จากรูปที่ 4-3 กราฟแท่งแสดงปริมาณน้ำฝนรายปี จะเห็นได้ว่าปริมาณฝนรายปีที่สถานีท่าวังผา มีความแปรปรวนระหว่างปีค่อนข้างมาก ในปีพ.ศ. 2554 ปริมาณฝนรายปีมีปริมาณสูงถึง 1,941.7 มม. ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยถึง 74% และในช่วงปีพ.ศ. 2532 – 2536 ปริมาณฝนรายปีมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยติดต่อกันเป็นเวลา 5 ปี



รูปที่ 4-3 ฝนรายปีสถานีท่าวังผา ปี พ.ศ.2532-2560

จากการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนรายปีด้วยเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ 5 ปี พบว่า ปริมาณฝนรายปีที่สถานีท่าวังผามีแนวโน้มแบบคาบ (cycle) และจากเส้นแนวโน้ม (trend line) พบว่าในช่วงพ.ศ. 2532- 2560 ปริมาณฝนรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ปริมาณฝนรายปีที่สถานีทุ่งช้างในช่วงปีพ.ศ. 2541 – 2560 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1,710 มม./ปี และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 234 มม. จากรูปที่ 4-4 กราฟแท่งแสดงปริมาณน้ำฝนรายปี จะเห็นได้ว่าปริมาณฝนรายปีที่สถานีทุ่งช้าง มีความแปรปรวนระหว่างปีค่อนข้างมาก ในปีพ.ศ. 2554 ปริมาณฝนรายปีมีปริมาณสูงถึง 2,060.7 มม. ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยถึง 83% และในช่วงปีพ.ศ. 2555 – 2559 ปริมาณฝนรายปีมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยติดต่อกันเป็นเวลา 5 ปี



รูปที่ 4-4 ฝนรายปีสถานีทุ่งช้าง ปี พ.ศ.2541-2560

จากการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนรายปีด้วยเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบ 5 ปี พบว่า ปริมาณฝนรายปีที่สถานีทุ่งช้างมีแนวโน้มแบบคาบ (cycle) และจากเส้นแนวโน้ม (trend line) พบว่าในช่วงพ.ศ. 2541 – 2560 ปริมาณฝนรายปีมีแนวโน้มลดลง

แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของสถานีน้ำน่านจากเส้นแนวโน้ม มีอัตราการเพิ่มขึ้น 4.87 มม./ปี และสถานีท่าวังผา มีอัตราการเพิ่มขึ้น 4.87 มม./ปี ในทางกลับกัน สถานีน้ำน่าน สกษ. มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนต่อปีน้อยกว่าการเพิ่มขึ้นของสถานีน้ำน่านและท่าวังผากว่า 3 เท่า โดยมีค่าอัตราการลดอยู่ที่ 18.98 มม./ปี เช่นเดียวกับสถานีทุ่งช้างมีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนต่อปีมากกว่าการเพิ่มขึ้นของสถานีน้ำน่านและท่าวังผากว่า 2 เท่า โดยมีค่าอัตราการลดอยู่ที่ 13.39 มม./ปี ดังแสดงในตารางที่ 4-2

#### 4.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝนรายฤดูกาล

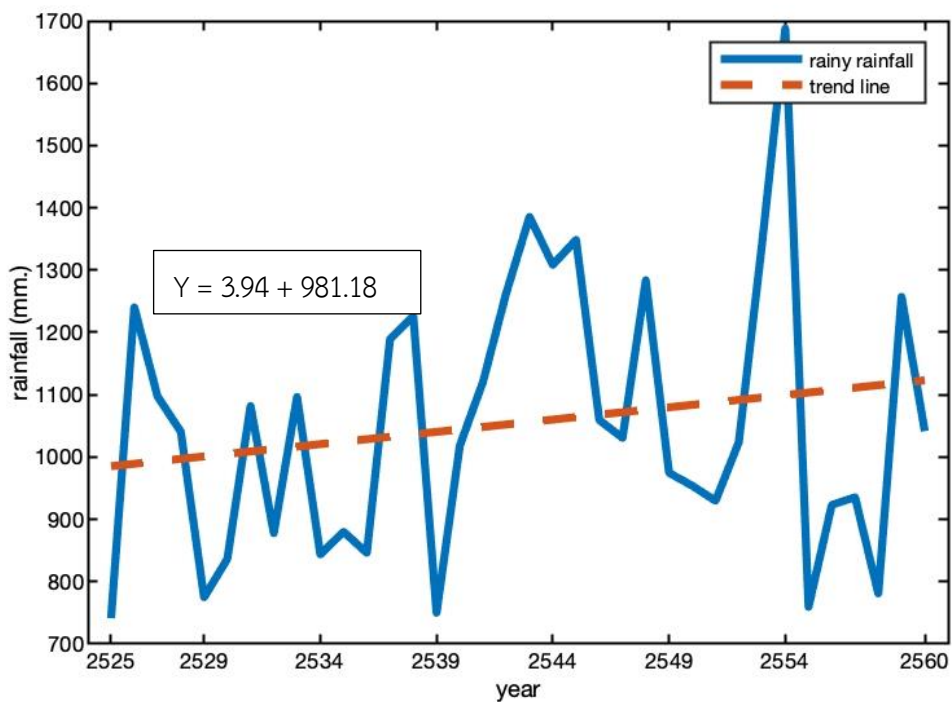
ปริมาณน้ำฝนช่วงฤดูฝน (เดือน พ.ค. – ต.ค.) ที่สถานีน้ำน่านในช่วงปี พ.ศ. 2525-2560 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4-5 ปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูแล้ง (เดือน พ.ย. – เม.ย.) ที่สถานีน้ำน่านในช่วงปี พ.ศ. 2525-2560 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4-6

ปริมาณน้ำฝนช่วงฤดูฝน (เดือน พ.ค. – ต.ค.) ที่สถานีน้ำน่าน สกษ. ในช่วงปี พ.ศ. 2549-2560 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4-7 แต่ปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูแล้ง (เดือน พ.ย. – เม.ย.) ที่สถานีน้ำน่าน สกษ. ในช่วงปี พ.ศ. 2549-2560 มีแนวโน้มที่ลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4-8

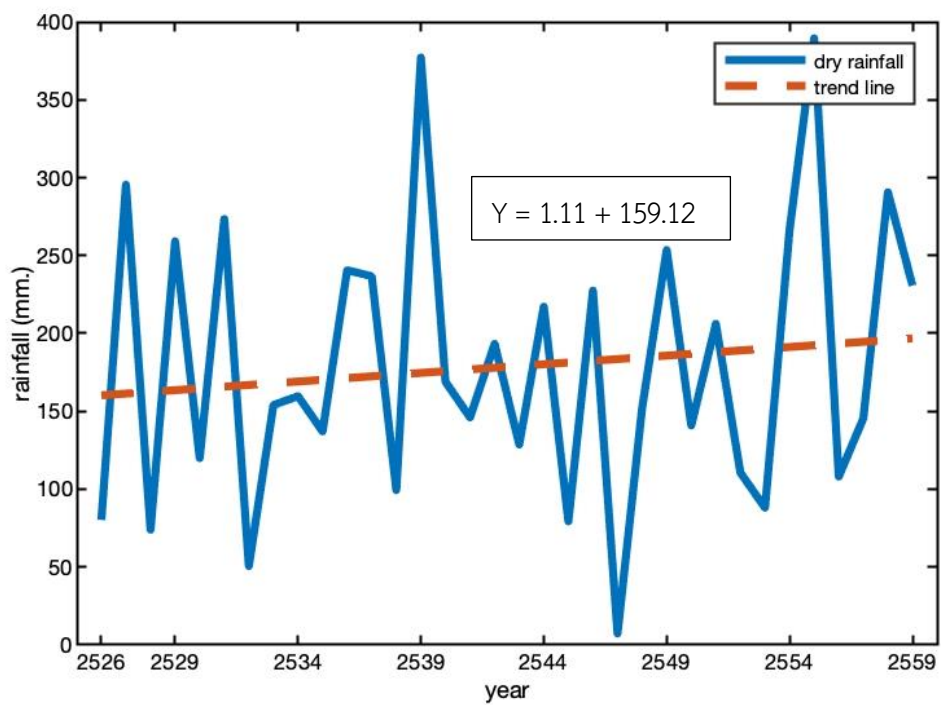
ปริมาณน้ำฝนช่วงฤดูฝน (เดือน พ.ค. – ต.ค.) ที่สถานีท่าวังผา ในช่วงปี พ.ศ. 2532-2560 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4-9 ปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูแล้ง (เดือน พ.ย. – เม.ย.) ที่สถานีท่าวังผาในช่วงปี พ.ศ. 2532-2560 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4-10

ปริมาณน้ำฝนช่วงฤดูฝน (เดือน พ.ค. – ต.ค.) ที่สถานีทุ่งช้าง ในช่วงปี พ.ศ. 2541-2560 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4-11 แต่ปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูแล้ง (เดือน พ.ย. – เม.ย.) ที่สถานีทุ่งช้างในช่วงปี พ.ศ. 2541-2560 มีแนวโน้มที่ลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4-12



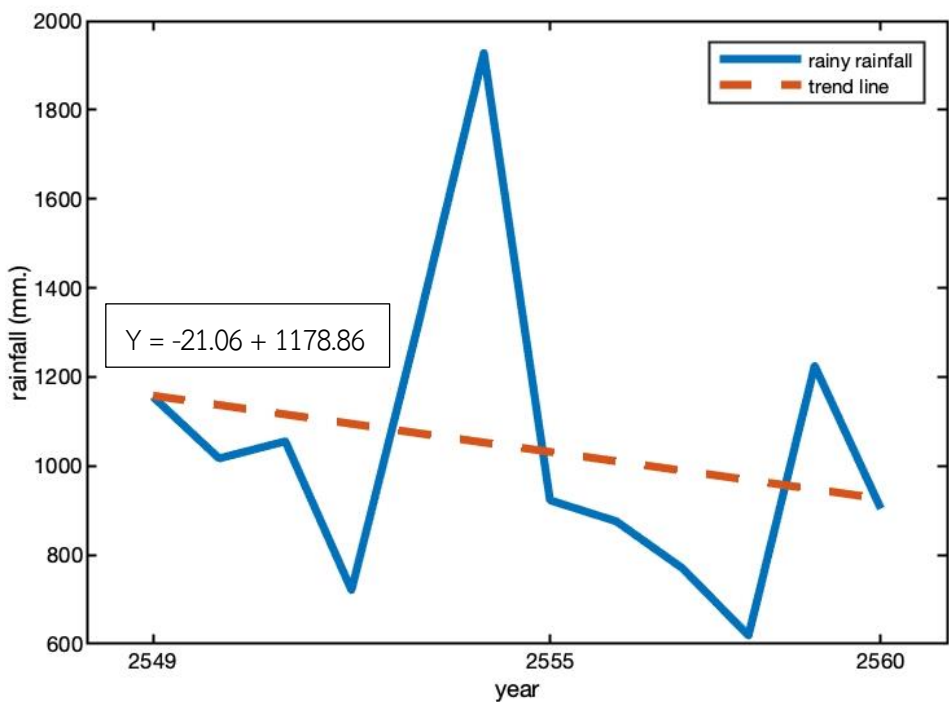


รูปที่ 4-5 ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. ปีพ.ศ. 2525 - 2560 ที่สถานีน้ำน่าน

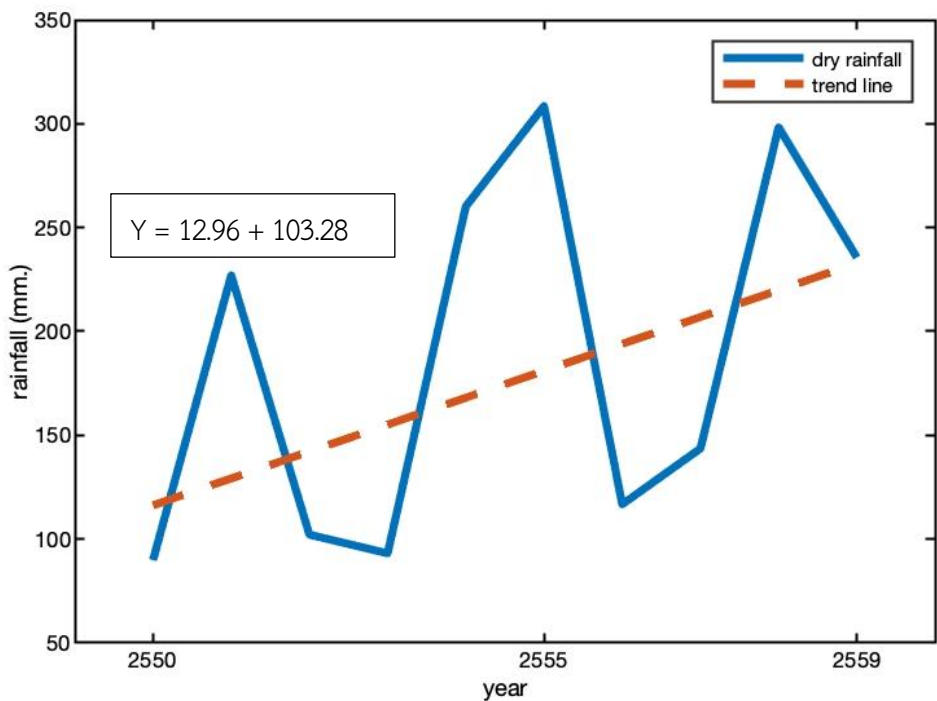


รูปที่ 4-6 ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ย. - เม.ย. ปีพ.ศ. 2525 - 2560 ที่สถานีน้ำน่าน

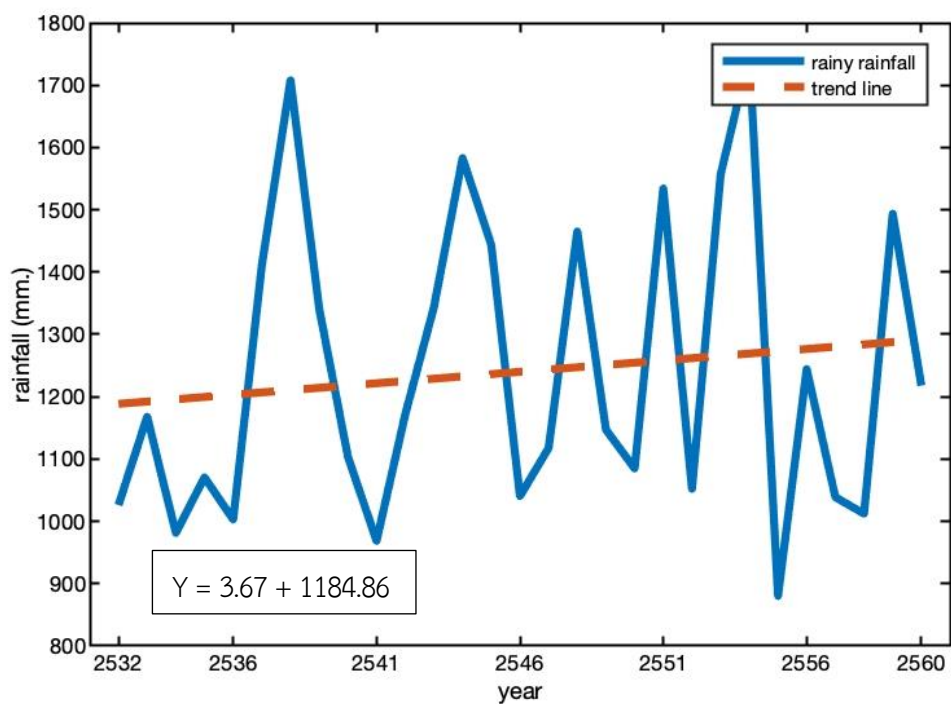




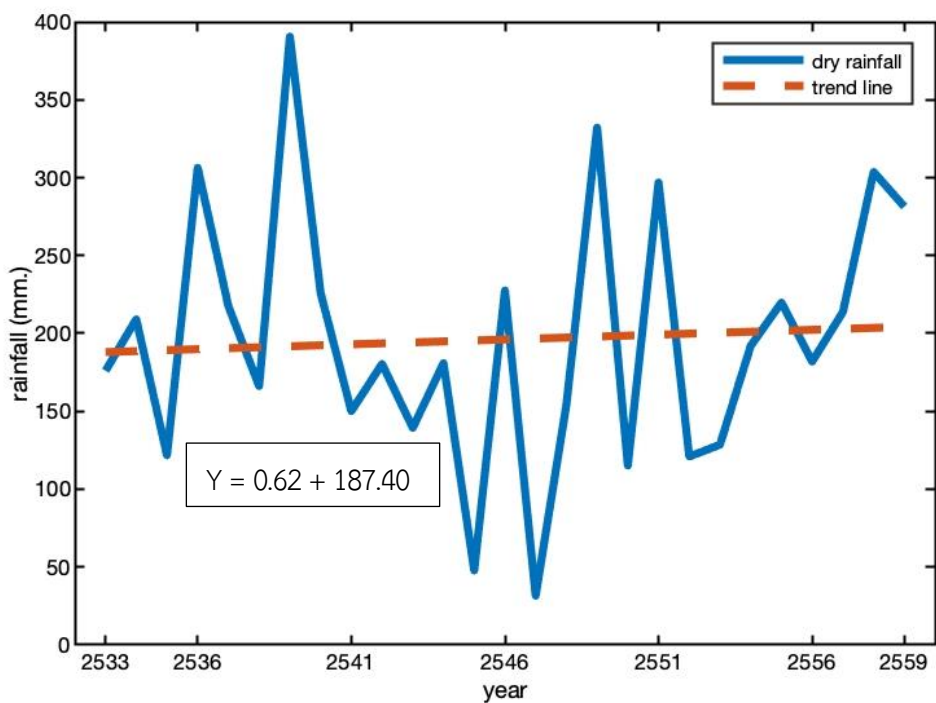
รูปที่ 4-7 ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. ปีพ.ศ. 2549 - 2560 ที่สถานีน้ำน่าน สกษ.



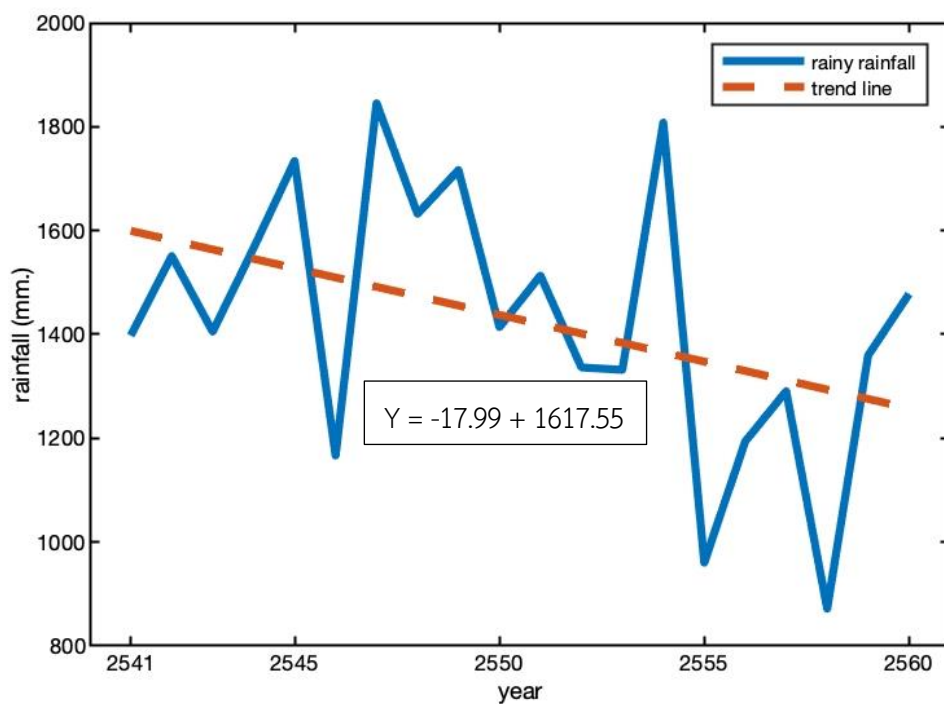
รูปที่ 4-8 ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ย. - เม.ย. ปีพ.ศ. 2549 - 2560 ที่สถานีน้ำน่าน สกษ.



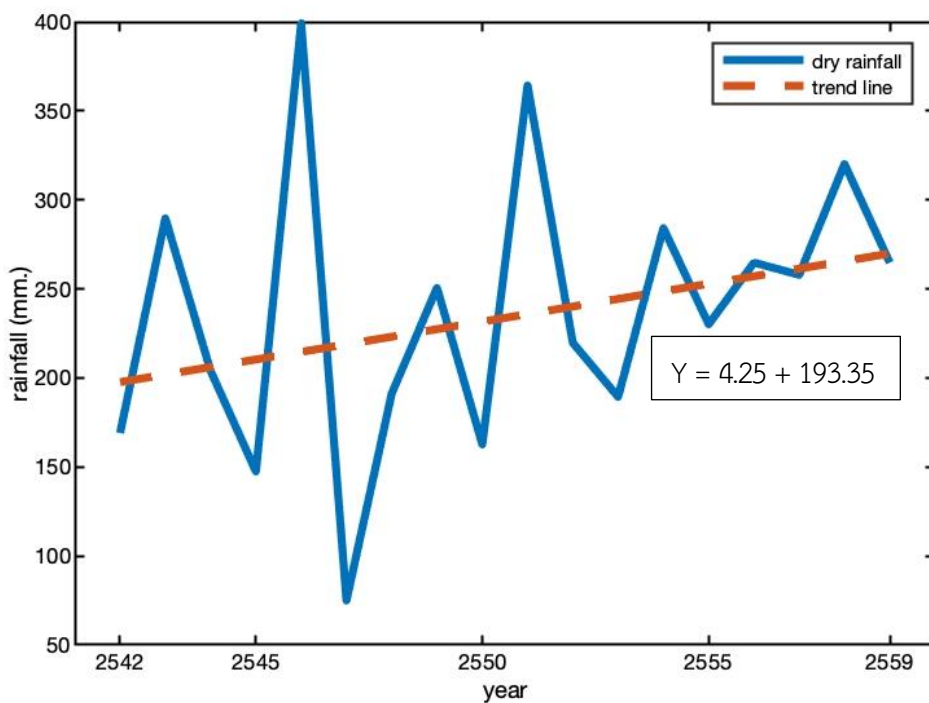
รูปที่ 4-9 ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. ปีพ.ศ. 2532 - 2560 ที่สถานีท่าวังผา



รูปที่ 4-10 ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ย. - เม.ย. ปีพ.ศ. 2532 - 2560 ที่สถานีท่าวังผา



รูปที่ 4-11 ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ค. - ต.ค. ปีพ.ศ. 2541 - 2560 ที่สถานีทุ่งช้าง

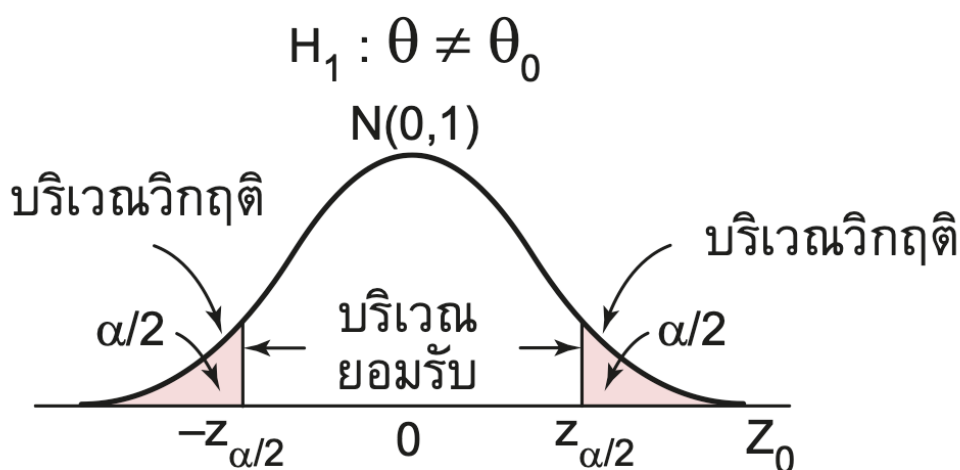


รูปที่ 4-12 ปริมาณฝนรวมช่วงเดือน พ.ย. - เม.ย. ปีพ.ศ. 2541 - 2560 ที่สถานีทุ่งช้าง

#### 4.3. ผลแนวโน้มจากการทดสอบสมมติฐาน Mann-Kendall Test จากข้อมูลฝนรายปีและรายฤดูกลาง

จากผลการศึกษาการวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณฝนรายปีด้วยวิธีเส้นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ และ Regression analysis พบว่าปริมาณฝนรายปีทั้ง 4 สถานี มีแนวโน้มแบบคาบ (cycle) โดยปริมาณฝนรายปีที่สถานีน้ำน่าน และสถานีท่าวังผา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ที่สถานีน้ำน่าน สกษ. และสถานีทุ่งช้างมีแนวโน้มลดลง จึงได้ทำการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนรายปีและรายฤดูกาลเพิ่มเติม โดยใช้วิธีการทดสอบแนวโน้มโดย Mann-Kendall ทั้งนี้ในการทดสอบแนวโน้มโดย Mann-Kendall จะทำการทดสอบเพียง 3 สถานี เนื่องจากข้อมูลฝนที่สถานีน้ำน่าน สกษ. มีข้อมูลเพียง 12 ปี (พ.ศ. 2549 – 2560) ซึ่งมีข้อมูลค่อนข้างสั้น ส่งผลให้การทดสอบสมมติฐานเกิดความคลาดเคลื่อนได้มาก

