การคาดการณ์น้ำท่าตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสภาพภูมิอากาศของลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยใช้แบบจำลองอุทกวิทยาบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

นางสาวทัตธนภรณ์ คำศรี

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอักษรศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ ภาควิชาภูมิศาสตร์
คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RUNOFF PREDICTION UNDER LAND USE AND CLIMATE CHANGE IN UPPER NAN BASIN USING GIS - BASED HYDROLOGICAL MODEL

Miss Thattanaporn Khomsri

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Arts Program in Geography and Geoinformatics
Department of Geography
Faculty of Arts
Chulalongkorn University
Academic Year 2015
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การคาดการณ์น้ำท่าตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสภาพภูมิอากาศของลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยใช้แบบจำลองอุทกวิทยาบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
โดย	นางสาวทัตธนภรณ์ คำศรี
สาขาวิชา	ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร. เอกกมล วรรณเมธี

คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีคณะอักษรศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิ่งกาญจน์ เทพกาญจนา)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรณี ชีวินศิริวัฒน์)

....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร. เอกกมล วรรณเมธี)

....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. สุรีย์พร นิพิฐวิทยา)

ทัตธนภรณ์ คำศรี : การคาดการณ์น้ำท่าตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสภาพภูมิอากาศของลุ่มน้ำน่านตอนบน โดยใช้แบบจำลองอุทกวิทยาบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (RUNOFF PREDICTION UNDER LAND USE AND CLIMATE CHANGE IN UPPER NAN BASIN USING GIS - BASED HYDROLOGICAL MODEL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. เอกกมล วรรณเมธี, 100 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะน้ำท่าในลุ่มน้ำน่านตอนบนจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่และการเปลี่ยนแปลงฝน โดยใช้แบบจำลอง Integrated Flood Analysis System (IFAS) ผู้วิจัยได้สอบเทียบแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่ารายวันที่สถานี N.1 อ.เมือง จ.น่าน ปี พ.ศ.2550-2553 และทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองในการทำนายลักษณะน้ำท่าระหว่างปี พ.ศ.2554-2557 พบว่าแบบจำลอง IFAS สามารถทำนายกราฟน้ำท่าได้โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ Nash-Sutcliffe เท่ากับ 0.82 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่พืชไร่ของลุ่มน้ำน่านตอนบนในปี พ.ศ. 2557 พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567 ผลการศึกษาพบว่า หากลุ่มน้ำน่านตอนบนได้รับฝนเช่นเดียวกับปี พ.ศ. 2552 จะมีปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้น 5.19 ล้าน ลบ.ม. ต่อการเพิ่มของพื้นที่พืชไร่ 1,000 ไร่ ในด้านของการเปลี่ยนแปลงฝน ผู้วิจัย เลือกพิจารณาฝนที่มีคาบการเกิดซ้ำใกล้เคียงกับฝนในปี พ.ศ.2552 ทั้งหมด 4 รูปแบบ ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น จะถูกกระจายตามสัดส่วนของปริมาณฝนรายวันในปี พ.ศ. 2552 ผลการศึกษาพบว่าหากการใช้ที่ดินไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากปี พ.ศ. 2552 เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่ารวมจะเพิ่มขึ้นแบบเอกซ์โพเนเชียล โดยที่ความเข้มฝนจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยามากกว่าปริมาณฝน และเมื่อพิจารณาทั้งการเปลี่ยนแปลงพื้นที่พืชไร่และปริมาณฝนในเวลาเดียวกัน พบว่าเมื่อปริมาณฝนน้อยพื้นที่พืชไร่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่ามากกว่าปริมาณฝน ในอัตราส่วน 57:43 แต่เมื่อปริมาณฝนเพิ่มขึ้นปริมาณฝนจะส่งอิทธิพลให้เกิดน้ำท่ามากกว่าอิทธิพลจากพื้นที่พืชไร่ ในอัตราส่วน 65:35

ภาควิชา ภูมิศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต ....

สาขาวิชา ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก ....

ปีการศึกษา 2558

5780309122 : MAJOR GEOGRAPHY AND GEOINFORMATICS
KEYWORDS: GIS / IFAS / RUNOFF PREDICTION / LAND USE CHANE

THATTANAPORN KHOMSRI: RUNOFF PREDICTION UNDER LAND USE AND CLIMATE CHANGE IN UPPER NAN BASIN USING GIS - BASED HYDROLOGICAL MODEL. ADVISOR: EKKAMOL VANNAMETEE, Ph.D., 100 pp.

This study investigates the effects of land use change, particularly from deciduous forest to the crop land, and climatic changes on the stream discharge at the Upper Nan basin, using, an Integrated Flood Analysis System (IFAS), which is a GIS-based hydrological model. The model was calibrated against time series of daily discharge measured near Amphoe Mueang Nan between 2550 B.E. to 2553B.E. Validation of the model against the observed discharge over the period of 2554 B.E. to 2557B.E has shown the capability of IFAS in simulating the hydrograph in the upper Nan basin with the Nash-Sutcliffe coefficient of 0.82. Researcher created land use change in 2557 B.E., 2562 B.E., and 2567 B.E., in which the crop land was increased and decreasing deciduous forest. The simulated total discharge, given 2552 B.E. rainfall data, increased 5.19 million cubic meters by increasing 1,000 rai of field crop area. In terms of changes in precipitation, researcher generated four sets of precipitation with return periods close to rainfall in 2552 B.E. The amount of increased rainfall was proportionately distributed to the daily rainfall in 2552 B.E. It is found that, if there is no change in land use from 2552 B.E., total annual runoff exponentially increases with the amount of rainfall. Rainfall intensity has more effects on hydrologic changes compare to the amount of rainfall. Considering both changes in crop land and precipitation, in case of small amount of rainfall, changes in land use have larger effects on the amount of discharge generated compared to rainfall in the ratio of 57:43. However, when amount of rainfall was largely increased, precipitation has more effects on discharge generation compare to the land use change in the ratio of 65:35.

Department:	Geography	Student's Signature	....
Field of Study:	Geography and Geoinformatics	Advisor's Signature	....
Academic Year:	2015		

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูง จากคณาจารย์ 3 ท่าน ท่านแรก คือ อาจารย์ ดร.เอกกมล วรรณเมธี อาจารย์ที่ปรึกษางานวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา ช่วยเหลือแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ท่านที่สอง ผศ.ดร.พรรณี ชีวินศิริวัฒน์ หัวหน้าภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งให้ความกรุณาเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า และอาจารย์ท่านสุดท้าย อาจารย์ ดร.สุรีย์พร นิพิฐวิทยา อาจารย์ประจำภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ ที่ให้คำแนะนำต่างๆ และให้ความกรุณาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ นายพลชัย กลิ่นขจร นักอุทกวิทยาชำนาญการพิเศษ กรมชลประทาน ที่กรุณาให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือและแนะนำวิธีแก้ปัญหาให้ข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณ Dr.Morimasa Tsuda แห่งสถาบัน The International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM) ที่กรุณาให้คำปรึกษาเกี่ยวกับแบบจำลอง Integrated Flood Analysis System : IFAS ขอขอบคุณ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา และกรมเศรษฐกิจการเกษตร ที่ให้ข้อมูลในการวิทยานิพนธ์ และสุดท้ายขอขอบคุณ นางสาววัลลี เชยชม เจ้าหน้าที่สำนักงานบริหารงานทั่วไป ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาประสานงานในขั้นตอนต่างๆที่เกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย....................ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.................... จ

กิตติกรรมประกาศ.................... ฉ

สารบัญ.................... ช

สารบัญตาราง....................ฎ

สารบัญรูปภาพ....................ฑ

บทที่ 1 1

บทนำ.................... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.................... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 แนวเหตุผลหรือสมมุติฐาน.................... 2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.................... 2

บทที่ 2 3

ทบทวนวรรณกรรม 3

2.1 กระบวนการทางอุทกวิทยาในลุ่มน้ำ.................... 3

2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำและลักษณะการไหลของน้ำท่า.................... 3

2.3 อุทกภัย 4

2.4 การทำนาย/พยากรณ์ปริมาณน้ำ.................... 5

2.5 แบบจำลองทางอุทกวิทยา.................... 6

2.5.1 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ 6

2.5.2 แบบจำลองแบ่งตามหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณ 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.5.3 แบ่งตามลักษณะข้อมูล 7

2.6 แบบจำลองทางอุทกวิทยากับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 7

2.7 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีผลต่อสภาพอุทกวิทยา........ 10

2.8 แบบจำลอง Integrated Flood Analysis System : IFAS 11

พื้นที่ศึกษา 14

3.1 ลักษณะภูมิประเทศ........ 14

3.2 ลักษณะภูมิอากาศ........ 17

3.3 ลักษณะทางธรณีวิทยา 17

3.4 ลักษณะทางอุตุ-อุทกวิทยา 19

3.4.1 ปริมาณน้ำฝน 19

3.4.2 ปริมาณน้ำท่า........ 20

3.5 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน........ 20

3.6 ลำดับการเกิดเหตุการณ์อุทกภัย 21

บทที่ 4 24

วิธีการวิจัย........ 24

4.1 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล........ 24

4.1.1 ข้อมูลฝน........ 25

4.1.2 ข้อมูลน้ำท่า (discharge)........ 27

4.1.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน 28

4.1.4 ข้อมูลความสูงของภูมิประเทศ 29

4.2 การใช้แบบจำลอง IFAS เพื่อใช้ในการศึกษา 31

4.2.1 การเตรียมข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง 31

4.2.2 การสอบเทียบแบบจำลอง(Calibration)........ 34

หน้า

4.2.3 การทดสอบแบบจำลอง (Validation) 36

4.3 การทำภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ (model scenario) 36

4.3.1 การสร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (landuse scenario) 37

4.3.2 การสร้างภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate scenario) 39

บทที่ 5 41

ผลการศึกษา 41

5.1.การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง (Sensitivity Analysis) 41

5.2.การสอบเทียบแบบจำลอง (Calibration) 42

5.3.การทดสอบแบบจำลอง (Validation) 45

5.4.การศึกษาการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่ากับการเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดิน 47

5.4.1 วิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน 47

5.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินกับลักษณะน้ำท่า 54

5.5.การศึกษาการความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (ฝน) กับน้ำท่า 67

5.5.1 การวิเคราะห์และสร้างภาพจำลองของภูมิอากาศ 67

5.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและปริมาณฝนต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำท่า 78

บทที่ 6 91

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 91

6.1 สรุปผลการวิจัย 91

6.2 ปัญหาและอุปสรรค 93

6.3 ข้อเสนอแนะ 93

รายการอ้างอิง 95

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 100

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 รายชื่อสถานีวัดน้ำฝน ช่วงปีที่บันทึก และสถิติปริมาณฝนรายปีในพื้นที่ศึกษา 20

ตารางที่ 2 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดน่าน ที่มา:กรมพัฒนาที่ดิน,2558 21

ตารางที่ 3 สาเหตุการเกิดอุทกภัย สถานี N.1 อ.เมือง จ.น่าน 22

ตารางที่ 4 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา 24

ตารางที่ 5 พารามิเตอร์และความหมายในแบบจำลอง IFAS 32

ตารางที่ 6 ค่าพารามิเตอร์ SKF ในช่วงแนะนำและค่าพารามิเตอร์ตั้งต้นที่เปลี่ยนตามประเภทการใช้ที่ดิน ในแบบจำลอง IFAS 34

ตารางที่ 7 การแปลความหมายของดัชนี NSE 36

ตารางที่ 8 ค่าพารามิเตอร์ SKF ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองตามประเภทของการใช้ที่ดิน 43

ตารางที่ 9 การคาดการณ์พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ของแต่ละอำเภอในปี พ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2567 (ร้อยละ) จากสมการถดถอยของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่รายปี 50

ตารางที่ 10 พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ในแต่ละอำเภอในแต่ละปี (ไร่) จากการคาดการณ์โดยใช้สมการถดถอย 52

ตารางที่ 11 ปริมาณน้ำท่ารวมและสัมประสิทธิ์น้ำท่าของแต่ละปีจากภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่) 55

ตารางที่ 12 ปริมาณการไหลสูงสุด สถานี N.1 อำเภอเมือง จังหวัดน่านที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูกในปีพ.ศ. 2552, พ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567 59

ตารางที่ 13 ปริมาณน้ำท่ารวมและสัมประสิทธิ์น้ำท่าของแต่ละปีจากภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่) ของแต่ละลุ่มน้ำย่อย 62

ตารางที่ 14 สมการถดถอยแบบเส้นตรง ระหว่างความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่า(เมตร) และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ของแต่ละลุ่มน้ำย่อย(%) 63

ตารางที่ 15 ปริมาณน้ำท่ารวมและสัมประสิทธิ์น้ำท่าจากภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงของฝน ที่มีค่าการเกิดซ้ำ 1.34, 1.35, 1.36 และ 1.37 ปี 69

ตารางที่ 16 ปริมาณการไหลสูงสุด สถานี N.1 อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ในปีพ.ศ. 2552 ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,325.18 มิลลิเมตร ที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูก 73

ตารางที่ 17 ปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume) และสัมประสิทธิ์น้ำท่าปีพ.ศ. 2557,... 79

ตารางที่ 18 ปริมาณน้ำสูงสุดของพายุฝนแต่ละลูก ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1,325.18 มม. 1,337.6 มม., 1,352.9มม., 1,368.0 มม., และ 1,369.0 มม. ในปี พ.ศ. 2552, พ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567 84

ตารางที่ 19 สัดส่วนอิทธิพลของพื้นที่พืชไร่และปริมาณฝนต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำท่า ในปี พ.ศ. 2557, พ.ศ.2562 และพ.ศ. 2567 และคาบการเกิดซ้ำของฝน เท่ากับ 1.34 ปี, 1.35 ปี, 1.36 ปี และ1.37 ปี 90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ 1 ตำแหน่งร่องความกดอากาศต่ำ ทิศทางลมมรสุม และทางเดินพายุหมุนเขตร้อน................ 4

ภาพที่ 2 แสดงแนวความคิดเกี่ยวกับแบบจำลอง IFAS 11

ภาพที่ 3 แบบจำลองคำนวณปริมาณน้ำท่าตามหลักการของ Tank model.................................. 13

ภาพที่ 4 การแสดงผลของแบบจำลอง 13

ภาพที่ 5 แผนที่แสดงอาณาเขตโดยรอบของจังหวัดน่าน... 15

ภาพที่ 6 แผนที่ความสูงภูมิประเทศของจังหวัดน่าน 16

ภาพที่ 7แผนที่ธรณีจังหวัดน่าน 18

ภาพที่ 8 ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย ใน 25 ลุ่มน้ำหลัก 19

ภาพที่ 9 ปริมาณน้ำที่สถานี N.1 อ.เมือง จ.น่าน... 21

ภาพที่ 10 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณฝนรายวัน จากสถานี 28103 ที่ อ.เมือง จ. น่าน ในปี พ.ศ. 2557.. 25

ภาพที่ 11 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา 26

ภาพที่ 12 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่สถานีตรวจวัด N.1 อ.เมือง จ.น่าน 27

ภาพที่ 13 หน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงผลการตรวจวัดปริมาณน้ำท่าที่สถานีตรวจวัด N1 ด้วย Acoustic Doppler 28

ภาพที่ 14 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ลุ่มน้ำน่านตอนบน พ.ศ.2552 30

ภาพที่ 15 การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนของแบบจำลองโดยเทคนิค Inverse Distance Weighted Interpolation (IDW).. 31

ภาพที่ 16 ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษา.. 38

ภาพที่ 17 แสดงถึงแนวคิดการวิจัย.. 40

ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง IFAS (แกนตั้ง) และปริมาณน้ำท่าที่คำนวณจากค่าพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงไป (แกนนอน).................................. 42

ภาพที่ 19กราฟน้ำท่าจากการสอบเทียบแบบจำลองเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่า.............................44

ภาพที่ 20 กราฟน้ำท่าจากการทดสอบแบบจำลองเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่า 46

ภาพที่ 21 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ของแต่ละอำเภอ 48

ภาพที่ 22กราฟน้ำท่าจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2557 กับกราฟน้ำท่าจากการตรวจวัดที่สถานี N.1 51

ภาพที่ 23 ภาพจำลองของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นไปได้ 5 ลักษณะในปี พ.ศ. 2567 53

ภาพที่ 24 กราฟน้ำท่าจากจากลักษณะการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567 เปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าปี พ.ศ. 2552 จากการตรวจวัดที่สถานี N.1 และในกรอบเล็กแสดงความแตกต่างของกราฟน้ำท่าของ 5 scenario ย่อยของรูปแบบการกระจายตัวพืชไร่ ของปี พ.ศ.2567.. 56

ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่า(ล้าน ลบ.ม) และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ในลุ่มน่านตอนบน(พันไร่) ในปี พ.ศ. 2567 57

ภาพที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของสัมประสิทธิ์น้ำท่า (%) และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ในลุ่มน่านตอนบน(พันไร่) ในปี พ.ศ. 2567 57

ภาพที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด.................. 58

ภาพที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่า (เมตร) และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ของ....................... 61

ภาพที่ 29 ปริมาณน้ำท่าสะสมและพื้นที่การเพาะปลูกพืชไร่สะสมจากต้นน้ำมายังสถานีตรวจวัด N.1 สัดส่วนปริมาณน้ำท่าในแต่ละลุ่มน้ำย่อย... 64

ภาพที่ 30 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด 64

ภาพที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด 65

ภาพที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด 65

ภาพที่ 33 เปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากสภาพการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2552 พ.ศ. 2557 พ.ศ.2562 ... 66

ภาพที่ 34 เปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากสภาพการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2552 พ.ศ.2557 พ.ศ.2562 .. 66

ภาพที่ 35 เปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากสภาพการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2552 พ.ศ.2557 พ.ศ.2562 .. 67

ภาพที่ 36 ความน่าจะเป็นของฝนขนาดต่างๆ ที่จะเกิดในทุกปีและคาบการเกิดซ้ำของฝนในลุ่มน้ำน่านตอนบนจากการวิเคราะห์ข้อมูลในรอบ 40 ปี (พ.ศ. 2519 - 2558)... 68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 37 กราฟน้ำท่าจากปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,337.60 มม., 1,352.90 มม., 1,368.00 มม. และ1,369.00 มม. เปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าจากปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2552 จากการตรวจวัดที่สถานี N.1 โดยใช้การพื้นที่พืชไร่ ของปี พ.ศ.2552 70

ภาพที่ 38 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่า(ล้าน ลบ.ม) และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ในปี พ.ศ. 2552 71

ภาพที่ 39 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของสัมประสิทธิ์น้ำท่า(%) และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ในปี พ.ศ. 2552 72

ภาพที่ 40 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำสูงสุด(ลบ.ม/วินที) และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,325.2 มม. 1,337.6 มม. 1,352.9มม. 1,368.0 มม. และ 1,369.0 มม. ที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูก 77

ภาพที่ 41 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำสูงสุด(ลบ.ม/วินาที) และความเข้มฝนสูงสุด (มิลลิเมตร) ของพายุฝนลูกที่ 3 ที่เกิดจากปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,325.2 มม. 1,337.6 มม.1,352.9มม. 1,368.0 มม. และ 1,369.0 มม. 78

ภาพที่ 42 กราฟน้ำท่าเปรียบเทียบ ปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดที่สถานี N.1 ของปี พ.ศ.2552 ปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่พืชไร่ ปี พ.ศ.2567,ปริมาณน้ำท่าจากปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,369.00 มม. และปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่พืชไร่ ปี พ.ศ.2567ที่ใช้ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,369.00 มม. 80

ภาพที่ 43 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำรวม(ล้าน ลบ.ม) และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1,325.2 มม., 1,337.6 มม., 1,352.9มม., 1,368.0 มม., และ 1,369.0 มม. ร่วมกับพื้นที่พืชไร่ ในปี พ.ศ. 2557, พ.ศ.2562 และพ.ศ.2567 82

ภาพที่ 44 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของสัมประสิทธิ์น้ำท่า(%) และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1,325.2 มม., 1,337.6 83

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุทกภัย เป็นปัญหาที่ประเทศไทยประสบเป็นประจำทุกปี ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นจำนวนมาก ลุ่มน้ำน่านตอนบนเป็นพื้นที่หนึ่งที่ประสบปัญหาอุทกภัยเป็นประจำเกือบทุกปี อาทิเช่น ในปี พ.ศ 2547, 2548, 2549, 2551, 2553 และปี 2554 (กรมชลประทาน, 2554) อุทกภัยในลุ่มน้ำน่านมีสาเหตุหลักมาจากการบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าซึ่งคิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 85 ของจังหวัดเพื่อเป็นพื้นที่ทำการเกษตรเชิงพาณิชย์ และ การทำไร่เลื่อนลอย จากข้อมูลทางสถิติของจังหวัดน่านพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น ถึง 3 เท่าจาก 3 แสนไร่ในช่วงปี 2548-2549 เป็น 9 แสนไร่ในปี 2553 (สิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน และ เขมรัฐ เถลิงศรี, 2558) การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมเป็นผลพวงจากนโยบายของรัฐบาลที่มุ่งแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจของจังหวัดน่านตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2525-2529) ที่ส่งเสริมให้ประชาชนปลูกพืชเศรษฐกิจเชิงเดี่ยว เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อันเป็นหนึ่งในวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์ที่ขยายตัวรวดเร็ว (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2555) นโยบายเศรษฐกิจดังกล่าวไม่เพียงส่งผลให้เกษตรกรหันมาปลูกข้าวโพดและพืชไร่ชนิดอื่นๆ ที่ราคา มีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ยังส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำน่านจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตลอดจนความรุนแรงของอุทกภัยในพื้นที่อีกด้วย ในหลายประเทศ พบว่าภายในปีพ.ศ. 2463 เหตุการณ์น้ำท่วมรุนแรง จะเกิดเพิ่มขึ้นหลายเท่าจากแต่ก่อน โดยมีโอกาสเกิด 3-6 ครั้ง ในช่วง 100 ปี ต่างจากในอดีตที่เกิดเพียง 1 ครั้งต่อ 100 ปี เขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีแนวโน้มที่จะเกิดฝนตกหนัก และน้ำท่วมบ่อยครั้งขึ้น (อำนาจ ชิดไธสง, 2553) ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาเพื่อให้ทราบถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อลักษณะน้ำท่าในลุ่มน้ำ เนื่องจากปริมาณน้ำท่ามีความสัมพันธ์กับลักษณะการใช้ที่ดินและสภาพภูมิอากาศในลุ่มน้ำ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าในลุ่มแม่น้ำน่านอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบริเวณลุ่มน้ำน่านตอนบน

1.3 แนวเหตุผลหรือสมมุติฐาน

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้ปริมาณน้ำท่ามากขึ้น

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน ครอบคลุมพื้นที่ตอนบนตั้งแต่อำเภอเมืองจังหวัดน่านขึ้นไปจากตำแหน่งที่ตั้งของสถานีเตือนภัยน้ำท่าของศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนบน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน (สถานี N.1) ที่ละติจูดที่ 18 องศา 47 ลิปดา เหนือ ลองติจูดที่ 100 องศา 47 ลิปดา 22 ฟิลิปดา ตะวันออก

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าและทราบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่ากับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อประโยชน์ในการวางแผนการใช้ที่ดินและการบริหารทรัพยากรน้ำในลำดับต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 กระบวนการทางอุทกวิทยาในลุ่มน้ำ

น้ำมีการระเหย (evaporation) จากทะเลและมหาสมุทรกลายเป็นไอน้ำขึ้นสู่บรรยากาศ เมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสมที่เอื้อให้เกิดกระบวนการควบแน่นจะกลั่นตัวเป็นหยาดน้ำฟ้า (precipitation) ตกลงสู่พื้นดิน โดยมีบางส่วนถูกดัก (interception) จากพืช บางส่วนสะสมตัวกลายเป็นน้ำไหลบนผิวดิน (runoff) มีบางส่วนระเหยเกิดการคายน้ำ (transpiration) กลับสู่บรรยากาศ บางส่วนเกิดการซึม (infiltration) เป็นน้ำใต้ผิวดิน และบางส่วนซึมลึก (percolation) ลงเป็นน้ำใต้ดิน (นิวัติ เรืองพานิช, 2546) แสดงให้เห็นถึงการแบ่งอุทกวิทยาในลุ่มน้ำเป็น 3 ระบบย่อย คือ ระบบน้ำในบรรยากาศ ระบบน้ำผิวดินและระบบน้ำใต้ดิน โดยระบบน้ำทั้งสามมีความสัมพันธ์เป็นวงจรอุทกวิทยา

2.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำและลักษณะการไหลของน้ำท่า

ปัจจัยที่ควบคุมปริมาณน้ำและลักษณะการไหลของน้ำท่า มีอยู่ 3 ปัจจัย คือลักษณะภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น การระเหย และปริมาณน้ำฝน โดยฝนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ทั้งในด้านของ ความหนักเบาของปริมาณฝน ความยาวนานของฝนที่ตก และการกระจายตัวของฝน ปริมาณน้ำท่าจะแปรผันตรงกับปริมาณน้ำฝน แสดงว่าลักษณะภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อลักษณะทางอุทกวิทยามากที่สุด (เกษม จันทร์แก้ว และ นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2525)

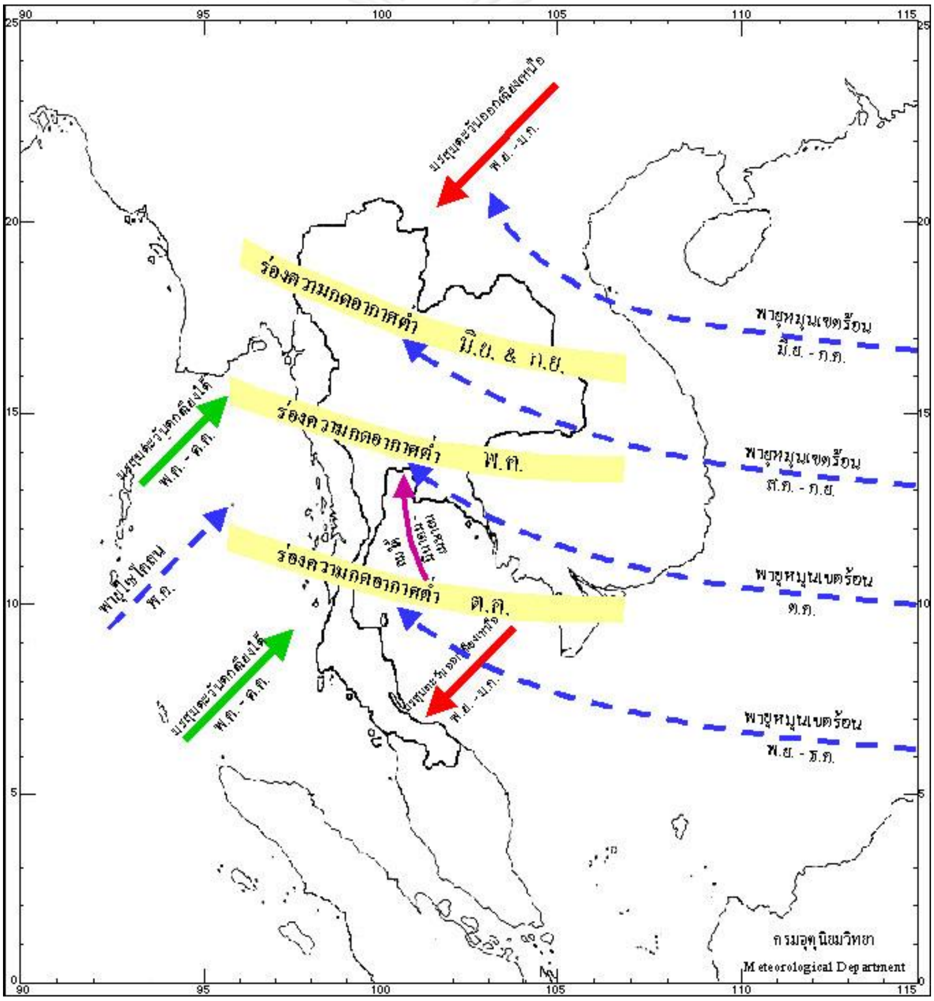
ลักษณะภูมิประเทศ มีสภาพทางธรณีวิทยาเป็นปัจจัยแรกที่มีอิทธิพลต่อความโค้งของลำธาร เป็นตัวควบคุมขนาด รูปร่าง ความลาดชันและความยาวลำน้ำ โดยรูปร่างของลำธารหรือรูปร่างของลุ่มน้ำจะมีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำในลำน้ำอย่างมาก หรือสภาพทางปฐพีวิทยามีผลต่อการกักเก็บน้ำ เพราะชนิดของดิน เนื้อดิน โครงสร้างของดิน ความสามารถในการกัดเก็บน้ำของดิน ย่อมมีผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำและการไหลของน้ำท่าทั้งสิ้น (เกษม จันทร์แก้ว และ นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2525)

และลักษณะกิจกรรมการใช้ที่ดินของมนุษย์ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน จะทำให้ลักษณะการไหลของน้ำท่าที่แตกต่างกัน การใช้ประโยชน์จากที่ดิน เช่น พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ปศุสัตว์ พื้นที่เมือง ฯลฯ การใช้ที่ดินที่ไม่ถูกต้องและใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากเกินไป เช่น การ

ตัดไม้ทำลายป่าเพื่อสร้างที่อยู่อาศัย การถางป่าเพื่อประกอบเกษตรกรรม จะทำให้ลักษณะทางอุทกวิทยาเปลี่ยนไป (ดวงฤทัย มงคลเคหา, 2555)

2.3 อุทกภัย

ปัจจุบันภัยธรรมชาติมีแนวโน้ม ความถี่และความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น อุทกภัยเป็นหนึ่งในภัยธรรมชาติที่พบในประเทศไทย ได้แก่ อุทกภัย วาตภัย ฝนแล้ง ดินถล่ม ไฟป่าและแผ่นดินไหว อุทกภัยในประเทศไทยมีสาเหตุมาจากการเกิดฝนตกหนักหรือฝนต่อเนื่องเป็นเวลานาน และฝนในประเทศไทยมีที่มาจาก หย่อมความกดอากาศต่ำ พายุหมุนเขตร้อน (ได้แก่ พายุดีเปรสชั่น, พายุโซนร้อน, พายุไต้ฝุ่น) ร่องมรสุมหรือร่องความกดอากาศต่ำ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558) โดยมีช่วงเวลาการเกิดแตกต่างกัน (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ตำแหน่งร่องความกดอากาศต่ำ ทิศทางลมมรสุม และทางเดินพายุหมุนเขตร้อน ที่มีอิทธิพลต่อประเทศไทย

ลักษณะของอุทกภัยมีความรุนแรง และรูปแบบต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและสิ่งแวดล้อมของแต่ละพื้นที่โดยมีลักษณะดังนี้ น้ำป่าไหลหลาก หรือน้ำท่วมฉับพลัน เกิดขึ้นในที่ราบต่ำหรือที่ราบลุ่มบริเวณใกล้ภูเขาต้นน้ำ เกิดขึ้นเนื่องจากฝนตกหนักเหนือภูเขา ทำให้จำนวนน้ำสะสมมีปริมาณมากไหลบ่าลงสู่ที่ราบต่ำ เบื้องล่างอย่างรวดเร็ว อีกประเภทหนึ่ง คือ น้ำท่วมขัง เกิดจากปริมาณน้ำสะสมจำนวนมาก ที่ไหลบ่าในแนวระนาบ จากที่สูงไปยังที่ต่ำ หรือน้ำท่วมขังในเขตเมืองที่เกิดจากฝนตกหนัก ต่อเนื่องเป็นเวลานาน เกิดจากระบบการระบายน้ำไม่ดีพอ มีสิ่งกีดขวางทางระบายน้ำ หรือเกิดน้ำทะเลหนุนสูง และน้ำล้นตลิ่ง นอกจากนี้ปริมาณน้ำจำนวนมากที่เกิดจากฝนหนักต่อเนื่อง ไหลลงสู่ลำน้ำมีปริมาณมากจนระบายลงสู่ลุ่มน้ำด้านล่างไม่ทัน ทำให้เกิดสภาวะน้ำล้นตลิ่ง (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558) มาตรการบรรเทาความเสียหายจากน้ำท่วมนั้น จำแนกเป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะเชิงโครงสร้าง เช่น เขื่อนกักเก็บน้ำ คันกันน้ำ คลองระบาย และ ลักษณะเชิงข้อมูลข่าวสาร ได้แก่การเผยแพร่ความรู้ด้านน้ำท่วมและการเตือนภัยแก่ประชาชนเพื่อให้มีการเตรียมรับมือ หรืออพยพผู้คนและทรัพย์สินออกจากบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัย เพื่อลดความสูญเสียให้เหลือน้อยที่สุด ในกรณีการเตือนภัยจะต้องมีระบบพยากรณ์ปริมาณน้ำล่วงหน้าซึ่งอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา-อุทกวิทยาเข้ามาประกอบเพื่อใช้ในการเตือนภัยดังกล่าว (ธาดา สุขะปุณพันธุ์, 2557)

2.4 การทำนาย/พยากรณ์ปริมาณน้ำ

ปัจจัยการเกิดปริมาณน้ำท่าในลำน้ำ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในกระบวนการหมุนเวียนของน้ำในระบบอุทกวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณน้ำฝน เพราะปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กับการเกิดปริมาณน้ำท่าในลำน้ำ ซึ่งในการคาดการณ์ปริมาณน้ำในลำน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นสิ่งที่ยุ่งยาก ซับซ้อน และมีความไม่แน่นอนอยู่มาก ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่ารายวันขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของทางกายภาพของลุ่มน้ำ และอิทธิพลจากองค์ประกอบย่อยต่าง ๆ ของกระบวนการทางอุทกวิทยาที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (สุรพันธ์ อิ่นแก้ว, 2552) และการพยากรณ์น้ำเพื่อการเตือนภัยน้ำท่วม สิ่งที่สำคัญที่สุด คือความแม่นยำและความรวดเร็วในการเตือนภัย การพยากรณ์ปริมาณน้ำโดยทั่วไปแล้วใช้วิธีทางสถิติ วิธีวิเคราะห์กราฟน้ำท่า และวิธีทางแบบจำลอง ดังรานละเอียดต่อไปนี้

วิธีการทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์ความถี่ (frequency analysis) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์รอบปีการเกิดซ้ำ (return period) และความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ต่างๆ เช่น คาดการณ์การเกิดน้ำท่วมสูงสุด ปริมาณฝนสูงสุด (กีรติ ลีวัจนกุล, 2543)

วิธีการวิเคราะห์กราฟน้ำท่า (hydrograph) กราฟน้ำท่า คือกราฟที่แสดงปริมาณน้ำหรือระดับน้ำในแต่ละช่วงเวลา ประกอบด้วย ช่วงขาน้ำขึ้น ช่วงอัตราการไหลสูงสุด และช่วงขาน้ำลง รูปร่างของกราฟน้ำท่าขึ้นอยู่กับลักษณะฝนที่ตก การกระจายของฝนตามพื้นที่ ความเข้มข้นฝนและ

ลักษณะลุ่มน้ำ กราฟน้ำท่าของลุ่มน้ำจะแสดงสภาพต่างๆของลุ่มน้ำ ดังนั้นถ้าลักษณะประจำของลุ่มน้ำเปลี่ยนแปลง กราฟน้ำท่าจะเปลี่ยนแปลงไปด้วย (สายสุนีย์ พุทธาคุณเจริญ, 2550)

วิธีการทางแบบจำลอง ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้แก้ปัญหาแทนของจริง แบบจำลองเหตุการณ์ทางอุทกวิทยาเป็นผลของการกระทำร่วมกันระหว่างแบบจำลองสมดุลของน้ำ กับสภาวะอากาศในช่วงเวลาหนึ่งๆ อาจนำมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาน้ำไหลบ่าหน้าดิน น้ำไหลจากดินชั้นบน น้ำไหลดินชั้นล่าง น้ำใต้ดิน และสามารถคำนวณการกระจายตัวของน้ำฝน การคายระเหย และความชื้นในดิน ภายในพื้นที่รับน้ำของลุ่มน้ำ ในการเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมต้องดูลักษณะปัญหาในพื้นที่ ข้อมูลที่มี ลักษณะลุ่มน้ำ เพื่อให้ได้แบบจำลองที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดตามความต้องการใช้งาน ซึ่งในปัจจุบันแบบจำลองได้ถูกนำมาใช้ในงานอุทกวิทยามากมาย

2.5 แบบจำลองทางอุทกวิทยา

แบบจำลอง คือ สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อใช้แทนของจริง ทำให้ง่ายต่อการศึกษาและทำความเข้าใจกระบวนการทำงานของระบบที่เราจำลองขึ้น

แบบจำลองทางอุทกวิทยา เป็นผลของการกระทำร่วมกันระหว่างแบบจำลองสมดุลของน้ำกับสภาวะอากาศในช่วงระยะเวลาของการจำลองเหตุการณ์นั้น ใช้หลักการทางกายภาพจำลองกระบวนการต่างๆและคำนวณปริมาณน้ำท่าโดยอาศัยความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน แบบจำลองอาจมีลักษณะ ขนาด และแบบแตกต่างกัน (ชัชชัย ตันตสิรินทร์, 2549) ซึ่งสามารถแบ่งแบบจำลองตามลักษณะที่แตกต่างกันได้ 3 แบบ ได้แก่

2.5.1 แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical models) เป็นการแปลงปัญหาที่เกิดขึ้นจริงให้อยู่ในรูปของสมการคณิตศาสตร์เพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ วิจัย และการดำเนินงานในภายหลัง และสามารถแบ่งตามลักษณะการคำนวณได้ 3 กลุ่ม คือ

แบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical model) หรือ Black box Model เป็นแบบจำลองที่ได้จากการสังเกตและวิเคราะห์ข้อมูล แบบจำลองจะอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติในอดีต แบบจำลองในลักษณะนี้จะไม่พิจารณากระบวนการทางกายภาพของพื้นที่ของลุ่มน้ำ ตัวอย่างแบบจำลองประเภทนี้ เช่น แบบจำลอง Artificial Neural Networks (ANNs) กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่า (Unit hydrograph model)

แบบจำลองความคิด (Conceptual Model) เป็นแบบจำลองที่แสดงองค์ประกอบทางกายภาพของระบบอุทกวิทยาในลุ่มน้ำ ซึ่งจะมีตัวแปรที่ใช้แทนลักษณะต่าง ๆ ของลุ่มน้ำและสมการในการอธิบายกระบวนการทางอุทกวิทยา ซึ่งสมการที่ใช้ที่จะมาจากแนวคิดเชิงมโนทัศน์ที่ไม่ได้อิงหลักการทางฟิสิกส์ ตัวอย่างแบบจำลองประเภทนี้ เช่น TANK Model และ NAM Model

แบบจำลองกายภาพ (Physically Based Model) เป็นแบบจำลองซึ่งจะจำลองกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้องในธรรมชาติโดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์ และจะอธิบายระบบอุทกวิทยาโดยใช้สมการที่ประกอบด้วยชุดของสมการที่มีการเชื่อมระหว่างจุดที่ใช้พารามิเตอร์เดียวกัน และพารามิเตอร์เหล่านี้จะระบุลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำที่สามารถวัดได้ ตัวอย่างแบบจำลองประเภทนี้ เช่น แบบจำลอง HEC-RAS Model (ทนงศักดิ์ สุขี, 2547)

2.5.2 แบบจำลองแบ่งตามหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณ แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่แบ่งตามหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณ ยังสามารถแบ่งออกอีกได้ 3 ประเภท คือ

แบบจำลองเหมารวม (lumped model) โดยแบบจำลองนี้ใช้ค่าพารามิเตอร์ใดๆก็ตามค่าเดียวเพื่อแทนพื้นที่ของระบบในการจำลอง เช่น แบบจำลอง Artificial Neural Networks (ANNs)

แบบจำลองกระจายพื้นที่ (distributed model) เป็นแบบจำลองที่สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้แตกต่างกันไปตามความผันแปรของลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ โดยจะแบ่งพื้นที่เป็นตารางกริด แต่ละตารางกริดมีค่าพารามิเตอร์ที่ต่างกัน แบบจำลองจะคำนวณในแต่ละตารางกริด เช่น SSARR Model , Stanford Watershed Model

แบบจำลองกึ่งกระจายพื้นที่ (semi-distributed model) โดยใช้แนวคิดที่มีทั้งแบบจำลองกระจายพื้นที่และแบบจำลองเหมารวมอยู่ด้วยกัน เช่น TANK Model ซึ่งแบบจำลองกระจายพื้นที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่าแบบจำลองกึ่งกระจายพื้นที่และแบบจำลองแบบเหมารวม (ชัชชัย ตันตสิรินทร์, 2549)

2.5.3 แบ่งตามลักษณะข้อมูล สามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 ประเภท โดย Backer and Serban (1990) ได้แบ่งแบบจำลองทางอุทกวิทยาเป็น 2 ประเภทใหญ่

