ฝนออกแบบเชิงพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำยม

นายธีรวัฒน์ รามอินทรา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SPATIAL DESIGN RAINFALL FOR RAINFALL-RUNOFF MODEL IN YOM RIVER BASIN

Mr. Teerawat Ram-indra

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Water Resources Engineering
Department of Water Resources Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ฝนออกแบบเชิงพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำยม
โดย	นายธีรวัฒน์ รามอินทรา
สาขาวิชา	วิศวกรรมแหล่งน้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร. อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร. ปิยธิดา ห้อยสังวาลย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. เสรี จันทรโยธา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ดร. อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ดร. ปิยธิดา ห้อยสังวาลย์)

.....กรรมการ

(ดร. สุภัทรา วิเศษศรี)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ชัยยุทธ สุขศรี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ธีรวัฒน์ รามอินทรา : ฝนออกแบบเชิงพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำยม (SPATIAL DESIGN RAINFALL FOR RAINFALL-RUNOFF MODEL IN YOM RIVER BASIN) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร. อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ดร. ปิยธิดา ห้อยสังวาลย์, 121 หน้า.

ลุ่มน้ำยมเป็นแม่น้ำสาขาของแม่น้ำเจ้าพระยาที่ตั้งอยู่ทางตอนบนของประเทศไทย ซึ่งพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำยมเป็นพื้นที่ภูเขาที่มีสถานีตรวจวัดข้อมูลฝนอย่างจำกัด ในปัจจุบันได้มีการประมาณข้อมูลฝนอีกวิธีหนึ่ง คือการประมาณข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่มีความสามารถในการให้ข้อมูลในเชิงปริมาณและเชิงพื้นที่ของข้อมูลฝนในพื้นที่ที่ขาดสถานีตรวจวัดฝนได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมไม่ได้เป็นการวัดข้อมูลฝนโดยตรง ทำให้มีความจำเป็นที่ต้องปรับเทียบและสอบทานกับข้อมูลกับข้อมูลฝนสังเกตุการณ์ก่อนการนำไปใช้ ในการศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายในการประยุกต์ใช้วิธีการปรับเทียบข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม 2 วิธีได้แก่ Distribution transformation และ Spatial bias ในการปรับเทียบข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมจากโครงการ Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) ในช่วงฤดูน้ำหลากในปี พ.ศ. 2543 - พ.ศ. 2555 และวิเคราะห์เปรียบเทียบผลจากการปรับข้อมูลฝน โดยเปรียบเทียบด้วยข้อมูลน้ำท่าซึ่งเป็นผลจากการใช้แบบจำลอง rainfall-runoff-inundation (RRI)

ผลการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลฝน พบว่าการปรับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมด้วยวิธี Distribution transformation ให้ผลความสัมพันธ์กับข้อมูลฝนสังเกตุการณ์ที่ดีกว่าการปรับข้อมูลฝนด้วยวิธี Spatial bias เมื่อทำการเปรียบเทียบผลข้อมูลน้ำท่าที่ได้จากการจำลอง พบว่าข้อมูลฝนสังเกตุการณ์ให้ผลที่ใกล้เคียงกับข้อมูลน้ำท่าสังเกตุการณ์มากที่สุด และผลจากการจำลองโดยใช้ข้อมูลฝนที่ปรับแก้ด้วยวิธี Spatial bias ให้ผลความสัมพันธ์กับข้อมูลสังเกตุการณ์ที่ดีกว่า ผลจากการจำลองโดยใช้ข้อมูลฝนที่ปรับแก้ด้วยวิธี Distribution transformation โดยผลการจำลองน้ำท่าของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM ที่ไม่ได้ปรับแก้ให้ความสัมพันธ์กับข้อมูลสังเกตุการณ์น้อยที่สุดจากการจำลองน้ำท่าด้วยข้อมูลฝนทั้ง 4 แบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมแหล่งน้ำ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2558 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5570514621 : MAJOR WATER RESOURCES ENGINEERING
KEYWORDS: TRMM / BIAS CORRECTION / YOM RIVER BASIN / RAINFALL-RUNOFF-INUNDATION / SATELLITE BASED RAINFALL

TEERAWAT RAM-INDRA: SPATIAL DESIGN RAINFALL FOR RAINFALL-RUNOFF MODEL IN YOM RIVER BASIN. ADVISOR: ANURAK SRIARIYAWAT, Ph.D., CO-ADVISOR: PIYATIDA HOISUNGWAN, Ph.D., 121 pp.

Yom River is an upstream branch of the Chao-Phraya River, located in the northern part of Thailand. The upper part of Yom catchment is mountainous area with limited numbers of rainfall stations. Satellite based rainfall is capable of providing information about intensity and spatial distribution of precipitation for the areas that do not have rain gage stations. However, the satellite based rainfall still needs calibration and validation with existing rainfall stations due to the indirect measurements. Therefore, this study aims to apply two bias correction methods, i.e. Distribution transformation (DIS) and Spatial bias (SPA), for calibrating satellite based rainfall data from Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) with rain gauged network in Yom river basin during the flood season in 2000-2012, and to investigate the effectiveness of adjusted rainfall data justified by streamflow data which were the results of flood simulation using the rainfall-runoff-inundation (RRI) model.

The results from bias corrected rainfall data showed that the DIS method improved the satellite based rainfall with the higher correlation to the observed rainfall than the SPA method. When comparing the streamflow data resulted from the simulation, the observed rain-gauge data gave the best agreement with the observed streamflow data. The SPA method had the better correlation than the DIS method, while the TRMM without bias correction had the worst correlation to the observed streamflow data among 4 types of rainfall data input to the RRI simulation.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department:	Water Resources Engineering	Student's Signature .....
		Advisor's Signature .....
Field of Study:	Water Resources Engineering	Co-Advisor's Signature .....
Academic Year:	2015	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ คำแนะนำ แนวคิด คำปรึกษา ตลอดจนความช่วยเหลือจากบุคคลและหน่วยงานดังต่อไปนี้

ขอกราบของพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์ และ อาจารย์ ดร. ปิยธิดา เรืองรัศมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ชี้แนวทาง ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จได้ด้วยดี ขอกราบของพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เสรี จันทรโยธา และ รองศาสตราจารย์ ชัยยุทธ สุขศรี ผู้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำ และชี้แนวทางการวิจัยให้ข้าพเจ้า รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาแหล่งน้ำทุกท่าน ผู้ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา วิทยาการ และอบรมข้าพเจ้าตลอดเวลาในสถาบันการศึกษาอันทรงเกียรตินี้

ขอขอบคุณ Dr. Takahiro Sayama และทีมงานวิจัยผู้สร้างแบบจำลอง RRI ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่จากหน่วยงานราชการ อันได้แก่ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมวิทยา กรมพัฒนาที่ดิน ผู้เอื้อเฟื้อข้อมูลภาคสนามในพื้นที่ศึกษา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่จาก NASA และ JAXA ผู้ซึ่งพัฒนาโครงการ TRMM และทำให้ดาวเทียม TRMM สามารถใช้ประโยชน์ได้จนสุดท้ายของวาระการใช้งาน

ขอขอบคุณ คุณขวัญชัย แพโคกสูง คุณปฏิญญา หรรษ์อิทธินันต์ รุ่นพี่ รุ่นน้อง จากภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ผู้คอยให้กำลังใจ มิตรภาพ และความช่วยเหลือตลอดการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำผู้คอยดูแลเอกสารและกำลังใจแก่ข้าพเจ้า ตลอดจนขอขอบคุณรุ่นพี่และเพื่อน จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ผู้ให้ความช่วยเหลือจากที่ห่างไกล

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวรามอินทรา ผู้ดูแล ให้โอกาส ให้กำลังใจ ตลอดจนอบรมสั่งสอนข้าพเจ้าตลอดมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญรูป 1

สารบัญตาราง 1

บทที่ 1 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 วิธีการดำเนินการศึกษา 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 6

2.1 ฝนจากข้อมูลดาวเทียม 6

2.1.1ภาพรวมของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม 6

2.1.2 Tropical Rainfall Measuring Mission 9

2.1.3 การประเมินข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม 13

2.2 การปรับแก้ค่าเอนเอียง 16

2.2.1 วิธีการปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูล (bias correction method) 16

2.2.2 วิธีการปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา 18

2.3 แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า 20

2.3.1 ภาพรวมของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า 20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.3.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 21
2.3.3 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก 22
2.4 การศึกษาการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับอุทกภัยในลุ่มน้ำยม 24
2.5 พื้นที่ศึกษา 26
2.5.1 สภาพพื้นที่ศึกษา 26
2.5.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา 30
2.6 ตัวแปรเพื่อการตัดสินใจที่ใช้ในการศึกษา 33
บทที่ 3 36
3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมก่อนการปรับแก้ข้อมูล 36
3.2 การปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม 50
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมหลังการปรับแก้ข้อมูล 52
3.4 สรุปผลการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม 57
บทที่ 4 59
4.1 การปรับเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 59
4.1.1 พารามิเตอร์ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 59
4.1.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง RRI 60
4.2 การปรับเทียบแบบจำลอง RRI 69
4.3 การสอบทานแบบจำลองRRI 73
บทที่ 5 75
5.1 การประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่าในการประเมินศักยภาพของฝนจากข้อมูลดาวเทียม 75
5.2 ผลการจำลองสภาพน้ำท่า 78
5.3 วิเคราะห์ผลการจำลอง 84

หน้า

5.4 สรุปการจำลองน้ำท่า 90
บทที่ 6 92
6.1 สรุปข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม 92
6.2 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก 94
6.3 สรุปผลการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลน้ำท่า 95
6.4 ข้อเสนอแนะ 96
รายการอ้างอิง 98
ภาคผนวก 105
ภาคผนวก ก ความคงตัวของข้อมูลฝนสังเกตการณ์ 106
ภาคผนวก ขการเปรียบเทียบข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์ 112
ภาคผนวก ค การใช้งานแบบจำลอง RRI 117
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 121

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำยม สถานีฝน และระดับความสูงของพื้น 3
รูปที่ 1.2 ขั้นตอนการศึกษา 5
รูปที่ 2.1 Schematic diagram ของแบบจำลอง RRI (RRI Model User's Manual) 23
รูปที่ 2.2การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำยม ปี พ.ศ. 2545 และ ปี พ.ศ. 2552 (ที่มา กรมพัฒนาที่ดิน) 29
รูปที่ 2.3 สภาพการใช้ที่ดินในการศึกษา 31
รูปที่ 2.4 ตำแหน่งสถานีฝนรายวัน 32
รูปที่ 3.1 ตำแหน่งสถานีฝนสังเกตการณ์ 39
รูปที่ 3.2 การกระจายข้อมูลฝนรายปีเฉลี่ยในเชิงพื้นที่ 40
รูปที่ 3.3 การกระจายตัวของข้อมูลฝนรายปีเฉลี่ย 41
รูปที่ 3.4 ข้อมูลฝนเฉลี่ยรายเดือนของ สถานีสังเกตการณ์ และ TRMM 3B42 44
รูปที่ 3.5 ฝนเฉลี่ยรายเดือนในปี พ.ศ. 2543-2555 ระหว่างข้อมูลฝนสังเกตการณ์กับข้อมูลฝนจาก TRMM 46
รูปที่ 3.6 ฟังก์ชันการกระจายตัวสะสมของข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์และ TRMM 3B42 46
รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลฝนสังเกตการณ์และ TRMM 3B42 รายวัน 50
รูปที่ 3.8 การกระจายตัวของข้อมูลฝนเฉลี่ยรายปีหลังการปรับแก้ 53
รูปที่ 3.9 ข้อมูลฝนเฉลี่ยรายเดือนหลังการปรับแก้ 54
รูปที่ 3.10 ฟังก์ชันการกระจายตัวสะสมของข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์และ TRMM 3B42 ก่อนและหลังปรับแก้ 55
รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ของฝนสังเกตการณ์กับ TRMM 3B42 หลังการปรับแก้ 57
รูปที่ 4.1 นิยามที่ใช้ประเมินความอ่อนไหว 63
รูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำท่าของกรณี ค่า f มีขีดจำกัด ของการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยและพื้นที่เพาะปลูก 66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 4.3 ปริมาณน้ำท่าของกรณีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในส่วนของลำน้ำ 66

รูปที่ 4.4 ปริมาณน้ำท่าของกรณีเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ maximum depth in subsurface zone..... 67

รูปที่ 4.5 ปริมาณน้ำท่าของกรณีเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ soil depth..... 67

รูปที่ 4.6 ปริมาณน้ำท่าของกรณีเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ hydraulic conductivity..... 68

รูปที่ 4.7 การปรับเทียบแบบจำลองด้วยพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์การซึมผ่านในการใช้พื้นที่ประเภทป่าไม้ 71

รูปที่ 4.8 การปรับเทียบแบบจำลองด้วยพารามิเตอร์ขีดจำกัดของการไหลซึมสะสมในการใช้พื้นที่ประเภทเกษตรกรรม 72

รูปที่ 4.9 การปรับเทียบแบบจำลองด้วยพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ 72

รูปที่ 4.10 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง RRI ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าในลำน้ำยมที่ สถานี Y.14..... 73

รูปที่ 4.11 ฝนเฉลี่ยในลุ่มน้ำยม ปี พ.ศ. 2555 74

รูปที่ 4.12 ผลการสอบทานแบบจำลอง RRIด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าในลำน้ำยมที่ สถานี Y.14..... 74

รูปที่ 5.1 กริดของ TRMM 3B42 ที่ใช้ในการศึกษา 77

รูปที่ 5.2 การแปลงข้อมูลหน้าตัดลำน้ำจากข้อมูลหน้าตัดลำน้ำของกรมชลประทาน (ซ้าย)..... 78

รูปที่ 5.3 ปริมาณน้ำท่าจากการจำลองด้วย RRI และข้อมูลนำเข้าฝนทั้ง 4 ประเภท ปี พ.ศ. 2543 - 2555 83

รูปที่ 5.4 การเปรียบเทียบด้วยผลการจำลองด้วยข้อมูลฝนชนิดต่างๆ ด้วยตัวชี้วัด correlation coefficient..... 84

รูปที่ 5.5 การเปรียบเทียบด้วยผลการจำลองด้วยข้อมูลฝนชนิดต่างๆ ด้วยตัวชี้วัด Nash-Sutcliffe coefficient..... 87

รูปที่ 5.6 การเปรียบเทียบด้วยผลการจำลองด้วยข้อมูลฝนชนิดต่างๆ ด้วยตัวชี้วัด normalize root mean square error..... 89

รูปที่ 5.7NRMSE ของผลจากปริมาณน้ำท่าด้วยข้อมูลฝนนำเข้าจากข้อมูลดาวเทียมก่อนและหลังปรับแก้เมื่อเทียบกับผลจากฝนสังเกตการณ์..... 90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 โครงการข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในปัจจุบัน (The National Center for Atmospheric Research) 8

ตารางที่ 2.2 ชุดข้อมูลของ TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) 10

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดของ TRMM 3B42 (Tropical Rainfall Measuring Mission) 12

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา 33

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลของสถานีสังเกตการณ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลฝน 41

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลของสถานีสังเกตการณ์ที่ใช้ในการปรับเทียบข้อมูลฝน 42

ตารางที่ 3.3 correlation coefficient และ bias of estimation รายเดือนระหว่างข้อมูลฝนสังเกตการณ์กับข้อมูลฝนจาก TRMM 43

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลฝนสังเกตุการณ์รายเดือน (มม.) 45

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลฝน TRMM 3B42 รายเดือน (มม.) 45

ตารางที่ 3.6 ศักยภาพของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 48

ตารางที่ 3.7 ฝนตามเกณฑ์ของข้อมูลฝนสังเกตการณ์และ TRMM 3B42 50

ตารางที่ 3.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าเบี่ยงเบนจากการประมาณของข้อมูลฝน TRMM 3B42 เฉลี่ยรายเดือนก่อนและหลังปรับแก้ 56

ตารางที่ 3.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าเบี่ยงเบนจากการประมาณรายวันระหว่างข้อมูลฝนสังเกตการณ์กับข้อมูลฝนจาก TRMM 57

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ 61

ตารางที่ 4.2 นิยามของความอ่อนไหว 62

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง RRI 68

ตารางที่ 4.4 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง 72

ตารางที่ 5.1 ค่าของ correlation coefficient ระหว่างข้อมูลน้ำท่าสังเกตการณ์และการจำลองจากฝนกรณีต่างๆ 85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.2 ค่าของ Nash-Sutcliffe coefficient ระหว่างข้อมูลน้ำท่าสังเกตการณ์และการจำลองจากฝนกรณีต่างๆ..... 86

ตารางที่ 5.3 ค่าของ Normalize root mean square error ระหว่างข้อมูลน้ำท่าสังเกตการณ์และการจำลองจากฝนกรณีต่างๆ..... 88

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ลุ่มน้ำยมเป็นลุ่มน้ำทางตอนบนของประเทศไทยที่ประสบกับสภาวะอุทกภัยและภัยแล้งอย่างรุนแรงเป็นประจำในทุกปี ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหาย และความเดือนร้อนกับประชาชนในพื้นที่ทั้งในด้านของเศรษฐกิจ และด้านสังคม โดยในพื้นที่ลุ่มน้ำยมนั้นยังขาดแหล่งเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่สามารถกักเก็บน้ำเพื่อใช้สำหรับการชลประทานในฤดูแล้งและการช่วยเก็บปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลากด้วย จึงจำเป็นที่ต้องอาศัยความช่วยเหลือจากลุ่มน้ำข้างเคียงในการผันน้ำข้ามลุ่มเพื่อช่วยบรรเทาสภาวะภัยแล้งหรืออุทกภัย โดยลุ่มน้ำยมได้ประสบกับอุทกภัยอย่างรุนแรงในช่วงปี พ.ศ. 2538 2545 2549 และ 2554 อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของลักษณะลำน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และการขยายตัวของชุมชน เป็นต้น สภาพของน้ำท่วมในตอนบนของลุ่มน้ำยมซึ่งอยู่ในพื้นที่จังหวัดแพร่ และพะเยา ที่ยังขาดแหล่งกักเก็บน้ำ เมื่อเกิดฝนตกหนักทำให้ปริมาณน้ำล้นตลิ่งและหลากเข้าท่วมพื้นที่บริเวณใกล้เคียงลำน้ำ โดยเฉพาะตัวเมืองแพร่ที่เป็นพื้นที่ราบ ในส่วนปัญหาของตอนล่างของลุ่มน้ำยมตั้งแต่ตัวเมืองสุโขทัยลงไปจนถึงจังหวัดพิจิตร สภาพลำน้ำมีลักษณะแคบและตื้นกว่าในตอนบน มีปัญหาการบุกรุกลำน้ำในบางพื้นที่และจากคันกั้นน้ำตลอดลำน้ำ ที่ทำให้ระดับน้ำในแม่น้ำยมยกตัวสูงขึ้น เมื่อมีจุดที่ระดับคันต่ำหรือไม่แข็งแรงทำให้น้ำสามารถไหลข้ามหรือกัดเซาะได้ง่าย หรือสามารถมีน้ำไหลข้ามมาจากแม่น้ำน่านเข้าท่วมในบริเวณที่ทั้ง 2 ลำน้ำนั้นอยู่ใกล้เคียงกันได้ ในกรณีที่ปริมาณน้ำในแม่น้ำน่านมีมาก

นอกจากนี้ลักษณะภูมิประเทศของลุ่มน้ำยมเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่ ที่มีพื้นที่ในตอนบนเป็นลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขา การตั้งสถานีเก็บข้อมูลฝนจึงมีความลำบาก ทั้งการเข้าถึงพื้นที่และบำรุงรักษา ทำให้ขาดความครอบคลุมพื้นที่ในการเข้าถึงข้อมูลของพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นภูเขาในปัจจุบันมีเทคโนโลยีในการแปลงผลจากข้อมูลดาวเทียมที่วัดกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลฝนที่ครอบคลุมในเชิงพื้นที่ที่เข้าถึงในพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยากเช่น ภูเขา ทะเล เป็นต้น ด้วยข้อมูลดาวเทียมโดยสามารถมาช่วยเสริมกับข้อมูลของสถานีตรวจวัดได้ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้มีการข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมของ Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) มาประยุกต์ใช้ใน

การศึกษาด้านต่างๆ (Sayama et al., 2010; Sayama et al., 2012; Vernimmen et al., 2012; Sayama et al., 2013; Sriariyawat et al., 2013; Sriariyawat et al., 2014) อย่างไรก็ตามข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความถูกต้องในเชิงปริมาณจากการที่ไม่ได้วัดข้อมูลโดยตรง ดังนั้นขั้นตอนการปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม (bias correction) จึงเป็นขั้นตอนพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลของฝนจากข้อมูลดาวเทียมด้วยข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์ให้มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นที่จะวิเคราะห์ศักยภาพของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในพื้นที่ลุ่มน้ำยม ทั้งก่อนการปรับแก้และหลังการปรับแก้ จากการนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลสถานีฝนสังเกตการณ์ และการนำข้อมูลฝนไปจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า เพื่อเปรียบเทียบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่า

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมและฝนจากสถานีตรวจวัดในพื้นที่ลุ่มน้ำยม
2. ประยุกต์ใช้ฝนจากข้อมูลดาวเทียมร่วมกับฝนจากสถานีตรวจวัดในการออกแบบฝนเชิงพื้นที่สำหรับแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำยม
3. ศึกษาความแตกต่างระหว่างการกระจายตัวของฝนจากข้อมูลดาวเทียมและฝนจากสถานีตรวจวัดที่ส่งผลต่อแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำยม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

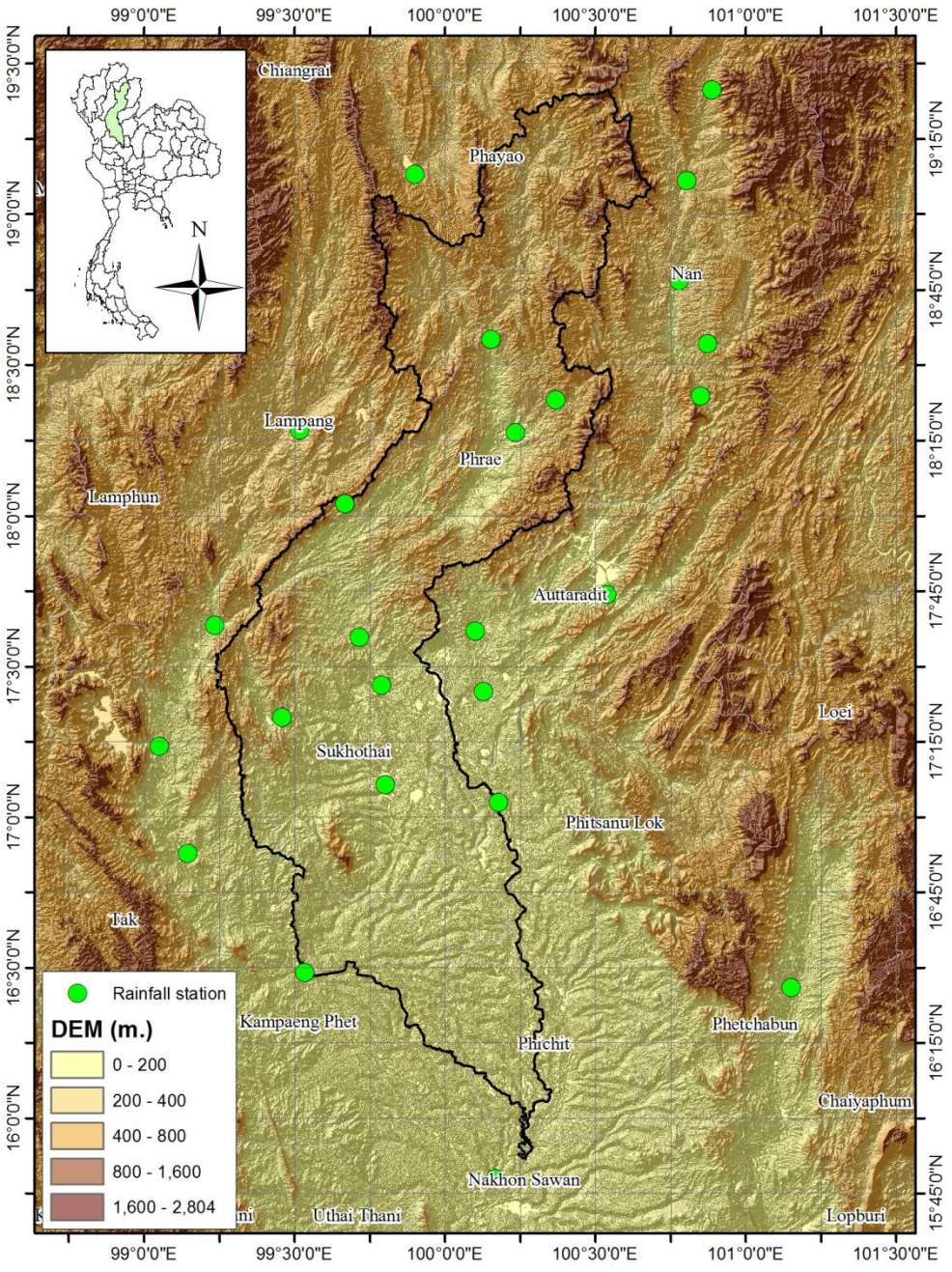
1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. พื้นที่ที่ใช้ในการการศึกษาครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำยมทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 1.1
2. ข้อมูลทางกายภาพต่างๆของพื้นที่ลุ่มน้ำ และลำน้ำ ใช้ข้อมูลที่มีการสำรวจแล้ว โดยสามารถรวบรวมจากหน่วยงานรัฐ ดังนี้

2.1 ข้อมูลการใช้ที่ดินจาก กรมพัฒนาที่ดินปีพ.ศ.2552

2.2 ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลขที่มีความละเอียด 90 เมตร จาก Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

2.3 ข้อมูลน้ำฝน และน้ำท่า พิจารณาจากข้อมูลจากกรมชลประทานและกรมอุตุนิยมวิทยาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 ถึงปี พ.ศ.2555ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม และพื้นที่รอบๆลุ่มน้ำยม



รูปที่ 1.1 พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำยม สถานีฝน และระดับความสูงของพื้น

2.4 ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 ปี พ.ศ. 2541 ถึงปี พ.ศ.2555 พิกัดละติจูดที่ 15.625 N ถึง 19.625 N และลองติจูดที่ 99.125 E ถึง 101.375 E

2.5 ข้อมูลขนาดหน้าตัดลำน้ำยม จากกรมชลประทานปี พ.ศ. 2554

3. แบบจำลองที่ใช้ในการจำลองน้ำฝนน้ำท่า ใช้แบบจำลอง Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) พัฒนาโดย Dr. Sayama และคณะจาก International Center for Water Hazard and Risk Management (ICHARM) ประเทศญี่ปุ่น

4. ขอบเขตการพิจารณาด้วยแบบจำลอง RRI พิจารณาตั้งแต่สถานีน้ำท่า Y.14 โดยปรับเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลน้ำท่าในปีพ.ศ. 2554 และสอบทานแบบจำลองด้วยข้อมูลน้ำท่าในปี พ.ศ. 2555

1.4 วิธีการดำเนินการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาแบ่งออกเป็นทั้งหมด 6 ขั้นตอนได้แก่ การรวบรวมข้อมูล และเอกสารที่เกี่ยวข้อง การปรับแก้ความเอนเอียงข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม การสอบเทียบและสอบทานแบบจำลอง RRI การจำลองแต่ละกรณีศึกษา และการสรุปผล จัดทำวิทยานิพนธ์โดยขั้นตอนต่างๆมีความเชื่อมโยงดังแสดงในรูปที่ 1.2

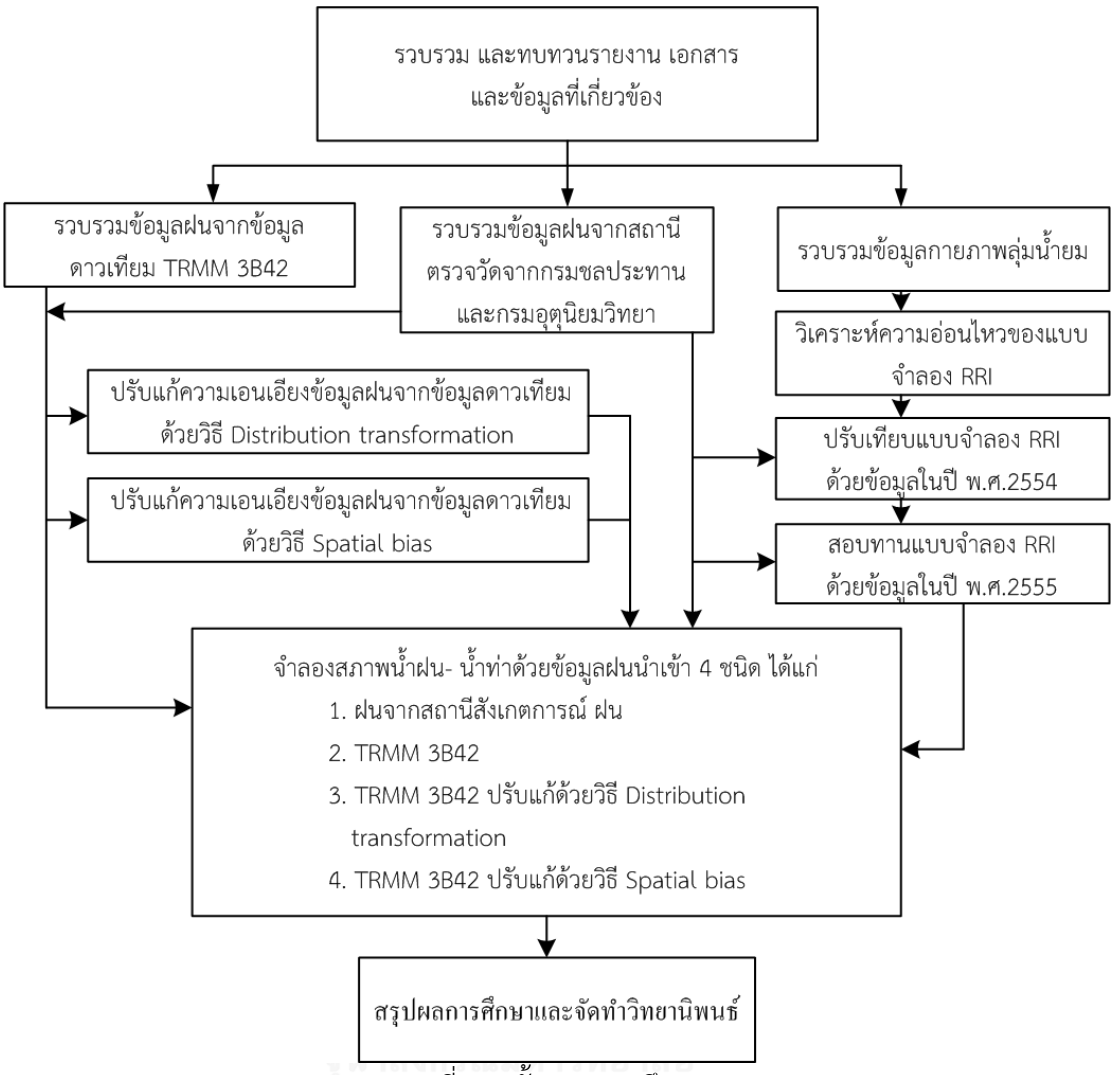
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.) ทราบถึงคุณลักษณะของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในเชิงพื้นที่สำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำยม

2.) ประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำยม

3.) ทราบถึงความแตกต่างระหว่างการกระจายตัวของฝนจากข้อมูลดาวเทียมและฝนจากสถานีตรวจวัดที่ส่งผลต่อแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าในลุ่มน้ำยม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1.2 ขั้นตอนการศึกษา

Chulalongkorn University

บทที่ 2

ทฤษฎีการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและพื้นที่ศึกษา

ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสภาพของพื้นที่ศึกษา ได้ถูกนำเสนอในบทนี้โดยจัดเรียงตามลำดับขั้นตอนการศึกษา คือ ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม (satellite based rainfall) การปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูล (bias correction) แบบจำลองน้ำฝนน้ำท่า (rainfall-runoff model) ซึ่งในการศึกษานี้ ใช้แบบจำลอง น้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก (Rainfall-Runoff-Inundation model) การศึกษาอุทกภัยในลุ่มน้ายมที่ผ่านมา และสภาพพื้นที่ศึกษาพร้อมด้วยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา โดยรายละเอียดของแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

2.1 ฝนจากข้อมูลดาวเทียม

2.1.1ภาพรวมของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม

ข้อมูลฝนเป็นข้อมูลที่มีคุณลักษณะการกระจายตัวเชิงเวลา และเชิงพื้นที่ ที่มีความสำคัญต่อการศึกษาทาง อุตุ - อุทกวิทยา ปัญหาสำคัญของข้อมูลฝนคือ การเก็บข้อมูลในเชิงพื้นที่ที่ไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ศึกษาได้ทั้งหมด ทั้งจากการวัดด้วยสถานีวัดฝน และสถานีเรดาร์ (Petty, 1995) ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมเป็นข้อมูลอีกชนิดหนึ่งที่มีจุดเด่นในการวัดข้อมูลในเชิงพื้นที่ได้ครอบคลุมโดยอาศัยการแปลงผลจากเซ็นเซอร์ (sensor) ที่วัดข้อมูลอาทิ อุณหภูมิเมฆ การดูดซับและสะท้อนรังสีที่ความยาวคลื่นต่างๆ มาแปลงเป็นข้อมูลฝน ทำให้สามารถเข้าถึงในพื้นที่ที่มีความลำบากในการตั้งสถานีตรวจวัดฝนเช่น พื้นที่ภูเขา พื้นที่ทะเล เป็นต้น สำหรับพื้นที่ที่มีภูมิประเทศแตกต่างกัน WMO (2008) ได้แนะนำความหนาแน่นของสถานีฝนภาคพื้นที่เหมาะสมสำหรับภูมิประเทศที่เป็นภูเขา สำหรับสถานีฝนสังเกตการณ์แบบไม่อัตโนมัติอยู่ที่ 250 ตร.กม./สถานี ซึ่งการกระจายตัวของสถานีสำหรับพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ายมที่เป็นพื้นที่ภูเขา ทำให้การตั้งสถานีวัดฝนส่วนใหญ่อยู่ใกล้เคียงกับลำน้ำยมที่สะดวกต่อการเข้าถึงข้อมูล และการบำรุงรักษาภายใต้งบประมาณที่จำกัด ซึ่งทำให้ในบางสถานีเป็นตัวแทนของข้อมูลของพื้นที่ที่มากกว่า 2,000 ตร.กม. โดยใช้การคำนวณด้วยวิธี thiessen polygon ดังแสดงรายละเอียดในบทที่ 3 ดังนั้นการศึกษาการประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนจากข้อมูล

ดาวเทียมที่มีความละเอียดในเชิงพื้นที่ที่ดีกว่าร่วมกับสถานีวัดจากภาคพื้นจึงสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาการจำลองน้ำฝน-น้ำท่าได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ดาวเทียมที่ใช้ในทางอุตุ-อุทกวิทยาสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของวงโคจร อันได้แก่ ดาวเทียมค้างฟ้า (geostationary orbit) คือดาวเทียมที่หมุนรอบโลกด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับความเร็วที่โลกหมุนรอบตัวเอง และเส้นทางโคจรอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตร และดาวเทียมโคจรแนวขั้วโลก (polar orbit) การโคจรนั้นอยู่ในแนวขั้วโลกสู่ขั้วโลกซึ่งความเร็วในการโคจรสูงเพื่อเก็บข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ โดยดาวเทียมเหล่านี้มีการติดตั้งเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดข้อมูล เช่น Infrared Imagery (IR) และ Visible Imagery (VIS) เป็นต้น หลังจากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นด้วยเซ็นเซอร์แล้วจึงเข้าสู่ขั้นตอนของการแปลงข้อมูลที่ได้เป็นปริมาณฝนต่อไป (Petty, 1995; Petty and Krajewski, 1996; Levizzani, 2002) ในปัจจุบันได้มีหลายหน่วยงานวิจัยที่ทำการพัฒนากระบวนการประมาณค่าปริมาณฝนจากข้อมูลดาวเทียมจากเซ็นเซอร์ต่างๆของดาวเทียม โดยสามารถสรุปรายละเอียดของโครงการที่มีในปัจจุบันได้ดังตารางที่ 2.1 ข้อมูล Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) นั้นได้มีการนำมาศึกษาในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดย Vernimmen et al. (2012) และมีการศึกษาการเปรียบเทียบ ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลสถานีสังเกตการณ์ในประเทศไทยโดย Chokngamwong and Chiu (2008) อีกทั้งมีการนำมาศึกษาเกี่ยวกับสภาพน้ำท่วมในประเทศไทยโดย Pakoksung et al. (2012) ซึ่งพบว่าความสัมพันธ์ของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลฝนสถานีนั้นมีความสัมพันธ์กันดี ดังนั้นในการศึกษานี้จึงนำข้อมูล TRMM มาใช้ในการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.1 โครงการข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในปัจจุบัน (The National Center for Atmospheric Research)

Name	Source	Domain	Input Data
CHOMPS: CICS High-Resolution Optimally Interpolated Microwave Precipitation from Satellites	CICS/ Renu Joseph	Global	multiple satellite microwave sensors
CMAP: CPC Merged Analysis of Precipitation	NOAA CPC/Dr. Pingping Xie	Global	gague analysis; microwave and infrared observations from polar orbiting and geostationary satellites
CMORPH (CPC MORPHing technique)	Climate Prediction Center/R. Joyce, J.Janowiak	Global	satellite microwave
PERSIANN: Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks	Center for Hydrometeorology & Remote Sensing (CHRS): S. Sorooshian	Global	satellite data
SSMI Version 7: Ocean Product Suite	NASA/RSS	Global	satellite microwave
TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission	NASA & Jaxa	Tropics	satellite microwave and IR; gauge (for calibration)
GSMaP	Jaxa	Global	
GPM:Global Precipitation Measurement	NASA & Jaxa	Global	

2.1.2 Tropical Rainfall Measuring Mission

Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) เป็นโครงการที่ร่วมมือกันระหว่าง National Aeronautics and Space Administration (NASA) ประเทศสหรัฐอเมริกา และ Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) ประเทศญี่ปุ่นเพื่อพัฒนาดาวเทียมดวงแรกที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลฝนจากนอกโลกในบริเวณพื้นที่เขตโซนร้อน และเขตอบอุ่น ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนถึง 2 ใน 3 ของปริมาณฝนทั้งหมดบนโลก

ดาวเทียม TRMM ประกอบไปด้วยเซ็นเซอร์ 5 ชนิดที่ใช้ในการตรวจวัดกระบวนการที่ก่อให้เกิดฝนและสำหรับเก็บข้อมูลอื่นๆ อันได้แก่ Precipitation Radar (PR), TRMM Microwave Imager (TMI), Visible Infrared Scanner (VIRS), Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES), and Lighting Imaging Sensor (LIS) (Kummerow et al., 1998)สำหรับเซ็นเซอร์ที่ใช้เกี่ยวกับข้อมูลฝนคือ PR TMI และ VIRS โดยละเซ็นเซอร์มีรายละเอียดดังนี้

1. เซ็นเซอร์ Precipitation Radar (PR) เป็นอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบเพื่อเก็บข้อมูลโครงสร้างของพายุในแบบ 3 มิติ สามารถวัดข้อมูลที่สำคัญ คือ ข้อมูลความเข้มฝนการกระจายตัวของฝนเป็นต้น

2. เซ็นเซอร์ TRMM Microwave Imager (TMI) ถูกออกแบบเพื่อจัดการตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนในช่วงกว้างๆ โดยการวัดพลังงานไมโครเวฟ (microwave energy) ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากพื้นโลก และชั้นบรรยากาศ TMI สามารถตรวจสอบปริมาณของไอน้ำ ปริมาณน้ำฝนในเมฆและความเข้มฝนในชั้นบรรยากาศ

3. เซ็นเซอร์ Visible Infrared Scanner (VIRS) เป็น 1ใน 3 อุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม TRMM ที่ไม่ได้วัดตัวบ่งชี้สำหรับข้อมูลฝนโดยตรง มีความสามารถในการอธิบายฝน จากการประมาณอุณหภูมิที่เกิดขึ้นบนท้องฟ้า และพื้นโลก มีหน้าที่หลัก สำหรับการแปลงมาตรฐานสำหรับอุปกรณ์อื่น

ข้อมูลปริมาณฝนที่ได้จากการแปลงผลของข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม TRMM มีหลายชุดข้อมูลขึ้นอยู่กับกระบวนการในการแปลงข้อมูล โดยรายละเอียดของแต่ละชุดข้อมูลแสดงดังตารางที่ 2.3 ในการศึกษานี้เลือกใช้ข้อมูล TRMM 3B42 เนื่องจากข้อมูลมีความละเอียดเชิงพื้นที่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดอื่นโดยมีความละเอียดเท่ากับ 0.25 x 0.25 ดีกรี (25 x 25 กิโลเมตร) และมีความละเอียดเชิงเวลาที่ 3 ชั่วโมง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ถึงปัจจุบัน ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.2 ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 สำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป

ตารางที่ 2.2 ชุดข้อมูลของ TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)

Data Set	Description
3A11 (Version 006): Monthly 5 x 5 degree Oceanic Rainfall	Rain rate, conditional rain rate, rain frequency, and freezing height for a latitude band from 40 degree N to 40 degree S, from TMI
3A11 (Version 007): Monthly 5 x 5 degree Oceanic Rainfall	Rain rate, conditional rain rate, rain frequency, and freezing height for a latitude band from 40 degree N to 40 degree S, from TMI
3A12 (Version 006): Monthly 0.5 x 0.5 degree mean 2A12, profile, and surface rainfall	0.5 x 0.5 degree gridded monthly product comprised of mean 2A12 data and calculated vertical hydrometeor profiles as well as mean surface rainfall
3A12 (Version 007): Monthly 0.5 x 0.5 degree mean 2A12, profile, and surface rainfall	0.5 x 0.5 degree gridded monthly product comprised of mean 2A12 data and calculated vertical hydrometeor profiles as well as mean surface rainfall
3A25 (Version 006): Monthly 5x5 degree and .5x.5 degree Spaceborne Radar Rainfall	Total and conditional rain rate, radar reflectivity, path-integrated attenuation at 2, 4, 6, 10, 15 km for convective and stratiform rain; storm, freezing, and bright band heights, and snow-ice layer depth for a latitude band from 40 degree N to 40 degree S, from PR
3A25 (Version 007): Monthly 5x5 degree and .5x.5 degree Spaceborne Radar Rainfall	Total and conditional rain rate, radar reflectivity, path-integrated attenuation at 2, 4, 6, 10, 15 km for convective and stratiform rain; storm, freezing, and bright band heights, and snow-ice layer depth for a latitude band from 40 degree N to 40 degree S, from PR

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ชุดข้อมูลของ TRMM

Data Set	Description
3A26 (Version 006): Monthly 5 x 5 degree Surface Rain Total	Rain rate probability distribution at surface, 2 km, and 4 km for a latitude band from 40 degree N to 40 degree S, from PR
3A26 (Version 007): Monthly 5 x 5 degree Surface Rain Total	Rain rate probability distribution at surface, 2 km, and 4 km for a latitude band from 40 degree N to 40 degree S, from PR
3A46: Monthly 1 x 1 degree SSM/I Rain	Global rain rate from SSM/I
3B31 (Version 006): Monthly 5 x 5 degree Combined Rainfall	Rain rate, cloud liquid water, rain water, cloud ice, grauples at 14 levels for a latitude band from 40 degree N to 40 degree S, from PR and TMI
3B31 (Version 007): Monthly 0.5 x 0.5 degree Combined Rainfall	Rain rate, cloud liquid water, rain water, cloud ice, grauples at 28 levels for a latitude band from 40 degree N to 40 degree S, from PR and TMI
3B42: (Version 6) 3-Hour 0.25 x 0.25 degree merged TRMM and other satellite estimates	Calibrated IR merged with TRMM and other satellite data
3B42: 3-Hour 0.25 x 0.25 degree merged TRMM and other satellite estimates	Calibrated IR merged with TRMM and other satellite data
3B43: (Version 6) Monthly 0.25 x 0.25 degree merged TRMM and other sources estimates	Merged 3B-42 and rain gauge estimates
3B43: Monthly 0.25 x 0.25 degree merged TRMM and other sources estimates	Merged 3B-42 and rain gauge estimates

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) ชุดข้อมูลของ TRMM

Data Set	Description
CSH: Monthly 0.5 x 0.5 degree Convective/Stratiform Heating	TRMM Monthly 0.5 x 0.5 degree Convective/Stratiform Heating
TRMM_3B42_daily.006	Daily TRMM and Others Rainfall Estimate (3B42 V6 derived)
TRMM_3B42_daily.007	Daily TRMM and Others Rainfall Estimate (3B42 V7 derived)
TRMM_3G25	Monthly Convective Stratiform Heating from Combined
TRMM_3G31	Gridded Orbital Convective Stratiform Heating from Combined
TRMM_3H25	Monthly Spectral Latent Heating
TRMM_3H31	Monthly Convective Stratiform Heating from Combined

ตารางที่ 2.3 รายละเอียดของ TRMM 3B42 (Tropical Rainfall Measuring Mission)

TRMM 3b42 Characteristics	
Temporal Coverage	Start Date: 01-01-1988; Stop Date: Present
Geographic Coverage	Latitude:50°s - 50°N; Longitude: 180°W - 180°E
Temporal Resolution	3-Hourly
Horizontal Resolution	0.25° x 0.25°; nlat = 400, nlon = 1440

Chokngamwong and Chiu (2008) ได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 V.5 3B42 V.6 3B43 V.5 และ 3B42 V.6 กับข้อมูลของฝนสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยา (TMD) ในประเทศไทย โดยนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลรายเดือน และรายวันสำหรับ TRMM 3B42 V.5 และ V.6ได้กระจายข้อมูลฝนสถานีลงสู่กริดขนาด 1 องศา เพื่อให้มีขนาดเดียวกับ TRMM ผลที่ได้สำหรับข้อมูลรายเดือน ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมยังไม่สามารถตรวจจับข้อมูลในช่วงที่ฝนตกหนักเกิน 1,000 มม./เดือน ได้ ในส่วนของรายวัน TRMM 3B42 V.6 มีค่าความเอนเอียง (Bias)น้อยกว่า V.5และมีความสัมพันธ์ดีกว่าเช่นกัน อัตราการตรวจจับพลาด (false alarm

rate) ลดน้อยลงกว่า V.5 แต่ความเป็นไปได้ที่ตรวจพบ (probability of detection) ก็ลงลงเช่นเดียวกัน ดังนั้นการนำข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM มีความต้องการที่ต้องประเมินและศึกษาเพิ่มเติมก่อนการนำไปใช้ในประเทศไทย

2.1.3 การประเมินข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม

ข้อมูลฝนเป็นข้อมูลที่นักอุตุ-อุทกวิทยามีความต้องการให้เป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณ พื้นที่ เวลา จนถึงตำแหน่งที่เกิดฝน อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพที่สามารถครอบคลุมความต้องการทั้งหมดได้ ผู้ที่นำข้อมูลฝนไปใช้จึงต้องทราบถึงข้อจำกัดของการเก็บข้อมูลฝนแต่ละวิธี และความยอมรับได้ในความเบี่ยงเบนของตัวข้อมูลเอง การนำข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมไปใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการศึกษามีความจำเป็นต้องประเมินข้อมูลก่อนการนำไปใช้เช่นเดียวกันโดยข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์ในบางกรณีนั้นสามารถตั้งสมมติฐานได้ว่าค่าความผิดพลาดจากการวัดของสถานีสังเกตการณ์สามารถยกเว้นได้ เมื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับความผิดพลาดแบบไม่แน่นอนของข้อมูลจากดาวเทียม Huffman et al. (1997) และ Bitew and Gebremichael (2011) ได้กล่าวว่าข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมมีความจำเป็นต้องการประเมินข้อมูลจากขั้นตอนของการได้มาซึ่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆ ทำให้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมมีค่าความเบี่ยงเบนในตัวของข้อมูล และได้แบ่งการประเมินออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ วิธีการประเมินด้วยข้อมูลฝนโดยตรงระหว่างข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์หรือเรดาห์โดยตรง และวิธีการเทียบผลด้วยข้อมูลน้ำท่าด้วยการใช้แบบจำลอง

สำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลด้วยข้อมูลฝนสังเกตการณ์กับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม Ebert (2002) ได้แบ่งวิธีการประเมินข้อมูลออกเป็น 4 วิธี ได้แก่