การทดสอบแนวโน้มโดย Mann-Kendall เป็นการทดสอบสมมติฐาน โดยมีสมมติฐานหลัก (null hypothesis,  $H_0$ ) คือ ข้อมูลฝนไม่มีแนวโน้ม และสมมติฐานรอง (alternative hypothesis,  $H_1$ ) คือ ข้อมูลฝนมีแนวโน้ม ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานนี้จึงเป็นการทดสอบแบบสองทาง (two-tailed test) ดังแสดงในรูปที่ 4-13 โดยใช้ตัวสถิติทดสอบ  $S$  ดังรายละเอียดการคำนวณที่แสดงในบทที่ 2 ในการทดสอบแนวโน้มของปริมาณฝนรายปี และปริมาณฝนรายฤดูกาลของทั้ง 3 สถานี ได้ทำการคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบ  $S$  และค่าตัวสถิติทดสอบมาตรฐาน  $Z_0$  โดยค่าวิกฤติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่า  $-Z_{\alpha/2} = -1.96$  และค่า  $Z_{\alpha/2} = 1.96$



รูปที่ 4-13 การทดสอบสมมติฐานแบบสองทางของการกระจายตัว  $Z$  (นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์, 2556)

ผลการคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบมาตรฐาน  $Z_0$  และค่านัยสำคัญ (p-value) ของปริมาณฝนรายปีที่ 3 สถานีแสดงดังตารางที่ 4-2 พบว่าค่า  $Z_0$  ของทั้ง 3 สถานีอยู่ระหว่าง -1.96 และ 1.96 ดังนั้นจึงไม่สามารถปฏิเสธ

สมมติฐานหลักได้ สรุปได้ว่า ปริมาณฝนรายปีของทั้ง 3 สถานีไม่มีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4-2 ค่าตัวสถิติทดสอบของการทดสอบแนวโน้มโดย Mann-Kendall ของปริมาณฝนรายปี

รหัสสถานี	สถานีฝน	$Z_0$	p-value	อัตราการเปลี่ยนแปลง ปริมาณฝน (มม./ปี) จาก Regression analysis
331201	น่าน	1.18	0.12	4.87
331401	ท่าวังผา	0.73	0.23	4.24
331402	ทุ่งช้าง	-1.4	0.08	-13.39

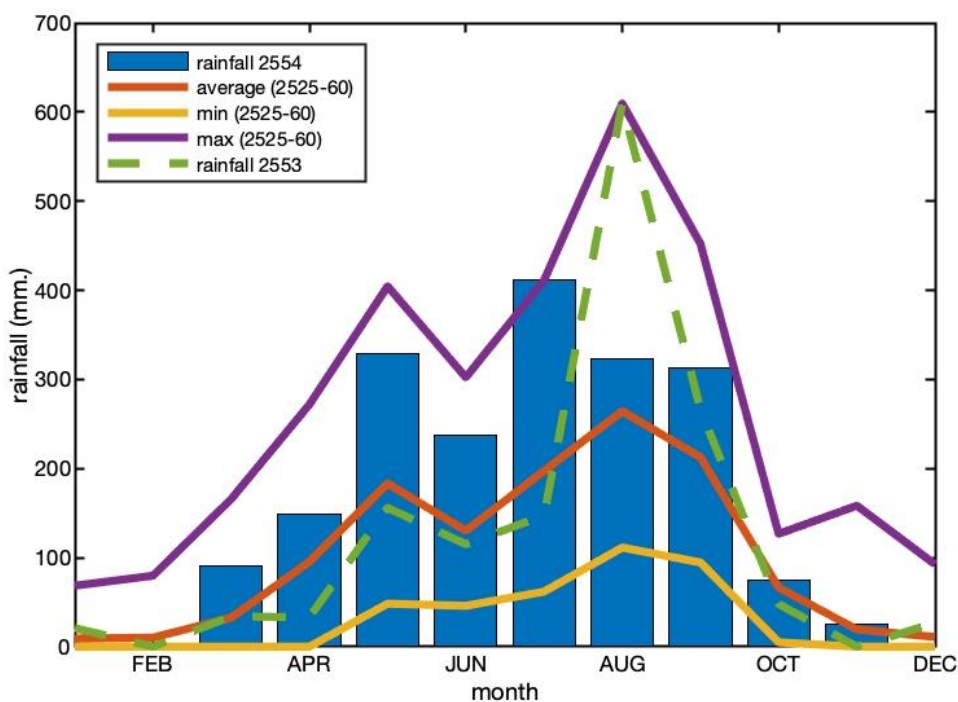
ผลการคำนวณค่าตัวสถิติทดสอบมาตรฐาน  $Z_0$  และค่านัยสำคัญ (p-value) ของปริมาณฝนรายฤดูกาลที่ 3 สถานีแสดงดังตารางที่ 4-3 พบว่าค่า  $Z_0$  ของทั้ง 3 สถานีในฤดูฝนและฤดูแล้งอยู่ระหว่าง -1.96 และ 1.96 ดังนั้นจึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ สรุปได้ว่า ปริมาณฝนรายฤดูกาลของทั้ง 3 สถานีไม่มีแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4-3 ค่าตัวสถิติทดสอบของการทดสอบแนวโน้มโดย Mann-Kendall ของปริมาณฝนรายฤดูกาล

รหัสสถานี	สถานี	เส้นแนวโน้มจาก Regression analysis		ฤดูฝน			ฤดูแล้ง		
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	$Z_0$	p-value	อัตราการเปลี่ยนแปลง ปริมาณฝน (มม./ปี) จาก Regression analysis	$Z_0$	p-value	อัตราการเปลี่ยนแปลง ปริมาณฝน (มม./ปี) จาก Regression analysis
331201	น่าน	เพิ่ม	เพิ่ม	0.56	0.29	3.94	0.94	0.17	1.11
331401	ท่าวังผา	เพิ่ม	เพิ่ม	0.81	0.21	3.67	0.5	0.31	0.62
331402	ทุ่งช้าง	ลด	เพิ่ม	-1.59	0.06	-17.99	1.44	0.93	4.25

#### 4.4. การวิเคราะห์ปริมาณฝนรายเดือน

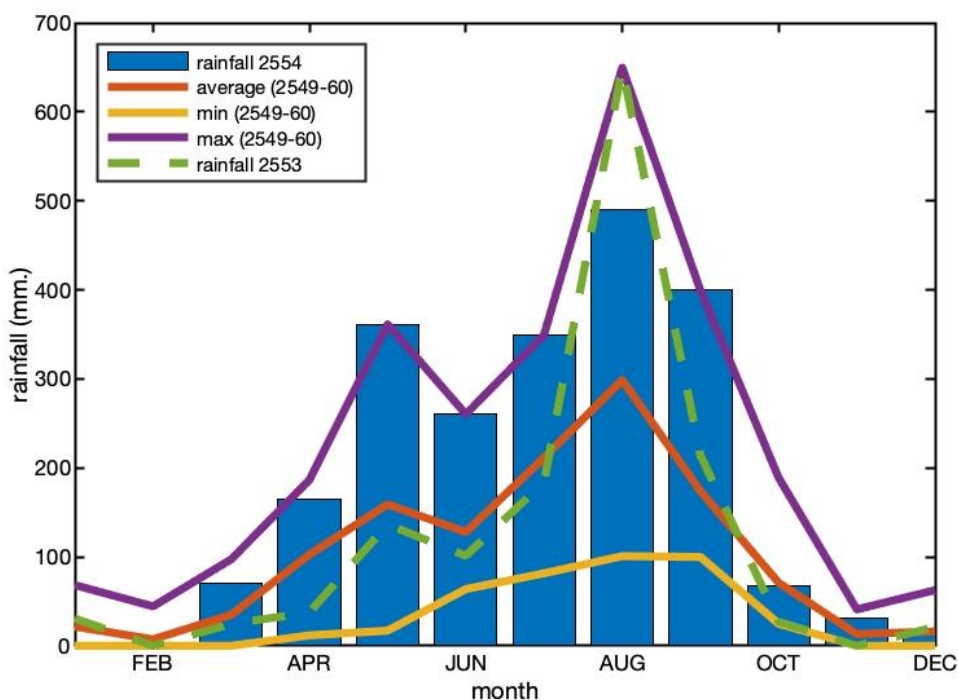
ปริมาณฝนรายเดือนที่สถานีน้ำน่านแสดงดังรูปที่ 4-14 ลักษณะของปริมาณฝนรายเดือนจะมีค่าสูงใน 2 เดือน คือ เดือนพฤษภาคม และเดือนสิงหาคม ในปีพ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณฝนรายปีสูงมาก พบว่าลักษณะการกระจายตัวของฝนรายเดือนมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยทุกเดือนในช่วงฤดูฝน โดยในเดือนพฤษภาคมมีปริมาณฝนอยู่ที่ 328.8 มม. สูงกว่าค่าเฉลี่ย 198.8 มม. และในเดือนกรกฎาคมมีปริมาณฝนอยู่ที่ 411.2 มม. ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของปริมาณฝนในเดือนกรกฎาคมในช่วงปีพ.ศ. 2525 – 2560 สำหรับปีพ.ศ. 2553 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณฝนรายปีสูงกว่าค่าเฉลี่ย แต่มีปริมาณน้อยกว่าปี พ.ศ. 2554 ประมาณ 500 มม. แต่พบว่าในช่วงเดือนสิงหาคมมีปริมาณฝนสูงถึง 609.8 มม. ซึ่งเป็นค่าสูงสุดในช่วงปีพ.ศ. 2525 – 2560



รูปที่ 4-14 ปริมาณน้ำฝนรายเดือนสถานีน้ำน่าน

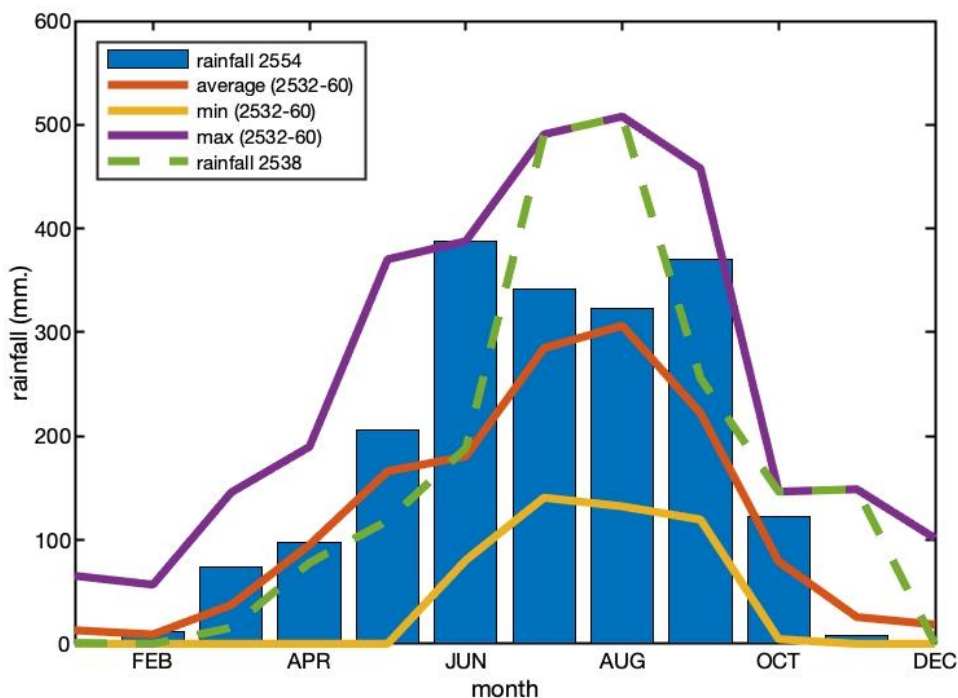
ปริมาณฝนรายเดือนที่สถานีน้ำน่าน สกช. แสดงดังรูปที่ 4-15 ลักษณะของปริมาณฝนรายเดือนจะมีค่าสูงใน 2 เดือน คือ เดือนพฤษภาคม และเดือนสิงหาคม ในปีพ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณฝนรายปีสูงมาก พบว่าลักษณะการกระจายตัวของฝนรายเดือนมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยทุกเดือนในช่วงฤดูฝน โดยในเดือนพฤษภาคมมีปริมาณฝนอยู่ที่ 361.4 มม. สูงกว่าค่าเฉลี่ย 202.4 มม. และในเดือนสิงหาคมมีปริมาณฝนอยู่ที่ 489.9 มม. ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของปริมาณฝนในเดือนกรกฎาคมในช่วงปีพ.ศ. 2549 – 2560 สำหรับปีพ.ศ. 2553

ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณฝนรายปีสูงกว่าค่าเฉลี่ย แต่มีปริมาณน้อยกว่าปี พ.ศ. 2554 ประมาณ 700 มม. แต่พบว่าในช่วงมีปริมาณฝนในช่วงเดือนสิงหาคมสูงถึง 649.9 มม. ซึ่งเป็นค่าสูงสุดในช่วงปีพ.ศ. 2549 – 2560



รูปที่ 4-15 ปริมาณน้ำฝนรายเดือนสถานีน้ำน่าน สกษ.

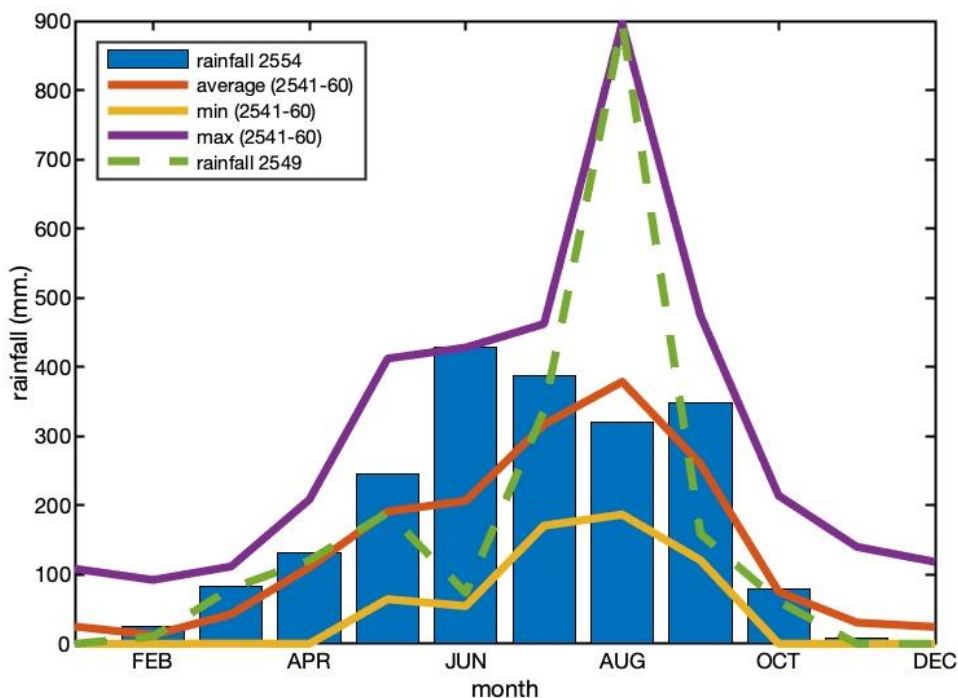
ปริมาณฝนรายเดือนที่สถานีท่าวังผา แสดงดังรูปที่ 4-16 ลักษณะของปริมาณฝนรายเดือนจะมีค่าสูงใน 2 เดือน คือ เดือนมิถุนายน และเดือนกันยายน ในปีพ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณฝนรายปีสูงมาก พบว่าลักษณะการกระจายตัวของฝนรายเดือนมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยทุกเดือนในช่วงฤดูฝน โดยในเดือนมิถุนายนมีปริมาณฝนอยู่ที่ 387.9 มม. สูงกว่าค่าเฉลี่ย 221.7 มม. และในเดือนมิถุนายนมีปริมาณฝนอยู่ที่ 387.9 มม. ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของปริมาณฝนในเดือนกรกฎาคมในช่วงปีพ.ศ. 2532 – 2560 สำหรับปีพ.ศ. 2538 มีปริมาณฝนในช่วงเดือนสิงหาคมสูงถึง 507.9 มม. ซึ่งบ่งบอกถึงนอกจากปี พ.ศ. 2554 แล้วยังมีปีอื่นที่ช่วงปริมาณน้ำฝนรายเดือนมีค่าสูง ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของเดือนสิงหาคม แต่ปริมาณฝนในช่วงเดือนอื่น ๆ มีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย ยกเว้นเดือนกรกฎาคม ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนสูงถึง 490.8 มม.



รูปที่ 4-16 ปริมาณน้ำฝนรายเดือนสถานีท่าวังผา

ปริมาณฝนรายเดือนที่สถานีทุ่งช้าง แสดงดังรูปที่ 4-17 ลักษณะของปริมาณฝนรายเดือนจะมีค่า สูง ใน 2 เดือน คือ เดือนมิถุนายน และเดือนกันยายน ในปีพ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณฝนรายปีสูงมาก พบว่า ลักษณะการกระจายตัวของฝนรายเดือนมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยทุกเดือนในช่วงฤดูฝน โดยในเดือนพฤษภาคมมี ปริมาณฝนอยู่ที่ 428.1 มม. สูงกว่าค่าเฉลี่ย 221.5 มม. ซึ่งบ่งบอกถึงนอกจากปี พ.ศ. 2554 แล้วยังมีปีอื่นที่ ช่วงปริมาณน้ำฝนรายเดือนมีค่าสูง และในเดือนพฤษภาคมมีปริมาณฝนอยู่ที่ 428.1 มม. ซึ่งเป็นค่าสูงสุดของ ปริมาณฝนในเดือนกรกฎาคมในช่วงปีพ.ศ. 2541 – 2560 สำหรับปีพ.ศ. 2549 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณฝนรายปี สูงกว่าค่าเฉลี่ย แต่มีปริมาณน้อยกว่าปี พ.ศ. 2554 ประมาณ 200 มม. แต่พบว่าในช่วงมีปริมาณฝนในช่วง เดือนสิงหาคมสูงถึง 896.2 มม. ซึ่งเป็นค่าสูงสุดในช่วงปีพ.ศ. 2541 – 2560





รูปที่ 4-17 ปริมาณน้ำฝนรายเดือนสถานีทุ่งช้าง

ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์ฝนรายเดือนพบว่าในแต่ละสถานีมีความแปรปรวนที่แตกต่างกันในแต่ละปี ในสถานีน้ำน่านและน่าน สกข. ปริมาณน้ำฝนสูงสุดในช่วงระยะเวลาที่ทำการวิเคราะห์มีค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ในปี พ.ศ. 2553 สถานีท่าวังผาปริมาณน้ำฝนสูงสุดในช่วงระยะเวลาที่ทำการวิเคราะห์มีค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ในปี พ.ศ. 2538 และสถานีทุ่งช้างปริมาณน้ำฝนสูงสุดในช่วงระยะเวลาที่ทำการวิเคราะห์มีค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ในปี พ.ศ. 2549 ซึ่งในสถานีน้ำน่านมีการวิเคราะห์ความแปรปรวนรายเดือนในภาคผนวก ก

ในการศึกษานี้ได้มีการวิเคราะห์แนวโน้มและความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนรายปี รายฤดูกาล และรายเดือน พบว่าการแนวโน้มฝนรายปีจากวิธีวิเคราะห์แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลง แต่เมื่อทำการทดสอบด้วยสมมติฐาน Mann-Kendall Test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ไม่พบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับฝนรายฤดูกาลมีการเพิ่มขึ้นและลดลงจากเส้นแนวโน้ม (trend line) แต่เมื่อทำการทดสอบด้วยสมมติฐาน Mann-Kendall Test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 % ไม่พบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ในบทถัดไปจะกล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน อาทิเช่น ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินและดาวเทียม MODIS

ในการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS ให้มีความสอดคล้องกับกรมพัฒนาที่ดิน  
เพื่อที่จะนำไปใช้ในการจำลองต่อในบทยถัดไป



## บทที่ 5

### การวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

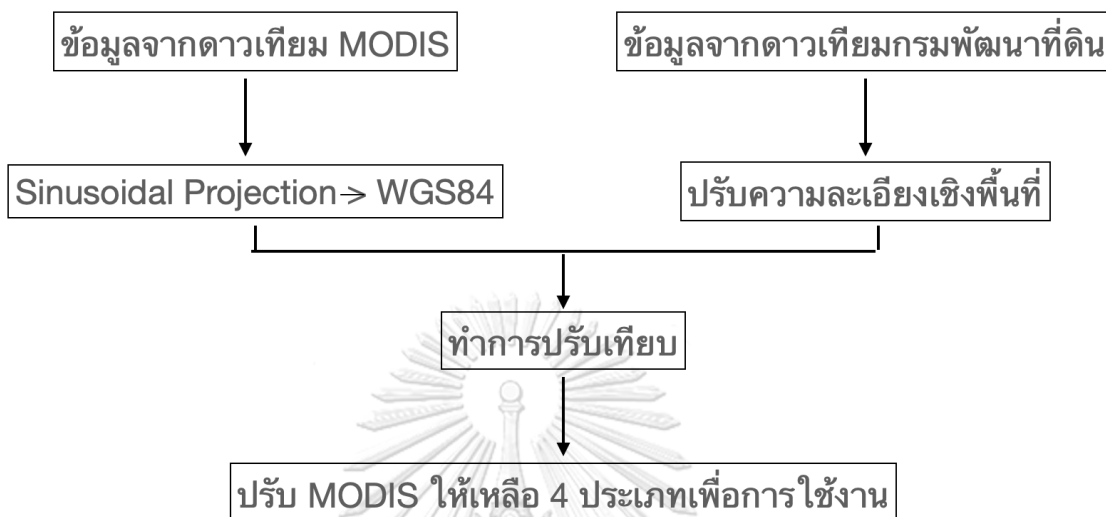
จากที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ใช้อ้างอิงในประเทศไทยเป็นข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งมีการเก็บข้อมูลจากการสำรวจเพียงบางปี เช่น ปี พ.ศ. 2546 2552 และ 2555 อีกทั้งยังมีความละเอียดเชิงพื้นที่ในแต่ละปีค่อนข้างต่ำและไม่เท่ากัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546-2560 ที่มีข้อมูลที่ต่อเนื่องและมีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงกว่า อย่างไรก็ตามข้อมูลจากดาวเทียม MODIS เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากดาวเทียมจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลสังเกตการณ์จากกรมพัฒนาที่ดินเป็นตัวเปรียบเทียบเพื่อให้สามารถใช้ข้อมูลจากดาวเทียม MODIS ในการจำลองในแบบจำลองได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 5.1. ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินได้จากการสำรวจพื้นที่แบ่งเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ที่อยู่อาศัย พื้นที่ทิ้งร้าง และพื้นที่น้ำ ซึ่งมีการลงสำรวจพื้นที่จริงทำให้มีความถูกต้องสูง แต่อย่างไรก็ตามการสำรวจการใช้ประโยชน์ที่ดินดำเนินการสำรวจทุกปีเนื่องจากใช้งบประมาณในการทำสูง ดังนั้นการศึกษานี้ได้จึงได้นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินในปี พ.ศ. 2546 2552 และ 2555 มาใช้เป็นฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบข้อมูลดาวเทียมจาก MODIS เนื่องจากเป็นข้อมูลเวลาช่วงเดียวกัน

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS มีลักษณะการเก็บข้อมูลโดยใช้ดาวเทียมโคจร (orbital satellite) ในการเก็บข้อมูลโดยการยิงคลื่นสะท้อนไมโครเวฟ (microwave) ใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำให้มีการเก็บข้อมูลต่อเนื่องกว่าข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินและมีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงกว่า แต่อย่างไรก็ตามการเก็บข้อมูลโดยใช้ดาวเทียมโคจรทำให้ข้อมูลที่ได้มีลักษณะเป็นช่องเซลล์สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนเนื่องจากวงโคจรเป็นแนวทแยง (ascending/descending) และข้อมูลมีเส้นโครงแผนที่ (projection) แบบ Sinusoidal projection (วางตัวแบบเอียงเป็นสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน) ซึ่งแตกต่างกับข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินที่ข้อมูลมีเส้นโครงแผนที่แบบ UTM WGS84 ในการศึกษานี้จะทำการใช้ข้อมูลดาวเทียม MODIS ในช่วงปี พ.ศ. 2546-2560 ปรับจำนวนประเภทให้เข้ากับกรมพัฒนาที่ดินก่อน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการปรับการวางตัวและความละเอียดเชิงพื้นที่ให้มีความสอดคล้องกับกรมพัฒนาที่ดิน โดยในการศึกษานี้เลือกใช้ข้อมูลดาวเทียม MODIS ในการนำเข้าแบบจำลอง RRI เพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่ออัตราการไหล เพราะข้อมูลจากดาวเทียม MODIS นั้นมีการเก็บข้อมูลที่ต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลจากดาวเทียม MODIS จำเป็นต้องทำการปรับการวางตัวให้เหมือนกับข้อมูลการใช้ประโยชน์จากกรมพัฒนาที่ดินก่อน เพื่อที่จะได้สามารถทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่อยู่ในช่องเซลล์ที่ตรงกัน และทำการปรับให้มีลักษณะการ