แบบจำลองตามกำหนด (deterministic model) ให้ผลลัพธ์ในตัวแบบมีความแน่นอน มีตัวเลขชี้ชัดว่าเป็นเท่าใด เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะเกิดขึ้นภายใต้กฎเกณฑ์ที่แน่นอนและได้มีการกำหนดเวลาที่แน่นอน

แบบจำลองตามความน่าจะเป็น (stochastic model) ให้ผลลัพธ์ในตัวแบบมีความไม่แน่นอนในรูปแบบของความน่าจะเป็น (Probabilistic) หรือในรูปของอนุกรมเวลา (Time series)

2.6 แบบจำลองทางอุทกวิทยากับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ในอดีตแบบจำลองอุทกวิทยาไม่มีองค์ประกอบเชิงพื้นที่จึงยังไม่มีการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) มาช่วย ซึ่งก่อนจะมีการนำ GIS มาใช้แบบจำลองจะเป็นประเภทแบบจำลองเหมารวม (lumped models) ที่ใช้ค่าพารามิเตอร์เดียวเพื่อแทนค่าลุ่มน้ำ ซึ่งไม่สมเหตุสมผลในธรรมชาติของอุทกวิทยาในแต่ละพื้นที่ (ชัชชัย ตันตสิรินทร์,

2549) เช่น Unit Hydrograph เป็นวิธีการหนึ่งที่จะสามารถทำการคาดการณ์และเตือนภัยด้านท้ายน้ำได้เมื่อใช้ประกอบกับปริมาณน้ำฝนใช้การที่ตรวจวัดได้ในเวลาจริง (Real Time) กราฟหนึ่งหน่วยน้ำท่าที่ประเมินได้จากฝน จะทำให้ทราบถึงปริมาณน้ำนองสูงสุด (Flood Peak) และปริมาตรน้ำนองสูงสุด (Flood Volume) ได้ในแต่ละพายุฝนที่เกิดขึ้น (กรมชลประทาน, 2554) แบบจำลอง NAM (Nedbor Afstromnigs Model : NAM) ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย Institute of Hydrodynamics and Hydraulic Engineering และTechnical University of Denmark โดยประยุกต์ใช้งานร่วมกับ GIS ในการหาปริมาณน้ำท่าและพฤติกรรมต่างๆ ของวัฏจักรอุทกวิทยาบนผิวดินซึ่งมีพารามิเตอร์และตัวแปรเป็นตัวแทนค่าเฉลี่ยของทั้งลุ่มน้ำนั้น โดยแบบจำลอง NAM จัดอยู่ในแบบจำลองประเภทเหมารวม (lumped model) (ศิริกัญญา แสงสว่าง, 2547) แบบจำลองแบบเหมารวมใช้ค่าพารามิเตอร์เดียวเพื่อแทนค่าลุ่มน้ำ ซึ่งไม่สมเหตุสมผลในธรรมชาติของอุทกวิทยาในแต่ละพื้นที่ (ชัชชัย ตันตสิรินทร์, 2549)

แบบจำลองโครงข่ายใยประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) มีโครงสร้างคล้ายกับสมองคน ซึ่งจะประกอบด้วยเซลต่างๆ โดยแต่ละเซลจะมีค่าอคติแอบแฝง และระหว่างเซลจะมีการเชื่อมโยงถึงกันโดยมีค่าน้ำหนัก ซึ่งทั้งสองค่านี้สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามกระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลอง (Chaipimonplin et al. , 2012) ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ ANN ทางอุทกวิทยาอาทิเช่น Sulafa Hag Elsufi (2012) ใช้ ANNs ในการพยากรณ์น้ำท่วมที่สถานี Dongola แม่น้ำไนล์ ประเทศซูดาน โดยใช้ข้อมูลน้ำท่าปี 1970-1985 เป็นตัวสอบเทียบแบบจำลอง ข้อมูลน้ำท่าปี 1986-1987 ตรวจสอบความถูกต้องและใช้ข้อมูลน้ำท่าปี 1998 ในการวิจัยพบว่า ความสมบูรณ์ของการพยากรณ์ขึ้นอยู่กับค่า RMSE พารามิเตอร์ที่ให้ค่า RMSE ดีที่สุดคือค่า learning rate=0.1 ค่า Momentum=0.1 และค่า Initial weights=0.3 ซึ่งค่าระดับน้ำสูงสุดที่พยากรณ์ได้ คือ 227.04 เมตร ค่าที่วัดได้จริง 227.94 เมตร ศิริพงศ์ วีระอนันตวัฒน์ และ บันลือ เอมะรุจิ (2556) ทำการทำนายขนาดพื้นที่น้ำท่วมด้วยวิธีโครงข่ายใยประสาทเทียม กรณีศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี ได้ใช้ GIS ในการวิเคราะห์ข้อมูลระดับน้ำและขนาดพื้นที่น้ำท่วม แล้วนำ ANN มาหาความสัมพันธ์กับข้อมูลขนาดพื้นที่น้ำท่วม ในบริเวณพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำ แนวความคิดโครงข่ายใยประสาทเทียม แม้ว่าเรียนรู้และประมวลผลรวดเร็วแต่ไม่สามารถอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตัวแปรและผลลัพธ์ที่ได้ ไม่มีหลักการชัดเจนในการกำหนดโครงสร้างแบบจำลองในพื้นที่ศึกษานั้นๆ จัดอยู่ในแบบจำลองประเภทเหมารวมเช่นกัน (Chaipimonplin et al. , 2012)

อย่างไรก็ตามความกังวลเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องนำแบบจำลองแบบกระจาย (distributed model) มาใช้ โดยที่ลักษณะเฉพาะของค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองแบบกระจาย คือข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา-อุทกวิทยา แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่การใช้ที่ดิน ชุดดิน แม่น้ำ ฯลฯ ในด้านอุทกวิทยาได้มีการนำ GIS มาใช้งานในหลายด้าน เช่น การประมาณ

ค่าในช่วง (Interpolation) นำมาประยุกต์ในการหาปริมาณฝนในพื้นที่ไม่ทราบค่า ในรูปแบบของ IDW Spline Kriging เป็นต้น การหาทิศทางการไหล (flow direction) เป็นการหาทิศทางการไหลของน้ำจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง การไหลสะสม (flow accumulation) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ต่อเนื่องมาจากขั้นตอน flow direction โดย cell ที่มีการไหลมาสะสมสูงก็จะถูกกำหนดให้เป็นช่องทางไหลของน้ำ การหาขอบเขตลุ่มน้ำ (watershed delineation) ข้อมูลที่ไหลจากพื้นที่ที่อยู่สูงกว่าการลากเส้นแนวลำน้ำโดยกำหนดจากผลรวมหน่วยการไหลสะสมที่มาก (ชุตติมา ว่องวิทยา, 2544) ปัจจุบันมีการนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มาบูรณาการร่วมกับแบบจำลองแบบกระจาย เช่น LISFLOOD Model,Tank Model, IFAS Model เป็นต้น สาเหตุที่นำ GIS มาใช้ในงานอุทกวิทยามากขึ้น เพราะ GIS สามารถวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพที่เป็นลักษณะเฉพาะของลุ่มน้ำในเชิงการกระจายตัวของพื้นที่ได้ (Vijay, 1997)

แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) เป็นแบบจำลองทางอุทกวิทยาที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่า การวิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เป็นแบบจำลองแบบ public domain ผู้พัฒนาอนุญาตให้ใช้แบบไม่มีค่าใช้จ่ายภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด จัดอยู่ในแบบจำลองแบบกึ่งกระจาย (semi-distributed) การคำนวณจะแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็นลุ่มน้ำย่อยๆ (ดวงฤทัย มงคลเคหา, 2555) ประยุกต์ใช้ SWAT ในพื้นที่เกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี เพื่อประเมินศักยภาพในการให้น้ำท่า โดยใช้ปัจจัยด้าน น้ำฝน น้ำท่า อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม การระเหย ชุดดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินในการวิเคราะห์ พบว่าเกาะสมุยมีศักยภาพในการให้น้ำค่อนข้างน้อย และปริมาณการให้น้ำขึ้นอยู่กับสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินกับประเภทชุดดิน (Wangpimool et al. , 2013) ใช้แบบจำลอง SWAT ประเมินผลทางอุทกวิทยาร่วมกับการพยากรณ์น้ำเพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมฉับพลันในพื้นที่จังหวัดน่าน โดยทำการศึกษาสถานีน้ำท่าของกรมชลประทานที่สถานี N.1 , N.64 , N.49 และ N.65 ใช้ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) แผนที่การใช้ประโยชน์จากที่ดิน แผนที่ชุดดิน ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำสูงสุดที่ได้จากแบบจำลองสูงกว่าปริมาณน้ำที่วัดได้จริงเล็กน้อย ลักษณะของกราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองลดลงเร็วกว่าความเป็นจริง แสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในลุ่มน้ำ

แบบจำลอง HEC-RAS พัฒนาโดยศูนย์วิศวกรรมอุทกวิทยา สหพันธ์วิศวกรแห่งสหรัฐอเมริกา แบบจำลอง HEC-RAS สามารถสร้างแผนที่น้ำท่วมที่มีระดับความลึกและมีขอบเขตของน้ำท่วม (US Army Corp of Engineer, 2011) สุดารัตน์ ภิรมย์ (2554) ใช้แบบจำลอง HEC-RAS วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระดับน้ำและปริมาณน้ำ โดยใช้ HEC-GeoRas เป็นฟังก์ชั่นเสริมพร้อมกับโปรแกรม Arc View เพื่อการบริหารจัดการน้ำท่วมในลุ่มน้ำน่าน นอกจากนี้ F.E. Hicko and T.Peacock (2005) ศึกษาเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการใช้แบบจำลอง HEC-RAS พยากรณ์ปริมาณน้ำและหาทิศ

ทางการไหลของน้ำ ที่แม่น้ำ Peace จังหวัด Hudson Hope ประเทศโคลัมเบีย ผลการศึกษาพบว่าค่าที่ดีที่สุดที่มีผลกระทบต่อการคำนวณปริมาณน้ำน้อยที่สุด คือค่าการขจัด ±0.005 แบบจำลอง HEC-RAS *เป็น*แบบจำลองการกระจายเชิงพื้นที่ แต่มีข้อจำกัดในส่วนของการวิเคราะห์การไหลแบบไม่คงที่ (unsteady flow) คือไม่สามารถจัดการการไหลแบบ dynamic ได้เต็มที่ เช่น การวิเคราะห์การพังทลายของเขื่อน (dam break)

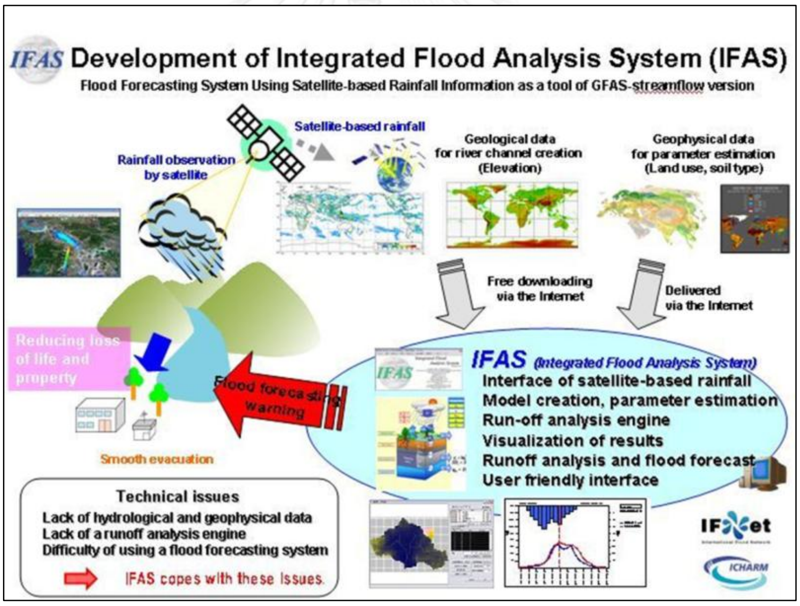
2.7 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีผลต่อสภาพอุทกวิทยา

AINGORN CHAIYES (2008) ใช้แบบจำลอง CA-Markov (Cellular Automata-Markov Chain) ร่วมกับ GIS แบบจำลองสามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน กำหนดและเปลี่ยนแปลงแบบจำลองตามเงื่อนไขที่ต้องการได้ งานวิจัยนี้ศึกษารูปแบบการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2533-2548 และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน 10 ปีข้างหน้าของจังหวัดน่าน พบว่าพื้นที่การเกษตรเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจ คือ ข้าวโพด นาข้าว และลำไย มีแนวโน้มสูงขึ้นและอยู่ในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมในการเกษตรเพิ่มขึ้น

แบบจำลอง SCS-CN พัฒนาโดย Soil Conservation Services (SCS) ประเทศสหรัฐอเมริกา หลักการของ SCS-CN คือ น้ำฝนในส่วนที่เกินจากการเก็บกักของพื้นที่จะระบายให้กับพื้นที่ท้ายน้ำจนหมด และการเก็บกักน้ำของพื้นที่ต้นน้ำจะขึ้นอยู่กับปัจจัยลักษณะภูมิประเทศ ชนิดดิน และชนิดกับปริมาณพืชคลุมดิน (Mishra S.K. and V.P. Singh, 2003) ตัวอย่างการนำแบบจำลอง SCS ไปประยุกต์ใช้ อาทิเช่น P.M. Kundu and L.O. Olang (2012) ใช้แบบจำลอง NRCS-CN ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปริมาณน้ำท่สมสูงสุดในแม่น้ำ Nyando ลุ่มน้ำทะเลสาปวิกตอเรีย ประเทศเคนย่า ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและแบ่งพืชปกคลุมดิน จากภาพดาวเทียม Landsat ปี 1973-2008 เป็น 6 ชนิด พื้นที่การเกษตร พื้นที่ป่า พื้นที่ที่เป็นภูมิประเทศแบบทุ่งหญ้า พื้นที่ที่เป็นภูมิประเทศแบบทุ่งหญ้าสเตปป์ พื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำ โดยประยุกต์ใช้ SCS-CN กับ GIS ผลการทดลองพบว่า สิ่งปกคลุมดินมีอิทธิพลต่อกระบวนการอุทกวิทยาในลุ่มน้ำ หากพื้นที่เกษตรเปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่าจะมีปริมาณน้ำท่วมสูงสุดลดลงแค่อยู่แค่ในแม่น้ำ การศึกษาพบว่าจำนวนประชากรและสภาพทางเศรษฐกิจเป็นตัวแปรในเรื่องของสิ่งปกคลุมดิน

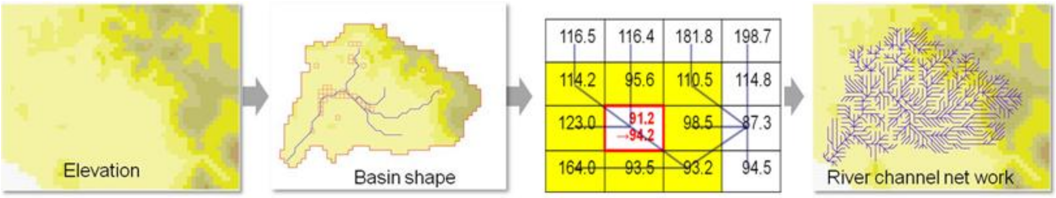
2.8 แบบจำลอง Integrated Flood Analysis System : IFAS

แบบจำลอง IFAS (Integrated Flood Analysis System) เป็นแบบจำลองประยุกต์ที่พัฒนาโดยสถาบัน The International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM), Public Works Research Institute (PWRI) ประเทศญี่ปุ่น สนับสนุนโดยองค์การการศึกษา วิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (UNESCO) เป็นแบบจำลองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของน้ำฝนและน้ำท่า (Rainfall – Runoff Model) (International Centre for Water Hazard and Risk Management, 2009) โดยใช้ GIS ในการวิเคราะห์ความสูงของพื้นที่ ลักษณะภูมิประเทศ และการใช้ที่ดิน สามารถดาวน์โหลดข้อมูลพื้นฐานต่างๆ จากแหล่งข้อมูลระยะไกล อาทิข้อมูลความสูง การใช้ที่ดิน รวมถึงข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากดาวเทียมสำรวจระยะไกล หรือจากข้อมูลโทรมาตร และนำมาประมวลผลเพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณน้ำที่จะเกิดที่ใกล้เคียงเวลาจริง การนำเข้าข้อมูลน้ำฝนที่ใช้ แบบจำลองประมาณค่าในช่วง (Interpolation) ให้โดยอัตโนมัติ ทำให้ค่าน้ำฝนเป็นตัวแทนของลุ่มน้ำได้ดีขึ้น อีกทั้งยังสามารถแสดงผลผ่านทาง Google Earth ได้ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แสดงแนวความคิดเกี่ยวกับแบบจำลอง IFAS

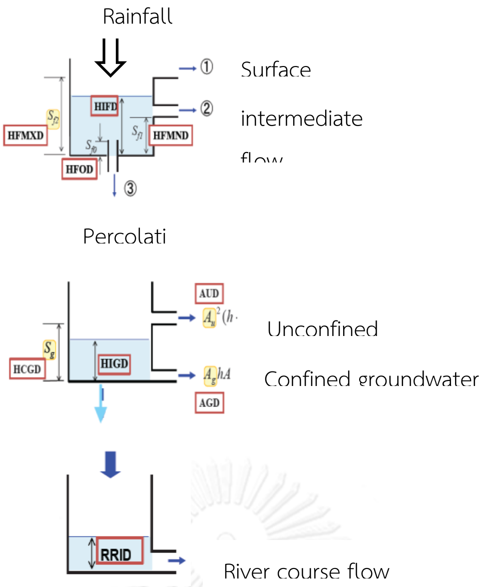
แบบจำลอง IFAS เป็นแบบจำลองแบบกระจายทางพื้นที่ แบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำออกเป็นตารางกริดและคำนวณน้ำท่าในแต่ละกริด โดยใช้หลัก GIS ในการหาทิศทางการไหล (flow direction) การไหลสะสม (flow accumulation) วิเคราะห์ค่าการไหลสะสมของข้อมูลทุกกริดไปยังกริดที่มีความชันต่ำกว่า (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แบบจำลอง IFAS ในการสร้างแม่น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ

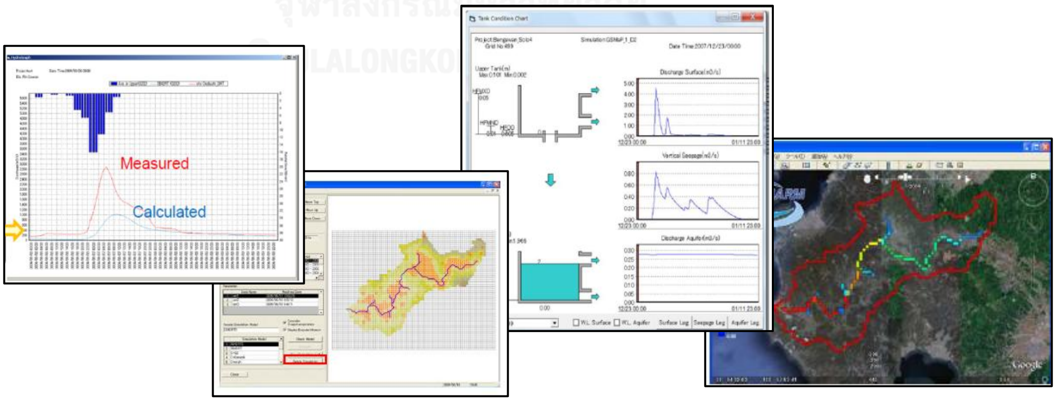
แบบจำลอง ต้องการข้อมูลนำเข้าเพื่อคำนวณน้ำท่า คือ ความสูงของภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลฝน ซึ่งข้อมูลฝน แบบจำลองจะทำการประมาณค่าน้ำฝน (Interpolation) ในจุดที่ไม่ทราบค่า โดยใช้เทคนิควิธี Inverse Distance Weight method (IDW)

การวิเคราะห์น้ำท่า (Runoff analysis) ใช้ distributed hydrological models แบบจำลองคำนวณปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นและถูกกักเก็บภายในช่องเซลล์โดยอาศัยหลักการของ Tank model (M. Sugawara,1956) จำลองการเคลื่อนที่ของน้ำฝนผ่าน Tank 3 ชั้น Surface Tank Groundwater Tank และ River Course Tank (International Centre for Water Hazard and Risk Management, 2009) เป็นตัวแทนการกักเก็บในสภาพแวดล้อมส่วนต่างๆภายในลุ่มน้ำ ได้แก่ ผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำในแม่น้ำ โดยที่แต่ละ tank จะมีลักษณะสูญเสียน้ำออกจาก tank ในแต่ละช่องทางไม่เท่ากันขึ้นกับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ ตัวอย่างเช่น tank ของน้ำผิวดิน จะมีช่องทางการสูญเสียน้ำโดยการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน การระเหย และการซึมลงดิน ซึ่งอัตราการสูญเสียน้ำจาก tank น้ำผิวดินโดยการซึมลงดินขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับหรือความจุของ Tank น้ำใต้ดินซึ่งเชื่อมต่อกัน และสุดท้ายน้ำจาก Tank น้ำใต้ดินจะไหลต่อไปที่ Tank ของน้ำในแม่น้ำในที่สุด (สนิท วงษา, 2550) (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 แบบจำลองคำนวณปริมาณน้ำท่าตามหลักการของ Tank model

การแสดงผล แบบจำลองสามารถแสดงผลได้หลายแบบ เช่น กราฟน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองที่แสดงความสัมพันธ์กับปริมาณฝน ผลลัพธ์ที่ในรูปแบบตารางแสดงปริมาณน้ำหรือระดับน้ำ ผลลัพธ์ในรูปแบบ 3 มิติ อาจจะแสดงผลในรูปของ Tank Condition หรือแสดงผลปริมาณน้ำบน Google earth (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 การแสดงผลของแบบจำลอง

Abdul Aziz and Shigenobu Tanaka (2012) ใช้แบบจำลอง IFAS ประเมินค่าพารามิเตอร์สำรับทุกกริดเซลล์ ที่ตอนกลางของแม่น้ำสินธุบน ประเทศปากีสถาน สอบเทียบแบบจำลองเพื่อปรับให้การประเมินน้ำท่าใกล้เคียงความจริงมากที่สุด โดยการหาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในลุ่มน้ำนั้นกับลักษณะทางอุทกวิทยา ทำการทดสอบหาเวลาการเกิดปริมาณน้ำสูงสุดที่เร็วที่สุดและช้าที่สุด เพื่อนำความสัมพันธ์นั้นมาเตือนภัยประชาชนด้านท้ายน้ำแม่น้ำสินธุ โดยใช้ปริมาณฝนที่สำรวจได้จริงเปรียบกับฝนจากดาวเทียบ 3B42RT,GSMap ผลการพยากรณ์ในปี 2010 สามารถพยากรณ์ได้ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุดl Hafiz et al (2013) ทำการศึกษาที่แม่น้ำ Dungun ทางตะวันออกของประเทศมาเลเซีย โดยฝนที่นำเข้าแบบจำลอง IFAS นั้นเป็นการเปรียบเทียบฝนที่มาจากต่าง GSMap และฝนที่วัดได้จริง โดยใช้ข้อมูลน้ำฝนน้ำท่าในปี 2003 พบว่าน้ำฝนที่วัดได้จริงสามารถพยากรณ์น้ำได้ดีกว่าฝนจาก GSMap ซึ่งเป็นตัวแทนของฝนในลุ่มน้ำไม่ดีนัก ซึ่งน้ำท่าในปี 2003 ฝนที่วัดได้จริงให้ค่า error 1.68 และฝนที่มาจาก GSMap ห้าค่า error 41.96 % Budi Kartiwa, (2013) ศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลองแบบกระจายเชิงพื้นที่ (IFAS) และแบบจำลองแบบเหมารวม (GR4S) ในการหาความ สัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินกับการให้น้ำท่าช่วงปี 2005 , 2006 และ 2007 ในลุ่มน้ำ Citarum ประเทศอินโดนีเซีย แม้ผลจะไม่ปรากฏว่าแบบจำลอง IFAS พยากรณ์น้ำได้ดีกว่าแบบจำลอง GR4S แต่แบบจำลอง IFAS สามารถใช้ข้อมูลที่มีอยู่ได้ง่ายๆจาก Internet และแบบจำลอง IFAS ให้ตัวเลือกที่ดีกว่าในการปรับค่าพารามิเตอร์ในแต่ละพื้นที่ตามแบบแบบกระจายเชิงพื้นที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3

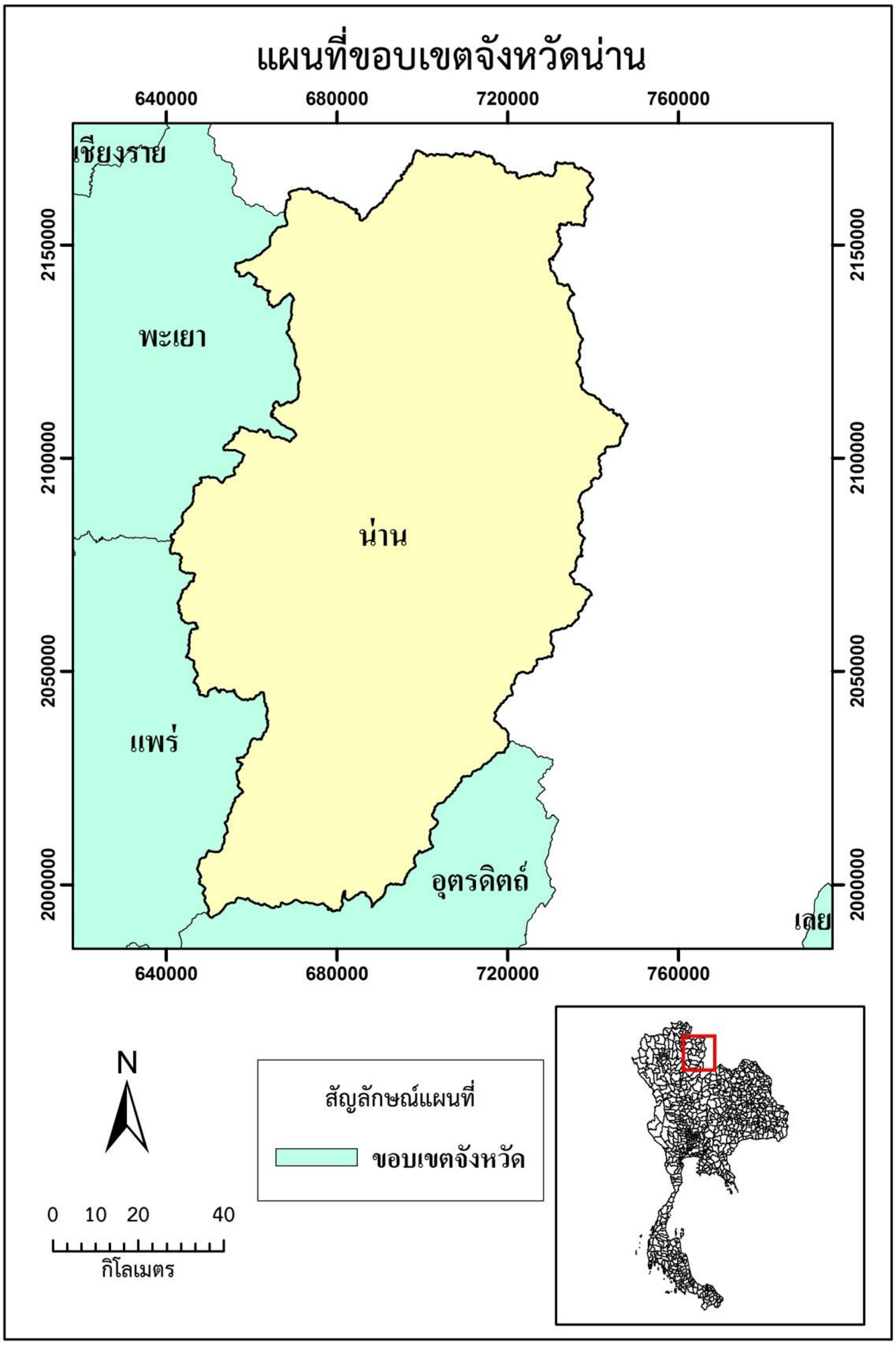
พื้นที่ศึกษา

3.1 ลักษณะภูมิประเทศ

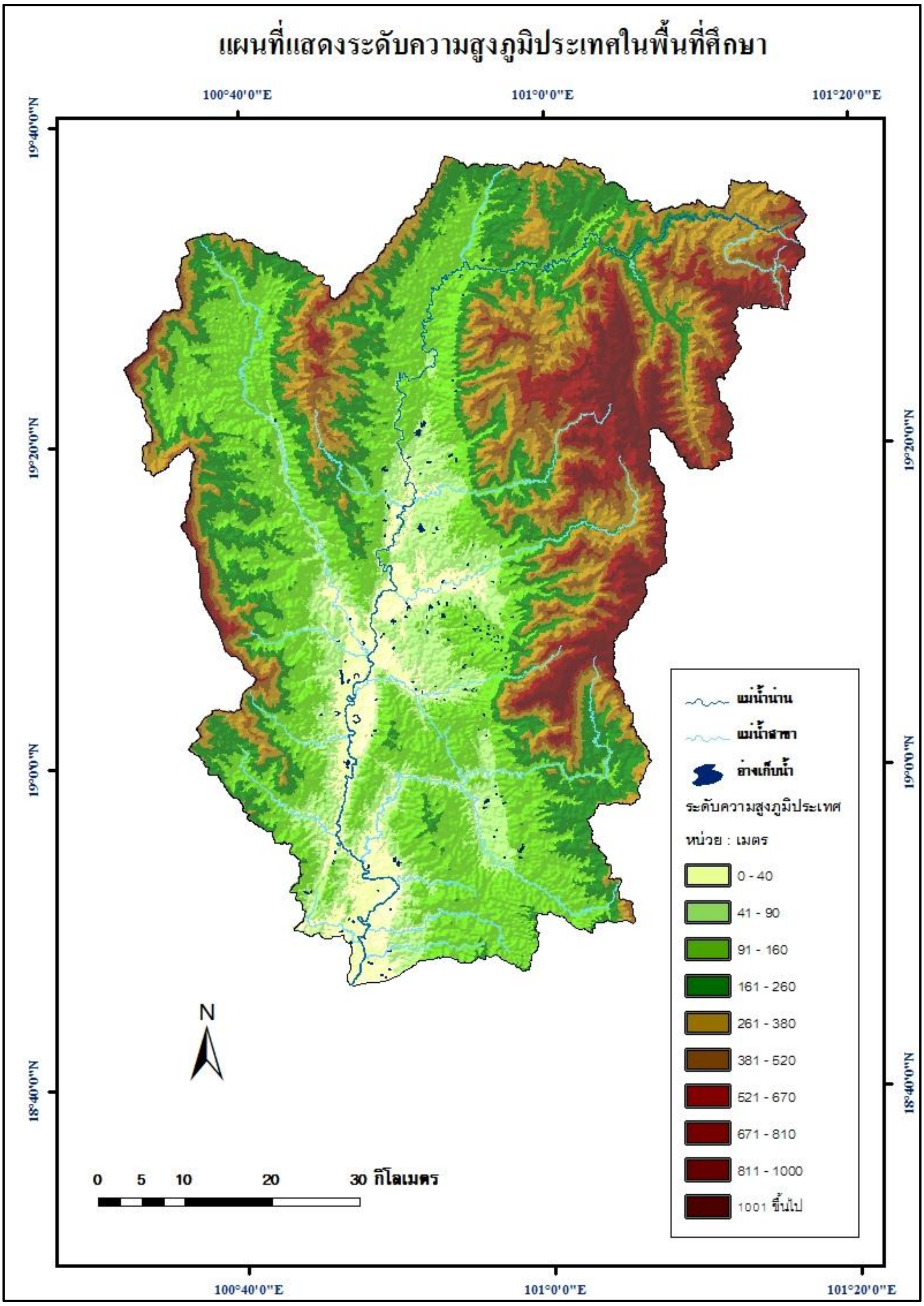
จังหวัดน่าน ตั้งอยู่บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยติดกับชายแดนทางด้านทิศตะวันออก ระดับความสูงของพื้นที่อยู่สูง 2 ,112 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง และพื้นที่ประมาณ 11,472 ตารางกิโลเมตร อาณาเขตโดยรอบของจังหวัดน่าน (ภาพที่ 6)

ทิศเหนือ	มีพื้นที่ติดต่อกับ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
ทิศตะวันออก	มีพื้นที่ติดต่อกับ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
ทิศใต้	มีพื้นที่ติดต่อกับ จังหวัดอุตรดิตถ์ และจังหวัดแพร่
ทิศตะวันตก	มีพื้นที่ติดกับ จังหวัดพะเยา และจังหวัดพะเยา

สภาพพื้นที่โดยทั่วไปของจังหวัดน่าน เป็นเนิน ที่ดอน และที่ราบระดับต่ำ สภาพของพื้นที่จังหวัดน่านส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาสูง (ร้อยละ 25 ของพื้นที่ทั้งหมด) ซึ่งสูงกว่าระดับทะเลปานกลาง 750 เมตร ส่วนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนือ พบกระจายเป็นกลุ่มทางทิศตะวันตก เทือกเขาที่สำคัญได้แก่เทือกเขาผีปันน้ำและเทือกเขาหลวงพระบาง ทางตอนกลางและตอนใต้ของพื้นที่จังหวัดเป็นพื้นที่เกษตรกรรม อีกทั้งยังเป็นพื้นที่ที่เป็นภูเขาระดับกลางถึงระดับต่ำและลาดเชิงเขา (ร้อยละ 20 ของพื้นที่ทั้งหมด) สูงจากระดับทะเลปานกลาง 500-750 เมตร อยู่บริเวณด้านทิศตะวันตกและตะวันออกของจังหวัด พื้นที่เป็นที่เนิน ที่ดอน ที่ราบระดับสูง(ร้อยละ 20 ของพื้นที่ทั้งหมด) สูงจากระดับทะเลปานกลางไม่เกิน 300-500 เมตร อยู่บริเวณด้านตะวันตก ด้านตะวันออก และด้านใต้ของจังหวัด และบางแห่งของจังหวัดเป็นที่ราบระดับต่ำ (ร้อยละ 35 ของพื้นที่ทั้งหมด) สูงกว่าระดับทะเลปานกลางไม่เกิน 300 เมตร อยู่บริเวณที่ราบริมแม่น้ำน่าน (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 6 แผนที่แสดงอาณาเขตโดยรอบของจังหวัดน่าน



ภาพที่ 7 แผนที่ความสูงภูมิประเทศของจังหวัดน่าน

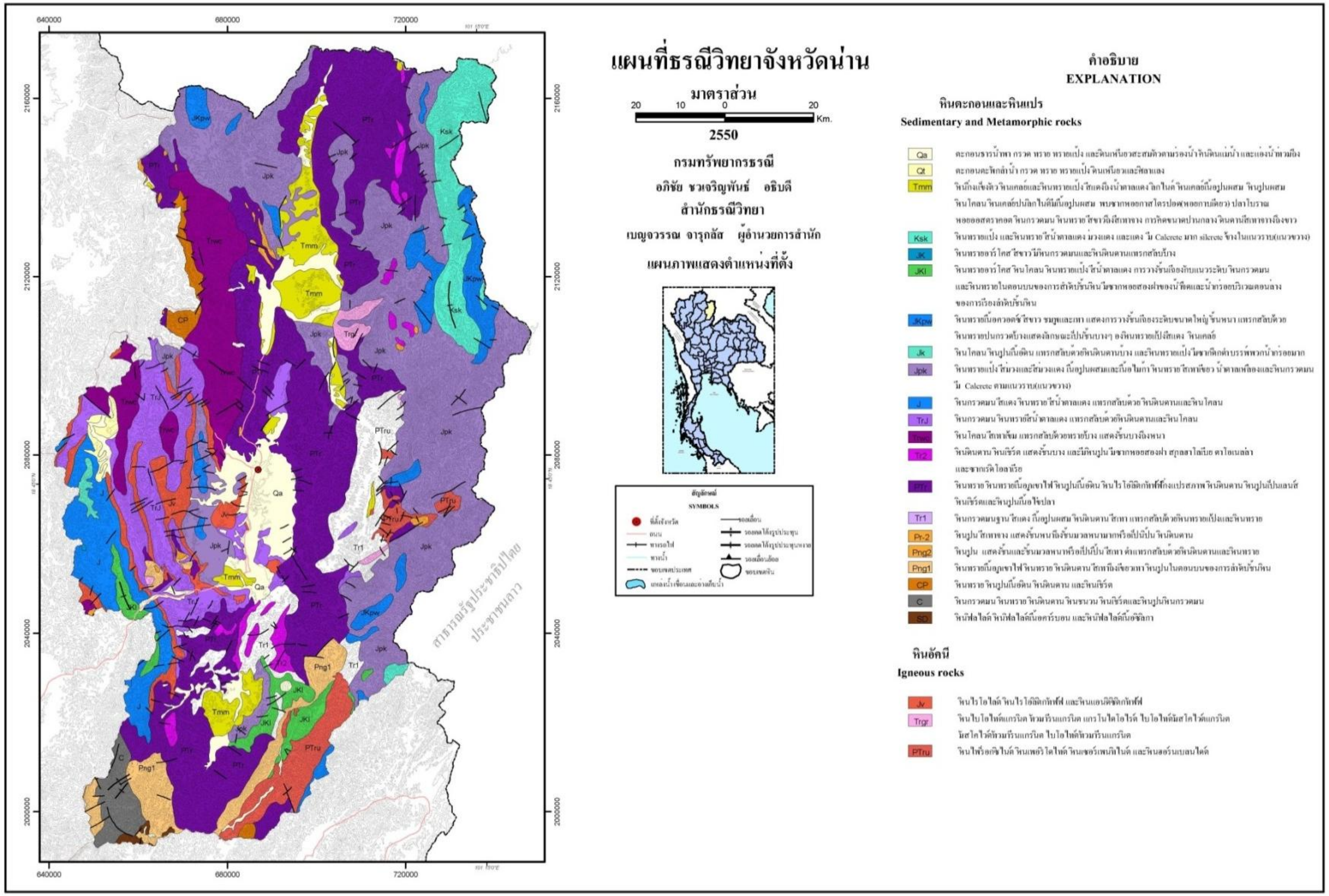
3.2 ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดน่านมีความแตกต่างกันของฤดูกาล โดยอากาศจะร้อนอบอ้าวในฤดูร้อน และหนาวเย็นในฤดูหนาว โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดพาเอาความชุ่มชื้นมาสู่ภูมิภาค ทำให้มีผลตกชุก ในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน และจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดพาเอาความหนาวเย็นสู่ภูมิภาค ในเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ และในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน จะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้มีสภาพอากาศร้อน

นอกจากนี้จังหวัดน่าน ยังมีสภาพภูมิประเทศโดยรอบ เป็นหุบเขาและภูเขาสูงชันมาก ทิวเขาวางตัวในแนวเหนือใต้ ทำให้บริเวณยอดเขา สามารถรับความกดอากาศสูงที่แผ่มาจากประเทศจีนในฤดูหนาว ได้อย่างทั่วถึงและเต็มที่ ขณะเดียวกันที่ทิวเขาวางตัวเหนือใต้ ทำให้เสมือนกำแพงปิดกั้นลมมรสุมทางทิศตะวันออก รวมทั้งยังมีระดับความสูงเฉลี่ยบนยอดเขา กับความสูงเฉลี่ยที่ผิวแตกต่างกันมาก และยังมีระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเล จากปัจจัยเหล่านี้ ในตอนกลางวัน ถูกอิทธิพลของแสงแดดเผา ทำให้อุณหภูมิร้อนมาก และในตอนกลางคืนจะได้รับอิทธิพลของลมภูเขา พัดลงสู่หุบเขาทำให้อากาศเย็นในตอนกลางคืน

3.3 ลักษณะทางธรณีวิทยา

จังหวัดน่านรองรับด้วยหินอายุตั้งแต่ 408 ล้านปี จนถึงตะกอนปัจจุบัน สามารถแบ่งได้ 10 หน่วย (ภาพที่ 8) ได้แก่ หน่วย 1 ตะกอนทราย ดินเหนียว กรวดละเอียด เหมาะต่อการเพาะปลูกมากที่สุด แต่เป็นพื้นที่ราบน้ำท่วมจึงประสบกับภัยน้ำท่วมขังช่วงฤดูฝนเป็นประจำ หน่วย 2 ตะกอนกรวด ทราย ลูกรัง ดินมีธาตุอุดมสมบูรณ์พอสมควรปลูกพืชได้บางชนิด หน่วย 4 หินตะกอนชนิดหินเคลย์ ถ่านหิน หน่วย 5 หินตะกอนชนิดหินทราย ดินมีแร่ธาตุที่อุดมสมบูรณ์พอสมควรสำหรับพืชกระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ของจังหวัด หน่วย 6 หินตะกอนชนิดดินดาน สามารถใช้ประโยชน์ในด้านการเพาะปลูกได้ค่อนข้างดี แต่ดินอาจมีความร่วนซุยต่ำ หินหน่วยนี้โผล่ให้เห็นในบริเวณต่อเนื่องตามแนวเหนือ-ใต้ของจังหวัด หน่วย 7 หินตะกอนชนิดหินปูน มักพบถ้ำที่มีหินงอกหินย้อยอยู่ในภูเขาหินปูน หน่วย 8 หินแปรชนิดหินฟิลไลต์ หินชนวน หินชีสต์ และหินควอรตซ์ไซต์ หน่วย 10 หินภูเขาไฟชนิดหินไรไอไลต์ หินแอนดีไซต์ เหมาะสมสำหรับการเกษตรกรรมมาก หน่วย 11 หินอัคนีแทรกซอนโผล่ให้เห็นในบริเวณด้านตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัด หน่วย 12 หินอัคนีอุลตราเบสิก ธาตุอาหารเสริมสำหรับพืชสูงมากกว่าหินทั่วๆไป เหมาะแก่การเกษตรกรรมมาก (กรมทรัพยากรธรณี, 2554)