1. การประเมินด้วยสายตา (visual eyeball verification) วิธีนี้การเทียบข้อมูลฝนสามารถเปรียบเทียบกันได้ในหลายมิติทั้งขนาด รูปร่าง การกระจายฝนเชิงพื้นที่ โดยการพิจารณาวิธีนี้ขึ้นอยู่กับความเห็นของแต่ละบุคคลที่พิจารณา ทำให้วิธีนี้สามารถประเมินได้ในเบื้องต้นหรือภาพรวมเท่านั้น

2. ความต่อเนื่องทางสถิติ (continuous statistics) คือการเทียบความสอดคล้องกันระหว่างค่าของข้อมูลระหว่างข้อมูลฝนสังเกตการณ์กับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมด้วยตัวแปรที่ช่วยในการตัดสินใจ เช่น ค่าเบี่ยงเบนจากการประมาณ (biasof estimation) ค่ารากที่สองของความ

คลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean squared error, RMSE) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) เป็นต้น

3. ความแน่ชัดทางสถิติ (categorical statistics) คือการเทียบความสอดคล้องกันระหว่างเหตุการณ์ของข้อมูลฝนสังเกตการณ์กับเหตุการณ์ของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม เช่น ความน่าจะเป็นในการตรวจจับ และ สัดส่วนการแจ้งเท็จ เป็นต้น

4. การแจกแจงร่วม (joint distributions) คือการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสังเกตการณ์กับข้อมูลจากการประมาณ เช่น กราฟแสดงความสัมพันธ์ (scatter plot) และฟังก์ชันการกระจายตัวสะสม (probability distribution function) เป็นต้น

จากความแตกต่างกันด้วยข้อมูลแบบจุดของสถานีสังเกตการณ์กับข้อมูลแบบกริดของชุดข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลทั้งสองสามารถเทียบกันได้ในแบบ สถานีต่อกริด และกริดต่อกริด โดยการเปรียบเทียบด้วยแบบสถานีต่อกริดคือการเลือกกริดของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่มีสถานีสังเกตการณ์อยู่ภายใน กริดที่ไม่มีสถานีอยู่ภายในจะไม่ถูกนำมาเปรียบเทียบ ในส่วนของการเปรียบเทียบด้วยกริดต่อกริด ข้อมูลฝนสังเกตการณ์จะถูกกระจายลงสู่ระบบกริดที่มีความละเอียดและขนาดเท่ากับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่พิจารณา โดยวิธีดั้งเดิมในการกระจายข้อมูลฝนแบบจุดลงสู่ข้อมูลฝนในเชิงพื้นที่มีทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่ วิธี Thiessen polygon วิธี inverse distance weighting (IDW) และวิธี isohyets (Thiessen and Alter, 1911; Shepard, 1968; McCuen, 1989) ในการกระจายข้อมูลจากแบบจุดลงสู่พื้นที่แต่ละวิธีที่สามารถเพิ่มค่าความเบี่ยงเบนให้แก่ข้อมูลฝนได้ ผู้ที่นำวิธีการกระจายข้อมูลฝนลงในเชิงพื้นที่ไปใช้จึงต้องมีความเข้าใจข้อจำกัดของแต่ละวิธีเพื่อการนำไปใช้และวิเคราะห์ผลที่ไม่เกินกว่าความเป็นจริง

วิธีการกระจายข้อมูลฝนในเชิงพื้นที่ได้รับความนิยมจาก 3 ที่กล่าวมา คือวิธี IDW (Tong et al., 2014) ซึ่ง ปฏิญญา (2556) ได้กล่าวไว้ว่าวิธี IDW นี้มีความเหมาะสมกับลุ่มน้ำยมที่มีสถานีฝนสังเกตการณ์เบาบาง ถึงแม้ว่ายังมีวิธีในการกระจายข้อมูลในเชิงพื้นที่วิธีอื่นที่ให้ผลดีได้กว่าเช่น multiple linear regression, optimal interpolation หรือ kriging แต่ก็ต้องมีความหนาแน่นของสถานีที่เหมาะสมมากกว่าวิธี IDW (Eischeid et al., 2000; Ahrens, 2006) อย่างไรก็ตามการกระจายข้อมูลด้วยวิธี IDW ยังมีจุดด้อย เมื่อมีระยะห่างจากจุดที่มีข้อมูลข้อมูลฝนจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ ตามระยะทาง ทำให้ปริมาณฝนในเชิงพื้นที่ที่ได้จะไม่มากเกินกว่าค่าสูงสุดที่เกิดขึ้นจากข้อมูลสถานีสังเกตการณ์ที่ใช้ วิธี Thiessen polygon เป็นการใช้ข้อมูลเฉลี่ยจากสถานีที่อยู่รอบพื้นที่เป็นตัวแทน

ของข้อมูลฝนในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งถ้าจำนวณสถานีฝนมีน้อยและกระจายข้อมูลลงในพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ ความละเอียดของข้อมูลในเชิงพื้นที่ที่ได้ก็จะมีความละเอียดน้อยลงตามความหนาแน่นของสถานีฝนที่มี โดยทั้ง 2 วิธีที่กล่าวมานี้เป็นการคำนวณในเชิงคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว ซึ่งวิธี isohyets การพิจารณาข้อมูลจากจุดลงสู่พื้นที่สามารถใช้การตัดสินใจและประสบการณ์จากศึกษาแผนภาพฝน ทำให้สามารถนำข้อมูลสภาพภูมิประเทศเข้ามาร่วมพิจารณาด้วย ทำให้วิธีนี้สามารถสร้างแผนภาพฝนที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงความจริงและมีความสัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศได้ดังเช่นในการศึกษาของ (Fiedler, 2003) ได้ใช้แผนภาพฝนที่สร้างขึ้นด้วยวิธี isohyets แทนข้อมูลฝนจริงของฝนในเชิงพื้นที่เป็นฐานที่ใช้ในปรับแก้ตัวแปรน้ำหนักของวิธี Thiessen polygon ซึ่งทำให้ค่าเบี่ยงเบนในระยะยาวของข้อมูลฝนที่ถูกกระจายในเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Thiessen polygon มีค่าลดลง ทั้งนี้เมื่อข้อมูลมีช่วงเวลาที่มีความละเอียดมากขึ้นการสร้างข้อมูลฝนที่ต้องการการตัดสินใจจากผู้ศึกษาแผนภาพฝนจะต้องใช้เวลามากขึ้นตามความละเอียดของข้อมูลเช่นกัน

Sunil and Alfredsen (2012) ได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 และ GSMaP MVK+ กับข้อมูลฝนสถานีในลุ่มน้ำ Narayani ประเทศเนปาล และประยุกต์ใช้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในการจำลองสภาพน้ำท่าด้วยแบบจำลองLANDPINEในลุ่มน้ำ Trishuli ซึ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำ Narayani การเปรียบเทียบข้อมูลฝนเป็นการเปรียบเทียบด้วยข้อมูลแบบจุดของสถานีฝนสังเกตการณ์รายวันกับกริดของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมรายวันด้วยตัวแปรทางสถิติอันได้แก่ correlation coefficient (R), Nash-Sutcliffe effciency (NSE), estimation bias (EB) และ probability of detection (POD) ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบด้วยข้อมูลฝนคือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมทั้ง 2 ชนิดกับข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์ค่อนข้างแย่ และมีปริมาณฝนที่น้อยกว่าค่าของสถานี เมื่อทำการจำลองสภาพน้ำท่าผลที่ได้จากฝนจากข้อมูลดาวเทียมทั้ง 2 ตัว ได้ให้ลักษณะของกราฟน้ำท่าที่ใกล้เคียงกับข้อมูลของสถานีน้ำท่าได้ดีมาก แต่ปริมาณน้ำท่ายังมีปริมาณต่ำกว่า โดย GSMaP ให้ผลปริมาณน้ำท่าที่ต่ำกว่าค่าจากสถานีซึ่งมากกว่าความผิดพลาดจากข้อมูล TRMMและได้แนะนำว่าข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM สามารถนำไปใช้กับลุ่มน้ำที่ขาดข้อมูลฝนที่มีความละเอียดได้ แต่ยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมในลุ่มน้ำอื่นๆเพื่อยืนยันความคิดนี้

Qin et al. (2014) ได้ทำการประเมินศักยภาพข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม 4 ตัว ได้แก่ TRMM 3B42, TRMM 3B42RT, CMORPH และ GSMaP ด้วยการเปรียบเทียบกับข้อมูลฝนสถานีใน

ประเทศจีน ในช่วงเวลาปี คศ. 2003 - 2006 ด้วยวิธีการประเมินในกลุ่มของความต่อเนื่องทางสถิติ ได้แก่ ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (mean error, ME) ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean squared error, RMSE) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) และความแน่ชัดทางสถิติ ความน่าจะเป็นในการตรวจจับ (probability of detection, POD) สัดส่วนในการแจ้งพลาด (false alarm ratio, FAR) ผลสามารถสรุปได้ดังนี้

1.) GSMaP และ CMORPH ประมาณปริมาณฝนได้น้อยกว่าข้อมูลจากสถานี ชุดข้อมูล TRMM 3B42RT ประมาณค่าฝนได้สูงกว่า ในขณะที่ชุดข้อมูล TRMM 3B42 ซึ่งเป็นชุดข้อมูลเดียวที่ได้รับการปรับแก้ข้อมูลจากสถานีสังเกตการณ์ ได้ประมาณค่าที่ดีที่สุดจากทั้ง 4 ชุดข้อมูล

2.) GSMaP CMORPH และ TRMM 3B42RT ประมาณเหตุการณ์ฝนตกในช่วงที่มีความเข้มฝนน้อยมากกว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากสถานีสังเกตการณ์ ในช่วงความเข้มฝนเดียวกันของชุดข้อมูล TRMM 3B42 ได้ประเมิณเหตุกาณ์ได้มากกว่าเหตุการณ์จากสถานี ในช่วงของความเข้มฝนมาก TRMM 3B42RT มีแนวโน้มที่ประมาณเหตุการณ์ได้มากกว่าเหตุการณ์ที่ได้จากสถานีสังเกตการณ์ โดย TRMM 3B42 และ CMORPH ได้ให้ผลที่ใกล้เคียงที่สุด

3.) ทุกชุดข้อมูลมีศักยภาพที่ดีในช่วงฤดูร้อนมากกว่าในช่วงฤดูหนาว รวมทั้งในพื้นที่อากาศชื้นทางตอนใต้มีผลที่ดีกว่าพื้นที่อากาศแห้งทางตอนเหนือและมีเป็นพื้นที่สูง ในภาพรวมรวมแล้วข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมทั้ง 4 แบบนั้นมีศักยภาพที่ดีต่อพื้นที่ในประเทศจีน และผลการเปรียบเทียบทั้งหมดได้ให้ผลว่าการประมาณฝนในพื้นที่ทางตะวันออกเฉียงใต้และพื้นที่ภูมิอากาศชื้นให้ศักยภาพที่ดีกว่าพื้นที่ธิเบตตะวันออก พื้นที่เกือบทั้งหมดทางตะวันตกเฉียงเหนือที่มีภูมิอากาศแห้ง

2.2 การปรับแก้ค่าเอนเอียง

จุดด้อยของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมคือมีเบี่ยงเบนเชิงสถิติของข้อมูลในเชิงปริมาณเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลฝนสถานี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมก่อนนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อ

2.2.1 วิธีการปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูล (bias correction method)

Hashino et al. (2007) ได้ทำการสรุปฟังก์ชันการปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูลออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้ คือ ประเภท event bias correction method ประเภท regression method

และ ประเภท quantile mapping method โดยให้การปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูลเป็นฟังก์ชันของข้อมูลจากแบบจำลอง หรือที่ไม่ได้มาจากการวัดจริงสำหรับข้อมูลในแต่ละเดือนและผลที่ได้คือข้อมูลที่ปรับแก้แล้วโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ประเภท event bias correction method เสนอโดย Smith et al. (1992) โดยสมมุติข้อมูลเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอดีตนั้นเป็นเหตุการณ์ที่เกิดเป็นลำดับ และใช้ข้อมูลที่มีอยู่ในการใช้หาตัวแปรปรับแก้ข้อมูลโดยไม่มีเงื่อนไขเริ่มต้น จุดเด่นของวิธีนี้อยู่ที่ ตัวคูณปรับแก้ที่ใช้กับข้อมูลขึ้นอยู่กับเพียงชุดข้อมูลเท่านั้น โดยพิจารณาตามสมการที่ 2.1

$$Z_j^i = B_j^i \times \hat{Y}_j^i \tag{2.1}$$

เมื่อ B_j^i คือตัวคูณปรับแก้ที่เดือนที่ i และปีที่ j โดยการหาค่า B_j^i นั้นหาได้จากสมการที่ 2.2

Z_j^i คือผลการปรับแก้ที่เดือนที่ I และปีที่ j

$\hat{Y}_j^i$ คือข้อมูลที่ต้อถูกปรับกีที่เดือนที่ i และปีที่ j

$$B_j^i = Y_j^i / \hat{Y}_j^i \tag{2.2}$$

เมื่อ Y_j^i คือข้อมูลที่วัดจริงที่เดือน i ปีที่ j

2. ประเภท regression method วิธีนี้แก้ไขความเอนเอียงของข้อมูล โดยใส่ข้อมูลคาดหวัง (expected value) แทนที่ข้อมูลที่จำลองขึ้นมา ด้วยข้อมูลที่คาดหวังจากการวัดจริง โดยสมการแสดงดังสมการที่ 2.3

$$Z_j^i = E\left[Y_j^i \mid \hat{Y}_j^i\right] \tag{2.3}$$

เมื่อ $E\left[Y_j^i \mid \hat{Y}_j^i\right]$ คือ ฟังก์ชันที่คาดหวังของ Y_j^i ต่อ $\hat{Y}_j^i$

3. ประเภท quantile mapping method เป็นการใช้ empirical probability distributions สำหรับข้อมูลสถานีและข้อมูลจากการจำลองเพื่อการปรับแก้ โดยทั่วไปเป็นการใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำหรับปรับแก้จำพวกแบบจำลองชั้นบรรยากาศ (atmospheric models) (Wood et al., 2002) โดยสมการแสดงดังสมการที่ 2.4

$$Z_j^i = F_{oj}^{-1}\left(F_{sj}\left(\hat{Y}_j^i\right)\right) \tag{2.4}$$

เมื่อ F_{sj} เป็นฟังก์ชันการกระจายตัวสะสมของข้อมูลจำลองรายเดือนที่เดือน j

F_{oj}^{-1} เป็นฟังก์ชันการกระจายตัวสะสมของข้อมูลวัดจริงรายเดือนที่เดือน j

2.2.2 วิธีการปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้ประยุกต์วิธีการปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูลข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมจาก Immerzeel (2010) 2 วิธีได้แก่ distribution transformation และ spatial bias โดยนำมาปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมของ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) และเทียบกับสถานีฝนภาคพื้นในลุ่มแม่น้ำโขง โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคาดการพื้นที่น้ำท่วมในลุ่มน้ำโขง เมื่อจัดกลุ่มตามประเภทของวิธีปรับแก้ดังที่มีการสรุปไว้ในหัวข้อแรก ทั้ง 2 วิธีนี้สามารถจัดอยู่ในกลุ่มของ event bias correction method จากการที่ใช้ข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมและสามารถประยุกต์ใช้กับข้อมูลในเชิงรายวันได้ โดยทั้ง 2 วิธี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.) วิธี distribution transformation วิธีนี้พัฒนาเพื่อการใช้สำหรับการย่อขนาดแบบจำลองชั้นบรรยากาศ (Bouwer, 2004) สามารถสรุปขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

1. หาตัวแปรอัตราส่วนค่าเฉลี่ย (mean, μ_f) ของข้อมูลฝนสถานีเฉลี่ย (μ_{OBS}) และข้อมูลฝนตรวจวัดด้วยฝนดาวเทียมเฉลี่ย (μ_{SRE}) สำหรับในทุกจุดที่มีข้อมูล ดังสมการที่ 2.5

$$\mu_f = \frac{\mu_{OBS}}{\mu_{SRE}} \tag{2.5}$$

2. หาตัวแปรอัตราส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviations, τ_f) ของข้อมูลฝนสถานีเฉลี่ย (τ_{OBS}) และข้อมูลฝนตรวจวัดด้วยฝนดาวเทียมเฉลี่ย (τ_{SRE}) ดังสมการที่ 2.6

$$\tau_f = \frac{\tau_{OBS}}{\tau_{SRE}} \quad (2.6)$$

3. ปรับแก้ข้อมูลในแต่ละกริดของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม โดยใช้สมการที่ เมื่อ SRE_c คือข้อมูลที่ปรับแก้แล้ว SRE_o คือข้อมูลที่ยังไม่ได้ปรับแก้ ถ้าจำนวนของสถานีที่ช่วงเวลาที่พิจารณามีข้อมูลต่ำกว่าระดับที่กำหนดไว้ สามารถใช้สมการที่2.8 ในการปรับแก้โดยตัวแปร μ_{fd} คือค่าที่ได้ตั้งเอาไว้ในการปรับแก้ข้อมูล

$$SRE_c = (SRE_o - \mu_{SRE}) \cdot \tau_f + \mu_{SRE} \cdot \mu_f \quad (2.7)$$

$$SRE_c = SRE_o \cdot \mu_{fd} \quad (2.8)$$

2.) วิธี spatial bias วิธีนี้นำเสนอโดย Cheema and Bastiaanssen (2011) ซึ่งมีขั้นตอนทั้งหมด 3 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ที่แต่ละตำแหน่งกริดของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่มีสถานีวัดข้อมูลฝน นำมาหาความคลาดเคลื่อนกัน โดยใช้สมการที่ 2.9

2. หลังจากได้ความคลาดเคลื่อนระหว่างฝนจากข้อมูลดาวเทียม และข้อมูลฝนสถานี ที่แต่ละตำแหน่ง นำความคลาดเคลื่อนที่ได้มากระจายข้อมูลลงในเชิงพื้นให้มีความละเอียดข้อมูลเท่ากับขนาดของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม

3.ปรับความเอนเอียงของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมด้วยสมการที่ โดยทำการลบค่าความแตกต่างที่ได้ออกเพื่อสร้างข้อมูลที่ปรับแก้

$$\Delta R_{(x,y)} = R_{TRMM(x,y)} - R_{RGS(x,y)} \quad (2.9)$$

$$\Delta R_{(x,y)ip} = \Delta R_{(x,y)} \quad (2.10)$$

$$R_{cal(2)} = R_{TRMM} - \Delta R_{(x,y)ip} \quad (2.11)$$

เมื่อ $R_{TRMM(x,y)}$ คือ ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่ตำแหน่งกริด (x,y)

$R_{RGS(x,y)}$ คือ ข้อมูลสถานีฝนสังเกตุการณ์ที่ตำแหน่ง (x,y)

$\Delta R_{(x,y)}$ คือ ค่าความแตกต่างระหว่างฝนจากข้อมูลดาวเทียมกับฝนจากสถานีสังเกตการณ์ที่ตำแหน่ง (x,y)

$\Delta R_{(x,y)ip}$ คือค่าความผิดพลาดที่ถูกกระจายข้อมูลลงในระบบกริด

$R_{cal(2)}$ คือ ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่ถูกปรับแก้

2.3 แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่า

2.3.1 ภาพรวมของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

Thompson (2004) ได้กล่าวไว้ว่า เหตุผลของความจำเป็นในการใช้แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า คือ ข้อจำกัดในวิธีการวัดข้อมูลทางอุทกวิทยา ซึ่งไม่สามารถวัดข้อมูลทุกอย่างที่ต้องการในแต่ละพื้นที่ได้ ปัญหาที่พบคือข้อจำกัดของวิธีในการวัดข้อมูล ทั้งการวัดข้อมูลเชิงเวลาและเชิงพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ขาดสถานีตรวจวัดและข้อมูลในอนาคตสำหรับการประเมินผลกระทบในอนาคต แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าแบบต่างๆ สามารถให้ผลลัพธ์ที่มีความแตกต่างกัน หรือช่วยในการทำนายผลในอนาคต ซึ่งเป็นข้อมูลที่ช่วยในการตัดสินใจได้

การแบ่งชนิดของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถช่วยในการอธิบายถึงความสามารถ จุดแข็งและข้อจำกัดของแต่ละแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยการแบ่งชนิดนั้นสามารถแบ่งได้หลายแบบตามบรรทัดฐานของผู้สนใจ Knapp et al. (1991) ได้แบ่ง ประเภทของแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่าไว้โดยใช้เกณฑ์ความละเอียดของพื้นที่การคำนวณ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

lumped model คือการใช้ข้อมูลเฉลี่ยในทั้งลุ่มน้ำในการจำลอง เช่น ข้อมูลฝน การใช้ที่ดิน เป็นต้น ไม่ได้มีการสนใจในคุณลักษณะสภาพการไหล (flow-routing) และ รายละเอียดย่อยอื่นๆ ผลที่ได้จากแบบจำลองจะเป็นข้อมูลในเชิงเฉลี่ยของทั้งพื้นที่ จุดเด่นของแบบจำลองประเภทนี้คือต้องการข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองน้อย สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเหมาะสมกับพื้นที่ที่ขาดข้อมูลในเชิงพื้นที่และสำหรับงานวิเคราะห์เบื้องต้น

distributed model คือแบบจำลองที่ต้องการข้อมูลหรือตัวแปร ตลอดทั้งพื้นที่ศึกษา ทั้งข้อมูลทางภูมิศาสตร์ อุทกวิทยาเป็นต้น ทำให้ในแต่ละส่วนของลุ่มน้ำที่ใช้ในการจำลองมีความแตกต่างกัน ในการเปลี่ยนแปลงทางกระบวนการทางอุทกวิทยาที่เกิดขึ้นทั่วทั้งพื้นที่ ในส่วนของแบบจำลอง distributed model อย่างสมบูรณ์ในแต่ละตำแหน่งการคำนวณสามารถมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน

กับตำแหน่งการคำนวณที่ใกล้เคียงกันได้ โดยจุดเด่นของแบบจำลองนี้คือทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในพื้นที่ได้อย่างละเอียดขึ้นอยู่กับขนาดตำแหน่งการคำนวณที่ใช้ในการจำลอง ซึ่งทำให้การจำลองเข้าใกล้สภาพความเป็นจริงมากกว่า lumped model แต่ว่าต้องการข้อมูลที่มีรายละเอียดที่สูงกว่า ซึ่งถ้าข้อมูลไม่เพียงพอก็อาจให้ผลที่แย่กว่า lumped model ได้ แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้จัดอยู่ใน distributed models คือแบบจำลอง น้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก (Rainfall–Runoff–Inundation, RRI) พัฒนาขึ้นโดย Dr. Sayama และคณะ (Sayama et al., 2010; Sayama et al., 2012; Sayama et al., 2013)

การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความจำเป็นที่ต้องปรับเทียบแบบจำลอง (model calibration) เพื่อปรับตัวแปรทางอุทกวิทยาสำหรับแบบจำลองให้มีความใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริงในพื้นที่ศึกษา รวมทั้งทำให้ผลการจำลองมีค่าความแม่นยำเพิ่มขึ้น และสอบทานแบบจำลอง (model validation) เพื่อยืนยันการใช้ตัวแปรเดียวกับการปรับเทียบแบบจำลองสามารถนำมาใช้กับกรณีศึกษาอื่นในพื้นที่ศึกษาเดียวกันที่ให้ผลลัพธ์ที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลจริง

ปัญหาความซับซ้อนของการปรับเทียบแบบจำลองมีเพิ่มขึ้นตามการพัฒนาของทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับทางอุทกวิทยาถึงแม้การเก็บข้อมูลภาคสนามที่มากและดี มีส่วนช่วยในการปรับเทียบแบบจำลอง แต่มีอีกแนวคิดนึงที่มีความเหมาะสมมากกว่า คือการยอมรับธรรมชาติของปัญหาในการปรับเทียบนั้นคือปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์และข้อผิดพลาดของแบบจำลอง (Gupta et al., 1998) เนื่องจากการพิจารณาตัวแปรสำหรับการปรับเทียบแบบจำลองเป็นปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง (sensitivity analysis) ของตัวแปรที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองทางอุทกวิทยา เป็นเครื่องมือที่มีส่วนในการช่วยปรับเทียบแบบจำลองให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความสมเหตุสมผลกับข้อมูลจริง โดยรายละเอียดของแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษานี้ และรายละเอียดของการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

2.3.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว คือการวัดผลของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหนึ่งต่ออีกตัวแปรหนึ่ง เป็นวิธีการที่มีประโยชน์ต่อทุกขั้นตอนของแบบจำลองทางอุทกวิทยาอันได้แก่ การตั้งสมการของแบบจำลองการปรับเทียบแบบจำลอง และการสอบทานแบบจำลอง (McCuen, 1973)

จุดเด่นสำหรับการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองช่วยให้ทราบว่าพารามิเตอร์ใดมีอิทธิพลต่อผลลัพธ์มากหรือน้อย ทำให้ช่วยในการเลือกพารามิเตอร์ในขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการปรับเทียบแบบจำลอง เพื่อหาจุดที่ผลลัพธ์ที่ได้มีผลเข้าใกล้กับค่าจริงจากการวัดvan Griensven et al. (2006) ได้สรุปวิธีการของการวิเคราะห์ความอ่อนไหวสำหรับแบบจำลองทางอุทกวิทยา สามารถแบ่งประเภทตามลักษณะการปรับตัวแปรออกเป็น 4 วิธีได้ดังต่อไปนี้

1. วิธี local method วิธีนี้มุ่งเน้นวิเคราะห์ผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าทีละตัวแปร (ค่าเฉลี่ย ค่าที่เลือก หรือค่าที่ดีที่สุด) สามารถหาได้จาก ค่าตั้งต้น และค่าจากการปรับแบบจำลองแบบหยาบ ความอ่อนไหวคำนวณจากอนุพันธ์ของตัวแปรของตัวแปรที่พิจารณา

2. วิธี first order second moment method พิจารณาค่าเฉลี่ย (mean, first moment) และ ค่าความแปรปรวน (variance, second moment) ของผลลัพธ์ที่เกิดจากแบบจำลอง โดยการคำนวณอนุพันธ์ของผลลัพธ์จากแบบจำลองไปสู่ข้อมูลนำเข้าของแบบจำลอง วิธีนี้ได้ถูกออกแบบเพื่อการทำนายค่าความไม่แน่นอนของผลลัพธ์แต่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวได้เช่นกัน

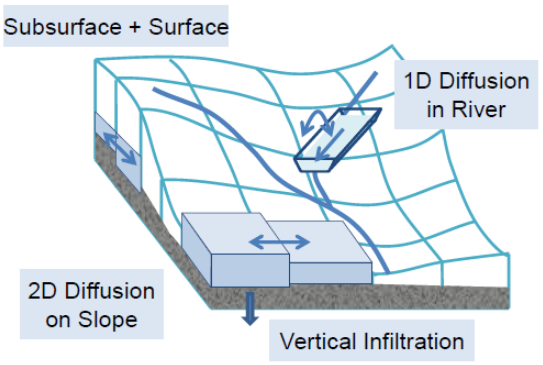
3. วิธี integration of a local method to a global method วิธีนี้พัฒนาจากวิธีlocal method เป็นวิธีglobal method โดยใช้ OAT (one factor at a time) (Morris, 1991) พื้นฐานของผลกระทบของพารามิเตอร์แต่ละตัว สามารถหาได้จากการคำนวณจำนวนไม่มากครั้ง ทำให้มีประโยชน์ต่อแบบจำลองที่มีพารามิเตอร์หลายตัว เช่น แบบจำลอง SWAT เป็นต้น

4. วิธี global sampling method วิธีนี้แตกต่างจาก local method จากการที่พิจารณาพารามิเตอร์หลายตัวพร้อมกัน ในแบบสุ่มหรือเป็นระบบจากทั้งหมดของค่าพารามิเตอร์ที่เป็นไปได้ ทำให้ทราบความสำคัญของพารามิเตอร์แต่ละตัว สามารถนำวิธีนี้ไปใช้กับการหาความอ่อนไหวหรือความไม่แน่นอนระหว่างพารามิเตอร์ของแบบจำลองกับผลลัพธ์จากแบบจำลอง วิธีการที่จัดอยู่ในกลุ่ม global sampling method เช่น Monte Carlo methods Latin–Hypercube (LH) simulations Variance-based methods เป็นต้น

2.3.3 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก

แบบจำลอง Rainfall–Runoff–Inundation (RRI) เป็นแบบจำลองที่สามารถจำลองสภาพน้ำฝน–น้ำท่า และน้ำหลาก พร้อมกัน พัฒนาขึ้นโดย Dr. Sayama และคณะ (Sayama et al., 2010;

Sayama et al., 2012; Sayama et al., 2013) รูปที่ 2.1 แสดงถึง โครงข่ายทางกายภาพสำหรับแบบจำลอง ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะความชันของภูมิประเทศ และแยกลำน้ำในการพิจารณาสำหรับในแต่ละตำแหน่งการคำนวณโดยในแต่ละตำแหน่งนั้นจะให้พิกัดของลำน้ำในตำแหน่งต่างๆ โดยมีสมมติฐานว่าพื้นที่น้ำท่วมและทางน้ำถูกวางอยู่ภายในตำแหน่งการคำนวณเดียวกัน ลำน้ำจะถูกแยกคำนวณเป็นการไหล 1 มิติ ตลอดเส้นศูนย์กลางของตำแหน่งการคำนวณการไหลด้านข้าง (lateral flow) คำนวณภายในตำแหน่งการคำนวณด้วยแบบจำลอง 2 มิติ โดยที่ตำแหน่งการคำนวณที่มีลำน้ำไหลผ่านจะมีความลึกของน้ำ 2 ค่า ได้แก่ ความลึกของน้ำในลำน้ำ (channel depth) และ ความลึกของน้ำในที่ราบน้ำท่วม (floodplain depth) ความสัมพันธ์ระหว่างการไหลเข้าและออกจากลำน้ำจะคำนวณจากสมการทางชลศาสตร์ ซึ่งขึ้นกับเงื่อนไขของระดับน้ำและความสูงของคันกั้นน้ำ



รูปที่ 2.1 Schematic diagram ของแบบจำลอง RRI (RRI Model User's Manual)

สมการที่ใช้ในแบบจำลอง RRI คือสมการสมดุลน้ำ (mass balance equation) และสมการสมดุลโมเมนตัม (momentum equation) ดังแสดงในสมการที่ 2.16 2.17 และ 2.18 ตามลำดับ สำหรับการไหลแบบไม่คงตัว (unsteady flow)

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial q_x}{\partial x}+\frac{\partial q_y}{\partial y}=r-f \tag{2.16}$$

$$\frac{\partial q_x}{\partial t}+\frac{\partial u q_x}{\partial x}+\frac{\partial v q_x}{\partial y}=-gh\frac{\partial H}{\partial x}-\frac{\tau_x}{\rho_w} \tag{2.17}$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t}+\frac{\partial u q_y}{\partial x}+\frac{\partial v q_y}{\partial y}=-gh\frac{\partial H}{\partial y}-\frac{\tau_y}{\rho_w} \tag{2.18}$$

เมื่อ h คือ ความสูงของระดับน้ำจากระดับท้องน้ำ

q_x และ q_y คือ ยูนิตความกว้างของอัตราการไหลต่อความกว้างในทิศทางแกนx และแกนy

u และ v คือ ความเร็วการไหลในทิศทางแกน x และแกน y

r คือ ความเข้มฝน (rainfall Intensity)

f คือ อัตราการซึมของน้ำ (infiltration rate)

H คือ ความสูงของน้ำจากระดับอ้างอิง

ρ_w ความหนาแน่นของน้ำ

g คือ อัตราเร่งของแรงดึงดูดโลก

τ_x และ τ_y คือ shear stresses ในทิศทางแกน x และแกน y

2.4 การศึกษาการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับอุทกภัยในลุ่มน้ำยม

จิรัฐินาฏ (2547) ได้ศึกษาการจำลองสภาพอัตราการไหล และระดับน้ำในลุ่มน้ำยม โดยใช้แบบจำลอง MIKE 11 เพื่อนำผลจากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับเหตุการณ์อุทกภัยในปี พ.ศ. 2538 ในกรณีที่มีการระบายน้ำไปในพื้นที่น้ำท่วมธรรมชาติ และกำหนดให้พื้นที่รับน้ำท่วมต่างๆ มีความลึกมากกว่าสภาพปี พ.ศ. 2547 2 เมตรเพื่อรองรับน้ำท่วม ผลการศึกษาคือ เมื่อระบายน้ำลงสู่พื้นที่รับน้ำแล้วสามารถช่วยลดระดับน้ำในส่วนก่อนเข้าจังหวัดสุโขทัยได้ 2.22 เมตร

รัฐพันธ์ (2547) ได้ศึกษาการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำยม โดยใช้กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำแก่งเสือเต้นที่ความจุอ่างต่างๆ โดยใช้แบบจำลอง HEC-RAS ในการจำลองการไหลในลำน้ำ โดยใช้พื้นที่ตั้งแต่ท้ายอ่างเก็บน้ำแก่งเสือเต้นจนถึงพื้นที่อำเภอโพทะเล จังหวัดพิจิตร ด้วยกรณีไม่มีอ่างเก็บน้ำ และ มีอ่างเก็บน้ำที่ความจุ 400 ถึง 1,600 ล้านลูกบาศก์เมตร ใช้ข้อมูล 6 ปีที่เกิดอุทกภัยใหญ่ในลุ่มน้ำยม ได้แก่ปีพ.ศ. 2523 2527 2537 2538 2539 และ 2544 ผลการศึกษาใช้ พื้นที่น้ำท่วม ปริมาณน้ำหลาก ปริมาณน้ำหลากสูงสุด ระกับน้ำที่ล้นตลิ่ง วันที่เกิดอุทกภัย และความถี่ของการเกิด เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ โดยกรณีที่มีอ่างเก็บน้ำแก่งเสือเต้นขนาด 1,200 ล้านลูกบาศก์เมตร ที่มีขนาดใกล้เคียงกับที่เคยมีการศึกษาโครงการแก่งเสือเต้น สามารถช่วยบรรเทาอุทกภัยได้ตั้งแต่ท้ายอ่างเก็บน้ำลงไปโดยรอบปีการเกิดซ้ำของสภาพอุทกภัยที่ อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย จาก 1.7 ปี เพิ่มขึ้นเป็น 3.6 ปี และที่อำเภอสามง่าม จังหวัดพิจิตร เพิ่มจาก 10 ปี เป็น 12.5 ปี

Tingsanchali and Karim (2010) ได้ศึกษาถึงความเสี่ยงและภัยน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มน้ำยม โดยใช้แบบจำลอง hydrologic – hydrodynamic ได้แก่ NAM model และ MIKE 11 ร่วมด้วยกับ GIS โดยได้ใช้ระดับความสูงของน้ำเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน ในกรณีที่รอบปีการเกิดซ้ำที่ 25 50 100 และ 200 ปี พื้นที่เสี่ยงภัยที่รอบปีการเกิดซ้ำ 100 ปี มีถึง 78% ของพื้นที่ลุ่มน้ำยมตอนบนได้รับผลกระทบ ในส่วนของความเสี่ยงได้แบ่งความรุนแรงเป็น ต่ำ ปานกลาง สูง และรุนแรง โดยมีขนาดพื้นที่ในแต่ละระดับความรุนแรงอยู่ที่ 33% 11% 28% และ 6% ตามลำดับ

กรมชลประทาน (2554) ได้ทำการศึกษาความเหมาะสมของโครงการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำยม และลุ่มน้ำน่าน เพื่อช่วยในการบรรเทาปัญหาอุทกภัยที่เกิดขึ้นกับพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อยู่อาศัย และพื้นที่อื่นๆที่ได้รับผลกระทบ โดยมีโครงการในระยะสั้นและระยะยาว ได้แก่ การก่อสร้างประตูระบายน้ำ อ่างเก็บน้ำ เขื่อนป้องกันตลิ่ง และ ปรับปรุงประตูระบายน้ำ พื้นที่แก้มลิง ทางน้ำแหล่งน้ำธรรมชาติ การผันน้ำข้ามลุ่มน้ำ

Pakoksung et al. (2012) ได้ศึกษาการใช้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมและข้อมูลการใช้ที่ดิน เพื่อทำนายปริมาณน้ำฝนในอนาคตและพื้นที่น้ำท่วม โดยปรับแก้ฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM ด้วยวิธีปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมด้วยวิธีการสร้างสมการความสัมพันธ์ของความถดถอยระหว่างข้อมูล TRMM และข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์ จากนั้นใช้ข้อมูล TRMM ที่ปรับแก้แล้วเพื่อจำลองสภาพน้ำท่า โดยใช้แบบจำลอง RRI จุดประสงค์คือเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการเตือนภัยน้ำท่วม หรือการสร้างแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม ผลที่ได้คือการปรับแก้ข้อมูล TRMM ทำให้ข้อมูลมีความแม่นยำมากขึ้น และผลที่ได้ช่วยในการประเมินสภาพฝนในส่วนที่ขาดสถานีวัดข้อมูล และสามารถประยุกต์เพื่อ จำลองปริมาณน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วม ซึ่งเมื่อนำข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมจากภาพถ่ายดาวเทียมมาเปรียบเทียบกับผลจากแบบจำลอง พบว่าพื้นที่น้ำท่วมนั้นมีความใกล้เคียงกัน

ปฏิญญา (2556) ทำการศึกษาและประเมินผลกระทบจากอุทกภัยของจังหวัดสุโขทัย ด้วยการประยุกต์ใช้ของมูลฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก MRI ECHAM5 และ CSIRO-MK3.5 โดยแบ่งช่วงเวลาการศึกษาเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงปัจจุบัน (ค.ศ. 1979-2006) อนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2015-

2039) และอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099) ผลการศึกษาได้พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลสูงสุดและระดับน้ำที่สถานี Y.14 รวมทั้งแนวโน้มของพื้นที่น้ำท่วมที่เพิ่มขึ้นในกรณีอนาคตอันใกล้และในอนาคตอันไกลมีความเป็นไปได้ทั้งในทางที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง และผู้ศึกษาได้เสนอแนะวิธีการปรับตัวเบื้องต้นในการลดระดับน้ำท่วมด้วยวิธีเพิ่มการปรับปรุงลักษณะการผันน้ำเลี่ยงเขตเศรษฐกิจจังหวัดสุโขทัย การใช้พื้นที่ทุ่งน้ำหลากฝั่งขวาของแม่น้ำยม และรูปแบบการปรับตัวแบบผสมผสาน

Koontanakulvong et al. (2013) ได้ศึกษาถึงความแตกต่างของความเป็นไปได้ของสภาพน้ำท่วมที่เปลี่ยนแปลงในพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำยมโดยใช้ข้อมูลน้ำท่วมและความเสียหาย ข้อมูล MRI-GCM ถูกใช้ในการจำลองเพื่อศึกษาเหตุการณ์น้ำท่วมในอนาคต ในรูปของปริมาณน้ำท่วมสูงสุด และพื้นที่น้ำท่วม ในพื้นที่จังหวัดสุโขทัย ร่วมด้วยกับข้อมูลฝน TRMM และการนำแบบจำลอง RRI มาใช้ ผลที่ได้คือในอนาคตนั้น สามารถมีปริมาณน้ำท่วมมากขึ้นได้ถึง 80-120% โดยการจัดทำแผนเสี่ยงภัยน้ำท่วม มีประโยชน์ต่อการปรับตัวสำหรับเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นในอนาคต

Sriariyawat et al. (2013) ได้ทำการประเมินค่าของความเสียหายสำหรับเหตุการณ์น้ำท่วมในส่วนพื้นที่สุโขทัยในปี 2554 โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลอง เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการประเมินค่าความเสียหายจากน้ำท่วมในอนาคต โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมกับข้อมูลมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นในอดีตที่ได้มีการบันทึกไว้ หลังจากนั้นจึงทำการจำลองสภาพน้ำท่วมในปี 2554 ด้วยแบบจำลอง RRI ร่วมกับข้อมูล TRMM เมื่อนำผลที่ได้จากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่บันทึกไว้พบว่า ยังมีความผิดพลาดอยู่ที่ประมาณ 27% ในส่วนของมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้น และสรุปได้ว่าแบบจำลอง RRI นั้นมีประโยชน์ต่อการมีส่วนในการช่วยประเมินความเสียหายจากน้ำท่วมได้

2.5 พื้นที่ศึกษา

2.5.1 สภาพพื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำยมเป็นลุ่มน้ำทางตอนเหนือของประเทศไทย การวางตัวของลุ่มน้ำวางตัวตามแนวทิศเหนือ - ใต้ มีพื้นที่รับน้ำรวมประมาณ 23,616 ตร.กม. อยู่ระหว่าง ละติจูด 15° 50′ เหนือ ถึง 19°25′ เหนือ และระหว่างลองติจูดที่ 99° 16′ตะวันออก ถึง 100° 40′ตะวันออกมีอาณาเขตติดต่อกับ 4 ลุ่มน้ำหลักคือ ทางทิศเหนือติดกับลุ่มน้ำโขง ทิศตะวันออกติดกับลุ่มน้ำน่าน ทิศใต้ติดกับลุ่มน้ำปิง และทิศ

ตะวันตกติดลุ่มน้ำวังและลุ่มน้ำปิง มีพื้นที่คลอบคลุม 11 จังหวัดอันได้แก่ พะเยา น่าน ลำปาง แพร่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก พิษณุโลก กำแพงเพชร พิจิตร และนครสวรรค์ ต้นกำหนดของแม่น้ำยมเริ่มต้นจากดอยขุนยวมในทิวเขาปันน้ำ อยู่ในเขตอำเภอปงและอำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา ไหลออกทางตะวันตกเฉียงใต้ผ่านหุบเขาที่ลาดชันมาก ก่อนจะไหลเข้าสู่งที่ราบแพร่ผ่านอำเภอสอง อำเภอสูงเม่น และอำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ จากนั้นไหลไปทางตะวันตกผ่านอำเภอลอง อำเภอวังชิ้น แล้วไหลลงสู่ที่ราบนอำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย โดยในช่วงนี้ความลาดชันของลำน้ำเริ่มลดลงมาก และไหลคู่ขนานกับลำน้ำน่าน จากนั้นไหลผ่านอำเภอสวรรคโลก อำเภอศรีสำโรง อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย เข้าสู่อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก ไหลเข้าจังหวัดพิจิตรที่อำเภอสามง่าม ผ่านอำเภอโพทะเล และบรรจบกับแม่น้ำน่านที่บ้านเกยไชย อำเภอชุมแสง จังหวัดนครสวรรค์ รวมความยาวลำน้ำประมาณ 735 กิโลเมตร

สภาพภูมิประเทศและลุ่มน้ำสาขา

ลุ่มน้ำยมประกอบด้วยลำน้ำสาขาที่สำคัญ ได้แก่ ลำน้ำควร ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอปง จังหวัดพะเยา ลำน้ำปี้ ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอเชียงม่วน จังหวัดพะเยา ลำน้ำงาว ไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมในเขตจังหวัดแพร่ น้ำแม่สองบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอสอง จังหวัดแพร่ น้ำแม่คำมีไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอหนองม่วงไข่ จังหวัดแพร่ น้ำแม่ต้าไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอลอง ห้วยแม่สิมไหลมาบรรจบแม่น้ำยมที่อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย น้ำแม่มอกไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัดสุโขทัย น้ำแม่รำพันบรรจบกับแม่น้ำยมที่อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย และแม่น้ำพิจิตรไหลมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่บ้านบางคลาน อำเภอโพทะเล จังหวัดพิจิตร

สภาพภูมิอากาศ

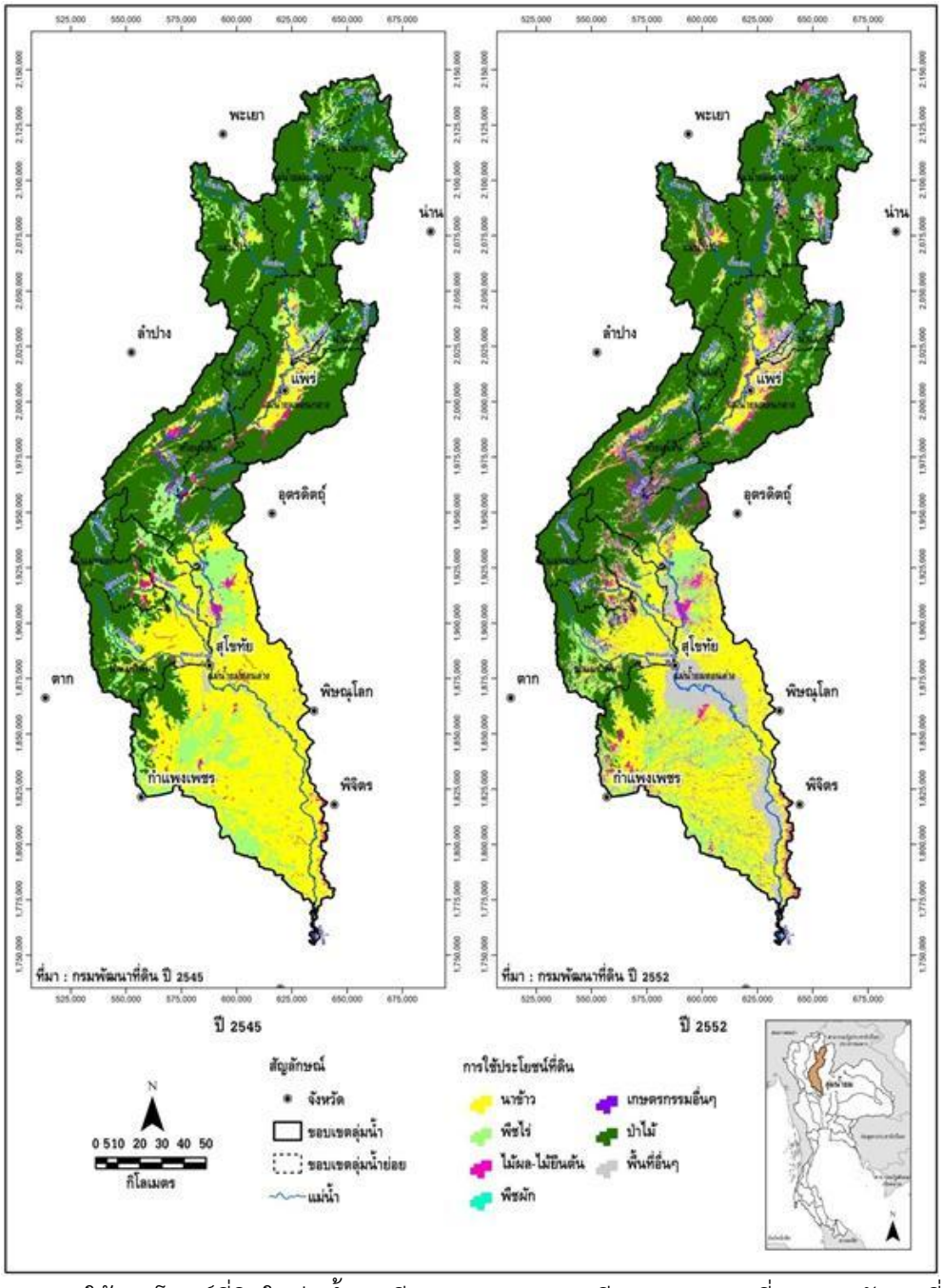
พื้นที่ลุ่มน้ำยมอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีพายุดีเปรสชั่นและพายุไต้ฝุ่น ซึ่งมาจากทะเลจีนใต้พัดผ่านเข้ามาเป็นครั้งคราว ซึ่งส่งผลทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ได้แก่ ฤดูฝนจะเกิดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวจะเกิดในช่วงปลายเดือนตุลาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนจะเกิดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน โดยกรมอุตุนิยมวิทยาได้รวบรวมข้อมูลสภาพภูมิอากาศของลุ่มน้ำยมดังนี้ อุณหภูมิเฉลี่ย

ตลอดปี 27.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายนวัดได้ 37.0 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนธันวาคมวัดได้ 17.1 องศาเซลเซียสความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยตลอดปีจะอยู่ระหว่าง 77.1 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดวัดได้ 95.5 เปอร์เซ็นต์ และค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดวัดได้ 42.5 เปอร์เซ็นต์ ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 67.8-83.8 เปอร์เซ็นต์ปริมาณการระเหยโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปี 1,636.8 มิลลิเมตรความเร็วลมโดยเฉลี่ยมีค่าประมาณ 1.3 น๊อต ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,225.3 มิลลิเมตร ช่วงพิสัยของค่าเฉลี่ยรายเดือน 4.7-263.1 มิลลิเมตร