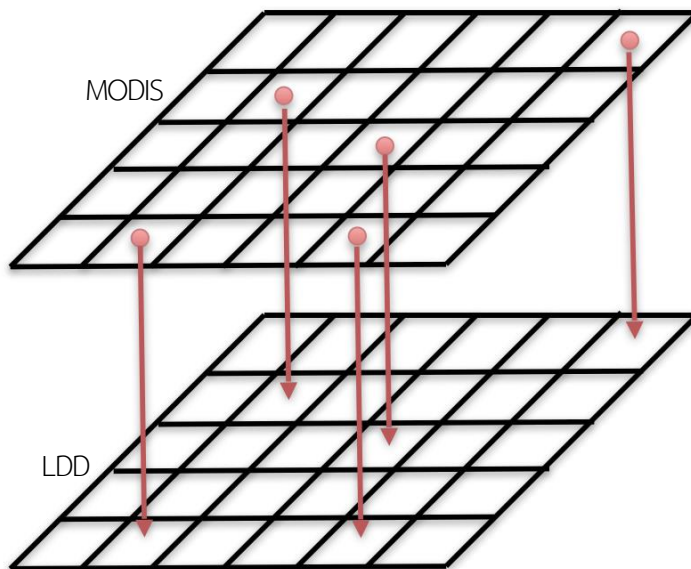
ใช้ประโยชน์ที่ดินให้ตรงกับข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินมากที่สุด แต่ข้อมูลจากดาวเทียม MODIS ไม่สามารถตรวจจับพื้นที่ที่สร้างได้ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงจำแนกประเภทข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน MODIS เหลือเพียง 4 ประเภท อันได้แก่ 1.พื้นที่เกษตรกรรม 2.พื้นที่ป่าไม้ 3.พื้นที่ที่อยู่อาศัย และ 4.พื้นที่น้ำ ดังรูปที่ 5-1



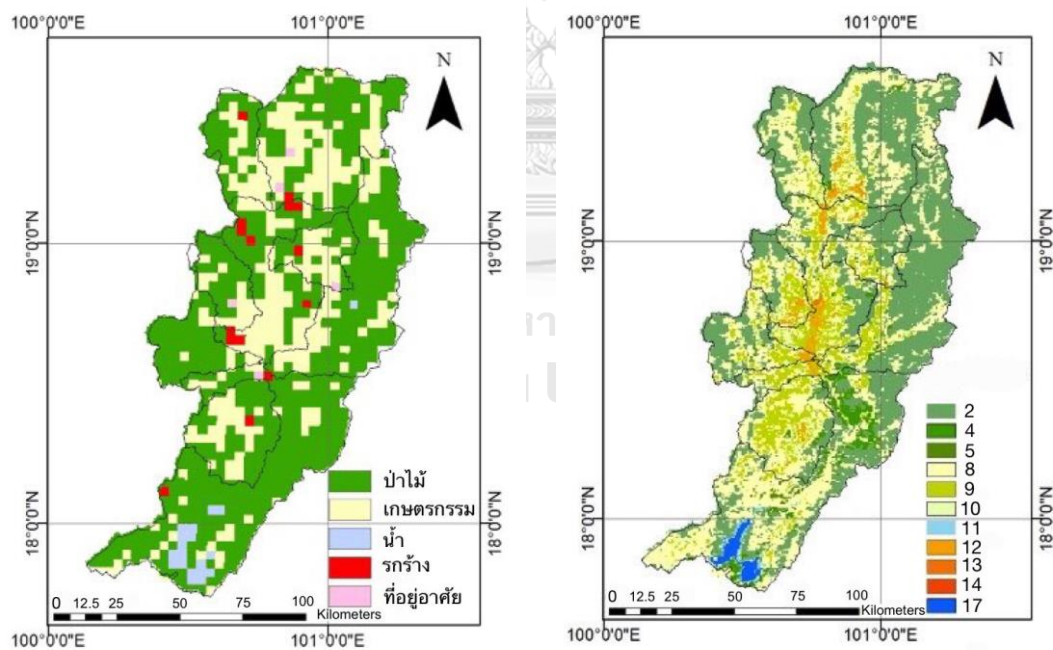
รูปที่ 5-1 แผนผังการปรับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ในการปรับชุดข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินและดาวเทียม MODIS ทำได้โดยการแปลงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินเป็นข้อมูลแบบช่องเซลล์ และทำการเพิ่มความละเอียดข้อมูลให้มีความละเอียดเท่ากับข้อมูลดาวเทียม MODIS ที่มีความละเอียดสูงกว่าเพื่อทำการซ้อนทับและเปรียบเทียบดังแสดงในรูปที่ 5-2 ซึ่งข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินมีความละเอียดแตกต่างกันในแต่ละปี ความละเอียดในแต่ละปีมีความละเอียดดังนี้ ในปี พ.ศ.2546 มีความละเอียดเชิงพื้นที่ประมาณ 3,500 เมตร ในปี พ.ศ.2552 มีความละเอียดเชิงพื้นที่ประมาณ 1,900 เมตร และ ในปี พ.ศ.2555 มีความละเอียดเชิงพื้นที่ประมาณ 500 เมตร กับความละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจาก MODIS ที่ความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 500 เมตร

จากที่กล่าวข้างต้นได้มีการนำข้อมูลสังเกตการณ์จากกรมพัฒนาที่ดินมาเพื่อปรับเทียบทั้งหมด 3 ปี ได้แก่ปี พ.ศ. 2546, 2552 และ 2555 ดังรูปที่ 5-3 ถึง 5-5 โดยนำมาปรับลักษณะข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน เซลล์ต่อเซลล์ดังรูปที่ 5-2 โดยการเทียบในช่องเซลล์เดียวกันข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินและข้อมูลดาวเทียม MODIS มีการตรวจจับ (detect) ตรงกับข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินจะทำการสมมติว่าข้อมูลชนิดนั้น ๆ ของข้อมูลดาวเทียมจาก MODIS เป็นประเภทที่ตรงกับข้อมูลกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งจะทำการปรับเทียบและวิเคราะห์ในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 5-2 วิธีการปรับเทียบลักษณะข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างชุดข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน และชุดข้อมูลจาก MODIS

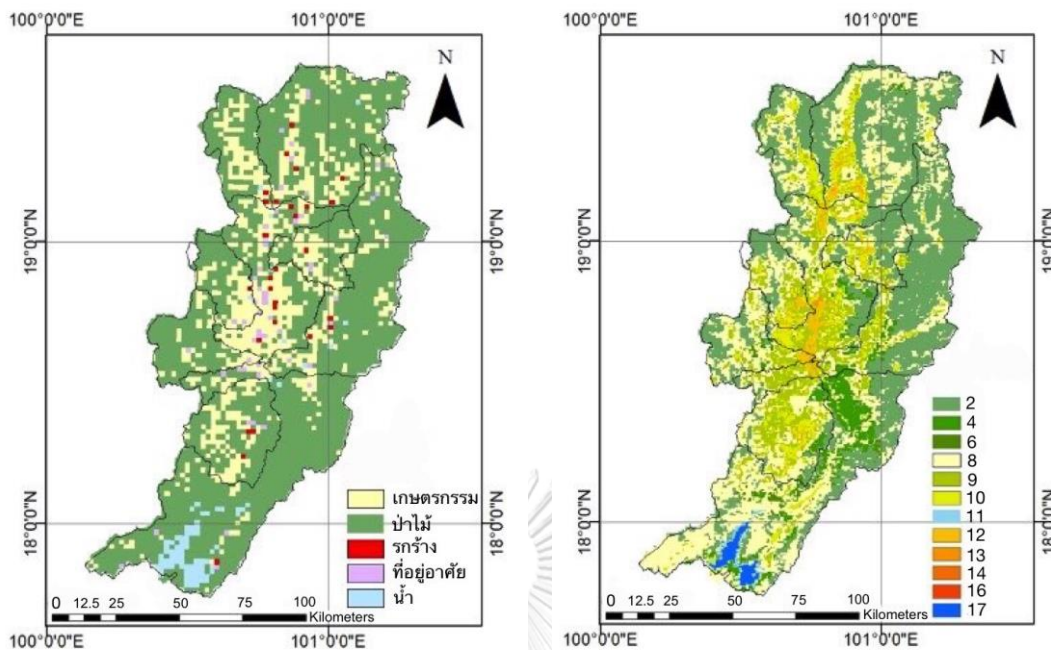


ก. กรมพัฒนาที่ดิน

ข. MODIS

หมายเหตุ: \*รูปแบบของ MODIS สามารถดูได้จากตารางที่ 3-3

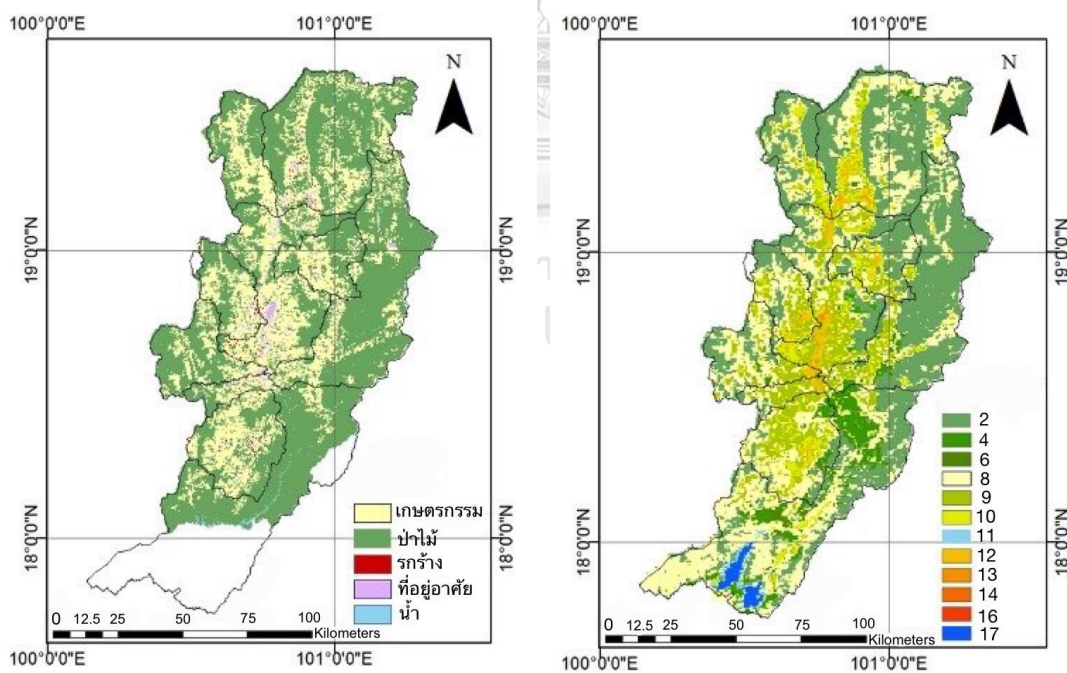
รูปที่ 5-3 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากชุดข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินและ MODIS ปี พ.ศ. 2546



ก. กรมพัฒนาที่ดิน

ข. MODIS

รูปที่ 5-4 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากชุดข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินและ MODIS ปี พ.ศ. 2552



ก. กรมพัฒนาที่ดิน

ข. MODIS

หมายเหตุ: \*\*ข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2555 มีการเก็บข้อมูลขาดช่วงในส่วนล่างของกลุ่มน้ำน่านตอนบน

รูปที่ 5-5 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากชุดข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินและ MODIS ปี พ.ศ. 2555

## 5.2. การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการดำเนินการไว้ในหัวข้อ 5.1 สามารถแสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินและจากข้อมูลดาวเทียม MODIS ไว้ดังตารางที่ 5-1 – 5-3

จากตารางที่ 5-1 ถึง 5-3 เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างข้อมูลดาวเทียม MODIS และกรมพัฒนาที่ดินดังที่ได้กล่าวมา โดยตารางแนวแถวคือข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน แนวหลักคือข้อมูลจากดาวเทียม MODIS ชนิดต่าง ๆ แต่ละประเภทซึ่งได้กล่าวไปในหัวข้อ 5.1 ตารางที่ 3-2 ซึ่งตัวเลขเป็นตัวแทนของข้อมูลดาวเทียม MODIS แต่ละประเภท โดยค่าในตารางบ่งบอกถึงค่าการตรวจจับของข้อมูลดาวเทียม MODIS ว่ามีการตรวจจับตรงกับข้อมูลประเภทใดของข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินมากที่สุด หากมีการตรวจจับประเภทใดมากที่สุดจะถือว่าข้อมูลดาวเทียม MODIS ประเภทนั้นเป็นข้อมูลเดียวกันกับกรมพัฒนาที่ดินที่สามารถตรวจจับได้มากที่สุด

กรณีปี พ.ศ. 2546 ได้ทำการเปรียบเทียบจากการนับจำนวนช่องเซลล์ของข้อมูลดาวเทียม MODIS เทียบกับกรมพัฒนาที่ดินที่ตำแหน่งตรงกันดังแสดงในตารางที่ 5-1 โดยผลสรุปได้ว่าดาวเทียม MODIS ประเภทที่ 2,4,5 และ 8 เป็นพื้นที่ป่าไม้ เนื่องจากมีจำนวนช่องเซลล์ที่ตรงกับกรมพัฒนาที่ดินมากที่สุด ข้อมูลดาวเทียม MODIS ประเภทที่ 9,10,12,13 และ 14 เป็นพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจากมีจำนวนช่องเซลล์ที่ตรงกับกรมพัฒนาที่ดินมากที่สุด และข้อมูลดาวเทียม MODIS ประเภทที่ 11 และ 17 เป็นพื้นที่น้ำ เนื่องจากมีจำนวนช่องเซลล์ที่ตรงกับกรมพัฒนาที่ดินมากที่สุด โดยสามารถจำแนกประเภทพื้นที่ป่าไม้จากชุดข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียม MODIS มีความสามารถตรวจจับ (detect) ได้ถึง 73% โดยเทียบกับจำนวนช่องเซลล์ทั้งหมด จำแนกประเภทพื้นที่เกษตรกรรมจากชุดข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจาก MODIS มีความสามารถตรวจจับ 59% โดยเทียบกับจำนวนช่องเซลล์ทั้งหมด และจำแนกประเภทพื้นที่น้ำจากชุดข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจาก MODIS มีความสามารถตรวจจับถึง 73% โดยเทียบกับจำนวนช่องเซลล์ทั้งหมด อันเนื่องมาจากความละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินนั้นมีความละเอียดเชิงพื้นที่ค่อนข้างต่ำ ทำให้เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจาก MODIS ที่มีความละเอียดสูงเกิดความผิดพลาดในการเปรียบเทียบขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-1 ค่าตรวจจับข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินและ MODIS ในปี พ.ศ.2546

ประเภทการใช้ประโยชน์ ที่ดินของดาวเทียม modis	ป่าสนไม่ผลัดใบ	ป่าไม้ใบใหญ่ไม่ผลัดใบ	ป่าสนผลัดใบ	ป่าไม้ใบใหญ่ผลัดใบ	ป่าผลม	พุ่มไม้แบบปิด	พุ่มไม้แบบเปิด	ป่าทุ่งหญ้า	ทุ่งหญ้า	ทุ่งหญ้าล้มลุก	พื้นที่ชุ่มน้ำถาวร	พื้นที่เกษตรกรรม	ที่อยู่อาศัย	พื้นที่เพาะปลูกผสม	พื้นที่หิมะหรือน้ำแข็ง	พื้นที่แห้งแล้ง	พื้นที่น้ำ
2546	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
เกษตรกรรม	0	5032	0	317	73	0	0	7220	3891	1948	8	1005	92	5	0	0	1
ป่าไม้	0	21718	0	1266	569	0	0	14066	3058	943	131	120	5	0	0	0	114
พื้นที่ทิ้งร้าง	0	11	0	16	2	0	0	71	68	64	0	65	11	0	0	0	0
พื้นที่ที่อยู่อาศัย	0	134	0	17	5	0	0	381	220	145	0	43	0	0	0	0	0
พื้นที่น้ำ	0	219	0	30	15	0	0	194	0	0	182	0	0	0	0	0	516

กรณีปี พ.ศ. 2552 ได้ทำการเปรียบเทียบจากการนับจำนวนช่องเซลล์ของข้อมูลดาวเทียม MODIS เทียบกับกรมพัฒนาที่ดินที่ตำแหน่งตรงกันดังแสดงในตารางที่ 5-1 โดยผลสรุปได้ว่าข้อมูลดาวเทียม MODIS ประเภทที่ 2,4,5 และ 8 เป็นพื้นที่ป่าไม้ เนื่องจากมีจำนวนช่องเซลล์ที่ตรงกับกรมพัฒนาที่ดินมากที่สุด ข้อมูลดาวเทียม MODIS ประเภทที่ 9,10,12,13 และ 14 เป็นพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจากมีจำนวนช่องเซลล์ที่ตรงกับกรมพัฒนาที่ดินมากที่สุด และข้อมูลดาวเทียม MODIS ประเภทที่ 11,16 และ 17 เป็นพื้นที่น้ำ เนื่องจากมีจำนวนช่องเซลล์ที่ตรงกับกรมพัฒนาที่ดินมากที่สุด โดยสามารถจำแนกประเภทพื้นที่ป่าไม้จากชุดข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS มีความสามารถในการตรวจจับถึง 83% โดยเทียบกับจำนวนช่องเซลล์ทั้งหมด จำแนกประเภทพื้นที่เกษตรกรรมจากชุดข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS มีความสามารถในการตรวจจับถึง 61% โดยเทียบกับจำนวนช่องเซลล์ทั้งหมด และจำแนกประเภทพื้นที่น้ำจากชุดข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS มีความสามารถในการตรวจจับถึง 86% โดยเทียบกับจำนวนช่องเซลล์ทั้งหมด อันเนื่องมาจากความละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินนั้นมีความละเอียดเชิงพื้นที่ค่อนข้างต่ำ ทำให้เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS ที่มีความละเอียดสูงเกิดความผิดพลาดในการเปรียบเทียบขึ้น แต่ในปี พ.ศ. 2552 มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่มากกว่า ทำให้การเปรียบเทียบพื้นที่เกษตรกรรมสามารถตรวจจับความแม่นยำได้มากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 5-3



ตารางที่ 5-2 ค่าตรวจจับข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินและ MODIS ในปี พ.ศ.2552

ประเภทการใช้ประโยชน์ ที่ดินของดาวเทียม modis	ป่าสนใบใหญ่ไม่ผลัดใบ	ป่าไม้ใบใหญ่ไม่ผลัดใบ	ป่าสนผลัดใบ	ป่าไม้ใบใหญ่ผลัดใบ	ป่าผสม	พุ่มไม้แบบปิด	พุ่มไม้แบบเปิด	ป่าทุ่งหญ้า	ทุ่งหญ้า	ทุ่งหญ้าล้มลุก	พื้นที่ชุ่มน้ำถาวร	พื้นที่เกษตรกรรม	ที่อยู่อาศัย	พื้นที่เพาะปลูกผสม	พื้นที่หิมะหรือน้ำแข็ง	พื้นที่แห้งแล้ง	พื้นที่น้ำ
2552	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
เกษตรกรรม	0	1777	0	199	32	0	0	5654	465	236	3	968	7	4	0	0	0
ป่าไม้	0	2196	0	305	52	0	0	1606	284	921	91	60	3	0	0	0	34
พื้นที่ที่สร้าง	0	13	0	9	0	0	0	85	179	144	0	53	0	0	0	0	0
พื้นที่ที่อยู่อาศัย	0	82	0	8	1	0	0	213	313	187	0	158	2	0	0	0	0
พื้นที่น้ำ	0	135	0	70	13	0	0	362	104	75	23	6	0	0	0	2	54

กรณีปี พ.ศ. 2555 ได้ทำการเปรียบเทียบจากการนับจำนวนช่องเซลล์ของข้อมูลดาวเทียม MODIS เทียบกับกรมพัฒนาที่ดินที่ตำแหน่งตรงกันดังแสดงในตารางที่ 5-1 โดยผลสรุปได้ว่าข้อมูลดาวเทียม MODIS ประเภทที่ 2,4,5 และ 8 เป็นพื้นที่ป่าไม้ เนื่องจากมีจำนวนช่องเซลล์ที่ตรงกับกรมพัฒนาที่ดินมากที่สุด ข้อมูลดาวเทียม MODIS ประเภทที่ 9,10,12,13 และ 14 เป็นพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจากมีจำนวนช่องเซลล์ที่ตรงกับกรมพัฒนาที่ดินมากที่สุด และข้อมูลดาวเทียม MODIS ประเภทที่ 11 เป็นพื้นที่น้ำ เนื่องจากมีจำนวนช่องเซลล์ที่ตรงกับกรมพัฒนาที่ดินมากที่สุดโดยสามารถจำแนกประเภทพื้นที่ป่าไม้จากชุดข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจาก MODIS มีความสามารถในการตรวจจับถึง 76% โดยเทียบกับจำนวนช่องเซลล์ทั้งหมด จำแนกประเภทพื้นที่เกษตรกรรมจากชุดข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS มีความสามารถในการตรวจจับถึง 72% โดยเทียบกับจำนวนช่องเซลล์ทั้งหมด และจำแนกประเภทพื้นที่น้ำจากชุดข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS มีความสามารถในการตรวจจับถึง 67% โดยเทียบกับจำนวนช่องเซลล์ทั้งหมด อันเนื่องมาจากพื้นที่ตอนล่างบริเวณอ่างเก็บน้ำสิริกิติ์ไม่มีข้อมูลพื้นที่บริเวณนั้น ทำให้เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS ที่มีพื้นที่บริเวณนั้นไม่มีการเปรียบเทียบพื้นที่น้ำเกิดขึ้นจึงสามารถตรวจจับได้เพียง 3 ช่องเซลล์เท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามในปี พ.ศ. 2555 มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่มากกว่า ทำให้การเปรียบเทียบพื้นที่เกษตรกรรมสามารถจับความแม่นยำได้มากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 ค่าตรวจจับข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินและ MODIS ในปี พ.ศ.2555

ประเภทการใช้ประโยชน์ ที่ดินของดาวเทียม modis	ป่าสนไม่ผลัดใบ	ป่าไม้ใบใหญ่ไม่ผลัดใบ	ป่าสนผลัดใบ	ป่าไม้ใบใหญ่ผลัดใบ	ป่าผสม	พุ่มไม้แบบปิด	พุ่มไม้แบบเปิด	ป่าทุ่งหญ้า	ทุ่งหญ้า	ทุ่งหญ้าล้มลุก	พื้นที่ชุ่มน้ำถาวร	พื้นที่เกษตรกรรม	ที่อยู่อาศัย	พื้นที่เพาะปลูกผสม	พื้นที่หิมะหรือน้ำแข็ง	พื้นที่แห้งแล้ง	พื้นที่น้ำ
2555	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
เกษตรกรรม	0	2100	0	195	46	0	0	7555	617	228	0	86	5	6	0	0	0
ป่าไม้	0	2030	0	220	61	0	0	1063	191	432	1	61	2	0	0	0	0
พื้นที่ที่สร้าง	0	5	0	1	0	0	0	30	69	51	0	42	3	0	0	0	0
พื้นที่ที่อยู่อาศัย	0	29	0	2	0	0	0	168	363	205	0	19	4	3	0	0	0
พื้นที่น้ำ	0	21	0	10	3	0	0	142	85	75	2	35	1	0	0	0	0

จากการวิเคราะห์พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า การจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ตามการจำแนกของกรมพัฒนาที่ดินคือ พื้นที่เกษตร พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่น้ำ เนื่องจากจากชุดข้อมูลพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินนั้นมีความละเอียดเชิงพื้นที่ค่อนข้างหยาบ ทำให้การเปรียบเทียบและแยกประเภทพื้นที่ที่สร้าง และพื้นที่ที่อยู่อาศัยไม่ถูกจำแนกลงในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของ MODIS เมื่อเทียบกับกรมพัฒนาที่ดิน ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS ประเภทที่ 2 4 5 และ 8 เป็นประเภทพื้นที่ป่าไม้ ประเภทที่ 9 10 12 และ 14 เป็นประเภทพื้นที่เกษตรกรรม ประเภทที่ 13 เป็นประเภทพื้นที่ที่อยู่อาศัย และประเภทที่ 11 16 และ 17 เป็นประเภทพื้นที่น้ำ ดังแสดงในตารางที่ 5-5

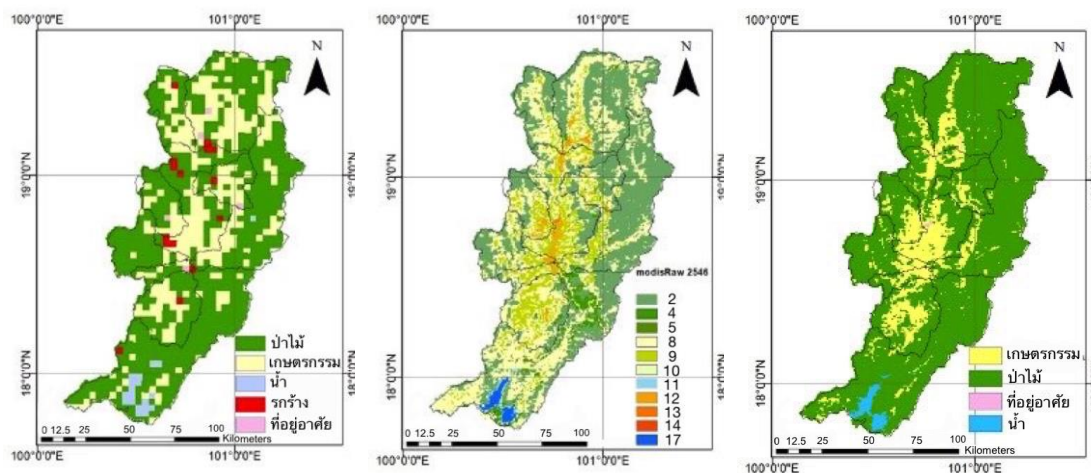
จากตารางที่ 5-4 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS สามารถตรวจจับพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่น้ำได้ดี แต่อย่างไรก็ตามพื้นที่ที่อยู่อาศัยการตรวจจับพื้นที่ยังทำไม่ได้ดีนัก โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2546 ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่จากข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินที่มีความละเอียดต่ำ ทำให้ไม่สามารถตรวจจับพื้นที่ที่อยู่อาศัยได้