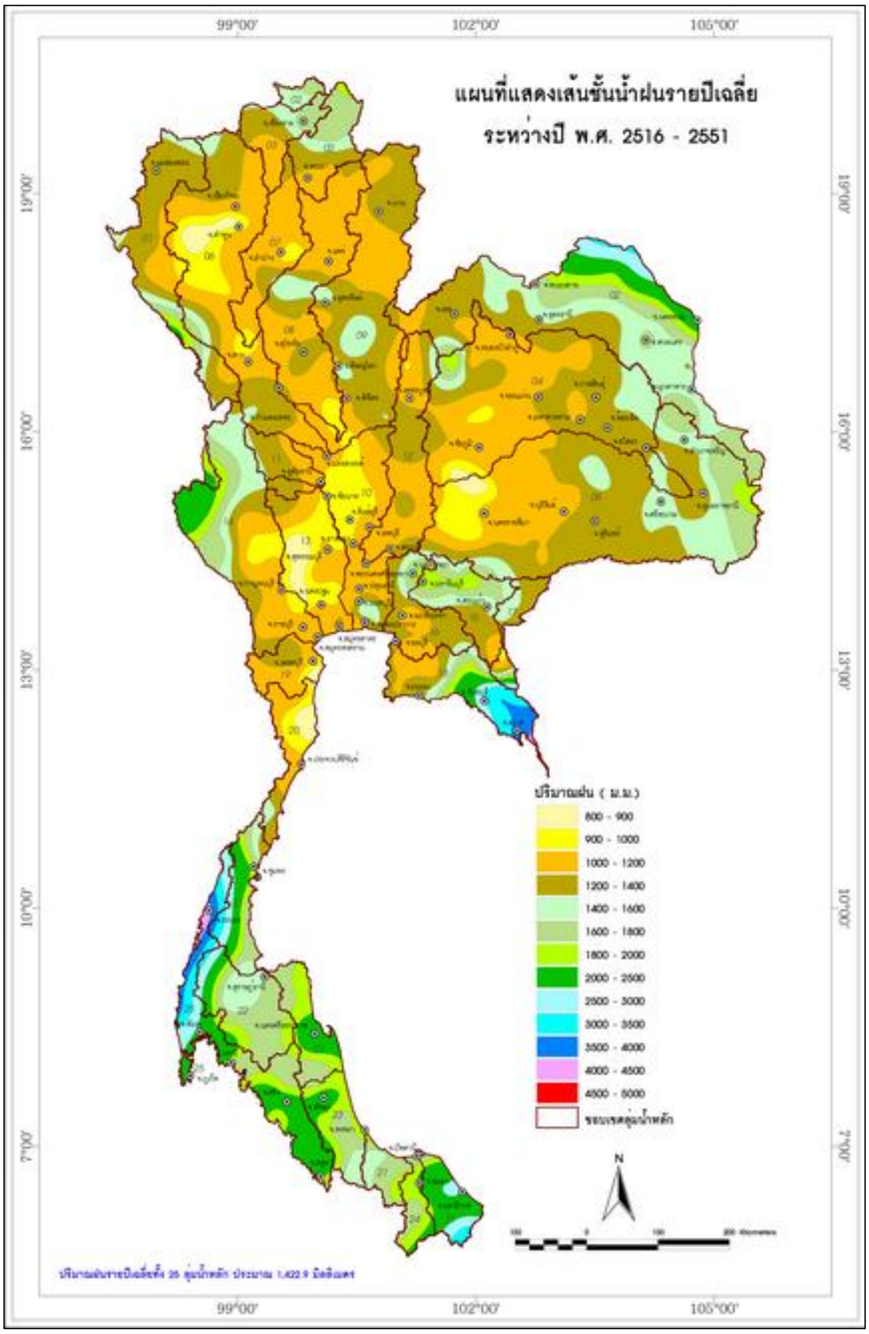


ภาพที่ 8 แผนที่ธรณีจังหวัดน่าน ที่มา:กรมทรัพยากรธรณี

3.4 ลักษณะทางอุตุ-อุทกวิทยา

3.4.1 ปริมาณน้ำฝน

ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย ใน 25 ลุ่มน้ำหลัก (ภาพที่ 9) ได้คำนวณหาค่าเฉลี่ยจากเส้นชั้นน้ำฝน (Isohyetal) โดยใช้สถิติข้อมูลน้ำฝน(ตารางที่ 1) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516 - 2551 มาใช้ในการวิเคราะห์ สรุปบริเวณลุ่มน้ำน่าน มีปริมาณฝนเฉลี่ย 1100 – 1400 มิลลิเมตรต่อปี



ภาพที่ 9 ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย ใน 25 ลุ่มน้ำหลัก (กรมชลประทาน,2553)

ตารางที่ 1 รายชื่อสถานีวัดน้ำฝน ช่วงปีที่บันทึก และสถิติปริมาณฝนรายปีในพื้นที่ศึกษา

ชื่อสถานี	รหัสสถานี	ช่วงปีสถิติข้อมูล	ปริมาณฝนรายปี (มม.)		
			เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
อ.ทุ่งช้าง	280053	2464 - ปัจจุบัน	1520.0	2135.3	630.1
อ.เชียงกลาง	280102	2513 - ปัจจุบัน	1150.6	1724.0	514.0
อ.ปัว	280042	2464 - ปัจจุบัน	1301.9	1828.2	708.0
อ.ท่าวังผา	280073	2511 - ปัจจุบัน	1415.7	1991.5	956.9
สกษ.น่าน	280142	2518 - ปัจจุบัน	1305.7	2215.4	822.3
อ.เมือง	280103	2513 - ปัจจุบัน	1150.6	1724.0	514.0
อ.เฉลิมพระเกียรติ	280352	2550 - ปัจจุบัน	1367.9	1664.3	1083.2
อ.สองแคว	280172	2536 - ปัจจุบัน	1880.5	2359.6	1223.1
อ.สันติสุข	280292	2550 - ปัจจุบัน	1306.1	1590.3	1017.5

3.4.2 ปริมาณน้ำท่า

สถานี N.1 อ.เมือง จ.น่าน มีพื้นที่รับน้ำ 4,729 ตารางกิโลเมตร เปิดสำรวจเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำและเตือนภัยน้ำท่วม ลักษณะท้องน้ำเป็นทราย รูปตัดขวางลำน้ำเป็นรูปตัว U เริ่มบันทึกข้อมูลเมื่อปีพ.ศ. 2465 – ปัจจุบัน ปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปี 1252.4 ลบ.ม./วินาที ปริมาณน้ำสูงสุดรายปี 2862.5 ลบ.ม./วินาที และปริมาณน้ำต่ำสุดรายปี 378.0 ลบ.ม./วินาที

3.5 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

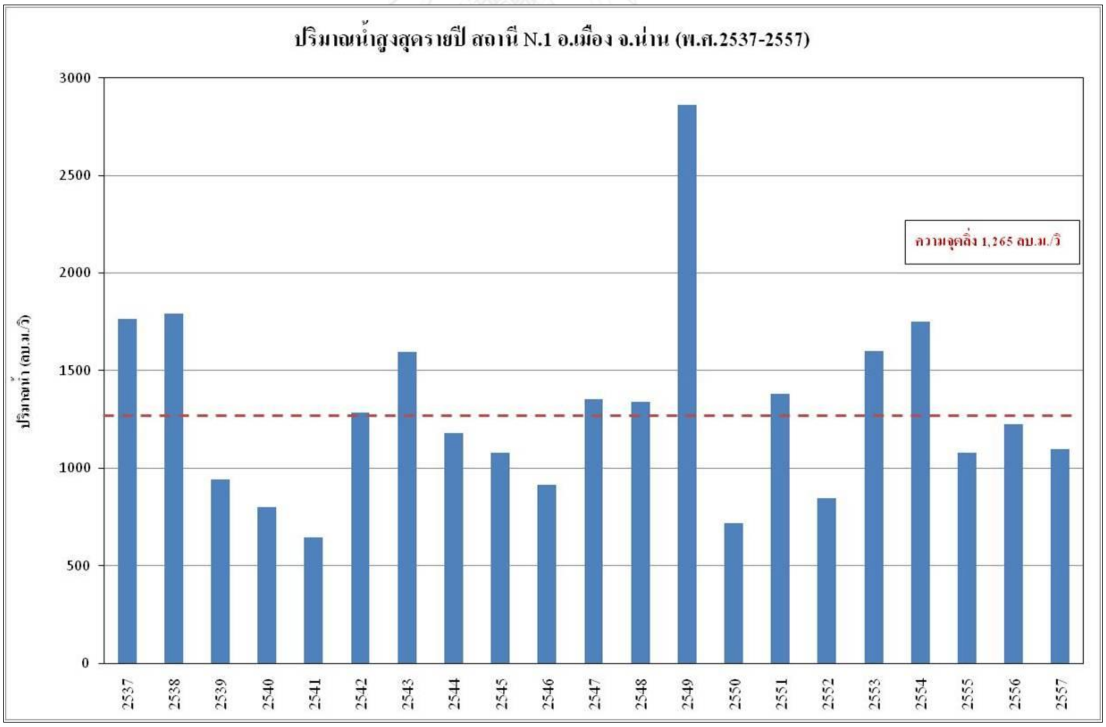
จากการสำรวจจังหวัดน่าน (ตารางที่2) ของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2544 2550 2552 และ 2555 พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชุมชนที่อยู่อาศัย เพิ่มขึ้นทุกปี การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรมมีทั้งช่วงที่เพิ่มขึ้นและลดลง แต่ถ้าหากดูในรายละเอียดชนิดของการทำเกษตรกรรมแล้วพบว่าการปลูกข้าวโพดปี พ.ศ. 2555 เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2544 ประมาณร้อยละ 3.72 การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้มีทั้งช่วงที่ลดและเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2 ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดน่าน ที่มา:กรมพัฒนาที่ดิน, 2558

ประเภทการใช้ที่ดิน	**ร้อยละของพื้นที่ทั้งหมด**			
	พ.ศ. 2544	**พ.ศ. 2550**	**พ.ศ. 2552**	**พ.ศ. 2555**
ชุมชนที่อยู่อาศัย	1.56	1.69	1.70	1.76
พื้นที่ป่า	61.74	72.79	70.40	63.48
ป่าสมบูรณ์	48.27	69.71	67.71	61.46
เกษตรกรรม	35.26	24.23	26.67	33.76

3.6 ลำดับการเกิดเหตุการณ์อุทกภัย

สถานี N.1 อ.เมือง จ.น่าน มีปริมาณน้ำล้นตลิ่งในปี พ.ศ 2537 2538 2543 2547 2548 2549 2551 2553 และปี2554 (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 ปริมาณน้ำที่สถานี N.1 อ.เมือง จ.น่าน

นอกจากลมมรสุมประจำฤดู ร่องความกดอากาศต่ำ ยังจะได้รับอิทธิพลจากพายุต่างๆทำให้เกิดฝนตกหนักในพื้นที่เป็นสาเหตุของการเกิดอุทกภัย (ตารางที่3)

ตารางที่ 3 สาเหตุการเกิดอุทกภัย สถานี N.1 อ.เมือง จ.น่าน

ปี พ.ศ.	สาเหตุการเกิดอุทกภัย
2537	ร่องความกดอากาศ และ พายุโซนร้อนลุค
2538	พายุโซนร้อนแกรี่ และ พายุโซนร้อนลูอิส
2543	พายุโซนร้อนเกมี , พายุโซนร้อนมาเรีย และ พายุโซนร้อนหวู่คง
2547	ดีเปรสชันจันทู
2548	พายุไต้ฝุ่นดอมเรย
2549	ร่องความกดอากาศ และ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้
2551	หย่อมความกดอากาศ และ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้
2553	พายุโซนร้อนโกนเซิน
2554	ทั้งพายุโซนร้อนไหหม่า, พายุโซนร้อนนกเตน, พายุโซนร้อนไห่ถาง พายุไต้ฝุ่นเนสาด และพายุโซนร้อนนาลแก
2556	พายุโซนร้อนเซบี และ พายุโซนร้อนมังคุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4

วิธีการวิจัย

4.1 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนที่ได้มีการเก็บรวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ ทั้งที่อยู่ในรูปแบบของรายงาน วิทยานิพนธ์ งานวิจัย และฐานข้อมูลบนเวบไซต์ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า การใช้ที่ดิน และ ระดับความสูงของภูมิประเทศ รายละเอียดและแหล่งที่มาของข้อมูลแต่ละประเภทในการศึกษาครั้งนี้ แสดงในตารางที่ 4 และข้อมูลแต่ละประเภทมีรายละเอียดเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ชนิดข้อมูล	ประเภทข้อมูล	ปีที่มีข้อมูล (พ.ศ.)	หน่วยงาน	หมายเหตุ
ปริมาณน้ำฝน	เชิงอรรถาธิบาย	2550-2557	กรมชลประทาน	ข้อมูลรายวันจากสถานีวัดน้ำฝน 9 สถานี
ปริมาณน้ำท่า	เชิงอรรถาธิบาย	2550-2557	กรมชลประทาน	ข้อมูลรายวันจากสถานีวัดน้ำท่า 1 สถานี
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	เชิงพื้นที่	2552	ISCGM*	
พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่	เชิงอรรถาธิบาย	2548-2551 และ 2553-2555	กรมเศรษฐกิจการเกษตร	ข้อมูลรายอำเภอ
ระดับความสูงภูมิประเทศ	เชิงพื้นที่	2552	ISCGM*	-

ตารางที่ 4 (ต่อ)

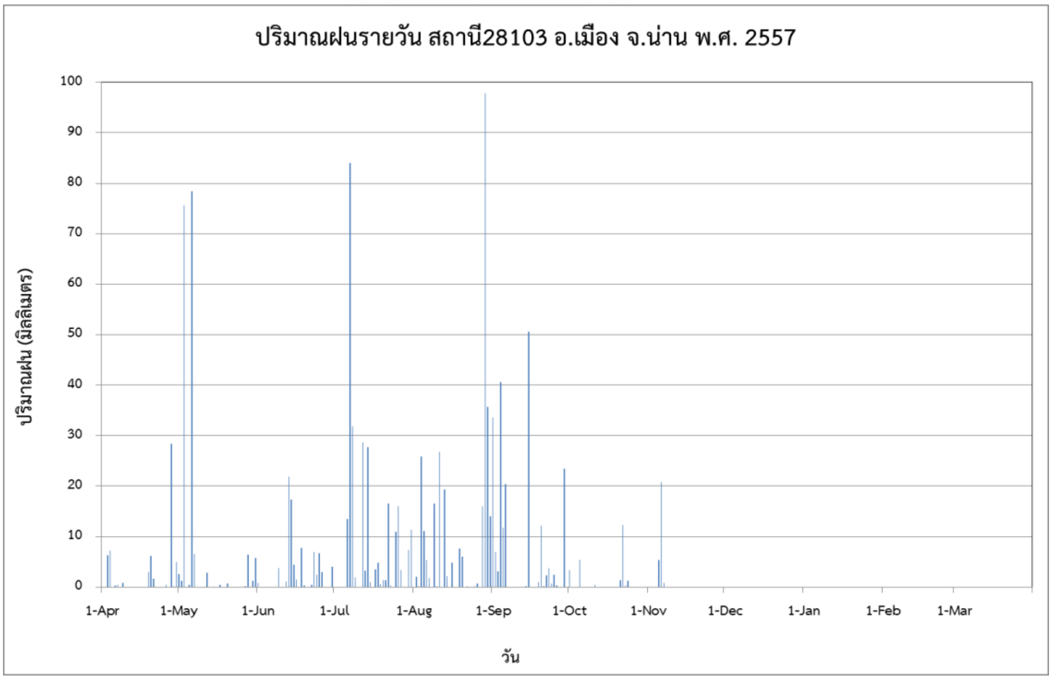
ชนิดข้อมูล	ประเภทข้อมูล	ปีที่มีข้อมูล (พ.ศ.)	หน่วยงาน	หมายเหตุ
คุณสมบัติทางอุทกวิทยาตามลักษณะของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท	เชิงอรรถาธิบาย	-	ICHARM**	-

*ISCGM = International Steering Committee for Global Mapping

**ICHARM = The International Centre for Water Hazard and Risk Management

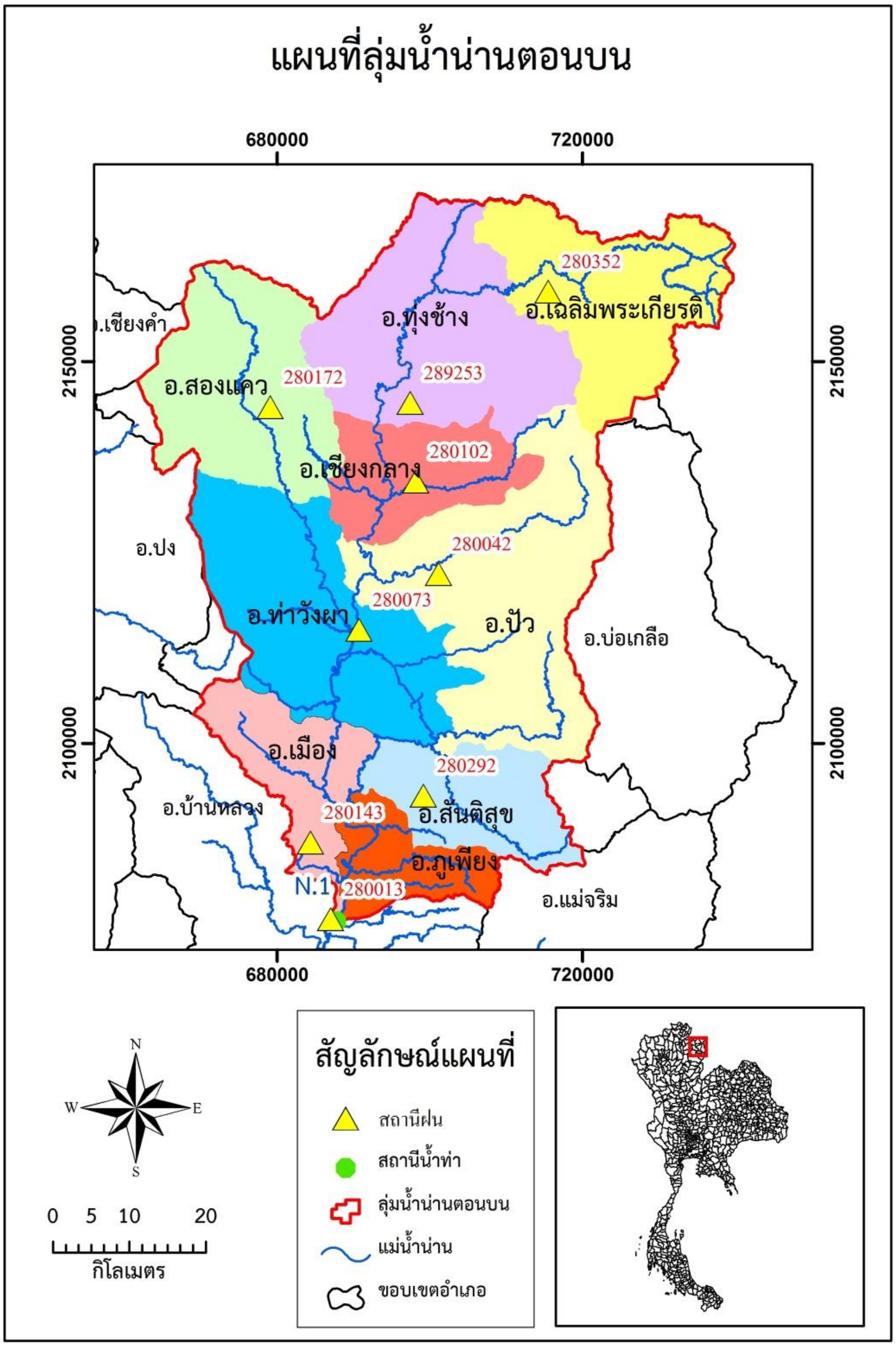
4.1.1 ข้อมูลฝน

สถานีวัดน้ำฝนใช้วิธีการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนอย่างง่ายโดยใช้ถังรองน้ำฝนที่มีฝาปิดด้านบนรูปกรวยภายในตัวถังมีภาชนะรองรับน้ำฝน ถังรองน้ำฝนที่ใช้มีลักษณะตามมาตรฐานที่กำหนดโดย U.S. National Weather Service (สัญญา มัณฑางกูร, 2555) ในการบันทึกข้อมูลน้ำฝนใช้วิธีการอ่านค่าระดับน้ำในภาชนะรองน้ำฝนที่อยู่ด้านในตัวถัง ณ เวลา 7.00 น. ของทุกวัน (Non-recording rain gauge) ดังนั้นข้อมูลที่ได้จึงเป็นปริมาณน้ำฝนภายใน 24 ชั่วโมง ในหน่วย มม./วัน ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนมีลักษณะดัง ภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ตัวอย่างข้อมูลปริมาณฝนรายวัน จากสถานี 28103 ที่ อ.เมือง จ. น่าน ในปี พ.ศ. 2557

ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลฝนรายวันในระหว่างปี พ.ศ. 2550-2557 จากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทานและกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งมีทั้งหมด 9 สถานีในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ สถานี 28053 อ.ทุ่งช้าง สถานี 28102 อ.เชียงกลาง สถานี 28042 อ.ปัว สถานี 28073 อ.ท่าวังผา สถานี 28142 สถานีอากาศเกษตร สถานี 28103 อ.เมือง สถานี 280352 อ.เฉลิมพระเกียรติ สถานี 280172 อ.สองแคว และสถานี 280292 อ.สันติสุข ตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝน แสดงในภาพที่ 12

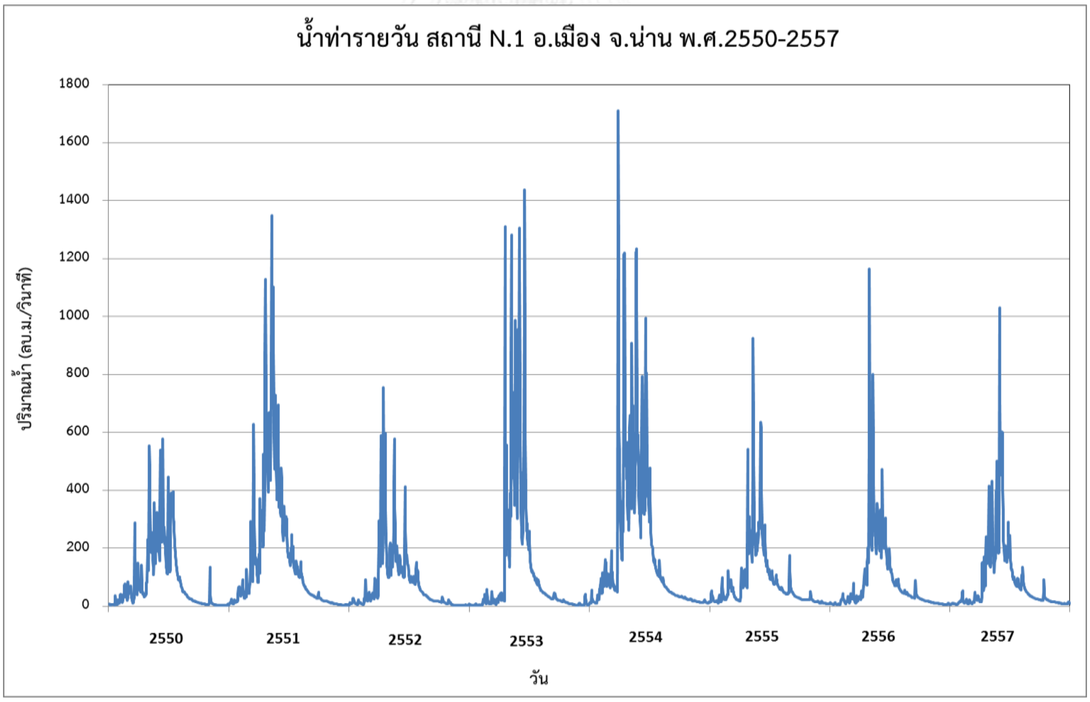


ภาพที่ 12 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา

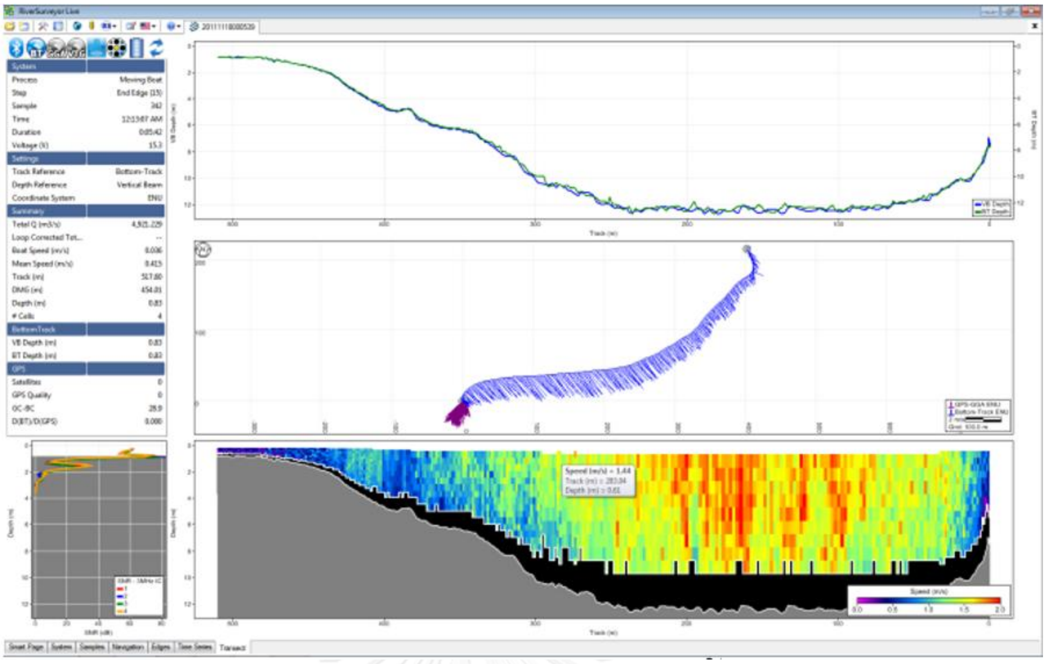
4.1.2 ข้อมูลน้ำท่า (discharge)

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลน้ำท่ารายวันของแม่น้ำน่าน จากสถานีตรวจวัด N.1 ที่อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ระหว่างปี พ.ศ. 2550 - 2557 (ภาพที่13) ข้อมูลน้ำท่าที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของข้อมูลน้ำท่าที่ตรวจวัดทั้งหมด ณสถานี N.1 ซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. 2537 – 2557 (กรมชลประทาน, 2558) สาเหตุที่เลือกใช้ข้อมูลน้ำท่าเฉพาะในช่วงดังกล่าวเพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลปริมาณฝนในพื้นที่ซึ่งมีครบถ้วนทั้ง 9 สถานีในช่วงเวลานี้เช่นกัน

การตรวจวัดปริมาณน้ำท่าในลำน้ำน่านใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลในทางน้ำจากการใช้คลื่นเสียง (Acoustic Doppler River Discharge Measurement System) (สมเกียรติ อภิพัฒนวิศว์ม, สุเมธ สาธุเสน, และ ธาดา สุขะปุณพันธ์,2555) ผลการตรวจวัดทั้งหมดจะแสดงในหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมตลอดระยะเวลาที่ตรวจวัด (ภาพที่ 14) ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดด้วยวิธีการนี้ ได้แก่ ความเร็วกระแสน้ำ ณ จุดต่างๆ ภาพหน้าตัดการไหล ปริมาณน้ำตามแนวของการตรวจวัด



ภาพที่ 13 ปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่สถานีตรวจวัด N.1 อ.เมือง จ.น่าน
ระหว่างปี พ.ศ. 2537 – 2557 ที่มา:กรมชลประทาน, 2558



ภาพที่ 14 หน้าจอคอมพิวเตอร์แสดงผลการตรวจวัดปริมาณน้ำท่าที่สถานีตรวจวัด N1 ด้วย Acoustic Doppler

4.1.3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในการศึกษาครั้งนี้นำมาจาก International Steering Committee for Global Mapping (ISCGM) ซึ่งเป็นองค์กรที่จัดทำฐานข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน (land cover) ประเภทต่างๆ ซึ่งรวมถึงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (landuse) ในพื้นที่ต่างๆ ทั่วโลก โดยข้อมูลจะอยู่รูปแบบของแผนที่เชิงเลข (digital map) ที่สามารถดาวโลดได้จากเวบไซต์ขององค์กร นอกจากนี้ ISCGM ยังเป็นองค์กรที่กำหนดแนวทางการทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ต่างๆ ให้เป็นมาตรฐานเดียวกันเพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันได้ และยังให้การสนับสนุนการจัดทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับต่างๆ เพื่อการเผยแพร่ในระดับโลก แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจาก ISCGM สามารถนำไปใช้ในแบบจำลอง IFAS ได้โดยตรงเนื่องจาก ผู้สร้างและพัฒนาแบบจำลอง IFAS ซึ่งก็คือ International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM) เป็นหนึ่งในสมาชิกขององค์กร ISCGM ดังนั้นแบบจำลอง IFAS จึงถูกออกแบบให้สามารถรองรับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจาก ISCGM ได้อย่างสะดวกและไม่มีค่าใช้จ่ายในการเข้าถึงข้อมูล

แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาสร้างขึ้นจากการวิเคราะห์และแปลความหมายภาพถ่ายดาวเทียม Terra-ASTER ซึ่งเป็นดาวเทียมที่สร้างขึ้นและอยู่ภายใต้การดูแลร่วมกันของ

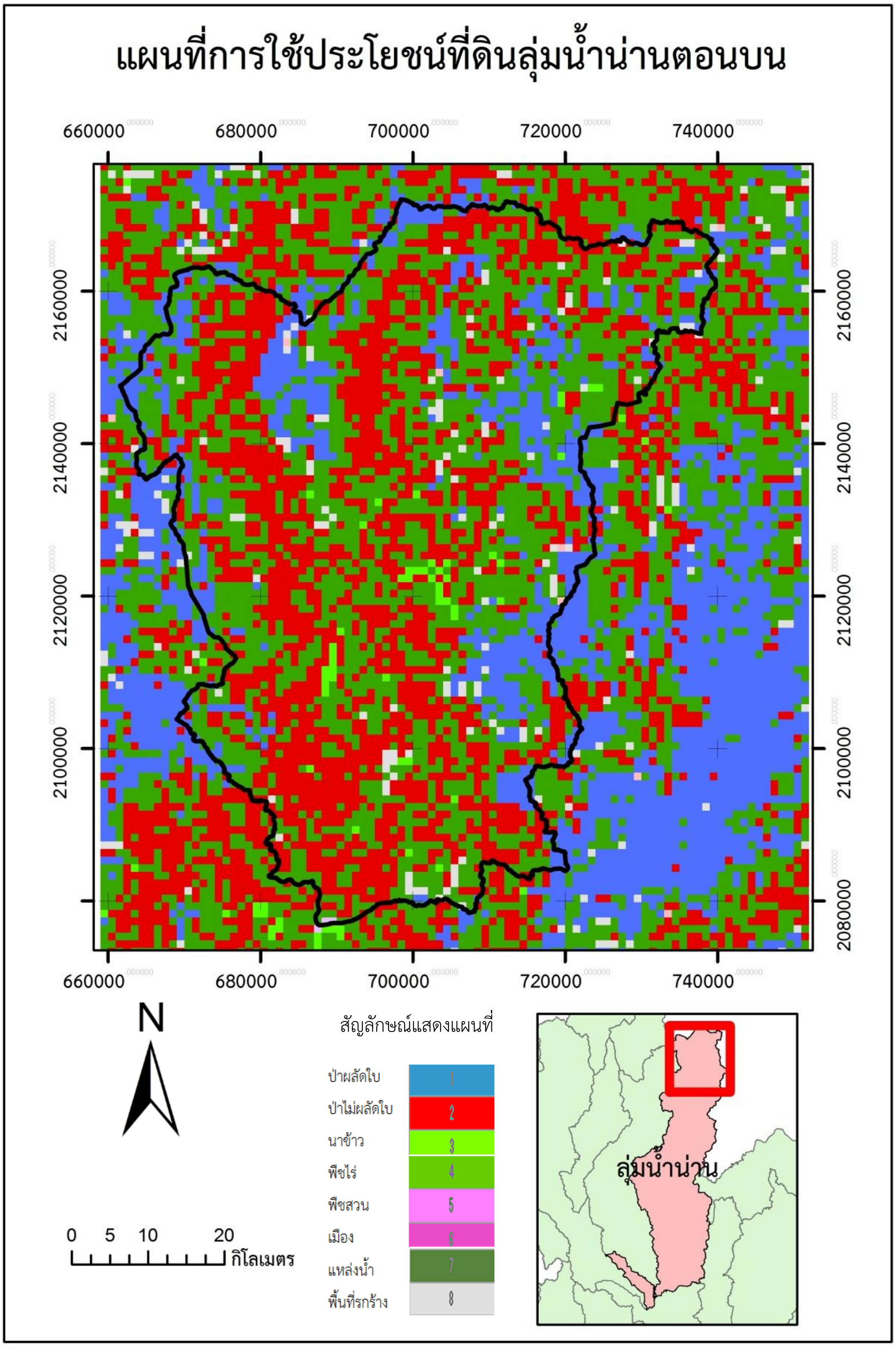
องค์การสำรวจอวกาศของประเทศสหรัฐอเมริกา(NASA) และ ญี่ปุ่น (METI) ดาวเทียม Terra-ASTER สามารถเก็บข้อมูลที่มีความละเอียดหลายระดับ จึงสามารถนำเอาข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ ได้ อาทิเช่น การติดตามสภาพการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การวางแผนการเกษตร เป็นต้น ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินล่าสุดของพื้นที่ศึกษาคือข้อมูลในปี พ.ศ. 2552 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในปีดังกล่าวมีความละเอียดของข้อมูล 1 กริด เท่ากับ 1 ตารางกิโลเมตร และมีการแบ่งการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาออกเป็น 8 ประเภทได้แก่ ป่าไม้ผลัดใบ ป่าไม้ไม่ผลัดใบ นาข้าว พืชไร่ พืชสวน เมือง แหล่งน้ำ และที่รกร้างว่างเปล่า โดยการแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นเป็นการแบ่งประเภทขนาดใหญ่ เช่น พืชไร่ ไม่สามารถแยกเป็นพืชแต่ละชนิด จึงกำหนดให้เป็นการใช้ที่ดินประเภทพืชไร่ทั้งหมด (ภาพที่ 15)

นอกจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาแล้ว ผู้วิจัยยังได้ใช้ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ของแต่ละอำเภอในจังหวัดน่านในปี พ.ศ. 2548-2551และ พ.ศ.2553-2555 จากสำนักเศรษฐกิจการเกษตร สำหรับข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ปี พ.ศ. 2552 นั้นผู้วิจัยได้คำนวณจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของ ISCGM ข้อมูลพื้นที่พืชไร่รายปีของแต่ละอำเภอในพื้นที่ศึกษาจะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่พืชไร่ของแต่ละอำเภอเพื่อการทำนายพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ในอนาคต (ดูหัวข้อ 4.3.1 การสร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน)

4.1.4 ข้อมูลความสูงของภูมิประเทศ

ข้อมูลความสูงของภูมิประเทศ (Digital Elevation Model: DEM) ที่ใช้ในแบบจำลองนั้นได้มาจากหน่วยงาน ISCGM เช่นเดียวกับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งมีความละเอียดของข้อมูล 1 กริด เท่ากับ 1 ตารางกิโลเมตร แบบจำลอง IFAS ใช้ความสูงภูมิประเทศในการสร้างโครงข่ายทิศทางการไหลของน้ำบนผิวดิน (drainage network) ตลอดจนเส้นทางการไหลของลำน้ำสายหลัก (แม่น้ำน่าน) และลำน้ำย่อยในลุ่มน้ำ ซึ่งจะช่วยให้สามารถคำนวณปริมาณน้ำท่าในแต่ละกริดในพื้นที่ศึกษาได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



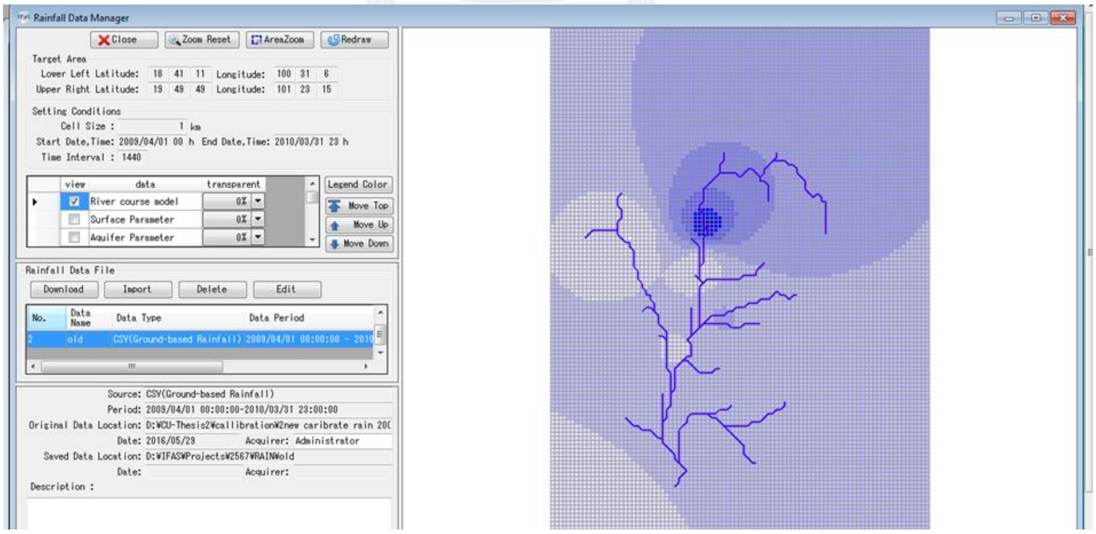
ภาพที่ 15 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ลุ่มน้ำน่านตอนบน พ.ศ.2552

4.2 การใช้แบบจำลอง IFAS เพื่อใช้ในการศึกษา

4.2.1 การเตรียมข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง

แบบจำลอง IFAS ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในการทำนายปริมาณน้ำท่า เนื่องจากแบบจำลอง IFAS มีลักษณะเป็นแบบจำลองแบบกระจายทางพื้นที่ที่ใช้ตารางกริดเป็นตัวแบ่งพื้นที่ย่อย (spatially-distributed model) ดังนั้นข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองจึงต้องอยู่ในรูปของชั้นข้อมูลราสเตอร์

ข้อมูลน้ำฝนที่ใช้เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของแต่ละสถานีตรวจวัดซึ่งเป็นข้อมูลจุด ดังนั้นก่อนการใช้แบบจำลองจึงจำเป็นที่จะต้องสร้างแผนที่ราสเตอร์แสดงปริมาณน้ำฝนรายวันด้วยวิธีการประมาณค่าในช่วงทางพื้นที่ (spatial interpolation) แบบจำลอง IFAS สามารถทำการประมาณค่า ปริมาณฝนให้กับพื้นที่ทุกกริดในแบบจำลองอย่างอัตโนมัติ จากข้อมูลฝนที่มีอยู่ 9 สถานีตรวจวัด (ภาพที่ 16) ผู้วิจัยเลือกใช้เทคนิค Inverse Distance Weighted Interpolation (IDW) ซึ่งจะประมาณค่าปริมาณฝนรายวัน ณ ตำแหน่งที่ไม่ทราบค่าโดยอาศัยการกระจายค่าข้อมูลจากจุดตำแหน่งที่ทราบค่าอยู่แล้ว ถ่วงน้ำหนักตามระยะทางระหว่างทั้งสองจุดตำแหน่ง ซึ่งหากจุดตำแหน่งที่ทราบค่าอยู่ห่างจากจุดตำแหน่งที่ไม่ทราบค่า จุดตำแหน่งที่ทราบค่าจะมีค่าน้ำหนักน้อยในการประมาณค่าตามระยะทางที่ไกลออกไป (ทัศวรรณ หานุภาพ,2556)



ภาพที่ 16 การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนของแบบจำลองโดยเทคนิค Inverse Distance Weighted Interpolation (IDW)