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากข้อมูลการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินในปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2552 จากพื้นที่รับน้ำทั้งหมดของลุ่มน้ำยม 23,616 ตร.กม. ในปี พ.ศ. 2545 มีพื้นที่ป่าไม้ 52.11 % ในขณะที่ปี พ.ศ. 2552 มีพื้นที่ป่าลดลงเหลือ 49.30 % และพื้นที่เกษตรกรรม ในปี พ.ศ. 2545 มีพื้นที่ 44.15 % และในปี พ.ศ. 2552 มีพื้นที่ 39.66 % ซึ่งมีการลดลงเช่นเดียวกัน ทั้งหมดนั้นกลายไปเป็นพื้นที่อยู่อาศัย พื้นน้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด โดยเพิ่มขึ้นจาก 3.74 % มาเป็น 11.04 % ดังแสดงในรูปที่ 2.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2.2การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำยม ปี พ.ศ. 2545 และ ปี พ.ศ. 2552 (ที่มา กรมพัฒนาที่ดิน)

2.5.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ในหัวข้อนี้จะทำการสรุปข้อมูลที่ใช้ทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษานี้แบ่งเป็นข้อมูลกายภาพของลุ่มน้ำ และข้อมูลทางอุตุ-อุทกวิทยา ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ สังเกตการณ์ และเก็บข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ ข้อมูลที่มีทั้งหมดนี้จะถูกนำไปใช้สำหรับการศึกษาวิเคราะห์ดังรายละเอียดในบทที่ 3 4 และ 5

ข้อมูลทางกายภาพของลุ่มน้ำยม

ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (digital elevation model, DEM) จาก SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) ที่ใช้ในการสร้างขอบเขตของลุ่มน้ำ และลำน้ำรวมถึงจำลองการไหลมีขนาดความละเอียดของข้อมูลที่ 90 เมตร

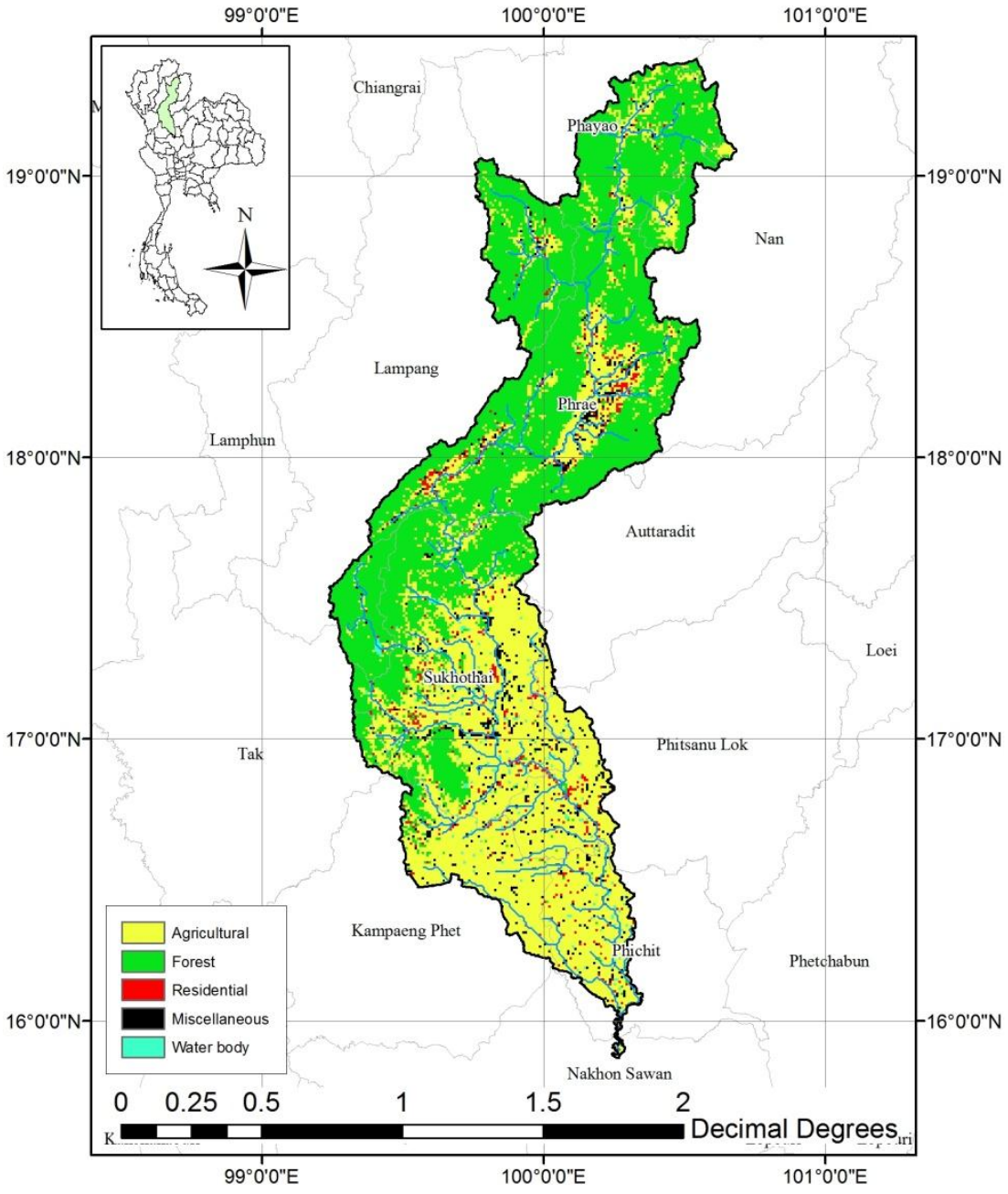
ข้อมูลการใช้ที่ดินด้วยข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินได้มีการแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นจำนวนมากซึ่งยากต่อการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า ดังนั้นในการศึกษานี้ใช้ข้อมูล ปี พ.ศ. 2552 เป็นข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองในการกำหนดค่าพารามิเตอร์การไหล โดยทำการแบ่งการใช้พื้นที่ออกเป็น 5 ชนิดดังรูปที่ 2.3 ได้แก่ พื้นที่ป่า พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อยู่อาศัย พื้นน้ำ และพื้นที่อื่นๆ อันได้แก่ โดยมีสัดส่วนจากพื้นที่ทั้งหมด 45% 47% 3% 1% และ 4% ตามลำดับ

ข้อมูลอุตุ-อุทกวิทยา

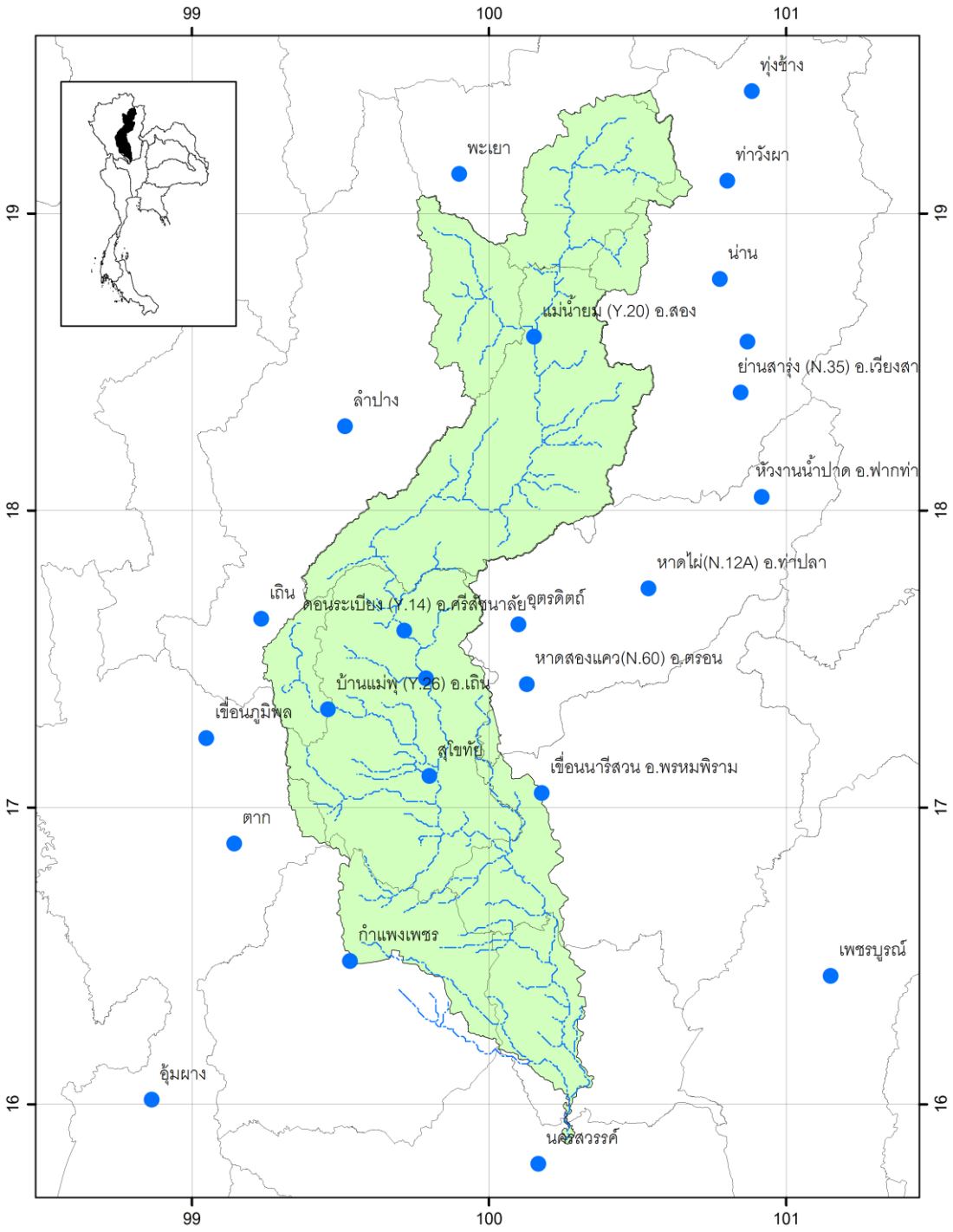
ข้อมูลฝนสถานีสังเกตการณ์ราย 3 ชั่วโมงจากกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 13 สถานี และข้อมูลรายวันจากกรมชลประทาน จำนวน 12 สถานีในช่วงเวลา ปี พ.ศ. 2543 ถึงปี พ.ศ. 2555 ดังแสดงตำแหน่งของสถานีฝนรายวันดังรูปที่ 2.4

ฝนจากข้อมูลดาวเทียม การศึกษานี้ใช้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 ซึ่งเป็นข้อมูลราย 3 ชั่วโมง ที่เก็บอยู่ในระบบกริดขนาด 0.25 x 0.25ดีกรี (0.25 ดีกรีเท่ากับประมาณ 25 กิโลเมตร ขึ้นอยู่กับส่วนโค้งของโลก) ในช่วงเวลา ปี พ.ศ. 2543 ถึงปี พ.ศ. 2555 ทางผู้ศึกษาจึงเลือกข้อมูลให้มีพื้นที่คลอบคลุมลุ่มน้ำยม โดยมีจำนวนกริด 10 กริดในแนวนอน และ 17 กริดในแนวตั้ง รวมทั้งหมด 170 กริด มีพิกัดกึ่งกลางกริดบนซ้ายอยู่ที่ ละติจูดที่ 19.625 ดีกรีเหนือ และ ลองติจูดที่ 99.125 ดีกรีตะวันออก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2.3 สภาพการใช้ที่ดินในการศึกษา



รูปที่ 2.4 ตำแหน่งสถานีฝนรายวัน

ข้อมูลน้ำท่าที่ใช้ สถานี Y.14 เป็นสถานีที่กึ่งกลางลุ่มน้ำยมได้ถูกใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลน้ำท่าสำหรับการศึกษานี้ ทั้งการปรับเทียบและสอบทานแบบจำลอง โดยข้อมูลของสภานี Y.14 ใช้ข้อมูลตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2543 ถึงปี พ.ศ. 2555 การที่ไม่เลือกใช้ข้อมูลจากสถานีน้ำท่าที่อยู่ด่านล่างของลุ่มน้ำยมมีสาเหตุมาจากการที่ทางตอนล่างหรือตั้งแต่พื้นที่จังหวัดสุโขทัยลงไป ได้มีสิ่งก่อสร้างทางชลศาสตร์ คลองผันน้ำรวมทั้งมีกิจกรรมของมนุษย์เกี่ยวข้องในพื้นที่ ที่ส่งผลต่อความยากในการจำลองด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับ	ข้อมูล	หน่วยงาน	ช่วงเวลา(พ.ศ.)	วัตถุประสงค์ในการใช้
1	DEM	SRTM, NASA	2549	นำเข้าแบบจำลอง
2	การใช้ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2552	นำเข้าแบบจำลอง
3	ฝนสถานี	กรมอุตุนิยวิทยากรม ชลประทาน	2543-2555	นำเข้าแบบจำลอง ปรับเทียบข้อมูล
4	ฝน TRMM	TRMM, NASA	2543-2555	นำเข้าแบบจำลอง ปรับเทียบข้อมูล
	น้ำท่า	กรมชลประทาน	2543-2555	ปรับเทียบสอบทาน แบบจำลองวิเคราะห์ผล

2.6 ตัวแปรเพื่อการตัดสินใจที่ใช้ในการศึกษา

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆในการศึกษานี้ ตลอดไปจนถึงการปรับเทียบและสอบทานแบบจำลอง ได้อาศัยตัวแปรเพื่อการตัดสินใจทั้งหมด 4 ตัว ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) ค่าความเบี่ยงเบนจากการประมาณ (bias of estimation, bias) ค่า Nash-Sutcliffe coefficient (NSE) และ normalize root mean square error (NRMSE) โดยมีรายละเอียดและสมการดังต่อไปนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) เป็นการวัดความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด ในเชิงเส้นตรงว่ามีความสัมพันธ์กันมาก (เข้าใกล้ 1) หรือน้อย (เข้าใกล้ 0) โดยค่า R ที่ได้ในทางบวกหมายความว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุดมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน ในขณะที่ค่าที่เป็นลบได้สื่อถึงความสัมพันธ์ที่ไปในทิศทางตรงกันข้าม

$$R = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}\sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}} \quad (2.19)$$

เมื่อ x คือ ข้อมูลสังเกตการณ์

y คือ ข้อมูลจากแบบจำลอง

2. ค่าความเบี่ยงเบนจากการประมาณ (bias of estimation, bias) เป็นการหาค่าความเบี่ยงเบนของชุดข้อมูลทั้งหมด ระหว่างชุดข้อมูลสังเกตการณ์กับชุดข้อมูลจากการจำลอง ค่าที่ได้จะแสดงถึงความเบี่ยงเบนของข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการจำลอง โดยค่า 0 ถือว่าไม่มีความเบี่ยงเบนเลย ค่าความเบี่ยงเบนที่เป็นบวกแสดงถึงชุดข้อมูลจากการจำลองมีค่าน้อยกว่าค่าของข้อมูลสังเกตการณ์ และค่าความเบี่ยงเบนที่เป็นลบคือค่าจากการจำลองมีค่าสูงเกินความจริง

$$bias = \sum \frac{X_{obs} - X_{sim}}{n} \quad (2.20)$$

เมื่อ X_{obs} คือ ข้อมูลสังเกตการณ์

X_{sim} คือ ข้อมูลจากแบบจำลอง

n คือ จำนวนข้อมูลจากแบบจำลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. Nash-Sutcliffe coefficient (NSE) ได้ถูกใช้ในการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าระหว่างข้อมูลสังเกตการณ์กับข้อมูลจากการจำลอง เป็นการรวมค่าความผิดพลาดจากแบบจำลองที่เกิดขึ้นเทียบกับสัดส่วนกับข้อมูลสังเกตการณ์ที่ถูกปรับค่าเป็นเป็นมาตรฐาน (normalize) จากการลบออกด้วยค่าเฉลี่ยของข้อมูลสังเกตการณ์ ค่า NSE นี้ในช่วงเวลาของข้อมูลสังเกตการณ์ที่มีค่าที่สูงมากเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลสังเกตการณ์ด้วยกัน (เช่น ช่วงที่เกิดน้ำท่าสูงสุด) ซึ่งทำให้ตัวหารตามสมการมีค่าสูงตาม เป็นการยอมให้ข้อมูลจากการจำลองสามารถมีค่าผิดพลาดได้สูงตามจากตัวหารที่มากขึ้นกล่าวคือ NSE จะอ่อนไหวมากในช่วงที่ปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์นั้นอยู่ในช่วงต่ำ (low flow) ค่าที่ได้จากตัวแปรนี้เมื่อเข้าใกล้ 1 คือข้อมูลจากการจำลองมีความแม่นยำสูงขึ้นตามเมื่อเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์ ค่าตัวแปรในช่วง ที่น้อยกว่า 0 คือข้อมูลการจำลองนั้นแย่กว่าการใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสังเกตการณ์

$$NSE = 1 - \frac{\sum (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum (Q_{obs} - \overline{Q}_{obs})^2} \quad (2.21)$$

เมื่อ Q_{obs} คือปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ (ลบ.ม./วินาที)

Q_{sim} คือปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลอง (ลบ.ม./วินาที)

$\overline{Q}_{obs}$ คือค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ (ลบ.ม./วินาที)

4. normalize root mean square error (NRMSE) เป็นตัวแปรที่เพิ่มเติมมาจาก root mean square error (RMSE) จากการหาค่าความผิดพลาดรวมของข้อมูลจากการจำลองเมื่อเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์ และหารช่วงของข้อมูลมากที่สุดกับข้อมูลน้อยที่สุดของข้อมูลที่ใช้เป็นหลักในการเทียบหรือข้อมูลสังเกตการณ์ ทำให้ค่าที่แสดงออกเป็นเปอเซ็นต์ผิดพลาดที่เกิดขึ้นในช่วงของข้อมูล ในช่วงที่เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดสามารถมีโอกาสเกิดความผิดพลาดได้มากกว่าซึ่งจะส่งผลกับตัวแปรนี้ได้มากจากการที่ความผิดพลาดจะถูกยกกำลังสองเพิ่มขึ้นไป การเลือกใช้ตัวแปรนี้จะสามารถอธิบายเพิ่มเติมจากค่า NSE ได้มากขึ้น รวมทั้งเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเป็นในเชิงปริมาณทำให้การเปรียบเทียบระหว่างกรณีของฝนแบบต่างๆสามารถใช้เทียบกันได้โดยตรง

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{n}} \quad (2.22)$$

$$NRMSE = \frac{RMSE}{Q_{obs,\max} - Q_{obs,\min}} \quad (2.23)$$

เมื่อ $Q_{obs,\max}$ คือค่าปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์สูงสุด (ลบ.ม./วินาที)

$Q_{obs,\min}$ คือค่าปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์ต่ำสุด (ลบ.ม./วินาที)

บทที่ 3

การวิเคราะห์และการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์ทั้งก่อนและหลังการปรับแก้ โดยแบ่งตามขั้นตอนได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมก่อนการปรับแก้ข้อมูล เป็นการเปรียบเทียบศักยภาพของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 กับข้อมูลฝนจากสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน ในส่วนต่อไปคือรายละเอียดของวิธีการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมซึ่งเป็นขั้นตอนพื้นฐานก่อนการนำข้อมูลไปใช้ จะเป็นการบอกของรายละเอียดการปรับแก้ที่ใช้ในการศึกษานี้ที่มีจุดมุ่งหมายในการเพิ่ม พัฒนาศักยภาพหรือคุณภาพของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม และในส่วนสุดท้ายจะเป็นการวิเคราะห์แบบเดียวกับในหัวข้อแรก ด้วยข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่ได้ทำการปรับแก้แล้ว โดยรายละเอียดในแต่ละส่วนจะอธิบายดังต่อไปนี้

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมก่อนการปรับแก้ข้อมูล

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 ซึ่งเป็นข้อมูลราย 3 ชั่วโมง ที่เก็บอยู่ในระบบกริดขนาด 0.25 x 0.25 ดีกรี ในส่วนแรกของบทนี้คือการวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์เพื่อให้ทราบถึงศักยภาพของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม ทั้งในศักยภาพในการตรวจจับข้อมูลฝน ประสิทธิภาพในเชิงเวลาและปริมาณ ก่อนที่จะนำไปปรับปรุงคุณภาพกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์ด้วยวิธีการปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูล (bias correction) 2 วิธี อันได้แก่ distribution transformation (dis) และspatial bias (spa) ในส่วนสุดท้ายคือการสรุปผลหลังจากการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม

ข้อมูลฝนจากสถานีฝนสังเกตการณ์ที่ใช้เป็นหลักในการเปรียบเทียบกับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม ได้เลือกข้อมูลฝนรายวันจากสถานีสังเกตการณ์ของกรมชลประทาน และข้อมูลฝนราย 3 ชั่วโมงจากกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งได้นำมารวมเป็นข้อมูลรายวัน ที่มีข้อมูลต่อเนื่องในช่วงปี พ.ศ. 2543-2555 ในลุ่มน้ำยมและพื้นที่ข้างเคียงโดยมีตำแหน่งแสดงดังรูปที่ 3.1 สถานีฝนที่ใช้ในการเปรียบเทียบมีจำนวนทั้งหมด 3 สถานี (สี่เหลี่ยม) จากทั้งหมด 25 สถานี โดยการสุ่มเลือก (15% ของจำนวน

ทั้งหมด)และเป็นสถานีที่ใช้ในการปรับแก 22 สถานี (วงกลม) ซึ่งรายละเอียดของแต่ละสถานีที่ใช้ในการศึกษานี้ แสดงดังตารางที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

จากรูปที่ 3.1 ตำแหน่งของสถานีสังเกตการณ์ฝนที่มีข้อมูลต่อเนื่องและช่วงข้อมูลที่มีช่วงเวลายาวในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและพื้นที่ข้างเคียงมีการกระจายตัวอยู่ในพื้นที่ราบ ในตอนบนของลุ่มน้ำยมมีสถานีอยู่ในพื้นที่จังหวัดแพร่ น่าน และพะเยา แต่ทั้งหมดเป็นสถานีที่อยู่ในพื้นที่ราบและติดกับลำน้ำ ซึ่งยังขาดในส่วนของพื้นที่ที่เป็นภูเขาที่มีลักษณะการเกิดฝนที่แตกต่างจากพื้นที่ราบ

การเปรียบเทียบข้อมูลในเชิงปริมาณจะใช้การเปรียบเทียบข้อมูลแบบจุดของสถานีสังเกตการณ์และกริดของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมเฉพาะกริดที่มีสถานีที่เลือกเท่านั้น สำหรับการเปรียบเทียบกันในเชิงพื้นที่ข้อมูลแบบจุดจะถูกกระจายลงสู่พื้นที่ให้มีขนาดเท่ากับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่ได้เลือกใช้ในการศึกษานี้โดยการพิจารณาวิธีที่ใช้กระจายข้อมูลฝนในเชิงพื้นที่ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อการศึกษาที่เกี่ยวข้องทั้ง 3 วิธี ในรูปที่ 3.2 ก ข และ ค เป็นการกระจายข้อมูลฝนรายปีเฉลี่ยในช่วงเวลาปี พ.ศ. 2543 ถึงพ.ศ. 2555 ด้วยวิธี Thiessen polygon วิธี inverse distance weighting และวิธี isohyets ตามลำดับ ซึ่งผลจกการกระจายข้อมูลสามารถสรุปตามแต่ละวิธีดังนี้

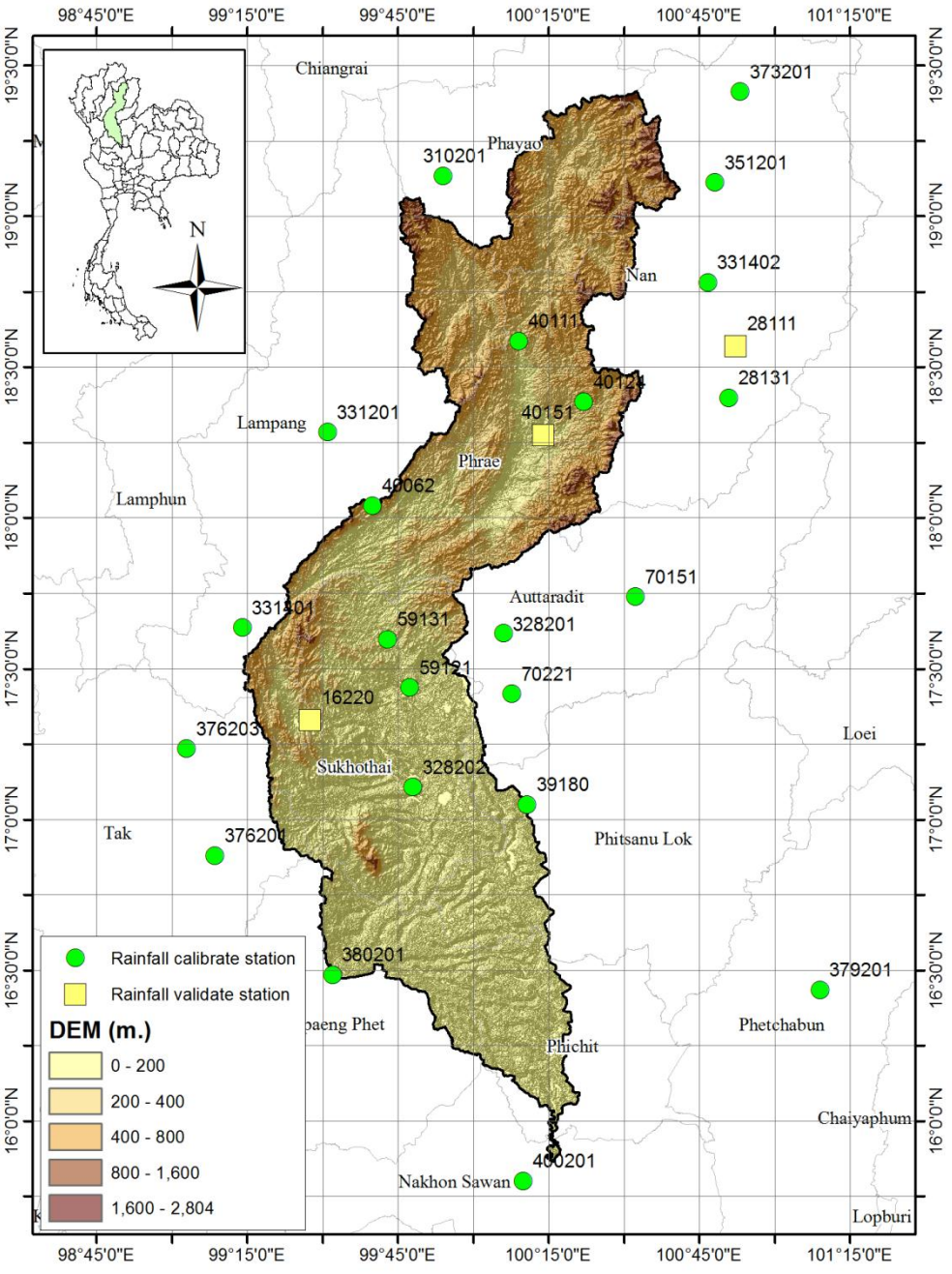
1. วิธี Thiessen polygon การกระจายข้อมูลด้วยวิธีนี้ ตำแหน่งของสถานีฝนที่คงที่ทำให้การกระจายข้อมูลฝนมีรูปแบบที่คงตัวในทุกช่วงเวลา ยกเว้นในช่วงเวลาที่มีสถานีที่ไม่มีการบันทึกข้อมูลทำให้ต้องสร้างรูปเหลี่ยมขึ้นใหม่ตามลักษณะของตำแหน่งสถานีฝนที่เปลี่ยนแปลงไป ในส่วนของปริมาณฝนเป็นการใช้ข้อมูลจากสถานีโดยตรงทำให้ไม่มีข้อมูลปริมาณฝนที่เบี่ยงเบนเกิดขึ้นในขั้นตอนการกระจายข้อมูล สำหรับการสร้างข้อมูลฝนในเชิงกริดจำเป็นที่ต้องมีขั้นตอนการเฉลี่ยข้อมูลให้เข้าสู่ขนาดกริดที่ต้องการก่อนที่จะนำไปใช้ได้

2. วิธี inverse distance weighting วิธีนี้สามารถกระจายข้อมูลฝนลงในระบบกริดได้โดยตรง และสามารถกำหนดความละเอียดในเชิงพื้นที่ได้ตามความเหมาะสมของระยะห่างจากสถานีฝนสังเกตการณ์ ด้วยวิธีการของวิธีนี้ทำให้ข้อมูลที่ถูกกระจายออกจากตำแหน่งสถานีมีค่าที่ลดลงเรื่อยๆ จากระยะที่ห่างมากขึ้น ในรูปที่ 3.2 ข ข้อมูลฝนรายปีเฉลี่ยที่ถูกกระจายด้วยวิธีนี้ มีค่าความเข้มฝนสูงสุด 1,960.6 มม. และฝนต่ำสุด 1,107.4 มม. ในขณะที่ข้อมูลฝนสังเกตการณ์มีความเข้มสูงสุด 1,961.1มม. และความเข้มฝนฝนต่ำสุด 1,107.3 มม. ทำให้ค่าเบี่ยงเบนของการกระจายข้อมูลด้วยวิธีนี้มีค่าเบี่ยงเบนเกิดขึ้นน้อยกว่า 0.1 %

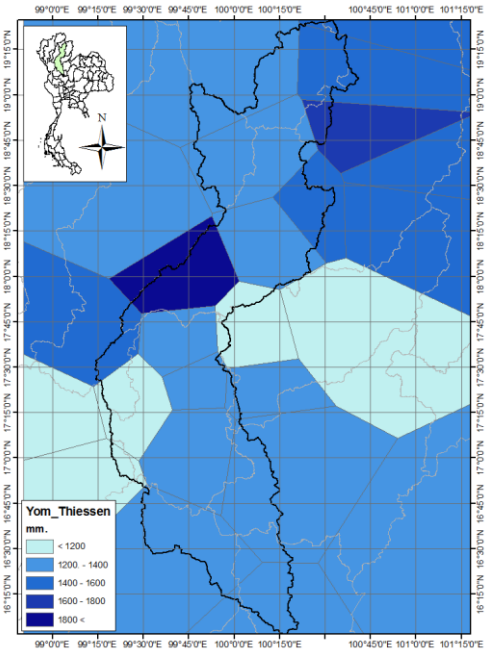
3. วิธี isohyets จากการศึกษาต่างๆที่ได้กล่าวว่าวิธีนี้เป็นการสร้างข้อมูลฝนในเชิงพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของข้อมูลฝนจริง ในเชิงพื้นที่ และการสร้างชุดข้อมูลสามารถใช้ประสบการณ์ในการพิจารณาลักษณะของฝนในเชิงพื้นที่ตามแต่ละช่วงเวลาได้ ซึ่งทำให้ผู้สร้างชุดข้อมูลต้องมีประสบการและความรู้เพื่อผลที่ออกมาเป็นไปในทางที่ถูกต้อง ในส่วนของด้านความเข้มฝนขึ้นอยู่กับความละเอียดของเส้นชันน้ำฝนที่ได้เขียนขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงของข้อมูลฝนสูงสุด - ต่ำสุดของสถานีสังเกตการณ์ และจะต้องมีขั้นตอนการเฉลี่ยข้อมูลลงสู่ระบบกริดก่อนการนำไปใช้ต่อ จากในรูปที่ 3.2 ค สามารถสังเกตุได้ว่ามีพื้นที่ที่เกิดหลุมขึ้น เป็นสาเหตุมาจากที่สถานีฝนสังเกตุการณ์ที่มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยสูงกว่าสถานีข้างเคียงมาก 2 สถานีได้แก่ สถานีรหัส 40062 อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่ ของกรมชลประทาน ในตอนกลางของลุ่มน้ำยม มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย 1961.1 มม. สถานีรหัส 331402 อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในทางตอนบนของลุ่มน้ำยมมีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย 1768.3 มม. เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลฝนรายปีเฉลี่ยกับสถานีที่ใช้ในการศึกษาในตารางที่ 3.1 และ 3.2 ซึ่งมีช่วงของฝนอยู่ที่ประมาณ 1100 – 1400 มม. แล้วจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดฝนในลักษณะที่เป็นหลุมดังกล่าว

ในการศึกษานี้ข้อมูลฝนในเชิงพื้นที่ได้นำไปใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลภาพรวมของข้อมูลฝนในเชิงพื้นที่เบื้องต้น ขั้นตอนการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม และการสร้างข้อมูลนำเข้าแบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่าเมื่อเปรียบเทียบจุดเด่นและจุดด้อยจากทั้ง 3 วิธีแล้ว วิธี inverse distance weighting เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้กับข้อมูลที่มีความละเอียดในระดับรายวันและช่วงเวลาของข้อมูลยาว ถึงแม้ว่าวิธี isohyets จะให้ผลที่สามารถใกล้เคียงความจริงได้มากกว่า จากการเปรียบเทียบค่าเบียงเบนที่เกิดขึ้นไม่มีนัยสำคัญที่จะส่งผลต่อผลการวิเคราะห์ทั้งหมดได้ รวมทั้งขั้นตอนการสร้างข้อมูลที่ให้ข้อมูลฝนในเชิงพื้นที่ที่มีขนาดเท่ากับกริดของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมได้โดยตรง

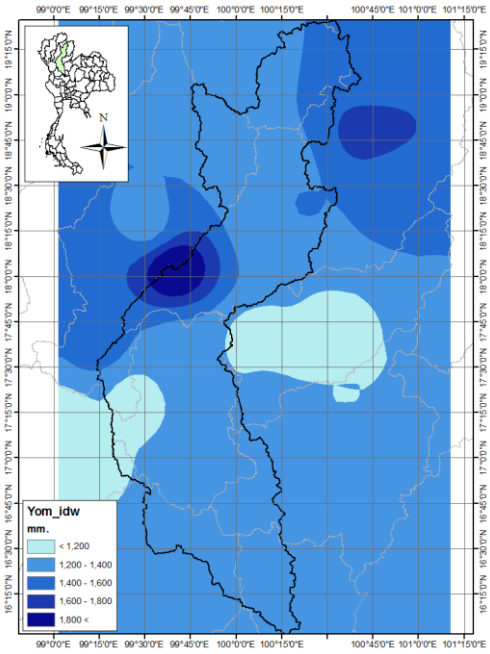
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



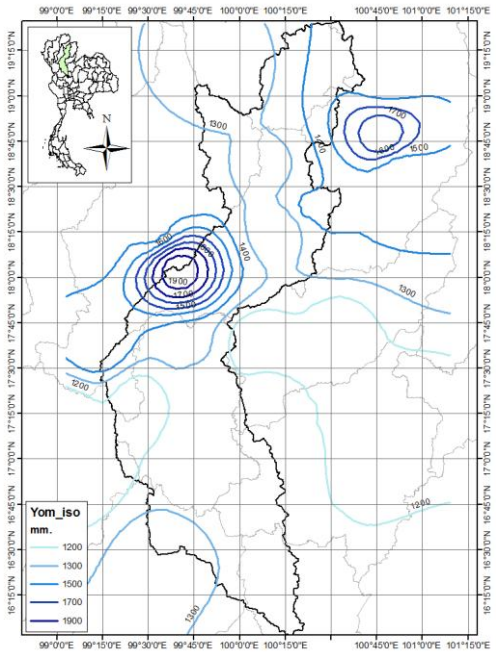
รูปที่ 3.1 ตำแหน่งสถานีฝนสังเกตการณ์



ก.) Thiessen polygon



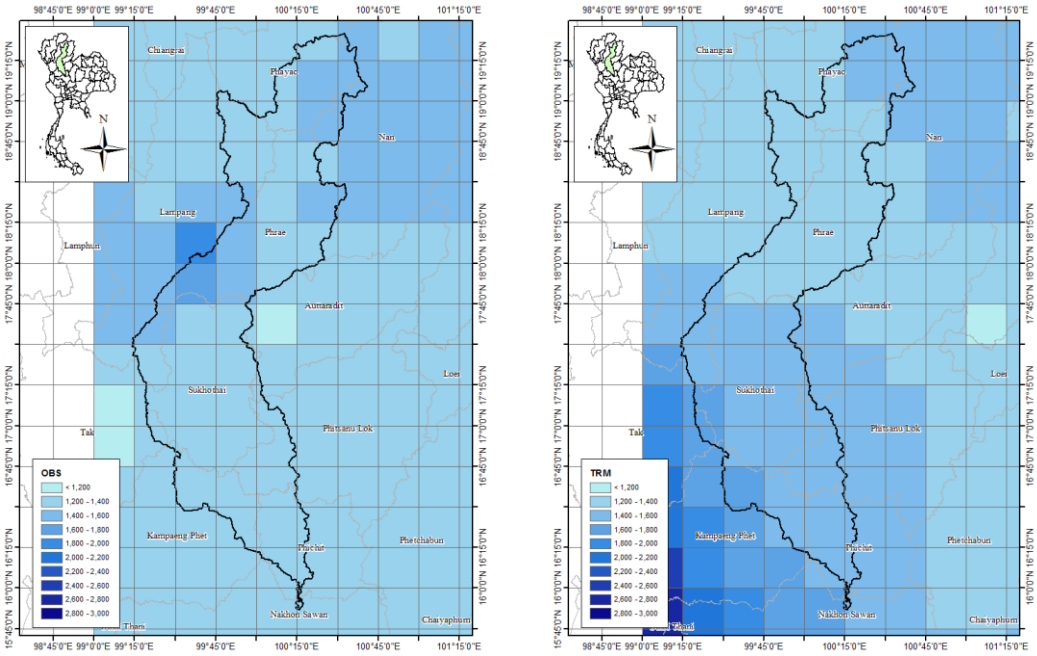
ข.) inverse distance weighting



ค.) isohyets

รูปที่ 3.2 การกระจายข้อมูลฝนรายปีเฉลี่ยในเชิงพื้นที่

การกระจายตัวของข้อมูลฝนรายปีเฉลี่ยของฝนสังเกตการณ์และฝนจากข้อมูลฝนดาวเทียม TRMM ในรูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่า TRMM มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีสูงสุดอยู่ที่ช่วง 2,688 มิลลิเมตร ในขณะที่ข้อมูลฝนสังเกตการณ์ฝนสูงสุดอยู่ที่ 1,961 มิลลิเมตร แสดงให้ทราบในเบื้องต้นว่าข้อมูล TRMM 3B42 ประมาณค่าฝนเกินความจริงอยู่ถึง 37% รวมทั้งลักษณะของพื้นที่ที่มีฝนที่แตกต่างกันในตอนบนและล่างของลุ่มน้ำยม



ก.) สถานีสังเกตการณ์ ข.) TRMM 3B42

รูปที่ 3.3 การกระจายตัวของข้อมูลฝนรายปีเฉลี่ย

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลของสถานีสังเกตการณ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลฝน

รหัสสถานี	อำเภอ	จังหวัด	เส้นแวง	เส้นรุ้ง	หน่วยงาน	ช่วงเวลาข้อมูลที่ใช้	ฝนรายปีเฉลี่ย (มม.)
16220	เถิน	ลำปาง	99.458	17.331	RID	2543-2555	1147.8
28111	เวียงสา	น่าน	100.871	18.569	RID	2543-2555	1435.3
40151	เมือง	แพร่	100.233	18.275	RID	2543-2555	1207.7

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลของสถานีสังเกตการณ์ที่ใช้ในการปรับเทียบข้อมูลฝน

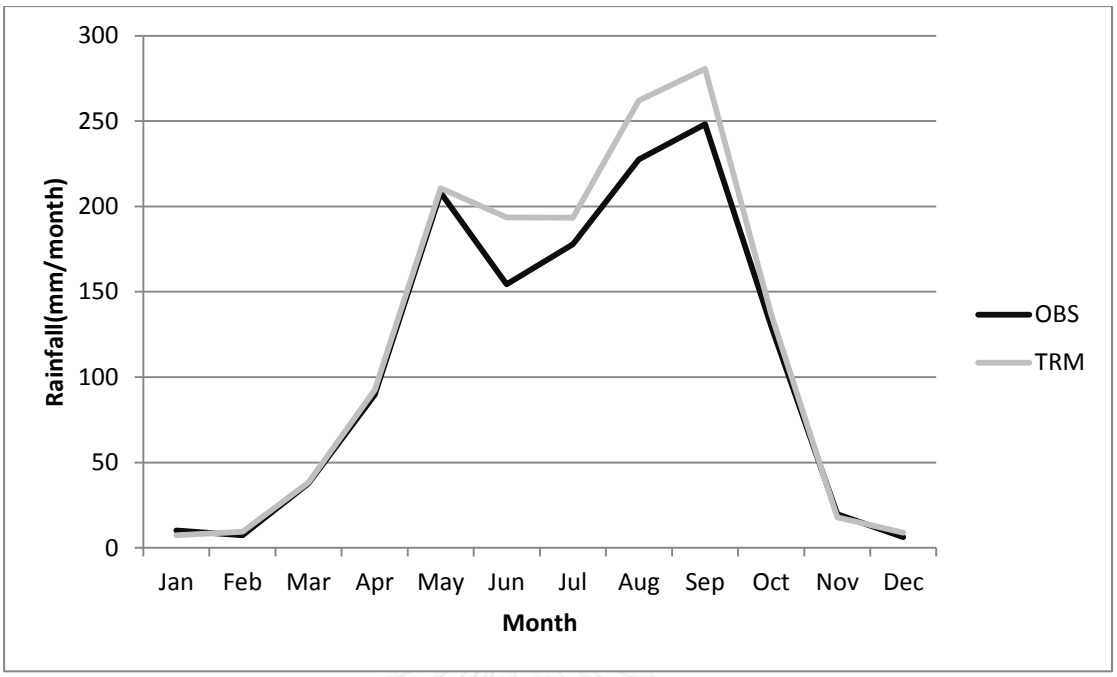
รหัสสถานี	อำเภอ	จังหวัด	เส้นแวง	เส้นรุ้ง	หน่วยงาน	ช่วงเวลาข้อมูลที่ใช้	ฝนรายปีเฉลี่ย (มม.)
28131	เวียงสา	น่าน	100.848	18.397	RID	2543-2555	1414.8
40062	วังชิ้น	แพร่	99.667	18.039	RID	2543-2555	1961.1
40111	สอง	แพร่	100.152	18.585	RID	2543-2555	1261.8
40124	ร้องกวาง	แพร่	100.367	18.383	RID	2543-2555	1412.8
59121	ศรีสัชนาลัย	สุโขทัย	99.789	17.436	RID	2543-2555	1260.2
59131	ศรีสัชนาลัย	สุโขทัย	99.716	17.596	RID	2543-2555	1330.8
70151	ท่าปลา	อุตรดิตถ์	100.538	17.737	RID	2543-2555	1164.4
70221	ตรอน	อุตรดิตถ์	100.128	17.415	RID	2543-2555	1215.6
39180	พรหมพิราม	พิษณุโลก	100.178	17.049	TMD	2543-2555	1216.8
310201	เมือง	พะเยา	99.9	19.133	TMD	2543-2555	1230.1
328201	เมือง	ลำปาง	99.517	18.283	TMD	2543-2555	1107.3
328202	เถิน	ลำปาง	99.235	17.635	TMD	2543-2555	1214.3
331201	เมือง	น่าน	100.778	18.780	TMD	2543-2555	1359.4
331401	ท่าวังผา	น่าน	100.803	19.111	TMD	2543-2555	1491.6
331402	ทุ่งช้าง	น่าน	100.885	19.412	TMD	2543-2555	1768.3
351201	เมือง	อุตรดิตถ์	100.100	17.617	TMD	2543-2555	1439.4
373201	ศรีสำโรง	สุโขทัย	99.800	17.106	TMD	2543-2555	1405.3
376201	เมือง	ตาก	99.143	16.878	TMD	2543-2555	1139.1
376203	สามเงา	ตาก	99.05	17.233	TMD	2543-2555	1147.3
379201	เมือง	เพชรบูรณ์	101.15	16.433	TMD	2543-2555	1234.6
380201	เมือง	กำแพงเพชร	99.533	16.483	TMD	2543-2555	1354.4
400201	เมือง	นครสวรรค์	100.167	15.8	TMD	2543-2555	1237.6

หมายเหตุ RID คือ กรมชลประทาน TMD คือ กรมอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลฝนเฉลี่ยรายเดือนระหว่างฝนจากสถานีสังเกตการณ์ และ TRMM 3B42 ดังรูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลจาก TRMM มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับข้อมูลสังเกตการณ์ในช่วงเดือน มกราคมถึงเดือน พฤษภาคม และช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม ในขณะที่ระหว่างช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม TRMM 3B42 ประเมินข้อมูลฝนได้มากกว่าข้อมูลสังเกตการณ์ประมาณ 30 มิลลิเมตรในแต่ละเดือน เมื่อดูความสัมพันธ์ของตัวแปรทางสถิติใน ตางางที่ 3.3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) รายเดือน โดยข้อมูลจากปี พ.ศ. 2543-2555 ค่าความสัมพันธ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (มากกว่า 0.5) ยกเว้นในเดือนมิถุนายนและเดือนกันยายนที่มีค่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.17 และ 0.32 ตามลำดับ ซึ่งค่าตัวแปรนี้บ่งบอกว่าข้อมูล TRMM สามารถอธิบายต่อข้อมูลสังเกตุการได้ดีเพียงใด โดยมีค่าตั้งแต่ 0 (แย่) ถึง 1(ดีมาก) สำหรับค่าความเบี่ยงเบนจากการประมาณ (bias of estimation) ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงกันยายน TRMM ได้ประมาณค่าฝนที่สูงกว่าข้อมูลนฝนสังเกตการณ์ ซึ่งสอดคล้องกับกราฟของข้อมูลเฉลี่ยรายเดือน

ตารางที่ 3.3 correlation coefficient และ bias of estimation รายเดือนระหว่าข้อมูลฝนสังเกตการณ์กับข้อมูลฝนจาก TRMM

Month	R	Bias
Jan	0.85	-2.82
Feb	0.87	2.07
Mar	0.86	0.61
Apr	0.73	2.88
May	0.92	2.78
Jun	0.41	39.23
Jul	0.73	15.65
Aug	0.88	34.50
Sep	0.56	32.59
Oct	0.79	6.94
Nov	0.91	-1.88
Dec	0.87	2.67



รูปที่ 3.4 ข้อมูลฝนเฉลี่ยรายเดือนของ สถานีสังเกตการณ์ และ TRMM 3B42

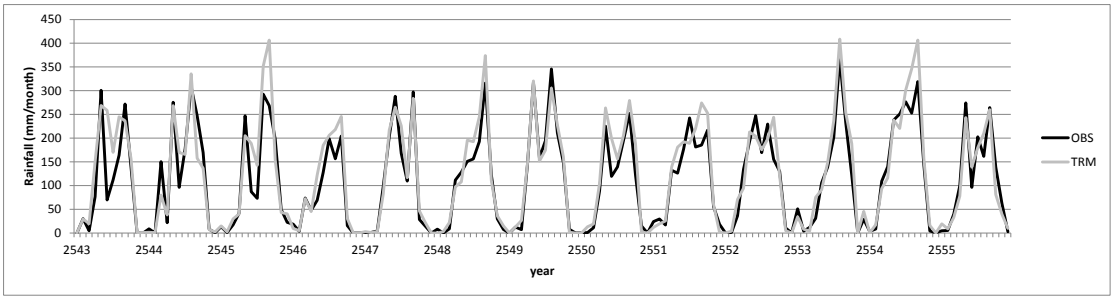
จากรูปที่ 3.4 ข้อมูลรายเดือนของสถานีฝนสังเกตการณ์และฝน TRMM ในแต่ละปีตั้งแต่ พ.ศ.2543-2555 แสดงให้ลักษณะของฝนในเชิงเวลาของแต่ละชุดข้อมูล เมื่อเทียบรูปร่างในแต่ละปีแล้ว TRMM ส่วนใหญ่มีลักษณ์การตกของฝนรายเดือนที่ใกล้เคียงกับข้อมูลสังเกตการณ์ และในเชิงปริมาณ TRMM มีปริมาณฝนน้อยกว่าข้อมูลสังเกตการณ์มากที่สุด 88 มิลลิเมตร ในปี 2544 และมีปริมาณฝนมากกว่าข้อมูลสังเกตการณ์อยู่ที่ 180 มิลลิเมตร ในปี 2543 ซึ่งข้อมูลที่มีความเบี่ยงเบนของTRMM ในแต่ละปีที่เกิดขึ้นนั้น จะอยู่ในช่วงฤดูฝน (เมษายนถึงกันยายน) หรือในช่วงที่มีฝนตกหนักในลุ่มน้ำยม ความผันแปรระหว่างข้อมูลนั้นจะมีมากในช่วงปี 2543-2547 ซึ่งเป็นช่วงต้นของโครงการ TRMM ดังแสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณฝนรายเดือนจากข้อมูลฝนสังเกตการณ์กับข้อมูลจาก TRMM ดังในรูปที่ 3.5 ตารางที่ 3.4 และตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลฝนสังเกตุการณ์รายเดือน (มม.)