ตารางที่ 5-4 สรุปประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและ hit rate จากดาวเทียม MODIS

ประเภท MODIS	ประเภท	2546 (%)	2552 (%)	2555 (%)
2 4 5 8	ป่าไม้	59.41	61.40	72.35
9 10 12 14	เกษตรกรรม	73.25	82.78	76.61
13	ที่อยู่อาศัย	0.00	25.00	41.67
11 16 17	พื้นที่น้ำ	73.32	85.89	66.67

จากนั้นจึงทำการเปลี่ยนประเภทข้อมูลดาวเทียม MODIS ให้เป็นไปตามประเภทของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินโดยอิงจากคำอธิบายของข้อมูลดาวเทียม MODIS ก่อนซึ่งข้อมูลจากดาวเทียม MODIS ไม่มีพื้นที่ที่ร้าง จากนั้นจึงทำการตรวจสอบความถูกต้องดังตารางที่ 5-1 ถึง 5-3 พบว่าการตรวจจับที่ 3 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่น้ำ ซึ่งการตรวจจับพื้นที่ที่อยู่อาศัยนั้นน้อยมาก ดังนั้นทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลจากการปรับจำแนกประเภทจาก MODIS จะเหลือเพียง 4 ประเภท อันได้แก่ 1.พื้นที่เกษตรกรรม 2.พื้นที่ป่าไม้ 3.พื้นที่ที่อยู่อาศัย และ 4.พื้นที่น้ำ ได้ดังรูปที่ 5-6 ถึง 5-8

แต่อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS ประเภทที่ 8 woody savanna พบว่าในบางพื้นที่ควรจำแนกเป็นพื้นที่เกษตรกรรม แต่บางพื้นที่ควรจำแนกเป็นพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งในการศึกษานี้ได้ดูพิจารณาภาพรวมทั้งพื้นที่ศึกษา ไม่ได้พิจารณาแยกตามลุ่มน้ำย่อย อย่างไรก็ตามประเด็นของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนี้ได้มีการพิจารณาถึงผลกระทบดังกล่าวในบทที่ 6

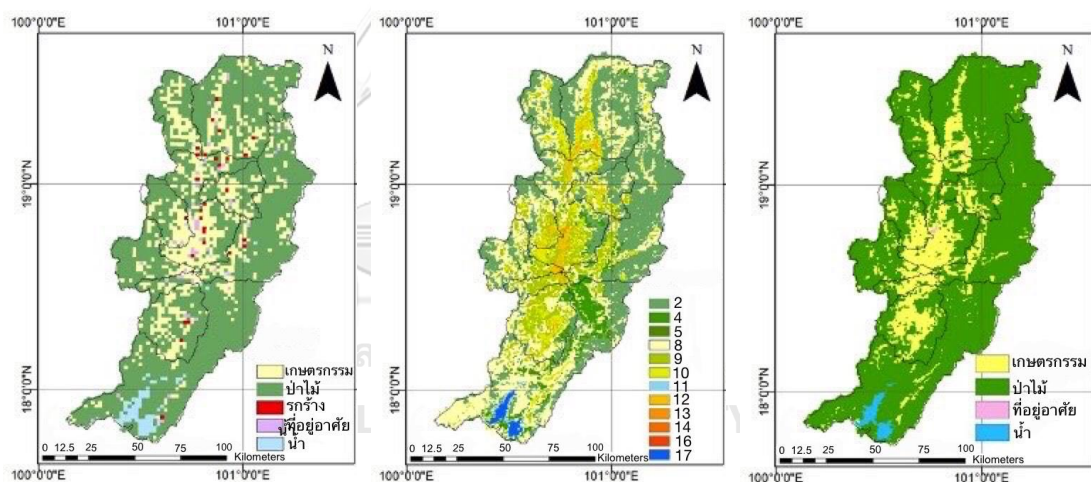


ก. กรมพัฒนาที่ดิน

ข. MODIS

ค. MODIS หลังจำแนก

รูปที่ 5-6 แผนที่พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน MODIS ก่อนจากจำแนกประเภท และ MODIS หลังจากจำแนกประเภท ปี พ.ศ. 2546

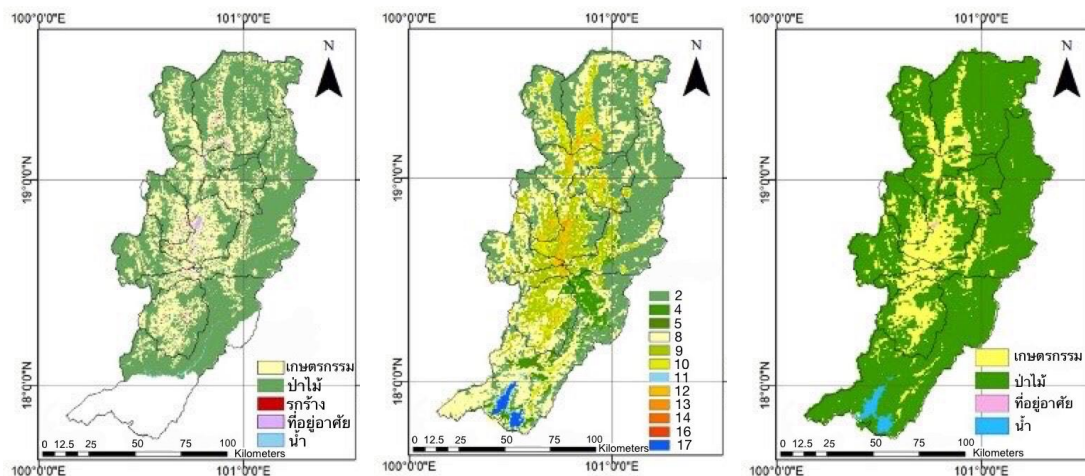


ก. กรมพัฒนาที่ดิน

ข. MODIS

ค. MODIS หลังจำแนก

รูปที่ 5-7 แผนที่พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน MODIS ก่อนจากจำแนกประเภท และ MODIS หลังจากจำแนกประเภท ปี พ.ศ. 2552



ก. กรมพัฒนาที่ดิน

ข. MODIS

ค. MODIS หลังจำแนก

รูปที่ 5-8 แผนที่พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน MODIS ก่อนจากจำแนกประเภท และ MODIS หลังจากจำแนกประเภทปี พ.ศ. 2555

### 5.3. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

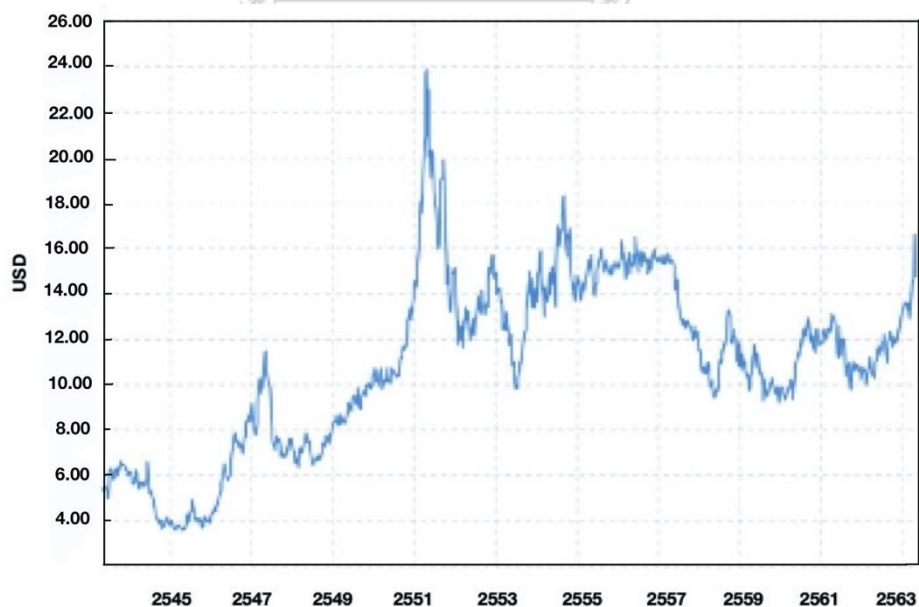
การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จำแนกออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่น้ำ ในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการเปรียบเทียบช่องเซลล์แต่ละประเภทในระหว่างปีที่ติดกันจากทั้งหมดประมาณ 140,000 ช่องเซลล์ ซึ่งได้ตามตารางที่ 5-5 ดังนี้

ตารางที่ 5-5 ข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร) ในแต่ละปี

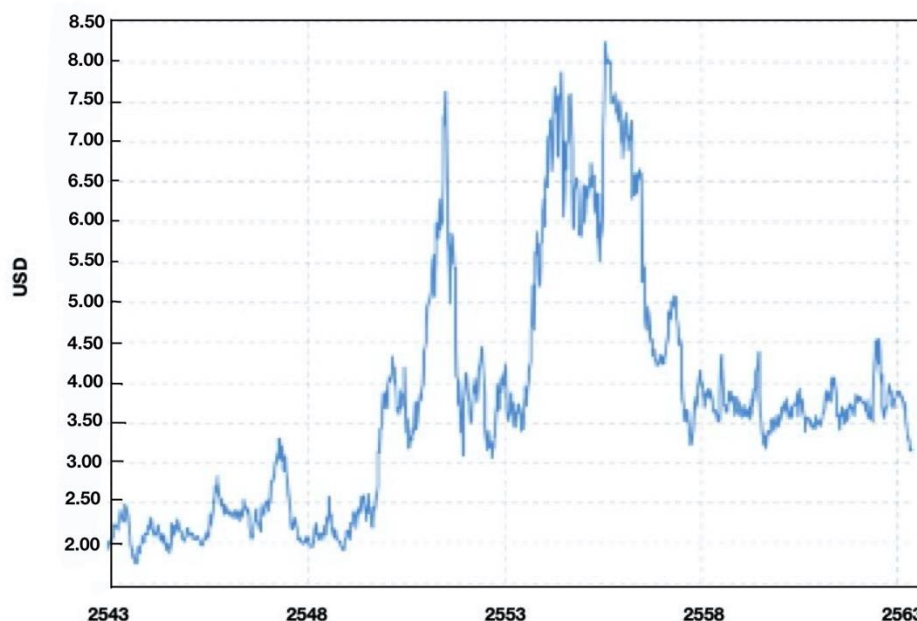
ปี	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560
เกษตรกรรม	2788	2840	2895	2964	3028	3065	3123	3195	3261	3313	3309	3283	3288	3268	3167	3113	2887
ป่าไม้	13221	13168	13115	13046	12986	12948	12890	12820	12760	12709	12714	12743	12747	12771	12872	12923	13075
ที่อยู่อาศัย	25	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
น้ำ	242	240	238	238	235	236	236	233	227	227	226	223	213	210	210	212	287
อัตราการเพิ่ม/ลด (%)																	
เกษตรกรรม	-	1.9	3.8	6.3	8.6	9.9	12.0	14.6	17.0	18.8	18.7	17.8	18.0	17.2	13.6	11.7	3.6
ป่าไม้	-	-0.4	-0.8	-1.3	-1.8	-2.1	-2.5	-3.0	-3.5	-3.9	-3.8	-3.6	-3.6	-3.4	-2.6	-2.3	-1.1
ที่อยู่อาศัย	-	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
น้ำ	-	-0.6	-1.3	-1.6	-2.7	-2.2	-2.4	-3.5	-5.9	-6.2	-6.6	-7.9	-11.7	-13.1	-13.0	-12.1	18.7

จากตารางที่ 5-5 พบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2553 ซึ่งเป็นเหตุการณ์ก่อนการเกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่ของประเทศไทย บริเวณลุ่มน้ำน่านตอนบนได้มีการทำการเพาะปลูกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะข้าวโพดและข้าวซึ่งในช่วงนั้นเป็นที่ต้องการของตลาดและมีราคาที่สูง แต่อย่างไรก็ตามหลังปี พ.ศ. 2554 ได้มีการลดพื้นที่เพาะปลูกลงและเพิ่มพื้นที่ป่าไม้มากขึ้นรวมถึงการสร้างพื้นที่กักเก็บน้ำเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2544 อันเนื่องมาจากเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งนั้น ดังแสดงในรูปที่ 5-6 ถึง 5-8 ในการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ที่อยู่อาศัยนั้น เกิดการเปลี่ยนแปลงแค่เพียงจากปี พ.ศ. 2544-2545 เพียงปีเดียวเท่านั้น ในปีถัด ๆ มาไม่มีการเพิ่มหรือลดของข้อมูลพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย และจากหัวข้อ 5.2 การตรวจจับพื้นที่ประเภทที่อยู่อาศัยของข้อมูลดาวเทียม MODIS นั้น แพบจะไม่สามารถตรวจจับพื้นที่ประเภทนี้ได้ จึงทำให้ไม่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงในระหว่างช่วง 17 ปี อีกทั้งพื้นที่ป่าไม้ไม่มีการลดลงอย่างเห็นได้ชัด สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะปี พ.ศ. 2554 ทำให้เกิดการสอดคล้องกับพืชเศรษฐกิจและราคาตลาดของพืช โดยเฉพาะข้าวโพดดังแสดงในรูปที่ 5-9 และ 5-10

การเพิ่มขึ้นของราคาพืชเกษตรกรรมโดยเฉพาะข้าวและข้าวโพดได้มีอัตราการเพิ่ม โดยเพิ่มขึ้นสูงสุดในปี พ.ศ. 2555 และมีอัตราที่ลดลงตามข้อมูลทางสถิติของ Macrotrends ก่อให้เกิดการเพิ่มพื้นที่เกษตรกรรมอย่างมากในช่วงก่อนหน้า รวมถึงการรุกกล้าเขตป่าไม้เพื่อทำการเกษตรอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของราคาผลผลิตในตลาดเกษตรกรรมตามที่กล่าวมา ดังรูปที่ 5-9 ถึง 5-10



รูปที่ 5-9 ราคาข้าวในตลาดโลกรายปีราคา USD ต่อหน่วยดวงข้าว (Macrotrends, 2020)

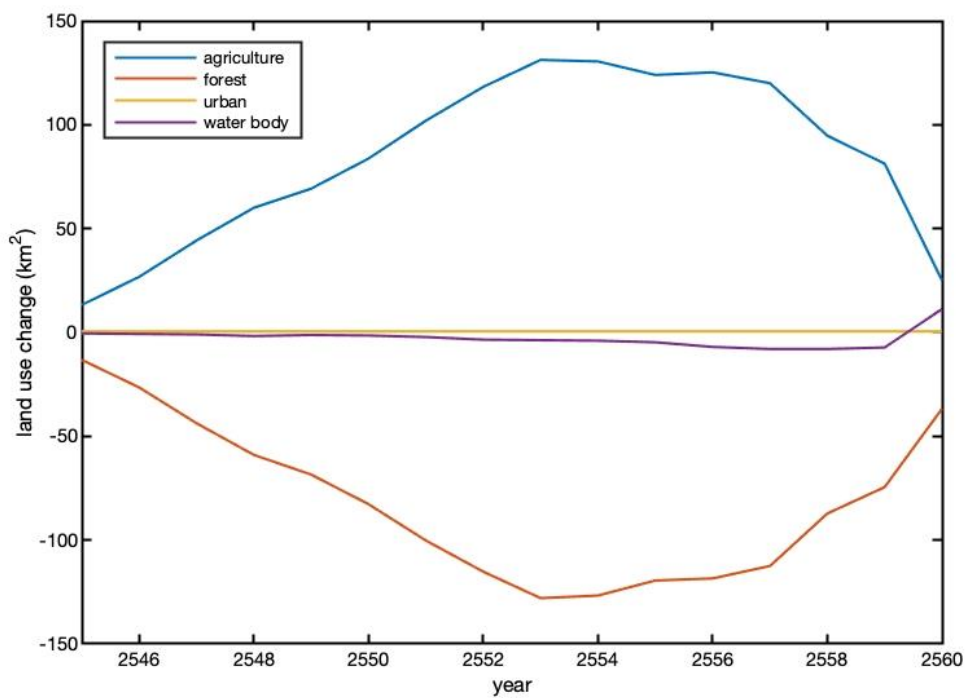


รูปที่ 5-10 ราคาข้าวโพดในตลาดโลกรายปีราคา USD ต่อหน่วยดวงข้าวโพด (Macrotrends, 2020)

นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 5-11 ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมมีการเพิ่มพื้นที่มากขึ้น พื้นที่ป่าไม้และพื้นที่น้ำลดลง และในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมลดลงพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่น้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จึงสามารถสรุปได้ว่าการเพิ่มขึ้นและลดลงของพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้และน้ำมีความสัมพันธ์ต่อกัน ในส่วนของพื้นที่ที่อยู่อาศัยนั้นไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง อาจมาจากข้อมูลดาวเทียม MODIS มีความสามารถตรวจจับพื้นที่ประเภทนี้ได้ดีนัก ดังตารางที่ 5-5

หลังจากทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนและแนวโน้มของปริมาณน้ำฝนแล้ว การศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในการจำแนกประเภทของแต่ละประเภทจากข้อมูลดาวเทียม MODIS ให้มีความใกล้เคียงกับข้อมูลสังเกตการณ์คือข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินที่มีความถูกต้องสูง แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละปีที่ส่งผลต่ออัตราการไหลในแต่ละช่วงเวลาที่ต้องเนื่องกัน จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS

นอกจากนี้ในบทถัดไปจะทำการจำลองในแบบจำลองโดยกำหนดข้อมูลนำเข้าการใช้ประโยชน์ที่ดิน และทำการเปลี่ยนแปลงความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนที่จำลองขึ้น และทำการกำหนดข้อมูลนำเข้าปริมาณน้ำฝนและทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบว่าความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนหรือการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลต่ออัตราการไหลสูงสุดมากกว่ากัน



รูปที่ 5-11 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ





## บทที่ 6

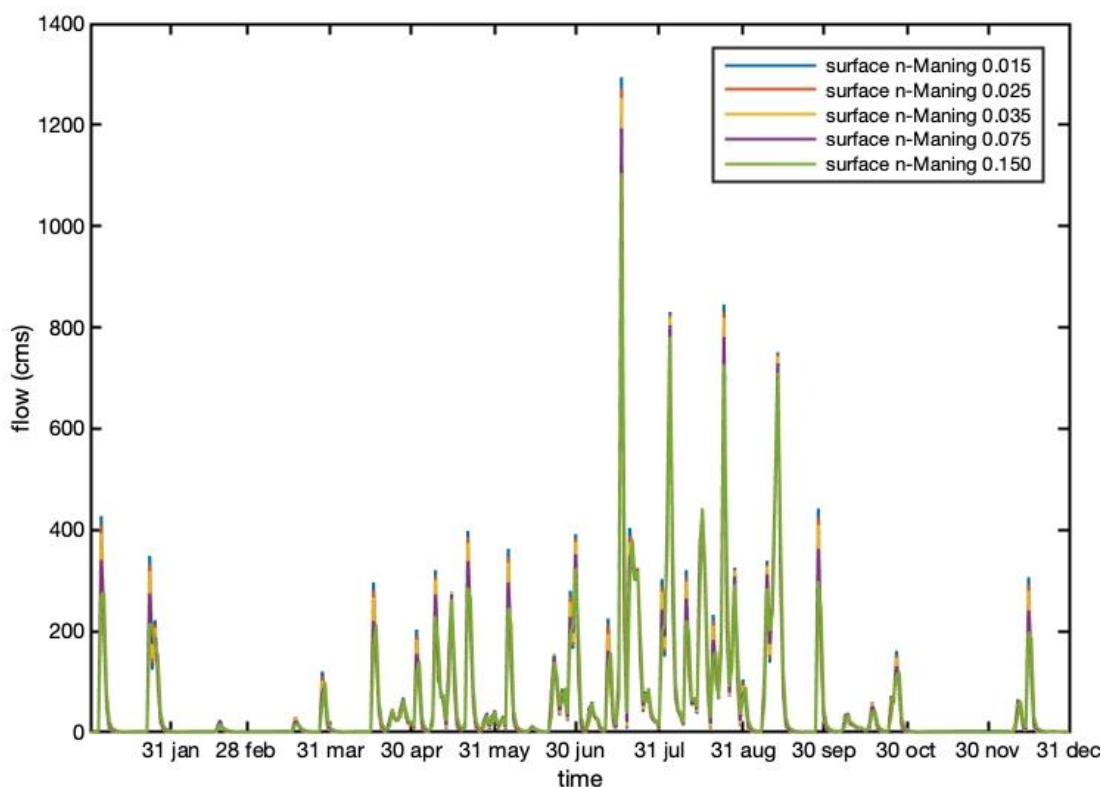
### การวิเคราะห์อัตราการไหลจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ในบทนี้แสดงผลการเปรียบเทียบและสอบถามแบบจำลอง RRI สำหรับไปใช้ในการจำลองน้ำท่าเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยวิเคราะห์ผลลัดน้ำท่า 6 สถานี คือ สถานี N.1, N.13A, N.59, N.64, N.65 และ N.75 ดังแสดงในรูปที่ 1-1

#### 6.1. วิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง RRI

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวในการศึกษานี้เลือกใช้สถานีน้ำท่า N.1 เนื่องจากเป็นสถานีที่อยู่ในที่ราบและอยู่ในตัวเมืองทำให้มีการบำรุงรักษามากกว่าสถานีที่อยู่บนเขาหรือสถานีอื่น โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2554 เนื่องจากสภาพน้ำฝนและน้ำท่าในปีดังกล่าวก่อให้เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ขึ้น สำหรับแบบจำลอง RRI เป็นแบบจำลองแบบ distributed model ซึ่งมีพารามิเตอร์ของรูปแบบ 3 รูปแบบ ได้แก่ 1.การไหลบนผิวดินเพียงอย่างเดียว 2.การไหลบนผิวดินและการซึมลงดินแนวตั้ง และ 3.การไหลบนผิวดินและชั้นน้ำผิวดิน ซึ่งการศึกษานี้ได้ทำการใช้รูปแบบการไหลบนผิวดินและชั้นน้ำผิวดิน เนื่องจากมีพหุกรรมทางกายภาพใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีพารามิเตอร์การประกอบด้วย สัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นที่โดยมีช่วงค่าอยู่ในช่วง 0.15-1.0 (surface n Manning coefficient), ความลึกชั้นดินโดยมีช่วงค่าอยู่ในช่วง 0.5-2.0 (soil depth), สัมประสิทธิ์ความลึกชั้นน้ำในดินโดยมีช่วงค่าอยู่ในช่วง 0.3-0.5 (gamma a), สัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำโดยมีช่วงค่าอยู่ในช่วง 0.015-0.040 (river n Manning coefficient) และสภาพการนำชั้นน้ำขณะดินไม่อิ่มตัว (unsaturated subsurface hydraulic conductivity:  $K_a$ )

โดยพิจารณาความอ่อนไหวของสัมประสิทธิ์ ความขรุขระของพื้นผิว (surface n-Manning coefficient) โดยแสดงดังรูปที่ 6-1 ได้ทำการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ n-Manning ของพื้นที่ในช่วง 0.015 – 0.150 (Yang, 2016) เป็นตัวแทนของพื้นที่ต่าง ๆ ได้แก่ พื้นที่ที่อยู่อาศัย พื้นที่ทิ้งร้าง พื้นที่เกษตรกรรมต่าง ๆ และพื้นที่ป่าไม้ ตามลำดับดังรูปที่ 6-1 ซึ่งส่งผลต่ออัตราการไหลสูงสุดโดยตรง ยิ่งสัมประสิทธิ์ความขรุขระยิ่งน้อยอัตราการไหลที่ได้จะยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย ในกรณีศึกษางานวิจัยนี้ จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ n-Manning (Pakoksung, 2016) ดังที่จะแสดงในตารางที่ 6-1 เนื่องจากความอ่อนไหวของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลมีค่าน้อยเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นผิวของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use: LU) ดังแสดงในรูปที่ 6-1 มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก



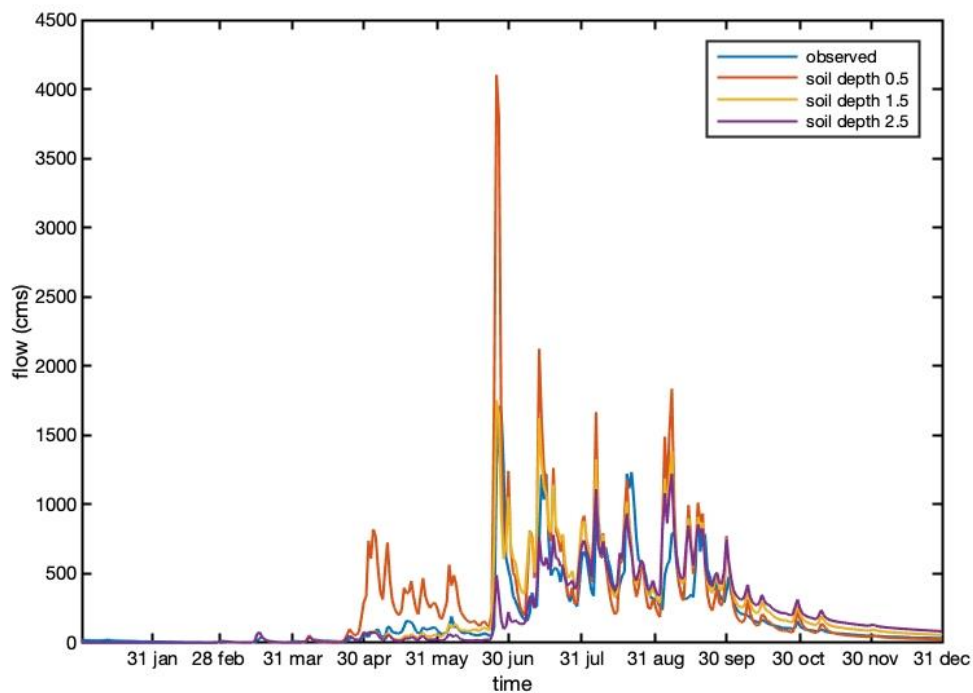
รูปที่ 6-1 ประเมินความอ่อนไหวของค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระต่ออัตราการไหลสถานี N.1