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินอยู่ในรูปของข้อมูลราสเตอร์อยู่แล้ว สามารถนำเข้าสู่แบบจำลอง IFAS ได้โดยตรง ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจะใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ กล่าวคือพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินลักษณะเดียวกันจะถูกกำหนดให้มีลักษณะทางอุทกวิทยาแบบเดียวกัน แบบจำลอง IFAS กำหนดพารามิเตอร์ที่แสดงลักษณะทางอุทกวิทยาทั้งหมด 21 พารามิเตอร์ ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้พารามิเตอร์ SKF มีการผันแปรตามสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ในขณะที่พารามิเตอร์ ตัวอื่นๆ มีค่าคงที่สำหรับการใช้ที่ดินทุกประเภท ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ตั้งต้นของลักษณะทางอุทกวิทยาของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทในลุ่มน้ำที่ศึกษานั้น ผู้วิจัยอ้างอิงจากค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของสภาพการใช้ที่ดินแต่ละประเภทที่กำหนดโดย ICHARM รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5 พารามิเตอร์และความหมายในแบบจำลอง IFAS

พารามิเตอร์	**หน่วย**	**ความหมาย**
พารามิเตอร์ชั้นผิวดิน		
HFMXD	m	ระดับกักเก็บน้ำสูงสุดของผิวดิน ค่าแนะนำระหว่าง 10-40
HFMND	m	ระดับที่ทำให้เกิดน้ำท่า ค่าแนะนำระหว่าง 5-10
HFOD	m	ระดับที่ทำให้เกิดการซึม ค่าแนะนำระหว่าง 5
SKF	cm/s	ความสามารถในการซึมน้ำของดิน มีผลโดยตรงต่อน้ำท่า และมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ดูตารางที่ 8)
FALFX	-	สัมประสิทธิ์น้ำใต้ผิวดินที่จะกลายเป็นน้ำท่า ระบุสัดส่วนน้ำใต้ผิวดินที่สามารถกลายเป็นน้ำท่า
SNF	$m^{-1/3}$·s-1	สัมประสิทธิ์ความขรุขระของผิวดิน มีผลต่ออัตราการไหลของน้ำผิวดิน
HIFD	m	ปริมาณน้ำท่าแรกเริ่มที่ยอมให้คำนวณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5 (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วย	ความหมาย
พารามิเตอร์ชั้นน้ำใต้ดิน		
AUD	(1/mm/day)^1/2	ปริมาณน้ำใต้ดินที่แรกเริ่ม หากมีน้ำใต้ดิน ณ เวลาแรกเริ่มมาก ปริมาณฝนจะไหลซึมลงดินน้อย เกิดน้ำท่ามาก
AGD	1/day	สัมประสิทธิ์ที่ระบุสัดส่วนน้ำใต้ดินที่สามารถไหลออกจากชั้นหินอุ้มน้ำและกลายเป็นน้ำผิวดิน
HIGD	m	ปริมาณน้ำใต้ดินแรกเริ่มที่ยอมให้คำนวณ
HCGD	m	ระดับกักเก็บสูงสุดในการเกิดชั้นน้ำใต้ดินไม่อิ่มตัว
พารามิเตอร์แม่น้ำ		
RBW	-	สัมประสิทธิ์ความกว้างของแม่น้ำ
RBS	-	ค่าสัมประสิทธิ์โดยประมาณ ค่าแนะนำระหว่าง 0.3–0.5
RNS	$m^{-1/3}$·s-1	ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง
RRID	m	ปริมาณน้ำแรกเริ่มที่ยอมให้คำนวณ
RGWD	1/day	สัมประสิทธิ์การซึมจากแม่น้ำสู่ชั้นน้ำใต้ดิน
RHW	-	ระดับน้ำสูงสุดที่ไหลผ่านแม่น้ำ
RHS	-	อ้างอิงจากค่า RHW
RBH	-	ความกว้างของแม่น้ำ
RBET	-	ความชันของแม่น้ำ
RLCOF	-	สัมประสิทธิ์ความยาวของแม่น้ำ

ตารางที่ 6 ค่าพารามิเตอร์ SKF ในช่วงแนะนำและค่าพารามิเตอร์ตั้งต้นที่เปลี่ยนตามประเภทการใช้ที่ดิน ในแบบจำลอง IFAS

ลำดับ	ประเภทของการใช้ที่ดิน	ค่าพารามิเตอร์แนะนำ	ค่าพารามิเตอร์ตั้งต้น
1	ป่าไม้ผลัดใบ	0.0005-0.7	0.0005
2	ป่าไม้ไม่ผลัดใบ		0.0006
3	นาข้าว	0.00001-2	0.00001
4	พืชไร่		0.00003
5	พืชสวน		0.00004
6	เมือง	0.000001-0.1	0.000001
7	แหล่งน้ำ	0.00001-2	0.00001
8	พื้นที่รกร้าง	0.00002-2	0.00002

4.2.2 การสอบเทียบแบบจำลอง(Calibration)

เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง IFAS ในตารางที่ 5 และ 6 เป็นเพียงค่าพารามิเตอร์ตั้งต้นที่แนะนำโดย ICHARM เท่านั้นซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมนี้สามารถทำได้โดยการใช้วิธีสอบเทียบแบบจำลอง (calibration) กับข้อมูลน้ำท่าที่ตรวจวัดได้ในลำน้ำน่าน ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาจะทำให้แบบจำลอง IFAS สามารถทำนายลักษณะน้ำท่าได้อย่างแม่นยำใกล้เคียงกับข้อมูลที่ตรวจวัดจริง

แบบจำลอง IFAS มีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางอุทกวิทยาเป็นจำนวนมาก การสอบเทียบแบบจำลองเพื่อระบุค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของทุกพารามิเตอร์ในพื้นที่ศึกษาจึงไม่สามารถกระทำได้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง (Sensitivity analysis) ซึ่งเป็นกระบวนการทดสอบแบบจำลองเพื่อให้ทราบถึงลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ต่างๆ ในแบบจำลอง พารามิเตอร์ที่มีความสำคัญลำดับต้นๆของแบบจำลองเท่านั้นที่จะถูกปรับเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาจากการสอบเทียบแบบจำลอง ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง IFAS ผู้วิจัยทำการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการทดสอบทีละตัว โดยการเพิ่มและลดค่าพารามิเตอร์ครั้งละ ±5%, ±10%, ±25% และ ±50% จากค่าพารามิเตอร์ตั้งต้น ในขณะที่ค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ที่ไม่ถูกทดสอบจะถูกกำหนดให้คงที่ จากนั้นจึงพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองที่มีการเพิ่มหรือลดค่าพารามิเตอร์เทียบกับปริมาณ

น้ำท่า ที่คำนวณจากแบบจำลองที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ตั้งต้น พารามิเตอร์ใดที่ทำการทดสอบแล้วมีปริมาณน้ำท่าเปลี่ยนไปมากแสดงว่าพารามิเตอร์ตัวนั้นมีความสำคัญมากและมีความอ่อนไหวต่อผลของแบบจำลอง ซึ่งพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหว 3 อันดับแรกจะนำไปใช้ในขั้นตอนของการสอบเทียบแบบจำลอง (calibration) การศึกษาความอ่อนไหวของแบบจำลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกพารามิเตอร์ศึกษา 5 ตัว ได้แก่ SKF, SNF, FALFX, AUD, และ AGD (ดูตารางที่ 5) เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางอุทกวิทยาที่สำคัญของลุ่มน้ำ

เมื่อสามารถระบุค่าพารามิเตอร์ที่จะทำการปรับค่าเพื่อสอบเทียบแบบจำลองได้แล้ว ผู้วิจัยทำการสอบเทียบแบบจำลองด้วยวิธี manual ปรับค่าพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ที่สถานีตรวจวัด N.1 อ.เมือง จ.น่าน พ.ศ. 2550 - 2553 เป็นข้อมูลในการสอบเทียบ และใช้ดัชนี Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) ในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองหลังจากการสอบเทียบ ค่าดัชนี NSE สามารถคำนวนได้จาก

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2}$$

เมื่อ Y_i ปริมาณน้ำท่าจากจากการตรวจวัดที่สถานี N.1

$\hat{Y}_i$ ปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณของแบบจำลอง

$\bar{Y}$ ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดที่สถานี N.1

ดัชนี NSE จะมีค่าอยู่ระหว่าง -∞ ถึง 1 ซึ่งสามารถแปลความหมายได้จากตารางที่ 7 แบบจำลองที่ผ่านการสอบเทียบแล้วควรมีค่า NSE มากกว่า 0.8 และค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองจะถือว่าเป็นค่าที่เหมาะสมกับพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน

ตารางที่ 7 การแปลความหมายของดัชนี NSE

คา NSE	ความหมาย
1	แบบจำลองมีความสามารถในการคาดการณ์น้ำท่าได้โดยไมผิดพลาด
> 0 ถึง < 1	แบบจำลองมีความสามารถในการคาดการณ์น้ำท่าด้วยความแมนยำที่มากกวาการใชคาเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่าเป็นตัวคาดการณ์ ≥ 0.75 แบบจำลองมีความสามารถในการคาดการณ์น้ำท่าที่ดี 0.35-0.74 แบบจำลองมีความสามารถในการคาดการณ์น้ำท่าปานกลาง ≤0.36 แบบจำลองมีความสามารถในการคาดการณ์น้ำท่าน้อย
0	แบบจำลองมีความสามารถในการคาดการณ์น้ำท่าด้วยความแมนยำไมตางจากการใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่าเป็นตัวคาดการณ์
< 0	แบบจำลองมีความสามารถในการคาดการณ์น้ำท่าด้วยความแมนยำน้อยกวาการใชคาเฉลี่ยของข้อมูลน้ำท่าเป็นตัวคาดการณ์

4.2.3 การทดสอบแบบจำลอง (Validation)

หลังจากการสอบเทียบและปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองให้เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาแล้ว ต่อไปจึงเป็นขั้นตอนของการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองในการทำนายน้ำท่าในช่วงเวลาที่อยู่นอกเหนือจากการสอบเทียบแบบจำลอง ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองในการทำนายปริมาณน้ำท่าที่สถานีวัด N.1 ระหว่างปี 2554-2557 และใช้ดัชนี Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

อนึ่ง ในการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ผู้วิจัยได้ใช้ยึดเอาเวลาการคำนวณตามปฏิทินปีน้ำของประเทศไทย กล่าวคือ เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน ในปีที่พิจารณาจนถึงวันที่ 31 มีนาคมของปีถัดไป

4.3 การทำภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิอากาศ (model scenario)

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะน้ำท่ากับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผู้วิจัยจึงสร้างภาพจำลอง (scenario) ของลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตของพื้นที่ศึกษาจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพืชไร่ และสร้างภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของฝนในพื้นที่ จากนั้นผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางน้ำท่าที่เป็นผลลัพธ์ของภาพจำลองแบบต่างๆ

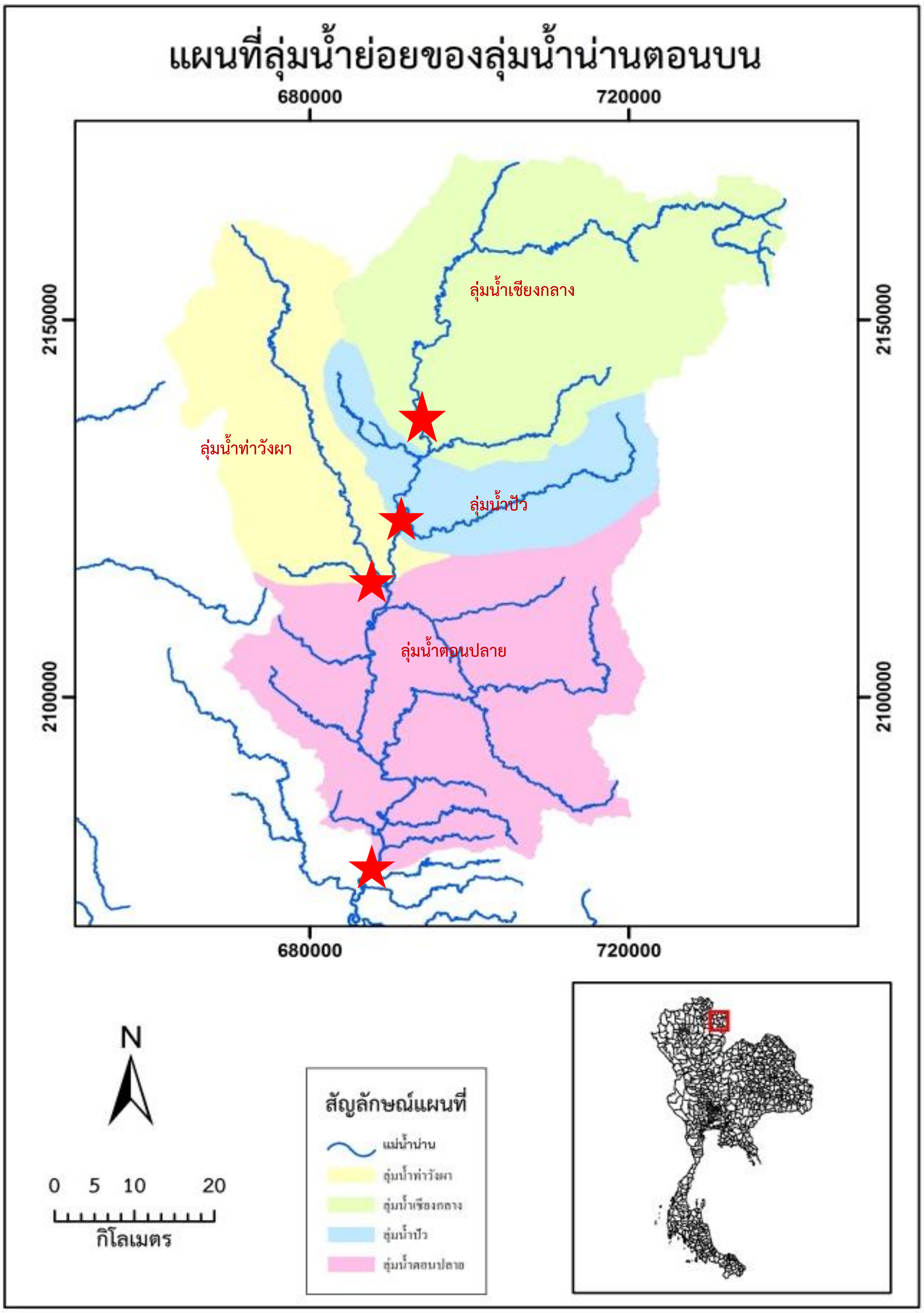
ตลอดจนหาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงลักษณะน้ำท่ากับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

4.3.1 การสร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (landuse scenario)

ผู้วิจัยสร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่พืชไร่ของแต่ละอำเภอในพื้นที่ศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548-2555 โดยใช้ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร จังหวัดน่าน (ดูหัวข้อ 4.1.3) สำหรับอำเภอที่มีพื้นที่บางส่วนอยู่นอกพื้นที่ศึกษาได้แก่ อำเภอท่าวังผา อำเภอเมือง อำเภอสันติสุข และกิ่งอำเภอภูเพียง ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการประมาณพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่จากสัดส่วนพื้นที่พืชไร่ของทั้งอำเภอเทียบกับพื้นที่อำเภอเฉพาะในส่วนที่อยู่ในพื้นที่ศึกษา เมื่อได้ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่รายปีของแต่ละอำเภอในพื้นที่ศึกษาแล้วผู้วิจัยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) เพื่อหาทิศทางและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่รายปี ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้อยู่ในรูปของสมการถดถอยที่สามารถนำไปใช้ทำนายการเปลี่ยนแปลงพื้นที่พืชไร่อย่างคร่าวๆ ของแต่ละอำเภอในพื้นที่ศึกษาในปีที่สนใจได้

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ในอนาคตโดยนับจากปี พ.ศ.2552 (ภาพที 17) ซึ่งเป็นปีที่มีข้อมูลแผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษาครบถ้วน โดยผู้วิจัยได้สร้างภาพจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินในอีก 5 ปี (พ.ศ.2557), 10 ปี (พ.ศ.2562) และ 15 ปี (พ.ศ.2567) ในส่วนของการเพิ่มพื้นที่พืชไร่นั้น ผู้วิจัยกำหนดให้พื้นที่ป่าผลัดใบถูกแปรสภาพเป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่ตามข้อเท็จจริงจากการลงสำรวจพื้นที่ศึกษา โดยเกณฑ์ในการเลือกบริเวณพื้นที่ป่าผลัดใบที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่ ได้แก่ บริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ปลูกพืชไร่เดิมซึ่งสามารถขยายออกไปได้โดยรอบ เช่น บริเวณที่มีการคมนาคมสะดวก ระบบชลประทานเข้าถึง และอยู่ใกล้แหล่งชุมชน เป็นต้น นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้สร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงใช้ประโยชน์ที่ดินอีก 5 กรณีศึกษาย่อยในแต่ละปี ซึ่งภาพจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าวนี้มีที่มีความแตกต่างกันในด้านตำแหน่งและรูปแบบการกระจายตัว (spatial pattern) ของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ในพื้นที่แต่ละอำเภอ เนื่องจากพื้นที่ป่าผลัดใบที่มีศักยภาพในการเปลี่ยนเป็นพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่นั้นมีจำนวนมาก ทำให้การกระจายตัวของพื้นที่ปลูกพืชไร่สามารถเป็นไปได้ในหลายรูปแบบ และรูปแบบการกระจายตัวของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่อาจมีผลต่อลักษณะน้ำท่าของลุ่มน้ำ เมื่อกำหนดภาพจำลองการใช้ที่ดินเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงใช้แบบจำลอง IFAS ทำนายการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปลูกพืชไร่ของแต่ละภาพจำลอง โดยใช้ข้อมูลฝนรายวันปี พ.ศ. 2552 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงลักษณะของน้ำท่าจะพิจารณาในแง่มุมของ

ปริมาณน้ำทั้งหมดรายปี (total discharge volume) ปริมาณน้ำสูงสุด (peak discharge) รูปร่างกราฟน้ำท่า (hydrograph) และสัมประสิทธิ์น้ำท่า (runoff coefficient) โดยจะยึดเอาน้ำท่าใน พ.ศ. 2552 ที่สถานี N.1 เป็นปีเปรียบเทียบ และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงลักษณะของน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่านตอนบนด้วย (ภาพที่ 17)



ภาพที่ 17 ลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษา

4.3.2 การสร้างภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate scenario)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นสภาวะที่มีความหมายกว้างซึ่งรวมถึงการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางอุตุนิยมวิทยาต่างๆ ในระยะยาวอาทิเช่น ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ ลักษณะรูปแบบและการกระจายฝน ความรุนแรงของพายุ และทิศทางของลมประจำ ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกพิจารณาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงฝนทั้งในด้านของการเพิ่มขึ้นของความเข้มฝนและการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝน

ในการสร้างภาพจำลองของฝนผู้วิจัยได้วิเคราะห์สถิติของข้อมูลฝนในลุ่มน้ำ โดยนำปริมาณฝนรายปีจำนวน 40 ปีย้อนหลังมาศึกษาเพื่อหาค่าคาบการเกิดซ้ำ (Return Period) ของปริมาณฝน ซึ่งทำได้โดยนำปริมาณฝนรายปีจัดเรียงลำดับมากไปหาน้อย และคำนวณหาความน่าจะเป็นของการเกิดซ้ำในแต่ละปีจากสมการ

$$P = \frac{m}{n+1}$$

เมื่อ P = ความน่าจะเป็นของการเกิดซ้ำของฝนปริมาณใดๆ ในพื้นที่ศึกษา

m = ลำดับของข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยปีนั้น

n = จำนวนข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งหมด

หลังจากนั้น คำนวณหาคาบการเกิดซ้ำของปริมาณฝนเฉลี่ยในแต่ละปี จากสมการ

$$T = \frac{1}{P}$$

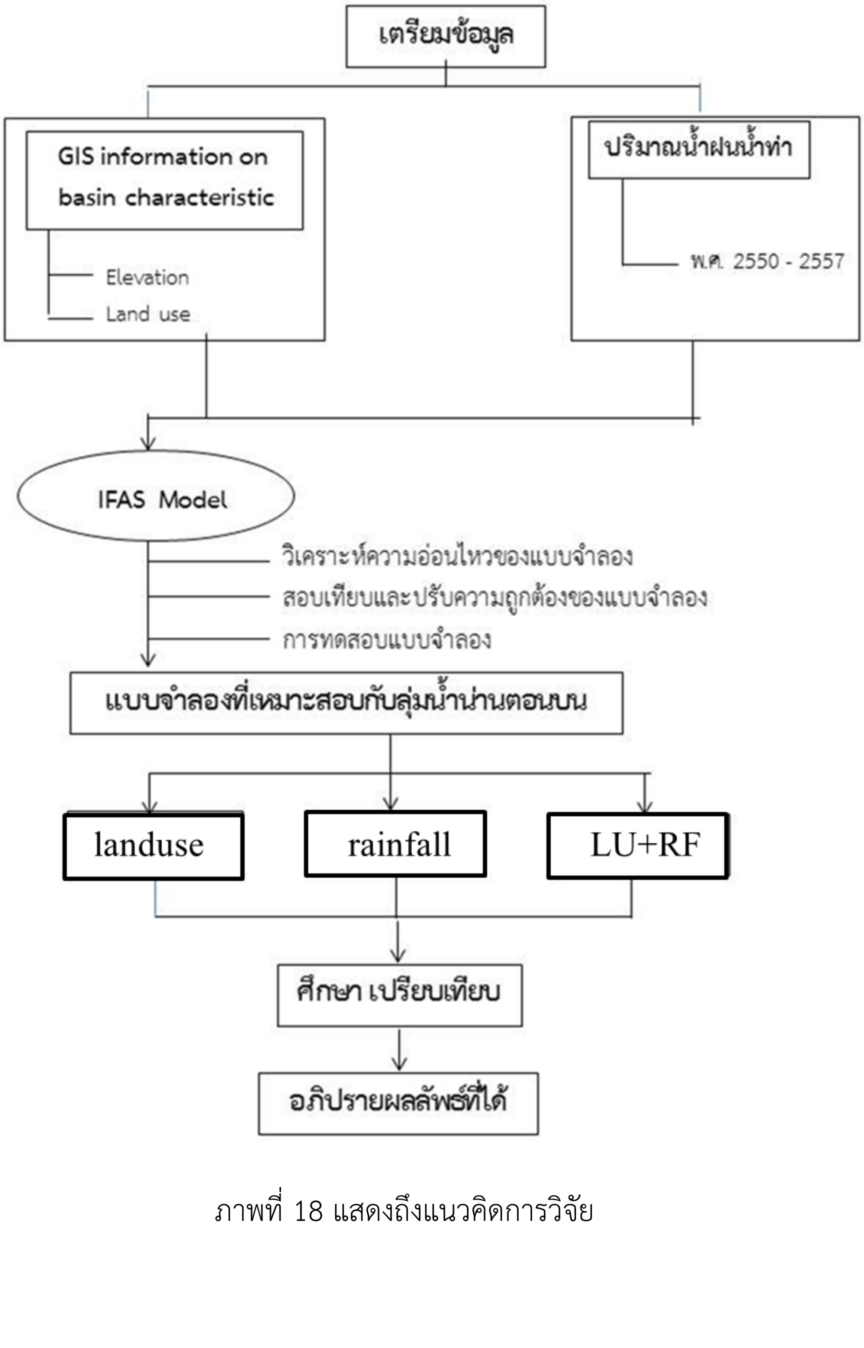
เมื่อ T = คาบปีการเกิดซ้ำของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในพื้นที่ศึกษา

P = ความน่าจะเป็นของความถี่การเกิดซ้ำของฝนในพื้นที่ศึกษา

ผู้วิจัยสร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงลักษณะของฝนของทั้งปีโดยอาศัยสถิติของปริมาณฝนในลุ่มน้ำและอ้างอิงการเปลี่ยนแปลงของฝนจากปี พ.ศ. 2552 เช่นเดียวกับการทำภาพจำลองการใช้ที่ดิน ผู้วิจัยพิจารณาเลือกคาบการเกิดซ้ำของปริมาณฝนที่ใกล้เคียงกับปี พ.ศ.2552 ทั้งหมด 4 แบบ และคำนวณปริมาณฝนตามคาบการเกิดซ้ำ ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2552 จะถูกกระจายไปในแต่ละวัน โดยจะกระจายตามสัดส่วนของปริมาณฝนที่ตก ดังนั้นวันที่มีปริมาณฝนมาก อัตราการเพิ่มของปริมาณฝนในภาพจำลองก็จะสูงกว่าวันที่มีปริมาณฝนน้อย จะเห็นว่าการสร้างภาพจำลองน้ำฝนในลักษณะนี้จะเป็นการเพิ่มปริมาณฝนและความเข้มของฝน (รายวัน) ในเวลาเดียวกัน

เมื่อได้ภาพจำลองฝน ทั้ง 4 แบบแล้ว ผู้วิจัยใช้แบบจำลอง IFAS ทำนายการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงของฝน ตลอดจนความสัมพันธ์ของน้ำท่าและน้ำฝนโดยใช้การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 ดังนั้นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงจึงเป็นการเทียบกันระหว่างน้ำท่าที่เปลี่ยนแปลงไปกับลักษณะของน้ำท่าในปี พ.ศ. 2552 เช่นเดียวกับหัวที่ 4.3.1

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยยังได้ศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำท่าใน 3 รูปแบบ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่ากับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเพียงอย่างเดียว ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว และความสัมพันธ์ของน้ำท่ากับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภาพที่ 18 แสดงถึงแนวคิดการวิจัยครั้งนี้



ภาพที่ 18 แสดงถึงแนวคิดการวิจัย

บทที่ 5

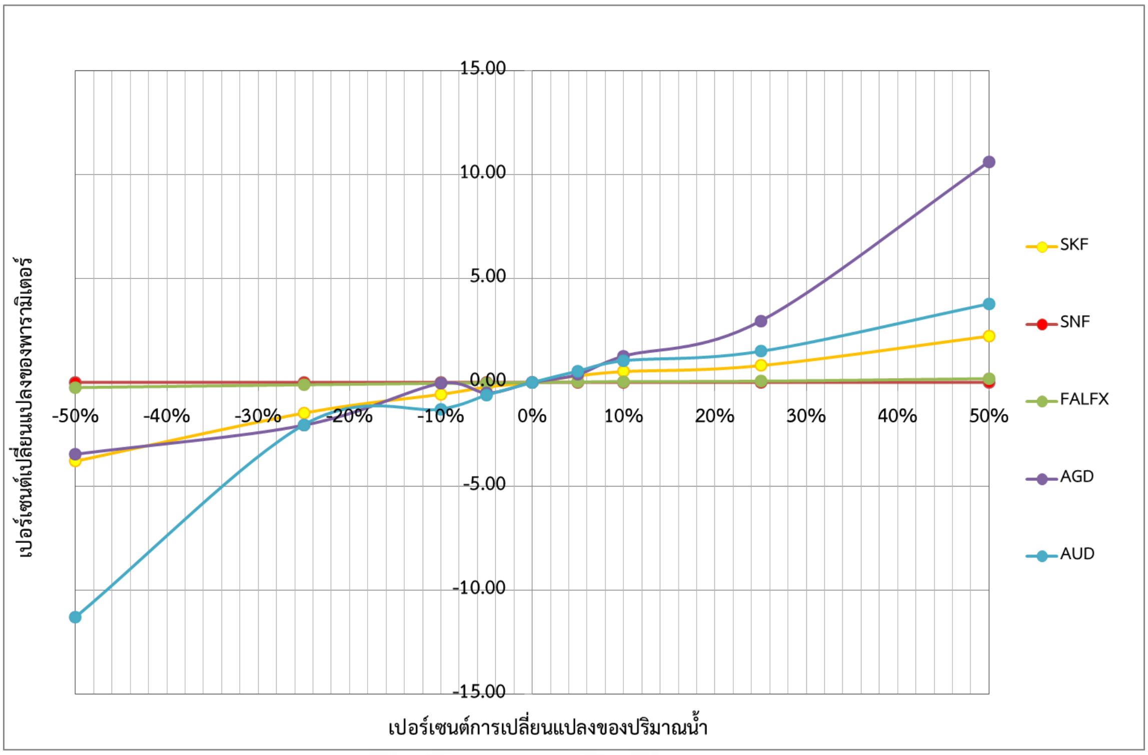
ผลการศึกษา

5.1.การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง (Sensitivity Analysis)

จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองพบว่า พารามิเตอร์ในแบบจำลอง IFAS ที่ส่งผลต่อการทำนายปริมาณน้ำท่ามาก ได้แก่ AGD (สัมประสิทธิ์น้ำใต้ดินที่จะกลายเป็นน้ำท่า), AUD (ปริมาณน้ำใต้ดินที่แรกเริ่ม) และ SKF (ความสามารถในการซึมน้ำของดิน) (ภาพที่ 19) หากมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทั้งสามจะส่งผลให้แบบจำลอง IFAS คำนวณปริมาณน้ำท่าได้แตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อพารามิเตอร์ AGD มีค่าเพิ่มขึ้น 50% จากค่าตั้งต้น แบบจำลองจะคาดการณ์ ปริมาณน้ำท่ามากขึ้น 10.63% ในขณะที่เมื่อพารามิเตอร์ AUD และ SKF มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างละ 50% จากค่าตั้งต้นจะส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าจากการคำนวณของแบบจำลองเพิ่มขึ้น 3.78% และ 2.23% ตามลำดับ ในกรณีที่ผู้วิจัยลดค่าพารามิเตอร์ทั้งสามตัวลงอย่างละ 50% พบว่าแบบจำลองจะมีความอ่อนไหวต่อการลดลงของพารามิเตอร์ AUD มากที่สุดคือปริมาณน้ำท่าลดลง 11.29% ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ SKF และ AGD ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าในระดับที่ใกล้เคียงกันคือลดลง 3.78% และ 3.45% ตามลำดับสำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ FALFX และ SNF พบว่าปริมาณน้ำท่าที่คำนวณจากแบบจำลอง IFAS มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณน้ำท่าก่อนการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าผลลัพธ์ของแบบจำลอง IFAS ไม่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ FALFX และ SNF

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าพารามิเตอร์ AGD และ AUD มีผลต่อความอ่อนไหวของแบบจำลอง IFAS มากซึ่งพารามิเตอร์ทั้งสองตัวนี้เกี่ยวข้องกับการไหลของน้ำใต้ดิน (groundwater) กล่าวคือ พารามิเตอร์ AGD เป็นค่าที่แสดงความสามารถของชั้นหินอุ้มน้ำ (aquifer) ในการปล่อยน้ำใต้ดินสู่ระบบของน้ำผิวดิน ซึ่งจะอยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์ที่ระบุสัดส่วนของน้ำใต้ดินที่สามารถไหลออกจากชั้นหินอุ้มน้ำและกลายเป็นน้ำผิวดินหรือน้ำท่าได้ ส่วนพารามิเตอร์ AUD จะระบุปริมาณน้ำใต้ดินแรกเริ่มก่อนการคำนวณในแบบจำลอง หากมีปริมาณน้ำใต้ดิน ณ เวลาเริ่มต้นมาก ปริมาณน้ำฝนที่จะสามารถถูกกักเก็บในชั้นหินอุ้มน้ำกลายเป็นน้ำใต้ดินจากการไหลซึมลงดินก็จะมีปริมาณน้อยลงเนื่องจากมีปริมาณน้ำใต้ดินกักเก็บในชั้นหินอุ้มน้ำอยู่ก่อนแล้วเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ การเกิดน้ำท่าจากการไหลของน้ำใต้ดินออกจากชั้นหินอุ้มน้ำก็ย่อมมีมากเช่นกันหากมีปริมาณน้ำใต้ดินมากส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าโดยรวมมีค่ามากตามไปด้วย เช่นนี้จึงสามารถกล่าวสรุปได้ว่าปริมาณน้ำท่าแปรผันตรงกับปริมาณน้ำใต้ดินเริ่มแรกและสัมประสิทธิ์แสดงการเปลี่ยนแปลงจากน้ำใต้ดินเป็นน้ำท่า

สำหรับพารามิเตอร์ SKF เกี่ยวข้องกับอัตราการซึมน้ำของดินซึ่งมีผลต่อโดยตรงปริมาณน้ำท่า หากพื้นที่มีความสามารถในการซึมน้ำลงดินต่ำจะส่งผลให้เกิดน้ำไหลบ่าบนผิวดิน (surface runoff) เป็นจำนวนมากซึ่งจะไหลลงสู่ลำน้ำต่างๆ ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าในลำน้ำน่านเพิ่มขึ้น ซึ่งพารามิเตอร์ SKF นี้มีความสัมพันธ์กับประเภทประโยชน์การใช้ที่ดินโดยตรง (ดูหัวข้อ 4.2.1 ในบทที่ 4)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง IFAS (แกนตั้ง) และปริมาณน้ำท่าที่คำนวณจากค่าพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงไป (แกนนอน)

5.2.การสอบเทียบแบบจำลอง (Calibration)

จากขั้นตอนการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง ผู้วิจัยจึงได้เลือกพารามิเตอร์ 3 ตัว เพื่อใช้ในการสอบเทียบแบบจำลองได้แก่ AGD, AUD และ SKF เนื่องจากเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลกระทบในการทำนายน้ำท่าของแบบจำลองมากที่สุด

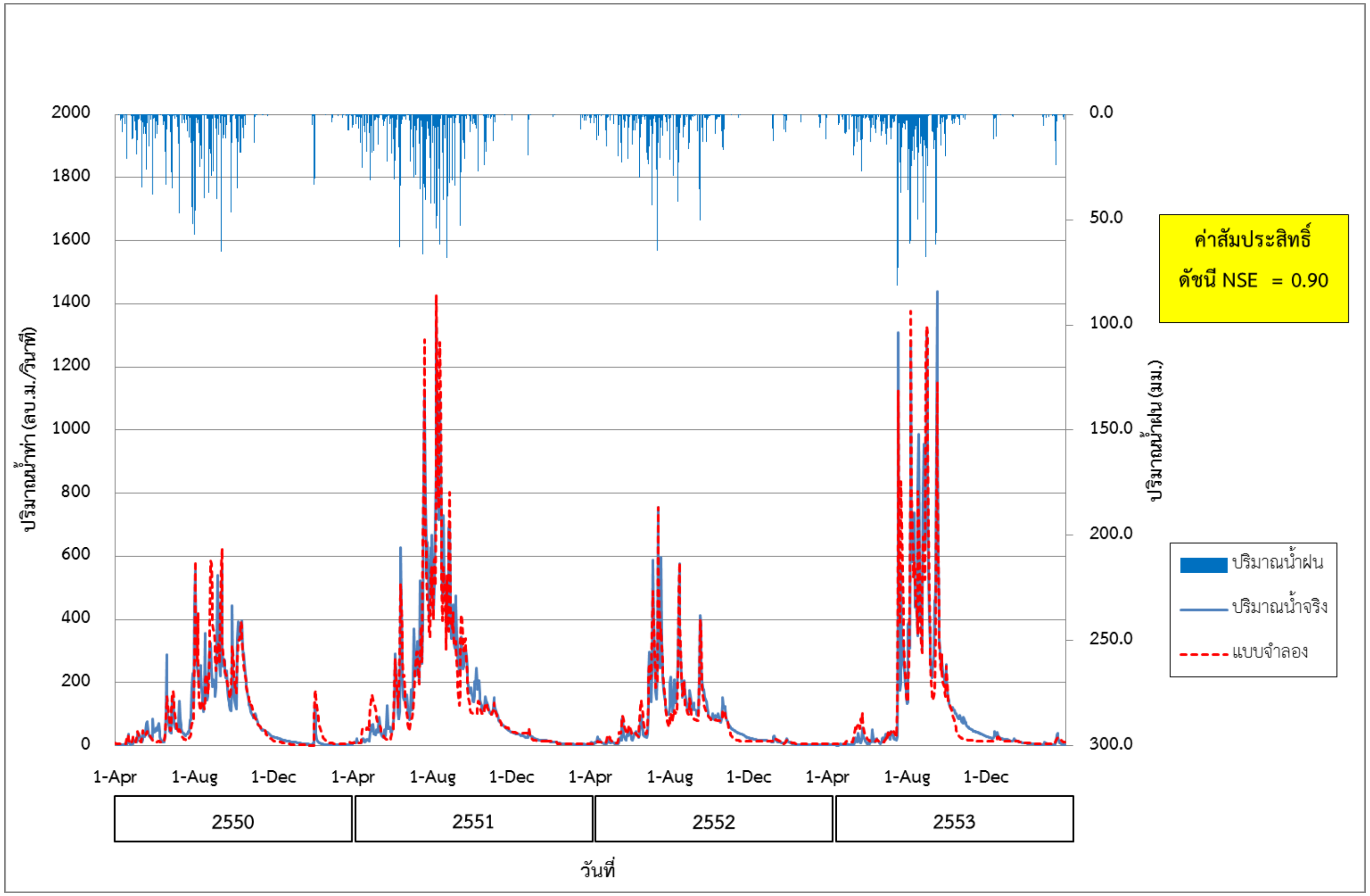
ผู้วิจัยได้ทำการสอบเทียบแบบจำลองจนกระทั่ง ได้ค่าพารามิเตอร์ AGD, AUD และ SKF ที่เหมาะสมกับการใช้ที่ดินแต่ละประเภทของพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน (ตารางที่ 5.1) โดยพิจารณาจากความคล้ายคลึงกันระหว่างกราฟน้ำท่าจากแบบจำลองที่ผ่านการสอบเทียบแล้วและกราฟน้ำท่าจากสถานีตรวจวัด N.1 ผู้วิจัยสามารถปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง IFAS จนแบบจำลองสามารถ

คำนวณกราฟน้ำท่าที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกราฟน้ำท่าจากการตรวจวัดที่สถานี N.1 ได้ซึ่งประเมินจากค่าสัมประสิทธิ์ Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) ได้เท่ากับ 0.90 (ภาพที่ 20) นอกจากนี้ข้อมูลในระหว่างช่วงการสอบเทียบแบบจำลอง (พ.ศ. 2550-2553) พบว่าปริมาณน้ำรวม (total discharge volume) น้อยกว่าข้อมูลที่ตรวจวัดได้จริง 4.31% และปริมาณการไหลเมื่อน้ำขึ้นสูงสุด (peak discharge) มากกว่าข้อมูลที่ตรวจวัดได้จริง 0.29% ตามลำดับ จึงถือว่าผู้วิจัยสามารถทำการสอบเทียบแบบจำลอง IFAS ให้มีความสามารถในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำน่านตอนบนได้

เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์ที่มีการปรับค่าจากการสอบเทียบแบบจำลองพบว่าพารามิเตอร์ SKF มีค่าต่ำกว่าช่วงของค่าพารามิเตอร์ที่แนะนำโดย ICHARM (ตารางที่ 8) โดยเฉพาะในที่ดินประเภทพืชไร่ ซึ่งสามารถตีความได้ว่าความสามารถในการซึมน้ำของพื้นที่ดังกล่าวในลุ่มน้ำน่านตอนบนค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ใช้ในการสร้างและทดสอบแบบจำลอง IFAS ในขณะที่พารามิเตอร์ AGD และ AUD มีค่าจากการสอบเทียบแบบจำลองเท่ากับ 0.003 และ 0.13 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากค่าพารามิเตอร์ที่แนะนำมากนัก

ตารางที่ 8 ค่าพารามิเตอร์ SKF ที่ได้จากการสอบเทียบแบบจำลองตามประเภทของการใช้ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	**SKF**
ป่าไม้ไม่ผลัดใบ	0.0003
ป่าไม้ไม่ผลัดใบ	0.0002
นาข้าว	0.00001
พืชไร่	0.000007
พืชสวน	0.00004
เมือง	0.000001
พื้นที่รกร้าง	0.00001
แหล่งน้ำ	0.00001