	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555
Jan	4.6	150.3	17.1	73.6	4.3	8.6	6.8	11.1	16.7	36.1	11.6	109.2	39.9
Feb	76.5	21.6	41.8	48.0	98.7	111.3	143.8	88.3	132.1	134.5	30.7	139.8	99.6
Mar	300.7	275.4	247.1	69.1	202.9	128.1	318.0	225.3	126.2	192.5	105.8	238.2	274.2
Apr	69.7	96.2	87.0	127.3	288.2	151.0	158.2	119.2	176.8	247.3	138.7	250.9	96.1
May	111.8	178.0	72.9	198.8	167.7	156.1	194.5	139.4	242.4	169.3	201.8	276.5	202.7
Jun	164.1	308.5	292.6	156.4	109.6	192.9	345.8	195.1	181.4	229.5	367.8	252.9	161.4
Jul	271.8	247.4	268.5	204.3	297.3	316.1	211.0	252.2	185.2	155.1	232.6	319.2	264.3
Aug	137.7	169.2	197.7	15.6	28.4	123.2	148.2	122.7	216.6	129.8	122.0	143.7	139.2
Sep	0.4	7.9	49.7	0.0	14.0	29.8	7.7	14.9	55.8	10.2	0.3	4.2	62.4
Oct	0.0	0.6	22.5	0.0	0.0	7.4	0.2	0.0	18.1	0.0	28.7	0.4	2.6
Nov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dec	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

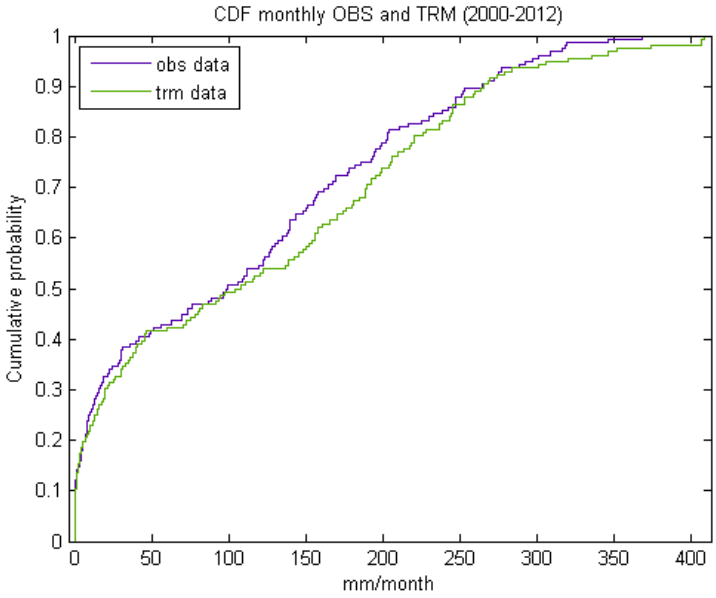
ตารางที่ 3.5 ข้อมูลฝน TRMM 3B42 รายเดือน (มม.)

	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555
Jan	19.4	79.7	29.9	72.4	2.9	22.1	26.4	18.9	25.3	70.7	4.1	93.3	32.8
Feb	149.9	37.9	40.1	45.0	82.5	97.3	145.4	104.3	138.7	94.4	75.0	116.0	77.6
Mar	268.8	268.4	205.2	122.0	216.9	107.9	320.4	263.8	180.9	213.0	91.1	238.0	243.1
Apr	258.4	169.8	188.7	184.8	265.3	195.5	151.8	199.2	192.2	203.9	147.8	220.3	138.7
May	170.1	165.6	142.3	205.7	226.0	192.5	174.6	156.1	189.0	175.6	236.8	301.2	179.8
Jun	244.9	335.6	351.8	218.2	116.7	245.0	305.4	205.9	220.3	197.8	408.8	346.1	209.9
Jul	236.4	158.0	406.5	245.6	283.7	374.0	227.6	279.3	274.1	243.9	253.3	406.7	259.7
Aug	156.1	136.4	154.4	30.6	46.3	110.8	160.5	188.4	252.8	120.2	188.5	157.7	81.3
Sep	0.5	6.9	43.0	0.0	21.8	36.1	1.6	2.3	59.7	5.1	0.0	16.0	39.7
Oct	0.9	2.4	40.5	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0	1.4	0.0	45.5	0.0	9.9
Nov	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dec	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



รูปที่ 3.5 ฝนเฉลี่ยรายเดือนในปี พ.ศ. 2543-2555 ระหว่างข้อมูลฝนสังเกตการณ์กับข้อมูลฝนจาก TRMM

การเปรียบเทียบของฟังก์ชันของข้อมูลฝนสะสมในรูปที่ 3.6 โดยในช่วงข้อมูลฝนสะสมที่น้อยกว่าประมาณ 130 มม. ระหว่างข้อมูลฝนสถานีกับฝนดาวเทียมนั้นมีโอกาสการเกิดที่ใกล้เคียงกัน ในช่วงของฝนสะสมระหว่าง ประมาณ 130 มม. ถึง 250 มม. ข้อมูลฝนจากสถานีมีโอกาสการเกิดของฝนสะสมมากกว่าที่ปริมาณฝนเท่ากัน แสดงให้เห็นว่าโอกาสที่จะมีฝนสะสมของข้อมูลฝนดาวเทียมนั้นสามารถเกิดขึ้นได้สูงกว่าจากข้อมูลสถานี หรือมีค่าที่สูงเกินจริงที่โอกาสการเกิดเดียวกัน ค่าของฝนสะสมที่มากกว่า 250 มม. ข้อมูลทั้ง 2 ชุดได้มีโอกาสที่ใกล้เคียงกัน เมื่อดูข้อมูลฝนสะสมสูงสุดที่เกิดขึ้น ข้อมูลดาวเทียมมีค่าฝนสะสมสูงสุดอยู่ที่ 409 มม. ในขณะที่ฝนสะสมสูงสุดของฝนสถานีอยู่ที่ 368 มม. ค่าจากข้อมูลดาวเทียมได้ให้ผลที่มีค่าเกินจริงซึ่งสอดคล้องกับผลที่เทียบมาในข้างต้น



รูปที่ 3.6 ฟังก์ชันการกระจายตัวสะสมของข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์และ TRMM 3B42

การเปรียบเทียบข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมนอกจากการประมาณปริมาณฝนยังมีส่วนที่สำคัญคือศักยภาพในการตรวจจับข้อมูลฝนของดาวเทียม เป็นการเปรียบเทียบเหตุการณ์การตกของฝนของสภาพจริงกับเหตุการณ์ที่ประมาณได้จากข้อมูลดาวเทียม ข้อมูลฝนสถานีที่ใช้ในการเปรียบเทียบทั้ง 3 สถานีตามที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น ชื่อแต่ละสถานีจะถูกใช้ชื่อด้วยตำแหน่งที่ตั้งในลุ่มน้ำยมและนอกลุ่มน้ำยม ศักยภาพของฝนดาวเทียมรายวันใช้ข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 ถึงปี พ.ศ. 2555 รวมทั้งหมด 4,749 วันรายละเอียดของตัวแปรที่ใช้พิจารณามีทั้งหมด 6 ตัวแสดงดังต่อไปนี้

1.ตัวแปร hit คือเหตุการณ์ที่ข้อมูลจากสถานีสังเกตการณ์มีฝนจริงและจากข้อมูลดาวเทียมว่าฝนมีการตกเช่นเดียวกัน ค่าที่มากเข้าใกล้กับจำนวนข้อมูลจะแสดงถึงความถูกต้องของข้อมูลจากดาวเทียมในการประมาณเหตุการณ์ฝนตกจริงที่ถูกต้อง

2.ตัวแปร false alarm คือเหตุการณ์ที่ข้อมูลจากสถานีสังเกตการณ์ไม่มีฝนแต่ข้อมูลดาวเทียมประมาณว่าฝนมีการตก ค่าที่มีน้อยจะสื่อถึงการประมาณเหตุ การณ์ที่ถูกต้องของข้อมูลดาวเทียมว่าให้ข้อมูลที่ผิดพลาดออกมามากเพียงใด

3.ตัวแปร miss คือเหตุการณ์ที่ข้อมูลจากสถานีสังเกตการณ์มีฝนจริงแต่จากข้อมูลดาวเทียมประมาณว่าฝนไม่มีการตกค่าที่มีน้อยจะแสดงว่ามีความผิดพลาดข้อมูลจากดาวเทียมสามารถประมาณเหตุการณ์การเกิดฝนจริงพลาดน้อย

4.ตัวแปร null คือเหตุการณ์ที่ทั้งข้อมูลจากสถานีสังเกตการณ์และข้อมูลจากดาวเทียมไม่มีฝน ค่าที่มากคือการประมาณเหตุการณ์ที่ฝนไม่ตกได้ถูกต้อง

5.ตัวแปร accuracy (ACC) คือภาพรวมของข้อมูลฝนดาวเทียมว่าสามารถประมาณเหตุการณ์ได้ตรงกับข้อมูลฝนตกจรงจากสถานีสังเหตุการณ์ทั้งในกรณีที่มีฝนและไม่มีฝน ระยะของค่าอยู่ที่ 0 ถึง 1 โดยค่า 1 คือค่าที่ดีที่สุดที่หมายความว่าข้อมูลดาวเทียมสามารถประมาณเหตุการณ์ฝนตกและไม่ตกเมื่อเทียบกับสถานีสังเกตการณ์ได้ 100%

6.ตัวแปร frequency bias (FBI) คืออัตราส่วนระหว่างการประมาณฝนว่าตกจากข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลฝนตกจริงจากสถานีสังเกตการณ์ ช่วงของค่านี้เริ่มจากค่า 0 ขึ้นไป และค่าที่ดีที่สุดคือ 1 ความหมายของค่าที่น้อยกว่า 1 จะหมายถึงข้อมูลดาวเทียมสามารถประมาณเหตุการณ์ฝนตกได้น้อยกว่าเหตุการณ์ที่ได้จากสถานีสังเกตการณ์ ค่าที่มากกว่า 1 คือมีการประมาณเหตุการณ์ฝนตกจากข้อมูลดาวเทียมที่สูงเกินเหตุการณ์จากสถานีสังเกตการณ์

โดยผลการเปรียบเทียบข้อมูล TRMM 3B42 กับข้อมูลสถานีสังเกตการณ์แบ่งเป็น 3 กลุ่ม จากตำแหน่งที่ตั้งของสถานีสังเกตการณ์ที่ใช้ในการสอบทานข้อมูลทั้ง 3 สถานี ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ของลุ่มนำยมตอนบน ลุ่มน้ำยมตอนล่าง และอยู่นอกลุ่มน้ำยม เพื่อศึกษาศักยภาพในพื้นที่ต่างๆของลุ่มน้ำยมและใกล้เคียง ได้ผลแสดงดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ศักยภาพของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42

	Hit	False A.	Miss	Null	ACC	FBI
ยมบน	1237	641	584	2287	0.74	1.03
ยมล่าง	1463	365	884	2037	0.74	0.78
นอกยม	1073	824	283	2569	0.77	1.40

ผลจากตารางที่ 3.6 สามารถสรุปศักยภาพของฝนดาวเทียม TRMM 3B42 ในรายละเอียดของข้อมูลรายวันได้ว่า การประมาณเหตุการณ์การเกิดฝนได้แม่นยำเมื่อเทียบกับข้อมูลจากภาคพื้นได้แม่นยำประมาณ 75 % โดยการประมาณค่าในพื้นที่ตอนบนและข้างเคียงของลุ่มน้ำยมได้มีการประเมินเหตุการณ์ฝนตกได้ค่อนข้างมากกว่าเหตุการณ์จริง ในขณะที่ทางตอนล่างประเมินเหตุการณ์ฝนตกที่ค่อนข้างน้อยกว่าเหตุการณ์จริง ด้วยผลทั้งนี้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมได้มีศักยภาพในการประเมินเหตุการณ์ฝนได้ดีที่จะใช้ในการศึกษาต่อไปได้โดยในส่วนต่อไปจะเป็นการเปรียบเทียบในส่วนของข้อมูลปริมาณฝนรายวัน

การเปรียบเทียบปริมาณฝนรายวันเฉลี่ยจากข้อมูลสถานีที่ใช้ในการเปรียบเทียบของข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์และจากข้อมูลดาวเทียมสามารถแบ่งเทียบโดยใช้เกณฑ์การแบ่งตามประเภทของเกณฑ์ปริมาณฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งแบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่

1. ฝนตกเล็กน้อยมีปริมาณตั้งแต่ 0.1 มม. ถึง 10.0 มม.
2. ฝนตกปานกลางมีปริมาณมากกว่า10.0 มม. ถึง 35.0 มม.
3. ฝนตกหนักมีปริมาณมากกว่า 35.0 มม. ถึง 90.0 มม.
4. ฝนตกหนักมากมีปริมาณมากกว่า 90.0 มม. ขึ้นไป

จากเกณฑ์ในข้างต้นจะเป็นการเปรียบเทียบปริมาณฝนที่เกิดขึ้นในแต่ละวันตามปริมาณเพื่อดูช่วงข้อมูลของปริมาณฝนของข้อมูลจากดาวเทียม ทำให้สามารถทราบช่วงข้อมูลที่ข้อมูลจากดาวเทียมมีความแม่นยำหรือมีความผิดพลาดได้ และยังใช้ตัวแปรทางสถิติอีก 2 ตัวอันได้แก่ สัมประสิทธิ์

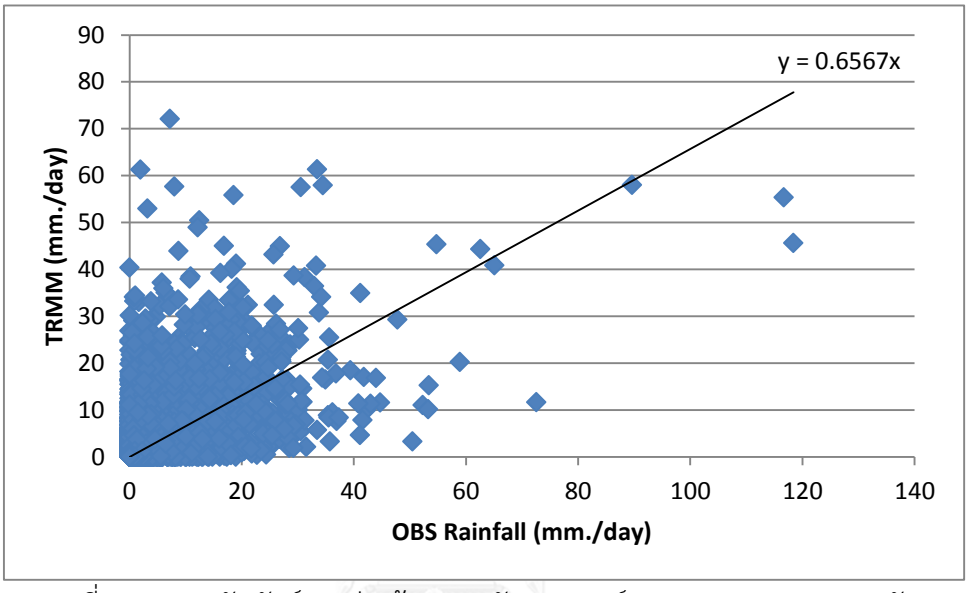
สหสัมพันธ์ ในการศึกษาข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมว่าสามารถอธิบายข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์ได้เพียงใดและค่าความเบี่ยงเบนจากการประมาณเพื่อดูในส่วนของความผิดพลาดของข้อมูลโดยรวมว่าเอนเอียงไปในทางบวกหรือทางลบ

ผลการแบ่งปริมาณฝนตามเกณฑ์โดยเพิ่มเติมข้อมูลวันที่ไม่มีฝนแสดงดังตารางที่ 3.7 ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมพลาดในการประมาณข้อมูลในช่วงที่ฝนตกหนักมาก ถึงแม้ว่าเมื่อเทียบกับจำนวนชุดข้อมูลทั้งหมดแล้วถือว่าน้อยมากก็ตาม การเกิดฝนที่มีปริมาณสูงเป็นส่วนสำคัญต่อการนำไปใช้ในการศึกษาหรือจำลอง อื่นๆได้เช่น การจำลองน้ำท่วมซับพลัน (flash flood) เป็นต้น ข้อมูลในช่วงฝนหนักและปานกลาง มีจำนวนชุดข้อมูลจากข้อมูลดาวเทียมมากกว่าของสถานีสังเกตการณ์ 17 % และ 14 % ตามลำดับในช่วงข้อมูลของ 2 กลุ่มนี้เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ข้อมูลฝนดาวเทียมมีการประเมินข้อมูลปริมาณฝนที่สูงกว่าความเป็นจริงในช่วงของฤดูฝนตามที่ได้สรุปไว้ในข้างต้น ผลของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 0.56 ซึ่งหมายความว่าข้อมูลดาวเทียมอธิบายข้อมูลสังเกตุการณ์รายวันไปทิศทางที่เป็นบวกหรือก็คือมีแนวโน้มของข้อมูลไปในทางเดียวกัน แต่มีผลเพียงพอใช้และข้อมูลมีการกระจายตัวกันสูงตามในรูปที่ 3.7 ผลจากค่าค่าความเบี่ยงเบนจากการประมาณมีค่าเท่ากับ -0.38 ได้แสดงว่าข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมมีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้นในทางที่มีการประมาณข้อมูลปริมาณฝนมากกว่าค่าของข้อมูลฝนสังเกตการณ์ 0.38 มม.ต่อวัน

จากการเปรียบเทียบข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 กับข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์ผลสรุปที่ได้คือข้อมูล TRMM มีศักยภาพในการประมาณข้อมูลฝนได้เฉลี่ย 75% ซึ่งถือว่ามีศักยภาพที่ดีในการประมาณเหตุการณ์เกิดฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำยม การประเมินปริมาณฝนเฉลี่ยมีปริมาณที่สูงกว่าปริมาณฝนจากข้อมูลสังเกตการณ์อยู่ประมาณ 10 % และช่วงข้อมูลที่ข้อมูลฝนดาวเทียมมีการประมาณเหตุการณ์ข้อมูลฝนมากเกินความจริงจะอยู่ในช่วงฝนตกปานกลางและฝนตกหนัก ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงฤดูฝนที่มีปริมาณฝนถึง 80 % ของทั้งปี เมื่อสังเกตุในระดับรายวันข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์จะมีข้อมูลปริมาณฝนรายวันสูงสุดสูงกว่าที่ข้อมูลดาวเทียมจะมีการประมาณค่าได้ การปรับปรุงคุณภาพข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมจึงได้ถูกนำมาพิจารณาเพื่อพัฒนาวิธีที่ช่วยเพิ่มศักยภาพด้านต่างๆของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมโดยรายละเอียดจะถูกกล่าวในหัวข้อต่อไป

ตารางที่ 3.7 ฝนตามเกณฑ์ของข้อมูลฝนสังเกตการณ์และ TRMM 3B42

	ไม่มีฝน	ฝนเล็กน้อย	ฝนปานกลาง	ฝนหนัก	ฝนหนักมาก
OBS	2106	2066	545	30	2
TRMM	2192	1902	620	35	0



รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลฝนสังเกตการณ์และ TRMM 3B42 รายวัน

3.2 การปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม

จุดมุ่งหมายในการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมนี้คือการเพิ่มศักยภาพด้านต่างๆของตัวข้อมูลฝนดาวเทียมในระดับรายวันก่อนที่จะนำไปใช้ในการจำลองน้ำท่าเพื่อวิเคราะห์เพิ่มเติม เกี่ยวกับข้อมูลฝนสถานี ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมทั้งก่อนปรับแก้และหลังปรับแก้จากการทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้องเรื่องการปรับแก้ข้อมูลฝนดาวเทียมในประเทศไทยและพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งมีวิธีการที่สร้างสมการการถดถอย (regression) เพื่อปรับแก้ข้อมูล TRMM รายเดือนในพื้นที่ลุ่มน้ำยมด้วยการศึกษาของ Pakoksung et al. (2012) ซึ่งได้ประยุกต์วิธีนี้มาจาก Vernimmen et al. (2012) ที่ใช้สร้างสมการในการปรับแก้ในพื้นที่ประเทศอินโดนีเซีย ด้วยเหตุที่ว่าวิธีนี้ได้ใช้รายละเอียดของข้อมูลเป็นรายเดือนซึ่งยังไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้กับข้อมูลรายวันโดยตรงจากการที่ข้อมูลรายวันนั้นมีความผันแปรที่สูงกว่า การทบทวนเพิ่มเติมในพื้นที่ที่ใกล้เคียงกับประเทศไทย ได้มีการศึกษาของ Immerzeel (2010) ได้ปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ด้วยความละเอียดของข้อมูลรายวันในพื้นที่ลุ่มน้ำโขง ด้วย

วิธี distribution transformation และ spatial bias ผลจากการปรับแก้ด้วยวิธีทั้ง 2 ทำให้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมมีความมสัมพันธ์กับข้อมูลฝนสังเกตการณ์ได้ดีขึ้นจึงนำวิธีการปรับแก้จากการศึกษาของ Immerzeel (2010) มาประยุกต์ใช้ในการศึกษานี้ โดยแสดงรายละเอียดและพร้อมทั้งจุดเด่นของทั้ง 2 วิธี ดังนี้

1. วิธี distribution transformation (dis) วิธีนี้เป็นการปรับค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviations) ของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในแต่ละวันให้เข้าใกล้กับข้อมูลฝนสถานี โดยที่ลักษณะฝนในเชิงพื้นที่เป็นรูปแบบของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมดังเดิม

2. วิธี spatial bias (spa) ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในกริดที่พิกัดกึ่งกลางที่ใกล้เคียงกับจุดของสถานีฝนสังเกตการณ์ ในการหาความแตกต่างของข้อมูลในแต่ละจุดที่มีสถานีสังเกตการณ์อยู่และทำการกระจายข้อมูลความแตกต่างลงในระบบกริดแบบของข้อมูลดาวเทียมในแต่ละวัน ด้วยวิธี Inverse distance แล้วจึงนำข้อมูลความผิดพลาดในระบบกริดเดียวกันกับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมลบออกจากกัน วิธีนี้จะช่วยปรับข้อมูลฝนในเชิงพื้นที่ของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในตำแหน่งที่สถานีสังเกตการณ์มีข้อมูล

จากทั้ง 2 วิธีในข้างต้นได้ถูกนำมาใช้ในการศึกษาการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 ที่ได้รวมข้อมูลราย 3 ชั่วโมงเป็นข้อมูลรายวันในพื้นที่ลุ่มน้ำยมที่มีขนาดกริด 0.25 ดีกรี และใช้สถานีสังเกตการณ์ทั้งหมด 22 สถานี ในช่วงเวลา พ.ศ. 2543-2555 โดยมีขั้นตอนนำเข้าข้อมูลการปรับข้อมูลจนถึงรูปแบบข้อมูลที่ออกมาได้ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมข้อมูลนำเข้าที่เป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการปรับแก้มีข้อมูล 2 ส่วนหลักคือข้อมูลฝนสังเกตการณ์รายวันเป็นข้อมูลแบบจุด และข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมรายวันในระบบกริด

2. การปรับแก้ข้อมูล แบ่งตามวิธีการทั้ง 2 วิธีที่ใช้ มีรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 วิธี distribution transformation ส่วนแรกคือการหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละวันของฝนจากสถานีและข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม และหาอัตราส่วนระหว่างข้อมูลทั้ง 2 ชนิด ในช่วงเวลาที่ค่าเฉลี่ยหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเป็นศูนย์ ที่จะทำให้อัตราส่วนของค่านั้นๆ มีค่าเป็นอนันต์ ในช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์นี้จะไม่ถูกปรับแก้ จากการที่รูปแบบของฝนในเชิงพื้นที่ของวิธีนี้จะไม่ถูกเปลี่ยนแปลง ในการที่ค่าเหล่านี้มีค่าเป็นศูนย์นั้นหมายความว่าข้อมูลดาวเทียมไม่ได้ประมาณว่าในช่วงเวลานั้นมีฝนตก เมื่อได้ค่าอัตราส่วน แล้วจึงนำอัตราส่วนเหล่านี้ทำการปรับข้อมูลฝนในรายกริดด้วยสมการตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 2

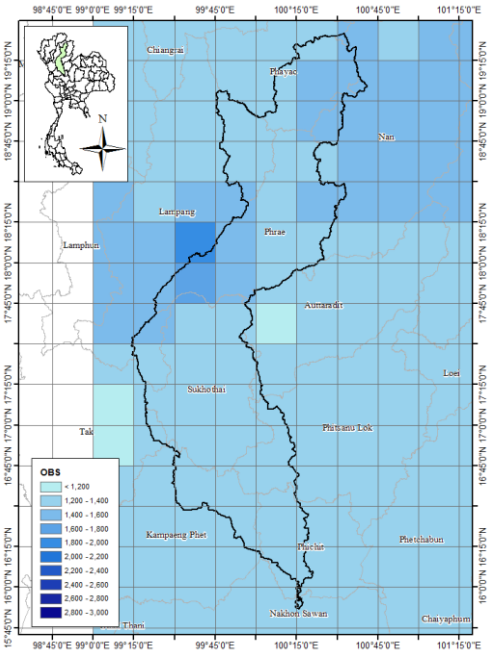
2.2 วิธี spatial bias เริ่มต้นวิธีการนี้ด้วยการจับคู่ระหว่างสถานีสังเกตการณ์กับกริดข้อมูล TRMM ในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกัน โดยยึดพิกัดกึ่งกลางของระบบกริดในการเทียบ ข้อมูลจากดาวเทียมจะถูกนำมาหาความผิดพลาดจากสถานีด้วยความละเอียดรายวันซึ่งจะได้จุดข้อมูลความผิดพลาดตามจำนวนสถานีสังเกตการณ์ที่ได้เลือกใช้ในแต่ละวัน จะถูกนำไปกระจายลงสู่ระบบกริดด้วยวิธี Inverse distance weighting ด้วยขนาดพื้นที่ของกริดที่เท่ากับของข้อมูลดาวเทียมนั้นก็คือ 0.25 x 0.25 ดีกรี ในรายละเอียดรายวันเท่ากับข้อมูลในระบบกริดของฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียบจะถูกลบออกด้วยข้อมูลความผิดพลาดที่เวลาและกริดเดียวกัน

ข้อมูลดาวเทียมที่ถูกปรับแก้แล้วเก็บอยู่ในตัวแปร3 มิติ ละติจูด ลองติจูด และเวลา โดยมีความละเอียดของข้อมูลอยู่ที่ 0.25 x 0.25 ดีกรี เท่ากับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมก่อนการปรับแก้

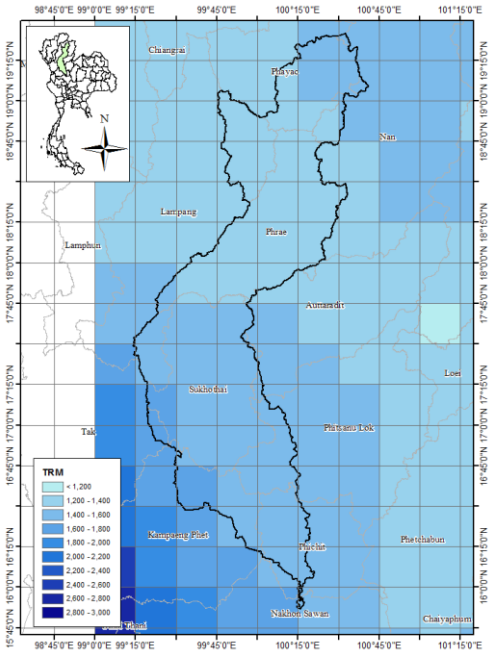
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมหลังการปรับแก้ข้อมูล

จากการอธิบายวิธีการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในหัวข้อที่ผ่านมา ผลลัพธ์จากการปรับแก้ข้อมูลฝน TRMM 3B42 ที่ถูกปรับแก้แล้วจะถูกนำไปเปรียบเทียบด้วยวิธีเดียวกันกับข้อมูลตั้งต้น คือการเทียบกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์ในเชิงพื้นที่และเชิงปริมาณ ทั้งรายละเอียดของข้อมูลในระดับรายเดือนและระดับรายวัน เพื่อสังเกตุความแตกต่างของข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการปรับแก้ ก่อนที่ข้อมูลฝนทั้งหมดจะถูกนำไปจำลองสภาพน้ำท่าเพื่อศึกษาศักยภาพของข้อมูลฝนแต่ละประเภท

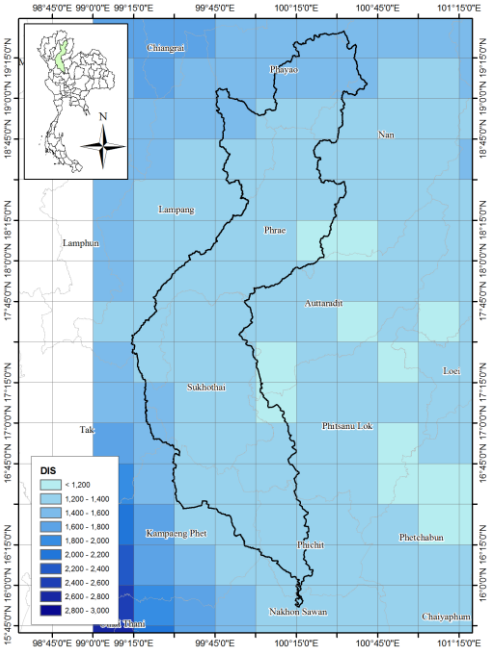
ข้อมูลฝนเฉลี่ยรายปีในแต่ละกริดที่รายละเอียด 0.25 x 0.25 ดีกรี ของข้อมูลนที่ปรับแก้แล้วทั้ง 2 วิธีแสดงดังรูปที่ 3.8 ผลการปรับแก้ด้วยวิธี dis ได้แสดงให้เห็นว่ารูปแบบของฝนจากข้อมูลดาวเทียมยังคงเป็นรูปแบบในเชิงพื้นที่ที่ใกล้เคียงกับข้อมูลดาวเทียมเดิมที่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนจากการปรับค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แต่จากการปรับค่าปริมาณฝนถ้าให้ข้อมูลสถานีเป็นเกณฑ์เปรียบเทียบปริมาณจะเห็นกริดที่มี่การปรับข้อมูลฝนด้วยวิธี dis มีฝนสูงกว่า 3,000 มม. ซึ่งสูงกว่าข้อมูลฝนสังเกตการณ์เฉลี่ยรายปี ส่วนวิธี spa ฝนในเชิงพื้นที่จะมีการเปลี่ยนแปลงจากการที่มีการลบความผิดพลาดออกด้วยข้อมูลของสถานีสังเกตการณ์ในเฉพาะกริดที่ตำแหน่งเดียวกันและใกล้เคียงกันในระยะ 3 กริดหรือประมาน 75 กิโลเมตรที่จะถูกปรับแก้ในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีใกล้เคียงจะยังใช้ข้อมูลเดิมของดาวเทียม จึงถือว่าเป็นการเติมข้อมูลในส่วนที่ขาดหายไปของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม



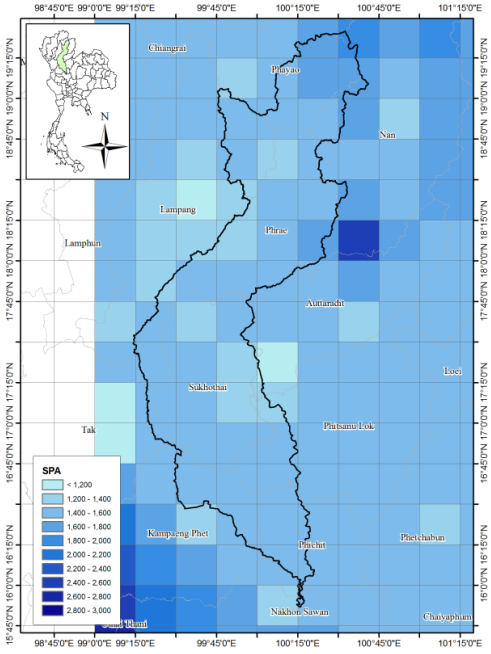
ก.) สถานีสังเกตการณ์



ข.) TRMM 3B42



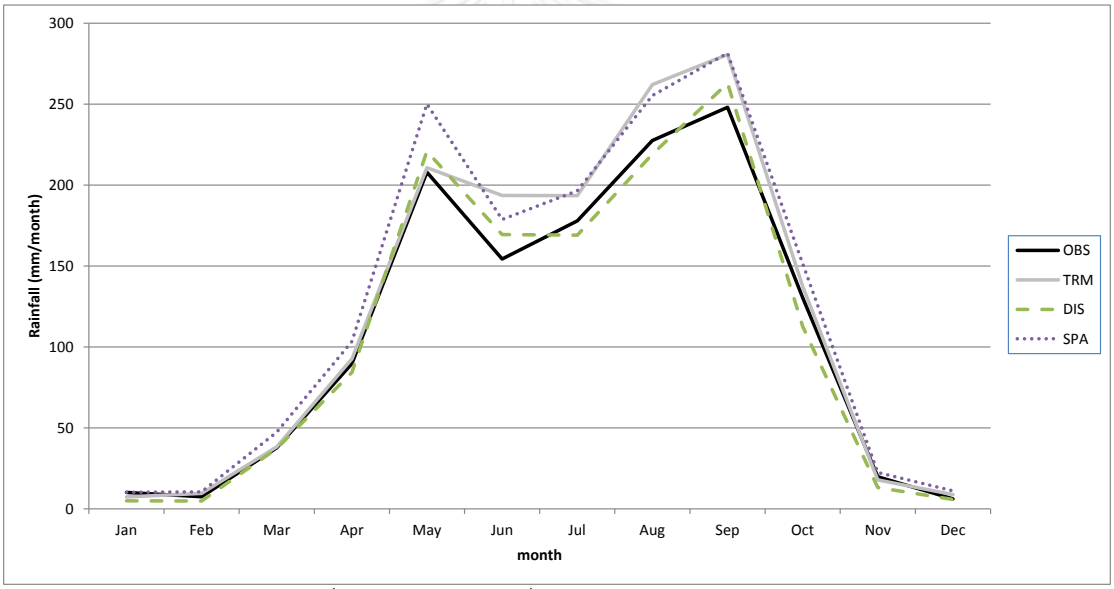
ค.) TRMM 3B42 dis



ง.) TRMM 3B42 spa

รูปที่ 3.8 การกระจายตัวของข้อมูลฝนเฉลี่ยรายปีหลังการปรับแก้

การเปรียบเทียบด้วยข้อมูลเฉลี่ยรายเดือนก่อนการปรับแก้ ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM มีการประมาณค่าที่สูงกว่าข้อมูลจากสถานีสังเกตการณ์ในช่วงฤดูฝนหรือช่วงเดือนพฤษภาคม จนถึงเดือนตุลาคม ดังแสดงในในรูปที่ 3.9 ได้แสดงข้อมูลฝนเฉลี่ยรายเดือนเปรียบเทียบกันระหว่างข้อมูลฝนแต่ละแบบ การปรับแก้ด้วยวิธี dis ได้ให้ค่าเฉลี่ยที่เข้าใกล้กับค่าเฉลี่ยของข้อมูลสังเกตการณ์มากขึ้นกว่าวิธีของ spa ที่มีค่าปริมาณฝนที่สูงมากขึ้นในเดือนพฤกษภาคม และในเดือนอื่นมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมก่อนการปรับแก้ การเปรียบเทียบด้วยข้อมูลรายเดือนเฉลี่ยได้ให้ข้อสังเกตุว่าวิธี dis นั้นมีคุณภาพในเชิงปริมาณที่ดีขึ้นในขณะที่คุณภาพของวิธี spa นั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปที่น้อย และในจุดที่มีความเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นไปในทางที่แย่ลงจากข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมก่อนปรับแก้

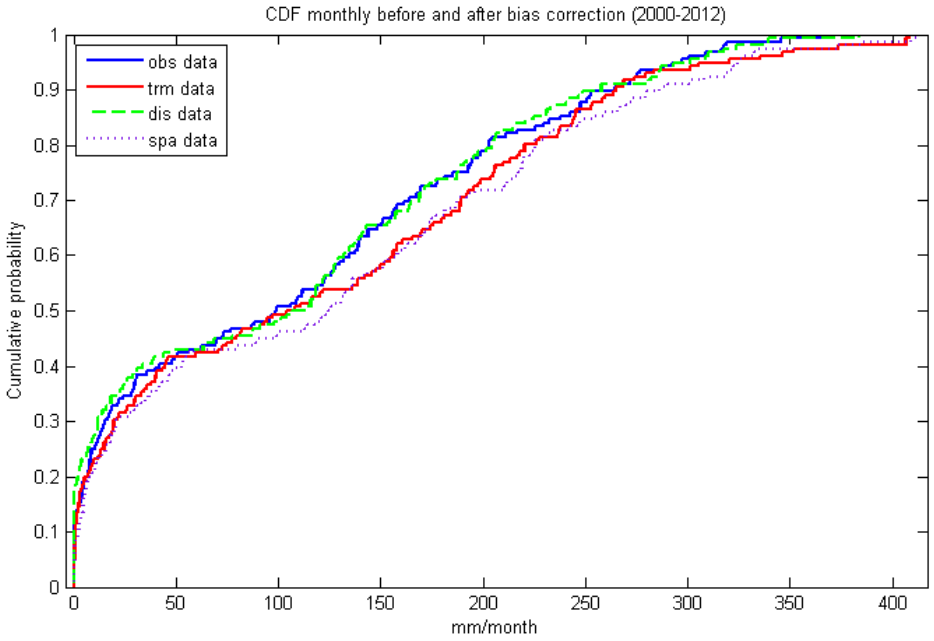


รูปที่ 3.9 ข้อมูลฝนเฉลี่ยรายเดือนหลังการปรับแก้

เมื่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าเบี่ยงเบนจากการประมาณรายเดือนระหว่างข้อมูลฝนสังเกตการณ์รายเดือนกับข้อมูลฝนจาก TRMM ที่ปรับแก้แล้วดังตารางที่ 3.8 พบว่าความสัมพันธ์ในหลายเดือนได้ดีขึ้นหลังจากการปรับแก้ ซึ่งวิธี spa ได้ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงกว่าวิธี dis เป็นส่วนใหญ่ ในส่วนของค่าเบี่ยงเบนจากการประมาณในเดือนที่มีค่านี้สูงกว่าเดือนอื่นตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายน จากการปรับแก้ด้วยวิธี dis ค่าเบี่ยงเบนจากการประมาณได้

มีการลดลงในทุกเดือนที่กล่าวมา แต่ในเดือนที่มีค่าเบี่ยงเบนจากการประมาณต่ำกลับมีค่าเบี่ยงเบนที่สูงขึ้น ในขณะที่วิธีการปรับแก้ spa ไม่ได้ให้ผลที่เป็นไปในแนวทางเดียวกันทั้งหมด

การเปรียบเทียบของฟังก์ชันของข้อมูลฝนรายเดือนสะสมในรูปที่ 3.10 จากในช่วงของฝนสะสมที่มีค่าประมาณ 130 มม. ถึง 250 มม. ที่ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมมีโอกาสเกิดปริมาณฝนในช่วงนั้นที่สูงกว่าข้อมูลฝนจากสถานีหรือก็คือมีข้อมูลที่สูงเกินความจริง หลังจากการปรับข้อมูลฝนวิธี dis ได้ทำให้โอกาสการเกิดฝนของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมนั้นเข้าใกล้กับโอกาสการเกิดฝนที่ปริมาณฝนเท่ากันกับของข้อมูลฝนจากสถานีจากกราฟได้แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงจากการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่เส้นกราฟเปลี่ยนมาเข้าใกล้กับกราฟของข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์ ในขณะที่การปรับแก้ด้วยวิธี spa พบว่าฝนไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เข้าใกล้กับข้อมูลสถานีและในช่วงของปริมาณฝนสะสมประมาณ 250 มม. ถึง 300 มม. เป็นช่วงที่ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมมีอากาสการเกิดปริมาณฝนสะสมที่ใกล้เคียงกับข้อมูลสังเกตการณ์ แต่จากข้อมูลที่ปรับแก้ด้วยวิธี spaได้ปรับข้อมูลฝนให้มีค่าที่สูงขึ้นจากข้อมูลชุดเดิมที่โอกาสการเกิดเดียวกัน



รูปที่ 3.10 ฟังก์ชันการกระจายตัวสะสมของข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์และ TRMM 3B42 ก่อนและหลังปรับแก้

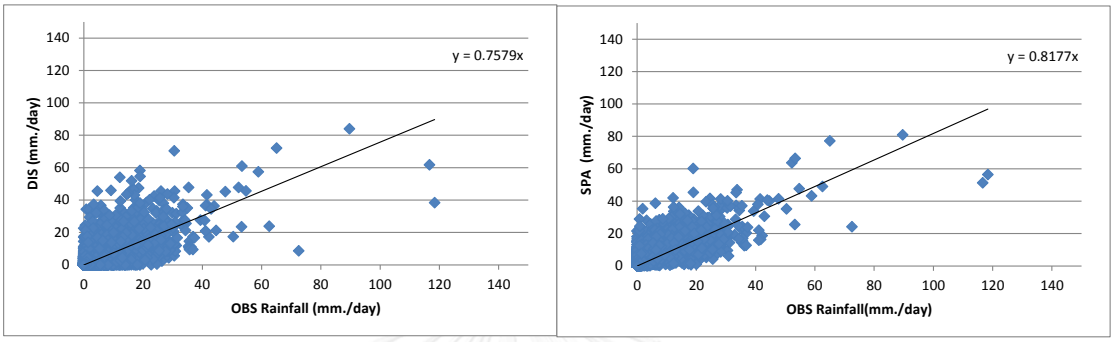
การเปรียบเทียบด้วยตัวแปรทางสถิติสำหรับข้อมูลรายวันดังตารางที่ 3.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นั้นมีการเพิ่มขึ้นจาก 0.56 เป็น 0.70 และ 0.78 ด้วยวิธีการปรับแก้ disและ spa ตามลำดับ แสดงว่าจากการปรับแก้ทั้ง 2 วิธีนั้นทำให้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับข้อมูลฝนจากสถานีได้ดีขึ้นจากการที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ 1 มากขึ้น และการเปรียบเทียบด้วยค่าค่าเบี่ยงเบนจากการประมาณวิธี dis สามารถลดค่าค่าเบี่ยงเบนจากการประมาณ จนเข้าใกล้ 0 ได้ ซึ่งค่า 0 ถือว่าเป็นค่าที่ดีที่สุดสำหรับตัวแปรค่าเบี่ยงเบนจากการประมาณ โดยมีค่าความผิดพลาดในการประมาณฝนน้อยกว่าข้อมูลสถานีรายวัน 0.02 มม.ต่อวัน วิธี spa ทำให้ค่าค่าเบี่ยงเบนจากการประมาณ จากที่ประมาณค่าต่ำกว่า กลายเป็นประมาณค่าได้มากกว่า 0.54 มม. ต่อวัน ซึ่งถือว่าการปรับข้อมูลด้วยวิธีนี้ทำให้ค่าความผิดพลาดของข้อมูลในระดับรายวันมีมากขึ้น

ตารางที่ 3.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าเบี่ยงเบนจากการประมาณของข้อมูลฝน TRMM 3B42 เฉลี่ยรายเดือนก่อนและหลังปรับแก้

Month	R			Bias		
	TRM	dis	spa	TRM	dis	spa
Jan	0.85	0.94	0.95	-2.82	-5.17	0.19
Feb	0.87	0.88	0.96	2.07	-2.66	3.07
Mar	0.86	0.92	0.97	0.61	-0.48	9.63
Apr	0.73	0.90	0.90	2.88	-5.49	13.63
May	0.92	0.87	0.92	2.78	12.94	42.07
Jun	0.41	0.82	0.82	39.23	15.07	24.36
Jul	0.73	0.77	0.71	15.65	-8.73	18.69
Aug	0.88	0.89	0.92	34.50	-8.51	27.73
Sep	0.56	0.61	0.65	32.59	14.80	33.39
Oct	0.79	0.90	0.96	6.94	-17.80	20.96
Nov	0.91	0.95	0.94	-1.88	-6.56	2.71
Dec	0.87	0.59	0.96	2.67	-0.35	4.97

ตารางที่ 3.9 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าเบี่ยงเบนจากการประมาณรายวันระหว่างข้อมูลฝนสังเกตการณ์กับข้อมูลฝนจาก TRMM

R			BIAS		
TRMM	dis	spa	TRMM	dis	spa
0.56	0.70	0.78	-0.38	-0.02	0.54



ก.) ปรับแก้ด้วยวิธี dis ข.) ปรับแก้ด้วยวิธี spa

รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ของฝนสังเกตการณ์กับ TRMM 3B42 หลังการปรับแก้

3.4 สรุปผลการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม

การปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในการศึกษานี้เป็นขั้นตอนพื้นฐานของก่อนการนำข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม จากเหตุผลที่ว่าข้อมูลจากสถานีสังเกตการณ์นั้นสามารถเก็บข้อมูลฝนตกได้ถูกต้องจากการที่วัดข้อมูลฝนตกลงมาจริง การปรับแก้ข้อมูลจึงใช้ข้อมูลสถานีสังเกตการณ์เป็นฐานในการปรับแก้ด้วยวิธีการปรับแก้ทั้ง 2 วิธีที่มีจุดเด่นแตกต่างกัน วิธี dis เป็นการปรับข้อมูลปริมาณฝนให้เข้าใกล้กับข้อมูลฝนสถานี จากผลการเปรียบเทียบทั้งในรายเดือนละในรายวันที่สามารถเข้าใกล้กับข้อมูลสถานีสังเกตการณ์ และค่าตัวแปรที่ช่วยในการตัดสินใจที่ดีขึ้น โดยยังยึดถือว่ารูปแบบการตกของฝนในแต่ละช่วงเวลายังเป็นรูปแบบของฝนจากข้อมูลดาวเทียมตามเดิม ดังนั้นในช่วงเวลาที่ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่มีความผิดพลาดในการประมาณเหตุการณ์ฝนที่ตกจริงในช่วงเวลานั้นก็จะไม่มีการปรับแก้ใดจากการที่ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมไม่ได้ประมาณว่ามีเหตุการณ์ฝนตกในเวลานั้น ยังคงเป็นจุดด้อยของวิธีการนี้ จุดเด่นของวิธี spa เป็นวิธีที่ใช้ในการเติมข้อมูลของสถานีสังเกตการณ์ในตำแหน่งของตัวสถานีเองให้แก่กริดของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม ซึ่งจะเป็นการเพิ่มข้อมูลให้แก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในกรณีที่ตัวข้อมูลดาวเทียมไม่สามารถประมาณเหตุการณ์ที่ฝนตกจริงได้ หรือลดข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในกรณีที่ไม่มีการตกของฝนจริงแต่

ดาวเทียมประมาณการว่ามีการตกของฝน โดยในตำแหน่งที่ห่างจากสถานีสังเกตการณ์จะยังคงข้อมูลฝนดาวเทียมไว้เช่นเดิม ในส่วนของการเปรียบเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์หลังการปรับแก้ ผลที่ได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากตัวข้อมูลเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ตัวแปรที่ช่วยในการตัดสินใจได้บ่งบอกถือความสัมพันธ์ว่าข้อมูลหลังการปรับแก้นั้นมีความสัมพันธ์ที่ดีขึ้น ถึงแม้ว่าความผิดพลาดของข้อมูลจะมีเพิ่มมากขึ้นในบางช่วงเวลาจากการเปรียบเทียบในระดับรายเดือนและรายวัน

ผลจากการศึกษาในบทนี้สามารถสรุปได้ว่าวิธีการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมทั้ง 2 วิธีตามที่ได้กล่าวไว้ มีศักยภาพเพียงพอในการนำมาใช้กับการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในระดับรายวันสำหรับในพื้นที่ลุ่มน้ำยม ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีทั้งภูเขาและพื้นราบ วิธี dis มีศักยภาพในการปรับปริมาณฝนได้ดีกว่าวิธี spa จากการเปรียบเทียบปริมาณฝนกับสถานีที่ได้ถูกเลือกไว้ในข้างต้น ซึ่งการเปรียบเทียบนี้สามารถเปรียบเทียบในเชิงของปริมาณเท่านั้น ในส่วนของเชิงพื้นที่ข้อมูลฝนที่ถูกปรับแก้ทั้งหมดจะถูกนำไปจำลองสภาพน้ำท่า เพื่อศึกษาผลลัพท์ที่ได้ควบคู่ไปกับการเปรียบเทียบข้อมูลฝนในบทนี้ เพื่อการสรุปผลรวมเกี่ยวกับศักยภาพของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4

การปรับเทียบและการสอบทานแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า

การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการจำลองสภาพทางกายภาพในแต่ละลุ่มน้ำ หนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญคือการการปรับพารามิเตอร์ของแบบจำลองให้มีพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับลักษณะพื้นที่ศึกษาโดยขั้นตอนนี้เรียกว่าการปรับเทียบแบบจำลอง (model calibration) และการนำพารามิเตอร์ที่ได้ทำการปรับเทียบมาจำลองสภาพของลุ่มน้ำเดียวในช่วงเวลาอื่นเรียกว่าการสอบทานแบบจำลอง (model validation) ในบทนี้จะสรุปการปรับเทียบและสอบทานแบบจำลอง RRI ที่ใช้ในการศึกษานี้ โดยการปรับเทียบใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2554 และปี พ.ศ. 2555 สำหรับการสอบทาน ซึ่งมีรายละเอียดในแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

4.1 การปรับเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

4.1.1 พารามิเตอร์ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลที่สื่อถึงลักษณะกายภาพของพื้นที่ศึกษา (physical parameter) เช่น พื้นที่ลุ่มน้ำ ความกว้างของลำน้ำ เป็นต้น และพารามิเตอร์ที่แสดงถึงลักษณะของพื้นที่ศึกษาที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรง (process parameter)เช่นค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิ่ง (Manning's n) ค่าของพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองการไหลซึมของกรีนและแอมป์ (Green and Ampt parameter) เป็นต้น Singh (1995) ได้แบ่งขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลองสามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนได้แก่

1. การกำหนดช่วงของพารามิเตอร์ทางกายภาพ จากการหาข้อมูลในการสำรวจภาคสนาม โดยทั่วไปค่าของพารามิเตอร์ในส่วนนี้จะคงที่ตามค่าที่สามารถวัดได้ นอกจากจะมีปรับแก้ค่าที่เกิดความผิดพลาด หลักของขั้นตอนนี้คือการกำหนดช่วงของพารามิเตอร์ น้อยที่สุดถึงมากที่สุดตามความเป็นไปได้ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจและความเข้าใจในแต่ละลุ่มน้ำของผู้ศึกษา

2. การประเมินพารามิเตอร์เพื่อลดความไม่แน่นอน ซึ่งมีอยู่หลายวิธี โดยวิธีทั่วไปในขั้นแรกคือการประมาณค่าเริ่มต้นของตัวพารามิเตอร์ในช่วงที่ได้กำหนดจากขั้นตอนแรก หลังจากนั้นจึงทำ

การปรับตัวพารามิเตอร์ให้แบบจำลองเข้าใกล้กับพฤติกรรมของลุ่มน้ำที่ศึกษาซึ่งสามารถปรับได้ด้วยทั้งวิธีการปรับด้วยมือหรือการปรับแบบอัตโนมัติ

สำหรับการปรับเทียบแบบจำลองในการศึกษานี้จะเน้นการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ จากส่วนของ process parameter เนื่องจากพารามิเตอร์ที่ใช้ส่วนใหญ่นั้นมาจากการประมาณค่าตามสภาพของลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำยม การเลือกวิธีปรับพารามิเตอร์จากการที่แบบจำลอง RRI ที่มีข้อจำกัดในการใช้เวลาคำนวณในแต่ละรอบของการจำลองที่ใช้เวลานาน การปรับด้วยวิธีการปรับแบบอัตโนมัตินั้นต้องการปริมาณผลการจำลองที่มีจำนวนมาก และในการศึกษานี้ต้องการปรับเทียบแบบจำลองให้มีความแม่นยำมากขึ้นการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ต่างๆ จึงมีความจำเป็นในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบแบบจำลอง RRI ดังแสดงรายละเอียดต่อไป

4.1.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง RRI

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแต่ละตัว (sensitivity analysis) เพื่อหาว่าพารามิเตอร์ตัวใดมีความอ่อนไหว (sensitive) ต่อแบบจำลองซึ่งพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวมากเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็จะส่งผลต่อแบบจำลองสูงกว่า พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวน้อยซึ่งมีประโยชน์ต่อการเลือกพารามิเตอร์ที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง แต่เนื่องด้วยการที่แบบจำลอง RRI ต้องใช้เวลาในการคำนวณในแต่ละรอบของการจำลองนาน ผู้ศึกษาจึงใช้วิธีการหาความอ่อนไหวพารามิเตอร์ด้วยการวิธีการลองทายค่า

วิธีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองสำหรับการศึกษานี้ใช้วิธีการลองทายค่าในการหาค่าความอ่อนไหวสำหรับพารามิเตอร์ในแบบจำลอง RRI โดยใช้พารามิเตอร์ทั้งหมด 13 ตัว ตามตารางที่ 4.1 ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่อยู่ในส่วนของ process parameter สำหรับแบบจำลอง RRI ซึ่งสามารถแบ่งพารามิเตอร์ออกเป็น 3 กลุ่มตามการใช้งานของแบบจำลอง และตามการใช้พื้นที่ ได้แก่ กลุ่มพารามิเตอร์การซึมผ่านของน้ำ กลุ่มสัมประสิทธิ์ความขรุขระ กลุ่มพารามิเตอร์ชั้นดิน

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

กลุ่มตัวแปร	การใช้พื้นที่	พารามิเตอร์	หน่วย
Green ampt	เกษตรกรรม	hydraulic conductivity faif delta infiltration limit	เมตร/ชั่วโมง เมตร - เมตร
	ที่อยู่อาศัย	hydraulic conductivity faif delta infiltration limit	เมตร/ชั่วโมง เมตร - เมตร
Maning' n	- -	manning's n River manning's n Slope	วินาที/เมตร^(1/3) วินาที/เมตร^(1/3)
soil	ป่าไม้	hydraulic conductivity depth in subsurface soil depth	เมตร/ชั่วโมง เมตร เมตร

การสรุปความอ่อนไหวของแบบจำลองใช้การประเมินตามเกณฑ์ 3 อย่างที่ส่งผลต่อการจำลองคือ

1. ปริมาณน้ำท่ารวม
2. ปริมาณและเวลาที่เกิดน้ำท่าสูงสุด
3. ช่วงเวลาที่ส่งผลในแบบจำลอง

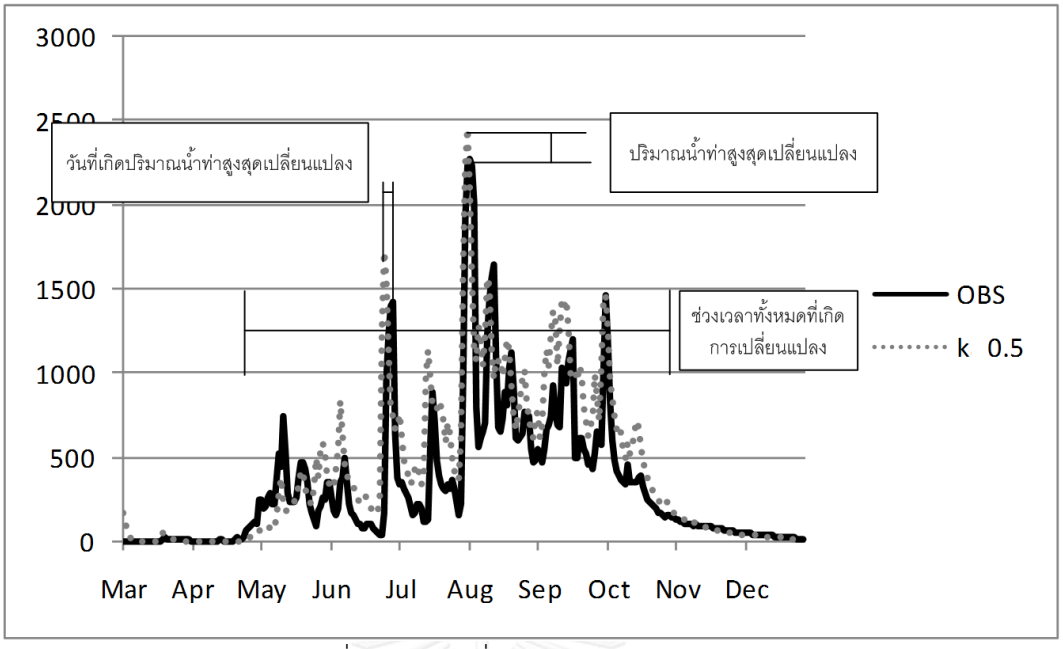
การให้คะแนนตามศักยภาพของพารามิเตอร์แต่ละตัวที่ส่งผลต่อแบบจำลอง ตามผลการศึกษาที่ได้ประกอบกับความเห็นของผู้ศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ส่วนได่แก่ น้อย ปานกลาง และมาก โดยตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1 ได้ให้นิยามของเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินแบบจำลองทั้ง 3 เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่ารวมเป็นการประเมินการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่ารวมจากการจำลองในแต่ละกรณีที่ได้ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ทีละตัวในระยะที่เพิ่มหรือลดด้วยค่าที่ไม่กว้างมาก และเทียบกันระหว่างกรณีที่ค่าของพารามิเตอร์อยู่ใกล้กัน ส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าสูงสุดปริมาณน้ำจะเปรียบเทียบเช่นเดียวกันกับกรณีของปริมาณน้ำท่ารวม แต่เทียบเฉพาะปริมาณน้ำท่า

สูงสุดที่ได้รับอิทธิพลจากพายุทั้ง 5 ลูกในปี พ.ศ. 2554 แล้วเพิ่มการเปรียบเทียบในส่วนของวันที่ที่เกิดน้ำท่าสูงสุดที่เปลี่ยนแปลงไป ในส่วนสุดท้ายคือช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำท่าในแบบจำลองได้เปลี่ยนแปลงไปจากกรณีใกล้เคียง โดยนับเป็นวันที่เทียบกับจำนวนวันที่จำลองทั้งหมด 305 วันการประเมินความอ่อนไหวของตัวแปนแต่ละตัวจะทำการนำค่าที่ประเมินได้จากทั้ง 3 หัวข้อมาปรับเป็นคะแนน เพื่อใช้ในการสรุปความอ่อนไหวของแบบจำลอง RRI โดยให้ค่าที่มีอิทธิพลน้อยมีค่าเท่ากับ 0 คะแนน ปานกลาง เท่ากับ 1 คะแนน และ มากเท่ากับ 3 คะแนน เหตุเนื่องจากค่าที่มีอิทธิพลมากจะส่งผลต่อแบบจำลองให้มีการเปลี่ยนแปลงที่สูง จึงให้ความสำคัญกับส่วนนี้ตารางที่ 4.3 ได้สรุปความอ่อนไหวของแต่ละพารามิเตอร์ไว้ โดยคะแนนที่ได้ในแต่ละเกณฑ์จะถูกรวมเพื่อสรุปเป็นความอ่อนไหว โดยตั้งให้ 0 คะแนนมีความอ่อนไหวน้อย 1-10 คะแนนเป็นปานกลาง และ มากกว่า 10 คะแนนถือว่ามีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองสูง

โดยผลจากการศึกษาในหัวข้อนี้จะนำไปใช้ต่อในการปรับเทียบแบบจำลอง RRI เพื่อใช้ในการศึกษาสภาพน้ำท่าจากข้อมูลฝนที่มาจากดาวเทียม และผลการศึกษาในส่วนนี้มีประโยชน์ในการประยุกต์ใช้กับพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นในประเทศไทยสำหรับการใช้แบบจำลอง RRI ในการจำลองสภาพน้ำฝน - น้ำท่าต่อไปได้

ตารางที่ 4.2 นิยามของความอ่อนไหว

	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่ารวม (ลบ.ม.)	การเปลี่ยนปริมาณน้ำท่าสูงสุด		ช่วงเวลาที่ส่งผลในแบบจำลอง (วัน)
		ปริมาณน้ำท่าสูงสุด (ลบ.ม./วัน)	เวลาที่เกิด (วัน)	
น้อย	น้อยกว่า 0.01%	น้อยกว่า 1%	ไม่เปลี่ยนแปลง	น้อยกว่า 15%
ปานกลาง	มากกว่า 0.01% และ น้อยกว่า 10%	มากกว่า 1% และ น้อยกว่า 10 %	ไม่เกิน 1 วัน	มากกว่า 15% และ น้อยกว่า 85%
มาก	มากกว่า 10%	มากกว่า 10%	มากกว่า 1 วัน	มากกว่า 85%



รูปที่ 4.1 นิยามที่ใช้ประเมินความอ่อนไหว

รูปที่ 4.1 อธิบายเพิ่มเติมในส่วนของประเมินคะแนนความอ่อนไหวในแต่ละหัวข้อที่ได้ให้นิยามไว้ในตารางที่ 4.2 โดยผลของปริมาณน้ำท่าจะถูกเปรียบเทียบด้วยเกณฑ์ที่กล่าวมา โดยรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่ารวม เป็นการเทียบเปอร์เซ็นต์ความต่างที่เกิดขึ้นของข้อมูลปริมาณน้ำท่ารวมทั้งช่วงเวลาในการจำลอง

2.การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าสูงสุด การประเมินในส่วนนี้จะสนใจเฉพาะข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่สูงที่สุด ซึ่งจะแบ่งเป็น เชิงปริมาณและเชิงเวลา

2.1 ปริมาณน้ำท่าสูงสุด เป็นจุดที่สำคัญเนื่องจากการเหตุการณ์นี้สามารถก่อให้เกิดอุทกภัยขึ้นซึ่งสามารถส่งผลต่อความเสียหายในด้านต่างๆ การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลนี้จึงมีความสำคัญต่อแบบจำลองเป็นอย่างยิ่ง ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ที่ส่งผลให้ค่านี้เปลี่ยนแปลงจึงมีความสำคัญเช่นเดียวกัน ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์เช่นเดียวกัน โดยการเทียบที่ค่าปริมาณน้ำท่าสูงสุด

2.2 เวลาที่เกิดน้ำท่าสูงสุด พารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาที่เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดมีส่วนในการช่วยการปรับช่วงเวลาที่เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดให้เข้าใกล้กับข้อมูลตรวจวัดได้ เวลาการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดมีความจำเป็นสำหรับการทำนายน้ำหลาก จากการที่

ต้องการความแม่นยำไม่ใช่ในเพียงเชิงปริมาณเท่านั้น ยังต้องการช่วงเวลาที่เกิดที่มีความแม่นยำเพื่อการเตือนภัยที่ทันท่วงที การเปรียบเทียบเพื่อให้คะแนนจะดูการเปลี่ยนวันที่เกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดเทียบกับกรณีของพารามิเตอร์ที่ใกล้เคียงกัน

3. ช่วงเวลาที่ส่งผลในแบบจำลอง เป็นภาพรวมของปริมาณน้ำท่าในแต่ละวันทั้งช่วงเวลาจากการจำลองทั้งหมดว่าวันที่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำท่าที่มากกว่า 0.1% นั้นมีเท่าใดจากทั้งหมด 305 วันจากการจำลอง ยิ่งมีเปอร์เซ็นต์ที่มากคือมีผลต่อแบบจำลองมาก การนำไปปรับเทียบแบบจำลองจะสามารถเลือกพารามิเตอร์ที่มีค่านี้สูงเพื่อทำการปรับปริมาณน้ำท่าในภาพรวมได้

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว และผลจากการวิเคราะห์สำหรับแบบจำลอง RRI ในพื้นที่ลุ่มน้ำยม สามารถสรุปตามกลุ่มของพารามิเตอร์ที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น ดังแสดงผลในตารางที่ 4.3 และสามารถสรุปตามกลุ่มพารามิเตอร์ได้ดังนี้

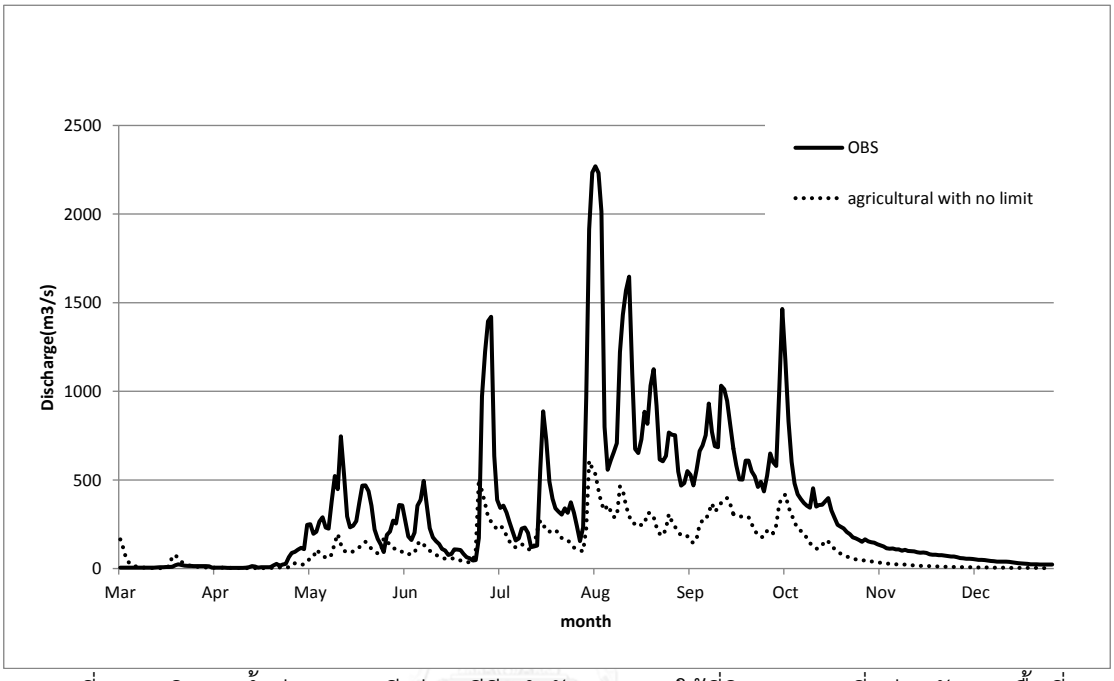
1. กลุ่มพารามิเตอร์การซึมผ่านของน้ำ พารามิเตอร์ที่ใช้ในสมการการไหลซึมของกรีนและแอมป์ซึ่งมีทั้งหมด 4 ตัวที่ ได้แก่สัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (hydraulic conductivity) φ (faif) θ (delta) และ ขีดจำกัดของการไหลซึมสะสม (cumulative infiltration limit) ในแบบจำลองได้ทำการกำหนดพื้นที่เพาะปลูกและพื้นที่ที่อยู่อาศัยให้ฝนที่ตกลงมาสามารถซึมผ่านลงไปกักเก็บในดิน จึงจำเพาะพารามิเตอร์ในกลุ่มของทั้ง 2 พื้นที่นี้ในการปรับเทียบสำหรับในกลุ่มพารามิเตอร์นี้ การปรับพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัว ผู้ศึกษาได้ทำการปรับค่าของทั้ง 3 พารามิเตอร์นี้ในช่วงที่กว้างมากๆ (100 เท่าขึ้นไป) ผลต่างของปริมาณน้ำท่าที่เปลี่ยนแปลงไปมีน้อยกว่า 0.01% จึงถือว่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวนี้มีความอ่อนไหวน้อยสำหรับแบบจำลองนี้ ในส่วนของพารามิเตอร์ขีดจำกัดของการไหลซึมสะสมได้ทำการทดสอบโดยการปรับค่าขีดจำกัดของการไหลซึมสะสมให้ไม่มีขีดจำกัด ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำท่าที่เปลี่ยนแปลงไปของพื้นที่อยู่อาศัยอยู่ที่ประมาณ 10% ในขณะที่ปริมาณน้ำท่าเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรมอยู่ที่ 70% เนื่องจากการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันของทั้ง 2 ประเภท โดยมีพื้นที่ของการใช้ที่ดินที่อยู่อาศัย 0.03% และพื้นที่เกษตรกรรม 0.45% ของการใช้ที่ดินทั้งหมดในลุ่มน้ำยมเนื่องด้วยการใช้พื้นที่ประเภทพื้นที่เกษตรกรรมมีสูงจึงส่งผลให้พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พื้นที่ชนิดนี้มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองนี้ตามไปด้วย

2. กลุ่มสัมประสิทธิ์ความขรุขระในแบบจำลอง RRI สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ส่วนคือ ในส่วนของแม่น้ำ และส่วนของพื้นราบการไหลค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำอ้างอิงจากตารางของ Chow (1965) และการศึกษาของ Visutimeteegorn et al. (2006) Sombat Chuenchooklin et

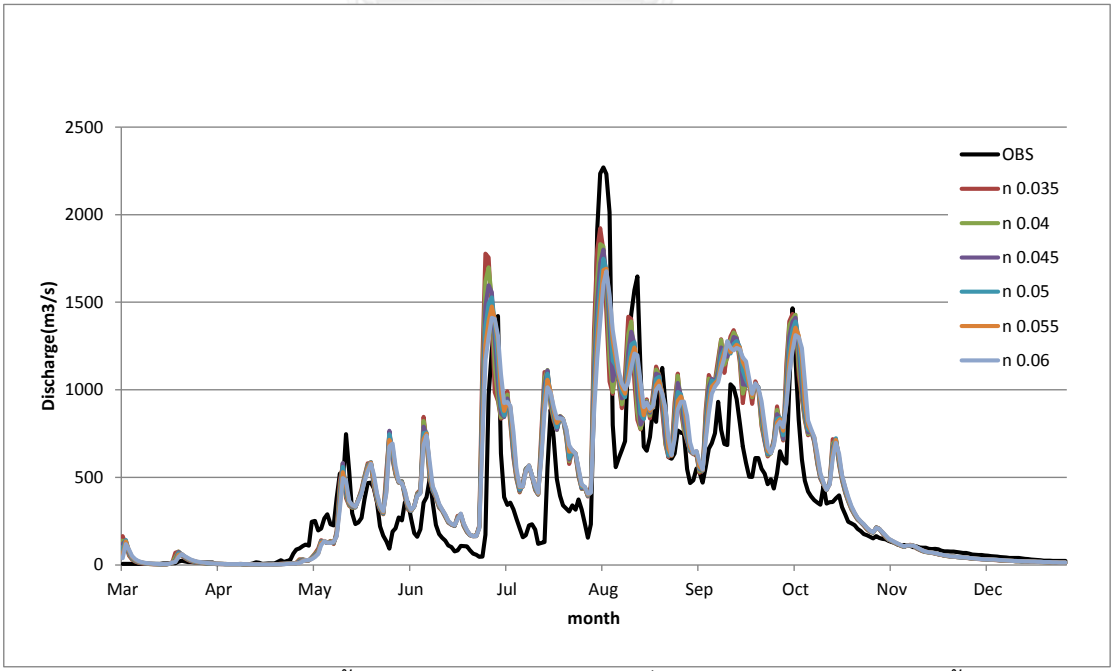
al. (2007) และ Wichakul et al. (2013) สรุปได้ว่าช่วงของค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำควรอยู่ในช่วง 0.025 - 0.040 รูปที่ 4.3 ได้ผลการปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำพบว่า ปริมาณน้ำท่าที่เปลี่ยนไปจะส่งผลต่อปริมาณการไหลสูงสุด (peak discharge) ในแต่ละช่วงโดยตรง ซึ่งผู้ศึกษาเห็นว่าเป็นส่วนสำคัญในการปรับปริมาณน้ำท่าสูงสุดให้เข้าใกล้กับข้อมูลสังเกตการณ์ได้ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในที่ราบการไหลได้ทำการปรับค่าตามการใช้พื้นที่ประเภทเกษตรกรรมและพื้นที่ป่า ซึ่งเป็น 2 พื้นที่ที่มีการใช้พื้นที่มากในพื้นที่ศึกษา โดยได้ปรับเพิ่มลดในช่วง 0.01 สำหรับพื้นที่เกษตรกรรม และ 0.1 สำหรับพื้นที่ป่า ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่าในลำน้ำยมน้อยกว่า 0.01% จึงสามารถสรุปได้ว่าพารามิเตอร์ส่วนนี้มีความอ่อนไหวต่อการจำลองสภาพน้ำท่าในลำน้ำต่ำ สำหรับในกรณีสภาพน้ำหลาก จะต้องมีการศึกษาความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในส่วนนี้เพิ่มเติมต่อไป

3. กลุ่มพารามิเตอร์ชั้นดิน เกี่ยวข้องกับส่วนการคำนวณการไหลของน้ำในดินมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 3 ตัวได้แก่ ระดับน้ำในชั้นใต้ดินสูงสุด (maximum water depth in subsurface zone, da) สัมประสิทธิ์การซึมผ่านในชั้นดินอิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity, k (m/hr)) ความลึกชั้นดิน (soil depth (m)) เป็นกลุ่มพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในเรื่องการไหลของน้ำในส่วนของชั้นใต้ดิน (subsurface zone) ซึ่งจะกลายเป็นน้ำคืนกลับ (return flow) ให้สำหรับลุ่มน้ำยม สำหรับการจำลองครั้งนี้ได้กำหนดพื้นที่ป่าให้เป็นพื้นที่ที่มีการน้ำคืนกลับของน้ำใต้ดินกลับขึ้นมาเป็นน้ำผิวดิน จึงทำการปรับเฉพาะพารามิเตอร์ในส่วนของการใช้ที่ดินประเภทป่าไม้รูปที่ 4.4 แสดงปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นจากการปรับพารามิเตอร์ ระดับน้ำในชั้นใต้ดินสูงสุดที่ 5 เมตร และ 20 เมตร ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าเปลี่ยนแปลงลดลงตามความลึกที่เพิ่มมากประมาณ 1% ต่อ 1 เมตรและส่งผลให้ค่าของน้ำคืนกลับท้ายของการจำลองมีเพิ่มมากขึ้นตามความลึกของชั้นดินที่ลึกมากขึ้นการปรับพารามิเตอร์ความลึกชั้นดิน แสดงดังรูปที่ 4.5 ส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าในลำน้ำลดลงต่อความลึกของดินที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน เมื่อความลึกเพิ่มขึ้น 1 เมตร จะส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าลดลงประมาณ 8% สำหรับพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์การซึมผ่านในชั้นดินอิ่มตัว ได้ทำการปรับโดยแทนช่วงของค่าพารามิเตอร์ด้วยลักษณะของชนิดวัสดุตั้งแต่ทรายจนถึงดินเหนียว โดยได้ช่วงของค่าตั้งแต่ 0.1-0.001 เมตร/ชั่วโมง และเพิ่มค่าให้น้อยลงเกินความจริงเพื่อสังเกตุการเปลี่ยนแปลง จนถึงค่า 0.00001 เมตร/ชั่วโมง ผลที่ได้เมื่อค่าลดลง ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าให้ลดลงตามค่า k ที่ปรับลดลงนั้นส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าทั้งหมด

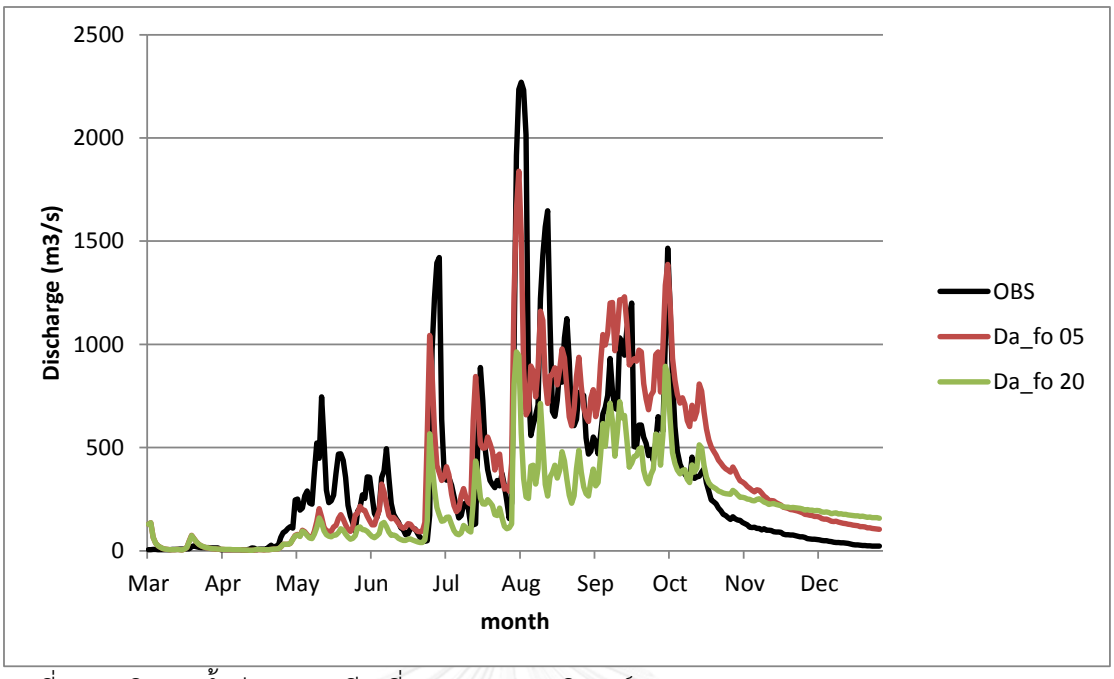
ที่เกิดขึ้นให้ลดลงอย่างมากซึ่งเหมาะสมกับการนำพารามิเตอร์นี้ไปใช้ในการปรับเทียบคู่กับ การใช้ข้อมูลค่า k อ้างอิงกับชนิดดินที่เป็นไปได้กับการใช้ที่ดินที่เป็นพื้นที่ประเภทป่าไม้



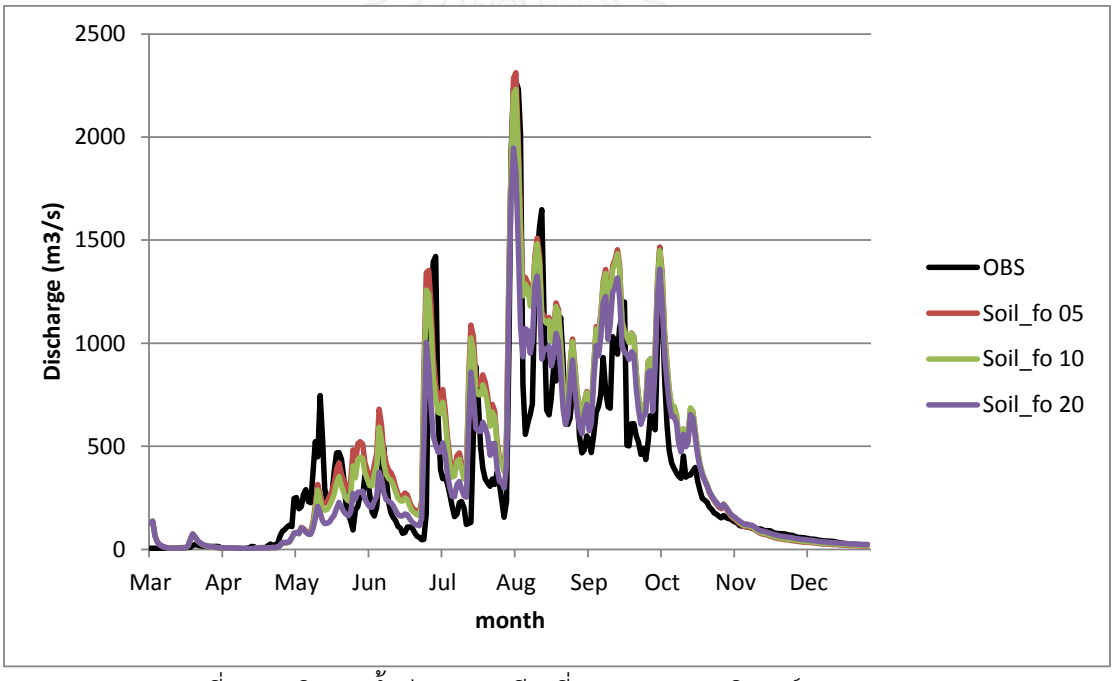
รูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำท่าของกรณี ค่า f มีขีดจำกัด ของการใช้ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยและพื้นที่เพาะปลูก



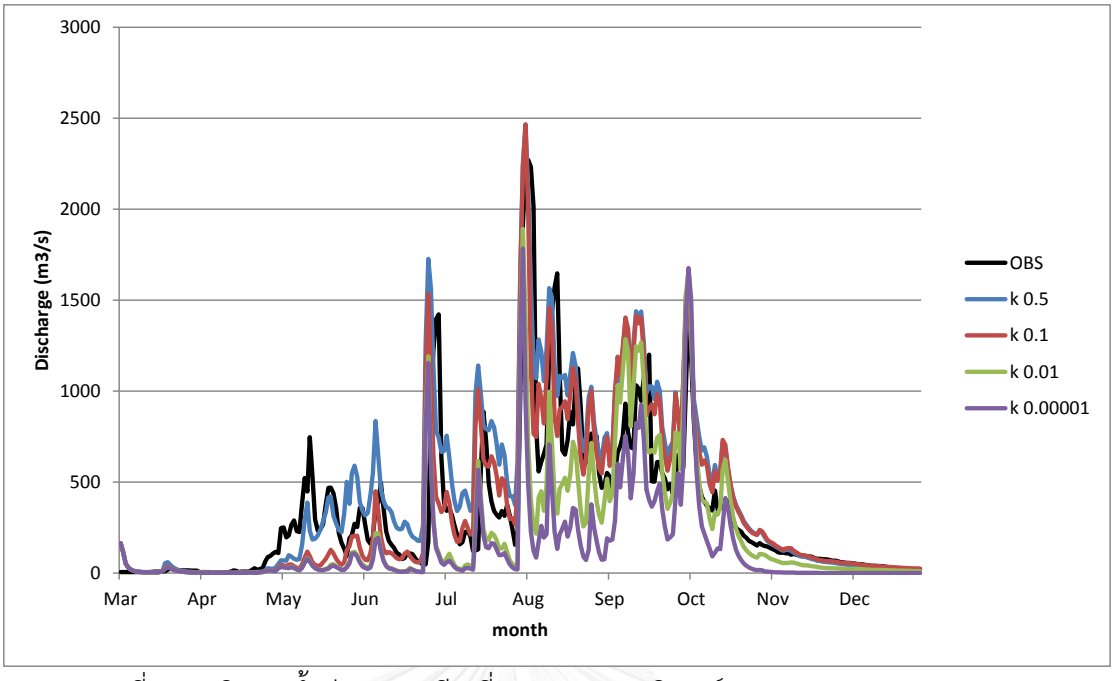
รูปที่ 4.3 ปริมาณน้ำท่าของกรณีค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในส่วนของลำน้ำ



รูปที่ 4.4 ปริมาณน้ำท่าของกรณีเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ maximum depth in subsurface zone



รูปที่ 4.5 ปริมาณน้ำท่าของกรณีเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ soil depth



รูปที่ 4.6 ปริมาณน้ำท่าของกรณีเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ hydraulic conductivity

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง RRI

กลุ่มตัวแปร	การใช้พื้นที่	ตัวแปร	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่ารวม (ลบ.ม.)	การเปลี่ยนปริมาณน้ำท่าสูงสุด		ช่วงเวลาที่ส่งผลในแบบจำลอง (วัน)	สรุปความอ่อนไหว
				ปริมาณน้ำท่าสูงสุด (ลบ.ม./วัน)	เวลาที่เกิด (วัน)		
Green ampt	เกษตรกรรม	Hydraulic conductivity	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)
		faif	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)
		delta	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)
		Infilltation limit	ปานกลาง(1)	น้อย(0)	น้อย(0)	ปานกลาง(1)	ปานกลาง(2)
	ที่อยู่อาศัย	Hydraulic conductivity	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)
		faif	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)
		delta	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)
		Infilltation limit	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)
maning'N	-	Manning's N River	น้อย(0)	ปานกลาง(1)	มาก(3)	ปานกลาง(1)	ปานกลาง(2)
	-	Manning's N Slope	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)	น้อย(0)
soil	ป่าไม้	Hydraulic conductivity	มาก(3)	มาก(3)	ปานกลาง(1)	มาก(3)	มาก(10)
		Depth in sub	ปานกลาง(1)	มาก(3)	ปานกลาง(1)	มาก(3)	ปานกลาง(8)
		Soil depth	ปานกลาง(1)	ปานกลาง(1)	น้อย(0)	ปานกลาง(1)	ปานกลาง(3)

ความอ่อนไหวของแบบจำลอง RRI สามารถสรุปได้ว่าพารามิเตอร์ในกลุ่มของชั้นดินนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนปริมาณน้ำท่ามากที่สุด นั้นหมายความว่าการไหลของน้ำใต้ดิน และการไหลคืนของน้ำ

ใต้ดิน (return flow) มีผลต่อปริมาณน้ำท่าอย่างมากและส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าเกือบตลอดช่วงของการจำลองจากผลการวิเคราะห์ ผลของพารามิเตอร์ความขรุขระของลำน้ำมีผลต่อแบบจำลอง RRI รองลงมา โดยมีผลความอ่อนไหวต่อแบบจำลองในระดับปานกลาง เนื่องด้วยแบบจำลอง RRI มีการคำนวณปริมาณน้ำท่าจากข้อมูลฝนด้วยสมการการทางอุทกวิทยา แล้วจึงคำนวณการไหลเข้าหรือออกกับกริดข้างเคียงด้วยสมการทางกลศาสตร์ของไหล เป็นผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำส่งผลต่อการไหลในลำน้ำของแบบจำลองเฉพาะช่วงที่เป็นปริมาณน้ำท่าสูงสุดของแต่ละช่วงทั้งในเชิงปริมาณและเชิงเวลาเท่านั้น โดยไม่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่ารวมทำให้มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองในกรณีที่ไม่ต้องการให้ผลปริมาณน้ำท่ารวมมีการเปลี่ยนแปลงไปมากนัก และต้องการปรับในส่วนที่เป็นยอดของกราฟให้ใกล้กับข้อมูลสังเกตการณ์ ในกลุ่มพารามิเตอร์ของกรีนและแอมพ์นั้นมีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองน้อยที่สุด ซึ่งสื่อถึงว่าการซึมของน้ำลงสู่ชั้นใต้ดินนั้นมีผลน้อยต่อแบบจำลองนี้ อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์พารามิเตอร์ทั้งหมดนี้เป็นการใช้ลุ่มน้ำยมในการวิเคราะห์ ซึ่งมีพื้นที่ป่าและพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำนี้ การใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถส่งผลให้กับความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแต่ละตัวให้มีค่ามากขึ้นหรือน้อยลงตามสภาพการใช้ที่ดิน

4.2 การปรับเทียบแบบจำลอง RRI

การปรับเทียบแบบจำลองใช้ข้อมูลน้ำท่าที่สถานี Y.14 ของลุ่มน้ำยมเป็นสถานีในการเทียบผลของการปรับเทียบ ด้วยสาเหตุของสภาพลุ่มน้ำยมในตอนล่างที่มีผลกระทบจากโครงสร้างทางชลศาสตร์ รวมทั้งคลองผันต่างๆทำให้การเลือกใช้ข้อมูลในตอนล่างของลุ่มน้ำยมนั้นไม่เหมาะสม และเลือกใช้สภาพน้ำท่าในลำน้ำปี พ.ศ.2554 ด้วยสาเหตุแรกคือรูปแบบการตกของฝนในปีนี้ได้รับผลจากพายุถึง 5 ลูกด้วยกัน ผู้ศึกษาเห็นว่าการเลือกปรับเทียบข้อมูลในปีที่ลักษณะข้อมูลฝนนำเข้ามีลักษณะซับซ้อนจะทำให้สามารถปรับใช้ได้ดีกับข้อมูลในลักษณะของปีอื่นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการปรับแบบจำลองเลือกพารามิเตอร์ 3 ตัว จาก 3 กลุ่มตามที่ศึกษาข้างต้น อันได้แก่ พารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ สัมประสิทธิ์การซึมผ่านในชั้นดินอิ่มตัวในพื้นที่ป่า และขีดจำกัดของการไหลซึมสะสมในพื้นที่เกษตรกรรมตามการศึกษาความอ่อนไหวในข้างต้นเงื่อนไขที่สมควรจะพิจารณาในการการปรับเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์ทางอุทกวิทยามี 4 ข้อดังนี้

1.) ปริมาตรน้ำ ท่าสังเกตการณ์กับปริมาตรฐ้าท่าจากแบบจำลองจะต้องอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

2.) ลักษณะการไหลระหว่างข้อมูลสังเกตการณ์กับแบบจำลองผันแปรในทิศทางเดียวกัน

3.) อัตราการไหลสูงสุดของข้อมูลสังเกตการณ์และแบบจำลองจะต้องสอดคล้องกันทั้งในเชิงปริมาณ และ ช่วงเวลาการเกิด

4.) ความเข้ากันได้ดีระหว่างข้อมูลสังเกตการณ์และแบบจำลองในสภาพการไหลน้อยๆ

การทดสอบประสิทธิภาพการปรับเทียบและสอบทานใช้พารามิเตอร์ทางสถิติ 3 ตัวได้แก่ Correlation Coefficient (R) Nash–Sutcliffe model efficiency coefficient (NSE) และ Normalized root mean square error (NRMSE) ในการประเมินผลของ อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง RRI นั้นสามารถให้ผลลัพธ์ได้ 5 ตัวได้แก่ ความลึกของระดับน้ำในลำน้ำ ความลึกของระดับน้ำบนพื้นดินอัตราการไหลในลำน้ำ อัตราการไหลบนพื้นดินใน 2 ทิศทาง จากการที่การศึกษานี้มุ่งเน้นเฉพาะในส่วนของอัตราการไหลในลำน้ำ ดังนั้นจุดมุ่งหมายในการปรับเทียบแบบจำลองจึงเจาะจงเฉพาะในส่วนของอัตราการไหลในลำน้ำเท่านั้น พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับแบบจำลองจึงอาจให้ผลที่มีความแม่นยำแตกต่างกันสำหรับผลลัพธ์อื่นที่ได้จากแบบจำลอง RRI

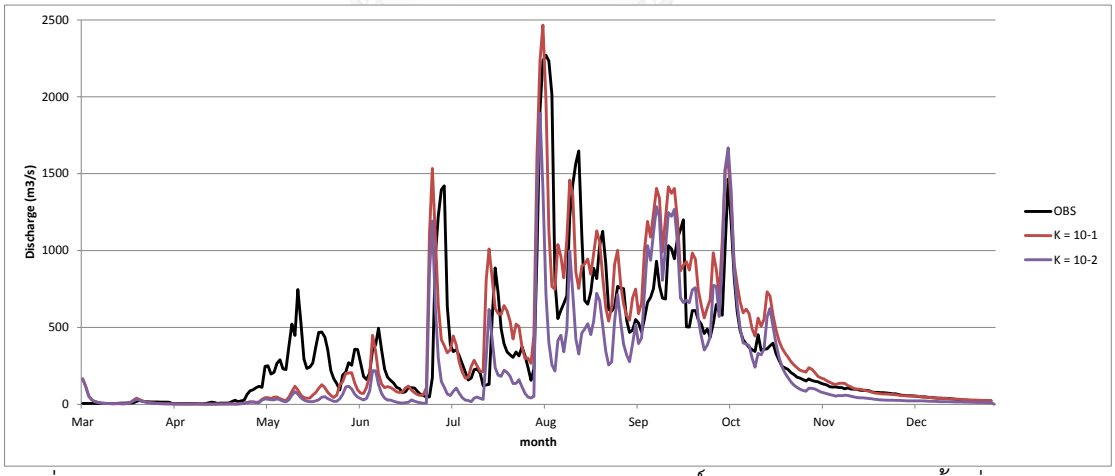
ผลการปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้พารามิเตอร์ทั้ง 3 ตามที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น ได้ทำการปรับในแบบจำลองเรียงลำดับตามพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองสูงและลดลงไปซึ่งได้ผลในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1.สัมประสิทธิ์การซึมผ่านในชั้นดินอิ่มตัวในพื้นที่ป่าส่งผลต่อการไหลของน้ำในชั้นใช้ดิน จาก Chow (1959) สามารถอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน ทำให้สามารถกำหนดค่าอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 0.001 เมตรต่อชั่วโมง ที่เป็นตัวแทนของชนิดดินทรายจนถึงดินเหนียว ผลจากการจำลองด้วยข้อมูลในช่วงหยาบ ดังรูปที่ 4.7 ทำให้สามารถทราบค่าในช่วงที่แคบลงคือ ในช่วง 0.01 ถึง 0.001 และสามารถสรุปค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน ใช้คือ 0.007 เมตรต่อชั่วโมงสามารถประมาณจากตารางอ้างอิงได้ว่าเป็นดินร่วน ซึ่งผู้ศึกษาให้ความเห็นว่าสมเหตุสมผลกับพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดินเป็นประเภทพื้นที่ป่าไม้

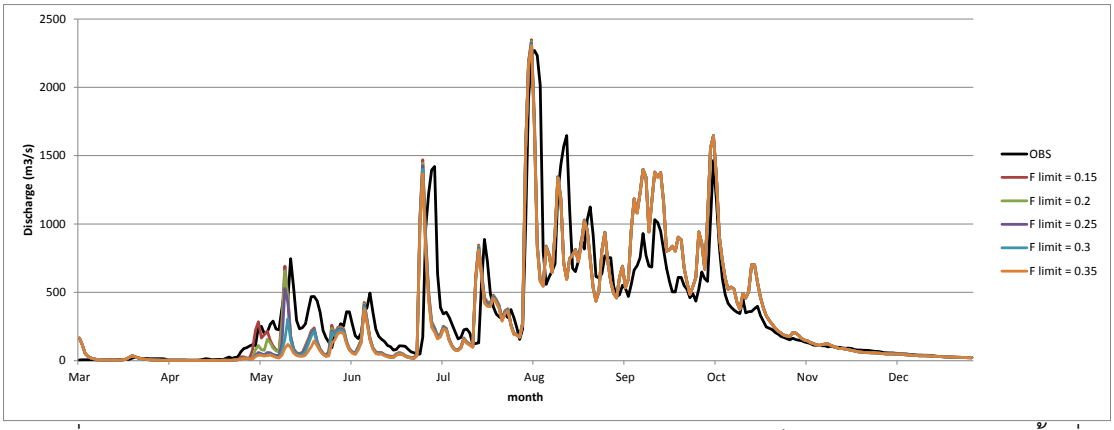
2.ขีดจำกัดของการไหลซึมสะสมในพื้นที่เกษตรกรรม พารามิเตอร์นี้มีผลต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำในดินตามสมการการไหลซึมของกรีนและแอมป์ ผู้ศึกษาได้ทายค่าสำหรับพารามิเตอร์นี้

โดยกำหนดให้อยู่ในช่วง 0.15 ถึง 0.35 เมตรผลที่ได้แสดงในรูปที่ 4.8 ซึ่งเป็นการปรับเทียบปริมาณน้ำท่าในช่วงต้นของการจำลอง โดยค่าที่ใช้สำหรับการศึกษานี้คือ 0.15 เมตร

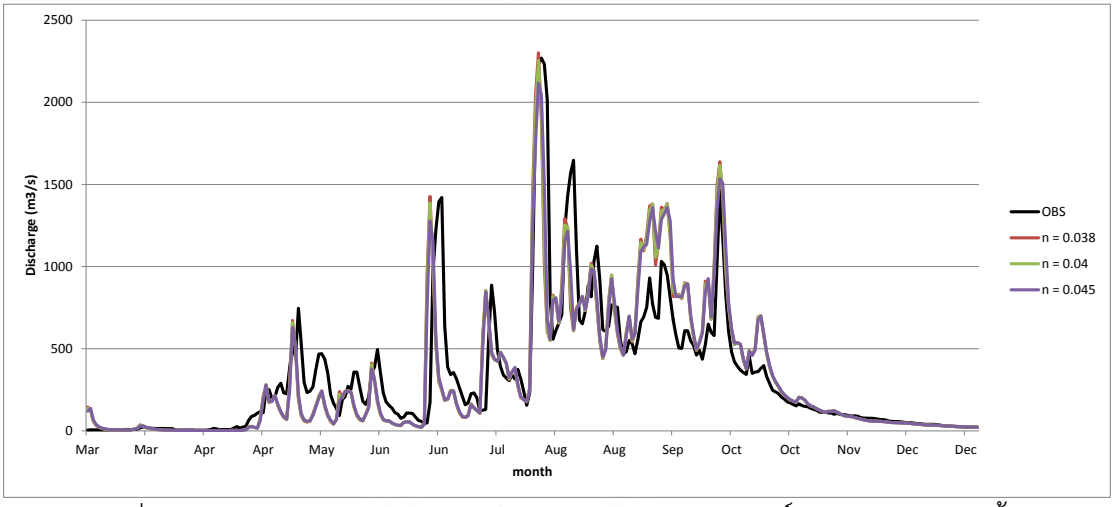
3. สัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำลักษณะของลำน้ำยมสามารถสังเกตุได้จากการลงพื้นที่ภาคสนาม ซึ่งประมาณสภาพลำน้ำจากตารางค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระจาก Chow (1965) รวมทั้งจากการศึกษาที่ผ่านมาสามารถประมาณค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.030 ถึง 0.045 ผลจากการทายแสดงในรูปที่ 4.9 การปรับค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระการเปลี่ยนแปลงจะอยู่ในส่วนของปริมาณน้ำท่าสูงสุดให้เข้าใกล้ค่าปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์มากที่สุด จากการปรับเทียบเพื่อใช้สำหรับการศึกษานี้คือ 0.04 เมื่อเทียบจากตารางสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Chow (1965) อธิบายลักษณะลำน้ำที่มีลักษณะทางน้ำที่สะอาดทางตรงไม่มีบ่อและแก่งหรือทางน้ำที่คดเคี้ยว มีบ่อและแก่งใต้น้ำ อย่างไรก็ตาม ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระที่ได้แนะนำตามตารางนั้นเหมาะสมกับลำน้ำที่มีความกว้างน้อยกว่า 30 เมตร รวมทั้งการใส่ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำในแบบจำลอง RRI เป็นการ ใส่ค่าที่เหมารวมทั้งลำน้ำ ซึ่งสภาพจริงของลำน้ำยมทั้งหมดไม่ได้มีลักษณะเดียวกัน รวมทั้งความกว้างของลำน้ำที่กว้างกว่าค่าตามทฤษฎี ทำให้การให้ความหมายของค่า ตามตารางที่อ้างอิงไว้อาจจะไม่ได้ให้ความหมายที่สื่อถึงสภาพของลำน้ำโดยรวมได้ถูกต้องทั้งหมด