ตารางที่ 6-1 ตารางสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแต่ละชนิดพื้นที่ (Pakoksung and Takagi, 2016)

ชนิด	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ
เกษตรกรรม	0.3
ป่าไม้	0.5
ปลูกสร้าง	0.1
น้ำ	0.05

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ soil depth พบว่าเมื่อ soil depth มีค่าสูงขึ้น อัตราการไหลจะมีค่าที่น้อยลงดังรูปที่ 6-2 ในการศึกษาจึงเลือกค่า soil depth เท่ากับ 1.5 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ให้ค่าอัตราการไหลที่ใกล้เคียงกับค่าอัตราการไหลจากการตรวจวัด เนื่องจากพื้นที่ส่วนมากที่ส่งผลต่ออัตราการไหลจะเป็นพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรมและถูกจัดอยู่ในประเภทดินเดียวกันโดยส่วนมากทั่วลุ่มน้ำ

สามารถดูเพิ่มเติมได้ที่รูป ค-13 จึงทำการปรับพารามิเตอร์ soil depth และพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับประเภทของดินทั้งหมดเหมือนกัน



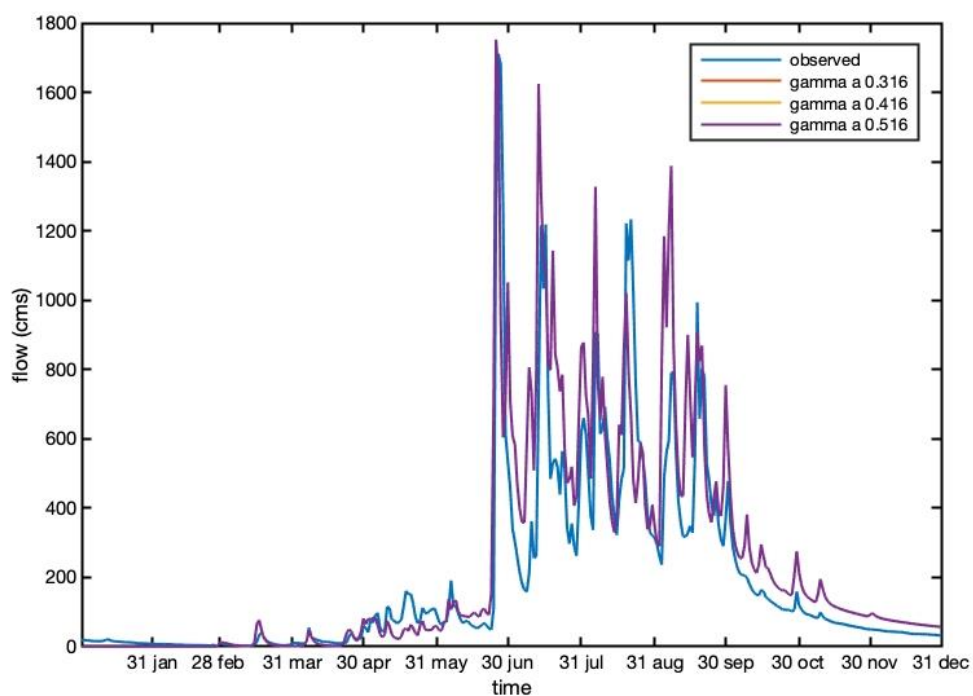
รูปที่ 6-2 ประเมินความอ่อนไหวของ Soil Depth ต่ออัตราการไหลสถานี N.1

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวแบบจำลองโดยการปรับ Gamma a parameter ไม่พบการเปลี่ยนแปลงต่ออัตราการไหล ซึ่งสรุปได้ว่าไม่มีผลต่ออัตราการไหลในแบบจำลอง ดังรูปที่ 6-3 เนื่องจากค่า Gamma a parameter มีความสัมพันธ์กับค่า Soil Depth parameter เมื่อทำการกำหนดค่า Soil Depth parameter แล้ว ค่า Gamma a parameter จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลง

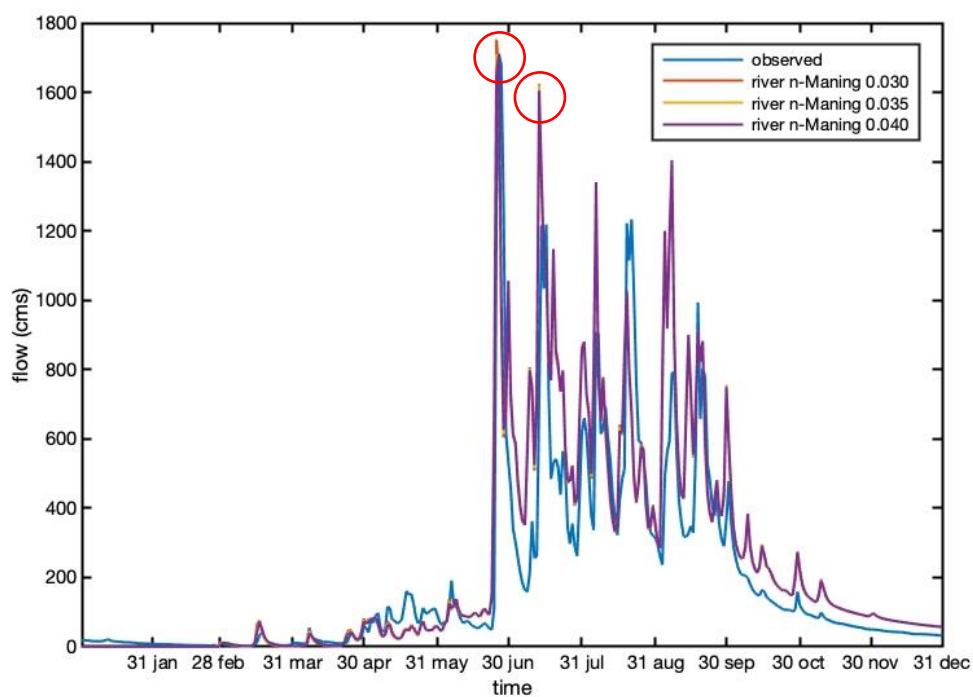
การปรับเทียบและวิเคราะห์ความอ่อนไหวได้ใช้สถานีน้ำท่า N.1 ในการปรับเทียบและวิเคราะห์ความอ่อนไหว โดยทำการดูความอ่อนไหวของสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (n Manning coefficient) ของลำน้ำ โดยได้แสดงดังรูปที่ 6-4 ซึ่งส่งผลต่ออัตราการไหลที่มีค่าสูง คือเมื่อสัมประสิทธิ์ความขรุขระยิ่งน้อยอัตราการไหลที่ได้จะยิ่งมากขึ้นแบบแปรผกผันกัน

จากนั้นจึงทำการปรับเทียบตัวแปร Ka (unsaturated subsurface hydraulic conductivity) พบว่าเมื่อปรับค่า Ka ให้น้อยลงจะส่งผลต่ออัตราการไหลสูงสุดและต่ำสุด แต่อย่างไรก็ตามค่าพารามิเตอร์ Ka ไม่มีรูปแบบ (pattern) ที่ไม่แน่นอน จึงทำการเลือกค่าที่สามารถที่ตรวจจับอัตราการไหลสูงสุดและต่ำสุดได้ดีที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 6-5

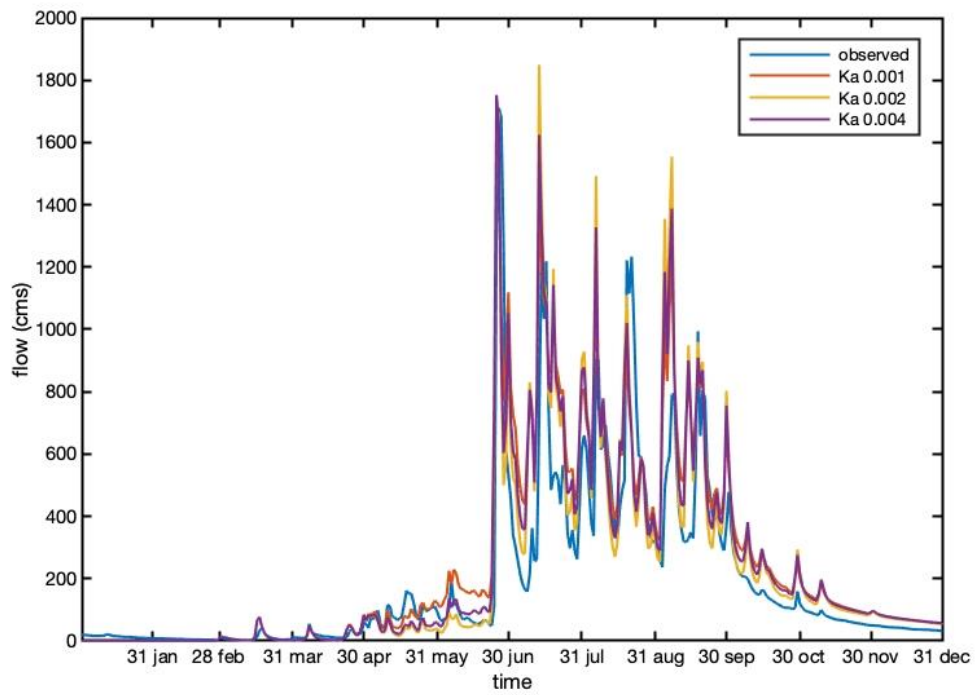
จากนั้นจึงทำการปรับค่า Soil depth ให้ละเอียดขึ้นจาก 1.5 เป็น 1.52, 1.54 และ 1.56 เพื่อให้อัตราการไหลมีความใกล้เคียงกับค่าสังเกตการณ์มากที่สุดตามรูปที่ 6-6



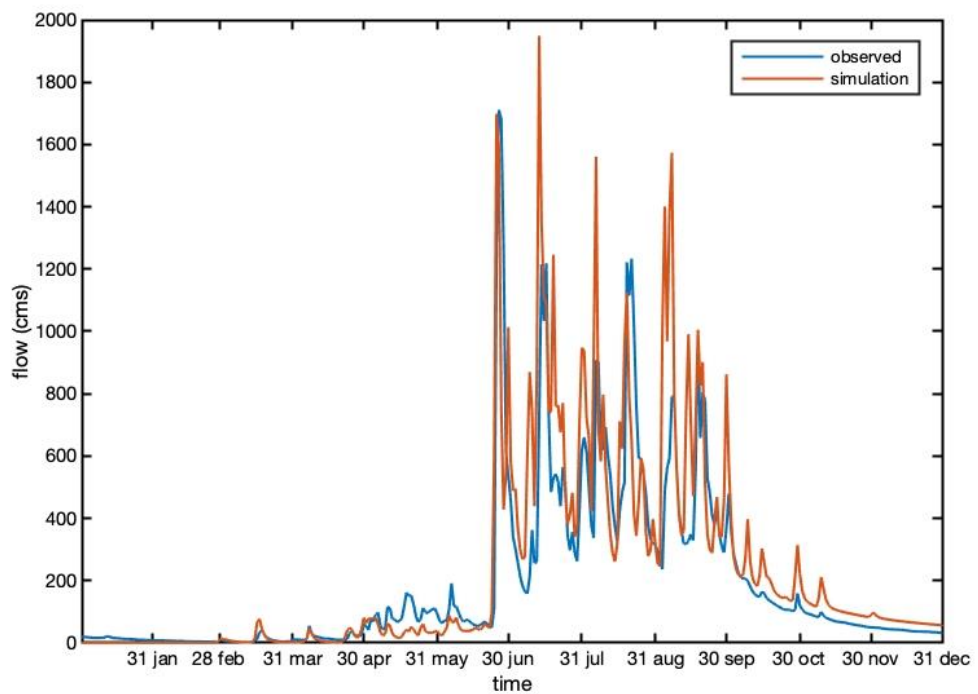
รูปที่ 6-3 ประเมินความอ่อนไหวของ gamma a ต่ออัตราการไหลสถานี N.1



รูปที่ 6-4 ประเมินความอ่อนไหวของค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระของลำน้ำต่ออัตราการไหลสถานี N.1



รูปที่ 6-5 ประเมินความอ่อนไหวของ Ka ต่ออัตราการไหลสถานี N.1



รูปที่ 6-6 ประเมินความอ่อนไหวของ soil depth ต่ออัตราการไหลสถานี N.1

## 6.2. การปรับเทียบและการสอบทานแบบจำลอง

จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองและทำการปรับเทียบแบบจำลอง ได้ทำการปรับเทียบและเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยใช้ตัวแปรในการตัดสินใจ ได้แก่  $R^2$ , RMSE และ NSE เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกค่าพารามิเตอร์

เนื่องจากประเภทดินในพื้นที่เกือบทั้งหมดในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนเป็นชุดดินประเภทเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 6-2 ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับดินที่ได้จากการปรับเทียบ เช่น ความลึกชั้นดิน สัมประสิทธิ์ความลึกชั้นน้ำในดิน และสภาพการนำชั้นน้ำขณะดินไม่อิ่มตัว จึงใช้ค่าของทั้ง 3 พารามิเตอร์ที่เหมือนกันในพื้นที่ป่าไม้และเกษตรกรรม

ค่าสัมประสิทธิ์ความซึบซึบที่ใช้ในแบบจำลองขึ้นอยู่กับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังแสดงในตารางที่ 6-1 จากนั้นทำการปรับเทียบความลึกชั้นดินที่มีผลต่ออัตราการไหลมากที่สุด โดยเลือกจากค่าที่มีค่า  $R^2$  สูง ที่ทำให้มีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสังเกตการณ์และแบบจำลองสอดคล้องกันในระดับสูง นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงค่า RMSE ที่จะบ่งบอกถึงความแตกต่างของอัตราการไหลสูงสุด (peak flow) ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าความลึกชั้นดิน (soil depth) 1.5 ในการปรับเทียบเบื้องต้น การปรับเทียบสัมประสิทธิ์ความลึกชั้นน้ำในดิน (Gamma a) ได้ใช้ค่าปกติ (default) จากแบบจำลอง เนื่องจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์นี้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงต่ออัตราการไหล จึงได้เลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความลึกชั้นน้ำในดิน (Gamma a) 0.316 อธิบายเพิ่มเติมถึง Gamma a นอกจากนั้นยังทำการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความซึบซึบของลำน้ำและเลือกค่าที่มีตัวแปรในการตัดสินใจที่เหมาะสมที่สุดคือค่าสัมประสิทธิ์ความซึบซึบลำน้ำ 0.04 ในทำนองเดียวกันการปรับเทียบค่าสภาพการนำชั้นน้ำขณะดินไม่อิ่มตัว ( $K_a$ ) นอกจากต้องคำนึงถึงค่าตัวแปรในการตัดสินใจแล้ว ยังต้องคำนึงถึงรูปร่างกราฟอัตราการไหลสูงสุดระหว่างข้อมูลสังเกตการณ์และข้อมูลจากแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 6-6 จึงเลือกใช้ค่ากลางที่เพราะมีผลต่ออัตราการไหลสูงสุดและต่ำสุดไม่มากนักที่  $K_a = 0.002$  ทำให้ส่งผลต่ออัตราการไหลปานกลาง ก่อนจะไปปรับตัวแปรที่เหลือที่ยังขึ้นในส่วนของพารามิเตอร์ soil depth นอกจากนั้นการปรับค่า  $K_a$  ส่งผลให้ไม่คำนึงถึงการซึมลงดินแบบ Green-Ampt ที่ส่งผลต่ออัตราการไหลแบบสูงสุดและต่ำสุดเท่านั้นทำให้การจำลองไม่เหมือนกับค่าสังเกตการณ์จริง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ค่า  $K_a$  เข้ามาแทนค่า  $K_{sv}$  (vertical saturated hydraulic conductivity) ซึ่งเป็นการซึมผ่านผิวดินแต่มีการซึมในแนวราบด้วยเช่นกัน หลังจากนั้นจึงทำการปรับเทียบค่า Soil Depth อีกครั้งเพื่อให้ค่าการปรับเทียบมีความละเอียดและมีค่าอัตราการไหลใกล้เคียงกับข้อมูลอัตราการไหลสังเกตการณ์มากที่สุด ซึ่งได้ทำการสรุปไว้ดังตารางที่ 6-2

ตารางที่ 6-2 การสรุปพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง

พารามิเตอร์	ค่า	R <sup>2</sup>	RMSE (cms)	NSE
soil depth	0.5	0.62	448.21	-0.02
	1.5	0.77	385.10	0.66
	2.5	0.58	324.79	0.56
gamma a	0.316	0.77	385.10	0.66
	0.416	0.77	385.10	0.66
	0.516	0.77	385.10	0.66
n river	0.03	0.77	385.10	0.66
	0.035	0.77	386.12	0.67
	0.04	0.78	387.20	0.68
Ka	0.001	0.79	384.30	0.70
	0.002	0.74	386.05	0.61
	0.004	0.77	385.10	0.66
soil depth	1.52	0.70	381.18	0.56
	1.54	0.70	379.11	0.56
	1.56	0.74	385.68	0.62

การสอบทานแบบจำลองเพื่อตรวจสอบพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบพบว่ามีความแม่นยำเพียงพอที่จะเป็นตัวแทนในการนำไปใช้ต่อ ซึ่งใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าปี พ.ศ. 2551 ในการสอบทานที่สถานี N.1, N.13A, N.49, N.64, N.65 และ N.75 ตัวแปรในการตัดสินใจจากผลการสอบทานแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 6-3 จะเห็นได้ว่า สถานี N.1, N.13A, และ N.64 ที่อยู่บนลำน้ำหลักให้ค่าตัวแปรในการตัดสินใจอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ยกเว้นสถานี N.49, N.65 และ N.75 เนื่องจากเป็นสถานีที่อยู่บนลำน้ำสาขาบริเวณลำน้ำน้ำยาว ผลการเปรียบเทียบการจำลองอัตราการไหลรายวันกับข้อมูลสังเกตการณ์แสดงดังรูปที่ 6-7 จะเห็นได้ว่า สถานี N.49 ซึ่งเป็นสถานีที่อยู่บนลำน้ำสาขาให้ผลการจำลองที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด

ตารางที่ 6-3 ตารางสรุปการสอบทานแบบจำลอง

สถานี	R <sup>2</sup>	RMSE (cms)	NSE
N.1	0.73	281.55	0.64
N.13A	0.70	525.34	0.68
N.49	0.35	30.10	0.32
N.64	0.76	211.77	0.55
N.65	0.51	52.87	0.43
N.75	0.57	151.68	0.53

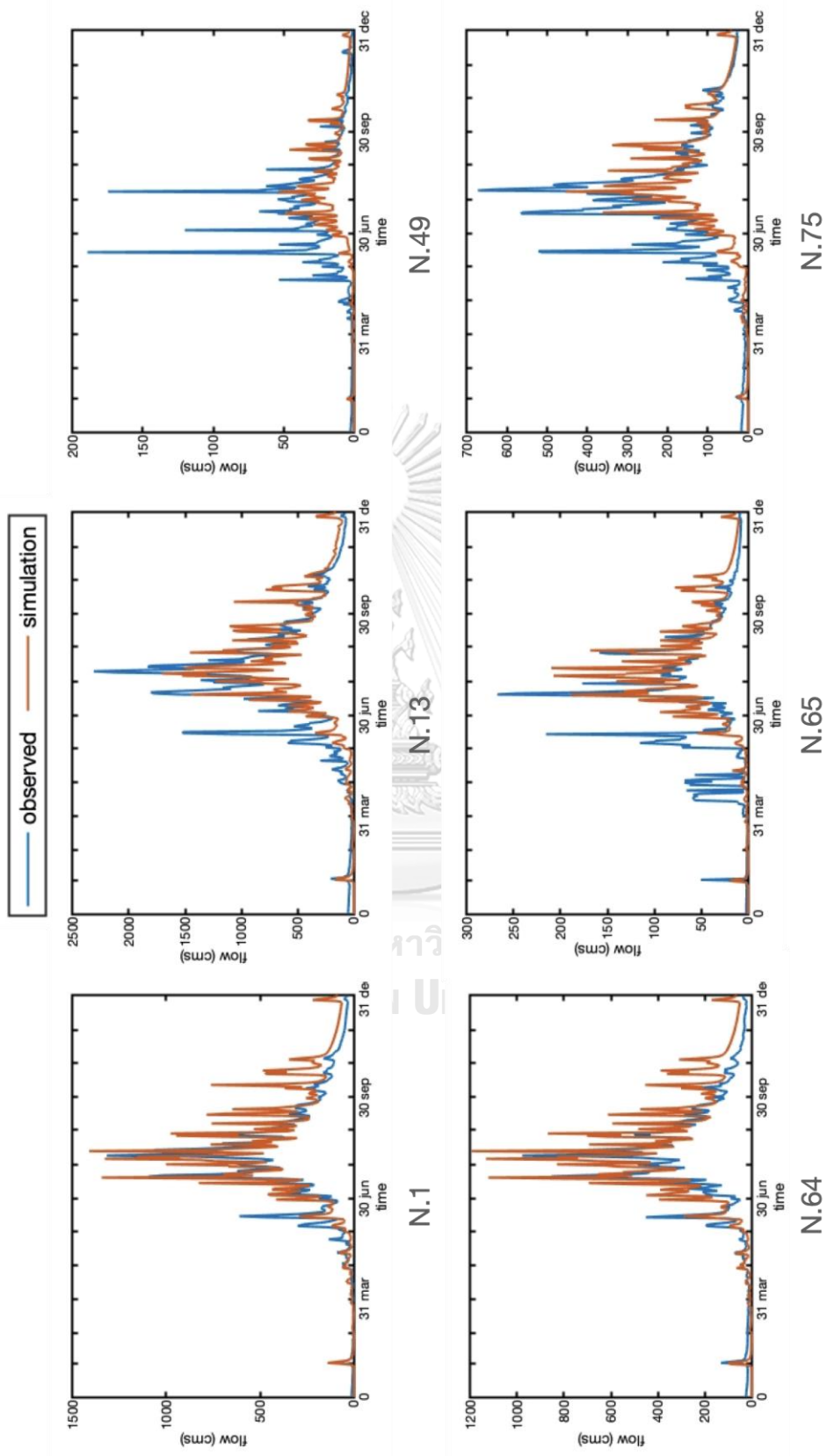
### 6.3. ผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน

ในการศึกษาผลกระทบของความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนต่ออัตราการไหลสูงสุด จำเป็นต้องอาศัยแบบจำลอง RRI ที่ได้ทำการปรับเทียบและสอบทานแล้ว โดยทำการจำลองอัตราการไหลรายวันโดยใช้ข้อมูลฝนรูปแบบต่าง ๆ แต่กำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินเหมือนกัน

สำหรับข้อมูลฝนที่ใช้ในการจำลองอัตราการไหล ได้ทำการเลือกใช้ฝน 4 รูปแบบ โดยทำการเพิ่มปริมาณน้ำฝนจากปี พ.ศ. 2560 ขึ้นเป็น 1% 2% 3% และ 4% ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลของฝนที่เปลี่ยนแปลงและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปต่ออัตราการไหลได้

นอกจากนี้ได้ทำการจำลองอัตราการไหลโดยภายใต้สมมติฐานการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน 1% 2% 3% และ 4% เพื่อให้สามารถทำการเปรียบเทียบผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ โดยใช้ปริมาณฝนรายวันปี พ.ศ.2560 และทำการกระจายฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Thiessen polygon เพื่อสร้างฝนรายกริด และเลือกใช้สถานี N.1 มาเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ เนื่องจากสถานี N.1 เป็นสถานีที่อยู่ในตำแหน่งด้านท้ายสุดของกลุ่มน้ำน่านตอนบนจึงครอบคลุมขอบเขตกลุ่มน้ำน่านตอนบนส่วนล่างได้ทั้งหมด จากนั้นได้สร้างสถานการณ์จำลองโดยการเพิ่มปริมาณน้ำฝน 1% 2% 3% และ 4% ในการจำลองอัตราการไหลจากความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นทีละ 1 % ผลการจำลองอัตราการไหลแสดงดังรูปที่ 6-9