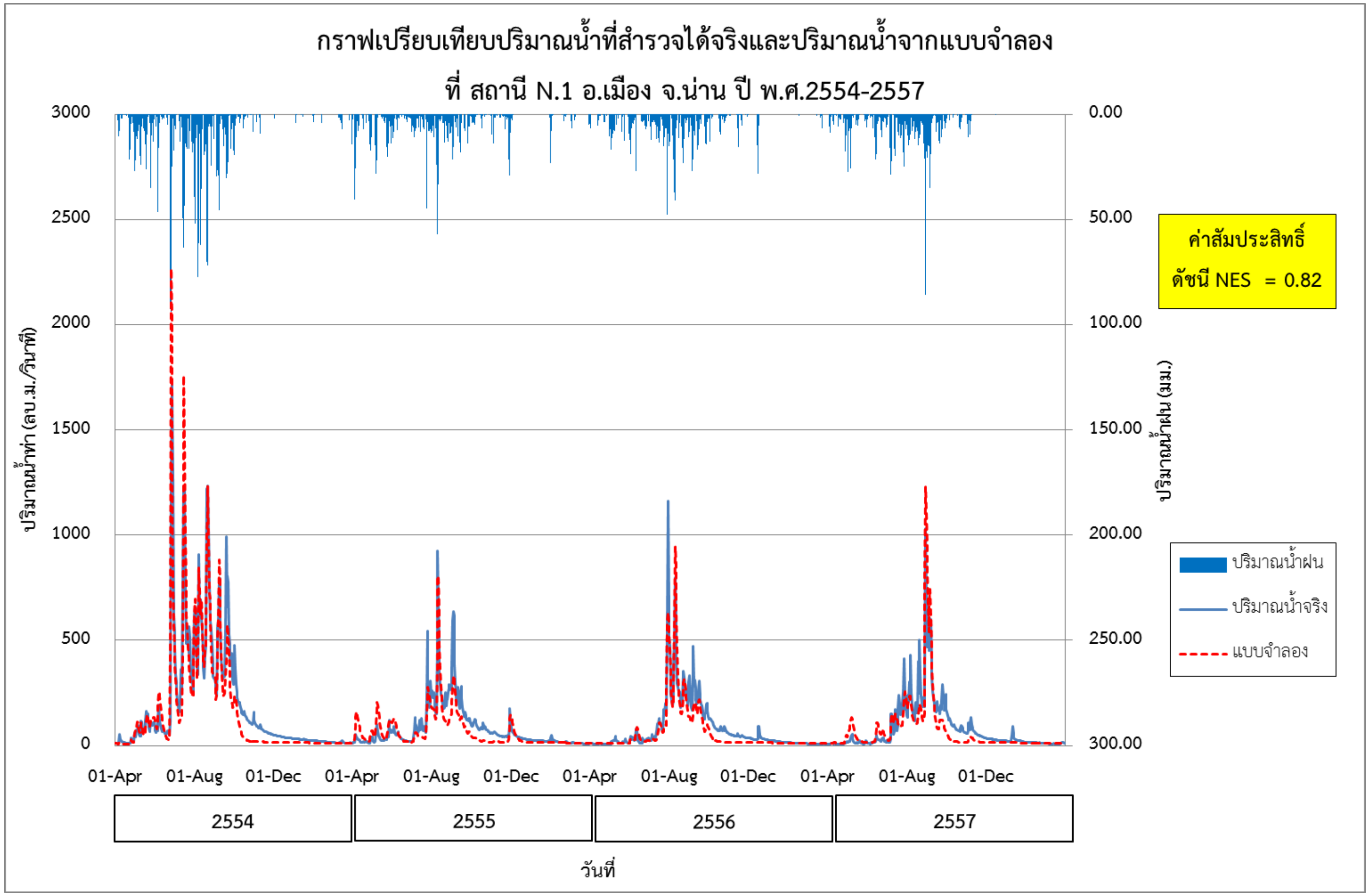


ภาพที่ 20 กราฟน้ำท่าจากการสอบเทียบแบบจำลองเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าจากการตรวจวัดที่สถานี N.1

5.3.การทดสอบแบบจำลอง (Validation)

กราฟน้ำท่าที่ได้จากการคำนวณจากแบบจำลอง IFAS ที่ผ่านการสอบเทียบและปรับแก้ค่าพารามิเตอร์แล้ว เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ของดัชนี Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) เท่ากับ 0.82 (ภาพที่ 21) ในขณะที่ปริมาณน้ำท่าทั้งหมด (total discharge volume) ระหว่างปี พ.ศ. 2554-2557 จากการคำนวณของแบบจำลองมีความแตกต่างจากข้อมูลตรวจวัด 16.32% และปริมาณการไหลของน้ำท่าที่สูงที่สุด (peak discharge) เมื่อเทียบกับข้อมูลที่ตรวจวัดได้จะมีค่าแตกต่างอยู่ระหว่าง 16.29% จึงถือว่าแบบจำลอง IFAS มีความสามารถในการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำน่านตอนบนได้ในช่วงเวลาอื่น นอกเหนือจากข้อมูล พ.ศ. 2550-2553 ที่ใช้สอบเทียบแบบจำลอง

หากพิจารณากราฟน้ำท่าที่คำนวณจากแบบจำลองในรายละเอียดจะพบว่าปริมาณการไหลของน้ำท่า (discharge) จะมีความถูกต้องใกล้เคียงกับข้อมูลที่ตรวจวัดช่วงที่ปริมาณการไหลเพิ่มสูงขึ้นหลังจากที่ฝนตก (rising limb of hydrograph) รวมถึงในช่วงที่ปริมาณการไหลของน้ำท่าสูงสุดของพายุฝนแต่ละลูก (peak discharge) อย่างไรก็ดีอัตราการไหลของน้ำท่าที่ในช่วงที่น้ำลดหลังจากพายุฝนได้ผ่านพ้นไปแล้ว (falling limb of hydrograph) จะมีมีค่าต่ำกว่าข้อมูลที่ตรวจวัดจริง (ภาพที่ 5.3) ความผิดพลาดในการทำนายปริมาณการไหลของน้ำท่าในช่วงดังกล่าวอาจมีสาเหตุมาจากข้อผิดพลาดในแบบจำลอง หรือความคลาดเคลื่อนจากการตรวจวัดข้อมูลในช่วงเวลาที่น้ำท่ามีปริมาณไม่มาก เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจวัดไม่สามารถวัดความเร็วกระแสน้ำได้หากมีระดับน้ำในแม่น้ำต่ำเกินไป จึงไม่สามารถทราบปริมาณการไหลของน้ำในลำน้ำน่านได้ ในช่วงดังกล่าวทางกรมชลประทานมักจะใช้วิธีคำนวณปริมาณการไหลของน้ำท่าจากการอ่านค่าจากโค้งความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหลของน้ำ (rating curve) ซึ่งข้อมูลปริมาณการไหลของน้ำท่าที่ได้จากการอ่านจากโค้งความสัมพันธ์ดังกล่าวอาจคาดเคลื่อนจากข้อมูลจริง อย่างไรก็ตามการคาดการณ์น้ำท่าจะมุ่งเน้นการทำนายปริมาณน้ำท่าและอัตราการไหลในช่วงที่มีน้ำมากเป็นหลัก สำหรับในช่วงที่มีน้ำน้อยไม่มีความจำเป็นมากในการคาดการณ์ปริมาณการไหลเมื่อเทียบกับช่วงที่มีน้ำมาก ดังนั้นข้อผิดพลาดในการทำนายน้ำท่าในช่วงน้ำน้อยจึงไม่ได้มีความสำคัญมากนัก



ภาพที่ 21 กราฟน้ำท่าจากการทดสอบแบบจำลองเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าจากการตรวจวัดที่สถานี N.1

จากการทดสอบแบบจำลอง พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของดัชนี Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) อยู่ในช่วงที่แบบจำลองสามารถคาดการณ์ปริมาณน้ำได้ อย่างถูกต้องในลุ่มน้ำน่านตอนบน ดังนั้นจึงสามารถนำ แบบจำลอง IFAS ประยุกต์ใช้ในศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและภูมิอากาศในอนาคตของลุ่มน้ำน่านได้

5.4.การศึกษาการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่ากับการเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดิน

5.4.1 วิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

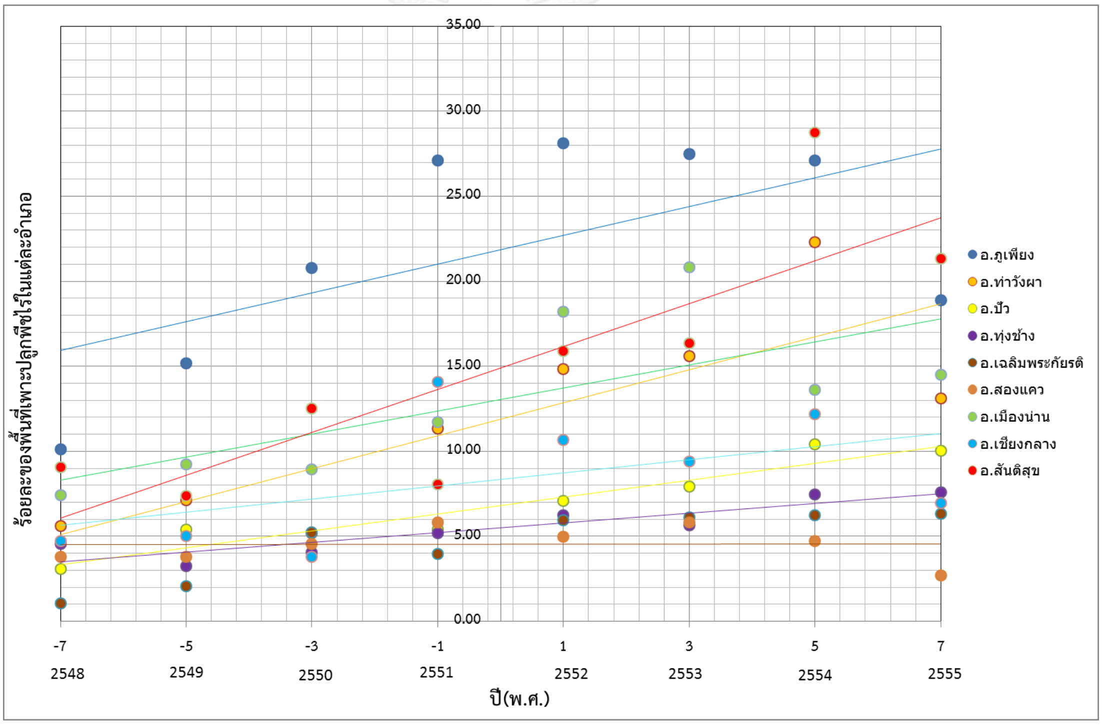
การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำน่านตอนบนนั้น จากข้อมูลปี พ.ศ. 2548 - พ.ศ. 2555 สามารถสรุปได้ว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2548 - พ.ศ. 2552 มีแนวโน้มที่พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในปริมาณที่มาก ส่วนช่วงปี พ.ศ. 2553 - พ.ศ. 2555 แม้ว่าแนวโน้มที่พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่จะเพิ่มขึ้น แต่เพิ่มขึ้นในปริมาณที่เล็กน้อยเมื่อเทียบกับช่วงปี พ.ศ. 2548 - พ.ศ. 2552

อย่างไรก็ดีหากพิจารณาข้อมูลเป็นรายอำเภอ พบว่าแต่ละอำเภอมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพืชไร่ที่ต่างกัน เช่น อำเภอท่าวังผา มีพืชไร่เพิ่มขึ้นอย่างมากในปี พ.ศ. 2550 - พ.ศ. 2552 ส่วนพ.ศ. 2553 - พ.ศ. 2554 มีพืชไร่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในอัตราส่วนที่คงที่ หรือในส่วนของอำเภอเชียงกลาง ในช่วงปี พ.ศ. 2552 - พ.ศ. 2555 มีพืชไร่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในอัตราส่วนที่คงที่ ฯลฯ และทุกอำเภอจะมีปีที่พืชไร่ลดงลง เช่น อำเภอสองแคว ที่มีพื้นที่พืชไร่ลดลงมากในช่วงปี พ.ศ. 2554 - พ.ศ. 2555

จากข้อมูลปริมาณพืชไร่ปี พ.ศ. 2548 - พ.ศ. 2555 ที่มีแนวโน้มข้างต้นนั้น อาจเนื่องมาจากในช่วงปี พ.ศ. 2548 - พ.ศ. 2552 มีการส่งเสริมการทำเกษตรพันธะสัญญาในพื้นที่มาก เกษตรกรปลูกพืชที่บริษัทต้องการในปริมาณมาก แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2553 - พ.ศ. 2555 การเพิ่มขึ้นของพืชไร่มีอัตราชะลอตัว อาจเนื่องมาจากพื้นที่ที่เหมาะสมในการทำเกษตรกรรมเหลือน้อยลง หรือเปลี่ยนแปลงเป็นที่อยู่อาศัย และใบบางอำเภอมีปริมาณพื้นที่พืชไร่ลดลง อาจเนื่องมาจากมีการตื่นตัวเรื่องป่าต้นน้ำมากขึ้น มีโครงการของรัฐบาลและเอกชนเข้าไปทำโครงการในพื้นที่ ให้มีการทำเกษตรกรรมในพื้นที่ที่เหมาะสม หรือบางปีประสบภัยธรรมชาติ ทำให้พื้นที่เพาะปลูกลดลง

ในส่วนของการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การเพาะปลูกพืชไร่ในพื้นที่ศึกษา เมื่อนำสมการถดถอยมาทำนายการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่ พบว่าทุกอำเภอมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่ทั้งในแบบเส้นตรงและแบบเอกซ์โพเนนเชียล อย่างไรก็ดีเนื่องจากมีจำนวนข้อมูลที่ไม่มากเพียงพอ ผู้ศึกษาจึงได้เลือกใช้แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่แบบเส้นตรง โดยภาพรวมของการปลูกพืชไร่ในลุ่มน้ำน่านตอนบนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากเดิมเมื่อปี พ.ศ. 2552 มีพื้นที่การปลูกพืชไร่เพียง 10.24% ของพื้นที่ทั้งหมด แต่ในปี พ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567 มีพื้นที่การปลูกพืชไร่ต่อพื้นที่ทั้งหมด 14.37%, 19.66% และ 24.96% ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาแยกเป็นรายอำเภอจะพบว่า ทุกอำเภอ พื้นที่พืชไร่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นยกเว้นอำเภอสองแควที่มีปริมาณพื้นที่พืชไร่คงที่ อาจเนื่องมาจากพื้นที่อำเภอสองแควในแบบจำลองเป็นเพียงพื้นที่บางส่วนของพื้นที่จริง ซึ่งพื้นที่ที่อยู่ในแบบจำลองมีพื้นที่พืชไร่เต็มพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพาะปลูกพืชไร่ตั้งแต่ปี พ.ศ.2548 ที่เป็นปีที่เริ่มพิจารณาข้อมูลแน้วโน้มพื้นที่พืชไร่ในแต่ละอำภอ ในปีต่อพื้นที่พืชไร่จึงไม่สามารถเพิ่มได้และในปี พ.ศ.2554-2555 พื้นที่พืชไร่ในอำเภอสองแควลดลง สมการแนวโนมที่ได้จึงแสดงว่าพื้นที่พืชไร่ในอำเภอสองแควคงที่ อำเภอที่มีปริมาณการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่สูงสุด คืออำเภอสันติสุข อำเภอท่าวังผา และอำเภอภูเพียง ตามลำดับ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่นี้ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับความสามารถในการซึมน้ำของดิน คือ SKF เมื่อพืชไร่เพิ่มขึ้น ความสามารถในการซึมน้ำของดินน้อยลง จะเกิดเป็นน้ำท่ามากขึ้น (ภาพที่ 22 และตารางที่ 9)



ภาพที่ 22 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ของแต่ละอำเภอระหว่างปี พ.ศ. 2548-2555

และเมื่อนำสมการถดถอยมาทำนายปริมาณพืชไร่พบว่า ในปี พ.ศ. 2557 อำเภอภูเพียง มีเปอร์เซ็นพื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อพื้นที่อำเภอมากที่สุด คือ 31.16% รองลงมาคืออำเภอสันติสุข มีพื้นที่ปลูกพืชไร่ 28.81% แต่ในปีพ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2567 อำเภอสันติสุขมีเปอร์เซ็นพื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อพื้นที่อำเภอมากที่สุด คือ 41.44 %, 54.06% รองลงมาคืออำเภอภูเพียง 39.63 %, 48.10% ตามลำดับ ในขณะที่อำเภอสองแควมีพี้เปอร์เซ็นพื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อพื้นที่อำเภอน้อยที่สุดทั้งในปีพ.ศ. 2557 เท่ากับ 4.54%, พ.ศ. 2562 เท่ากับ 4.55% และ พ.ศ. 2567 เท่ากับ 4.56% รายละเอียดตามตารางที่ 9 และจากการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ปี พ.ศ. 2548 - พ.ศ. 2555 มีทั้งปีที่พืชไร่เพิ่มขึ้น และบางปีพืชไร่ลดลง แต่จากสมการถดถอยที่ได้ ทำนายว่าปริมาณพืชไร่จะเพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งอาจจะเป็นการทำนายที่ไม่สอดคล้องและมีปริมาณพื้นที่พืชไร่มากกว่าความเป็นจริง ผู้วิจัยจึงได้ใช้แบบจำลอง IFAS คาดการณ์น้ำท่า โดยใช้การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ.2557 แล้วนำน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองเทียบกับน้ำท่าจากการตรวจวัดที่สถานี N.1 ซึ่งประเมินค่าสัมประสิทธิ์ Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) ได้เท่ากับ 0.82 (ภาพที่ 21) นอกจากนี้พบว่าปริมาณน้ำรวม(total discharge volume) จากแบบจำลอง น้อยกว่าข้อมูลปริมาณน้ำที่ตรวจวัดได้จริงถึง 40.84% แบบจำลองมีปริมาณการไหลเมื่อน้ำขึ้นสูงสุด (peak discharge) มากกว่าข้อมูลที่ตรวจวัดได้จริง 13.8% และการเกิดปริมาณน้ำขึ้นสูงสุด (time to peak) เกิดไวขึ้นกว่าข้อมูลจริง 2 วัน

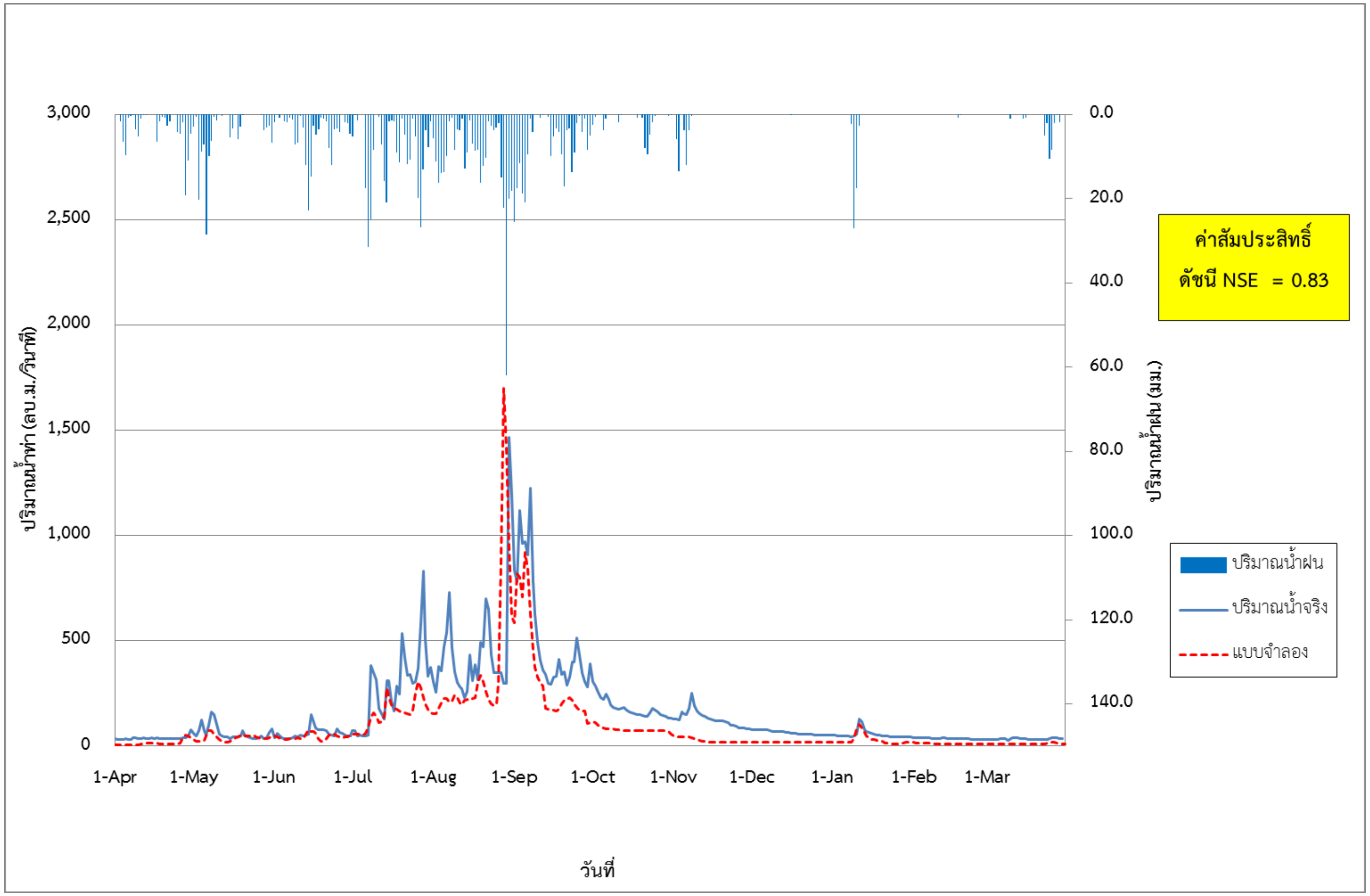
จากข้อมูลดังกล่าว หากดูค่าประเมินค่าสัมประสิทธิ์ Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) แบบจำลองอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถคาดการณ์น้ำท่าได้ดี ปริมาณการไหลเมื่อน้ำขึ้นสูงสุด(peak discharge) มากกว่าน้ำท่าที่ตรวจวัดจริงเล็กน้อย แต่การเกิดปริมาณน้ำขึ้นสูงสุด (time to peak) ไวขึ้นนั้นแสดงให้เห็นว่า น้ำฝนมีการซึมลงดินน้อยกลายเป็นน้ำท่าไวขึ้น อันเนื่องมาจากคุณสมบัติของการซึมน้ำของดินที่แตกต่างตามการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภทต่างกัน ซึ่งในแบบจำลอง IFAS ที่ผู้วิจัยได้ทดสอบแล้วว่าเหมาะสมกับลุ่มน้ำน่านตอนบนนั้น พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่มีความสามารถในการซึมน้ำของดินน้อยมาก เมื่อมีการเพิ่มปริมาณพื้นที่พืชไร่ ดินซึมน้ำน้อยลง เกิดปริมาณน้ำขึ้นสูงสุด (time to peak) เกิดไวขึ้น ดังนั้นการคาดการณ์ปริมาณพืชไร่จึงเป็นการคาดการณ์ที่มากกว่าความเป็นจริง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมีจำนวนข้อมูลที่ไม่มากพอ ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่แบบเส้นตรงเพื่อทำนายความสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่าและพืชไร่

ตารางที่ 9 การคาดการณ์พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ของแต่ละอำเภอในปี พ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567 (ร้อยละ) จากสมการถดถอยของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่รายปี (ภาพที่ 22)

อำเภอ	**สมการถดถอยในการทำนายพื้นที่เพาะปลูก พืชไร่รายปี**	R^2	**พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ (ร้อยละ)**		
			พ.ศ. 2557	**พ.ศ. 2562**	**พ.ศ. 2567**
ท่าวังผา	y = 0.9707x + 11.886	0.66	22.56	32.27	41.98
ปัว	y = 0.4991x + 6.8119	0.92	12.30	17.29	22.28
ทุ่งช้าง	y = 0.2865x + 5.4904	0.81	8.64	11.51	14.37
เฉลิมพระเกียรติ	y = 0.3708x + 4.6096	0.78	8.69	12.40	16.10
สองแคว	y = 0.0009x + 4.5274	2.00E-05	4.54	4.55	4.56
เมือง	y = 0.6781x + 13.063	0.50	20.52	27.30	34.08
เชียงกลาง	y = 0.3859x + 8.3494	0.25	12.59	16.45	20.31
สันติสุข	y = 1.2628x + 14.917	0.71	28.81	41.44	54.06
ภูเพียง	y = 0.8466x + 21.851	0.38	31.16	39.63	48.10
ร้อยละของพื้นที่พืชไร่ต่อพื้นที่ทั้งลุ่มน้ำ(%)			14.37	19.66	24.96

** x = จำนวนปีที่อ้างอิงจากปี พ.ศ. 2552 (x=1 หมายถึงปี พ.ศ. 2552, x=3 หมายถึงปี พ.ศ. 2553 เป็นต้น); y= พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ในปี x (ร้อยละ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 23 กราฟน้ำท่าจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2557 กับกราฟน้ำท่าจากการตรวจวัดที่สถานี N.1

จากตารางที่ตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่า อำเภอสันติสุข มีอัตราการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกพืชไร่มากที่สุด ถึง 2.52% ต่อปี รองลงมาคืออำเภอท่าวังผา มีอัตราการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกพืชไร่ 1.9% ต่อปี และอำเภอสองแควมีพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่คงที่ และเมื่อพิจารณา R^2 ในสมการถดถอย พบว่า ที่อำเภอปัว มีความสัมพันธ์กันของข้อมูล ระหว่างปี พ.ศ. และปริมาณพื้นที่พืชไร่ มากที่สุด คือ 0.92 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพืชไร่ในอนาคตเป็นเส้นตรง สมการถดถอยจะทำนายพื้นที่พืชไร่ได้แม่นยำที่สุด ส่วนอำเภอสองแคว มีค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลน้อย เท่ากับ 0.00002 เพราะพ.ศ. 2554 - พ.ศ. 2554 อำเภอสองแควมีปริมาณพื้นที่พืชไร่ลดลงมาก ดังนั้นการทำนายพื้นที่พืชไร่โดยสมการถดถอยแบบเส้นตรงจึงไม่ถูกต้องมากนัก

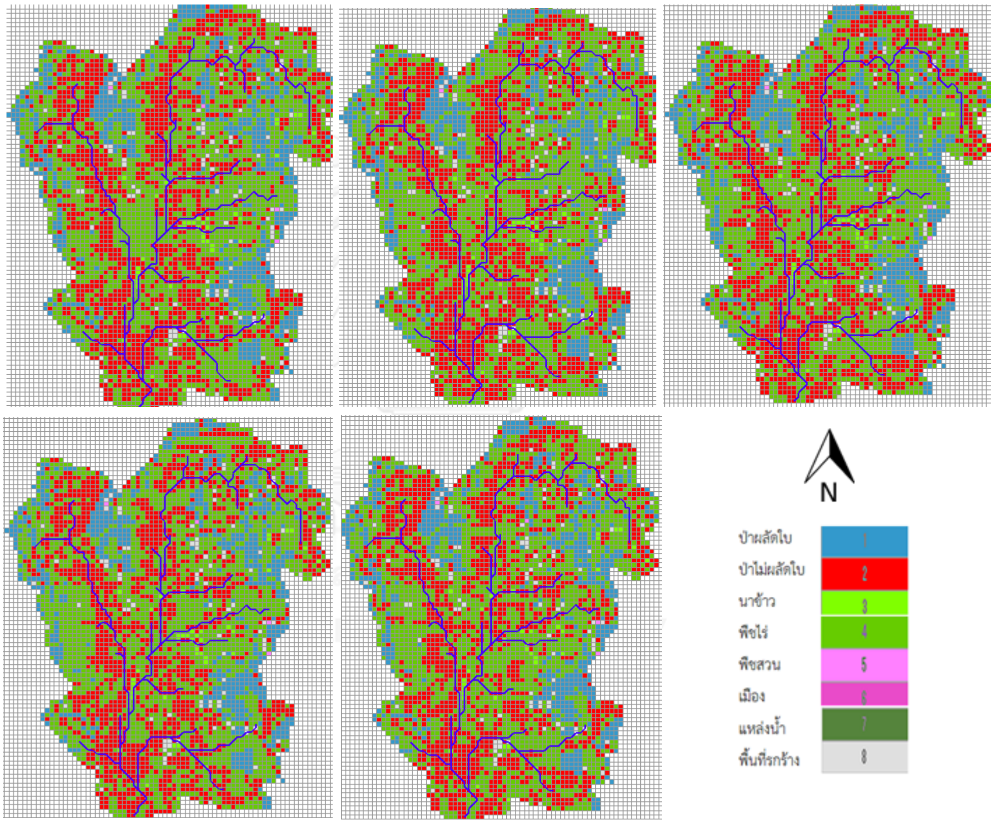
ตารางที่ 10 พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ในแต่ละอำเภอในแต่ละปี (ไร่) จากการคาดการณ์โดยใช้สมการถดถอย

ลำดับ	อำเภอ/ปี	พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่รายปี (ไร่)			
		พ.ศ.2552	พ.ศ.2557	พ.ศ.2562	พ.ศ.2567
1	ท่าวังผา*	61,875	94,201	134,727	175,253
2	ปัว	40,625	70,458	99,040	127,622
3	ทุ่งช้าง	25,625	35,554	47,340	59,127
4	เฉลิมพระเกียรติ*	21,875	32,071	45,758	59,446
5	สองแคว	17,500	15,909	15,941	15,972
6	เมือง*	33,931	38,203	50,826	63,450
7	เชียงกลาง	21,250	25,142	32,846	40,550
8	สันติสุข*	29,375	53,280	76,636	99,992
9	ภูเพียง*	37,007	40,980	52,113	63,246

*พื้นที่ของอำเภอเฉพาะส่วนที่อยู่ในแบบจำลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นำพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ที่มาคำนวณจำนวนกริดที่จะนำเข้าในแบบจำลอง โดยแบบจำลองกำหนด 1 กริดเท่ากับ 1 ตารางกิโลเมตร และเนื่องจากพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่มีมากกว่าปริมาณพื้นที่พืชไร่ที่เพิ่มขึ้น ผู้วิจัยจึงทำการสร้างภาพจำลอง (scenario) ของการใช้ที่ดินแต่ละปี 5 กรณีศึกษาที่มีตำแหน่งและรูปแบบการกระจายตัวของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่แตกต่างกันของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ในพื้นที่แต่ละอำเภอ ซึ่งจะเลือกจากบริเวณที่มีศักยภาพที่จะสามารถปลูกพืชไร่ได้ เนื่องจากพื้นที่ป่าผลัดใบที่มีศักยภาพในการเปลี่ยนเป็นพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่นั้นมีจำนวนมาก ทำให้การกระจายตัวของพื้นที่ปลูกพืชไร่สามารถเป็นไปได้ในหลายรูปแบบ และรูปแบบการกระจายตัวของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่อาจมีผลต่อลักษณะน้ำท่าของลุ่มน้ำ ดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ภาพจำลองของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นไปได้ 5 ลักษณะในปี พ.ศ. 2567

เมื่อกำหนดภาพจำลองการใช้ที่ดินเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงใช้แบบจำลอง IFAS ทำนายการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปลูกพืชไร่ของแต่ละภาพจำลอง โดยใช้ข้อมูลฝนรายวันปี พ.ศ. 2552 เพื่อศึกษาการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่ากับการเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดิน

5.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินกับลักษณะน้ำท่า

5.4.2.1 ลุ่มน้ำน่านตอนบน

จากการคำนวณของแบบจำลองพบว่า เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบนในแต่ละปีจะส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าที่สถานีตรวจวัด N.1 อำเภอเมือง จังหวัดน่านเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่25) เนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมโดยเฉพาะพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่มีความสามารถในการซึมน้ำต่ำกว่าพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นๆ เช่น พื้นที่ป่าไม้ ดังนั้นเมื่อมีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินจากป่าไม้ผลัดใบเป็นพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ จึงทำให้น้ำฝนไหลซึมลงดินได้ในปริมาณและอัตราที่น้อยลงเกิดเป็นน้ำไหลบ่าบนผิวดิน (surface runoff) ซึ่งทำให้ปริมาณการไหลของน้ำท่าในลำน้ำน่านมากขึ้นด้วย

ลักษณะของกราฟน้ำท่าจากภาพจำลองการเพิ่มขึ้นของพืชไร่ที่มีรูปแบบทางพื้นที่แตกต่างกันทั้ง 5 รูปแบบในปีเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันมากนัก (ภาพที่ 25 กรอบเล็ก) ทั้งในแง่ของรูปร่างกราฟน้ำท่า ปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume) และปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด (peak discharge) อย่างไรก็ดีผู้วิจัยมีความเห็นว่ารูปแบบการกระจายตัวของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่มีผลต่อการลักษณะตอบสนองทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ หากแต่ในการศึกษาครั้งนี้พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ที่เพิ่มขึ้นมีไม่มากนักเมื่อเทียบกับพื้นที่พืชไร่เดิม จึงทำให้รูปกระจายตัวของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ในภาพจำลอง 5 แบบมีลักษณะไม่แตกต่างกันมากนัก ส่งผลให้กราฟน้ำท่าที่ได้จากภาพจำลองทั้ง 5 แบบมีลักษณะใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบการกระจายตัว (spatial pattern) ของการเพาะปลูกพืชไร่ที่เพิ่มขึ้นไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะการตอบสนองทางอุทกวิทยาในลุ่มน้ำน่านตอนบนอย่างเด่นชัด ดังนั้นในการวิเคราะห์และอภิปรายผลการศึกษา ผู้วิจัยจึงเลือกพิจารณาเฉพาะกราฟน้ำท่าที่คำนวณภายใต้เงือนไขการใช้ที่ดินของภาพจำลองเดียวเท่านั้น

ตารางที 11 แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume) ปีพ.ศ. 2557 พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567 เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2552 ปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume) ในปีพ.ศ. 2567 ที่มีพื้นที่พืชไร่มากที่สุด เพิมจากปี พ.ศ. 2552 เท่ากับ 102.85% และค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า ปี พ.ศ. 2567 เท่ากับ 53.02% เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2552 ที่มีค่า 36.36%

ตารางที่ 11 ปริมาณน้ำท่ารวมและสัมประสิทธิ์น้ำท่าของแต่ละปีจากภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่)

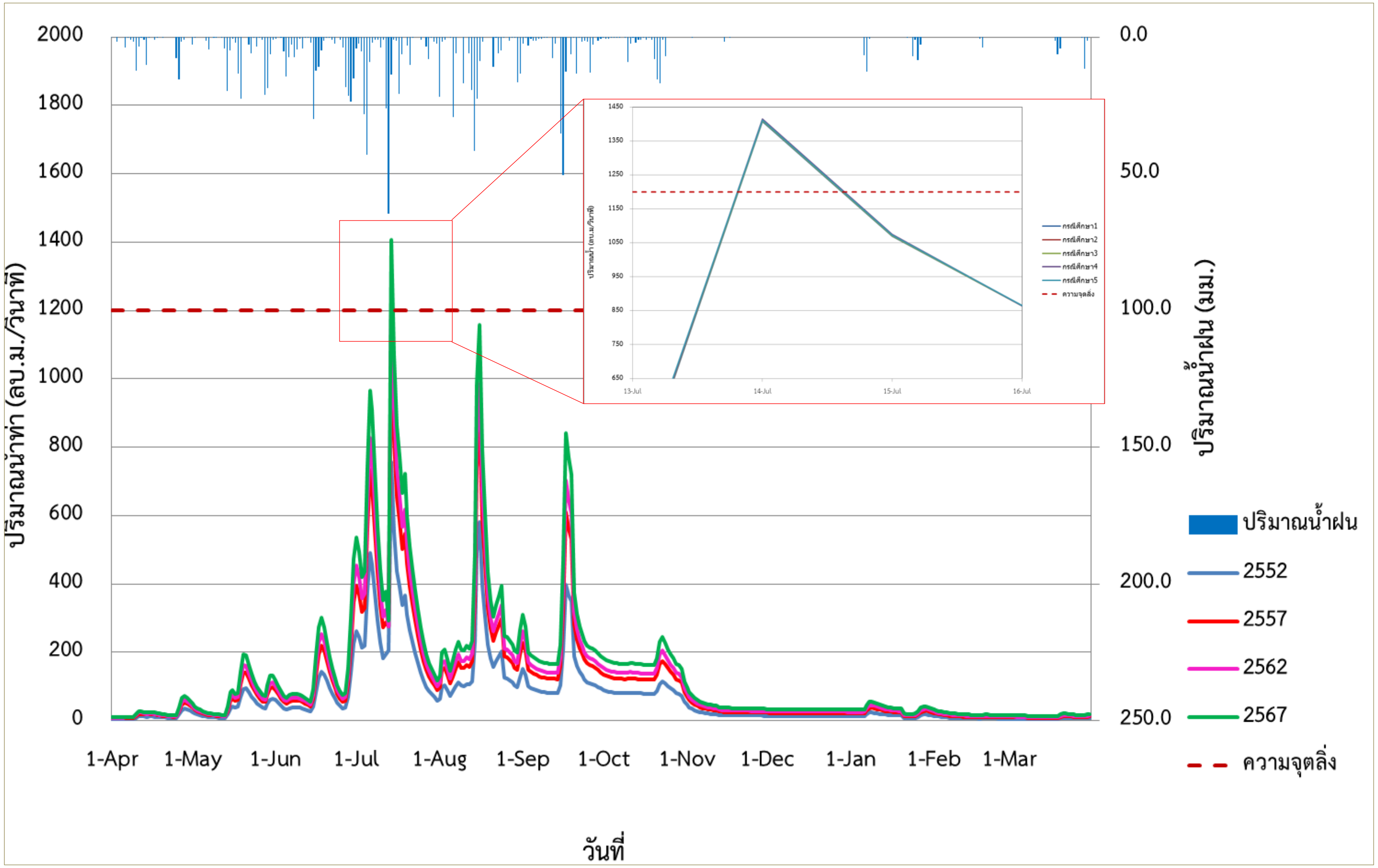
ปี	ปริมาณน้ำท่ารวม	เปลี่ยนแปลงจาก พ.ศ.2552	สัมประสิทธิ์น้ำท่า
	ล้าน ลบ.ม.	%	%
พ.ศ.2552	2,231.84	-	36.36
พ.ศ.2557	3,365.77	50.81	42.12
พ.ศ.2562	3,834.30	71.80	45.33
พ.ศ.2567	4,527.20	102.85	53.02

เมื่อนำเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume) และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่รายปี (ภาพที่ 26) พบว่า ปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume) และพื้นที่พืชไร่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นในแบบเส้นตรง ซึ่งปริมาณน้ำท่าจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของพื้นที่พืชไร่ โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.94

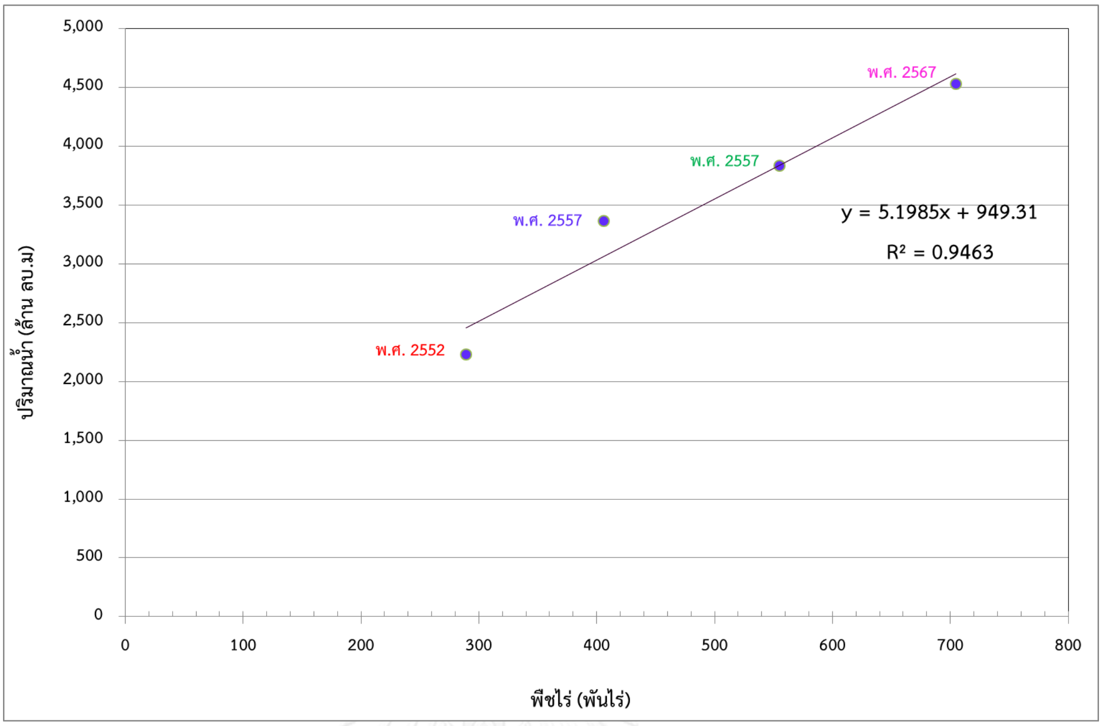
และเช่นเดียวกัน เมื่อนำเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff Coefficient) และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่รายปี มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นในแบบเส้นตรง (ภาพที่ 27) ที่ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.92

สัมประสิทธิ์น้ำท่าจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่ แต่ปริมาณการเพิ่มขึ้นของสัมประสิทธิ์น้ำท่า(Runoff Coefficient) น้อยกว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume)