รูปที่ 4.7 การปรับเทียบแบบจำลองด้วยพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์การซึมผ่านในการใช้พื้นที่ประเภทป่าไม้



รูปที่ 4.8 การปรับเทียบแบบจำลองด้วยพารามิเตอร์ขีดจำกัดของการไหลซึมสะสมในการใช้พื้นที่ประเภทเกษตรกรรม



รูปที่ 4.9 การปรับเทียบแบบจำลองด้วยพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ

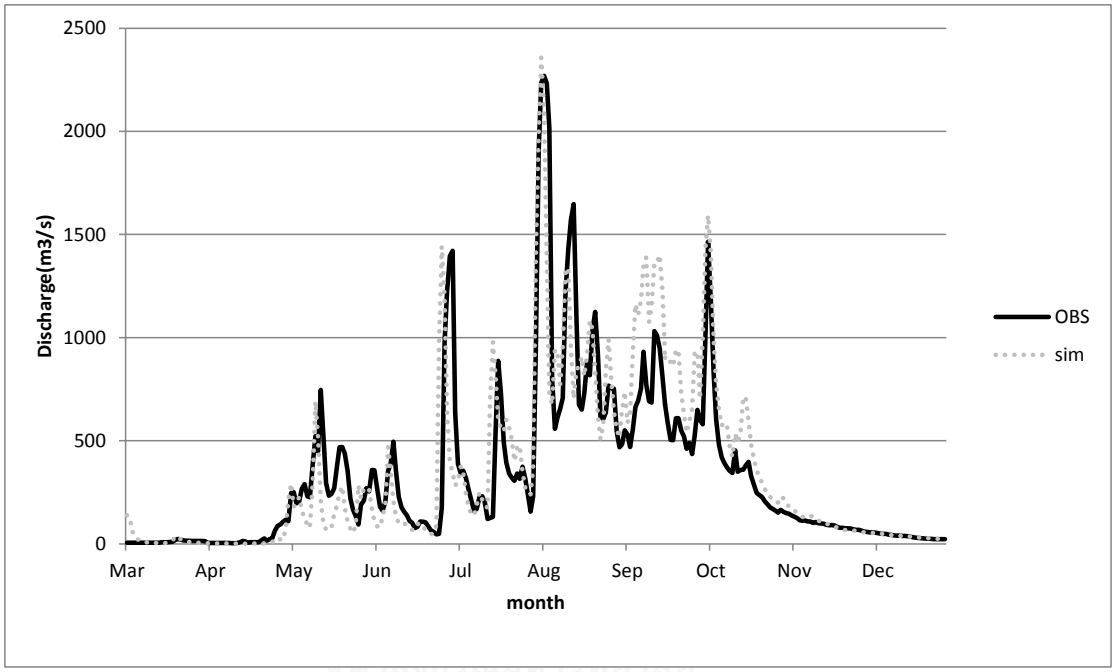
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.4 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง

พารามิเตอร์	การใช้ที่ดิน	ค่า	หน่วย
Manning's n		0.040	
hydraulic conductivity	ป่าไม้	0.007	เมตร/ชั่วโมง
infiltration limit	เกษตรกรรม	0.15	เมตร

เมื่อทำการปรับพารามิเตอร์ตามที่กล่าวมาข้างต้น ได้ผลการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ที่ได้เลือกดังตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่สถานีน้ำท่า Y.14 ด้วยพารามิเตอร์ทางสถิติตามที่กล่าวไว้ ค่า R มีค่าเท่ากับ 0.84 สื่อให้ทราบว่ามีความน่าเชื่อถือที่ดีมากระหว่างความสัมพันธ์ในลักษณะเส้นตรงระหว่างข้อมูลจากแบบจำลองและจากข้อมูลสังเกตการณ์ ในส่วนของ NSE มีค่า

เท่ากับ 0.69ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีสำหรับความสัมพันธ์ของปริมารน้ำท่าและค่า NRMSE เท่ากับ0.11 ได้บ่งบอกว่าผลของปริมาณน้ำท่ารวมจากการจำลองมีความแตกต่างจากข้อมูลสังเหตุการณ์ เมื่อเทียบในช่วงของปริมาณน้ำท่าสูงสุด 2270 ลบ.ม.ต่อวัน และต่ำสุด 3.8 ลบ.ม.ต่อวัน ของปริมาณน้ำท่าจากสถานีสังเกตการณ์ Y.14 ในปี พ.ศ.2554 มีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 11%หรือ ประมาณ 237 ลบ.ม. และจากข้อแนะนำในการปรับเทียบทั้ง 4 ข้อในข้างต้น ผลการปรับเทียบในรูปที่ 4.10 ได้แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกันระหว่างข้อมูลจากแบบจำลองและจากข้อมูลสังเกตการณ์



รูปที่ 4.10 ผลการปรับเทียบแบบจำลอง RRI ด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าในลำน้ำยมที่ สถานี Y.14

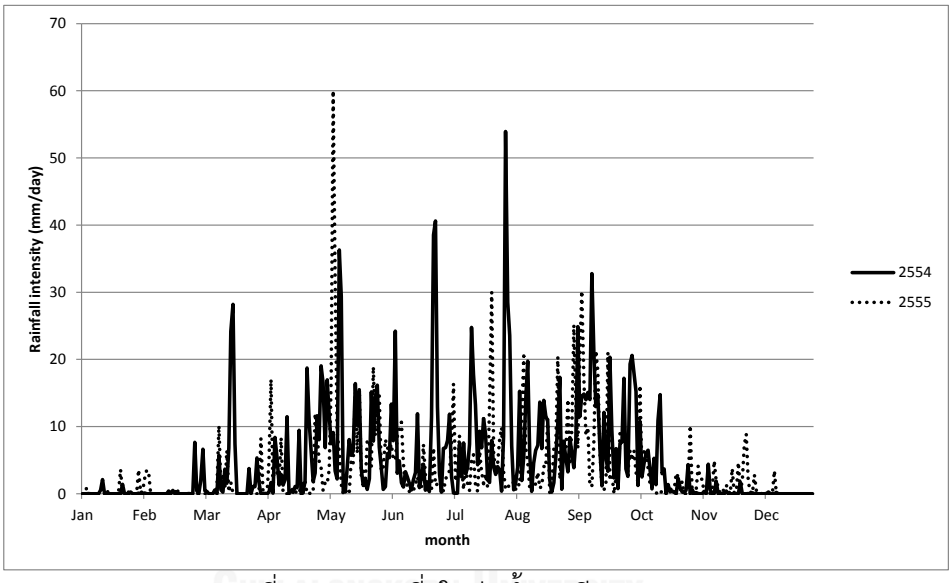
จากการสรุปในข้างต้น ผู้ศึกษาเห็นว่ายอมรับได้กับผลการปรับแบบจำลองเพื่อใช้สำหรับการศึกษานี้ จึงจะนำพารามิเตอร์ที่ปรับเทียบเรียบร้อยแล้วไปทำการสอบทาน กับข้อมูลฝนในปี พ.ศ. 2555 ในพื้นที่เดียวกันเพื่อเป็นการยืนยันว่าพารามิเตอร์ที่ปรับเทียบมาแล้วนั้น มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการศึกษาส่วนอื่นต่อไป

4.3 การสอบทานแบบจำลองRRI

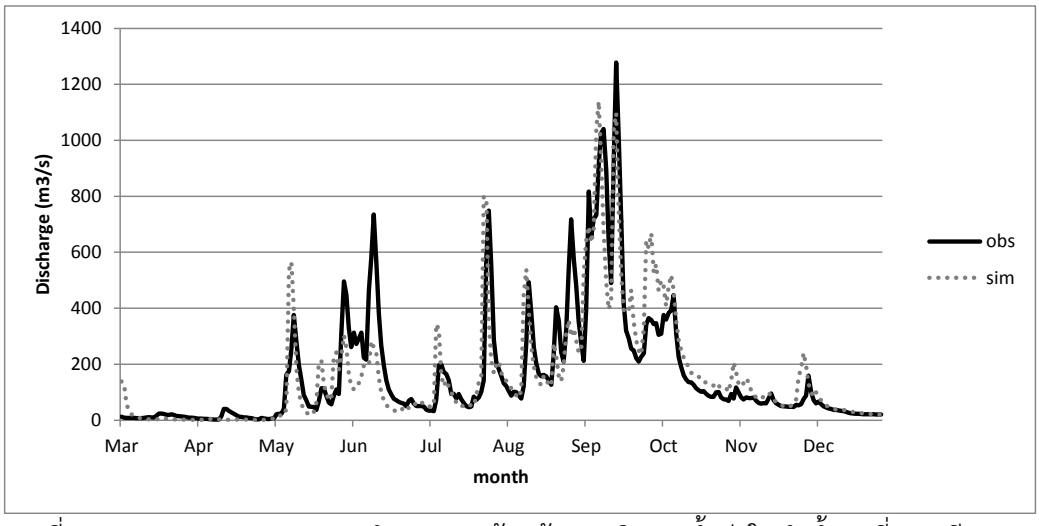
จากผลการปรับเทียบแบบจำลองด้วยข้อมูลฝนในปี พ.ศ. 2554 นำมาสอบทานแบบจำลองด้วยข้อมูลฝนในปี พ.ศ. 2555 ซึ่งมีปริมาณฝนเฉลี่ยรวม 1,244 มม. และลักษณะการตกของฝนดังรูปที่ 4.11 ซึ่งมีลักษณะของช่วงปริมาณฝนสูงสุดแตกต่างจากลักษณะการตกของฝนในปี พ.ศ. 2554 ทั้ง

ในเชิงความเข้มฝนและเชิงเวลา โดยในปี พ.ศ. 2555 ได้รับอธิพลจากพายุที่น้อยกว่ากรณีในปีที่กล่าวมา ทำให้เกิดค่าฝนสูงสุดและรูปร่างของกราฟน้ำฝนที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ด้วยลักษณะนี้จึงเลือกปี พ.ศ. 2555 เป็นปีที่ใช้ในการสอบทานแบบจำลอง RRI

ผลการสอบทานถูกเปรียบเทียบกับข้อมูลน้ำท่าจากสถานี Y.14 และถูกประเมินด้วยพารามิเตอร์ทางสถิติทั้ง 3 ตัวเช่นเดียวกับการปรับเทียบ ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.10 มีค่า R เท่ากับ 0.84 NSE เท่ากับ 0.58 และมีค่า NRMSE เท่ากับ 0.10 จากพารามิเตอร์เพื่อการตัดสินใจทั้ง 3 ตัวผล โดยรวมผู้ศึกษาเห็นว่าพารามิเตอร์ที่ได้ทำการปรับสำหรับลุ่มน้ำยมนี้มีความเหมาะสมเพียงพอสำหรับการประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาน้ำท่าในช่วงปีอื่นๆต่อไปสำหรับในการศึกษานี้



รูปที่ 4.11 ฝนเฉลี่ยในลุ่มน้ำยม ปี พ.ศ. 2555



รูปที่ 4.12 ผลการสอบทานแบบจำลอง RRIด้วยข้อมูลปริมาณน้ำท่าในลำน้ำยมที่ สถานี Y.14

บทที่ 5

การจำลองสภาพน้ำท่าในลุ่มน้ำยม

ในบทนี้จะทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการจำลองด้วยแบบจำลอง RRI ที่ได้ทำการปรับเทียบและสอบทานแล้วจากในบทที่ 4 ด้วยการเปลี่ยนข้อมูลฝนน้ำเข้า 4 แบบ ได้แก่ ข้อมูลฝนสังเกตการณ์ ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM และข้อมูลฝนที่ทำการปรับแก้ความเอนเอียงด้วยวิธี distribution transformation และ spatial bias จากในบทที่ 4 ซึ่งจะใช้ตัวย่อว่าdis และ spa ตามลำดับ เพื่อศึกษาศักยภาพของฝนทั้ง 3 แบบ โดยเฉพาะข้อมูลจากดาวเทียม และข้อมูลที่ปรับแก้แล้ว เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาศักยภาพของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในพื้นที่อื่นในประเทศไทย รวมทั้งสามารถนำวิธีการปรับแก้ความเอนเอียงข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมทั้ง 2 แบบไปปรับใช้หรือเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาวิธีการปรับแก้ข้อมูลที่เหมาะสมกับพื้นที่ประเทศไทยต่อไปได้

5.1 การประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำฝน - น้ำท่าในการประเมินศักยภาพของฝนจากข้อมูลดาวเทียม

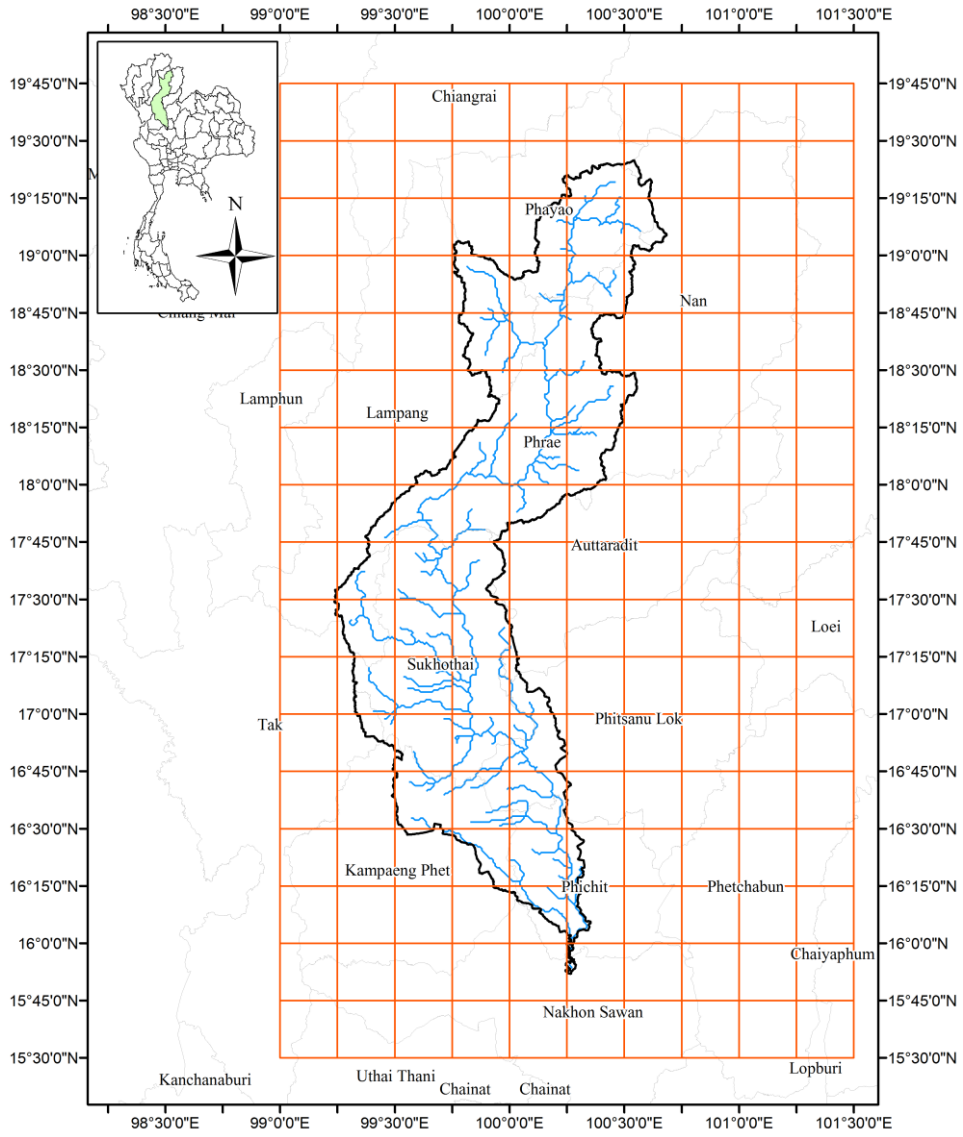
การจำลองสภาพน้ำท่าในลุ่มน้ำยม ด้วยข้อจำกัดของข้อมูล TRMM ที่มีการเริ่มเก็บข้อมูลในปี 2541 ทางผู้ศึกษาได้ทำการตัดช่วง 2 ปีแรกออกไปในการจำลองเนื่องจากมีข้อมูลที่หายไป (missing data) ในหลายช่วงเวลา จึงมีช่วงของข้อมูลที่ใช้ได้ในการศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 ถึงปี พ.ศ.2555 รวมทั้งหมด 13 ปี เพื่อใช้ในการศึกษาสำหรับในส่วนนี้ การเปรียบเทียบผลการจำลองจะทำการเปรียบเทียบที่สถานี Y.14 ซึ่งอยู่ทางตอนกลางของลุ่มน้ำ สาเหตุที่ไม่เลือกสถานีที่อยู่ด้านล่างยมมากกว่านี้เนื่องจาก สภาพในตอนล่างของลำน้ำที่เป็นที่ราบผ่านตัวเมืองสุโขทัยที่มีการสร้างคันกั้นน้ำตลอดตัวเมือง มีโครงสร้างทางชลศาสตร์ที่กั้นล้ำน้ำ อาทิเช่น ประตูระบายน้ำที่บ้านหาดสะพานจันทร์ อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ที่ใช้ในการผันน้ำเข้าสู่คลองหกบาท และไหลเข้าสู่แม่น้ำยมสายเก่า ซึ่งมีผลต่อสถานีวัดน้ำท่าในตำแหน่งที่ใกล้เคียง รวมทั้งจุดบรรจบที่ลำน้ำยมไหลสู่ลำน้ำน่าน ทำให้สามารถมีความแปรปรวนของสภาพน้ำท่าในพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำยม ซึ่งการนำข้อมูลมาใช้ทำให้ค่า

ความแปรปรวนในส่วนนี้มีผลต่อผลการวิเคราะห์ศักยภาพของข้อมูลฝนทำให้การสรุปสามารถมีความคลาดเคลื่อนได้ จึงเลือกสถานีสังเกตการณ์น้ำท่า Y.14 เป็นหลักที่ใช้ในการศึกษา

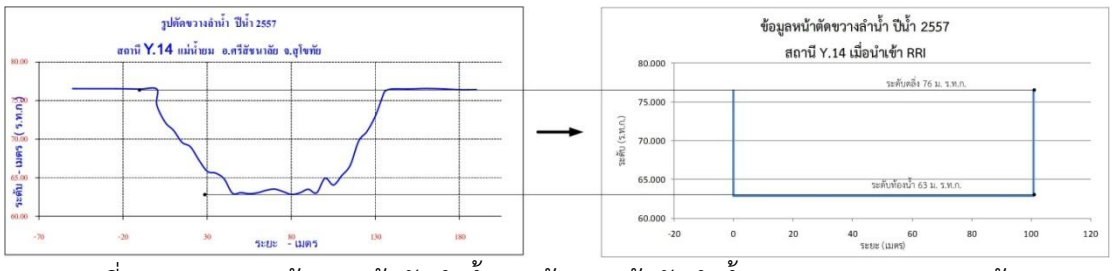
การจำลองด้วยแบบจำลองในแต่ละปีเริ่มต้นที่วันที่ 1 เดือนมีนาคมจนถึงวันที่ 31 ธันวาคม รวมทั้งหมด 306 วันโดยให้ช่วงของเดือนมีนาคมเป็นช่วงที่ใช้ในการตั้งต้นการจำลอง (Pre-simulation) ซึ่งในช่วงเวลาถัดไปของการจำลองเป็นช่วงเริ่มต้นของฤดูฝนที่จะทำการเปรียบเทียบศักยภาพด้วยปริมาณน้ำท่าช่วงเวลาที่ใช้คำนวณในแบบจำลองแยกเป็น 2 ส่วนคือ การคำนวณการไหลของน้ำในลำน้ำ และการไหลของน้ำบนพื้นราบการไหล ในส่วนของตัวแปรอื่นที่ใช้ในแบบจำลองได้ใช้ศึกษาความอ่อนไหว ปรับเทียบ และสอบทานแบบจำลอง RRI ไว้ในบทที่ 4 ข้อมูลฝนน้ำเข้าจากสถานีตรวจวัดของกรมอุตุฯและกรมชลประทาน ได้ถูกกระจายจากข้อมูลแบบจุดสถานีเป็นข้อมูลรายกริดขนาด 0.25 x 0.25 กิโลเมตร ด้วยวิธี inverse distance weighting (IDW) เพื่อให้มีขนาดเท่ากับข้อมูลฝนน้ำเข้าจากฝนดาวเทียม TRMM และข้อมูลฝนที่ทำการปรับแก้แล้วทั้ง 2 วิธีมีจำนวนกริดทั้งหมด 170 กริด แบ่งเป็น 17 กริดแกนตั้ง และ 10 กริดแกนนอน โดยมีพิกัดซ้ายล่างสุดที่กึ่งกลางของกริดที่ 99.125 องศาเหนือ 15.625 องศาตะวันออก ดังในรูปที่ 5.1 ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำยมทั้งหมดในส่วนของข้อมูลทางกายภาพที่ใช้ในการจำลองได้ใช้ข้อมูลระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) จาก SRTM ของ NASA ที่ความละเอียด 90 x 90 เมตร ที่เผยแพร่ในปี 2549 และได้ทำการรวมขนาดให้กลายเป็น 1x 1 กิโลเมตร เนื่องจากขนาดของพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดใหญ่รวมกับข้อจำกัดทางด้านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ต้องรองรับตำแหน่งที่ต้องคำนวณจำนวนมาก ยังส่งผลให้การจำลองในแต่ละกรณีศึกษานั้นใช้เวลามากหรือเกิดการหยุดคำนวณระหว่างการจำลอง การศึกษาของ Pakoksung (2012) ได้ใช้แบบจำลอง RRI ในการจำลองสภาพน้ำท่าและพื้นที่น้ำท่วมในลุ่มน้ำยมที่ความละเอียดของข้อมูลเดียวกับการศึกษานี้ ได้แสดงผลจากการจำลองที่สมเหตุสมผลกับข้อมูลสังเกตการณ์ ดังนั้นความละเอียดของข้อมูลระดับความสูงเชิงเลขขนาด 1 x 1 กิโลเมตร มีความเหมาะสมเพียงพอกับการนำมาใช้ศึกษา

ข้อมูลทางกายภาพที่สำคัญอีกคือข้อมูลการใช้ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน โดยใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2549 โดยทำการรวมชนิดการใช้ที่ดินให้มีทั้งหมด 5 ชนิด ดังสรุปในบทที่ 2 โดยข้อมูลส่วนนี้จะมีผลต่อการเลือกตัวแปรที่เป็นตัวแทนของแต่ละพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับการไหลในที่ราบการไหล และตัวแปรที่อยู่ในกลุ่มการซึม การไหลของน้ำในดิน ส่วนของลำน้ำใช้ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำที่สำรวจโดยกรมชลประทานในปี พ.ศ. 2552 ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำที่ใช้ในแบบจำลอง RRI มีข้อจำกัดในการใส่ลักษณะ

ลำน้ำเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมคือมีเฉพาะความกว้างและความลึกเท่านั้น ด้วยการคำนวณการไหลในลำน้ำในลักษณะ 1 มิติของแบบจำลอง หรือก็คือการคำนวณเฉพาะความลึกของน้ำ ดังนี้ความลึกของลำน้ำจึงถูกเลือกให้มีค่าเท่ากับลำน้ำจริง และปรับความกว้างของลำน้ำให้สามารถคำนวณความจุลำน้ำได้พื้นที่การไหลเท่ากับข้อมูลหน้าตัดสำรวจดังตัวอย่างในรูปที่ 5.2 โดยการจำลองน้ำฝน - น้ำท่ามีจำนวนชุดการจำลองทั้งหมด 52 ชุด ตามข้อมูลฝน 13 ปี และ ข้อมูลฝนจาก 4 แหล่ง โดยผลการจำลองจะทำการเปรียบเทียบสรุปในหัวข้อถัดไป



รูปที่ 5.1 กริดของ TRMM 3B42 ที่ใช้ในการศึกษา

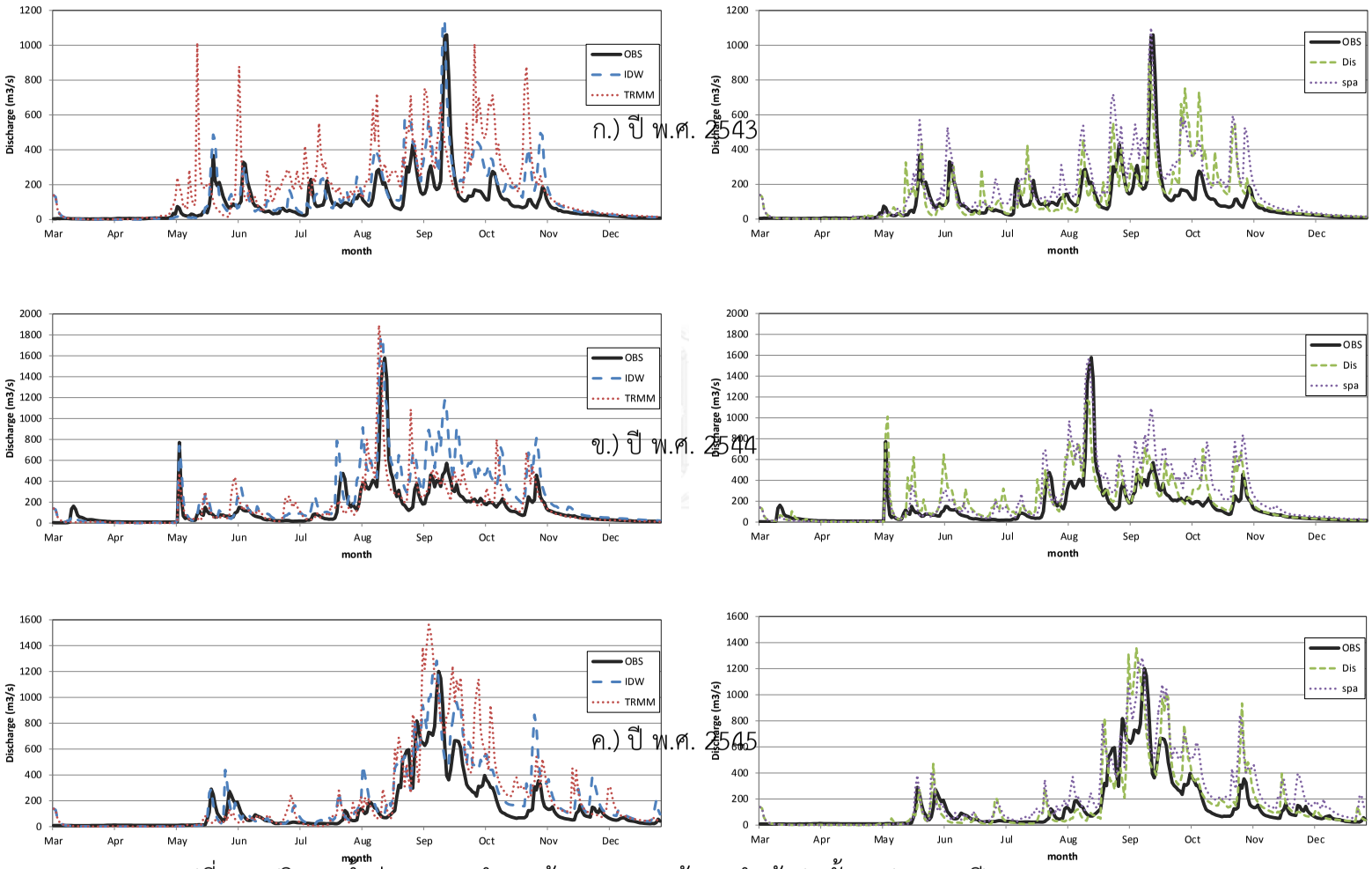


รูปที่ 5.2 การแปลงข้อมูลหน้าตัดลำน้ำจากข้อมูลหน้าตัดลำน้ำของกรมชลประทาน (ซ้าย) เป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง RRI (ขวา)

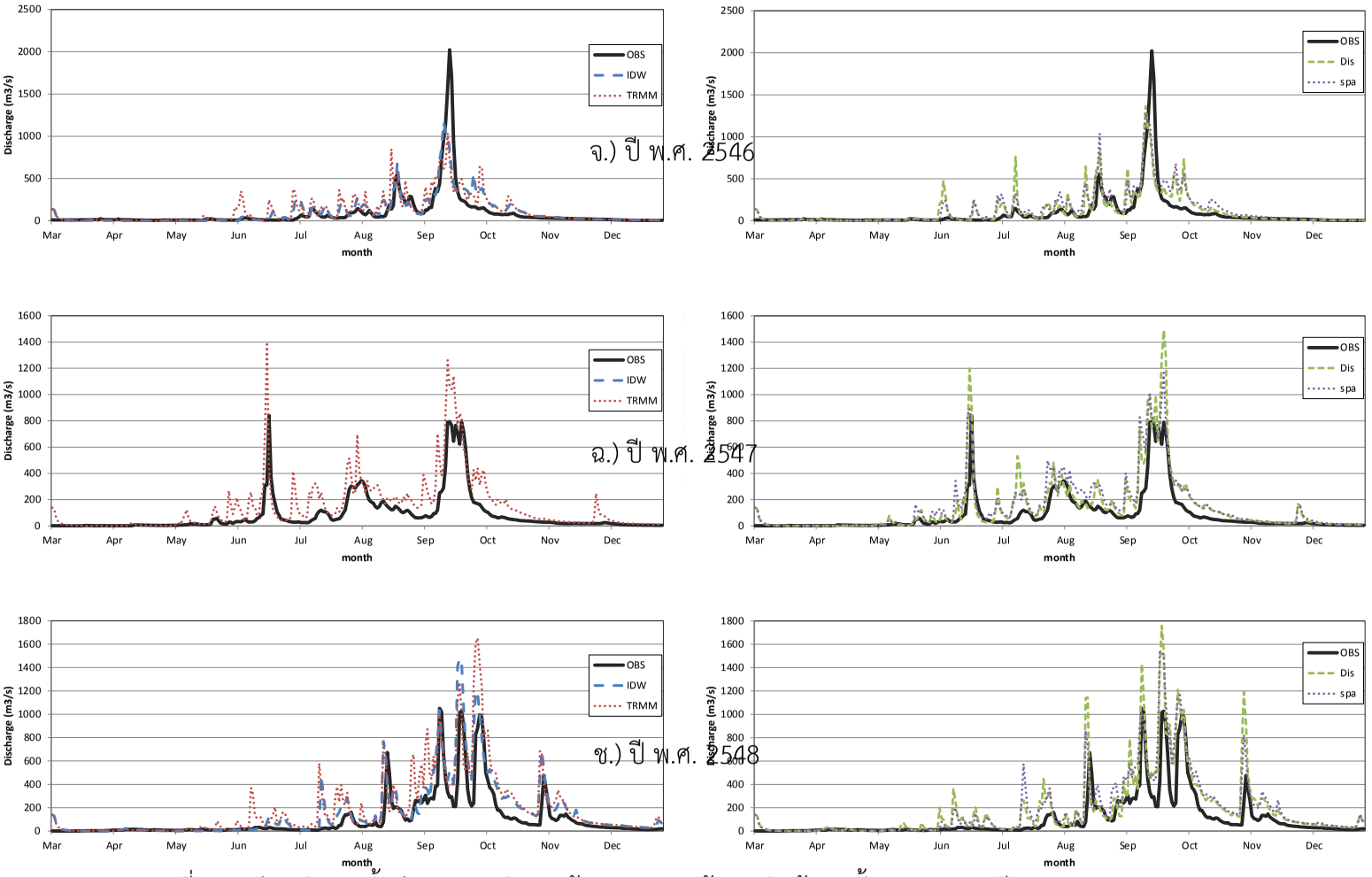
5.2 ผลการจำลองสภาพน้ำท่า

การใช้ข้อมูลฝนทั้ง 4 แหล่งตามลำดับ ได้แก่ ข้อมูลฝนจากสถานี ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM ที่ทำการปรับแก้ด้วยวิธี distribution transformation (dis)และ ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM ที่ทำการปรับแก้ด้วยวิธี spatial bias (spa) นำเข้าแบบจำลอง RRI เพื่อทำการจำลองสภาพน้ำท่า ผลการจำลองจะแสดงผลเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำท่าที่สถานี Y.14 จากข้อมูลของสถานีสังเกตการณ์ โดยผลการจำลองน้ำท่าในปี พ.ศ. 2543 ถึงปี พ.ศ. 2555 ดังแสดงในรูปที่ 5.3 รูปทางซ้ายเป็นข้อมูลน้ำท่าสังเกตการณ์กับผลจากข้อมูลฝนสังเกตการณ์และฝน TRMM รูปทางขวาเป็นข้อมูลน้ำท่าสังเกตการณ์กับผลจากฝน TRMM ที่ถูกปรับแก้แล้ว ผลของน้ำท่าที่แสดงในหัวข้อนี้จะถูกนำไปวิเคราะห์ต่อในหัวข้อถัดไปเพื่อศึกษาศักยภาพของข้อมูลฝน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 5.3 ปริมาณน้ำท่าจากการจำลองด้วย RRI และข้อมูลน้ำเข้าฝนทั้ง 4 ประเภท ปี พ.ศ. 2543 - 2555

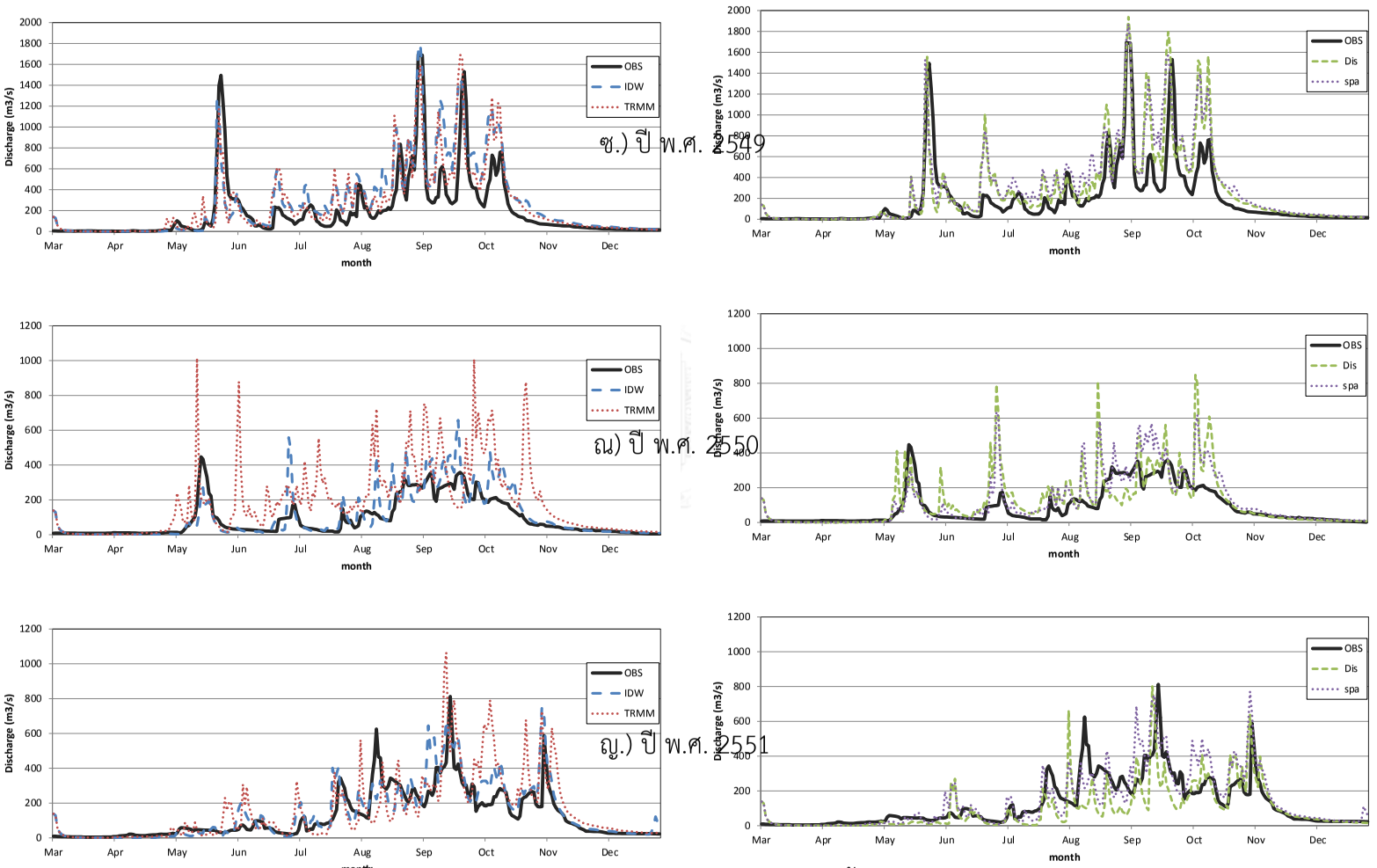


จ.) ปี พ.ศ. 2546

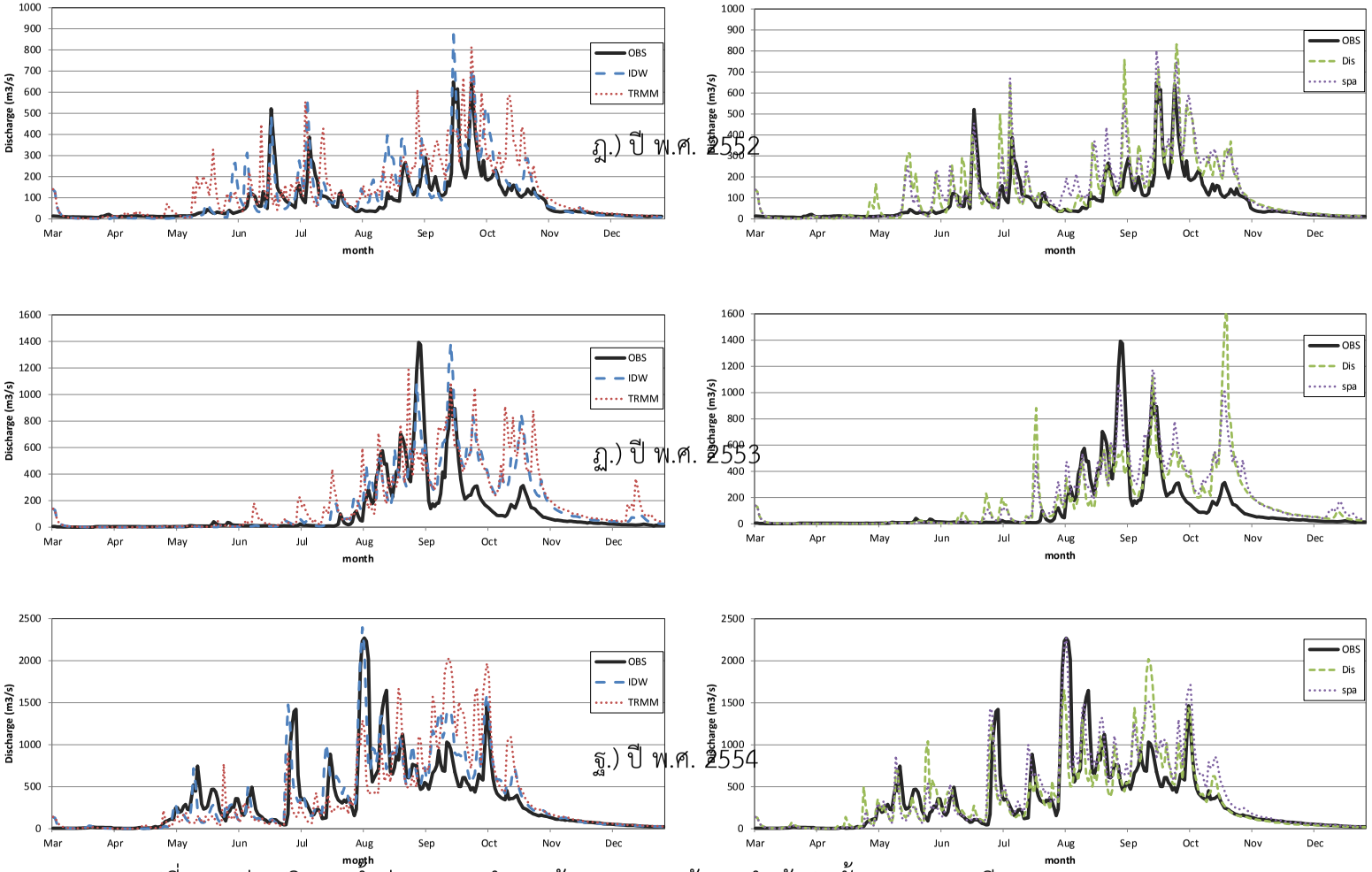
ฉ.) ปี พ.ศ. 2547

ช.) ปี พ.ศ. 2548

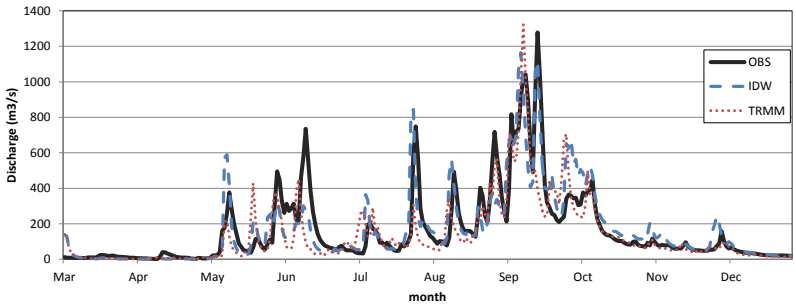
รูปที่ 5.3 (ต่อ)ปริมาณน้ำท่าจากการจำลองด้วย RRI และข้อมูลนำเข้าฝนทั้ง 4 ประเภท ปี พ.ศ. 2543 - 2555



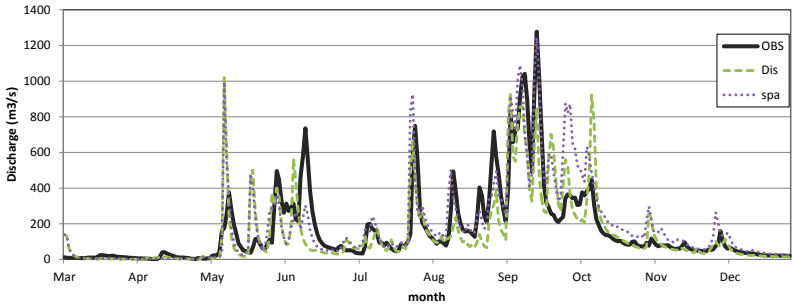
รูปที่ 5.3 (ต่อ)ปริมาณน้ำท่าจากการจำลองด้วย RRI และข้อมูลนำเข้าฝนทั้ง 4 ประเภท ปี พ.ศ. 2543 - 2555



รูปที่ 5.3 (ต่อ)ปริมาณน้ำท่าจากการจำลองด้วย RRI และข้อมูลน้ำเข้าฝนทั้ง 4 ประเภท ปี พ.ศ. 2543 - 2555



ฒ.) ปี พ.ศ. 2555



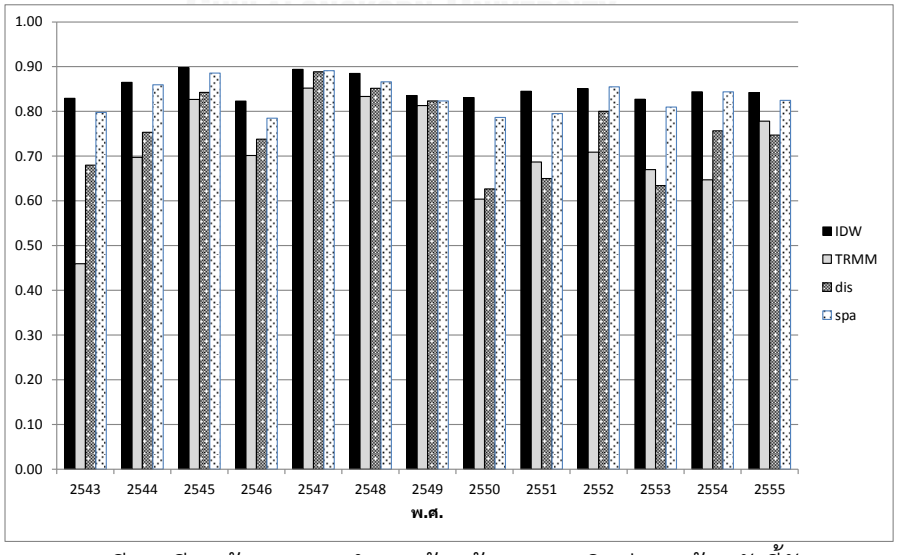
รูปที่ 5.3 ปริมาณน้ำท่าจากการจำลองด้วย RRI และข้อมูลนำเข้าฝนทั้ง 4 ประเภท ปี พ.ศ. 2543 - 2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3 วิเคราะห์ผลการจำลอง

จากผลจำลองของสภาพน้ำท่าในหัวข้อที่ 5.2 ผลจะถูกเปรียบเทียบประสิทธิภาพจากการจำลองด้วยตัวชี้วัดทางสถิติ ได้แก่ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Nash-Sutcliffe coefficient (NSE) และ normalize root mean squar error (NRMSE) ในตัวแปรแต่ละตัวจะมีส่วนในการอธิบายผลการเปรียบเทียบดังกล่าวต่อไปดังนี้

1. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้แสดงให้ทราบความสัมพันธ์ของผลในแต่ละปีนั้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับข้อมูลน้ำท่าจากสถานีสังเกตการณ์ดังแสดงผลในตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.4 โดยภาพรวมนั้นช่วงของค่าตัวแปรนี้อยู่ในช่วงที่ดีถึงดีมากสำหรับข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากการจำลองด้วยข้อมูลฝนจากสถานี และพอใช้จนถึงดีมากสำหรับผลจากการจำลองด้วยข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม ผลของข้อมูลฝนดาวเทียมที่ได้ทำการปรับแก้แล้วทั้ง 2 วิธี สามารถสังเกตุได้ว่าจากค่า Rของฝนที่ปรับแก้แล้วนั้นสูงกว่าฝนที่ยังไม่ปรับแก้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ดีขึ้นในหลายๆปีจนมีค่าใกล้เคียงกับผลการจำลองจากข้อมูลฝนสังเกตการณ์ ความสัมพันธ์ของผลการจำลองด้วยของมูลฝนสถานีกับข้อมูลน้ำท่าสังเกตการณ์ได้มีความสัมพันธ์ที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับผลการจำลองด้วยข้อมูลจากชนิดอื่น เมื่อทำการปรับแก้ข้อมูลฝนทั้ง 2 วิธี วิธี spa ได้เพิ่มแนวโน้มความสัมพันธ์ได้ดีขึ้นจนใกล้เคียงกับค่า R ที่ได้จากการการจำลองฝนสถานี



รูปที่ 5.4 การเปรียบเทียบด้วยผลการจำลองด้วยข้อมูลฝนชนิดต่างๆ ด้วยตัวชี้วัด correlation coefficient

ตารางที่ 5.1 ค่าของ correlation coefficient ระหว่างข้อมูลน้ำท่าสังเกตการณ์และการจำลองจากฝนกรณีต่างๆ