รูปที่ 6-7 ผลการสอบทานสถานี

#### 6.4. ผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

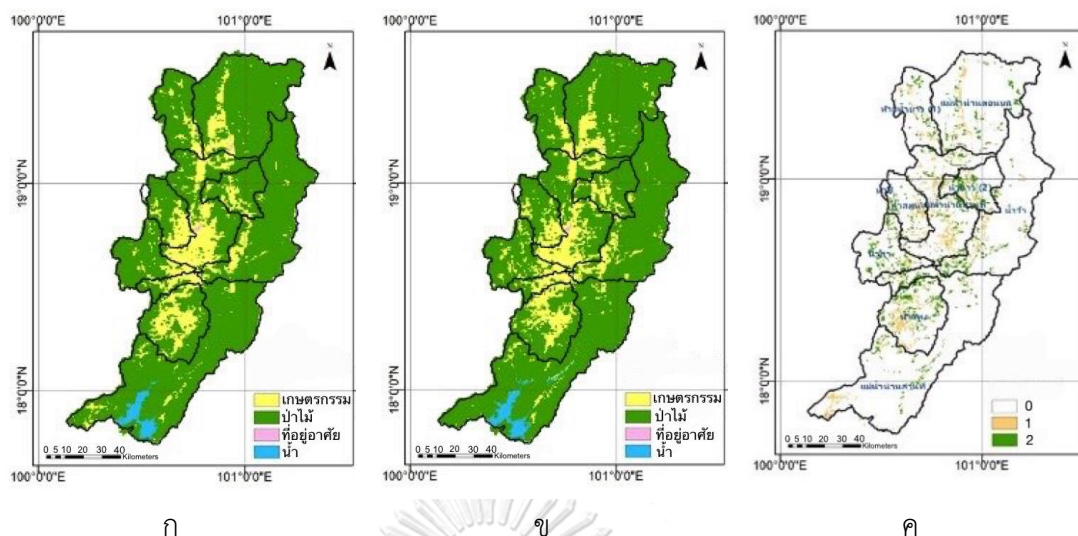
การศึกษาผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ทำการกำหนดปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2554 และใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียม MODIS ที่ทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินแล้วในปี พ.ศ. 2544-2560 ผลการจำลองอัตราการไหลและการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลสูงสุดแสดงดังรูปที่ 6-11

จากการวิเคราะห์รูปที่ 6-11 การจำลองโดยการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่ส่งผลต่ออัตราการไหล แต่อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 6-11 ที่สถานี N.13A สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลได้ เนื่องจากเป็นสถานีที่อยู่ท้ายสุดในลุ่มน้ำน่านตอนบนในสถานีที่ศึกษา ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงภาพรวมของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่ออัตราการไหลที่สถานี N.13A

เมื่อทำการวิเคราะห์อัตราการไหลสูงสุดของแต่ละสถานี พบว่าอัตราการไหลสูงสุดมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังแสดงในรูปที่ 6-12 (สามารถดูรูปผลการจำลองอัตราการไหลเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ข) อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจาก MODIS ที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่อเทียบกับปีต่าง ๆ กับปี พ.ศ. 2544

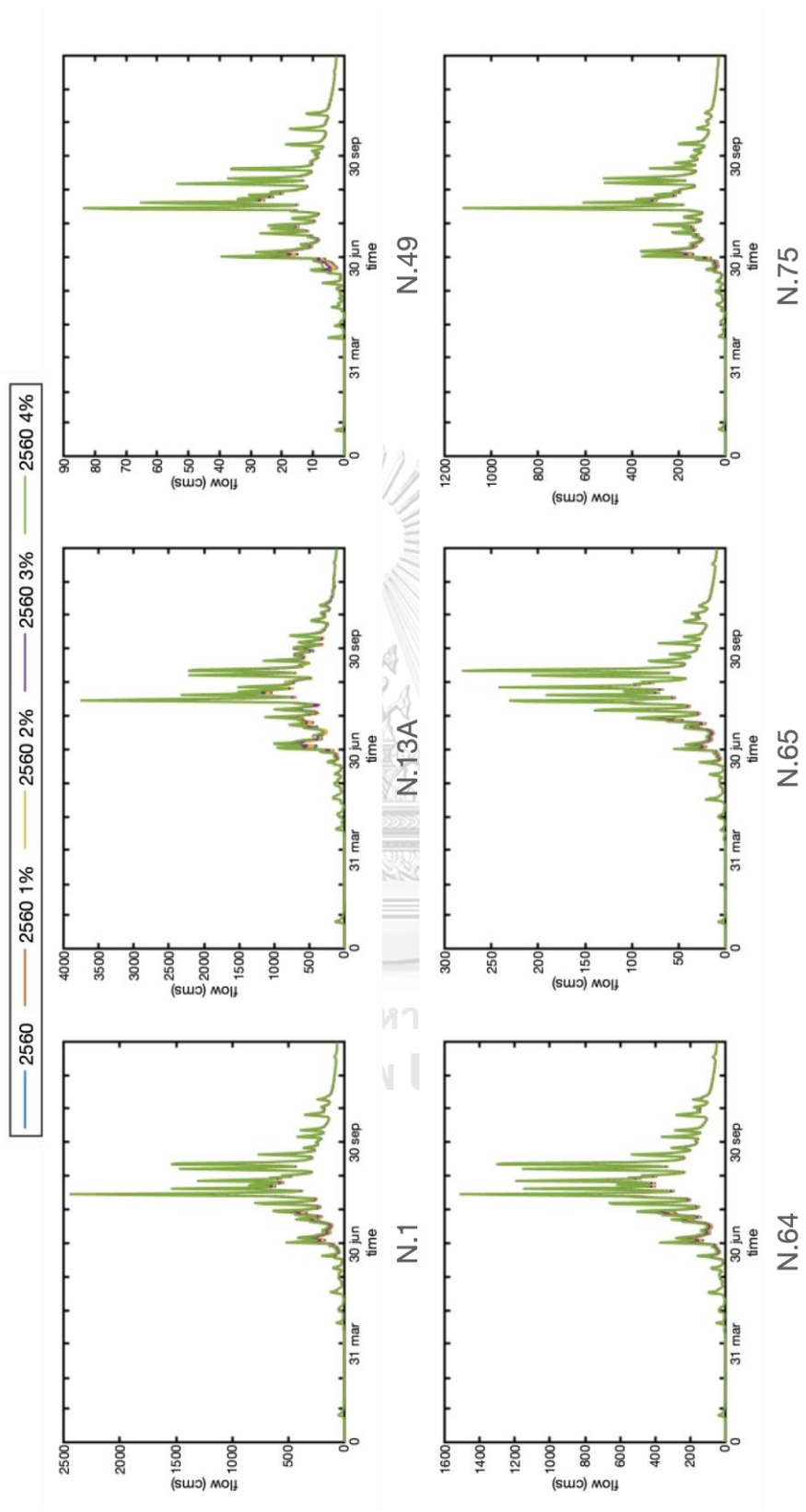
จากรูปที่ 6-12 พบว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดของทั้ง 6 สถานีมีค่าน้อยมาก จึงได้ทำการจำลองสถานการณ์สมมติเพิ่มเติม โดยกำหนดให้การใช้ประโยชน์ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงตามแนวโน้มการเพิ่มหรือลดของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ป่าไม้และเกษตรกรรม จะเห็นได้ว่ายังมีพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นอัตราการไหลสูงสุดก็จะเพิ่มขึ้นตาม (ภาคผนวก ข) แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลที่น้อยมาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงน้อยเพียง 5 %

นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2544 กับ 2560 ดังแสดงในรูป 6.8 (ค) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงระหว่างพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงจากป่าไม้เป็นเกษตรกรรม 4.8 % และมีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรเป็นป่าไม้ 5.5 % จึงสรุปได้ว่าโดยรวมพื้นที่ป่าไม้มีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระหว่างปีที่ทำการศึกษาดังแต่ปี พ.ศ. 2544-2560

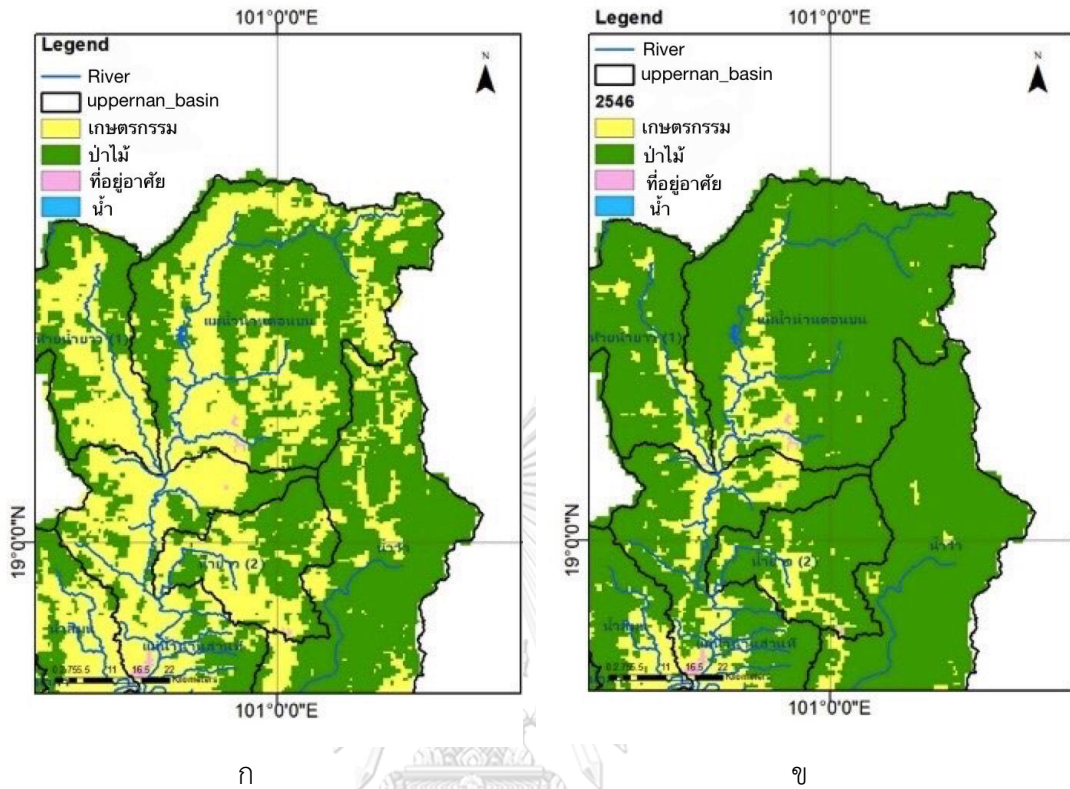


รูปที่ 6-8 แผนที่ (ก) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2544 และ (ข) การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2560 (ค) การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2544 กับ 2560

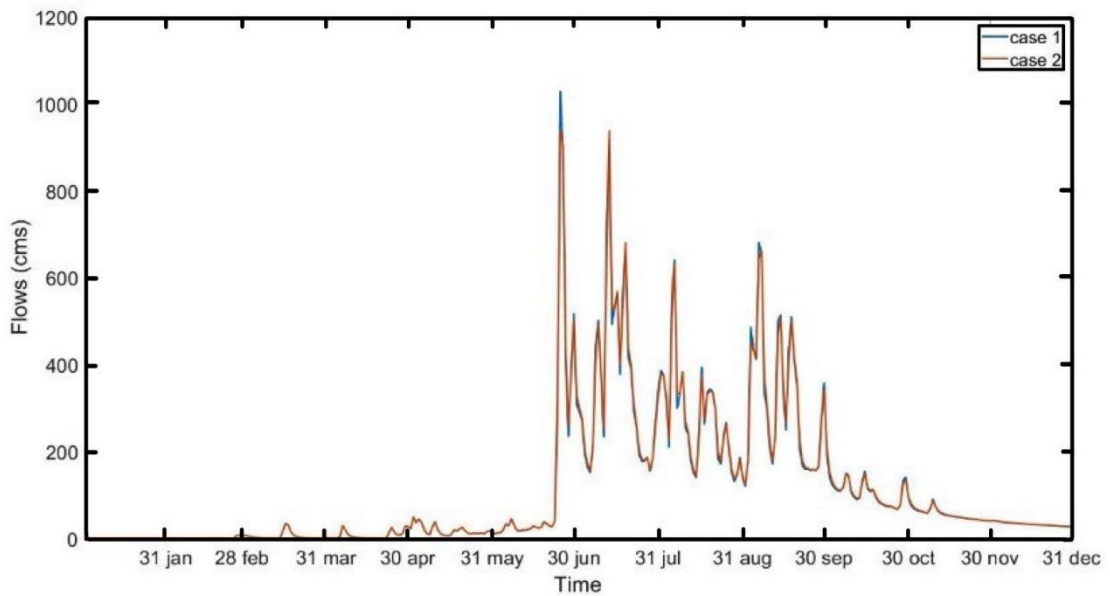
เมื่อทำการวิเคราะห์ในพื้นที่ลุ่มน้ำลำน้ำน่านตอนบน ซึ่งเป็นลุ่มน้ำสาขาในลุ่มน้ำน่านตอนบน พบประเด็นที่สำคัญอย่างมาก คือปัญหาการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจาก MODIS ประเภทที่ 8 woody savanna จากผลการเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินด้วย hit rate ในบทที่ 5 ได้ผลการจำแนกเป็นพื้นที่ป่าไม้ แต่เมื่อนำมาสอบทานกับข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า ควรเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ผลการเปรียบเทียบการจำลองอัตราการไหล 2 กรณี โดยกรณีที่ 1 กำหนดให้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่ 8 woody savanna เป็นพื้นที่เกษตรกรรม และกรณีที่ 2 กำหนดให้การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่ 8 woody savanna เป็นพื้นที่ป่าไม้ ดังแสดงในรูปที่ 6-10 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการจำแนกประเภทของ woody savanna ส่งผลต่ออัตราการไหลสูงสุดมากถึง 50 ลบ.ม./วินาที ในปี พ.ศ. 2546 ดังแสดงในรูปที่ 6-11 ดังนั้น การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภท woody savanna จากข้อมูล MODIS ควรทำการเปรียบเทียบเป็นรายลุ่มน้ำย่อย และควรมีการสอบทานกับข้อมูลจากการสำรวจจริง



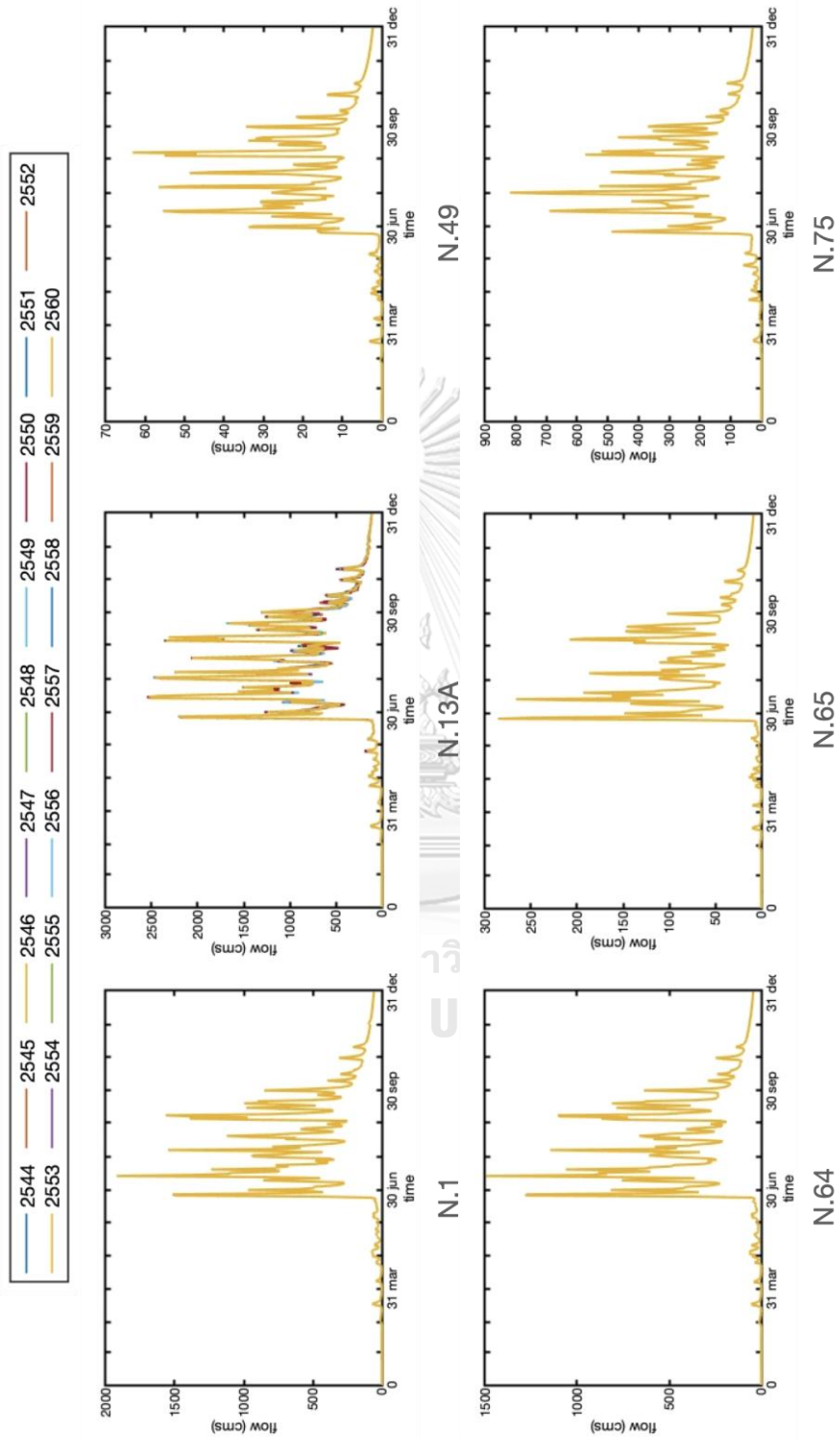
รูปที่ 6-9 การจำลองในแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าโดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2555 และสถานการณ์จำลองการเพิ่มปริมาณน้ำฝน 1% 2% 3% และ 4%



รูปที่ 6-10 การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภท woody savanna (ก) เป็นพื้นที่เกษตรกรรม และ (ข) เป็นพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ.2546

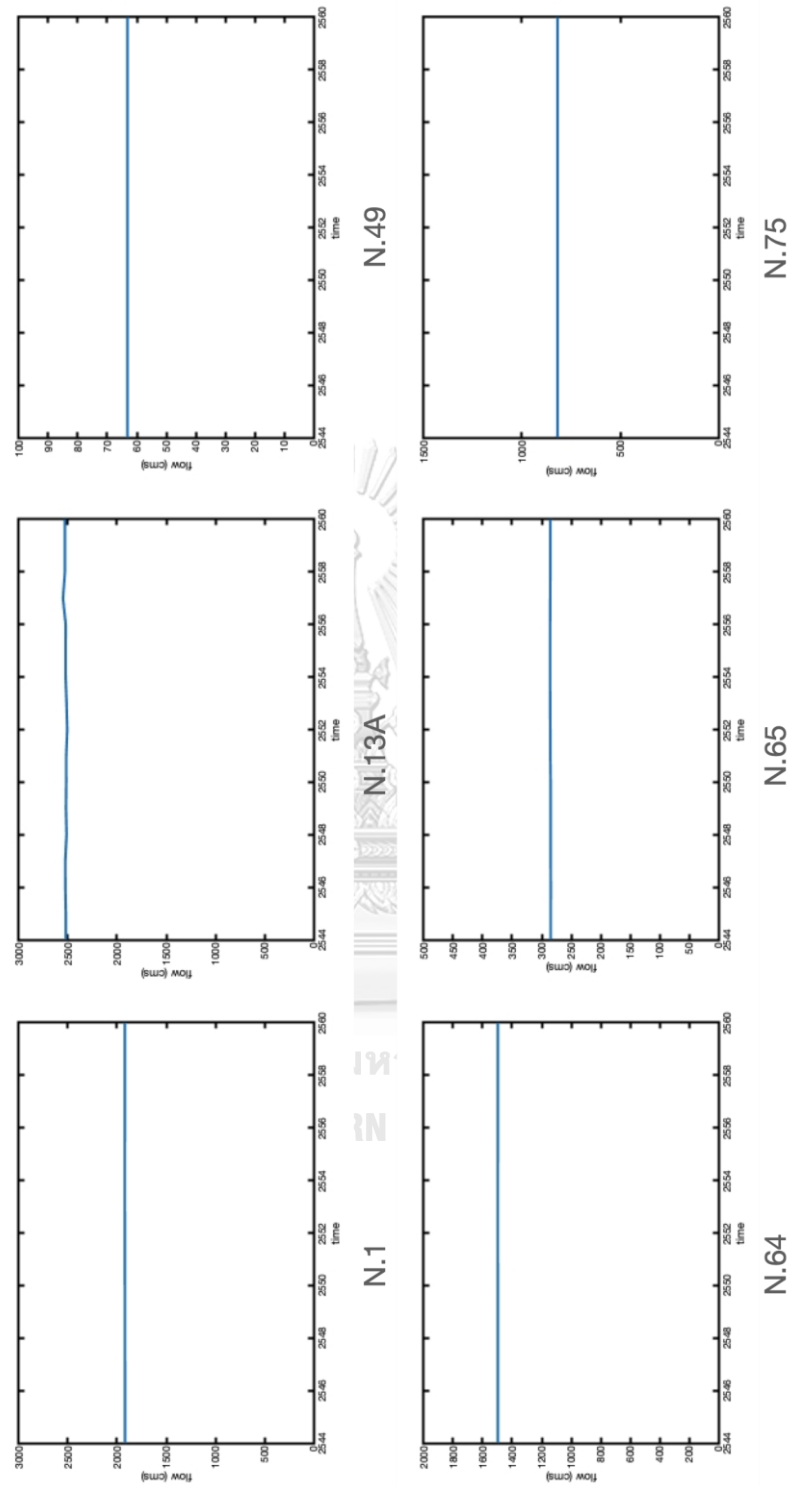


รูปที่ 6-11 อัตราการไหลเปรียบเทียบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภท woody savanna ที่ต่างกัน



รูปที่ 6-12 การจำลองอัตราการไหลโดยใช้ข้อมูลฝนปี พ.ศ. 2554 และการใช้ประโยชน์ที่ดินปี

พ.ศ. 2544-2560



รูปที่ 6-13 ค่าอัตราการไหลสูงสุดจากการจำลอง กรณีเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2544-2560 โดยใช้ข้อมูลฝนปี พ.ศ. 2554

## 6.5. การเปรียบเทียบผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดจากความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

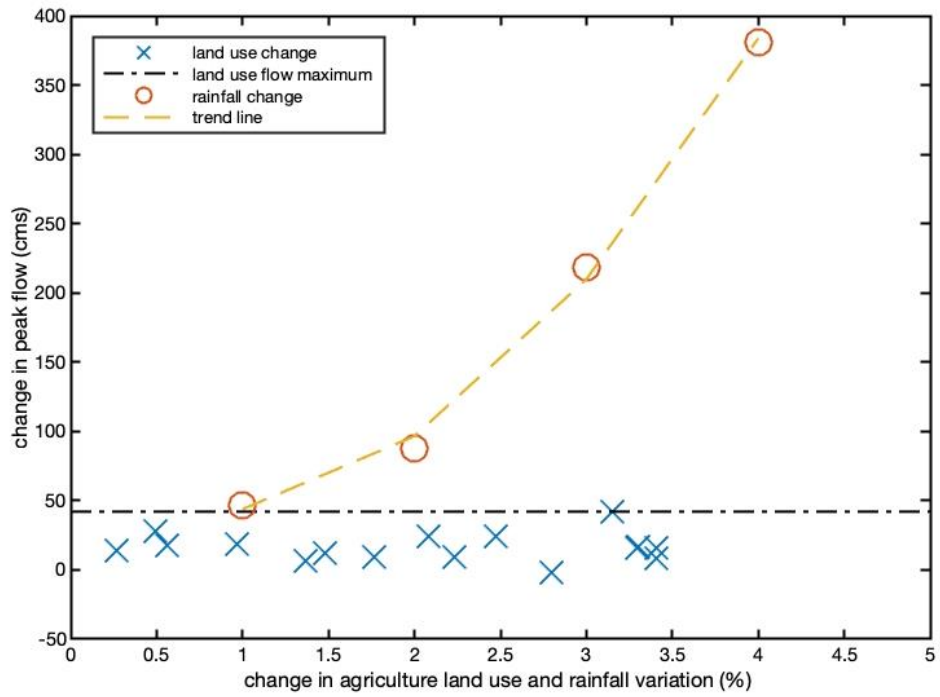
ในการศึกษาการเปรียบเทียบผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดจากความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้ทำการจำลองอัตราการไหลด้วยแบบจำลอง RRI ที่สถานี N.13A ด้วยสถานการณ์จำลอง โดยการเพิ่มปริมาณน้ำฝนรายวันปีพ.ศ. 2560 1% 2% 3% และ 4% และกำหนดให้การใช้ประโยชน์ที่ดินคงเดิม ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดแสดงดังรูปที่ 6-14 ผลการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ของการเพิ่มปริมาณฝนในช่วง 1-4 % มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มของอัตราการไหลสูงสุด โดยการเพิ่มปริมาณฝนรายวัน 1% ส่งผลให้อัตราการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้น 46.6 ลบ.ม.ต่อวินาที การเพิ่มปริมาณฝนรายวัน 2% ส่งผลให้อัตราการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้น 88.1 ลบ.ม.ต่อวินาที การเพิ่มปริมาณฝนรายวัน 3% ส่งผลให้อัตราการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้น 218.2 ลบ.ม.ต่อวินาที และการเพิ่มปริมาณฝนรายวัน 4% ส่งผลให้อัตราการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้น 381.0 ลบ.ม.ต่อวินาที

เมื่อทำการจำลองอัตราการไหลด้วยแบบจำลอง RRI สถานี N.13A โดยกำหนดให้ปริมาณฝนคงที่พบว่า ผลการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดมีการกระจายตัวแบบไม่มีรูปแบบต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรม ดังแสดงในรูปที่ 6-14 โดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมีค่าน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดจากความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนที่ 1 % อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ พิจารณาเฉพาะอัตราการไหลสูงสุดที่สถานี N.13A ซึ่งเป็นสถานีที่อยู่ในบริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำน่านตอนบน ส่งผลให้ผลการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรวมของพื้นที่รับน้ำที่อยู่เหนือสถานี N.13A ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยได้ ในการศึกษาขั้นต่อไปควรทำการศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้ละเอียดมากขึ้น

ผลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบในส่วนของปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น 3% พบว่ามีอัตราการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้น 218.2 ลบ.ม./วินาที และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ค่าสูงสุด พบว่ามีอัตราการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้นเพียง 42 ลบ.ม./วินาที ซึ่งยังน้อยกว่ากรณีที่ปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น 1 % ที่ส่งผลให้อัตราการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้น 46.6 ลบ.ม./วินาที

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนส่งผลต่ออัตราการไหลสูงสุดมากกว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูล MODIS ที่ปรับเทียบแล้วมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก ทำให้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดที่น้อยเช่นกัน





รูปที่ 6-14 ความสัมพันธ์ของร้อยละการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดที่สถานี N.13A จากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

## บทที่ 7

### สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้ศึกษาวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยสามารถสรุปผลการศึกษา ข้อจำกัดของการศึกษา และข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

#### 7.1. สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำฝน

ในการศึกษาความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนได้แบ่งเป็นการวิเคราะห์ฝนรายปี ฝนรายฤดูกาล และฝนรายเดือน โดยใช้ข้อมูลฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยา 4 สถานี ได้แก่ สถานีน่าน สถานีนาน สกข. สถานีท่าวัง ผา และสถานีทุ่งช้าง โดยทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในส่วนของการวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนใช้วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ และวิธี Mann-Kendall มาเป็นตัวบ่งชี้ถึงการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณน้ำฝนรายปีและรายฤดูกาล ในส่วนของการวิเคราะห์ฝนรายเดือนได้ทำการพิจารณาค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงสุด และต่ำสุด เทียบกับฝนปี พ.ศ. 2554 และทำการพิจารณาปริมาณน้ำฝนปีที่มีปริมาณน้ำสูงสุดเพื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่เกิดขึ้น

ความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนรายปีมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก โดยพิจารณาได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีค่ามากกว่า 200 มิลลิเมตรต่อปีทุกสถานี นอกจากนี้ช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์สถานีมีช่วงระยะเวลาความยาวที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4-1 โดยรวมปริมาณน้ำฝนรายปีในแต่ละปีมีค่าความแปรปรวนมากแต่ไม่เกิน +1 หรือ -1 ของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แต่ในทุกสถานีในปี พ.ศ. 2554 จะมีค่าสูงกว่าปีอื่น ๆ ซึ่งในปีนั้นเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ขึ้นในประเทศไทย ปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นสูงในช่วงระยะเวลานั้น ๆ อันเนื่องมาจากพายุโซนร้อนและร่องความกดอากาศต่ำ ทำให้เกิดปริมาณน้ำฝนที่มากกว่าปีอื่น ๆ นอกจากนี้เมื่อทำ regression analysis พบว่าค่าแนวโน้มของแต่ละสถานีมีค่าแนวโน้มที่ไม่ได้ไปในทิศทางเดียวกัน ในสถานีน่านและสถานีท่าวังผา มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นประมาณ 4-5 มิลลิเมตรต่อปี ในส่วนของสถานีน่าน สกข. และสถานีทุ่งช้าง มีแนวโน้มที่ลดลง 13-19 มิลลิเมตรต่อปี แต่เมื่อทำการทดสอบแนวโน้มด้วยวิธี Mann-Kendall ของ 3 สถานี ยกเว้น สถานีน่าน สกข. ที่มีข้อมูลเพียง 12 ปี พบว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก คือ ข้อมูลฝนไม่มีแนวโน้ม ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนรายฤดูกาล โดยได้แบ่งเป็น 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม และฤดูแล้ง เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนเมษายน โดยในแต่ละสถานีและแต่ละฤดูกาลมีความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนและแนวโน้มปริมาณน้ำฝนที่แตกต่างกัน จากการทำ regression analysis พบว่าที่สถานีน่านและท่าวังผามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนทั้งในฤดูฝนและฤดู

แล้ง ที่สถานีน้ำน สกษ. และสถานีทุ่งช้างในฤดูฝนมีแนวโน้มที่ลดลง แต่ในฤดูแล้งปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการทดสอบแนวโน้มด้วยวิธี Mann-Kendall ของ 3 สถานี ยกเว้น สถานีน้ำน สกษ. พบว่า ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลัก คือ ข้อมูลฝนไม่มีแนวโน้ม ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนรายเดือนจะมีค่าปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่แตกต่างกันในแต่ละปีและสถานี ปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2554 มีปริมาณสูงกว่าค่าเฉลี่ยโดยรวม แต่เมื่อพิจารณาปริมาณฝนรายเดือนสูงสุด ที่สถานีน้ำนปริมาณฝนรายเดือนสูงสุดจะอยู่ในเดือนสิงหาคมปี พ.ศ. 2553 ที่สถานีน้ำน สกษ. ปริมาณฝนรายเดือนสูงสุดจะอยู่ในเดือนสิงหาคมปี พ.ศ. 2553 ที่สถานีท่าวังผาปริมาณฝนรายเดือนสูงสุดจะอยู่ในเดือนจะอยู่ในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคมปี พ.ศ. 2538 และสถานีทุ่งช้างปริมาณฝนรายเดือนสูงสุดจะอยู่ในเดือนสิงหาคมปี พ.ศ. 2549

## 7.2. สรุปผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงประโยชน์ที่ดินที่นำมาใช้ในการศึกษาได้แก่ ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินและข้อมูลดาวเทียม MODIS ซึ่งข้อมูลทั้งสองชุดนี้มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกัน โดยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินมีความละเอียดต่ำกว่าข้อมูลดาวเทียม MODIS จึงต้องปรับความละเอียดเชิงพื้นที่ให้เท่ากัน นอกจากนี้ในส่วนของข้อมูลจากดาวเทียม MODIS มีการวางตัวในแนวทแยงทำให้จำเป็นต้องปรับเส้นโครงแผนที่ (projection) ให้เหมือนกับข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินก่อนทำการปรับเทียบข้อมูลดาวเทียม MODIS กับข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน

เนื่องจากข้อมูลจากดาวเทียม MODIS เป็นข้อมูลจากดาวเทียม จึงมีข้อดีคือมีข้อมูลที่ต่อเนื่องและครอบคลุมพื้นที่ แต่มีข้อจำกัดเรื่องความถูกต้องในการแปลผลเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ จึงจำเป็นต้องทำการปรับเทียบข้อมูลดาวเทียม MODIS ด้วยข้อมูลตรวจวัดจากกรมพัฒนาที่ดิน ในการปรับเทียบนั้นได้ทำการปรับเทียบโดยพิจารณาประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละช่องเซลล์ที่มีขนาดประมาณ 500 เมตร ที่ตรงกันและเปรียบเทียบการตรวจจับของข้อมูลดาวเทียม MODIS ในแต่ละประเภทว่าตรงกับประเภทใดมากที่สุดของข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินทั้ง 3 ปี จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณลุ่มน้ำน่านตอนบนมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย และข้อมูลจากดาวเทียม MODIS ไม่สามารถตรวจจับพื้นที่ที่อยู่อาศัยได้ดีมากนัก นอกจากนี้ยังพบว่าพื้นที่ประเภท woody savanna เป็นได้ทั้งพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้ จึงจำเป็นต้องพิจารณาเป็นรายลุ่มน้ำย่อยในการศึกษาต่อไป

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดขึ้นจะเกิดในประเภทพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้เป็นหลัก โดยการเพิ่มขึ้นและลดลงของพื้นที่ประเภทเกษตรกรรมและป่าไม้มีความสัมพันธ์แปรผกผันกันอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะในปี พ.ศ.2554 มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมอย่างมาก อาจ

เนื่องจากความต้องการพืชเกษตรกรรมของตลาดโลก โดยเฉพาะข้าวโพดที่เป็นพืชเศรษฐกิจหลักของกลุ่มน้ำน่านตอนบน ทำให้พื้นที่ป่าไม้ในปีนั้นลดลงอย่างเห็นได้ชัด

### 7.3. สรุปผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดจากความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าที่ใช้ในการศึกษานี้ คือแบบจำลอง Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) (Sayama, 2017) โดยทำการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลอัตราการไหลรายวันของสถานีกรมชลประทาน ปีพ.ศ. 2554 และทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ได้แก่ สัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นผิว (surface n Manning coefficient), Soil Depth, Gamma a, สัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ (river n Manning coefficient) และ Ka (unsaturated subsurface hydraulic conductivity) พบว่า Soil Depth มีค่าความอ่อนไหวมากที่สุด นอกจากนี้จึงได้ทำการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงในหัวข้อที่ 6-1 และ 6-2 เพื่อให้มีค่าอัตราการไหลใกล้เคียงกับข้อมูลสังเกตการณ์ จากนั้นจึงทำการสอบทานแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 พบว่าสถานีที่อยู่ในลำน้ำหลักนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าสถานีที่อยู่ในลำน้ำสาขา เนื่องมาจากการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ในการศึกษานี้ได้ทำการปรับเทียบจากสถานีที่อยู่บนลำน้ำหลักคือ สถานี N.1 ทำให้ประสิทธิภาพจากการสอบทานบนลำน้ำสาขาน้อยกว่าประสิทธิภาพการสอบทานบนลำน้ำหลัก

ในการเปรียบเทียบผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดจากความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้ทำการจำลองอัตราการไหลด้วยแบบจำลอง RRI ที่สถานี N.13A ด้วยสถานการณ์จำลองโดยการเพิ่มปริมาณน้ำฝนรายวันปีพ.ศ. 2560 1% 2% 3% และ 4% พบว่าอัตราการไหลสูงสุดมีการเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นแบบ exponential เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยกำหนดให้ปริมาณฝนเท่าเดิม พบว่าอัตราการไหลสูงสุดมีการเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เพิ่มขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดมีค่าค่อนข้างน้อยมากไม่เกิน 2% เมื่อเทียบกับอัตราการไหลสูงสุดปี พ.ศ. 2544

เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดเมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น 1% และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน 1% พบว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมีค่าน้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน ข้อจำกัดที่สำคัญของการศึกษานี้ คือ การพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นการพิจารณาโดยภาพรวมในพื้นที่ตอนบนของสถานี N.13A ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลสูงสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยได้ ในการศึกษาขั้นต่อไปควรทำการศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้ละเอียดมากขึ้น นอกจากนี้จากผลการศึกษาพบว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนมีการเปลี่ยนแปลงการใช้

ประโยชน์ที่ดินที่น้อยมาก จึงไม่อาจสรุปได้ว่าความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนจะส่งผลต่ออัตราการไหลสูงสุดมากกว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาอื่น ๆ

#### 7.4. ข้อเสนอแนะ

1. การวิเคราะห์แนวโน้มปริมาณน้ำฝนควรทำการวิเคราะห์การกระจายตัวทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา โดยใช้ข้อมูลฝนที่มีความยาวของข้อมูลอย่างน้อย 30 ปีและมีความต่อเนื่อง และมีจำนวนสถานีต่อพื้นที่ที่เหมาะสม
2. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการสำรวจและตรวจทานในพื้นที่จริงของกรมพัฒนาที่ดินเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ถึงแม้ว่าการพัฒนาเทคโนโลยีในการเก็บข้อมูลระยะไกลด้วยดาวเทียม ซึ่งได้ข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้างและมีความต่อเนื่อง ก็จำเป็นต้องทำการปรับเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจริง เพื่อลดความผิดพลาดในการแปลผล ก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป
3. การเปรียบเทียบประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของข้อมูลจากดาวเทียม MODIS ควรทำเป็นลุ่มน้ำย่อย เนื่องจากจากผลการศึกษานี้พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่ 8 savanna ในพื้นที่ทางตอนบนควรจำแนกเป็นพื้นที่ป่าไม้ แต่ในพื้นที่ทางตอนล่างควรจำแนกเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้ส่งผลต่อการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและผลกระทบต่ออัตราการไหลสูงสุดจากแบบจำลอง
4. แบบจำลอง RRI เป็นแบบจำลองแบบ distributed model ซึ่งใช้เวลาในการปรับเทียบแบบจำลองค่อนข้างนาน ควรมีการใช้ optimization model เข้ามาช่วยในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม
5. ในการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินในการศึกษานี้ ยังมีได้จำแนกประเภทของพืชในพื้นที่เกษตรกรรม จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปีพ.ศ. 2553 จังหวัดน่านมีพื้นที่ปลูกยางพารา 90,501 ไร่ และในปีพ.ศ. 2561 จังหวัดน่านมีพื้นที่ปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นเป็น 263,006 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ซึ่งพื้นที่ปลูกยางพาราส่งผลต่อสภาพทางอุทกวิทยาทั้งปริมาณการซึมและ base flow และการตรวจวัดด้วยดาวเทียมอาจยังไม่สามารถจำแนกพื้นที่ปลูกยางพารากับพื้นที่ป่าไม้ได้ จึงควรมีการศึกษาในประเด็นนี้เพิ่มเติม

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

กรมพัฒนาที่ดิน (2556). มาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศ (FGDS) ชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน.

กรมอุตุนิยมวิทยา (2560). ข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, ก. พ. (2556). แผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับชุมชน.

ธีรวัฒน์ งามอินทรา (2558). การออกแบบเชิงพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำยม. วิศวกรรมมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิลวรรณ ชุ่มฤทธิ์ (2556). สถิติวิศวกรรม.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (2555). การดำเนินการด้านการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง. ลุ่มน้ำน่าน.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2561). เนื้อที่ยืนต้นเนื้อที่กรี๊ดได้ผลผลิตและผลผลิตต่อไร่รวมทั้งประเทศรายภาคและรายจังหวัด.

### ภาษาอังกฤษ

Apollonio, C., G. Balacco, A. Novelli and E. Tarantino (2016). "Land Use Change Impact on Flooding Areas: The Case Study of Cervaro Basin (Italy)." Sustainability.

Brath, A., A. Montanari and G. Moretti (2006). "Assessing the effect on flood frequency of land use change via hydrological simulation (with uncertainty)." Journal of Hydrology: 141–153.

Brirhet, H. and L. Benaabidate (2016). "Comparison Of Two Hydrological Models (Lumped And Distributed) Over A Pilot Area Of The Issen Watershed In The Souss Basin, Morocco." University of Sidi Mohammed Ben Abdellah, Faculty of Sciences and Techniques.

Chotpantararat, S. and S. Boonkaewwan (2018). "Impacts of land-use changes on watershed discharge and water quality in a large intensive agricultural area in Thailand." Hydrological Sciences Journal 63(9): 1386-1407.

Chow, V. T., D. R. Maidment and L. W. Mays (1998). Applied Hydrology. Singapore.

Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau and S. V. Stehman (2013). "High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change." Science 342: 850-853.

Hussain, F., G. Nabi and M. W. Boota (2015). "RAINFALL TREND ANALYSIS BY USING THE MANN-KENDALL TEST & SEN'S SLOPE ESTIMATES: A CASE STUDY OF DISTRICT CHAKWAL RAIN GAUGE, BARANI AREA, NORTHERN PUNJAB PROVINCE, PAKISTAN."

Kimmany, B. (2016). EFFECTIVENESS OF HYDROLOGIC MODELS FOR STREAMFLOW PREDICTION IN THE NAM SONG RIVER BASIN. Master degree, Chulalongkorn university.

Kirtphaiboon, S., P. Wongwises, A. Limsakul, S. Sooktaewee and U. Humphries (2014). "Rainfall Variability over Thailand Related to the El Nino-Southern Oscillation (ENSO)." Journal of Sustainable Energy & Environment 5.

Limsakul, A. and P. Singhruck (2016). "Long-term trends and variability of total and extreme precipitation in Thailand." Journal of Atmospheric Research: 301-317.

Macrotrends (2020). The Premier Research Platform for Long Term Investors. <https://www.macrotrends.net>.

Maddox, I. (2014). "Three Common Types of Flood Explained."

Pakoksung, K. and M. Takagi (2016). "Effect of satellite based rainfall products on river basin responses of runoff simulation on flood event." Model. Earth Syst. Environment.

Petchprayoon, P., P. D. Blanken, C. Ekkawatpanit and K. Hussein (2010). "Hydrological impacts of land use/land cover change in a large river basin in central-northern Thailand." International Journal of Climatology 30(13): 1917-1930.

Sayama, T. (2017). Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) Model. Rainfall-Runoff-Inundation Model User's Manual. Kyoto, Japan, Disaster Prevention Research Institute (DPRI), Kyoto University.

Sayama, T., G. Ozawa, T. Kawakami, S. Nabesaka and K. Fukami (2012). "Rainfall-runoff-inundation analysis of the 2010 Pakistan flood in the Kabul River basin." Hydrological Sciences Journal 57(2): 298-312.

Sitterson, J., C. Knightes, R. Parmar, K. Wolfe, M. Mucche and B. Avant (2017). An Overview of Rainfall-Runoff Model Types. O. o. R. a. Development and N. E. R. Laboratory. Athens, Georgia, United States Environmental Protection Agency.

Sriariyawat, A., K. Pakoksung, T. Sayama, S. Tanaka and S. Koontanakulvong (2013). "Approach to Estimate the Flood Damage in Sukhothai Province Using Flood Simulation." Journal of Disaster Research 8.

Susunpoontong S (1995). "Effect of land use change on some hydrological characteristics of Yom river basin."

Syed, M. F. and T. Sayama (2015). Comparative analysis of flood forecasting techniques using RRI, HEC-RAS & Gauge-to-Gauge correlation method for Delhi, India. Water-Related Disaster Management Course of Disaster Management Policy Program.

Tangthan, N. and S. Boonyawat (1998). "Effects of Land Cover Change and Large Reservoir Operation on Water Balance of the Chao Phraya River Basin." Kasetsart Journal (natural science) 32: 511-519.

Try, S., G. Lee, W. Yu, C. Oeurng and C. Jang (2018). "Large-Scale Flood-Inundation Modeling in the Mekong River Basin." Journal of Hydrologic Engineering 23(7).

Yang, X., H. Chen, Y. Wang and C. Xu (2016). "Evaluation of the effect of land use/cover change on flood characteristics using an integrated approach coupling land and flood analysis." Hydrology Research.

Zeng, Z., L. Estes, A. D. Ziegler, A. Chen, T. Searchinger, F. Hua, K. Guan, A. Jintrawet and E. F. Wood (2018). "Highland cropland expansion and forest loss in Southeast Asia in the twenty-first century." Nature Geoscience 11(8): 556-562.

Zeng, Z., D. B. Gower and E. F. Wood (2018). "Accelerating forest loss in Southeast Asian Massif in the 21st century: A case study in Nan Province, Thailand." Glob Chang Biol 24(10): 4682-4695.



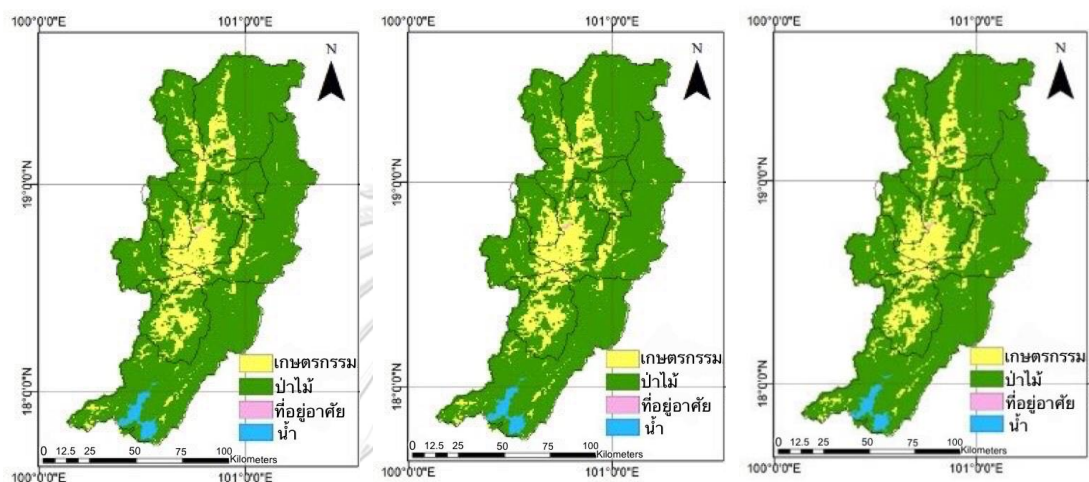


ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

### ภาคผนวก ก การใช้ประโยชน์ที่ดิน

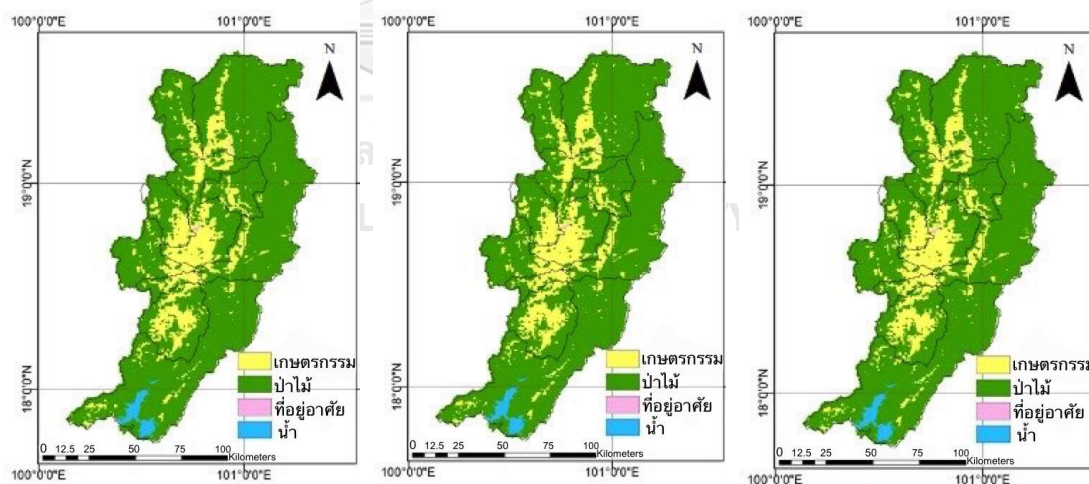
แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินหลังจากการปรับประเภทให้ตรงกับกรมพัฒนาที่ดินเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงหลังจากปรับประเภทแล้ว จากภาพรวมที่ดูจะมีบางพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงโดยรวมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544-2560 มีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก ทำให้ผลจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ที่ดินสูงที่สุดนั้นเปลี่ยนแปลงไปน้อยเช่นกัน