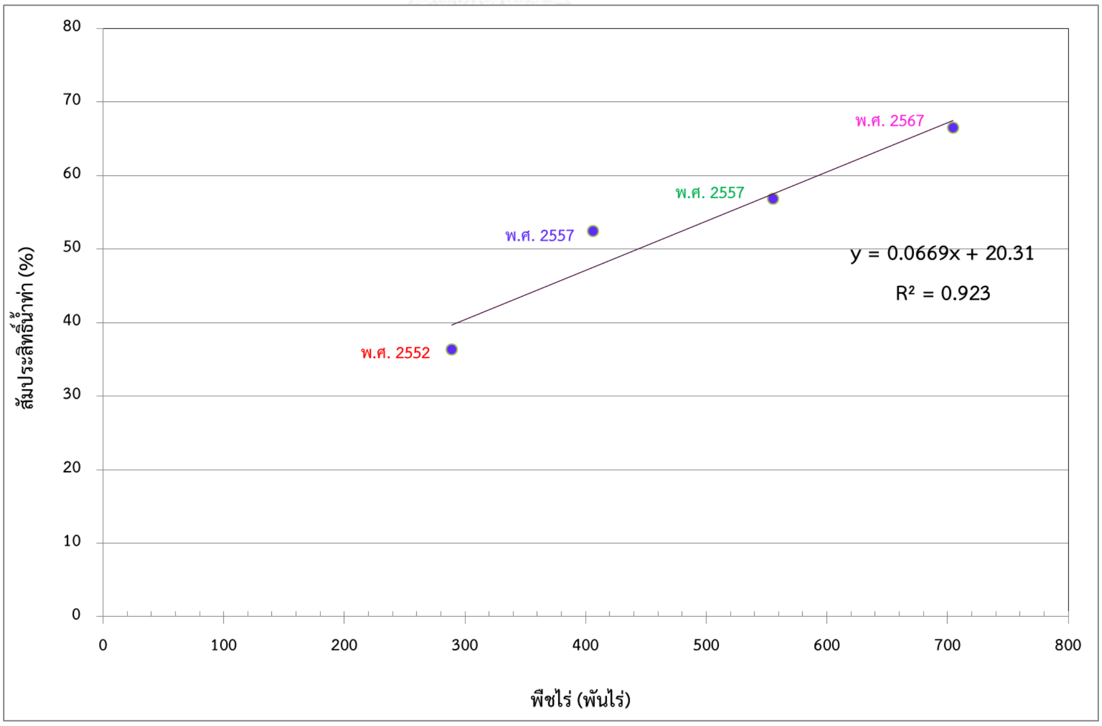
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 25 กราฟน้ำท่าจากจากลักษณะการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567 เปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าปี พ.ศ. 2552 จากการตรวจวัดที่สถานี N.1 และในกรอบเล็กแสดงความแตกต่างของกราฟน้ำท่าของ 5 scenario ย่อยของรูปแบบการกระจายตัวพืชไร่ ของปี พ.ศ.2567

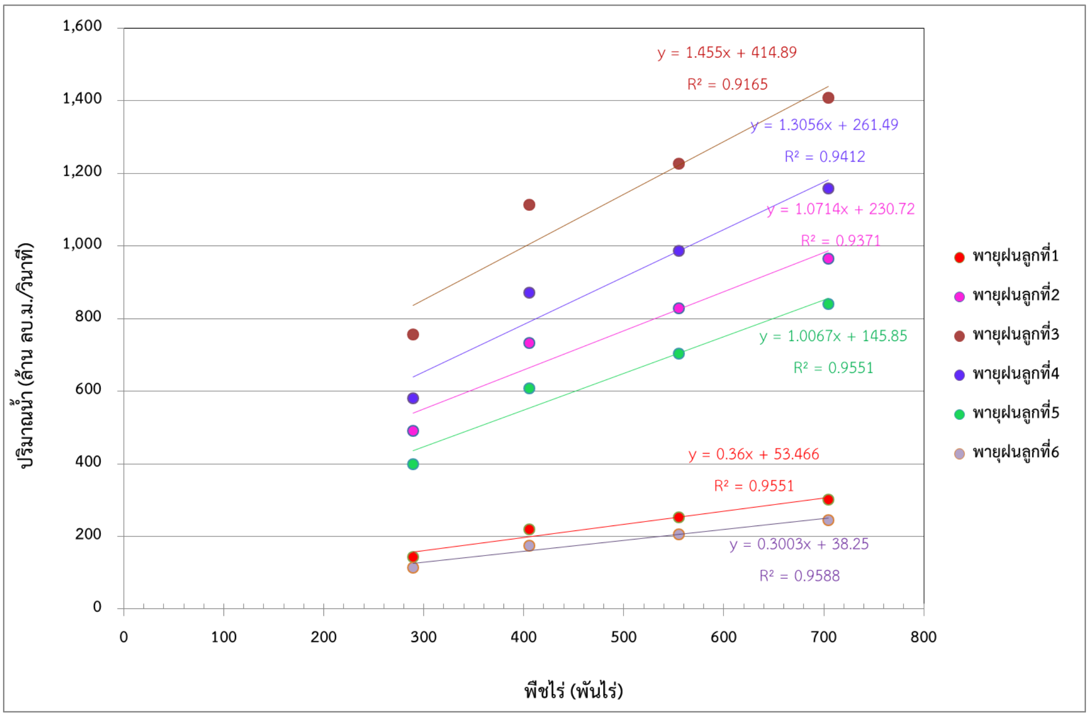


ภาพที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่า(ล้าน ลบ.ม) และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ในลุ่มน่านตอนบน(พันไร่) ในปี พ.ศ. 2567



ภาพที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของสัมประสิทธิ์น้ำท่า (%) และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ในลุ่มน่านตอนบน(พันไร่) ในปี พ.ศ. 2567

เมื่อพิจารณาปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด(peak discharge) ในลำน้ำน่าน ที่สถานี N.1 ที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูก และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่รายปี โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) พบว่า ปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด (peak discharge) มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นในแบบเส้นตรง ในปีพ.ศ.2557, พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2567 ปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด (peak discharge) ที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูกมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่ (ภาพที่ 28และตารางที่ 12) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) อยู่ระหว่าง 0.92 - 0.96 ซึ่งถือว่าปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด (peak discharge) สอดคล้องกับพื้นที่พืชไร่ในเกณฑ์ที่ดี



ภาพที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด (ล้าน ลบ.ม/วินาที) ที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูก และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่(พันไร่) ในลุ่มน้ำน่านตอนบน ในปี พ.ศ. 2552, พ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567

ตารางที่ 12 ปริมาณการไหลสูงสุด สถานี N.1 อำเภอเมือง จังหวัดน่านที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูกในปี พ.ศ. 2552, พ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567

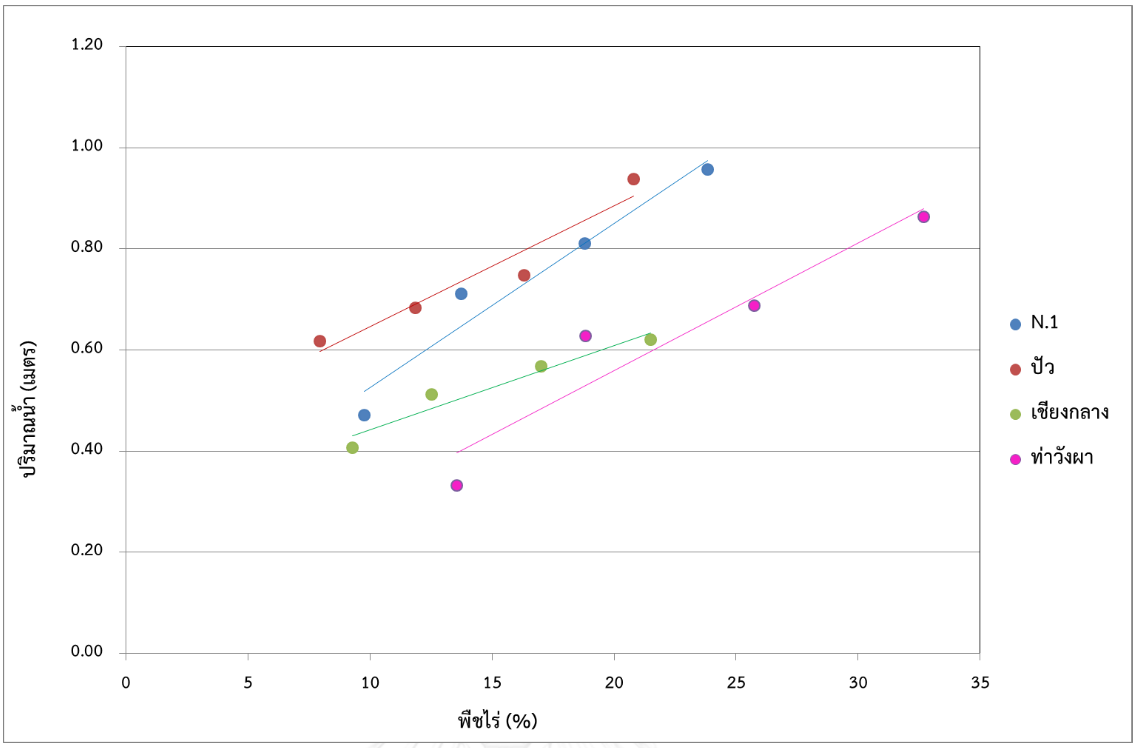
วันที่เกิด ปริมาณน้ำสูงสุด	ปี	ปริมาณน้ำสูงสุด ลบ.ม./วินาที	เปลี่ยนแปลงจาก พ.ศ.2552 (%)
18 มิถุนายน	พ.ศ.2552	143.69	-
	พ.ศ.2557	218.97	52.39
	พ.ศ.2562	253.10	76.14
	พ.ศ.2567	301.90	110.11
14 กรกฎาคม	พ.ศ.2552	756.62	-
	พ.ศ.2557	1,112.66	47.06
	พ.ศ.2562	1,227.40	62.22
	พ.ศ.2567	1,407.04	85.96
16 สิงหาคม	พ.ศ.2552	580.77	-
	พ.ศ.2557	872.07	50.16
	พ.ศ.2562	986.48	69.86
	พ.ศ.2567	1,158.74	99.52
17 กันยายน	พ.ศ.2552	398.28	-
	พ.ศ.2557	608.81	52.86
	พ.ศ.2562	703.22	76.56
	พ.ศ.2567	840.96	111.15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 13 ในปี พ.ศ. 2567 ที่มีพื้นที่พืชไร่สูงสุด พบว่า วันที่ 14 กรกฎาคม เป็นวันที่มีปริมาณน้ำสูงสุด (peak discharge) ในปีรอบปี เท่ากับ 1,407.04 ลบ.ม./วินาที ซึ่งเพิ่มจากปริมาณน้ำสูงสุดในวันเดียวกันในปี พ.ศ. 2552 ถึง 85.96% และในลำน้ำน่านที่สถานี N.1 อำเภอเมือง จังหวัดน่าน มีความจุของปริมาณการไหลของน้ำในลำน้ำ 1200 ลบ.ม./วินาทีดังนั้นหากมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณพืชไร่ตามแบบภาพจำลองและในปี พศ. 2567 มีรูปแบบและปริมาณฝนเหมือนกับปี พ.ศ. 2552 ในวันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2567 จะเกิดน้ำท่วมที่อำเภอเมือง จังหวัดน่าน 1 วัน โดยมีปริมาณน้ำล้นตลิ่ง 17.89 ล้าน ลบ.ม.

5.4.2.1 ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่านตอนบน

เมื่อแยกพิจาณาลุ่มน้ำย่อยในพื้นที่ศึกษา ตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่พืชไร่กับปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume) ในลุ่มน้ำเชียงกลาง ปัว ท่าวังผา มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นในแบบเส้นตรงในทุกลุ่มน้ำ (ภาพที่ 29) ยกเว้นที่ลุ่มน้ำปัว มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นแบบเอกซ์โพเนนเชียล อย่างไรก็ดีเพื่อให้สอดคล้องกับลุ่มน้ำย่อยอื่นๆ ในการสร้างสมการถดถอยระหว่างปริมาณน้ำท่าและร้อยละของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ของแต่ละลุ่มน้ำย่อย ผู้ศึกษาจึงได้เลือกใช้แนวโน้มการเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ผู้วิจัยใช้ค่าปริมาณน้ำท่ารวมของลุ่มน้ำย่อยในหน่วย เมตร ซึ่งได้จากการหารปริมาณน้ำท่ารวม (ลบ.ม.) ของลุ่มน้ำย่อยด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นๆ (ตารางกิโลเมตร) เนื่องจากขนาดพื้นที่ของลุ่มน้ำมีผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำย่อย ดังนั้นจึงต้องหักอิทธิพลจากขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำออก มิฉะนั้นจะไม่สามารถเปรียบเทียบอิทธิพลของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ที่มีต่อปริมาณน้ำท่ารวมระหว่างลุ่มน้ำย่อยได้ ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า ในปีพ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567 ของแต่ละลุ่มน้ำย่อยเพิ่มขึ้น ตามพื้นที่พืชไร่ที่เพิ่มขึ้น และในแต่ละปีของภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ลุ่มน้ำปัว มีค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่ามากกว่า เชียงกลางและท่าวังผา



ภาพที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำท่า (เมตร) และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ของแต่ละลุ่มน้ำย่อย(%) ในปี พ.ศ. 2552, พ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567

จากสมการถดถอยแบบเส้นตรงที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่พืชไร่กับปริมาณน้ำท่ารวมในลุ่มน้ำเชียงกลาง ปัว ท่าวังผา (ตารางที่ 14) นั้น พบว่า หากเพิ่มเปอร์เซ็นพื้นที่พืชไร่เท่ากัน ลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่จะมีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่าลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก เพราะถ้าแปลงเปอร์เซ็นพื้นที่พืชไร่เป็นจำนวนพืชไร่ทั้งหมด ลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่จะมีพื้นที่พืชไร่มากกว่าลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก

ผลจากการวิเคราะห์ยังพบว่า ลุ่มน้ำย่อยที่มีอัตราการเพิ่มของปริมาณน้ำท่ามากที่สุดคือ ท่าวังผา อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำท่าเป็น 0.025 เมตร เมื่อมีพื้นที่พืชไร่เพิ่มขึ้น 1% เนื่องจาก ท่าวังผามีพื้นที่พืชไร่มากกว่า เชียงกลางและปัว ซึ่งในปี พ.ศ.2567 ที่มีพื้นที่พืชไร่มากที่สุด ท่าวังผา มีพื้นที่พืชไร่ 32.69% ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อย ในขณะที่เชียงกลางและปัว พื้นที่พืชไร่ 21.48% ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยและ 20.81% ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยตามลำดับ

ตารางที่ 13 ปริมาณน้ำท่ารวมและสัมประสิทธิ์น้ำท่าของแต่ละปีจากภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่) ของแต่ละลุ่มน้ำย่อย

ปี	ลุ่มน้ำย่อย	ปริมาณน้ำท่ารวม ล้าน ลบ.ม.	เปลี่ยนแปลงจาก พ.ศ.2552 (%)	สัมประสิทธิ์น้ำท่า (%)
พ.ศ.2552	ปัว	1,362.58	-	37.38
พ.ศ.2557		1,507.80	10.66	38.83
พ.ศ.2562		1,650.46	21.13	42.54
พ.ศ.2567		2,067.41	51.73	53.63
พ.ศ.2552	เชียงกลาง	482.37	-	21.11
พ.ศ.2557		607.24	25.89	26.69
พ.ศ.2562		672.39	39.39	29.07
พ.ศ.2567		736.03	52.59	31.16
พ.ศ.2552	ท่าวังผา	531.37	-	16.42
พ.ศ.2557		587.06	10.48	17.26
พ.ศ.2562		643.97	21.19	17.28
พ.ศ.2567		808.28	52.11	26.74

และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ในลุ่มน้ำย่อย พบว่าลุ่มน้ำที่มีขนาดเล็กอย่าง เชียงกลาง จะมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มากกว่าลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้นตามลำดับอย่าง ปัว และท่าวังผา เพราะเมื่อขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำใหญ่ขึ้นย่อมมีปัจจัยอื่นมากกว่าพื้นที่พืชไร่ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำ เช่น ปริมาณฝนเฉลี่ยที่ไม่เท่ากันทั้งพื้นที่ และในกรณีที่ N.1 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มากที่สุด เนื่องมาจากยังมีลุ่มน้ำย่อยอื่นใต้ท่าวังผาลงมาที่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ในลุ่มน้ำ N.1

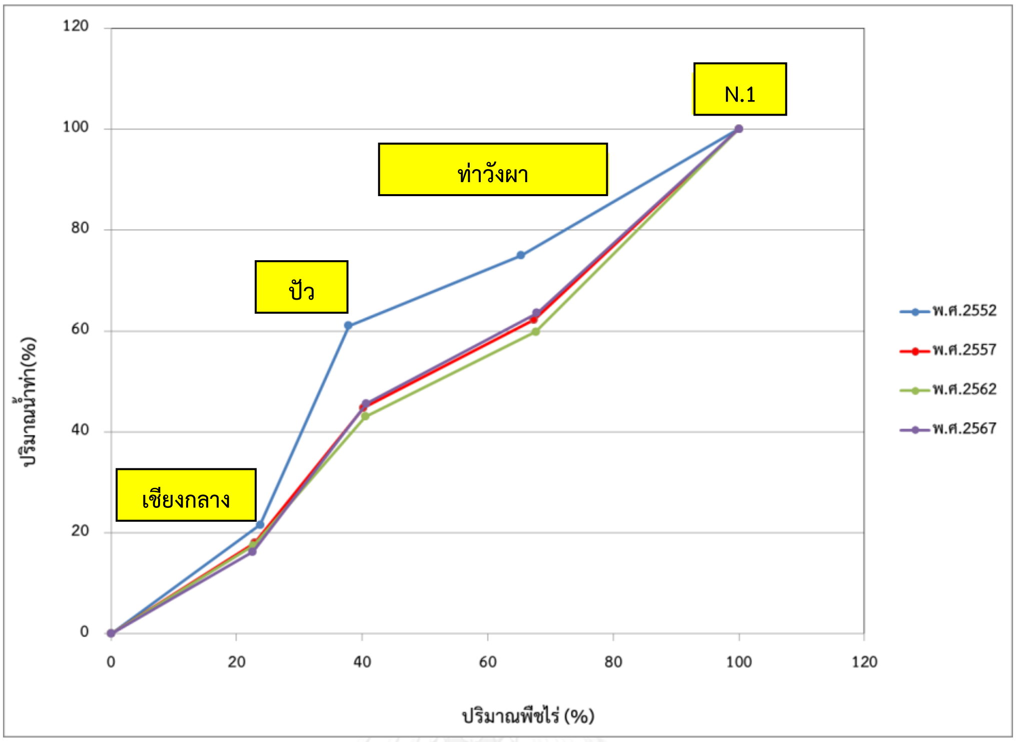
ตารางที่ 14 สมการถดถอยแบบเส้นตรง ระหว่างความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่า(เมตร) และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ของแต่ละลุ่มน้ำย่อย(%) (ภาพที่ 29)

ลุ่มน้ำ	y	R^2
เชียงกลาง	0.0167x + 0.2756	0.94
ปัว	0.0239x + 0.4072	0.93
ท่าวังผา	0.0253x + 0.0539	0.90
N.1	0.0325x + 0.2007	0.95

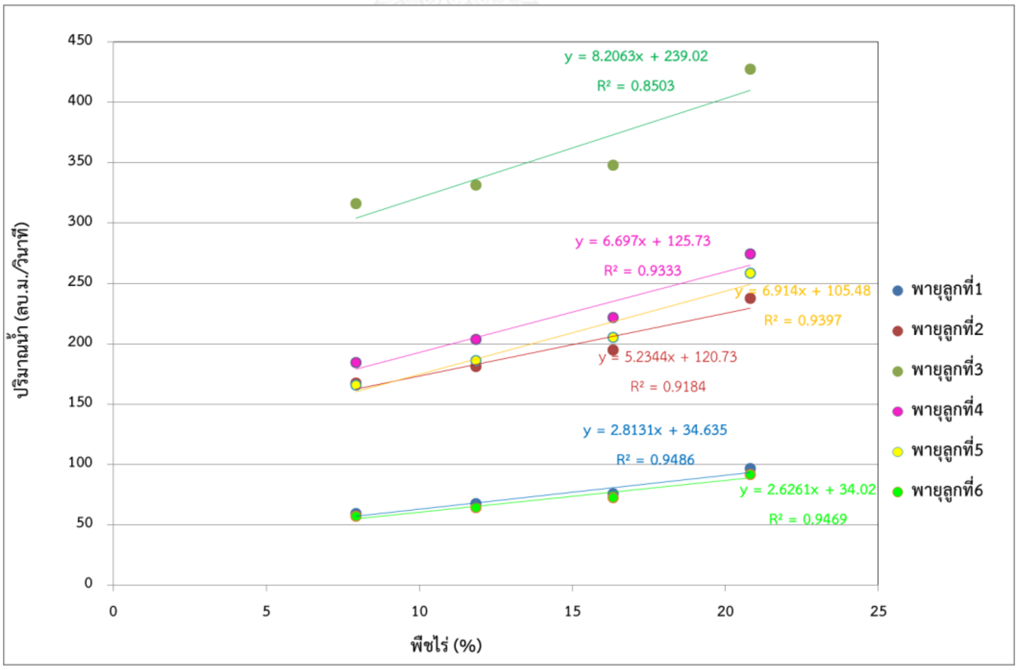
หมายเหตุ ** x = พืชไร่ทั้งหมดในลุ่มน้ำย่อย(%) ; y= ปริมาณน้ำ (เมตร)

หากพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนปริมาณน้ำจากลุ่มน้ำย่อยต่อปริมาณน้ำรวมของลุ่มน้ำน่านตอนบนทั้งหมด พบว่า ในปี พ.ศ. 2552 ลุ่มน้ำปัวมีสัดส่วนการให้น้ำท่าในลุ่มน้ำน่านตอนบนมากที่สุดดังจะเห็นได้จากปริมาณน้ำท่าสะสมระหว่างลุ่มน้ำเชียงกลางและลุ่มน้ำปัวมีการเพิ่มขึ้นในอัตราที่มากกว่าลุ่มน้ำย่อยอื่นๆ ในตอนปลายของลำน้ำน่านอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 30) แต่เมื่อมีพื้นที่พืชไร่เพิ่มในปี พ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2567 สัดส่วนปริมาณน้ำท่าจากลุ่มน้ำปัวลดลงในขณะที่สัดส่วนปริมาณน้ำท่าจากตอนปลายของลำน้ำน่านก่อนถึงสถานีตรวจวัดน้ำท่า N.1 (อำเภอสันติสุขและภูเพียง) เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่ในบริเวณดังกล่าวดังจะเห็นได้จากในปี พ.ศ. 2567 ที่อำเภอสันติสุข และอำเภอภูเพียง มีร้อยละพื้นที่พืชไร่ต่อพื้นที่อำเภอมากเป็นอันดับหนึ่งและสองตามลำดับ และในปีนี้สัดส่วนปริมาณน้ำท่าจากลุ่มน้ำย่อยอื่นๆ ค่อนข้างใกล้เคียงกันยกเว้นพื้นที่ใต้ลุ่มน้ำท่าวังผาที่มีสัดส่วนการให้น้ำท่ามากที่สุดกล่าวคือเป็นสองเท่าของลุ่มน้ำย่อยอื่นๆ

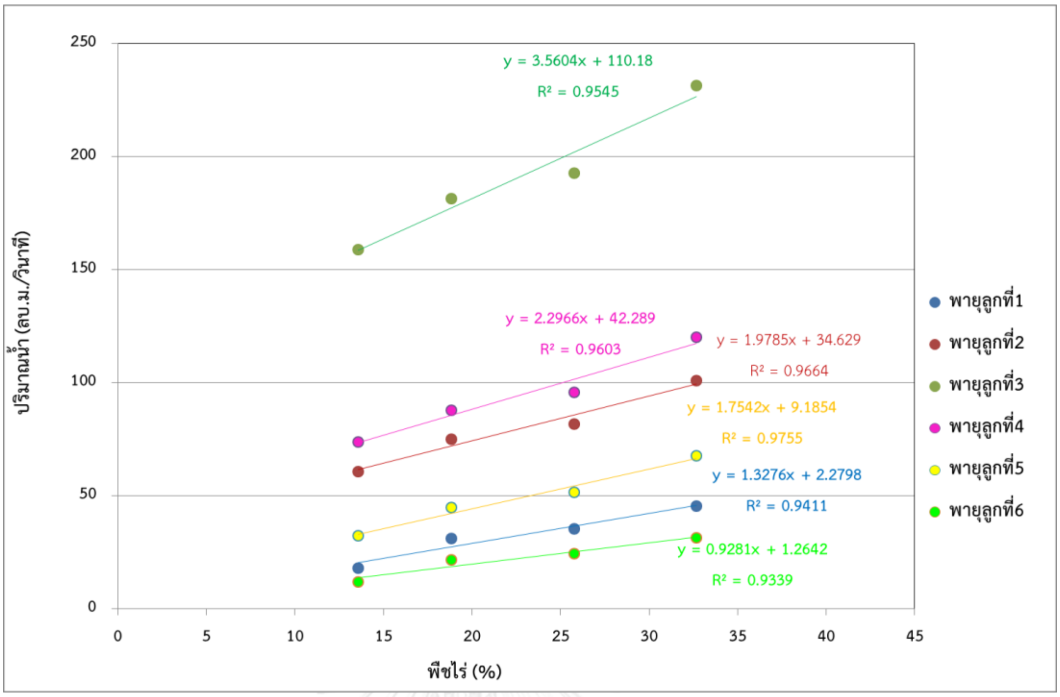
เมื่อพิจารณาปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด (peak discharge) ของลุ่มน้ำย่อย ที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูก และเปอร์เซ็นพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่รายปี โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) พบว่า ในปี พ.ศ.2557 พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2567 ปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด (peak discharge) มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นในแบบเส้นตรง ปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด (peak discharge) ที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูกมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่ (ภาพที่ 31, 32 และ33) ท่าวังผา มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ดีที่สุด อยู่ระหว่าง 0.93-0.97 เชียงกลางและปัวมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) อยู่ระหว่าง 0.86-0.96 และ 0.85-0.95 ตามลำดับ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของลุ่มน้ำย่อย น้อยกว่าลุ่มน้ำน่านตอนบน



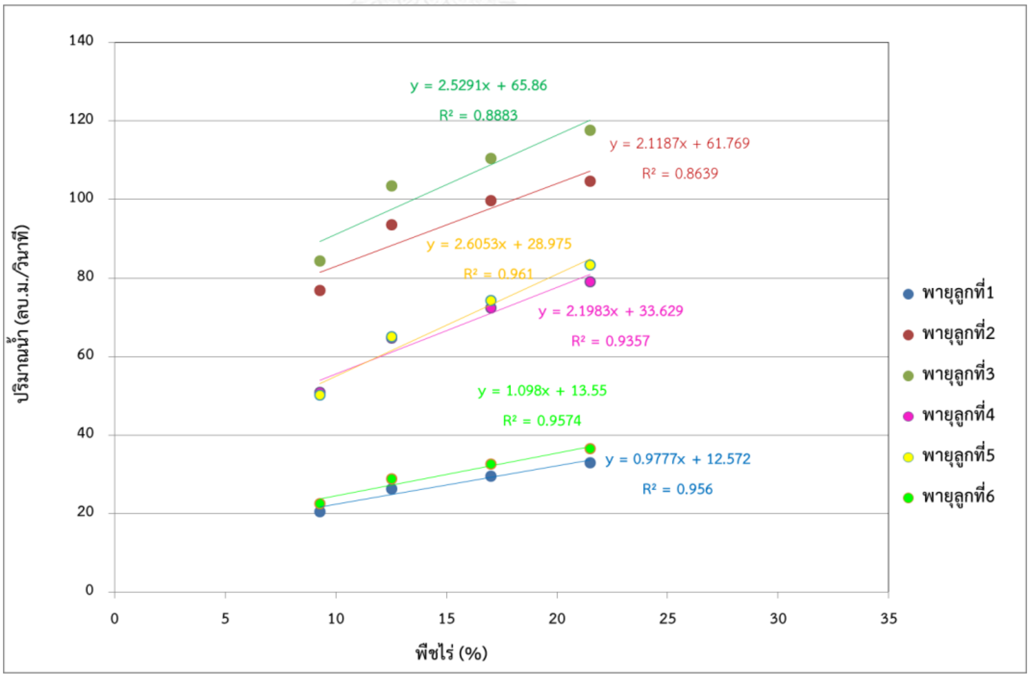
ภาพที่ 30 ปริมาณน้ำท่าสะสมและพื้นที่การเพาะปลูกพืชไร่สะสมจากต้นน้ำมายังสถานีตรวจวัด N.1 สัดส่วนปริมาณน้ำท่าในแต่ละลุ่มน้ำย่อย



ภาพที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด (ล้าน ลบ.ม/วินาที) ที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูก และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่(พันไร่) ในลุ่มน้ำปัว ในปี พ.ศ. 2552 พ.ศ. 2557 พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567

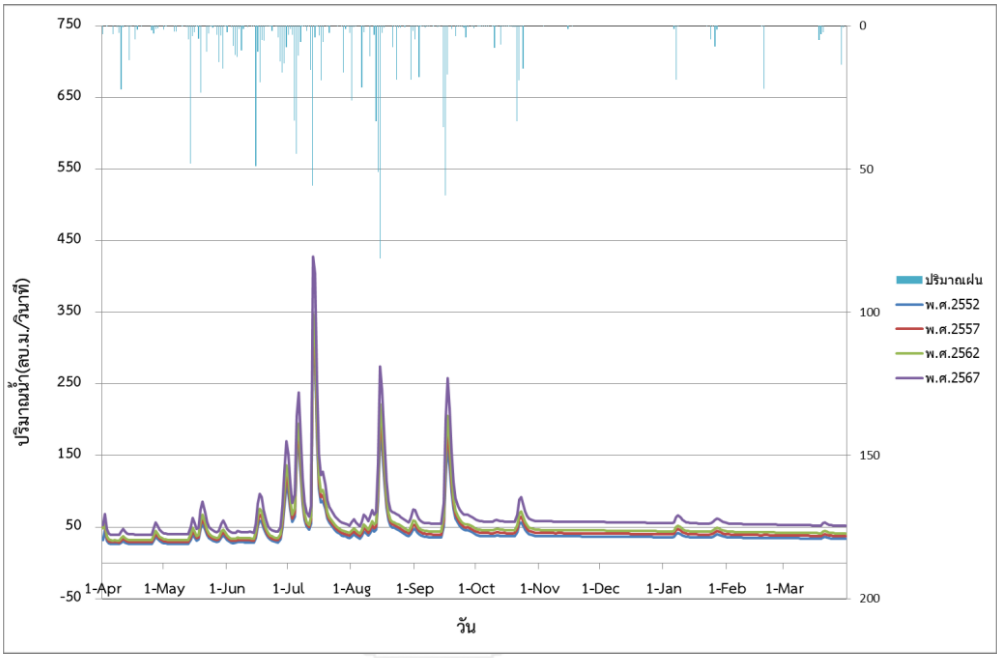


ภาพที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด (ล้าน ลบ.ม/วินาที) ที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูก และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่(พันไร่) ในลุ่มน้ำท่าวังผา ในปี พ.ศ. 2552 พ.ศ. 2557 พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567

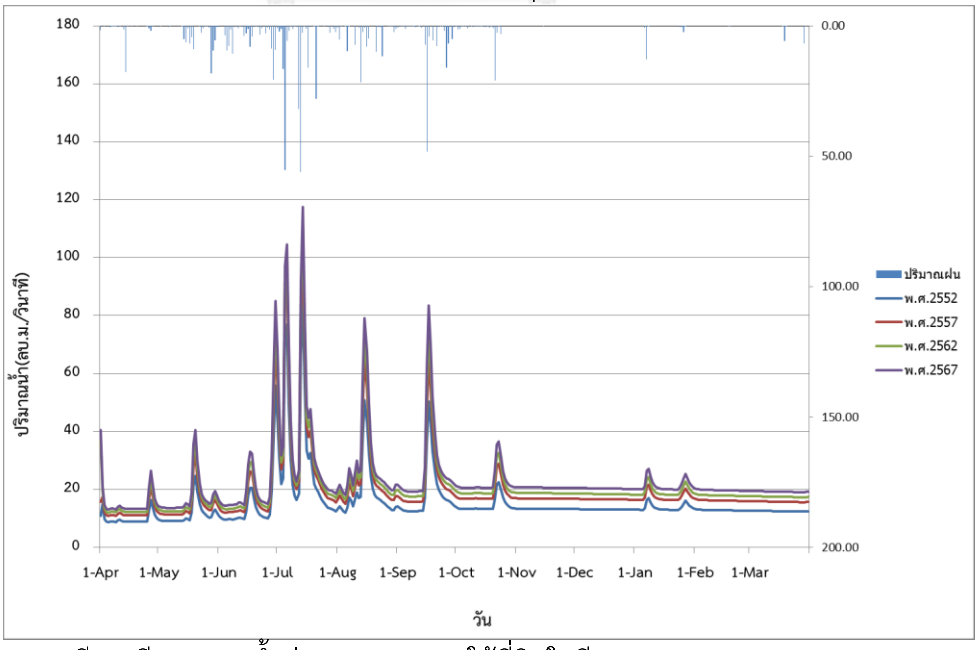


ภาพที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด (ล้าน ลบ.ม/วินาที) ที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูก และพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่(พันไร่) ในลุ่มน้ำท่าวังผา ในปี พ.ศ. 2552 พ.ศ. 2557 พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567

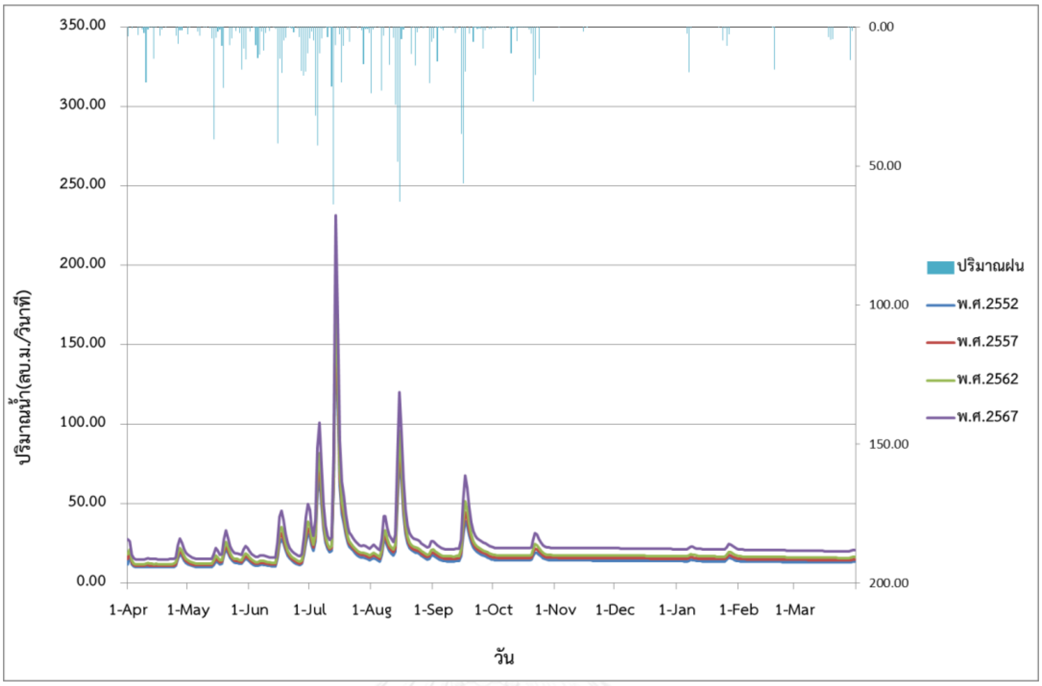
การเปลี่ยนแปลงน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อยเชียงกลาง ปัว และท่าวังผา นั้นกราฟน้ำท่าของแต่ละลุ่มน้ำย่อยยังมีรูปร่างใกล้เคียงกัน เมื่อพื้นที่พืชไร่ในลุ่มน้ำเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณน้ำท่ารวมของทั้งปีเพิ่มขึ้น และปริมาณการไหลของน้ำสูงสุดเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่ (ภาพที่ 34 35 และ36)



ภาพที่ 34 เปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากสภาพการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2552 พ.ศ. 2557 พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2567 ของลุ่มน้ำปัว



ภาพที่ 35 เปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากสภาพการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2552 พ.ศ.2557 พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2567 ของลุ่มน้ำเชียงกลาง



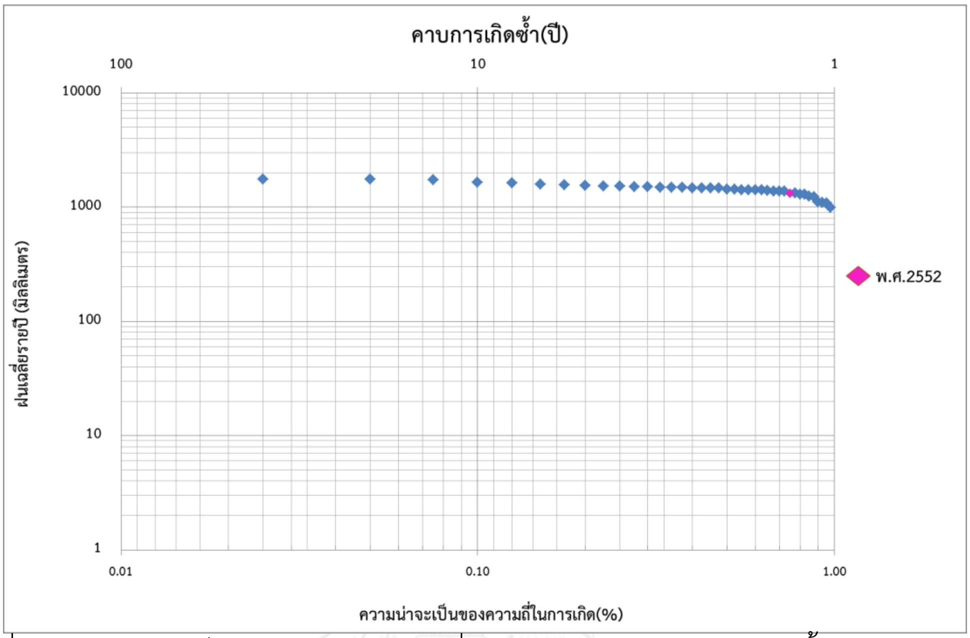
ภาพที่ 36 เปรียบเทียบกราฟน้ำท่าจากสภาพการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2552 พ.ศ.2557 พ.ศ.2562 และ พ.ศ. 2567 ของลุ่มน้ำเชียงกลาง

5.5.การศึกษาการความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (ฝน) กับน้ำท่า

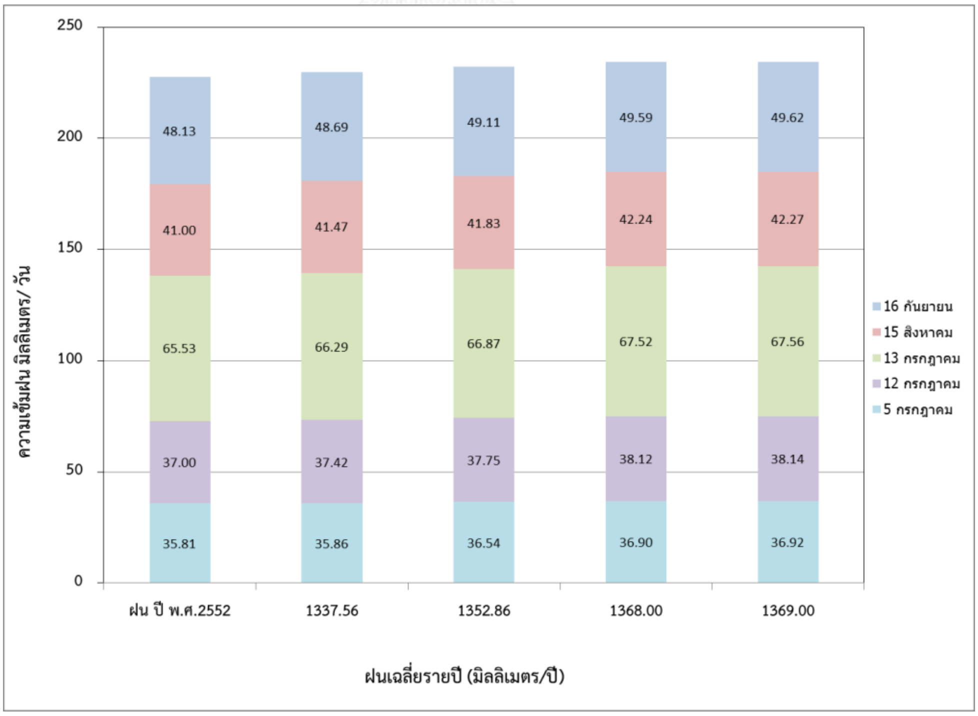
5.5.1 การวิเคราะห์และสร้างภาพจำลองของภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พิจารณาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหยาดน้ำฟ้า หรือ ฝนเป็นหลัก (ดูหัวข้อ 4.3.2 บทที่ 4) โดยพิจารณาฝนเฉลี่ยรายปี ซึ่งได้จากผลรวมของปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน ทั้ง 12 เดือน ตามปฏิทินปีน้ำของประเทศไทย ตั้งแต่ วันที่ 1 เมษายน ในปีที่พิจารณา – วันที่ 31 มีนาคม ในปีถัดไป มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร การวิเคราะห์คาบการเกิดซ้ำ (Return Period) ของฝนรายปีในลุ่มน้ำน่าน พบว่า ฝนปี พ.ศ. 2552 ที่จะใช้เป็นพื้นฐานที่ในการเปลี่ยนแปลงนั้น มีค่าฝนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1,325.18 มิลลิเมตร มีความน่าจะเป็นในการเกิดซ้ำในแต่ละปีเท่ากับ 0.75 (ภาพที่ 37) และมีคาบการเกิดซ้ำทุกๆ 1.33 ปี ผู้วิจัยได้สร้างภาพจำลอง (scenario) ของฝนขึ้น โดยกำหนดให้ฝนมีคาบการเกิดซ้ำเพิ่มขึ้นจากฝนในปี พ.ศ. 2552 เล็กน้อย เพราะต้องการให้ปริมาณฝนใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สามารถเกิดขึ้นได้บ่อย และผู้วิจัยมุ่งเน้นทั้งการเพิ่มปริมาณฝนและเพิ่มความเข้มฝนที่เกิดขึ้นได้จริงทั้งสองกรณี ผู้วิจัยกำหนดให้ภาพจำลองของฝนมีคาบการเกิดซ้ำเป็น1.34, 1.35, 1.36 และ 1.37 ปี ซึ่งมีปริมาณฝนรายปีเท่ากับ 1,337.6 มม .(ชุดที่1) 1,352.9 มม. (ชุดที่2) 1,368.0 มม. (ชุดที่3) และ 1,369.0 มม. (ชุดที่4) ตามลำดับ หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงได้เพิ่มปริมาณฝนในแต่ละวันในปี พ.ศ. 2552 ของแต่ละสถานีวัดฝนในพื้นที่ศึกษาตาม