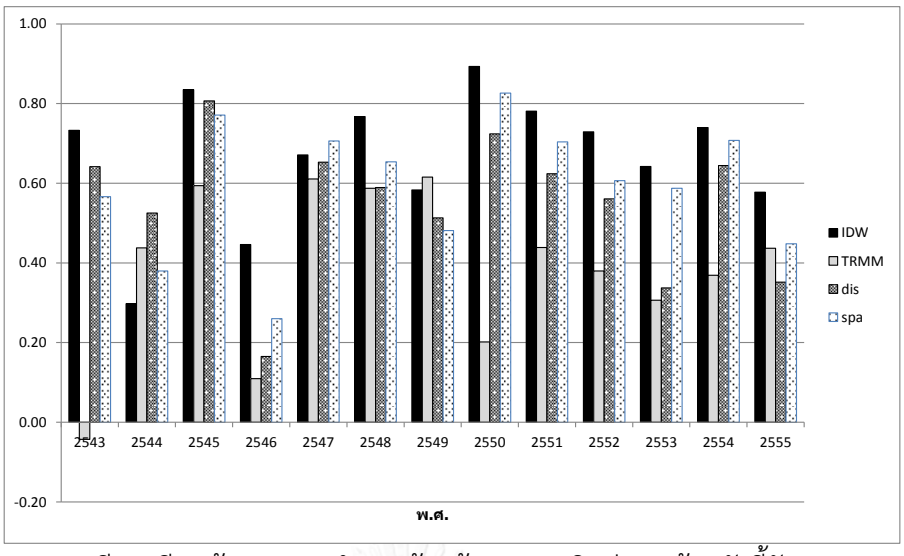
	IDW	TRMM	dis	spa
2543	0.83	0.46	0.68	0.80
2544	0.86	0.70	0.75	0.86
2545	0.90	0.83	0.84	0.89
2546	0.82	0.70	0.74	0.78
2547	0.89	0.85	0.89	0.89
2548	0.88	0.83	0.85	0.87
2549	0.84	0.81	0.82	0.82
2550	0.83	0.60	0.63	0.79
2551	0.84	0.69	0.65	0.80
2552	0.85	0.71	0.80	0.86
2553	0.83	0.67	0.63	0.81
2554	0.84	0.65	0.76	0.84
2555	0.84	0.78	0.75	0.82

2. Nash–Sutcliffe coefficient แสดงการเปรียบเทียบผลการจำลองน้ำท่าด้วยข้อมูลฝนนำเข้าที่แตกต่างกันในตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.5 สามารถสังเกตุได้ว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการจำลองจากข้อมูลฝนสังเกตการณ์ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีจนถึงดีมาก ยกเว้นในปี 2544 และปี 2546 ที่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่พอใช้โดยภาพรวมแล้วถือว่าการใช้ข้อมูลฝนสังเกตการณ์ในการจำลองสภาพน้ำท่าในลุ่มน้ำยมที่สถานีY.14 อยู่ในเกณฑ์ที่ดี เมื่อพิจารณาการน้ำข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM มาจำลองสภาพน้ำท่าภาพโดยรวมไม่ได้ให้ผลลัพธ์ที่ดีมากนัก มีเพียง 4 ปี จากทั้งหมด 13 ปีที่มีค่า NSE มากกว่า 0.5 หรืออยู่ในช่วงที่ดี และข้อมูลในปี 2543 ที่มีค่า NSE ต่ำกว่า 0 ซึ่งหมายถึงว่าปริมาณน้ำท่าสังเกตการณ์เฉลี่ยให้ผลที่ดีกว่าปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการจำลอง ภาพรวมของการใช้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM ในการจำลองสภาพน้ำท่าให้ผลเพียงแค่พอใช้ โดยหนึ่งในสาเหตุที่เป็นไปได้ที่ทำให้ในปีช่วงแรกของการจำลองมีความผิดพลาดสูงกว่าในช่วงหลังคือ ข้อมูลการใช้ที่ดินสำหรับการจำลองที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ได้ใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พศ. 2552 ทำให้ตัวแทนลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำที่ใช้ตลอดการจำลองทั้งหมด ซึ่งในสภาพความเป็นจริงการใช้ที่ดินนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด รวมทั้งผลกระทบต่างๆที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ และการเกิดภัยพิบัติเป็น

สิ่งที่ไม่สามารถนำมาจำลองในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ทั้งหมด ทำให้ผลของข้อมูลที่จำลองสามารถมีค่าผิดพลาดเพิ่มเติมมาจากสาเหตุนี้ได้ ผลการเปรียบเทียบจากวิธีปรับแก้ทั้ง 2 วิธี วิธี spa ได้มีแนวโน้มที่ให้ผลของข้อมูลที่มีค่า NSE สูงกว่าวิธีการปรับแก้ด้วยวิธี dis เมื่อพิจารณาผลเฉพาะในปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2555 สามารถสังเกตแนวโน้มได้ว่าผลจากจำลองด้วยข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์มีแนวโน้มที่ดีที่สุด อันดับรองลงมาคือผลจากการใช้ข้อมูลฝน TRMM 3B42 ที่ปรับแก้ด้วยวิธี spa อันดับถัดไปคือข้อมูลฝน TRMM 3B42 ที่ปรับแก้ด้วยวิธี dis และ ข้อมูลฝน TRMM 3B42 ที่ไม่ได้ถูกปรับแก้มีค่า NSE ที่น้อยที่สุดในช่วงปีที่กล่าวมา ในส่วนของช่วงปี พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2549 นั้น แนวโน้มของผลการจำลองด้วยข้อมูลฝนนำเข้าแต่ละแบบไม่ได้มีแนวโน้มที่ชัดเจน

ตารางที่ 5.2 ค่าของ Nash-Sutcliffe coefficient ระหว่างข้อมูลน้ำท่าสังเกตการณ์และการจำลองจากฝนกรณีต่างๆ

	IDW	TRMM	dis	spa
2543	0.73	-0.04	0.64	0.57
2544	0.30	0.44	0.53	0.38
2545	0.83	0.59	0.81	0.77
2546	0.45	0.11	0.17	0.26
2547	0.67	0.61	0.65	0.71
2548	0.77	0.59	0.59	0.65
2549	0.58	0.62	0.51	0.48
2550	0.89	0.20	0.72	0.83
2551	0.78	0.44	0.62	0.70
2552	0.73	0.38	0.56	0.61
2553	0.64	0.31	0.34	0.59
2554	0.74	0.37	0.64	0.71
2555	0.58	0.44	0.35	0.45



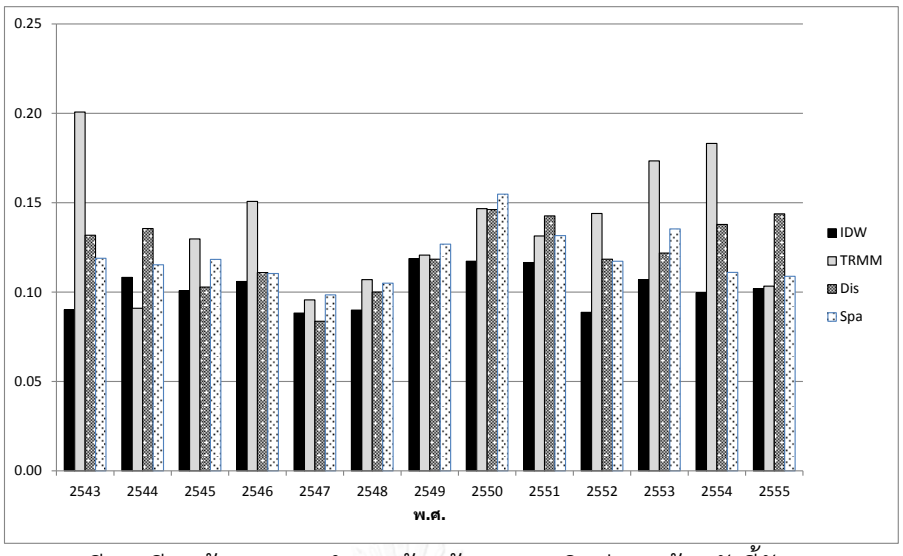
รูปที่ 5.5 การเปรียบเทียบด้วยผลการจำลองด้วยข้อมูลฝนชนิดต่างๆ ด้วยตัวชี้วัด Nash-Sutcliffe coefficient

3. ค่า NRMSE ได้แสดงค่าความผิดพลาดระหว่างข้อมูลจากการจำลองกับข้อมูลจากการสังเกตการณ์มีความแตกต่างจากการประเมินด้วย NSE ด้วยการที่พิจารณาค่าที่ผิดพลาดดทั้งหมดโดยที่ไม่ได้ใช่ระยะห่างจากค่าเฉลี่ยมาเป็นตัวหารเหมือนกับ NSE เมื่อหาค่า RMSE ได้มาแล้วจึงทำการหารออกด้วยระยะห่างของค่ามากที่สุดกับค่าน้อยที่สุดของข้อมูลสังเกตการณ์ในแต่ละกรณีศึกษา จึงได้เป็นค่า NRMSE ที่บ่งบอกเป็นร้อยละของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในข้อมูลแต่ละชุด ตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.6 ได้แสดงผลของค่า NRMSE ของข้อมูลน้ำท่าสังเกตการณ์และข้อมูลน้ำท่าจากการจำลอง ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการจำลองทั้งหมดมีน้อยกว่า 20% ของปริมาณน้ำท่าในแต่ละกรณีศึกษา โดยรวมแล้วชนิดข้อมูลฝนที่มีค่า NRMSE มากที่สุดคือข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม ซึ่งมีค่าในช่วง 10-20% เมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่า NRMSE ของผลจากข้อมูลฝนสถานีที่มีค่าอยู่ในช่วง 9-12% ในแต่ละช่วงปีแล้ว ค่าจากผลของข้อมูลฝนสถานีมีค่าที่ต่ำกว่าหรือใกล้เคียงกับ NRMSE ของผลจากฝนดาวเทียม เมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลฝนดาวเทียมทั้ง 2 วิธีแล้ว ค่า NRMSE ได้ลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อค่าของกรณีข้อมูลตั้งต้นที่มีความห่างกันประมาณ 5% ขึ้นไป ดังผลในปี พ.ศ. 2543 2546 2552 และ 2553 สำหรับในส่วนที่ค่าความผิดพลาดที่มีความใกล้เคียงกันหรือประมาณน้อยกว่า 5% ลงมา เมื่อทำการปรับแก้แล้วไม่สามารถสรุปผลได้อย่างแน่ชัด โดยมีผลที่เกิดขึ้นคือ ค่าความผิดพลาดมีการลดลงเช่นเดียวกับข้างต้น หรือมีการเพิ่มขึ้นทั้ง 2 วิธีการ หรือกรณีสุดท้ายคือ วิธีนึงลดลง แต่อีกวิธีนึงให้ค่าที่สูงขึ้น ดังนั้นการสรุปผลจากการวิเคราะห์ด้วยตัวแปร

NRMSE สำหรับข้อมูลที่มีค่าความผิดพลาดสูง เมื่อถูกปรับแก้ด้วยข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์ที่มีความความผิดพลาดต่ำกว่ามาก สามารถช่วยในการปรับแก้ฝนจากข้อมูลดาวเทียมได้ดีขึ้น ในขณะที่ถ้าข้อมูลมีความต่างกันน้อยผลที่ได้มีทั้งดีขึ้นและแย่ลง ทั้งนี้สิ่งที่มีผลต่อตัวแปรนี้มากคือการที่ค่าของทั้งผลจากการจำลองกับค่าจากสถานีน้ำท่าสังเกตการณ์มีค่าที่ห่างกันมากๆ ตามสภาพของลำน้ำยมที่สถานี Y.14 ที่ช่วงของการเกิดปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่มีค่าสูงหรือมากกว่า 1000 ลบ.ม.ต่อวินาที เป็นต้น ถ้าผลจากการจำลองไม่สามารถเข้าใกล้ช่วงของค่าปริมาณน้ำท่าสูงสุดแล้วจะส่งผลให้ค่า NRMSE นั้นสูงตาม ในขณะที่การไหลในปริมาณที่น้อย จากผลโดยส่วนใหญ่แล้วการจำลองจะค่อนข้างมีผลที่ใกล้เคียงกับข้อมูลสังเกตการณ์ได้ดีกว่า ซึ่งจะส่งผลต่อค่า NRMSE ได้น้อยยกเว้นแต่ในบางกรณีที่การจำลองได้ให้ผลของปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ผิดช่วงเวลาก็จะส่งผลต่อค่า NRMSE ได้เช่นกัน

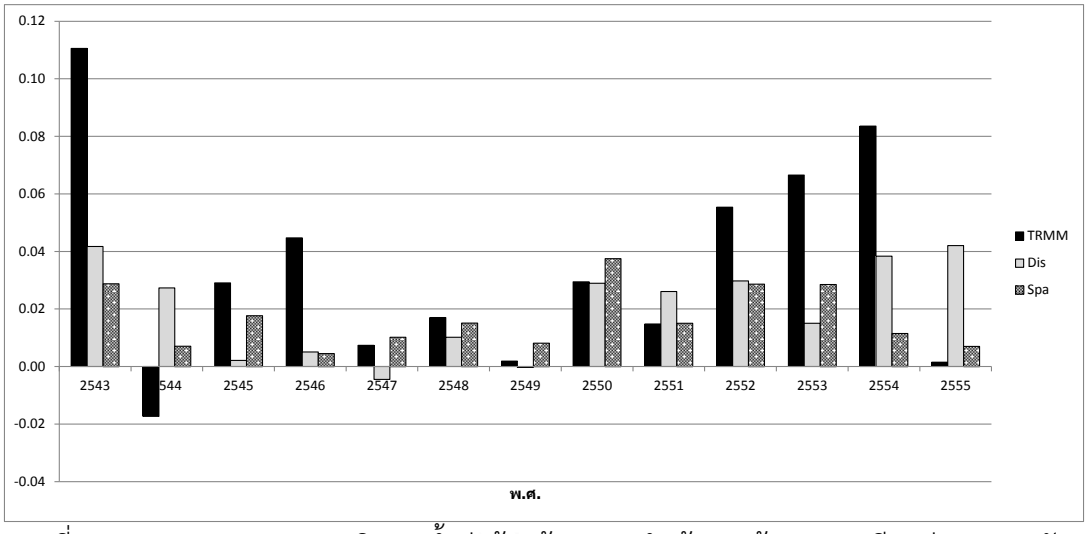
ตารางที่ 5.3 ค่าของ Normalize root mean square error ระหว่างข้อมูลน้ำท่าสังเกตการณ์และการจำลองจากฝนกรณีต่างๆ

	IDW	TRMM	Dis	Spa
2543	0.09	0.20	0.13	0.12
2544	0.11	0.09	0.14	0.12
2545	0.10	0.13	0.10	0.12
2546	0.11	0.15	0.11	0.11
2547	0.09	0.10	0.08	0.10
2548	0.09	0.11	0.10	0.11
2549	0.12	0.12	0.12	0.13
2550	0.12	0.15	0.15	0.15
2551	0.12	0.13	0.14	0.13
2552	0.09	0.14	0.12	0.12
2553	0.11	0.17	0.12	0.14
2554	0.10	0.18	0.14	0.11
2555	0.10	0.10	0.14	0.11



รูปที่ 5.6 การเปรียบเทียบด้วยผลการจำลองด้วยข้อมูลฝนชนิดต่างๆ ด้วยตัวชี้วัด normalize root mean square error

ในบทที่ 3 ได้ใช้ข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์เป็นตัวเปรียบเทียบกับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม เมื่อยึดว่าข้อมูลฝนสังเกตการณ์นั้นถูกต้องที่สุดแล้ว ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจาการจำลองน้ำฝน-น้ำท่า จะเป็นค่าผิดพลาดที่ออกมาจากตัวแบบจำลองเอง ในรูปที่ 5.7 เป็นการเปรียบเทียบค่า NRMSE ของฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 และฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่ปรับแก้ด้วยวิธี dis และspa ได้แสดงให้ทราบถึงค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นของฝนจากข้อมูลดาวเทียมทั้งก่อนและหลังปรับแก้ ผลได้แสดงให้เห็นว่าฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 มี 4 ปีอันได้แก่ปี พ.ศ. 2543 2552 2553 และ 2554 ที่ยังมีค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดที่สูงอยู่ในช่วงประมาณ 5 - 10 % หลังจากการปรับแก้ในทั้ง 4 ปี ค่าก็ได้ลดลงไปอยู่ในช่วงที่ดีมากคือต่ำกว่า 5 % และในปีอื่นๆที่การปรับแก้นั้นเป็นการเพิ่มค่าความผิดพลาดให้สูงขึ้น ค่าที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ทำให้ผลเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด การเพิ่มขึ้นของค่าความผิดพลาดนั้นอยู่ในช่วงที่ไม่เกิด 4%



รูปที่ 5.7NRMSE ของผลจากปริมาณน้ำท่าด้วยข้อมูลฝนนำเข้าจากข้อมูลดาวเทียมก่อนและหลังปรับแก้เมื่อเทียบกับผลจากฝนสังเกตการณ์

5.4 สรุปการจำลองน้ำท่า

จากผลของการตัวแปรทั้ง 3 ตัวอันได้แก่ R NSE และ NRMSE สรุปตัวแปรทั้งหมดไว้ในตารางที่ 5.1 5.2 และ5.3 แยกตามแต่ละตัวแปร การเปรียบเทียบข้อมูลน้ำท่าสังเกตการณ์และปริมาณน้ำท่าจากการจำลองด้วยข้อมูลฝนทั้ง 4 แบบอันได้แก่ 1.ข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์ 2. ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม 3. ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่ทำการปรับแก้ความเอนเอียงด้วยวิธี distribution transformation 4.ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่ทำการปรับแก้ความเอนเอียงด้วยวิธี spatial bias

ภาพรวมจากผลของตัวแปรทั้ง 3 สามารถสรุปว่าการใช้ข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดในการจำลองสภาพน้ำท่านั้นมีความเหมาะสมดีแล้ว ถึงแม้ว่าผลในบางปีจะให้ผลที่ขาดความแม่นยำในส่วนของการเกิดปริมารน้ำท่าสูงสุด และรูปแบบการไหลใกล้เคียงกับสภาพจริงน้อย ซึ่งสาเหตุส่วนนึงสามารถมาจากปัญหาของในสถานีเอง หรือมาจากการเลือกวิธีกระจายข้อมูลลงสู่ระบบกริด ทั้งนี้ผลขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลที่ใช้ ซึ่งสถานีน้ำฝนได้ที่ใช้ในการจำลองนี้ใช้จำนวนทั้งหมด 25 สถานี สำหรับการใช้สถานีน้ำฝนที่มีจำนวนแตกต่างและมีการกระจายตัวของสถานีฝนที่แตกต่างกันสมควรที่จะทำการศึกษาเพิ่มเติม

จุดประสงค์ของการศึกษานี้คือการน้ำข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมมาทดสอบในการประยุกต์ใช้ ผลที่ได้อยู่ในระดับพอใช้ การนำไปใช้ในการจำลองสภาพน้ำท่ายังมีข้อผิดพลาดในส่วน

ของการเกิดน้ำท่าปริมาณสูงสุดอย่างเห็นได้ชัดในบางปี ทั้งในด้านของปริมาณของน้ำท่าและช่วงเวลาการเกิดน้ำท่าสูงสุด การทดสอบวิธีการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมจึงเป็นขั้นตอนหนึ่งที่จำเป็นก่อนการนำข้อมูลฝนดาวเทียมมาใช้ในการศึกษาต่อ ด้วยการศึกษาในพื้นที่ประเทศไทยและการศึกษาในพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ยังมีน้อย รวมทั้งในบางพื้นที่ภูมิประเทศแตกต่างจากลักษณะของลุ่มแม่น้ำยม การเลือกวิธีทดสอบจึงอ้างอิงจาก (Immerzeel (2010)) ซึ่งได้สรุปรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 ผลจากการปรับแก้เมื่อดูจากตัวแปรทั้ง 3 ตัว ได้ให้ผลที่ดีขึ้น เมื่อดูจากปริมาณน้ำท่าสูงสุด และช่วงเวลา เปรียบเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์ได้ให้ผลที่ใกล้เคียงมากขึ้น โดยแนวโน้วของข้อมูลจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลฝนสถานี ถ้ามีค่า NSE หรือ NRMSE สูงกว่า ข้อมูลฝนดาวเทียม ก็จะทำให้ได้ผลจากการจำลองที่ดีมากขึ้น ในทางกลับกันถ้ามีค่าต่ำกว่าก็สามารถทำให้ผลจากการจำลองสามารถมีความแม่นยำที่ลดลง ได้เช่นกัน จากการเปรียบเทียบกันทั้ง 13 ปี ยังไม่ได้ให้ผลที่เป็นแนวทางเดียวกันทั้งหมด ยังมีข้อสังเกตุว่าการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมยังสามารถให้ค่า NSE และ NRMSE ที่สูงกว่าข้อมูลฝนตั้งต้นทั้ง 2 ได้ ซึ่งสาเหตุสามารถมาจากได้หลายส่วนที่เป็นจุดเด่นของทั้งตัวข้อมูลเองและวิธีการปรับแก้ เช่น การใช้ปริมาณน้ำฝนจากสถานี และการใช้รูปแบบการกระจายตัวของฝนจากข้อมูลดาวเทียมรวมกัน เป็นต้น จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ วิธีการปรับแก้ข้อมูลฝนดาวเทียมเหมาะสมที่มีการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับการพัฒนาให้ที่เหมาะสมกับพื้นที่ประเทศไทยต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากขั้นตอนการศึกษาที่ได้ผ่านกระบวนการศึกษา วิเคราะห์ ตั้งแต่การรวบรวมข้อมูล ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลากและการจำลองสภาพน้ำฝน-น้ำท่า จากข้อมูลฝนแต่ละแบบ จะสรุปประเด็นในแต่ละส่วนของการศึกษา ข้อจำกัดของงานศึกษา ข้อเสนอแนะ ตลอดจนถึงแนวทางงานศึกษาที่ต่อที่สามารถเป็นไปได้ในเบื้องต้น โดยจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 สรุปข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม

ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM3B42 V.7เป็นข้อมูลราย 3 ชั่วโมงที่ใช้ในการศึกษานี้ ข้อมูลในราย 3 ชั่วโมงได้ถูกนำมารวมเป็นข้อมูลรายวัน เนื่องจากข้อมูลในรายสถานีสังเกตการณ์ยังมีความละเอียดของข้อมูลเป็นรายวันทั้งข้อมูลฝนและน้ำท่า การสรุปในส่วนของข้อมูลฝนจะแยกออกเป็น 3 ส่วนคือการสรุปการเปรียบเทียบฝนจากข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์ในเบื้องต้น วิธีการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม และสรุปการเปรียบเทียบฝนจากข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์หลังการปรับแก้

1. ฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM นั้นมีศักยภาพในการตรวจเหตุการณ์ฝนตกได้ถูกต้องอยู่ในระดับที่ดี (มากกว่า70 %) ในขณะที่ความผิดพลาดในการคาดคะเนเหตุการณ์นั้นมีความผิดพลาดได้ทั้งในการประมาณเหตุการณ์ฝนตกที่มากกว่าข้อมูลสังเกตการณ์ในทางตอนบนของลุ่มน้ำยมและน้อยกว่าข้อมูลสังเกตการณ์ในทางตอนล่างของลุ่มน้ำยมในด้านปริมาณฝน ฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM มีการประเมินข้อมูลปริมาณฝนที่มากกว่าข้อมูลสังเกตการณ์ โดยในช่วงฤดูฝนเป็นช่วงที่มีการประเมินฝนได้มากเกินจริงซึ่งจะอยู่ในช่วงของฝนตกปานกลางและฝนตกหนักตามเกณฑ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา ผลการเปรียบเทียบด้วยตัวแปรเพื่อการตัดสินใจที่ใช้ในการศึกษานี้ได้แก่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าความเบี่ยงเบนจากการประมาณความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงที่พอใช้จนถึงดี โดยในเดือนมิถุนายนเป็นเดือนที่มีความสัมพันธ์ต่ำที่สุดและค่าความผิดพลาดมากที่สุด

2. วิธีการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมทั้งวิธี distribution transformation (dis) และวิธี spatial bias (spa) เป็นวิธีที่ได้เลือกมาจากการทบทวนงานวิจัย ด้วยวิธีทั้ง 2 ได้ถูกนำมาศึกษาในลุ่มน้ำโขงที่อยู่ในภูมิภาคเดียวกับลุ่มน้ำยม และมีภูมิประเทศทั้งพื้นที่ที่เป็นภูเขาและพื้นที่ราบเช่นเดียวกัน โดยมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดพื้นที่ ซึ่งลุ่มน้ำยมเป็นลุ่มน้ำขนาดเล็กเมื่อเทียบกับลุ่มน้ำโขง ดังนั้นมีความเป็นไปได้ว่าความผิดพลาดสามารถพบได้มากขึ้นในการพิจารณาข้อมูลในเชิงพื้นที่ที่มีความละเอียดมากขึ้น ในการใช้วิธีปรับแก้ทั้ง 2 วิธีนี้เป็นการปรับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมให้เข้าใกล้กับข้อมูลฝนสังเกตการณ์มากขึ้นในเชิงของวันต่อวันจึงมีความต้องการข้อมูลฝนสังเกตการณ์รายวันที่มีความสมบูรณ์เพื่อการปรับแก้ในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งถ้าข้อมูลบางช่วงขาดไปจะไม่สามารถปรับแก้ในช่วงเวลานั้นได้ ซึ่งถ้าได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลฝนในเบื้องต้นแล้วว่าช่วงที่ข้อมูลขาดหาย ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมไม่ได้มีข้อผิดพลาดจากข้อมูลฝนสังเกตการณ์มาก จุดด้อยของวิธีการนี้ก็จะส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นน้อยลงการสรุปในเรื่องของวิธีปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในการศึกษานี้จะอธิบายแยกตามวิธีทั้ง 2 ดังต่อไปนี้

2.1 distribution transformation เป็นวิธีที่ปรับค่าเฉลี่ยและเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม ให้เข้าใกล้กับค่าเฉลี่ยและเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลสังเกตการณ์ในช่วงเวลาเดียวกัน ข้อมูลในเชิงพื้นที่จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนการปรับแก้ ข้อมูลฝนในแต่ละกริดของฝนจากข้อมูลดาวเทียมเพียงเท่านั้นที่จะถูกปรับแก้ด้วยอัตราส่วนค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์ยกเว้นแต่ในกริดที่ไม่มีข้อมูลฝน (ฝนไม่ตก) จะไม่มีการเติมข้อมูลเข้าไป ทำให้รูปแบบในเชิงพื้นที่ยังเป็นของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในแต่ละช่วงเวลาดังเดิม

2.2 spatial biasจะต่างจากอีกวิธี จากการที่ไม่มีอัตราส่วนในการปรับแก้ จะเป็นการสร้างข้อมูลในเชิงพื้นที่ในแต่ละช่วงเวลาค่าความผิดพลาดที่ตำแหน่งของกริดของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมที่มีสถานีสังเกตการณ์ฝนใกล้เคียง ซึ่งจะได้ค่าความผิดพลาดเป็นข้อมูลแบบจุด และทำการกระจายลงในเชิงพื้นที่ด้วยวิธี inverse distant weighting ด้วยจำนวนกริดที่เท่ากับของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม และนำข้อมูลค่าความผิดพลาดในเชิงพื้นที่ที่ได้ไปลบออกจากข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในช่วงเวลาเดียวกัน วิธีนี้จะเป็นการปรับแก้ข้อมูลในตำแหน่งกริดที่มีสถานีสังเกตการณ์ใกล้เคียงเพื่อเป็นการปรับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมในกรณีที่คาดการณ์ผิดจากความจริง และในกริดที่อยู่ห่างจากสถานีสังเกตการณ์จะยังเป็นข้อมูลเดิมของดาวเทียมอยู่

3. ผลจากการปรับแก้นั้นเป็นการเปรียบเทียบด้วยข้อมูลเฉลี่ยรายวันที่ได้เลือกไว้เพื่อทำการสอบทานผลการปรับแก้ ผลการเปรียบเทียบในเชิงปริมาณวิธีdisให้ผลที่เข้าใกล้กับข้อมูลเฉลี่ยรายวันจากสถานีฝนสังเกตการณ์มากขึ้น ทั้งในการเปรียบเทียบที่ช่วงเวลาเดียวกันและโอกาสการเกิดความเข้มฝนเดียวกัน ในขณะที่วิธี spa ข้อมูลไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญผลการเปรียบเทียบด้วยตัวแปรเพื่อการตัดสินใจทั้ง 2 วิธีให้ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่สูงขึ้นจนอยู่ในช่วงดีถึงดีมาก ในขณะที่ค่าความผิดพลาดวิธี dis ให้ผลที่น้อยลง แต่ spa ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้น

จากการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลฝน วิธีการปรับแก้ที่ได้เลือกมาใช้ในการปรับแก้ฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 ที่รวมเป็นความละเอียดรายวันแล้วในเชิงของปริมาณของข้อมูลฝน ทั้ง 2 วิธีสามารถเพิ่มศักยภาพได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับข้อมูลสังเกตการณ์ โดยวิธี dis ให้ผลที่ดีกว่าวิธี spa อย่างไรก็ตามการเปรียบเทียบด้วยข้อมูลฝนในการศึกษานี้เป็นการเปรียบเทียบในเชิงปริมาณของข้อมูลฝน ซึ่งศักยภาพในเชิงพื้นที่ของข้อมูลทั้งหมดยังไม่ได้ถูกประเมิน จึงต้องมีการนำเข้าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์น้ำฝน-น้ำท่าเพื่อศึกษาผลเพิ่มเติม ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 มีข้อจำกัดของช่วงเวลาของข้อมูล โปรเจคนี้เริ่มต้นโครงการเมื่อปี พ.ศ. 2541 จนองค์การนาซ่าคาดการว่าดาวเทียม TRMM นี้จะตกลงสู่พื้นโลกในปี พ.ศ. 2559 จึงมีข้อจำกัดของข้อมูลอยู่ในช่วงเวลานี้ ข้อมูลที่ดาวเทียมนี้ตรวจได้ครอบคลุมในพื้นที่ของพื้นที่โซนร้อนเท่านั้น จึงไม่มีข้อมูลที่ครอบคลุมทั้งโลกแต่มีเพียงพอที่จะนำมาใช้ในการศึกษาในประเทศไทยและประเทศข้างเคียงทั้งหมด ข้อมูลฝนสามารถเข้าถึงได้ง่ายจากการดาวโหลดจากเว็บไซต์โดยผู้ใช้งานต้องมีความรู้เบื้องต้นของภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อการนำข้อมูลนี้ออกมาใช้งาน

6.2 แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก

แบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลากที่ใช้ในการศึกษานี้มีจุดเด่นในการที่ตัวแบบจำลองสามารถจำลองสภาพน้ำท่าและน้ำหลากไปพร้อมกัน และการนำเข้าข้อมูลฝนที่เป็นกริดทำให้ง่ายต่อการนำเข้าฝนจากข้อมูลดาวเทียมข้อด้อยที่พบในระหว่างการทำการศึกษาคือการคำนวณใน 1 กรณีศึกษาใช้เวลานานมากกว่า 1 ชั่วโมง ทำให้ยังไม่เหมาะสมกับการการปรับเทียบแบบจำลองแบบอัตโนมัติที่ต้องการผลลัพธ์ในกรณีจำนวนมากการปรับเทียบด้วยการสุ่มจึงเป็นทางเลือกโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความแม่นยำของผลลัพธ์จากแบบจำลอง ด้วยการใช้ข้อมูลสถานีน้ำท่า Y.14 ในการปรับเทียบ

แบบจำลอง RRI ด้วยกรณีปี พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นปีที่ลุ่มน้ำยมได้รับอิทธิพลจากพายุ และมรสุมหลายลูก ทำให้ลักษณะปริมาณน้ำท่าทั้งปีมีความซับซ้อน เป็นแนวคิดของผู้ศึกษาว่าถ้าสามารถปรับข้อมูลให้เข้ากับปีที่มีความซับซ้อนแล้ว การนำไปประยุกต์กับปีอื่นจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีด้วย การปรับเทียบแบบจำลองด้วยการสุ่มต้องเลือกลำดับพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองสูงไปน้อย เพื่อให้ได้ผลลัพธ์จากแบบจำลองที่ลู่เข้าสู่ข้อมูลที่ใช้เป็นหลักในการเทียบ เพื่อให้ง่ายต่อการเลือกพารามิเตอร์จึงแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ พารามิเตอร์ความขรุขระ (Manning's n) พารามิเตอร์การซึมผ่านของน้ำ (infiltration) และพารามิเตอร์ความหนาของชั้นดิน (soil layer depth) ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวที่ได้ ผู้ศึกษาได้เลือกพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวสูงสุดในแต่ละกลุ่มได้แก่ สัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำ สัมประสิทธิ์การซึมผ่านในชั้นดินอิ่มตัวในพื้นที่ป่า และขีดจำกัดของการไหลซึมสะสมในพื้นที่เกษตรกรรม ตามลำดับกลุ่ม

การปรับเทียบในปี พ.ศ. 2554 โดยใช้พารามิเตอร์ที่ได้ทำการศึกษาในข้างต้นในการปรับแก้ผลการปรับเทียบให้ค่า correlation coefficient และ Nash-Sutciffe coefficient อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากและดี ตามลำดับ จึงนำแบบจำลองไปสอบทานด้วยข้อมูลปี พ.ศ. 2555 ซึ่งให้ผลที่ยอมรับได้

6.3 สรุปผลการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลน้ำท่า

การจำลองสภาพน้ำท่าจากข้อมูลฝนแต่ละแบบ เป็นการศึกษาศักยภาพของข้อมูลฝนทั้งข้อมูลจากสถานีสังเกตการณ์และข้อมูลดาวเทียมทั้งก่อนและหลังปรับแก้ จากในบทนำที่ได้กล่าวว่าจุดเด่นของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมคือสามารถประเมินข้อมูลในเชิงพื้นที่ได้ ในขณะที่สถานีสังเกตการณ์มีความลำบากในการเข้าถึงพื้นที่ เช่น ภูเขา เป็นต้น ผลการจำลองในภาพรวมที่ได้ให้ค่า R ของข้อมูลฝนสังเกตการณ์มีค่าสูงที่สุด ถัดไปคือ spa dis และ TRMM ก่อนปรับแก้ ช่วงของค่า R ที่เกิดขึ้นของข้อมูลน้ำท่าจาก TRMM ก่อนการปรับแก้อยู่ในช่วงตั้งแต่พอใช้ จนถึงดีมาก จากค่า NSE ผลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ขึ้นไปได้ให้ผลที่เป็นไปในทางเดียวกันคือ ข้อมูลน้ำท่าจากข้อมูลฝนสังเกตการณ์มีค่าที่สูงที่สุด โดยรองลงมาคือจากข้อมูลฝน spa dis และ TRMM ก่อนการปรับแก้ ในช่วงปีก่อนหน้านั้นผลไปในหลายแนวทาง ซึ่งสาเหตุส่วนนึงที่มีความผิดพลาดขึ้นในแบบจำลองคือการใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2552 จากในกรณีช่วงปีแรกมีสภาพการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน

การนำข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 V.7 ไปประยุกต์ใช้กับแบบจำลองคณิตศาสตร์ น้ำฝน-น้ำท่า-น้ำหลาก (RRI) สามารถนำเข้าข้อมูลได้โดยการปรับรูปแบบข้อมูลนำเข้าใน

ระบบกริด ซึ่งเป็นระบบของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมทำให้ง่ายต่อการปรับรูปแบบของข้อมูลเพื่อทำการจำลองสภาพน้ำท่า ผลจากการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลฝนและข้อมูลน้ำท่า สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 V.7 ในภาพรวมมีศักยภาพที่ดีในการประเมินข้อมูลฝนรายวันในพื้นที่ลุ่มน้ำยม ทั้งการประมาณเหตุการณ์ฝนตกและข้อมูลฝน ในการศึกษาการปรับแก้ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมการที่จะสามารถเพิ่มศักยภาพให้กับข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมได้ จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลฝนจากสถานีสังเกตการณ์ที่ใช้เป็นฐานในการปรับแก้ วิธีการปรับแก้ที่ได้ใช้ในการศึกษานี้จึงเป็นการปรับข้อมูลให้ใกล้เคียงกับข้อมูลสังเกตการณ์มากขึ้นตามจุดเด่นในแต่ละวิธี

6.4 ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 ได้ใช้การแปลงข้อมูลจากเซนเซอร์ของดาวเทียม TRMMซึ่งดาวเทียมตัวนี้ได้ตกลงสู่ทะเลอินเดียในกลางเดือนมิถุนายน พ.ศ.2558 อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังมีโครงการพัฒนาของมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมอีกหลายโครงการ การนำข้อมูลในโครงการอื่นมาใช้สำหรับพื้นที่ประเทศไทยสามารถใช้การประเมินประสิทธิภาพและศักยภาพของข้อมูลก่อนนำไปใช้ ตามขั้นตอนการศึกษาของการศึกษานี้ได้

2. วิธีการปรับแก้ข้อมูลฝนดาวเทียมในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาใดที่สรุปวิธีที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการลดความผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนของข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมอย่างมีประสิทธิภาพในทุกพื้นที่ การนำวิธีการปรับแก้ไปใช้จึงต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ ขีดจำกัดในด้านต่างๆ ทั้งตัวข้อมูลสังเกตการณ์ และจากข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมเอง การสานจุดเด่นของข้อมูลทั้ง 2 ชุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของข้อมูลก็เป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการศึกษาวิเคราะห์การพัฒนาชุดข้อมูลฝนได้

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ RRI เป็นแบบจำลองชนิด distributed hydrologic model มีจุดเด่นในการจำลองจากสภาพฝนเป็นสภาพน้ำท่าในลำน้ำ และน้ำหลากบนพื้นไปพร้อมกัน แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะเวลาคำนวณที่ใช้เวลามาก วิธีการทายค่าจึงเป็นทางเลือกแรกในการใช้วิเคราะห์ความอ่อนไหวและปรับเทียบแบบจำลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความแม่นยำของผลลัพธ์ของแบบจำลอง แต่ยังไม่เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดทำให้การพัฒนาเทคนิคการหาคำตอบที่เหมาะสมและการปรับเทียบแบบอัตโนมัติสำหรับแบบจำลองที่ใช้ระยะเวลาคำนวณที่นานยังเป็นสิ่งที่ท้าทายและมีประโยชน์ต่อผู้ที่ใช้แบบจำลอง

4. แบบจำลอง RRI ยังให้ผลลัพธ์เป็นความสูงของระดับน้ำในแต่ละกริด ซึ่งสามารถใช้ข้อมูลในการสร้างแผนที่น้ำท่วม หรือแผนที่ความเสี่ยงการเกิดน้ำท่วมได้ โดยยังต้องการการปรับเทียบในส่วนของระดับน้ำในส่วนของพื้นราบน้ำท่วม ด้วยข้อมูลระดับน้ำจากการเก็บข้อมูลเป็นจุดจากการลงภาคสนามหรือใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในวันที่มีเหตุการณ์น้ำท่วม จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (GISDA) เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Ahrens, B. (2006). "Distance in spatial interpolation of daily rain gauge data." Hydrol. Earth Syst. Sci. **10**(2): 197-208.

Bitew, M. M. and M. Gebremichael (2011). "Evaluation of satellite rainfall products through hydrologic simulation in a fully distributed hydrologic model." Water Resources Research **47**(6): n/a-n/a.

Bouwer, L. M., Aerts, J.C.J.H., Van de Coterlet, G.M., Van de Giessen, N., Gieske, A. & Manaerts, C. (2004). Evaluating downscaling methodsfor preparing Global Circulation Model
(GCM) data for hydrological impact modelling, Wallingford, UK: Cabi Press.

Cheema, M. J. M. and W. G. M. Bastiaanssen (2011). "Local calibration of remotely sensed rainfall from the TRMM satellite for different periods and spatial scales in the Indus Basin." International Journal of Remote Sensing **33**(8): 2603-2627.

Chokngamwong, R. and L. S. Chiu (2008). "Thailand Daily Rainfall and Comparison with TRMM Products." Journal of Hydrometeorology **9**(2): 256-266.

Chow, V. T. (1965). "1) HANDBOOK OF APPLIED HYDROLOGY." International Association of Scientific Hydrology. Bulletin **10**(1): 82-83.

Ebert, E. E. (2002). Verifying satellite precipitation estimates for weather and hydrological applications. First IPWG Workshop. Madrid, Spain, International Precipitation Working Group.

Eischeid, J. K., P. A. Pasteris, H. F. Diaz, M. S. Plantico and N. J. Lott (2000). "Creating a Serially Complete, National Daily Time Series of Temperature and Precipitation for the Western United States." Journal of Applied Meteorology **39**(9): 1580-1591.

Fiedler, F. R. (2003). "Simple, Practical Method for Determining Station Weights Using Thiessen Polygons and Isohyetal Maps." Journal of Hydrologic Engineering **8**(4): 219-221.

Gupta, H. V., S. Sorooshian and P. O. Yapo (1998). "Toward improved calibration of hydrologic models: Multiple and noncommensurable measures of information." Water Resources Research **34**(4): 751-763.

Hashino, T., A. A. Bradley and S. S. Schwartz (2007). "Evaluation of bias-correction methods for ensemble streamflow volume forecasts." Hydrol. Earth Syst. Sci. **11**(2): 939-950.

Huffman, G. J., R. F. Adler, P. Arkin, A. Chang, R. Ferraro, A. Gruber, J. Janowiak, A. McNab, B. Rudolf and U. Schneider (1997). "The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Combined Precipitation Dataset." Bulletin of the American Meteorological Society **78**(1): 5-20.

Niño?Southern Oscillation precipitation patterns. At the regional scale there are systematic differences with standard climatologies.

Immerzeel, W. W. (2010). Bias Correction for Satellite Precipitation Estimation used, Mekong River Commission.

Knapp, H. V., Ali Durgunoglu and T. W. Ortel (1991). A REVIEW OF RAINFALL - RUNOF FMODELING FOR STORM WATER MANAGEMENT Illinois State Water Survey
2204 GriffithDrive
Champaign ,Illinois 61820-7495

Koontanakulvong, S., A. Sriariyawat and K. Pakoksung (2013). "Approach to Estimate the Flood Damage in Sukhothai Province Using Flood Simulation." Journal ref: Journal of Disaster Research **8 No. 3**: 406-414.

Kummerow, C., W. Barnes, T. Kozu, J. Shiue and J. Simpson (1998). "The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Sensor Package." Journal of Atmospheric and Oceanic Technology **15**(3): 809-817.

Levizzani, V., Amorati, R. and Meneguzzo F. (2002). A Review of Satellite-based Rainfall Estimation Methods.

McCuen, R. H. (1973). "The role of sensitivity analysis in hydrologic modeling." Journal of Hydrology **18**(1): 37-53.

McCuen, R. H. (1989). Hydrologic analysis and design, Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ.

Morris, M. D. (1991). "Factorial Sampling Plans for Preliminary Computational Experiments." Technometrics **33**(2): 161-174.

Pakoksung, K., Sucharit Koontanakulvong and A. Sriaiyawat (2012). Satellite Data Application for flood simulation. PAWEES 2012 International Conference.

Petty, G. W. (1995). "The status of satellite-based rainfall estimation over land." Remote Sensing of Environment **51**(1): 125-137.

Petty, G. W. and W. F. Krajewski (1996). "Satellite estimation of precipitation over land." Hydrological Sciences Journal **41**(4): 433-451.

Qin, Y., Z. Chen, Y. Shen, S. Zhang and R. Shi (2014). "Evaluation of Satellite Rainfall Estimates over the Chinese Mainland." Remote Sensing **6**(11): 11649.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Sayama, T. Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) Model User's Manual Ver. 1.3, Public Works Research Institute (PWRI), International Center for Water Hazard and Risk Management (ICHARM).

Sayama, T., F. K., T. S. and K. K. (2010). Rainfall–runoff–inundation analysis for flood risk assessment at the regional scale. Proceedings of the Fifth Conference of Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources (APHW)**:** 568–576.

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

Sayama, T., Y. Tatebe and S. Tanaka (2013). "Large-scale Flood Simulation with Rainfall-Runoff-Inundation Model in the Chao Phraya River Basin." Geophysical Research Abstracts **15**.

Shepard, D. (1968). A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference, ACM**:** 517-524.

Singh, V. P. (1995). Computer models of watershed hydrology.

Smith, J. A., G. N. Day and M. D. Kane (1992). "Nonparametric Framework for Long-range Streamflow Forecasting." Journal of Water Resources Planning and Management **118**(1): 82-92.

Sombat Chuenchooklin, Phattaporn Mekprugsawong and Pronmongkol Chidchob (2007). THE RIVER ANALYSIS SIMULATION MODEL FOR THE PLANNING OF RETENTION AREA AND DIVERSION CHANNEL FOR FLOOD REDUCTION IN THE LOWER YOM'S RIVER BASIN, THAILAND 4th INWEPF Steering Meeting and Symposium

Chulalongkorn University

Sriariyawat, A., K. Pakoksung and T. Sayama (2014). Relationship of Rainfall-Runoff and Inundation area in Yom River Basin. AUN/SEED-Net Regional Conference, 1.

Sriariyawat, A., K. Pakoksung, T. Sayama, S. Tanaka and S. Koontanakulvong (2013). "Approach to Estimate the Flood Damage in Sukhothai Province Using Flood Simulation." Journal of Disaster Research **8, No. 3**: 406-414.

Sunil, G. and K. Alfredsen (2012). "Evaluation of Satellite Based Precipitations and Their Applicability for Rainfall Runoff Modelling in Narayani Basin of Nepal." Journal of Hydrology and Meteorology **8**(1).

The National Center for Atmospheric Research. "Summary of Precipitation Data Sets." Retrieved 10/07, 2015, from https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/precipitation-data-sets-overview-comparison-table.

Thiessen, A. H. and J. C. Alter (1911). "DISTRICT No. 10, GREAT BASIN." Monthly Weather Review **39**(7): 1082-1082.

Abstract No Abstract Available.

No Abstract Available.

Thompson, D. A. (2004). "Rainfall–Runoff Modelling: the Primer, K. J. Beven. Wiley, Chichester, 2001. ISBN 0 471 98553 8. £45.00 (hardback), xi+360 pp." Land Degradation & Development **15**(4): 449-450.

Tingsanchali, T. and F. Karim (2010). "Flood-hazard assessment and risk-based zoning of a tropical flood plain: case study of the Yom River, Thailand." Hydrological Sciences Journal **55**(2): 145-161.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Tong, K., F. Su, D. Yang and Z. Hao (2014). "Evaluation of satellite precipitation retrievals and their potential utilities in hydrologic modeling over the Tibetan Plateau." Journal of Hydrology **519, Part A**: 423-437.

Tropical Rainfall Measuring Mission. "Gridded data products from VIRS, TMI, and PR, at a range of spatial and temporal resolutions." Retrieved 01/03, 2014, from http://mirador.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/mirador/presentNavigation.pl?tree=project&project=TRMM&dataGroup=Gridded&CGISESSID=c692f25e9ba43f29904b54dc23b8309a.

Tropical Rainfall Measuring Mission. "TRMM 3B42 Characteristics." Retrieved 01/03, 2014, from http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/precipitation/documentation/TRMM_README/TRMM_3B42_readme.shtml.

van Griensven, A., T. Meixner, S. Grunwald, T. Bishop, M. Diluzio and R. Srinivasan (2006). "A global sensitivity analysis tool for the parameters of multi-variable catchment models." Journal of Hydrology **324**(1–4): 10-23.

Vernimmen, R. R. E., Hooijer A., Mamenun, Aldrian E. and A. I. J. M. van Dijk (2012). "Evaluation and bias correction of satellite rainfall data for drought monitoring in Indonesia." Hydrol. Earth Syst. Sci. **16**(1): 133-146.

Visutimeteegorn, S., K. Likitdecharote and S. Vongvisessomjai (2006). "EFFECTS OF THE OPERATION OF CHAO PHRAYA DAM UPON THE UPSTREAM FLOOD HYDRAULICS." LOWLAND TECHNOLOGY INTERNATIONAL **8**(2): 32-39.

Wichakul, S., Y. Tachikawa, M. Shiiba and K. Yorozu (2013). "Development of a Flow Routing Model Including Inundation Effect for the Extreme Flood in the Chao Phraya River Basin, Thailand 2011." Journal of Disaster Research **8**(3): 415-423.

WMO (2008). Guide to Hydrological Practices Volume I Hydrology – From Measurement to Hydrological Information, World Meteorological Organizatio.

Wood, A. W., E. P. Maurer, A. Kumar and D. P. Lettenmaier (2002). "Long-range experimental hydrologic forecasting for the eastern United States." Journal of Geophysical Research: Atmospheres **107**(D20): ACL 6-1-ACL 6-15.

กรมชลประทาน (2554). งานศึกษาความเหมาะสมโครงการบรรเทาอุทกภัยลำน้ำยม-ลำน้ำน่านเล่มที่ 4, . กรม. รายงานหลัก.