2544

2545

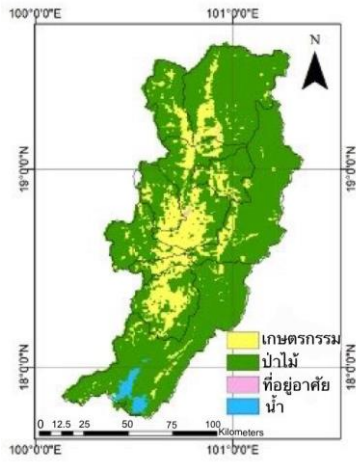
2546



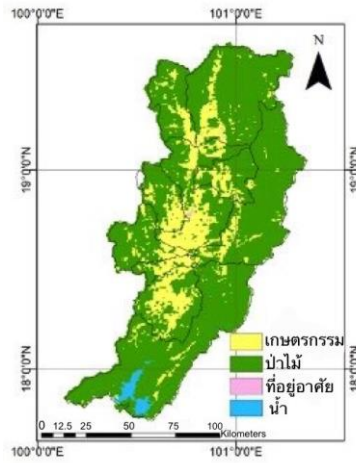
2547

2548

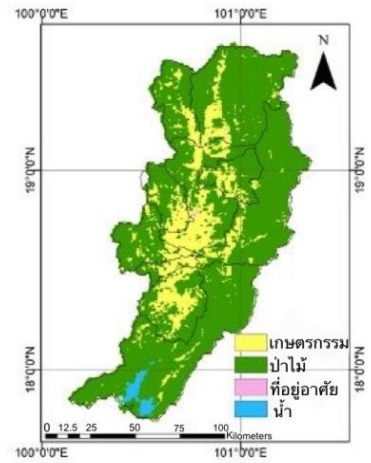
2549



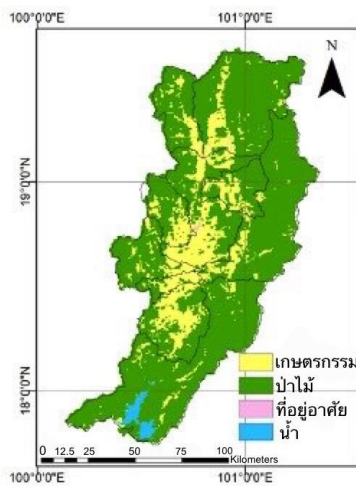
2550



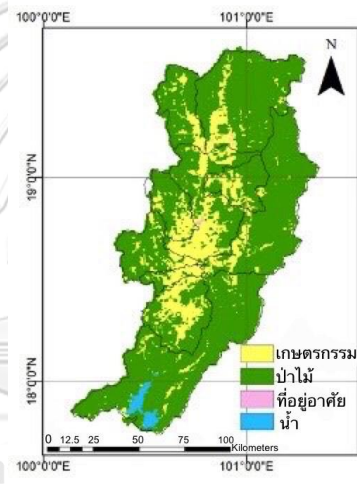
2551



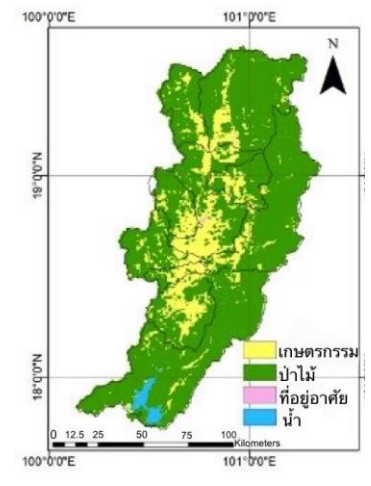
2552



2553

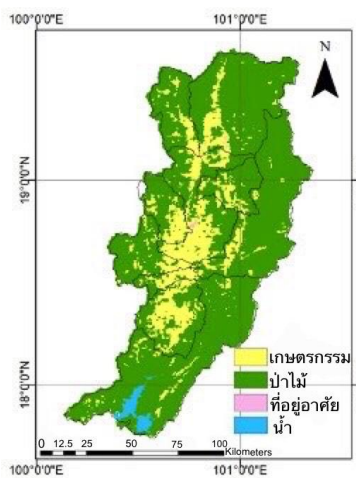


2554

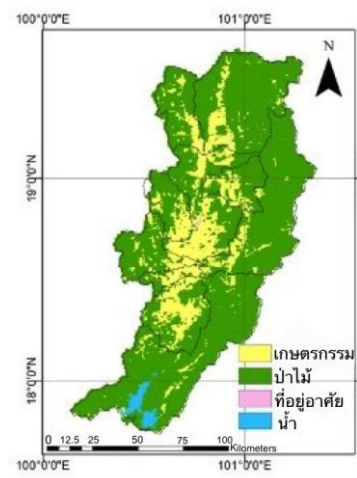


2555

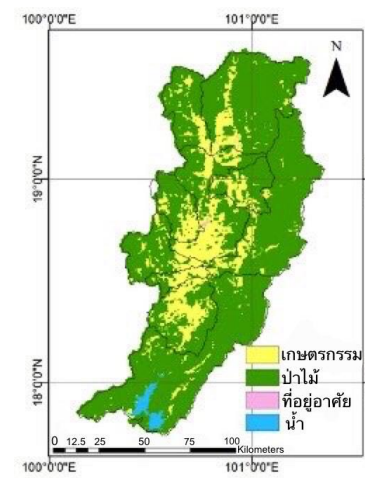
CHULALONGKORN UNIVERSITY



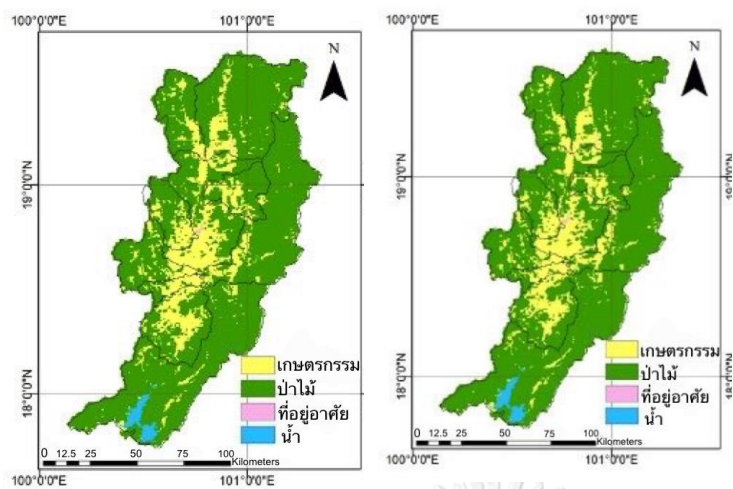
2556



2557



2558



2559

2560

รูปที่ ก-1 การใช้ประโยชน์ที่ดินหลังการปรับตั้งแต่ปี 2544 ถึง 2560



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

### ภาคผนวก ข แบบจำลอง Rainfall-Runoff-Inundation

ตารางสรุปการเปรียบเทียบแบบจำลองสถานีต่าง ๆ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ เนื่องจากในส่วนของเนื้อหาที่กล่าวข้างต้นได้ใช้สถานี N.1 แต่อย่างไรก็ตามได้ทำการพิจารณาสถานีอื่น ๆ ด้วยเช่นกัน ซึ่งสถานีในลำน้ำหลักจะมีการเปรียบเทียบที่ดีกว่าสถานีที่อยู่บนลำน้ำสาขาเนื่องจากการพิจารณาสถานี N.1. เป็นหลัก

ตารางที่ ข-1 การเปรียบเทียบพารามิเตอร์สถานี N.13A

พารามิเตอร์	ค่า	R <sup>2</sup>	RMSE (cms)	NSE
soil depth	0.5	0.71	885.78	0.65
	1.5	0.79	768.54	0.79
	2.5	0.58	652.97	0.56
gamma a	0.316	0.79	768.54	0.79
	0.416	0.79	768.54	0.79
	0.516	0.79	768.54	0.79
n river	0.03	0.79	768.54	0.79
	0.035	0.81	768.05	0.81
	0.04	0.83	765.63	0.83
ka	0.001	0.81	774.49	0.81
	0.002	0.77	761.65	0.77
	0.004	0.79	768.54	0.79
soil depth	1.52	0.73	749.36	0.73
	1.54	0.73	744.92	0.73
	1.56	0.80	751.41	0.80

ตารางที่ ข-2 การเปรียบเทียบพารามิเตอร์สถานี N.49

พารามิเตอร์	ค่า	R <sup>2</sup>	RMSE (cms)	NSE
soil depth	0.5	0.65	96.92	0.44
	1.5	0.46	67.18	0.27
	2.5	0.27	54.94	0.16
gamma a	0.316	0.46	67.18	0.27
	0.416	0.46	67.18	0.27
	0.516	0.46	67.18	0.27
n river	0.03	0.46	67.18	0.27
	0.035	0.46	67.14	0.27
	0.04	0.46	67.11	0.27
ka	0.001	0.48	68.55	0.28
	0.002	0.39	62.41	0.25
	0.004	0.46	67.18	0.27
soil depth	1.52	0.37	61.80	0.24
	1.54	0.36	60.87	0.24
	1.56	0.37	61.32	0.24

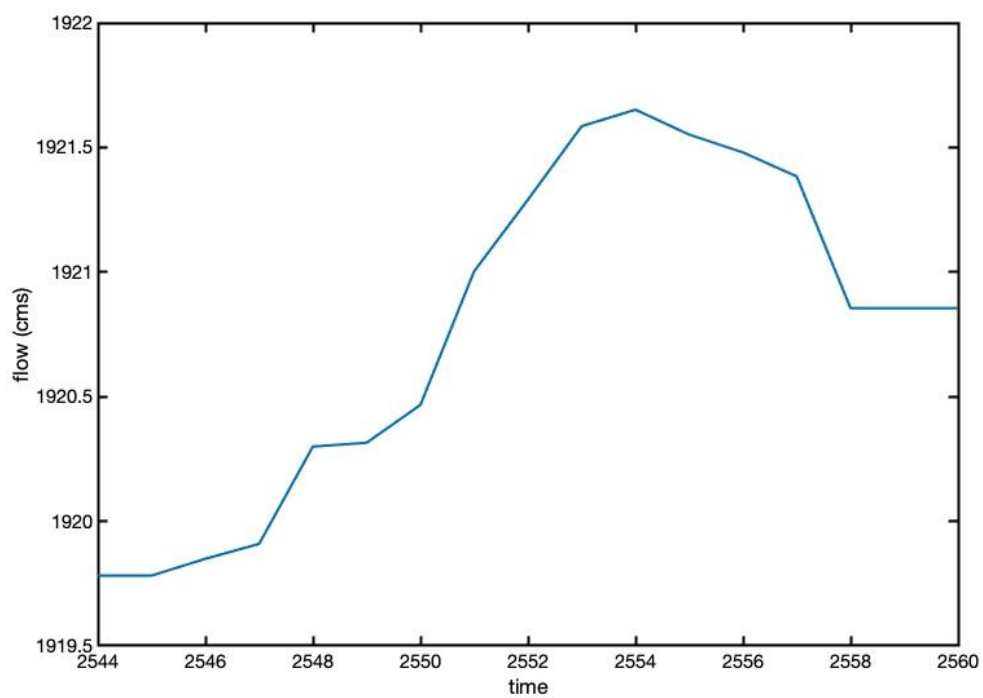
ตารางที่ ข-3 การเปรียบเทียบพารามิเตอร์สถานี N.64

พารามิเตอร์	ค่า	R <sup>2</sup>	RMSE (cms)	NSE
soil depth	0.5	0.63	335.94	0.44
	1.5	0.79	275.92	0.27
	2.5	0.61	219.40	0.16
gamma a	0.316	0.79	275.92	0.27
	0.416	0.79	275.92	0.27
	0.516	0.79	275.92	0.27
n river	0.03	0.79	275.92	0.27
	0.035	0.80	276.91	0.27
	0.04	0.81	277.96	0.27
ka	0.001	0.82	275.49	0.28
	0.002	0.76	277.13	0.25
	0.004	0.79	275.92	0.27
soil depth	1.52	0.73	273.19	0.24
	1.54	0.73	271.26	0.24
	1.56	0.76	276.71	0.24

ตารางที่ ข-4 การเปรียบเทียบพารามิเตอร์สถานี N.65

พารามิเตอร์	ค่า	R <sup>2</sup>	RMSE (cms)	NSE
soil depth	0.5	0.63	63.73	-0.68
	1.5	0.79	53.94	0.49
	2.5	0.54	41.76	0.44
gamma a	0.316	0.79	53.94	0.49
	0.416	0.79	53.94	0.49
	0.516	0.79	53.94	0.49
n river	0.03	0.79	53.94	0.49
	0.035	0.79	53.96	0.50
	0.04	0.79	53.98	0.50
ka	0.001	0.80	52.32	0.54
	0.002	0.76	54.75	0.43
	0.004	0.79	53.94	0.49
soil depth	1.52	0.73	54.37	0.37
	1.54	0.73	53.84	0.39
	1.56	0.75	54.34	0.41

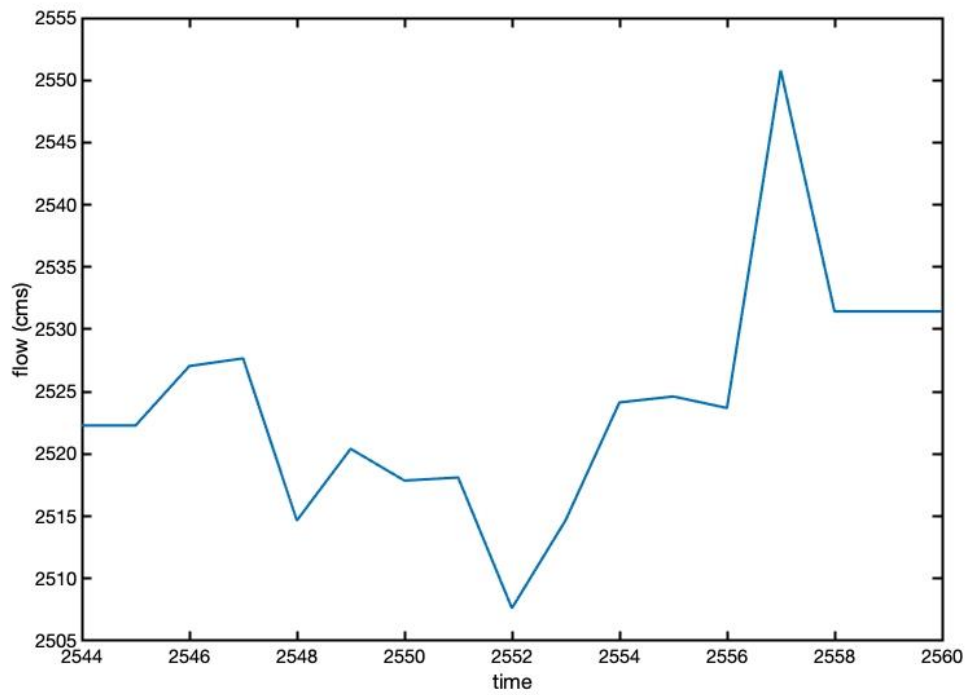
อัตราการไหลสูงสุดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งจะเห็นว่าสัดส่วนแกน y มีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามอัตราการไหลสูงสุดมีการเปลี่ยนแปลงถึงแม้เพียงจะน้อย



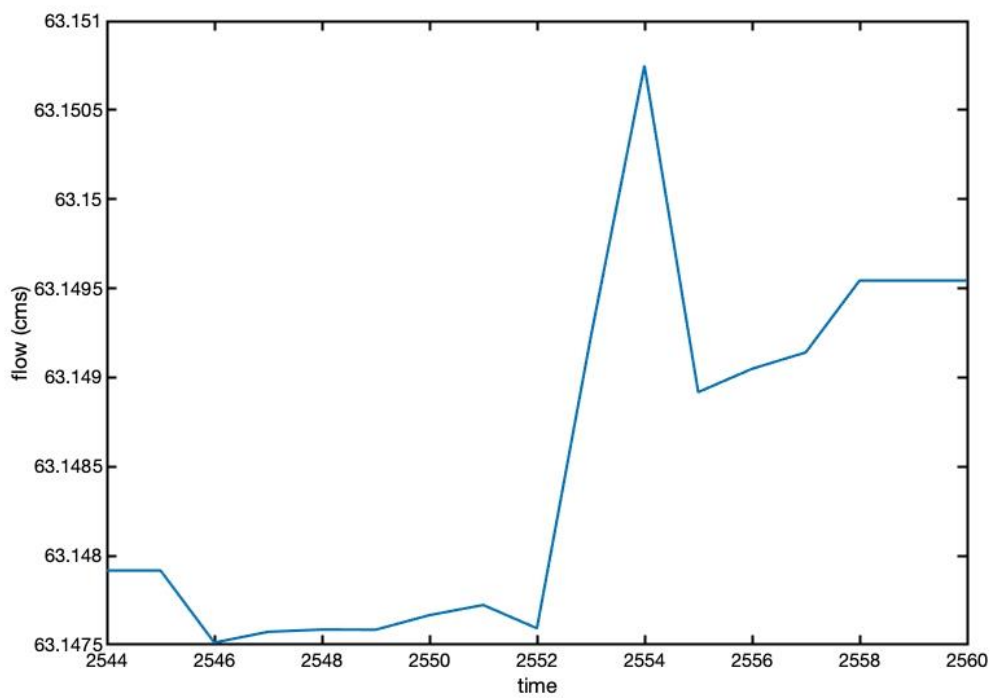
รูปที่ ข-1 อัตราการไหลสูงสุดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินสถานี N.1



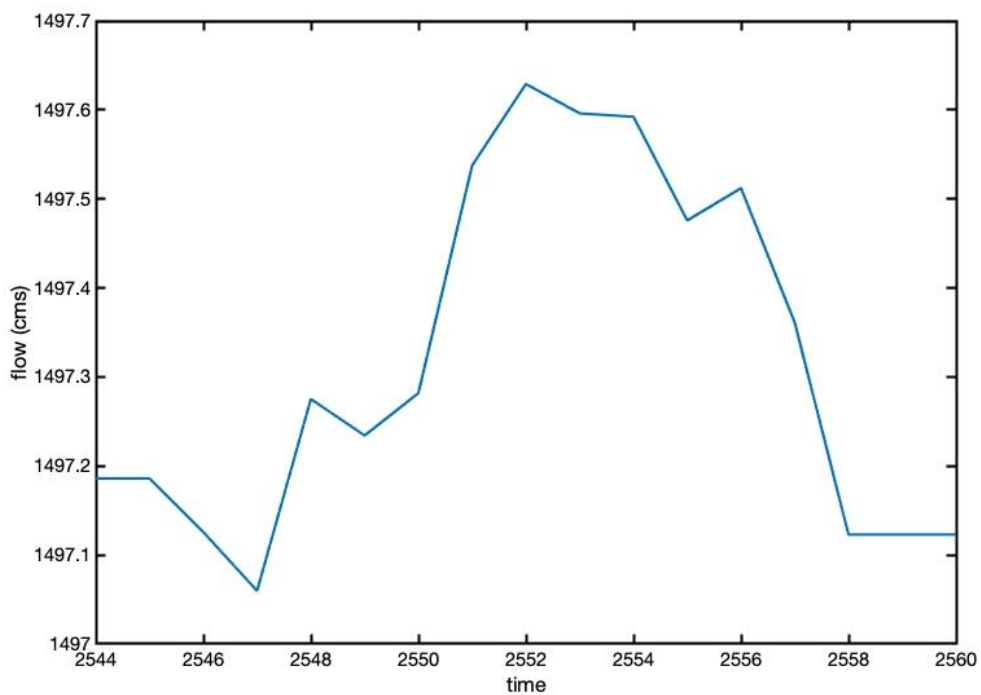




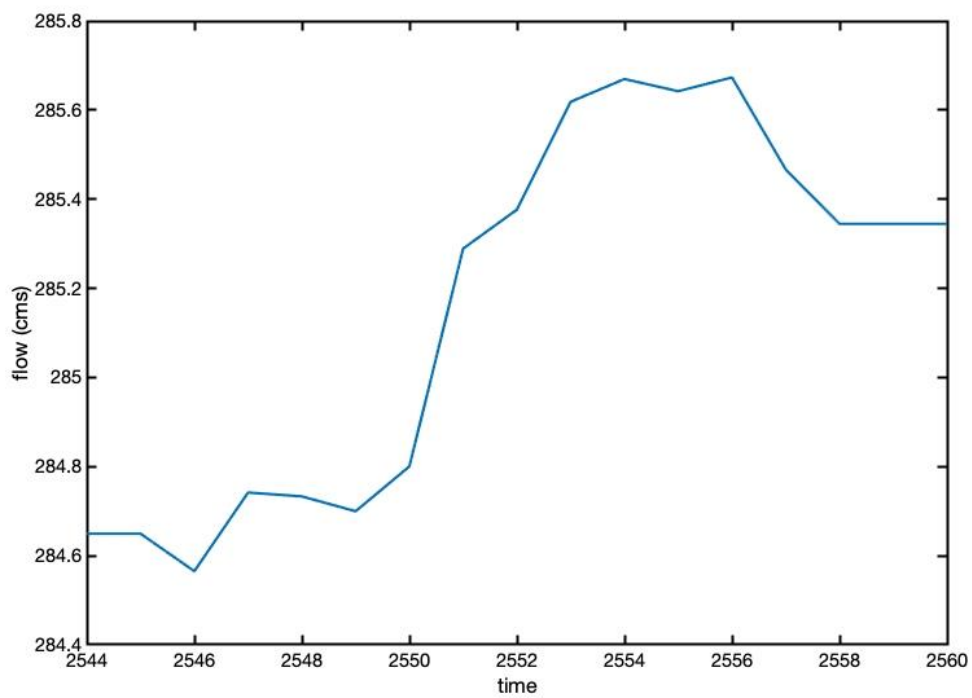
รูปที่ ข-2 อัตราการไหลสูงสุดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินสถานี N.13A



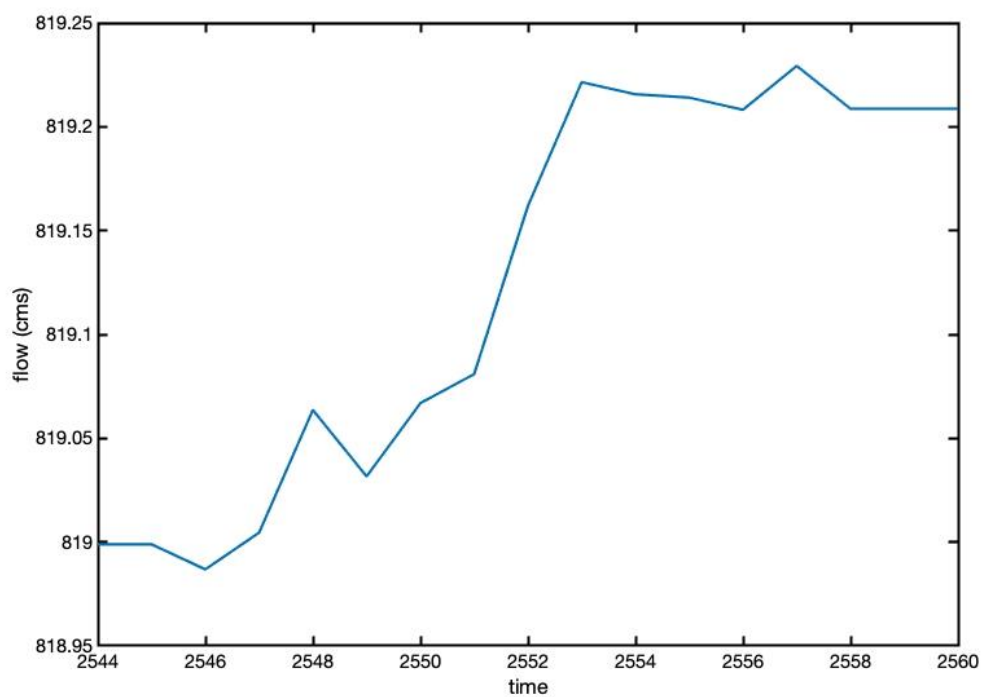
รูปที่ ข-3 อัตราการไหลสูงสุดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินสถานี N.49



รูปที่ ข-4 อัตราการไหลสูงสุดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินสถานี N.64



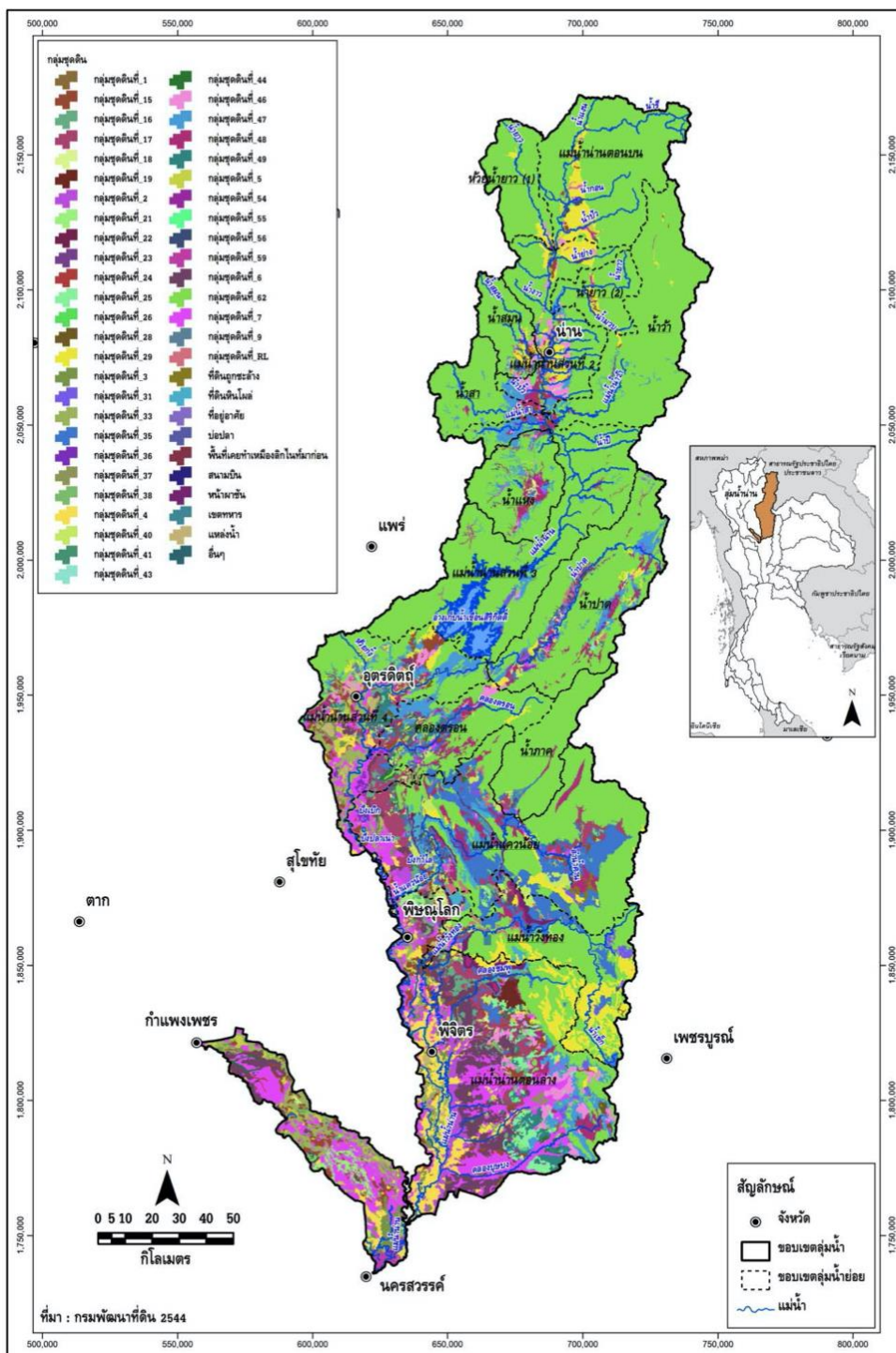
รูปที่ ข-5 อัตราการไหลสูงสุดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินสถานี N.65



รูปที่ ข-6 อัตราการไหลสูงสุดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินสถานี N.75



การจำแนกกลุ่มชุดดินในลุ่มน้ำน่าน ซึ่งในลุ่มน้ำน่านตอนบนส่วนมากโดยพื้นที่จะเป็นกลุ่มดินชนิดเดียวกัน



รูปที่ ข-7 แผนที่กลุ่มชุดดินในลุ่มน้ำน่าน

ชื่อ-สกุล	นายณรงค์ทัศน์ ธีญญเวทย์
วัน เดือน ปี เกิด	13 มิถุนายน 2537
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	99/331 แขวงบางแค เขตบางแค กรุงเทพฯ 10160
ผลงานตีพิมพ์	1. Assessment of Near-Real-Time Satellite-Based Precipitation over Thailand
รางวัลที่ได้รับ	-