วิธีการที่ได้กล่าวในบทที่ 4 หัวข้อ 4.3.2 เมื่อได้ภาพจำลองของฝนทั้ง 4 ชุดเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงใช้แบบจำลอง IFAS ทำนายการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงฝนในแต่ละภาพจำลอง โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552



ภาพที่ 37 ความน่าจะเป็นของฝนขนาดต่างๆ ที่จะเกิดในทุกปีและคาบการเกิดซ้ำของฝนในลุ่มน้ำน่านตอนบนจากการวิเคราะห์ข้อมูลในรอบ 40 ปี (พ.ศ. 2519 - 2558)



ภาพที่ 38 ตัวอย่างความเข้มฝนของฝนเฉลี่ยรายปี 1,337.60 มม. 1,352.90 มม. 1,368.00 มม. 1,369.00 มม. และฝนปี พ.ศ.2552

5.5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำท่ากับการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน

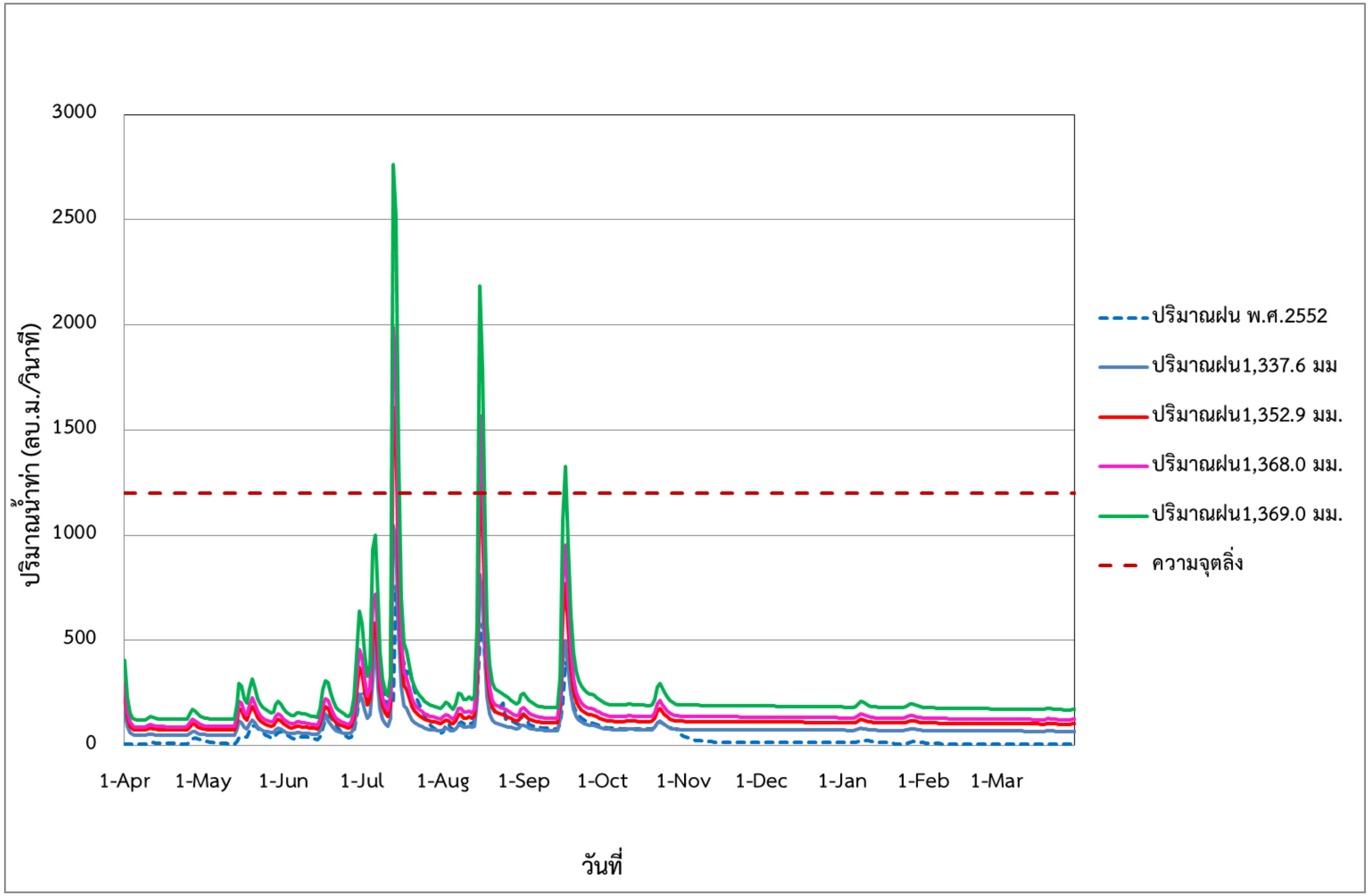
ผลการศึกษาพบว่า เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume) ของลุ่มน้ำน่านตอนบน จะเพิ่มขึ้นจาก ปริมาณน้ำท่ารวม ในปี พ.ศ. 2552 (ภาพที่ 38 และตารางที่ 15) เนื่องจากปริมาณฝนมากขึ้น ในขณะที่พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่เท่าเดิม ความสามารถในการซึมน้ำของดินไม่ได้เพิ่มมากขึ้น ปริมาณน้ำที่จะซึมลงดินมีปริมาณเท่าเดิม จึงมีฝนส่วนเกินที่จะกลายเป็นน้ำไหลบ่าบนผิวดินน้ำมากขึ้น และทำให้น้ำในลำน้ำสูงขึ้น โดยปริมาณน้ำทั้งหมดของฝนชุดที่ 4 ซึ่งมีคาบการเกิดซ้ำนานที่สุด มีปริมาณฝนมากที่สุด และมีความเข้มฝนสูงสุด เท่ากับ 7,734.20 ล้าน ลบ.ม. จากปริมาณน้ำทั้งหมดปี พ.ศ. 2552 จำนวน 2,231.84 ล้าน ลบ.ม. แตกต่างกันถึง 246.54% ทั้งที่มีฝนเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้นเพียง 43.82 มม.

ลักษณะของกราฟน้ำท่านั้น พบว่า เมื่อปริมาณฝนเฉลี่ยในลุ่มน้ำเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณน้ำท่ารวมของทั้งปีเพิ่มขึ้น และปริมาณการไหลของน้ำสูงสุดเพิ่มขึ้นการเพิ่มขึ้น อีกทั้งกราฟน้ำท่าของปริมาณฝนเฉลี่ยแต่ละปียังมีรูปร่างใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 15 ปริมาณน้ำท่ารวมและสัมประสิทธิ์น้ำท่าจากภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงของฝน ที่มีค่าการเกิดซ้ำ 1.34, 1.35, 1.36 และ 1.37 ปี

คาบการเกิดซ้ำของฝน (ปี) / ปริมาณฝน	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	เปลี่ยนแปลงจาก พ.ศ.2552 (%)	สัมประสิทธิ์น้ำท่า (%)
1.33 ปี 1,325.18 มิลลิเมตร (พ.ศ. 2552)	2231.84	-	36.36
1.34 ปี 1,337.60 มิลลิเมตร	3042.55	36.32	39.36
1.35 ปี 1,352.90 มิลลิเมตร	4588.34	105.59	41.52
1.36 ปี 1,368.00 มิลลิเมตร	5564.76	149.34	49.32
1.37 ปี 1,369.00 มิลลิเมตร	7734.20	246.54	55.90

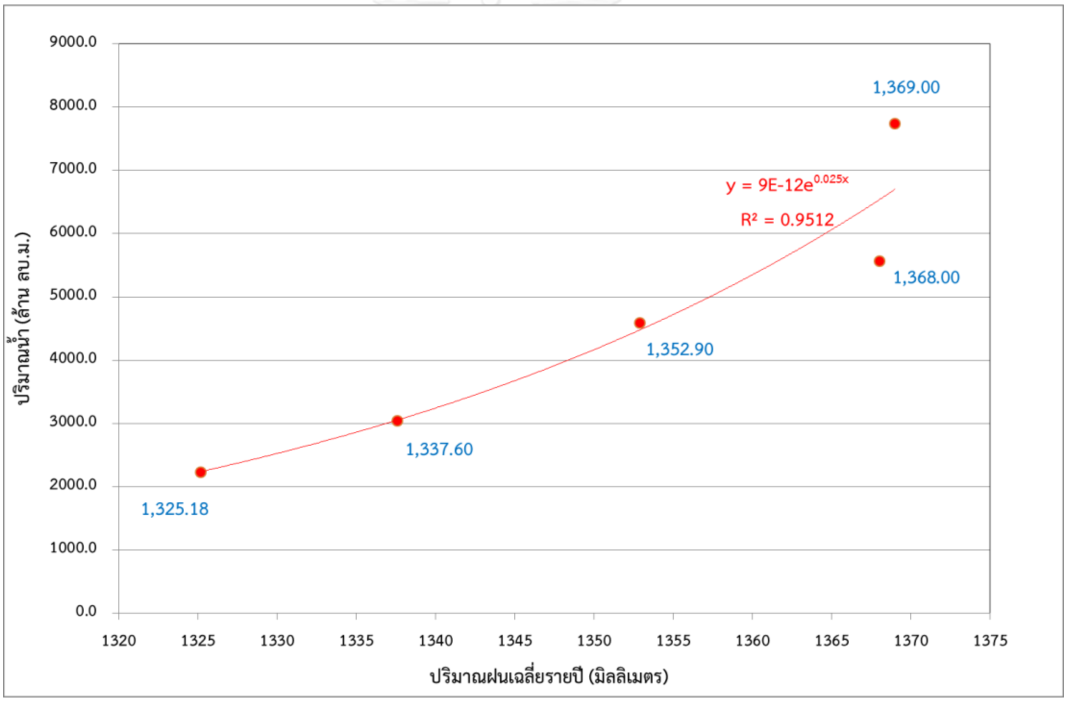
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



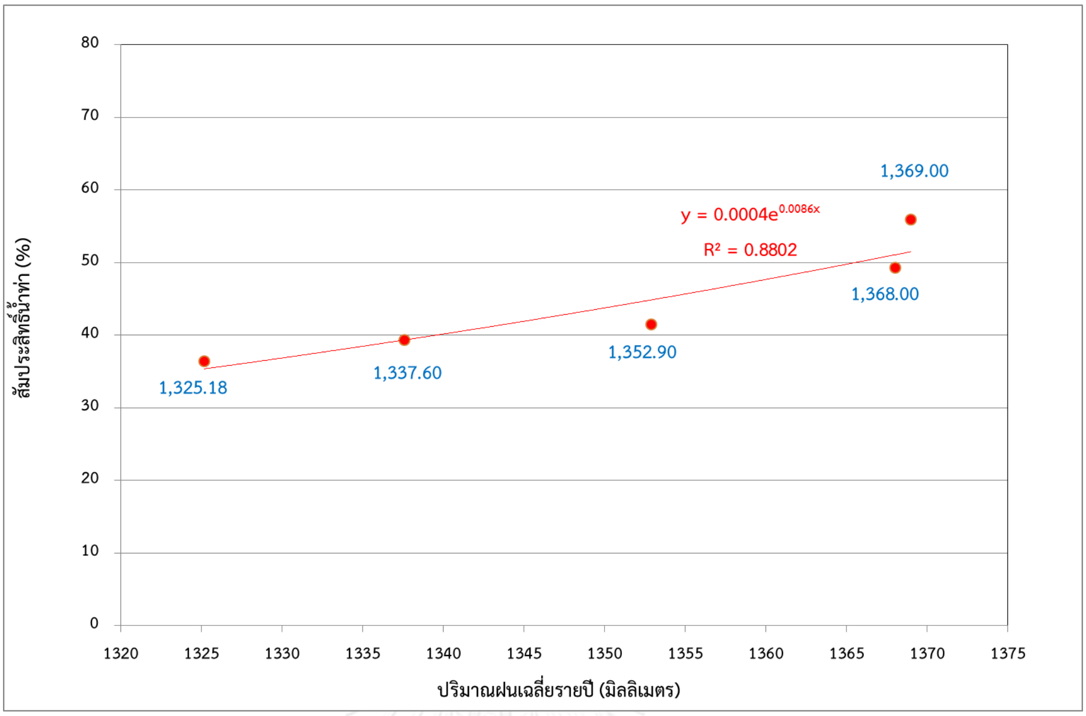
ภาพที่ 38 กราฟน้ำท่าจากปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,337.60 มม., 1,352.90 มม., 1,368.00 มม. และ1,369.00 มม. เปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าจากปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2552 จากการตรวจวัดที่สถานี N.1 โดยใช้การพื้นที่พืชไร่ ของปี พ.ศ.2552

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume) และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (ภาพที่ 39) ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย พบว่า ปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume) และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นแบบเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งปริมาณน้ำท่าจะเพิ่มขึ้นแบบก้าวกระโดดตามปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.95 แสดงให้เห็นว่าชุดข้อมูลทั้งสองสอดคล้องกันดี

และเช่นเดียวกัน เมื่อนำเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff Coefficient) และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นแบบเอกซ์โพเนนเชียล (ภาพที่ 40) ที่ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.88 ซึ่งน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของปริมาณน้ำท่ารวม



ภาพที่ 39 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำท่า(ล้าน ลบ.ม) และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ในปี พ.ศ. 2552



ภาพที่ 40 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของสัมประสิทธิ์น้ำท่า(%) และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ในปี พ.ศ. 2552

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำสูงสุด(peak discharge) ของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีทั้ง 4 ชุดที่ เกิดจากพายุฝนแต่ละลูก จากตารางที่ 16,17,18,19 และ 20 พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2552 ไม่ทำให้เกิดปริมาณน้ำล้นตลิ่ง ที่สถานี N.1 อ.เมือง จ.น่าน ซึ่งมีความจุลำน้ำเท่ากับ 1,200 ลบ.ม./วินาที ล้นตลิ่ง แต่เมื่อใช้ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีทั้ง 4 ชุด พบว่า มีปริมาณน้ำสูงสุดเกินความจุลำน้ำ โดยเฉพาะปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีชุดที่ 4 ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีมากที่สุด มีปริมาณน้ำสูงสุด เท่ากับ 2,764.50 ลบ.ม./วินาที สูงกว่าปริมาณน้ำสูงสุดในปี พ.ศ. 2552 ที่มีปริมาณน้ำสูงสุด เท่ากับ 756.62 ลบ.ม./วินาที เกิดน้ำล้นตลิ่งที่สถานี N.1 อ.เมือง จ.น่าน จำนวน 6 วัน และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ชุดที่ 4 ยังทำให้เกิดปริมาณน้ำสูงสุดไวกว่าปริมาณน้ำสูงสุดในปี พ.ศ. 2552 จำนวน 1 วันคือ จากวันที่ 14 กรกฎาคม เป็น 13 กรกฎาคม

ตารางที่ 16 ปริมาณการไหลสูงสุด สถานี N.1 อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ในปีพ.ศ. 2552 ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,325.18 มิลลิเมตร ที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูก

คาบการเกิดซ้ำของฝน (ปี) / ปริมาณฝน	พายุฝนลูกที่ /วันที่เกิดปริมาณน้ำสูงสุด	ปริมาณน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	เปลี่ยนแปลงจาก พ.ศ.2552 (%)	ปริมาณน้ำล้นตลิ่ง (ล้าน ลบ.ม)	จำนวนวันที่ล้นตลิ่ง
1.33 ปี 1,325.18 มิลลิเมตร (พ.ศ. 2552)	พายุฝนลูกที่ 1 18 มิถุนายน	143.69	-	-	-
	พายุฝนลูกที่ 2 6 กรกฎาคม	490.67	-	-	-
	พายุฝนลูกที่ 3 14 กรกฎาคม	756.62	-	-	-
	พายุฝนลูกที่ 4 16 สิงหาคม	580.77	-	-	-
	พายุฝนลูกที่ 5 17 กันยายน	398.28	-	-	-
	พายุฝนลูกที่6 23 ตุลาคม	114.00	-	-	-
1.34 ปี 1,337.60 มิลลิเมตร	พายุฝนลูกที่ 1 17 มิถุนายน	150.82	57.44	-	-
	พายุฝนลูกที่ 2 6 กรกฎาคม	529.41	61.84	-	-
	พายุฝนลูกที่ 3 13 กรกฎาคม	1,046.40	107.44	-	-
	พายุฝนลูกที่ 4 15 สิงหาคม	812.81	109.93	-	-

ตารางที่ 16 (ต่อ)

คาบการเกิดซ้ำของฝน (ปี) / ปริมาณฝน	พายุฝนลูกที่/ วันที่เกิดปริมาณน้ำสูงสุด	ปริมาณน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	เปลี่ยนแปลงจากจาก พ.ศ. 2552 (%)	ปริมาณน้ำล้นตลิ่ง ล้าน ลบ.ม	จำนวนวันที่ล้นตลิ่ง
1.34 ปี 1,337.60 มิลลิเมตร	พายุฝนลูกที่ 5 17 กันยายน	500.13	88.35	-	-
	พายุฝนลูกที่6 23 ตุลาคม	115.43	51.88	-	-
1.35 ปี 1,352.90 มิลลิเมตร	พายุฝนลูกที่ 1 17 มิถุนายน	182.97	91.00	-	-
	พายุฝนลูกที่ 2 6 กรกฎาคม	583.10	78.25	-	-
	พายุฝนลูกที่ 3 13 กรกฎาคม	1,609.65	219.11	59.49	2
	พายุฝนลูกที่ 4 15 สิงหาคม	1,261.40	225.79	-	-
	พายุฝนลูกที่ 5 17 กันยายน	770.04	190.01	-	-
	พายุฝนลูกที่6 23 ตุลาคม	175.19	130.50	-	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 (ต่อ)

คาบการเกิดซ้ำของฝน (ปี) / ปริมาณฝน	พายุฝนลูกที่/วันที่เกิดปริมาณน้ำสูงสุด	ปริมาณน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	เปลี่ยนแปลงจากจาก พ.ศ. 2552 (%)	ปริมาณน้ำล้นตลิ่ง ล้าน ลบ.ม	จำนวนวันที่ล้นตลิ่ง
1.36 ปี 1,368 มิลลิเมตร	พายุฝนลูกที่ 1 17 มิถุนายน	221.99	131.74	-	-
	พายุฝนลูกที่ 2 6 กรกฎาคม	719.53	119.96	-	-
	พายุฝนลูกที่ 3 13 กรกฎาคม	1,988.10	294.14	120.94	2
	พายุฝนลูกที่ 4 15 สิงหาคม	1,570.63	305.65	39.68	2
	พายุฝนลูกที่ 5 17 กันยายน	953.26	259.01	-	-
	พายุฝนลูกที่6 23 ตุลาคม	213.16	180.46	-	-
1.37 ปี 1,369 มิลลิเมตร	พายุฝนลูกที่ 1 17 มิถุนายน	308.55	222.09	-	-
	พายุฝนลูกที่ 2 6 กรกฎาคม	1,001.03	206.01	-	-
	พายุฝนลูกที่ 3 13 กรกฎาคม	2,764.50	448.06	120.94	2
	พายุฝนลูกที่ 4 15 สิงหาคม	2,186.55	464.73	39.68	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 (ต่อ)

คาบการเกิดซ้ำของฝน (ปี) / ปริมาณฝน	พายุฝนลูกที่/วันที่เกิดปริมาณน้ำสูงสุด	ปริมาณน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	เปลี่ยนแปลงจากจาก พ.ศ. 2552 (%)	ปริมาณน้ำล้นตลิ่ง ล้าน ลบ.ม	จำนวนวันที่ล้นตลิ่ง
1.37 ปี 1,369 มิลลิเมตร	พายุฝนลูกที่ 5 17 กันยายน	1,328.13	400.19	-	-
	พายุฝนลูกที่6 23 ตุลาคม	296.28	289.83	-	-

ในปีพ.ศ.2557 พ.ศ.2562 และ พ.ศ.2567 เมื่อพิจารณาปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด ที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูก และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย พบว่า ปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นแบบเอกซ์โพเนนเชียล (ภาพที่ 41) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) อยู่ระหว่าง 0.88 - 0.95 และในขณะเดียวกัน ผู้วิจัยได้ พิจารณาปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด ที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูก และความเข้มสูงสุดจากพายุฝนแต่ละลูก พบว่า ปริมาณการไหลของน้ำสูงสุด มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นแบบเอกซ์โพเนนเชียล โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) น้อยที่สุด เท่ากับ 0.79 เกิดจากพายุฝนลูกที่ 5 และ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มากที่สุด เท่ากับ 0.95 ดังแสดงในตัวอย่าง ภาพที่ 42 จากการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการไหลของน้ำสูงสุดกับปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีและความเข้มฝน สามารถสรุปได้ว่าปริมาณการไหลของน้ำสูงสุดเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีและความเข้มฝนในอัตราที่ใกล้เคียงกัน

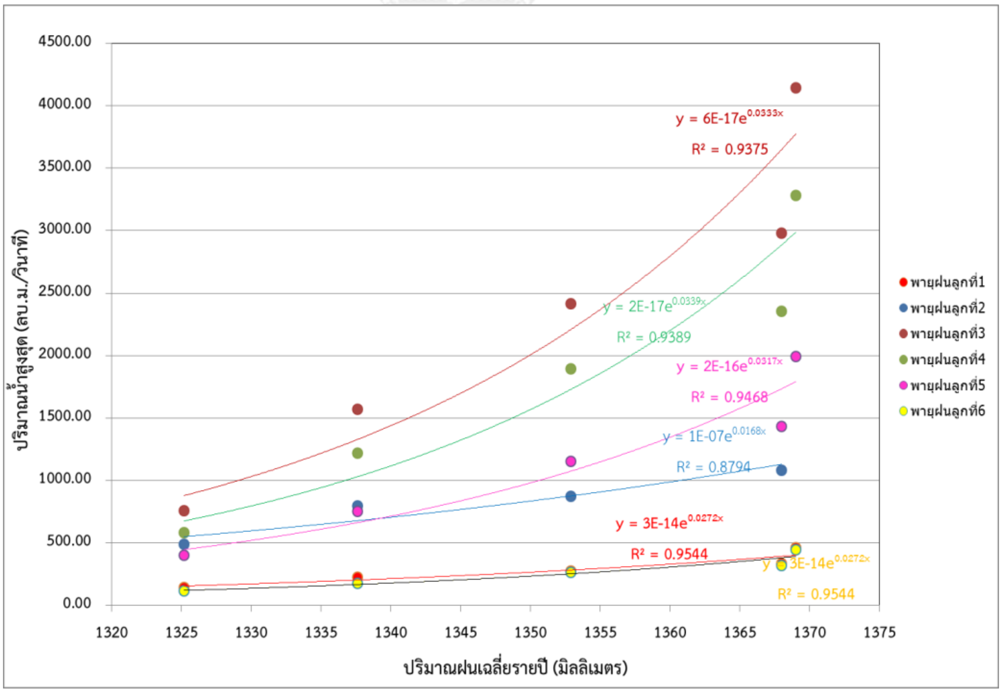
ในปี พ.ศ. 2552 นั้น ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,325.2 มม., ไม่ทำให้เกิดน้ำล้นตลิ่ง ที่สถานี N.1 อำเภอเมือง จังหวัดน่าน ซึ่งมีความจุลำน้ำ 1200 ลบ.ม./วินาที และจากการศึกษา ในปีที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,337.6 มม., นั้นก็ไม่ทำให้เกิดน้ำล้นตลิ่ง เช่นเดี่ยวกับในปี พ.ศ. 2552 แต่ในปีที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,352.9มม., 1,368.0 มม., และ 1,369.0 มม. นั้นทำให้เกิดน้ำล้นตลิ่ง ที่ สถานี N.1 อำเภอเมือง จังหวัดน่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปีที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีมากที่สุดเท่ากับ 1,369.0 มม. เกิดน้ำล้นตลิ่งจาก พายุฝนลูกที่ 3, พายุฝนลูกที่ 4, และพายุฝนลูกที่ 5 มีปริมาณน้ำล้นตลิ่งรวม 516.01 ล้าน วันที่เกิดน้ำล้นตลิ่งจากพายุฝนทั้งสามลูก จำนวน 6 วัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

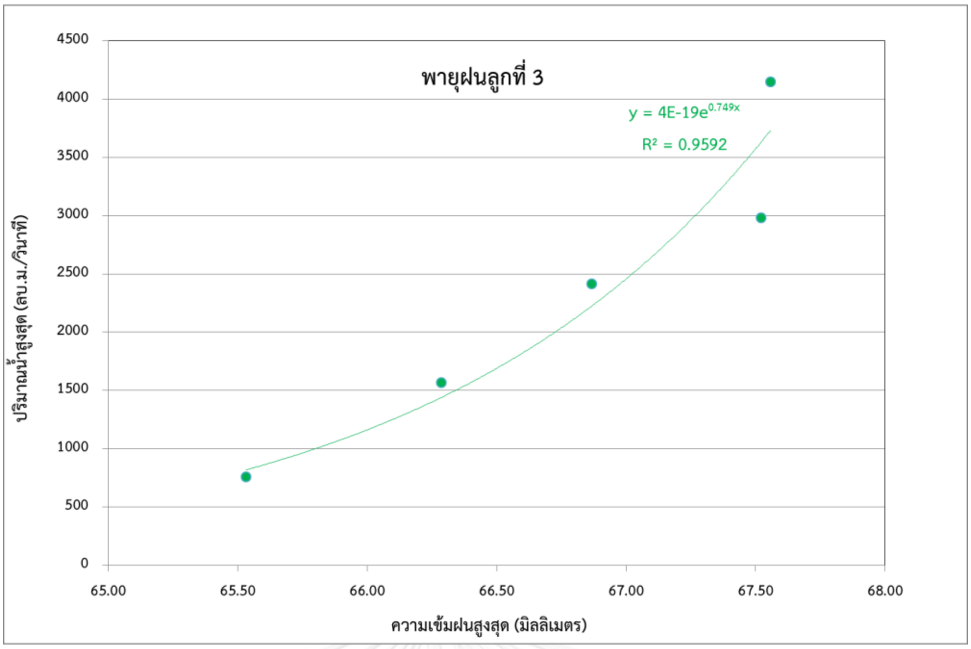
เมื่อพิจารณาในด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พบว่า หากปริมาณฝนเฉลี่ยมีค่าเท่ากัน เมื่อมีพื้นที่พืชไร่เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume) ที่สถานี N.1 อำเภอเมือง จังหวัดน่าน จะเพิ่มขึ้น และพื้นที่พืชไร่มีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่ารวมเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ.2557, พ.ศ.2562 และพ.ศ. 2567 ของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1,337.60 มม. ซึ่งเป็นปีที่พื้นที่พืชไร่มีอีทธิพลปริมาณน้ำท่ารวมมากที่สุด คือ 53.44%, 57.51% และ 62.38% ตามลำดับ

ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนเฉลี่ยรายวัน พบว่า หากพื้นที่พืชไร่เท่ากันทุกปี เมื่อมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำท่ารวม ที่สถานี N.1 อำเภอเมือง จังหวัดน่าน จะเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2557 ปีที่ปริมาณฝนมีอิทธิพลการเกิดน้ำท่าสูงสุด ของปริมาณฝนเฉลี่ย 1,337.60 มม., 1,352.90 มม., 1,368.00 มม. และ1,369.00 มม. เท่ากับ 46.56%, 59.38%, 64.70% และ72.69% ตามลำดับ และหากพิจารณาทั้งการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่และการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝน พบว่า ปีที่มีปริมาณฝนเฉลี่ย 1,337.60 มม. ในปี พ.ศ.2557, พ.ศ.2562 และพ.ศ. 2567 พืชไร่มีอิทธิพลมากกว่าปริมาณฝน แต่เมื่อปริมาณฝนเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ.2557, พ.ศ.2562 และพ.ศ. 2567 ปริมาณฝนจะมีอิทธิพลต่อการเกิดน้ำท่ารวมมากกว่าพืชไร่

จากการศึกษา สรุปได้ว่า การเพิ่มปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี จะทำให้มีปริมาณน้ำท่ารวมเพิ่มขึ้นมากกว่าการเพิ่มพื้นที่พืชไร่



ภาพที่ 41 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำสูงสุด(ลบ.ม/วินที) และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,325.2 มม. 1,337.6 มม. 1,352.9มม. 1,368.0 มม. และ 1,369.0 มม. ที่เกิดจากพายุฝนแต่ละลูก



ภาพที่ 42 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำสูงสุด(ลบ.ม/วินาที) และความเข้มฝนสูงสุด (มิลลิเมตร) ของพายุฝนลูกที่ 3 ที่เกิดจากปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,325.2 มม. 1,337.6 มม. 1,352.9มม. 1,368.0 มม. และ 1,369.0 มม.

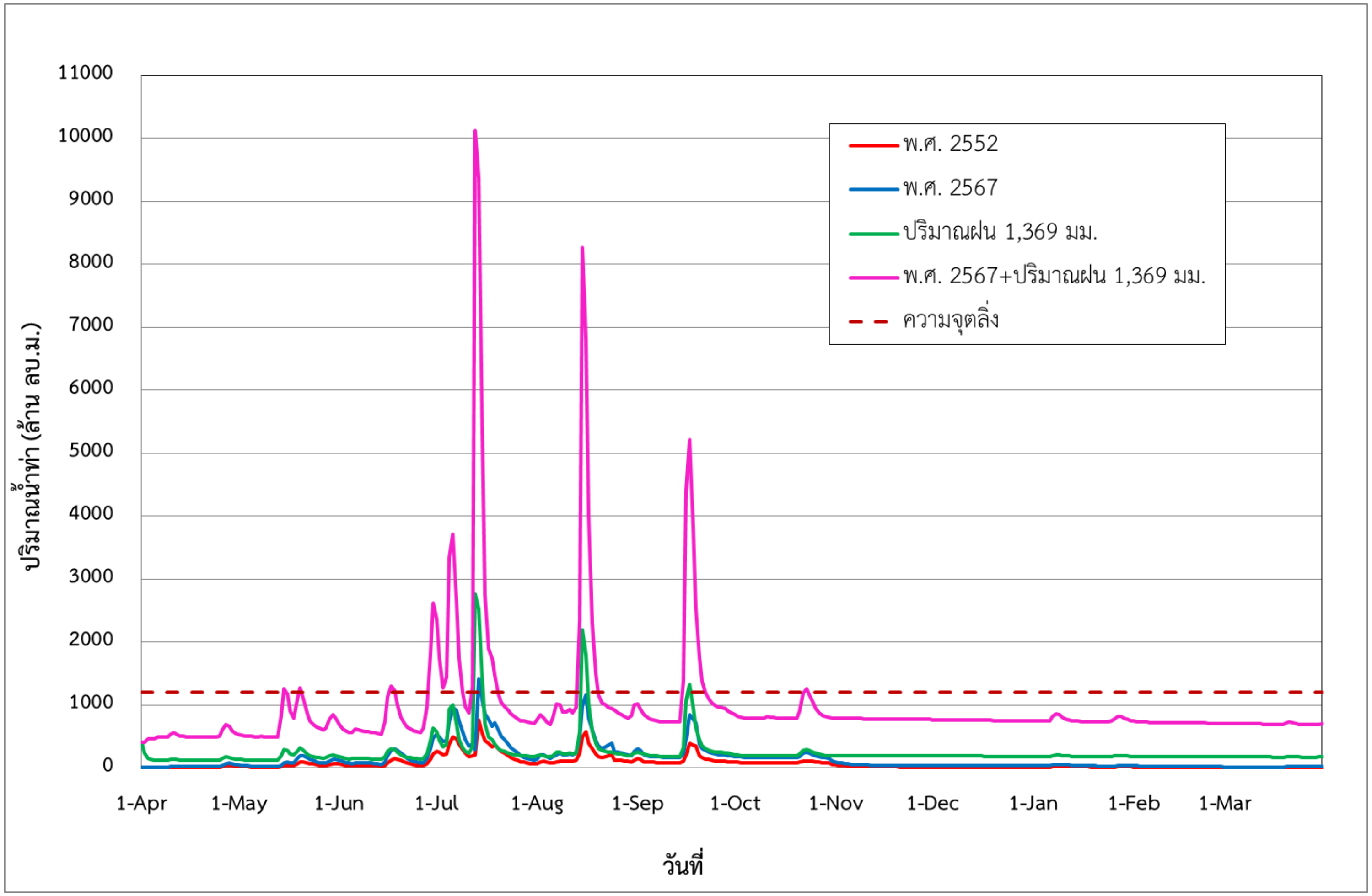
5.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและปริมาณฝนต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำท่า

ในหัวข้อที่ผ่านมาผู้วิจัยได้ศึกษาเฉพาะการเปลี่ยนแปลงน้ำท่าจากกการเพิ่มขึ้นของพืชไร่และการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ หรือ การเพิ่มขึ้นของปริมาณและความเข้มของฝน เพียงอย่างเดียว ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้พิจารณาการเปลี่ยนแปลงน้ำท่าที่เป็นผลมาจากทั้งสองปัจจัยพร้อมกัน ผลการศึกษาพบว่า น้ำท่ามีลักษณะและแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี โดยจะเห็นได้ชัดเจนว่าขนาดการเปลี่ยนแปลงจะมากกว่ากรณีของการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่หรือการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนเพียงอย่างเดียว (ภาพที่ 43) ภาพจำลองกรณีที่มีการเพิ่มขึ้นของน้ำท่ามากที่สุดคือ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินใน พ.ศ. 2567 และฝนชุดที่4 มีค่าฝนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1,369.00 มิลลิเมตร มีความน่าจะเป็นที่จะสามารถการเกิดฝน เท่ากับ 0.73 ในทุกปี และมีคาบการเกิดซ้ำทุกๆ 1.37 ปี เนื่องจากเป็นกรณีที่มีพื้นที่พืชไร่เพิ่มขึ้นมากที่สุด และปริมาณฝนและความเข้มของฝนสูงที่สุด พื้นที่ปลูกพืชไร่มีผลต่อการเกิดน้ำท่า เพื่อมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการซึมน้ำของดิน หากพื้นที่พืชไร่มีเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำท่าก็จะเพิ่มขึ้น เพราะ

ความสามารถในการให้น้ำฝนซึมลงดินลดลง เช่นเดียวกันกับเมื่อมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้น น้ำที่จะกลายเป็นน้ำท่ามากขึ้น แต่การซึมลงดินลดลง ปริมาณน้ำท่าก็จะเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 17 ปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume) และสัมประสิทธิ์น้ำท่าปีพ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567 ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,337.6 มม., 1,352.9มม., 1,368.0 มม., และ 1,369.0 มม.

ปี	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม.)	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	เปลี่ยนแปลงจาก พ.ศ.2552 (%)	สัมประสิทธิ์น้ำท่า (%)
พ.ศ.2552	1,325.18 (พ.ศ. 2552)	2,231.84	-	36.36
	1,337.60	3,042.55	-	39.36
	1,352.90	4,588.34	-	41.52
	1,368.00	5,564.76	-	49.32
	1,369.00	7,734.20	-	55.90
พ.ศ.2557	1,325.18 (พ.ศ. 2552)	3,365.77	-	42.12
	1,337.60	5,439.73	143.73	45.29
	1,352.90	8,225.92	124.84	61.87
	1,368.00	12,752.91	327.68	73.91
	1,369.00	18,982.89	606.82	84.11
พ.ศ.2562	1,325.18 (พ.ศ. 2552)	3,834.30	-	45.33
	1,337.60	9,072.31	306.49	64.80
	1,352.90	12,744.88	164.55	77.50
	1,368.00	19,847.70	482.80	82.77
	1,369.00	25,654.08	742.96	97.54
พ.ศ.2567	1,325.18 (พ.ศ. 2552)	4,527.20	-	53.02
	1,337.60	12,646.52	466.64	75.14
	1,352.90	16,785.62	652.10	81.91
	1,368.00	22,361.70	901.94	95.61
	1,369.00	30,559.74	1,269.26	99.96

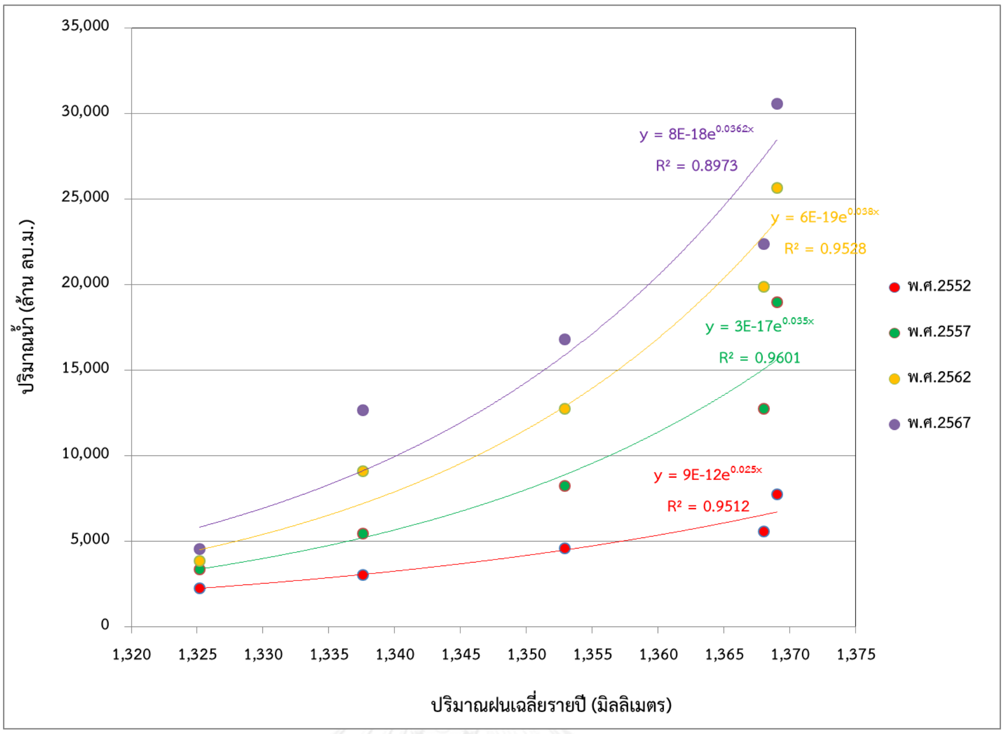


ภาพที่ 43 กราฟน้ำท่าเปรียบเทียบ ปริมาณน้ำท่าจากการตรวจวัดที่สถานี N.1 ของปี พ.ศ.2552 , ปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่พืชไร่ ปี พ.ศ.2567,ปริมาณน้ำท่าจากปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,369.00 มม. และปริมาณน้ำท่าจากพื้นที่พืชไร่ ปี พ.ศ.2567ที่ใช้ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,369.00 มม.

เมื่อใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่ารวม และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีร่วมกับพื้นที่พืชไร่ในแต่ละปี (ภาพที่ 44) พบว่า ปริมาณน้ำท่ารวม และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ในปีพ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567 มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นแบบเอกซ์โพเนนเชียล ซึ่งปริมาณน้ำท่าจะเพิ่มขึ้นแบบก้าวกระโดดตามปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีที่และพื้นที่พืชไร่ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่ดีที่สุดในในปีพ.ศ. 2557 เท่ากับ 0.96 และในปี พ.ศ.2562 ปริมาณน้ำท่าเพิ่มมากที่สุด เมื่อเพิ่มปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในปริมาณเท่ากันและเพิ่มพื้นที่พืชไร่เท่ากัน

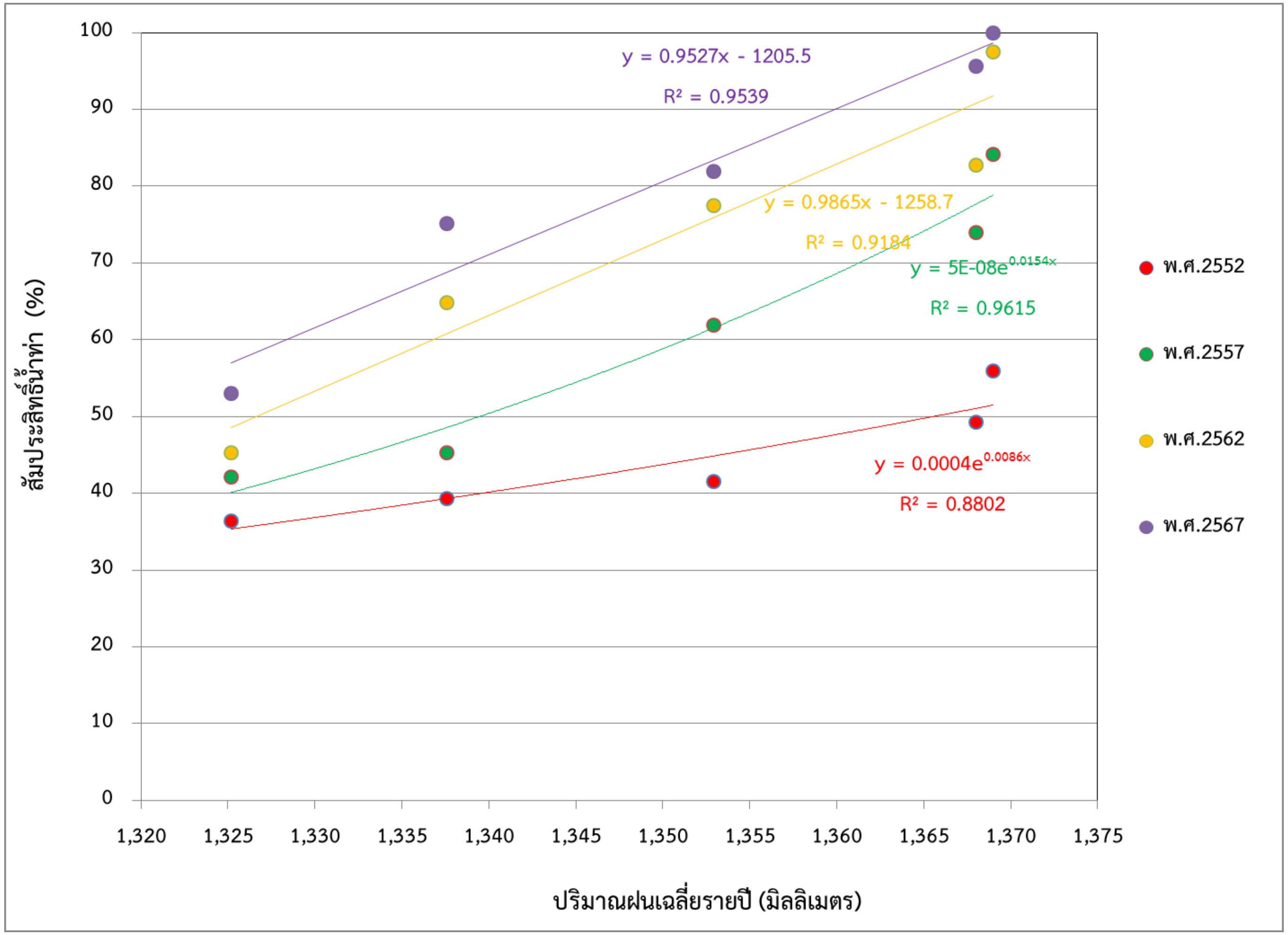
เมื่อพิจารณาในกรณีที่ปริมาณฝนเท่าเดิม แต่พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่มากขึ้น พบว่า ปริมาณน้ำท่าในฝนแต่ละชุด มีแน้วโน้มเพิ่มขึ้นตามพื้นที่พืนที่ไร่ ปริมาณฝนปีพ.ศ. 2552 ทำนายน้ำท่าในปี พ.ศ. 2567 ที่มีพื้นที่พืชไร่มากที่สุด มากกว่าปีพ.ศ. 2552 เท่ากับ 2,025.36 ล้าน ลบ.ม. ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,369.00 มิลลิเมตร ทำให้น้ำท่ารวมในการใช้ประโยชน์ที่ดินปีพ.ศ. 2567 ที่มีพื้นที่พืชไร่มากที่สุด มากกว่าปี พ.ศ. 2552 เท่ากับ 22,825.54 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นในปีพ.ศ. 2567 จากปีพ.ศ. 2552 มากขึ้นตามปริมาณฝนในแต่ละปี และเมื่อกำหนดให้การใช้ประโยชน์ที่ดินคงที่ แต่ปริมาณฝนเพิ่มขึ้น พบว่า ปริมาณน้ำท่าในแต่ละปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณฝน ปริมาณฝนเฉลี่ยในปีพ.ศ. 2552 ทำให้น้ำท่ารวมปี พ.ศ. 2567 ที่มีพื้นที่พืชไร่มากที่สุด มากกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 เท่ากับ 5,502.36 ล้าน ลบ.ม. แต่เมื่อเพิ่มปริมาณฝนเฉลี่ยมากที่สุด 1,369.00 มิลลิเมตร ปี พ.ศ. 2567 ที่มีพื้นที่พืชไร่มากที่สุด มีปริมาณน้ำท่ารวมมากกว่าปีพ.ศ. 2552 เท่ากับ 26,032.54 ล้าน ลบ.ม. จากข้อสรุป จะเห็นได้ว่า การเพิ่มปริมาณฝน จะทำให้น้ำท่าเพิ่มมากขึ้นมากกว่าการเพิ่มพื้นที่พืชไร่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 44 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำรวม(ล้าน ลบ.ม) และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1,325.2 มม., 1,337.6 มม., 1,352.9มม., 1,368.0 มม., และ 1,369.0 มม. ร่วมกับพื้นที่พืชไร่ ในปี พ.ศ. 2557, พ.ศ.2562 และพ.ศ.2567

และเช่นเดียวกัน เมื่อนำเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์น้ำท่า (Runoff Coefficient) และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีร่วมกับพื้นที่พืชไร่ในแต่ละปี (ภาพที่ 45) พบว่า ในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ.2557 สัมประสิทธิ์น้ำท่าและปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นแบบเอกซ์โพเนนเชียล แต่ในปี พ.ศ. 2562 และ พ.ศ.2567 สัมประสิทธิ์น้ำท่าและปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง เมื่อปริมาณฝนคงที่ แต่พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่มากขึ้น พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าในแต่ละปีเพิ่มขึ้นตามพื้นที่พืชไร่ ปริมาณฝนในปีพ.ศ. 2552 และพื้นที่พืชไร่ปีพ.ศ.2567 ที่มีพื้นที่พืชไร่มากที่สุด ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าเพิ่มจาก พ.ศ. 2552 เท่ากับ 16.66% แต่เมื่อเพิ่มปริมาณฝนรายปี 1,369.00 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าในปีพ.ศ.2567 เพิ่มจากพ.ศ. 2552 เท่ากับ 44.06% และเมื่อกำหนดให้พื้นที่พืชไร่คงที่ แต่ปริมาณฝนเพิ่มขึ้น ฝนในปีพ.ศ. 2552 ทำให้สัมประสิทธิ์น้ำท่าปี พ.ศ.2567 มากกว่า พ.ศ. 2552 เท่ากับ 19.54% และเมื่อเพิ่มปริมาณฝนรายปี 1,369.00 มิลลิเมตร ทำให้สัมประสิทธิ์น้ำท่าปี พ.ศ.2567 มากกว่าพ.ศ. 2552 เท่ากับ 46.44% จะเห็นได้ว่า การเพิ่มปริมาณฝน จะทำให้สัมประสิทธิ์น้ำท่าเพิ่มมากขึ้นมากกว่าการเพิ่มพื้นที่พืชไร่



ภาพที่ 45 ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของสัมประสิทธิ์น้ำท่า(%) และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1,325.2 มม., 1,337.6 มม., 1,352.9มม., 1,368.0 มม., และ 1,369.0 มม. ร่วมกับพื้นที่พืชไร่ ในปี พ.ศ. 2552, พ.ศ. 2557, พ.ศ.2562 และพ.ศ.2567

ตารางที่ 18 ปริมาณน้ำสูงสุดของพายุฝนแต่ละลูก ที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1,325.18 มม. 1,337.6 มม., 1,352.9มม., 1,368.0 มม., และ 1,369.0 มม. ในปี พ.ศ. 2552, พ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567

ปี	ปริมาณฝน เฉลี่ยรายปี(มม.)	พายุฝนลูกที่	ปริมาณน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	เปลี่ยนแปลงจาก จาก พ.ศ.2552 (%)
พ.ศ.2552	1,325.18 (พ.ศ. 2552)	พายุฝนลูกที่ 1	143.69	-
		พายุฝนลูกที่ 2	490.67	-
		พายุฝนลูกที่ 3	756.62	-
		พายุฝนลูกที่ 4	580.77	-
		พายุฝนลูกที่ 5	398.28	-
		พายุฝนลูกที่ 6	114.00	-
	1,337.60	พายุฝนลูกที่ 1	150.82	4.96
		พายุฝนลูกที่ 2	529.41	7.90
		พายุฝนลูกที่ 3	1046.4	38.30
		พายุฝนลูกที่ 4	812.81	39.95
		พายุฝนลูกที่ 5	500.13	25.57
		พายุฝนลูกที่ 6	115.43	1.25
	1,352.90	พายุฝนลูกที่ 1	182.97	27.34
		พายุฝนลูกที่ 2	583.09	18.84
		พายุฝนลูกที่ 3	1,609.65	112.74
		พายุฝนลูกที่ 4	1,261.39	117.19
		พายุฝนลูกที่ 5	770.04	93.34
		พายุฝนลูกที่ 6	175.18	53.67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ปี	ปริมาณฝน เฉลี่ยรายปี(มม.)	พายุฝนลูกที่	ปริมาณน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	เปลี่ยนแปลงจาก จาก พ.ศ.2552 (%)
พ.ศ.2552	1,368.00	พายุฝนลูกที่ 1	221.99	54.49
		พายุฝนลูกที่ 2	719.53	46.64
		พายุฝนลูกที่ 3	1,988.10	162.76
		พายุฝนลูกที่ 4	1,570.63	170.44
		พายุฝนลูกที่ 5	953.26	139.34
		พายุฝนลูกที่ 6	213.16	86.98
	1,369.00	พายุฝนลูกที่ 1	308.55	114.73
		พายุฝนลูกที่ 2	1,001.03	104.01
		พายุฝนลูกที่ 3	2,764.50	265.37
		พายุฝนลูกที่ 4	2,186.55	276.49
		พายุฝนลูกที่ 5	1,328.13	233.47
		พายุฝนลูกที่ 6	296.28	159.65
พ.ศ.2557	1,325.18 (พ.ศ. 2552)	พายุฝนลูกที่ 1	193.47	-
		พายุฝนลูกที่ 2	733.61	-
		พายุฝนลูกที่ 3	1,112.66	-
		พายุฝนลูกที่ 4	872.07	-
		พายุฝนลูกที่ 5	608.81	-
		พายุฝนลูกที่ 6	175.58	-
	1,337.60	พายุฝนลูกที่ 1	218.54	12.96
		พายุฝนลูกที่ 2	822.36	12.10
		พายุฝนลูกที่ 3	1,879.38	68.91
		พายุฝนลูกที่ 4	1,459.85	67.40
		พายุฝนลูกที่ 5	898.09	47.52
		พายุฝนลูกที่ 6	208.28	18.62

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ปี	ปริมาณฝน เฉลี่ยรายปี(มม.)	พายุฝนลูกที่	ปริมาณน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	เปลี่ยนแปลงจาก จาก พ.ศ.2552 (%)
พ.ศ.2557	11,352.90	พายุฝนลูกที่ 1	330.97	71.07
		พายุฝนลูกที่ 2	1,053.16	43.56
		พายุฝนลูกที่ 3	2,891.16	159.84
		พายุฝนลูกที่ 4	2,265.65	159.80
		พายุฝนลูกที่ 5	1,382.64	127.11
		พายุฝนลูกที่ 6	316.01	79.98
	1,368.00	พายุฝนลูกที่ 1	513.07	165.19
		พายุฝนลูกที่ 2	1,660.55	126.35
		พายุฝนลูกที่ 3	4,563.11	310.11
		พายุฝนลูกที่ 4	3,604.91	313.37
		พายุฝนลูกที่ 5	2,186.75	259.18
		พายุฝนลูกที่ 6	491.13	179.72
	1,369.00	พายุฝนลูกที่ 1	764.02	294.90
		พายุฝนลูกที่ 2	2,474.90	237.36
		พายุฝนลูกที่ 3	6,798.17	510.98
		พายุฝนลูกที่ 4	5,376.44	516.51
		พายุฝนลูกที่ 5	3,263.81	436.10
		พายุฝนลูกที่ 6	731.31	316.51
พ.ศ.2562	1,325.18 (พ.ศ. 2552)	พายุฝนลูกที่ 1	253.10	-
		พายุฝนลูกที่ 2	827.71	-
		พายุฝนลูกที่ 3	737.34	-
		พายุฝนลูกที่ 4	986.48	-
		พายุฝนลูกที่ 5	703.22	-
		พายุฝนลูกที่ 6	204.90	-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ปี	ปริมาณฝน เฉลี่ยรายปี(มม.)	พายุฝนลูกที่	ปริมาณน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	เปลี่ยนแปลงจาก จาก พ.ศ.2552 (%)
พ.ศ.2562	1,337.60	พายุฝนลูกที่ 1	377.52	49.16
		พายุฝนลูกที่ 2	1,104.54	33.45
		พายุฝนลูกที่ 3	2,998.74	306.70
		พายุฝนลูกที่ 4	2,385.36	141.81
		พายุฝนลูกที่ 5	1,494.36	112.50
		พายุฝนลูกที่ 6	361.35	76.35
	11,352.90	พายุฝนลูกที่ 1	531.15	109.86
		พายุฝนลูกที่ 2	1,575.11	90.30
		พายุฝนลูกที่ 3	4,287.43	481.47
		พายุฝนลูกที่ 4	3,436.71	248.38
		พายุฝนลูกที่ 5	2,135.23	203.64
		พายุฝนลูกที่ 6	509.50	148.66
	1,368.00	พายุฝนลูกที่ 1	827.54	226.96
		พายุฝนลูกที่ 2	2,492.60	201.14
		พายุฝนลูกที่ 3	6,803.22	822.67
		พายุฝนลูกที่ 4	5,491.71	456.70
		พายุฝนลูกที่ 5	3,390.08	382.08
		พายุฝนลูกที่ 6	795.73	288.35
	1,369.00	พายุฝนลูกที่ 1	1,069.95	322.74
		พายุฝนลูกที่ 2	3,225.41	289.68
		พายุฝนลูกที่ 3	8,800.06	1093.49
		พายุฝนลูกที่ 4	7,111.10	620.86
		พายุฝนลูกที่ 5	4,392.79	524.67
		พายุฝนลูกที่ 6	1,028.77	402.08

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ปี	ปริมาณฝน เฉลี่ยรายปี(มม.)	พายุฝนลูกที่	ปริมาณน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	เปลี่ยนแปลงจาก จาก พ.ศ.2552 (%)
พ.ศ.2567	1,325.18 (พ.ศ. 2552)	พายุฝนลูกที่ 1	301.90	-
		พายุฝนลูกที่ 2	965.18	-
		พายุฝนลูกที่ 3	1,407.04	-
		พายุฝนลูกที่ 4	1,158.74	-
		พายุฝนลูกที่ 5	840.96	-
		พายุฝนลูกที่ 6	245.62	-
	1,337.60	พายุฝนลูกที่ 1	539.55	78.72
		พายุฝนลูกที่ 2	1,489.54	54.33
		พายุฝนลูกที่ 3	4,035.29	186.79
		พายุฝนลูกที่ 4	3,249.78	180.46
		พายุฝนลูกที่ 5	2,080.26	147.37
		พายุฝนลูกที่ 6	518.40	111.06
	1,352.90	พายุฝนลูกที่ 1	716.93	137.47
		พายุฝนลูกที่ 2	2,004.37	107.67
		พายุฝนลูกที่ 3	5,450.72	287.39
		พายุฝนลูกที่ 4	4,420.19	281.47
		พายุฝนลูกที่ 5	2,805.11	233.56
		พายุฝนลูกที่ 6	690.64	181.18
	1,368.00	พายุฝนลูกที่ 1	955.70	216.56
		พายุฝนลูกที่ 2	2,711.50	180.93
		พายุฝนลูกที่ 3	7,403.70	426.19
		พายุฝนลูกที่ 4	6,042.08	421.44
		พายุฝนลูกที่ 5	3,807.85	352.80
		พายุฝนลูกที่ 6	923.94	276.17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ปี	ปริมาณฝน เฉลี่ยรายปี(มม.)	พายุฝนลูกที่	ปริมาณน้ำสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)	เปลี่ยนแปลงจาก จาก พ.ศ.2552 (%)
พ.ศ.2567	1,369.00	พายุฝนลูกที่ 1	1,306.01	332.60
		พายุฝนลูกที่ 2	3,708.34	284.21
		พายุฝนลูกที่ 3	10,122.75	619.44
		พายุฝนลูกที่ 4	8,269.27	613.64
		พายุฝนลูกที่ 5	5,214.83	520.10
		พายุฝนลูกที่ 6	1,262.65	414.07

จากตารางที่ 23 เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำสูงสุด ของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีทั้ง 4 ชุดที่ เกิดจากพายุฝนแต่ละลูก ในปี พ.ศ. 2552, พ.ศ. 2557, พ.ศ. 2562 และพ.ศ. 2567 พบว่า ปริมาณน้ำสูงสุดเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2552 และเมื่อกำหนดให้พื้นที่พืชไร่เพิ่มขึ้น ปริมาณฝนคงที่ ปริมาณน้ำน้ำสูงสุดจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณพืชไร่ โดยฝนในปี พ.ศ. 2552 ทำให้เกิดปริมาณน้ำสูงสุดในพ.ศ. 2567 ที่มีพื้นที่พืชไร่มากที่สุด มากกว่าปริมาณน้ำสูงสุดในปีพ.ศ. 2552 เท่ากับ 650.4 ลบ.ม./วินาที เทียบกับปริมาณฝนรายปี 1,369.00 มิลลิเมตร ทำให้เกิดปริมาณน้ำสูงสุดในพ.ศ. 2567 มากกว่าปริมาณน้ำสูงสุดในปีพ.ศ. 2552 เท่ากับ 7,357.50 ลบ.ม./วินาที เมื่อพิจารณาให้ปริมาณพืชไร่คงที่ ปริมาณฝนเพิ่มขึ้น พบว่า ฝนเฉลี่ยรายปีพ.ศ. 2552 ทำให้เกิดปริมาณน้ำสูงสุดในการใช้ประโยชน์ที่ดินพ.ศ. 2567 มีพื้นที่พืชไร่มากที่สุด มากกว่าปริมาณน้ำสูงสุดในการใช้ประโยชน์ที่ดินปีพ.ศ. 2552 เท่ากับ 2,007.88 ลบ.ม./วินาที และฝนรายปี 1,369.00 มิลลิเมตร ให้เกิดปริมาณน้ำสูงสุดในปี พ.ศ. 2567 มากกว่าปริมาณน้ำสูงสุดในปีพ.ศ. 2552 เท่ากับ 8,714.96 ลบ.ม./วินาที จะเห็นได้ว่า ปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณน้ำสูงสุดรายปีเพิ่มมากขึ้นกว่าการเพิ่มพื้นที่พืชไร่

ตารางที่ 19 สัดส่วนอิทธิพลของพื้นที่พืชไร่และปริมาณฝนต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำท่า ในปี พ.ศ.2557, พ.ศ.2562 และพ.ศ. 2567 และคาบการเกิดซ้ำของฝน เท่ากับ 1.34 ปี, 1.35 ปี, 1.36 ปีและ1.37 ปี

ปี	คาบการเกิดซ้ำของฝน / ปริมาณฝน	ปริมาณน้ำ (ล้าน ลบ.ม)	พืชไร่ (%)	ฝน (%)
พ.ศ.2557	1.34 ปี / 1,337.60 มม.	5,439.73	53.44	46.56
	1.35 ปี / 1,352.90 มม.	8,225.92	40.62	59.38
	1.36 ปี / 1,368.00 มม.	12,752.91	35.30	64.70
	1.37 ปี / 1,369.00 มม.	18,982.89	27.31	72.69
พ.ศ.2562	1.34 ปี / 1,337.60 มม.	9,072.31	57.51	42.49
	1.35 ปี / 1,352.90 มม.	12,744.88	44.65	55.35
	1.36 ปี / 1,368.00 มม.	19,847.70	39.16	60.84
	1.37 ปี / 1,369.00 มม.	25,654.08	30.71	69.29
พ.ศ.2567	1.34 ปี / 1,337.60 มม.	12,646.52	62.38	37.62
	1.35 ปี / 1,352.90 มม.	16,785.62	49.71	50.29
	1.36 ปี / 1,368.00 มม.	22,361.70	44.09	55.91
	1.37 ปี / 1,369.00 มม.	30,559.74	35.19	64.81

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หากพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มน้ำท่า จากรูปที่ 43 ซึ่งแสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่า อิทธิพลของการเพิ่มขึ้นพื้นที่พืชไร่และการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝน ที่มีต่อน้ำท่านั้นไม่เท่ากัน ซึ่งสัดส่วนอิทธิพลจะแตกต่างตามร้อยละของพื้นที่พืชไร่และปริมาณฝน โดยหากฝนตกน้อย พื้นที่พืชไร่มีอิทธิผลต่อการเกิดน้ำท่ามากกว่าปริมาณฝน เพราะความสามารถในการซึมน้ำของดินที่ลดลงเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของพืชไร่ ทำให้ฝนที่ตกซึมลงดินได้น้อย กลายเป็นน้ำท่ามากขึ้น เช่น ในกรณีที่ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1,337.60 มิลลิเมตร แต่เมื่อฝนตกหนักขึ้น ปริมาณฝนจะมีอิทธิพลต่อการเกิดท่ามากกว่าอิทธิพลจากพื้นที่พืชไร่ เพราะมีฝนที่จะกลายเป็นน้ำท่ามากขึ้น ในขณะที่การซึมลงดินคงที่ ทำฝนที่เหลือจากการซึมน้ำของดินเป็นน้ำท่ามากขึ้น

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบริเวณลุ่มน้ำน่านตอนบน ที่มีต่อสภาพน้ำท่าในลุ่มน้ำน่านตอนบน ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่ผลกระทบจากการเพิ่มพื้นที่การเกษตรกรรมแบบพืชไร่ เนื่องจากเป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินหลักของจังหวัดน่าน และการเพิ่มปริมาณแลความเข้มฝนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยใช้แบบจำลองน้ำหลากบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบบูรณาการ (Integrated Flood Analysis System: IFAS)

วิธีการวิจัย ผู้วิจัยเลือกใช้แบบจำลองวิเคราะห์น้ำหลากแบบบูรณาการ IFAS (Integrated Flood Analysis System) เพื่อวัตถุประสงค์สามประการ คือ ทำนายการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปลูกพืชไร่ของแต่ละภาพจำลอง โดยใช้ข้อมูลฝนรายวันปี พ.ศ. 2552 ทำนายการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มของฝน และทำนายการเปลี่ยนแปลงของน้ำท่าจากการเปลี่ยนแปลงของพืชไร่และความเข้มฝนร่วมกัน โดยได้ได้สอบเทียบแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่ารายวันที่สถานี N.1 อ.เมือง จ.น่าน ปี พ.ศ.2550-2553 ด้วยวิธี manual calibration โดยประเมินความสอดคล้องของกราฟน้ำท่าจากแบบจำลองกับกราฟน้ำท่าที่สำรวจได้จริงจากสัมประสิทธิ์ Nash-Sutcliffe (NSE) เท่ากับ 0.90และก่อนการสอบเทียบแบบจำลองนั้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความไวของแบบจำลอง (Sensitivity Analysis) พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลอง คือ น้ำใต้ดิน สัมประสิทธิ์น้ำใต้ดิน และความสามารถในการซึมของดิน และนำพารามิเตอร์ที่ได้มาใช้ในการสอบเทียบแบบจำลอง และเมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบแบบจำลอง (Validation) โดยใช้ข้อมูลน้ำฝนและน้ำท่าปี พ.ศ.2554- 2557 เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จริง และน้ำท่าที่ได้จากการทดสอบแบบจำลอง ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของดัชนี Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) เท่ากับ 0.82 แสดงว่าขั้นตอนของการคาดการณ์ปริมาณน้ำของแบบจำลองอยู่ในระดับที่คาดการณ์ที่ดี สามารถใช้ในการคาดการณ์ลักษณะน้ำท่าในลุ่มน้ำน่านตอนบนได้

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่การเพาะปลูกพืชไร่ในพื้นที่ศึกษา ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลพื้นที่พืชไร่แต่ละอำเภอของพื้นที่ศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548-2555 จากสำนักงานเศรษฐกิจ จังหวัดน่าน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) เพื่อให้ได้สมการแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพื้นที่พืชไร่รายปีซึ่งสามารถนำไปใช้ทำนายอัตราการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่พืชไร่อย่างคร่าวๆ ในปีที่สนใจของแต่ละอำเภอในพื้นที่ศึกษาได้ พบว่าทุกอำเภอมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่ทั้งในแบบเส้นตรงและแบบโค้งเอกซ์โพเนนเชียล อย่างไรก็ดีเนื่องจากมีจำนวนข้อมูลที่ไม่มากเพียงพอ ผู้ศึกษาจึงได้เลือกใช้แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่แบบเส้นตรงสำหรับทุกอำเภอ จากการศึกษาพบว่าพื้นที่พืชไร่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อำเภอสันติสุข อ.ภูเพียง และอำเภอท่าวังผาตามลำดับ และ การเพิ่มขึ้นของพืชไร่ในพื้นที่ศึกษาคิดเป็น 24.96% ของพื้นที่ทั้งหมดซึ่งมากกว่าปี พ.ศ 2552 ที่มีพื้นที่พืชไร่เพียง 10.24% เมื่อได้จำนวนที่เพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกพืชไร่ในแต่ละอำเภอแล้ว ผู้วิจัยทำการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ ผู้วิจัยสร้างภาพจำลอง(scenario) 5 กรณีศึกษาเกี่ยวกับตำแหน่งและรูปแบบการกระจายตัวของพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ที่เป็นไปได้ในแต่ละอำเภอ ซึ่งกำหนดให้พื้นที่ป่าผลัดใบถูกแปรสภาพเป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่ตามข้อเท็จจริงจากการลงสำรวจพื้นที่ศึกษา มีเกณฑ์ในการเลือกบริเวณพื้นที่ป่าผลัดใบที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่ ได้แก่ บริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ปลูกพืชไร่เดิมซึ่งสามารถขยายออกไปได้โดยรอบ เช่น บริเวณที่มีการคมนาคมสะดวก ระบบชลประทานเข้าถึง และอยู่ใกล้แหล่งชุมชน เป็นต้น และผู้วิจัยใช้การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2552 เป็นฐานในการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นปีที่มีข้อมูลแผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษาครบถ้วน จากผลการศึกษาพบว่ากราฟน้ำท่าของกรณีศึกษาทั้ง 5 กรณีมีความแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบการกระจายตัว (spatial pattern) ของการเพาะปลูกพืชไร่ที่เพิ่มขึ้นไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะการตอบสนองทางอุทกวิทยาในลุ่มน้ำน่านตอนบนอย่างเด่นชัด ปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume) และพื้นที่พืชไร่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นในแบบเส้นตรง ซึ่งปริมาณน้ำท่าจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของพื้นที่พืชไร่

ในส่วนของของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกปริมาณฝนมาพิจารณาทั้งในด้านของการเพิ่มขึ้นของความเข้มฝนและการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝน ผู้วิจัยนำปริมาณฝนรายปีจำนวน 40 ปีย้อนหลังมาศึกษาเพื่อหาค่าคาบการเกิดซ้ำ (Return Period) ของปริมาณฝนแล้วพิจารณาเลือกคาบการเกิดซ้ำของปริมาณฝนที่ใกล้เคียงกับปี พ.ศ.2552 โดยเพิ่มปริมาณฝนและความเข้มของฝนตามสัดส่วนการกระจายของฝนในปี พ.ศ.2552 พบว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝน ปริมาณน้ำท่ารวม (total discharge volume) จะเพิ่มขึ้นจาก เนื่องจากปริมาณฝนมากขึ้น แต่ความสามารถในการซึมน้ำของดินไม่ได้เพิ่มมากขึ้น ปริมาณน้ำที่จะซึมลงดินมีปริมาณเท่าเดิม จึงมีฝนส่วนเกินที่จะกลายเป็นน้ำไหลบ่าบนผิวดินน้ำมากขึ้น และทำให้น้ำในลำน้ำสูงขึ้น และลักษณะของ

กราฟน้ำท่านั้น พบว่า เมื่อปริมาณฝนเฉลี่ยในลุ่มน้ำเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณน้ำท่ารวมของทั้งปีเพิ่มขึ้นและปริมาณการไหลของน้ำสูงสุดเพิ่มขึ้นการเพิ่มขึ้น อีกทั้งกราฟน้ำท่าของปริมาณฝนเฉลี่ยแต่ละปียังมีรูปร่างใกล้เคียงกัน

และเมื่อพิจารณาอิทธิพลของพื้นที่พืชไร่และปริมาณฝนเฉลี่ยที่ทำให้เกิดน้ำท่า พบว่า หากปริมาณฝนเฉลี่ยมีค่าเท่ากัน เมื่อมีพื้นที่พืชไร่เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำท่ารวมจะเพิ่มขึ้น หากพื้นที่พืชไร่เท่ากันทุกปี เมื่อมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายวันเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำท่ารวมเพิ่มขึ้น และหากพิจารณาทั้งการเพิ่มขึ้นของพื้นที่พืชไร่และการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝน การเพิ่มปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี จะทำให้มีปริมาณน้ำท่ารวมเพิ่มขึ้นมากกว่าการเพิ่มพื้นที่พืชไร่

6.2 ปัญหาและอุปสรรค

แบบจำลอง IFAS เป็นแบบจำลองสำเร็จรูป ผู้ใช้ไม่สามาถแก้ไขบางอย่างที่ต้องการได้ เช่น ข้อมูลการใช้ประโยชนที่ดินจากดาวเทียมที่แบบจำลองสามารถดาวน์โหลดมาใช้งานไม่มีความเป็นปัจจุบัน ซึ่ง ICHAM กำลังดำเนินการปรับปรุงปบบจำลอง ผู้วิจัยจึงจะแก้ปัญหาโดยนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบข้อมูลกริด แต่มีปัญหาในขั้นตอนการกำหนดประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่สามารถกำหนดตามความต้องการใช้งานได้ ต้องแบ่งตามข้อกำหนดของ ISCGM (International Steering Committee for Global Mapping) เท่านั้น

ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่จากกรมเศรษฐกิจการเกษตรมีน้อยเกินไป หากมีข้อมูลมากกว่านี้การคาการณ์แนวโน้มของพื้นที่ปลูกพืชไร่ในอนาคตจะแม่นยำมากขึ้น สุดท้าย คือ ข้อมูลปริมาณฝนที่ใช้หยาบเกินไป ทำให้ไม่สามารถคำนวณความไวของการเกิดปริมาณน้ำสูงสุดได้ อย่างละเอียด ตลอดจนวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเวลาที่เกิดปริมาณน้ำสูงสุด ซึ่งงานวิจัยต่างประเทศใช้ข้อมูลฝนรายชั่วโมง ราย 15 นาที หรือ ฝนดาวเทียม (I Hafiz et al, 2013) ซึ่งข้อมูลฝนในลักษณะนี้ของประเทศไทยยังมีไม่มากนักและข้อมูลไม่สมบูรณ์พอที่จะนำมาใช้งาน

6.3 ข้อเสนอแนะ

ลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงในลุ่มน้ำ เพื่อดูความแตกต่างของผลลัพธ์ อาจจะแตกต่างน้อย ควรเลือกลุ่มน้ำที่มีขนาดย่อยที่มีขนาดเล็กลง

ข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือปริมาณฝน ปริมาณน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณการปลูกพืชในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน ซึ่งปริมาณฝนที่ใช้บางสถานีมีข้อมูลไม่ต่อเนื่อง ควรตรวจสอบก่อนเลือกใช้ และหากมีข้อมูลปริมาณฝนรายชั่วโมงจะทำแบบจำลองมีรายละเอียดมากขึ้น

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากดาวเทียมที่แบบจำลองสามารถรองรับได้ไม่เป็นปัจจุบัน ซึ่งปัจจุบันแบบจำลองกำลังปรับปรุงให้สามารถดาวน์โหลดการใช้ประโยน์ที่ดินจากดาวเที่ยมที่มีความเป็นปัจจุบันของข้อมูลมากที่สุดและกำลังปรับปรุงการนำเข้าการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแหล่งอื่น

ด้านการวิเคราะห์แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพืชไร่ครั้งนี้ใช้ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย ซึ่งอาจจะไม่เพียงพอ ควรใช้วิธีที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้หลากหลายมากกว่านี้ เช่น โปรแกรมสำเร็จรูป SCUAF (Soil Changes Under Agriculture, Agroforestry and Forestry) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ หรือรูปแบบการกระจายตัวของพืชไร่อาจนำภาพถ่ายดาวเทียมมาเปรียบเทียบจากอดีตจนถึงปัจจุบันเพื่อดูแนวโน้มรูปแบบการเพิ่มขึ้น หรืออาจนำการทำนายพื้นที่พืชไร่และคาดการณ์น้ำท่ามาบูรณาการกันให้อยู่ในแบบจำลองเดียวกัน

จากผลการศึกษาที่ได้ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน ควรมีการจัดการดูแลให้พื้นที่เกษตรกรรมไม่ขยายตัวบุกรุกพื้นที่ป่า เพราะหากพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนเป็นพื้นที่พืชไร่แล้วจะทำให้ความสามารถในการซึมน้ำของดินลดลง ในอนาคตแม้ว่าจะมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในลุ่มน้ำน่านเท่ากับปริมาณฝนเฉลี่ยปกติ หรือมากกว่าปกติเพียงเล็กน้อยก็จะเกิดน้ำท่วมได้

และในส่วนของการบริหารจัดการน้ำ กรมชลประทานเฝ้าระวังและป้องกันการเกิดอุทกภัยในอำเภอเมือง จังหวัดน่าน ควรมีการวางแผนการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำปัวเพราะเป็นลุ่มน้ำที่มีสัดส่วนการให้น้ำมาก ส่งเสริมการปลูกป่า ลดพื้นที่พืชไร่เพื่อให้ดินสามารถซึมน้ำได้ดี การเกิดน้ำท่าจะน้อยลง ปริมาณน้ำท่าที่ อ.เมือง จ.น่าน ก็จะลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

เกษม จันทร์แก้ว และ นิพนธ์ ตั้งธรรม (2525). หลักปฏิบัติในการจัดการลุ่มน้ำ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ (2555). รายงานประจำปี 2555. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

กรมชลประทาน (2554). ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย ใน 25 ลุ่มน้ำหลัก. . ส่วนอุทกวิทยา.

กรมอุตุนิยมวิทยา (2558). อุทกภัย(FLOOD). กรมอุตุนิยมวิทยา.

กีรติ ลีวัจนกุล (2543). อุทกวิทยา. ปทุมธานี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต.

ชัชชัย ตันตสิรินทร์ (2549). การประยุกต์ใช้ Topographic Index ในการจำลองแบบทางอุทกวิทยาแบบกระจายพื้นที่. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดวงฤทัย มงคลเคหา (2555). การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อประเมินศักยภาพการให้น้ำท่าของเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี ภาควิชา อนุรักษวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทนงศักดิ์ สุขี (2547). การศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลองฝน-น้ำท่าโดยระบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ และแบบจำลองถังประดิษฐ์และแบบจำลองถัง สาขาวิชาวิศวกรรมชลประทาน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธาดา สุขะปุณพันธุ์ (2557). การพยากรณ์น้ำท่วม โดยอาศัยความสัมพันธ์ระดับน้ำ. The National Conference on Watershed and Environmental Management 2014. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวัติ เรืองพานิช (2546). การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Chulalongkorn University

ชุติมา ว่องวิทยา (2544). การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อการแสดงผลแผนที่น้ำท่วมโดยใช้โปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์และโปรแกรมด้านอุทกวิทยา. มหาวิทยาลัยมหิดล.

ศิริกัญญา แสงสว่าง (2547). การเปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมและแบบจำลองอุทกวิทยา ในการประเมินปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำปิงตอนบน.ภาควิชา วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริพงศ์ วีระอนันตวัฒน์ และบันลือ เอมะรุจิ (2556). การทำนายขนาดพื้นที่น้ำท่วมด้วยวิธีการโครงข่ายประสาทเทียม (พื้นที่กรณีศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี). The 9th National Conference on Computing and Information Technology

สนิท วงษา (2550). "การพยากรณ์และเตือนภัยโดยใช้ข้อมูลรายวัน" วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ **2**.

สายสุนีย์ พุทธาคุณเจริญ (2550). วิศวกรรมอุทกวิทยา.จัดพิมพ์โดยโครงการตำรา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

สิทธเดช พงศ์กิจวรสินและเขมรัฐ เถลิงศรี (2558). ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กับการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้. ส. ง. เครือข่ายงานวิจัยเชิงนโยบาย, สถาบันคลังทองแห่งชาติ.

สุดารัตน์ ภิรมย์ม (2554). การจำลองสภาพนำท่วมด้วยแบบจำลอง HEC –RAS และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อบรรเทาอุทกภัยในแม่นำเจ้าพระยาตอนล่างโดยใช้แก้มลิง. ภาควิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร. วิทยานิพนธ์ปริญญา

สุพิญดา วัฒนาการ (2555). การประยุกต์ใช้โปรแกรม IFAS เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำสูงสุดในลุ่มน้ำปิงตอนบน.กรมชลประทาน.

สุรพันธ์ อิ่นแก้ว (2552). การประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (ANNs) ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำล่วงหน้า 1 วัน ที่สถานี E.18 แม่น้ำชี.กรมชลประทาน.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

อำนาจ ชิดไธสง (2553). การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย.ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

Abdul Aziz and Shigenobu Tanaka (2012). "Regional Parameterization and Applicability of Integrated Flood Analysis System (IFAS) for Flood Forecasting of Upper-Middle Indus River " Pakistan Journal of Meteorology **5**(15).

Aingore Chaiyes (2008).Application of Geo-Informatics and models for Land use change predection in Nan province.Appropriate Technology for Resources and Environmental Development.

Budi Kartiwa, E. M., Arnob Bormudoi (2013). "Application of Hydrological Model, RS and GIS for Flood Mapping of Citarum Watershed, West Java Province, Indonesia." Journal of Remote Sensing Technology.

Chaipimonplin et al. (2012). Improving neural network for flood forecasting using radar data on the Upper Ping River. International Congress on Modelling and Simulation. Perth, Australia.

F.E. Hlcks and T.Peacock (2005). "Suitability of HEC-RAS for Flood Forecasting". Canadian Water Resources Journal Pages 159–6174

I Hafiz et al. (2013). Application of Integrated Flood Analysis System (IFAS) for Dungun River Basin. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.

International Centre for Water Hazard and Risk Management (2009). Integrated Flood Analysis System (User’s manual)

Mishra S.K. and V.P. Singh (2003). Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology. Springer Science+Business Media B.V., Springer Netherlands.

P.M. Kundu and L.O. Olang (2012). "Effects of land cover change on flood peak discharges and runoff volumes." HYDROLOGICAL PROCESSES.

Sulafa Hag Elsafi (2012). "Artificial Neural Networks (ANNs) for flood forecasting at Dongola Station in the River Nile, Sudan" Alexandria Engineering JournalVolume 53, Issue 3, September 2014, Pages 655–662.

Backer and Serban (1990).Hydrological models for water-resources system design and operation. Secretariat of the World Meteorological Organization.

Vijay, P., Singh and M., Florentino., (1997). "Geographical Information Systems In Hydrology." **26**.

Winai Wangpimool et al. (2013). "Hydrological Evaluation with SWAT Model and Numerical Weather Prediction for Flash Flood Warning System In Thailand. ." Journal of Earth Science and Engineering 6: 349-357.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล : ทัตธนภรณ์ คำศรี

วัน เดือน ปี เกิด : 29 มกราคม 2529

ที่อยู่ปัจจุบัน : 47/204 พิบูลย์คอนโดวิวล์ ซอยสุภาร่วม แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม 10800

ที่ทำงานปัจจุบัน : ฝ่ายสารสนเทศและพยากรณ์น้ำ ส่วนอุทกวิทยา สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน สามเสน

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน : นักอุทกวิทยาปฏิบัติการ

ประสบการณ์การทำงาน : พ.ศ. พ.ศ.2556-ปัจจุบัน กรมชลประทาน สามเสน

ประวัติการศึกษา : พ.ศ. 2550 วทบ. (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผลงานตีพิมพ์ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ : การคาดการณ์น้ำท่าตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยใช้แบบจำลองอุทกวิทยาบนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University