จิรัฐินาฏ, ถังเงิน. (2547). การศึกษาการบรรเทาอุทกภัยในลุ่มน้ำยมโดยใช้พื้นที่ทุ่งน้ำท่วมธรรมชาติในบริเวณจังหวัดสุโขทัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต การวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชุมชนและชนบท คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

ปฏิญญา, หรรษ์อิทธินันต์. (2556). การประเมินผลกระทบด้านอุทกภัยของจังหวัดสุโขทัยอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพ
ภูมิอากาศของโลก. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัฐพันธ์, ถิระมนัส. (2547). ประสิทธิภาพการบรรเทาอุทกภัยของอ่างเก็บน้ำแก่งเสือเต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต วิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

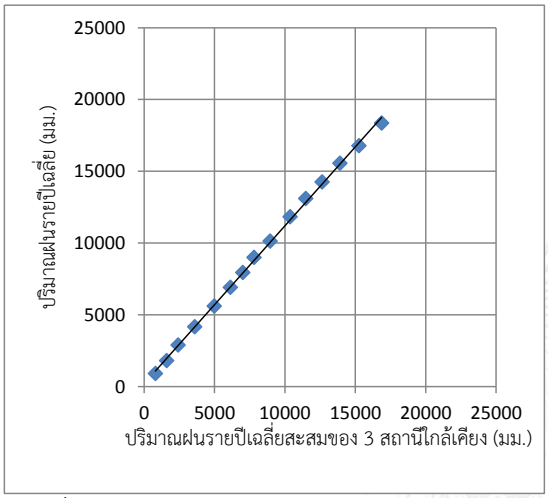
ภาคผนวก ก ความคงตัวของข้อมูลฝนสังเกตการณ์

การวิเคราะห์ความคงตัวข้อข้อมูลฝนสังเกตการณ์ มีวัตถุประสงค์สร้างความเชื่อมั่นในข้อมูลฝนสังเกตการณ์ก่อนที่จะนำไปใช้ในการเป็นฐานข้อมูลในการศึกษานี้ สถานีฝนแต่ละสถานีทั้ง 25 สถานีดังตารางที่ ก.1 จะถูกทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลฝนเฉลี่ยสะสมจากสถานีใกล้เคียง 3 สถานี เพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลในแต่ละตัวสถานีเอง ผลจากการวิเคราะห์ทั้ง 25 สถานีมนรูปที่ ก.1 ถึง ก.25 ข้อมูลทั้งหมดนั้นมีความคงตัวของข้อมูลดี ไม่เกิดการเปลี่ยนความชันของเส้นกราฟในแต่ละช่วงของฝนสะสม ข้อมูลทั้ง 25 สถานีที่ได้เลือกมาจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นข้อมูลหลักที่ใช้ในการศึกษานี้

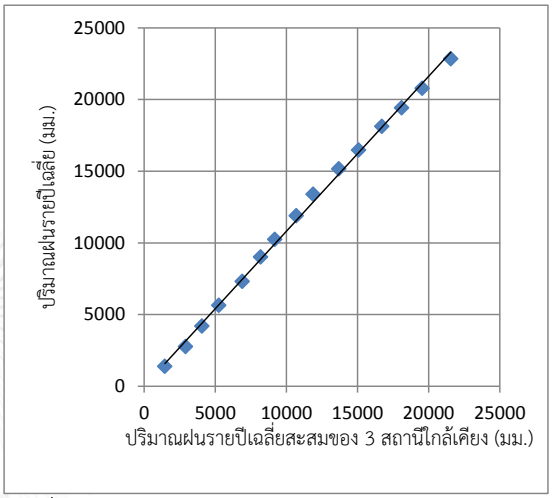
ตารางที่ ก.1 รายละเอียดของสถานีที่ใช้วิเคราะห์

รหัสสถานี	อำเภอ	จังหวัด	หน่วยงาน
16220	เถิน	ลำปาง	RID
28111	เวียงสา	น่าน	RID
40151	เมือง	แพร่	RID
28131	เวียงสา	น่าน	RID
40062	วังชิ้น	แพร่	RID
40111	สอง	แพร่	RID
40124	ร้องกวาง	แพร่	RID
59121	ศรีสัชนาลัย	สุโขทัย	RID
59131	ศรีสัชนาลัย	สุโขทัย	RID
70151	ท่าปลา	อุตรดิตถ์	RID
70221	ตรอน	อุตรดิตถ์	RID
39180	พรหมพิราม	พิษณุโลก	TMD
310201	เมือง	พะเยา	TMD
328201	เมือง	น่าน	TMD
328202	ท่าวังผา	น่าน	TMD
331201	ทุ่งช้าง	น่าน	TMD
331401	เมือง	อุตรดิตถ์	TMD
331402	ศรีสำโรง	สุโขทัย	TMD
351201	เมือง	ลำปาง	TMD
373201	เถิน	ลำปาง	TMD
376201	เมือง	ตาก	TMD

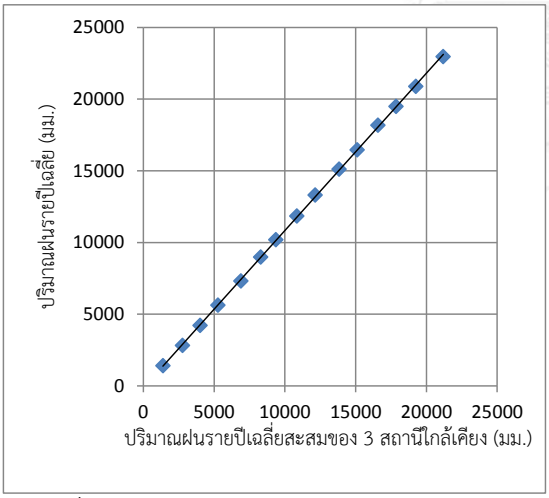
รหัสสถานี	อำเภอ	จังหวัด	หน่วยงาน
376203	สามเงา	ตาก	TMD
379201	เมือง	เพชรบูรณ์	TMD
380201	เมือง	กำแพงเพชร	TMD
400201	เมือง	นครสวรรค์	TMD



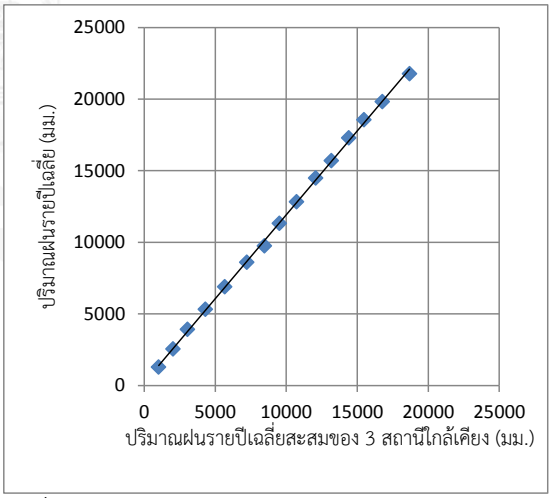
รูปที่ ก.1 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 16220



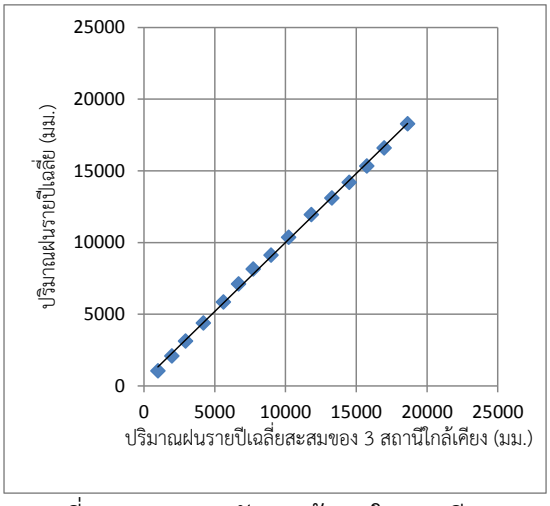
รูปที่ ก.2 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 28111



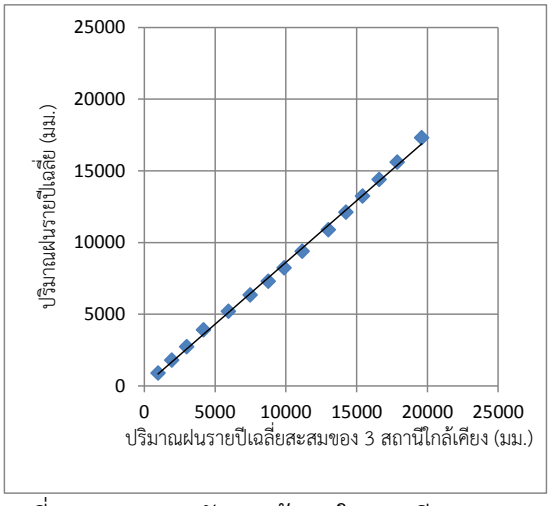
รูปที่ ก.3 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 28131



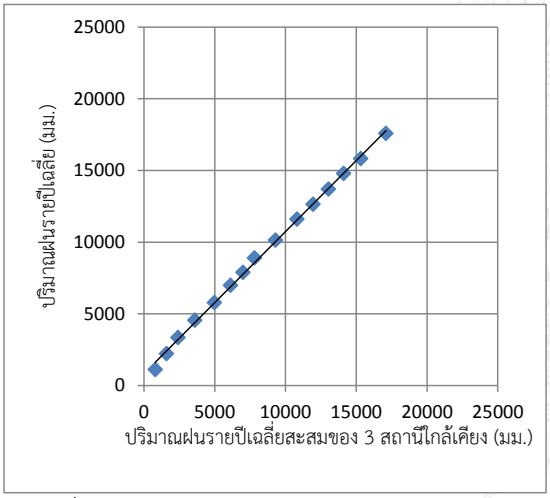
รูปที่ ก.4 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 40111



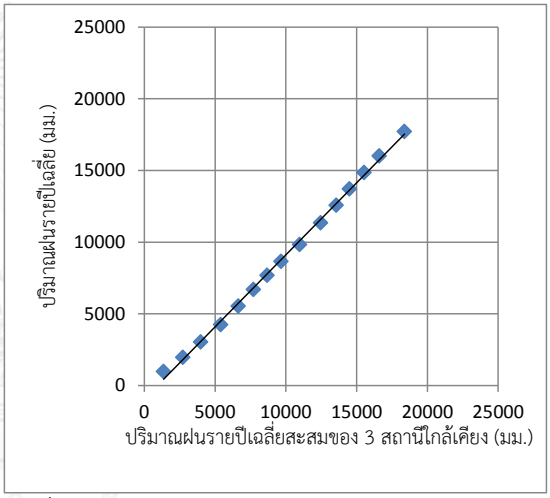
รูปที่ ก.5 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 59121



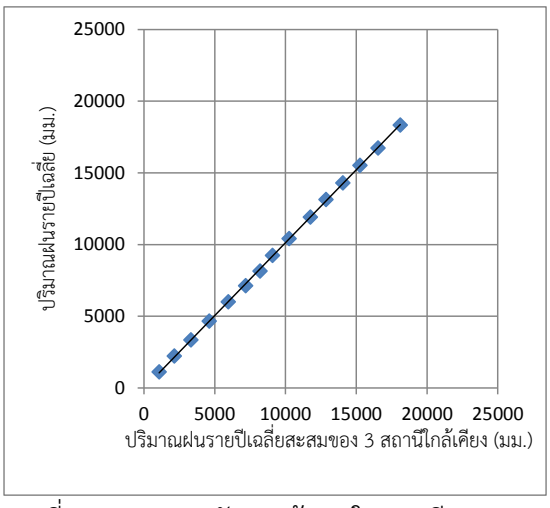
รูปที่ ก.6 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 59131



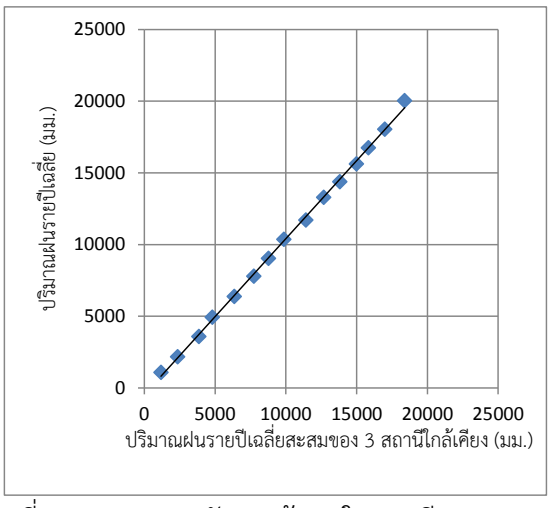
รูปที่ ก.7 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 70151



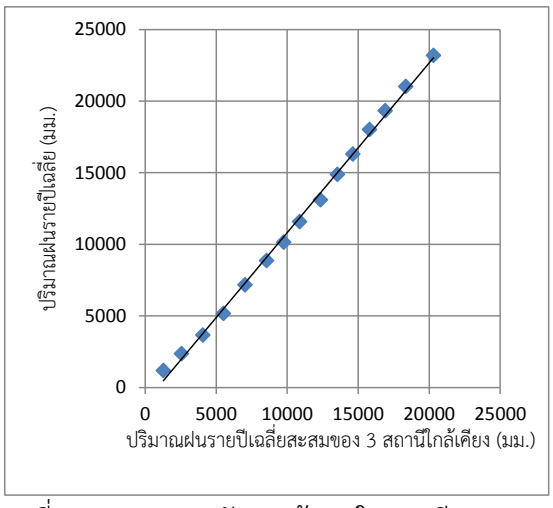
รูปที่ ก.8 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 70221



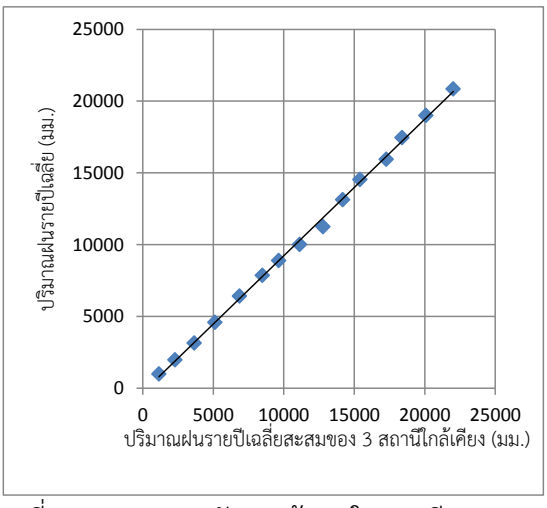
รูปที่ ก.9 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 39180



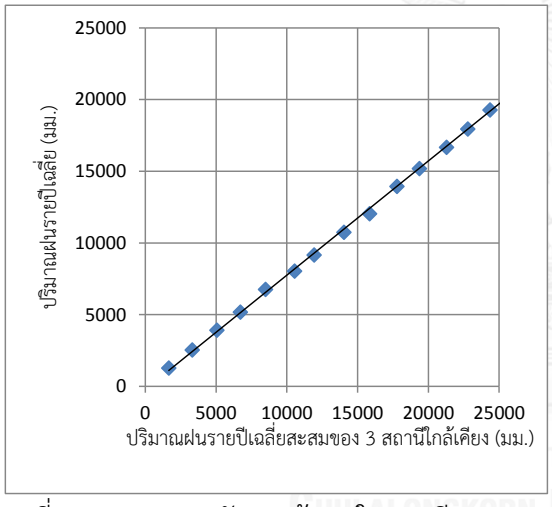
รูปที่ ก.10 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 310201



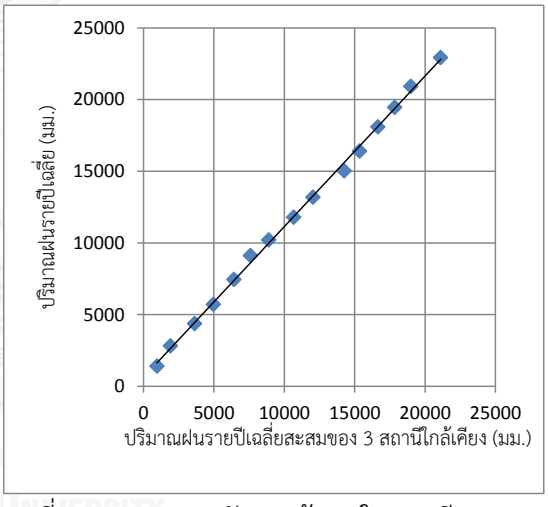
รูปที่ ก.11 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 331201



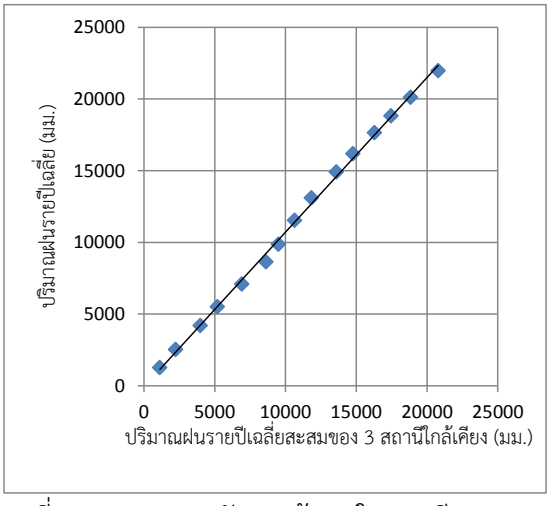
รูปที่ ก.12 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 331401



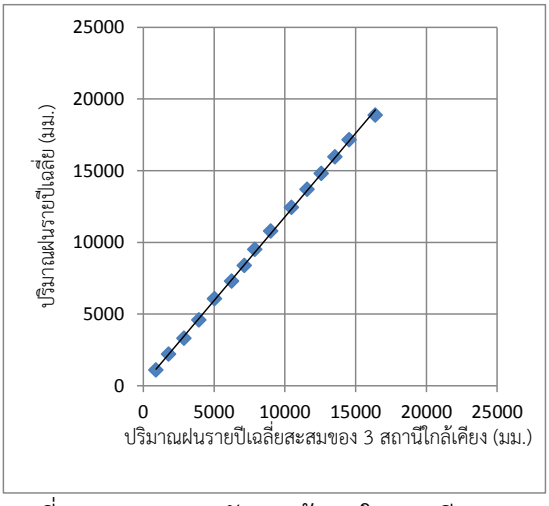
รูปที่ ก.13 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 331402



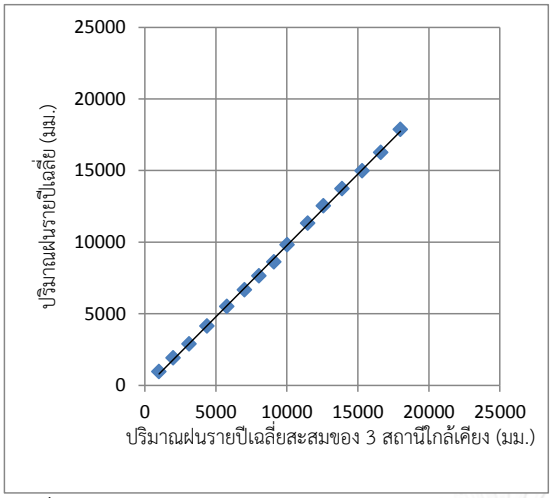
รูปที่ ก.14 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี351201



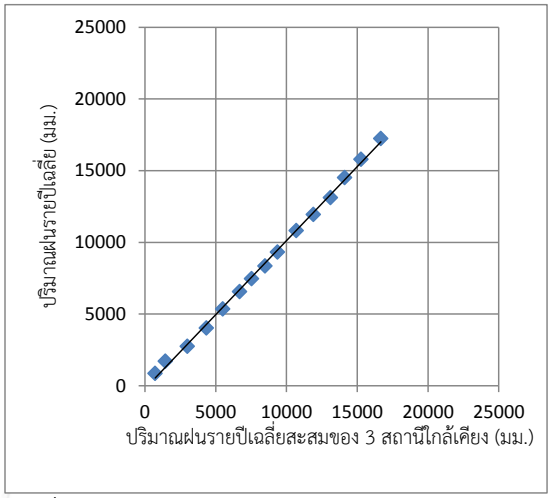
รูปที่ ก.15 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 373201



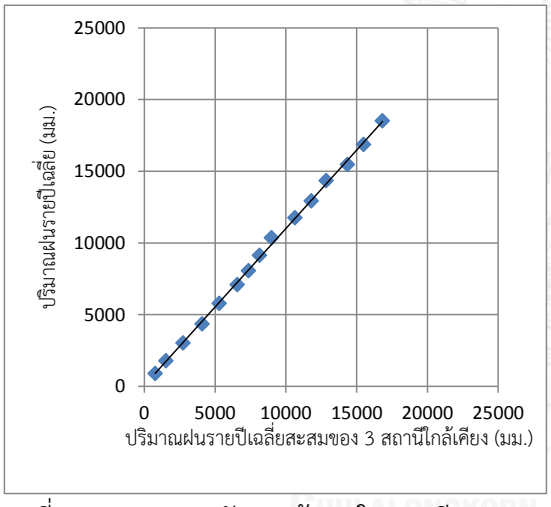
รูปที่ ก.16 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี328201



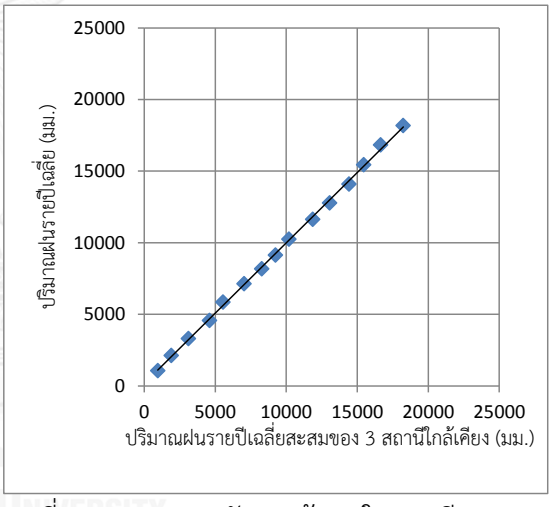
รูปที่ ก.17 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 328202



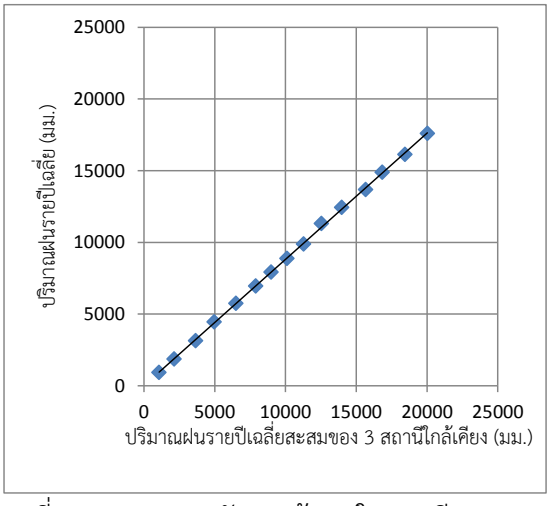
รูปที่ ก.18 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี376201



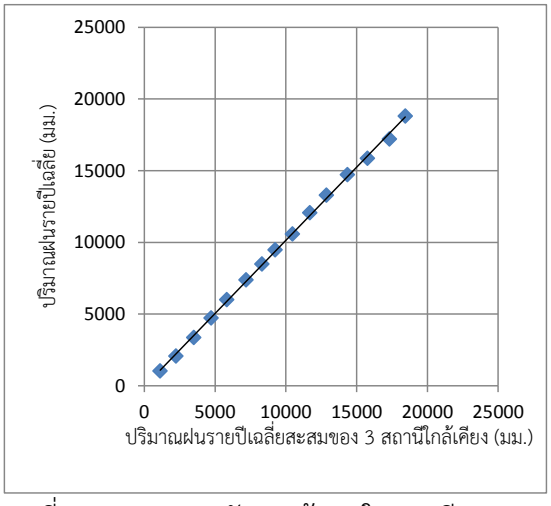
รูปที่ ก.19 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 376203



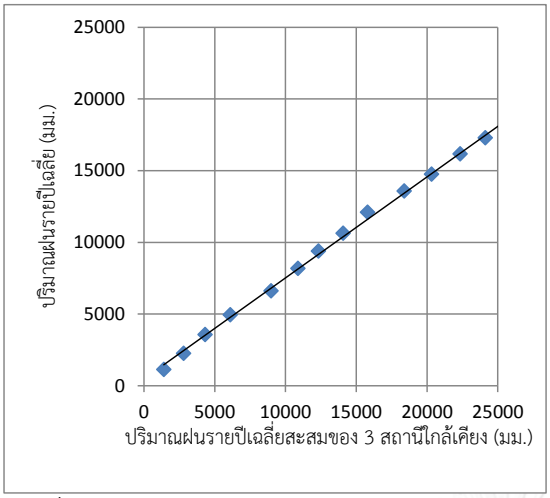
รูปที่ ก.20 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี379201



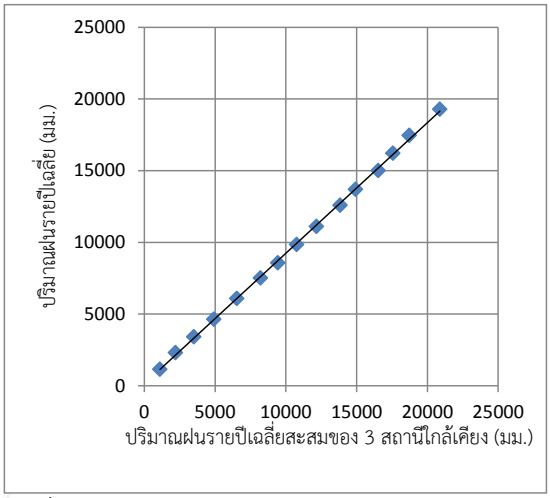
รูปที่ ก.21 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 380201



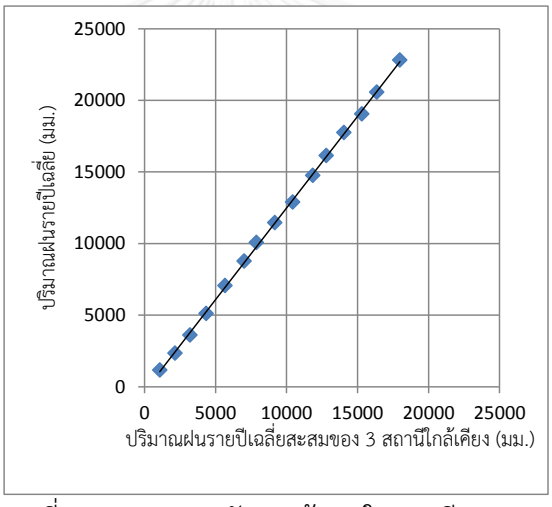
รูปที่ ก.22 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี400201



รูปที่ ก.23 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 40062



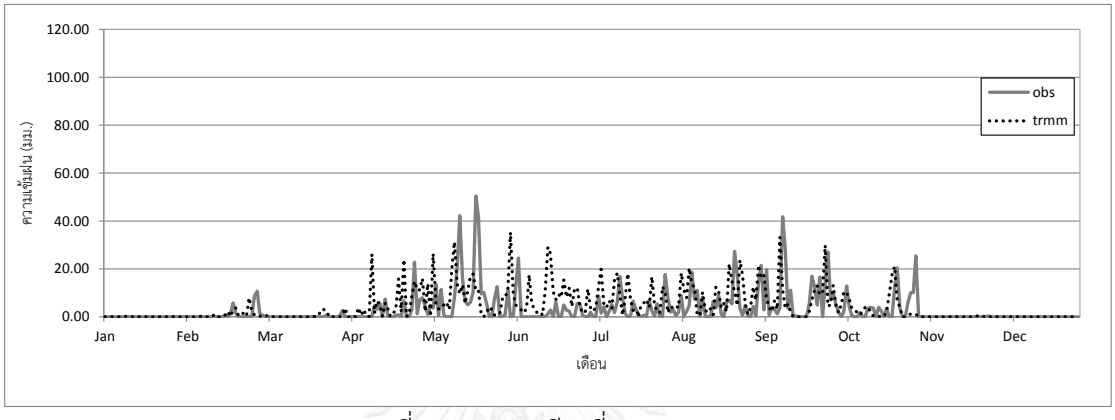
รูปที่ ก.24 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 40124



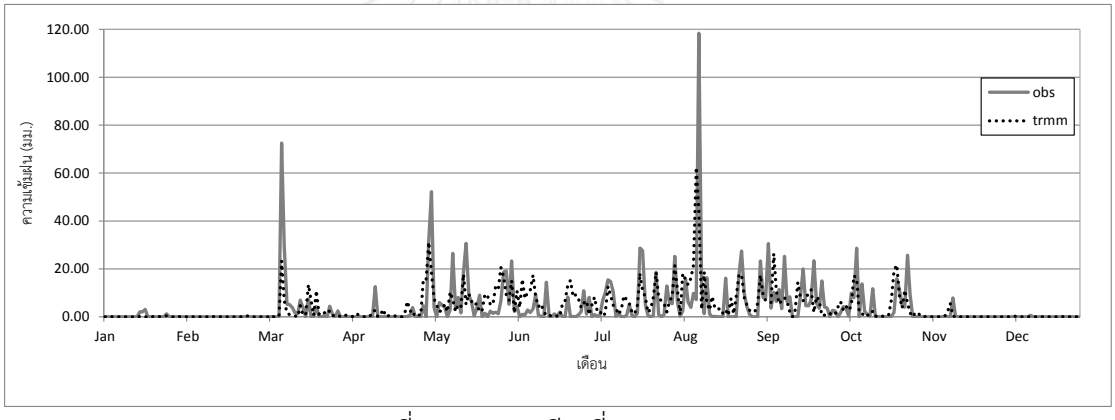
รูปที่ ก.25 ความคงตัวของข้อมูลในสถานี 40151

ภาคผนวก ขการเปรียบเทียบข้อมูลฝนจากข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลฝนสังเกตการณ์

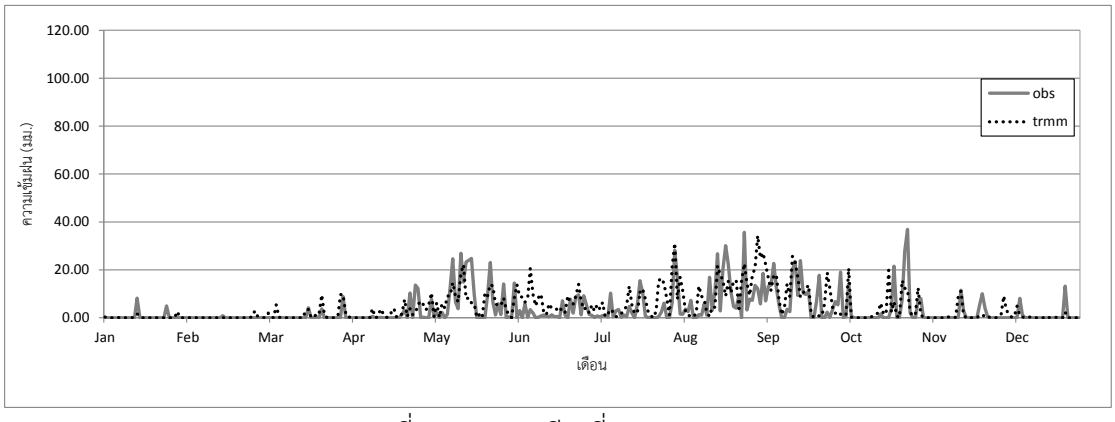
การเปรียบเทียบข้อมูลฝนจะใช้ข้อมูลฝนเฉลี่ยที่ทั้ง 25 สถานีที่ใช้ในการศึกษานี้ เทียบกับข้อมูลเฉลี่ยของฝนจากข้อมูลดาวเทียม TRMM 3B42 ที่ตำแหน่งกริดที่ใกล้กับสถานีสังเกตการณ์จำนวน 25 สถานี เท่ากัน โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลฝนทั้งหมดจะอยู่ในบทที่ 3



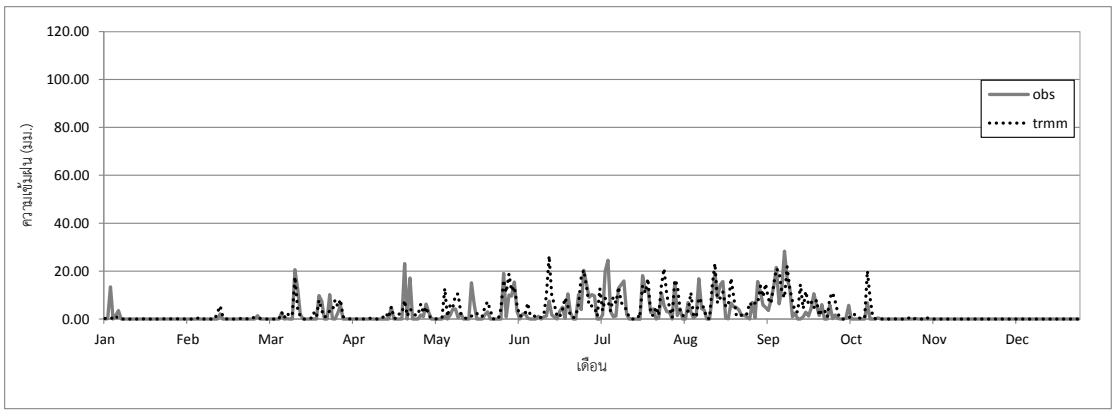
รูปที่ ข.1 ฝนรายปีเฉลี่ย พ.ศ. 2543



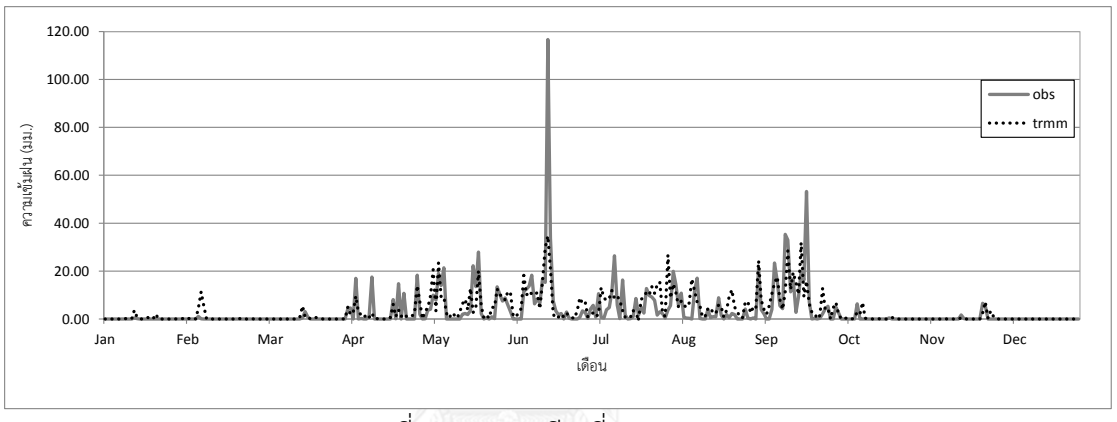
รูปที่ ข.2 ฝนรายปีเฉลี่ย พ.ศ. 2544



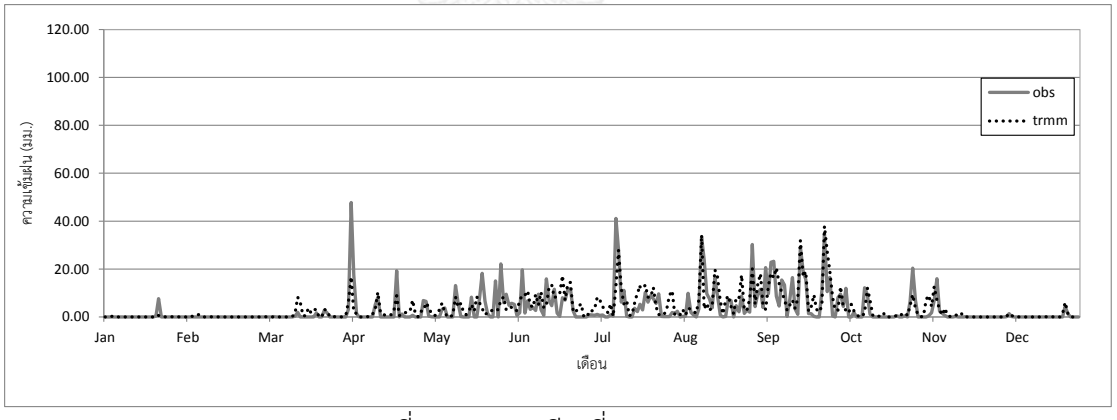
รูปที่ ข.3 ฝนรายปีเฉลี่ย พ.ศ. 2545



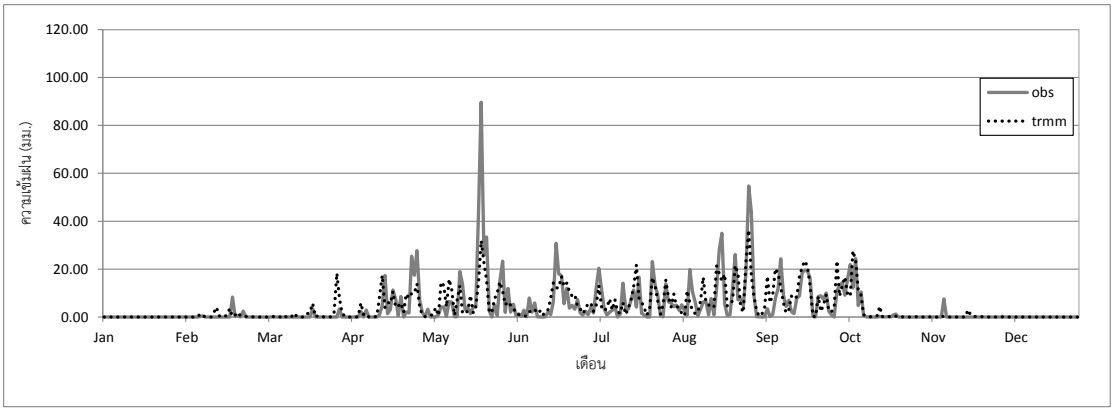
รูปที่ ข.4 ฝนรายปีเฉลี่ย พ.ศ. 2546



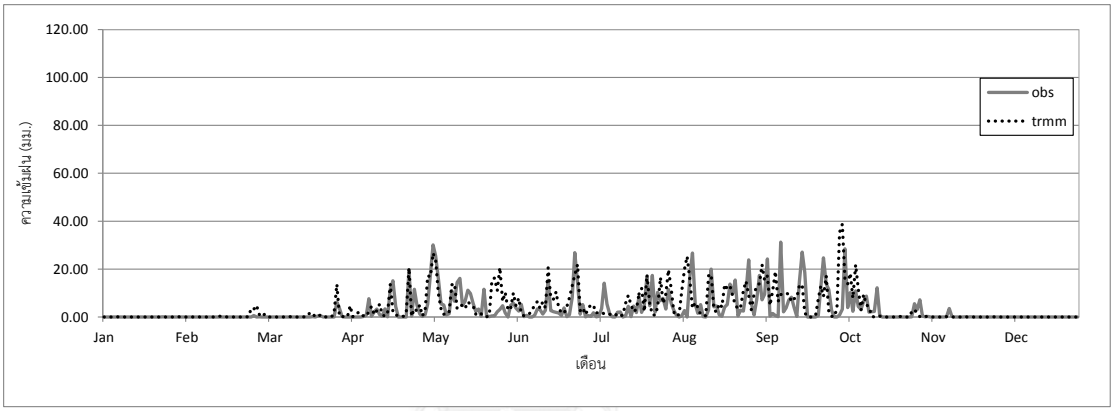
รูปที่ ข.5 ฝนรายปีเฉลี่ย พ.ศ. 2547



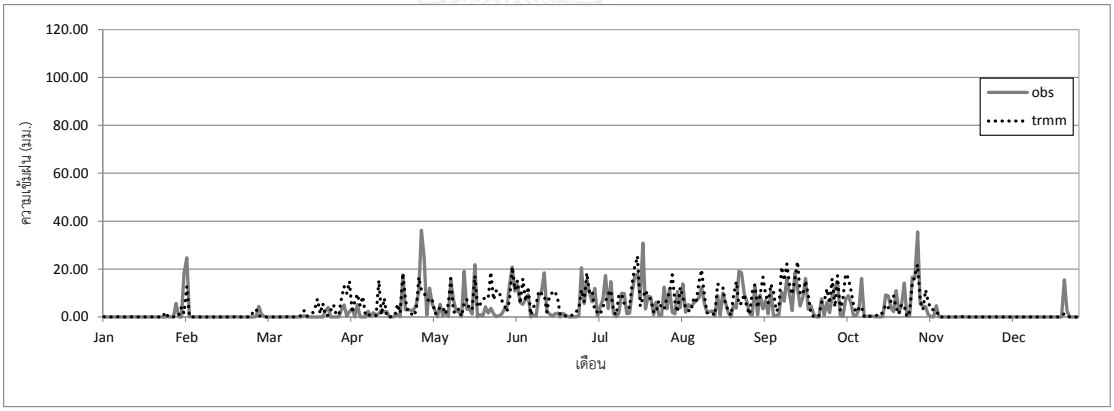
รูปที่ ข.6 ฝนรายปีเฉลี่ย พ.ศ. 2548



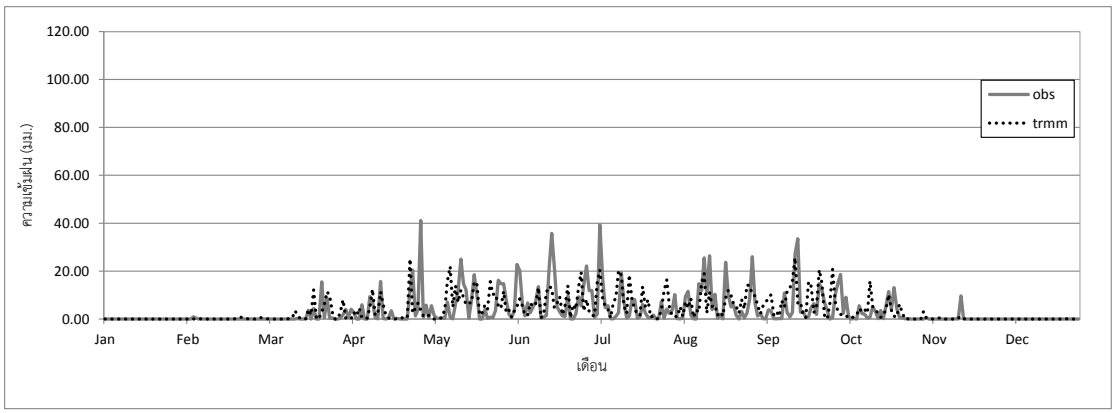
รูปที่ ข.7 ฝนรายปีเฉลี่ย พ.ศ. 2549



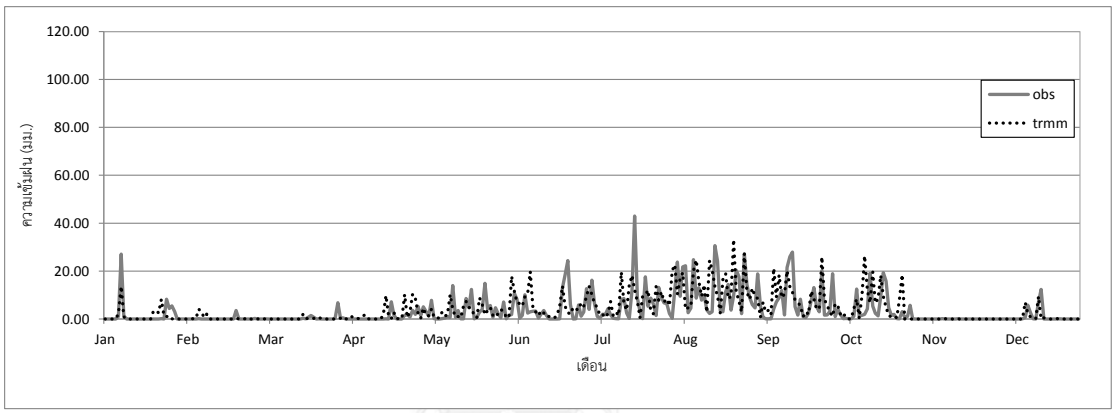
รูปที่ ข.8 ฝนรายปีเฉลี่ย พ.ศ. 2550



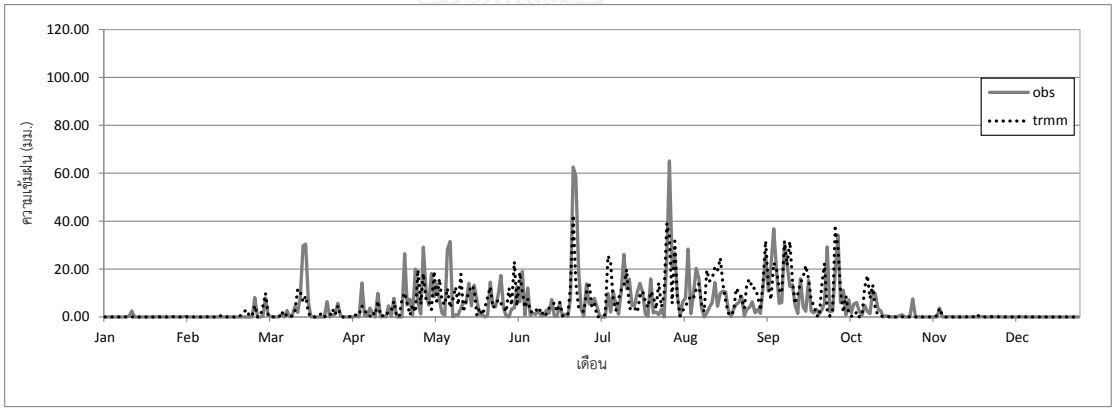
รูปที่ ข.9 ฝนรายปีเฉลี่ย พ.ศ. 2551



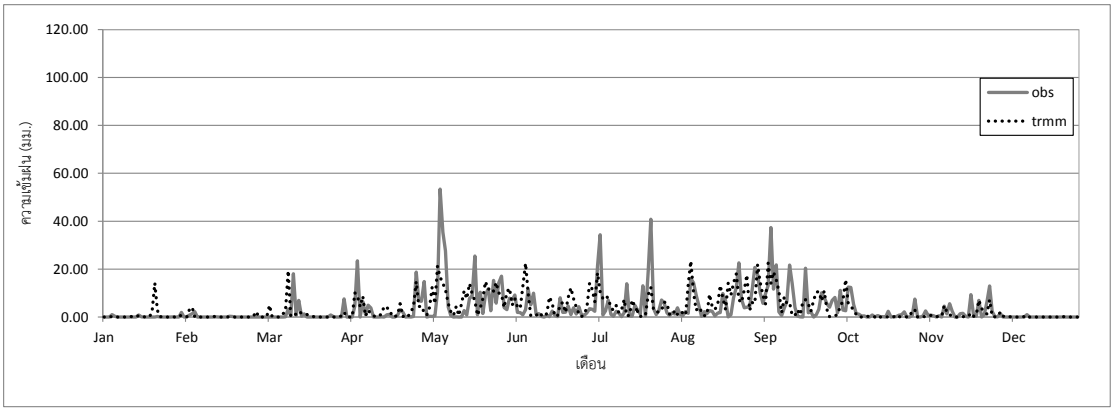
รูปที่ ข.10 ฝนรายปีเฉลี่ย พ.ศ. 2552



รูปที่ ข.11 ฝนรายปีเฉลี่ย พ.ศ. 2553



รูปที่ ข.12 ฝนรายปีเฉลี่ย พ.ศ. 2554



รูปที่ ข.13 ฝนรายปีเฉลี่ย พ.ศ. 2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค การใช้งานแบบจำลอง RRI

แบบจำลอง RRI เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถจำลองสภาพน้ำฝน–น้ำท่า และน้ำหลาก พร้อมกัน โดยลำน้ำจะถูกแยกคำนวณเป็นการไหล 1 มิติ ตลอดเส้นศูนย์กลางของตำแหน่งการคำนวณการไหลด้านข้าง (lateral flow) คำนวณภายในตำแหน่งการคำนวณด้วยแบบจำลอง 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างการไหลเข้าและออกจากลำน้ำจะคำนวณจากสมการทางชลศาสตร์ ซึ่งขึ้นกับเงื่อนไขของระดับน้ำและความสูงของคันกั้นน้ำ การใช้งานแบบจำลองจะมีการข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์จากการจำลองในรูปแบบของไฟล์ข้อมูล

ข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง

ข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง RRI จะถูกควบคุมด้วยไฟล์ชื่อ RRI input โดยรายละเอียดภายในไฟล์นี้แสดงดังรูปที่ ค.1 และ ค.2 ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 8 ส่วนได้แก่

1. ส่วนตำแหน่งไฟล์นำเข้าของข้อมูลฝน ข้อมูลระดับความสูงเชิงตัวเลข (DEM) ข้อมูลการไหลสะสมของลุ่มน้ำ (flow accumulation) และข้อมูลทิศทางการไหลของลุ่มน้ำ (flow direction)

2. ส่วนการตั้งการคำนวณของแบบจำลอง ประกอบไปด้วยการตั้งหน่วยพิกัดที่ใช้ในแบบจำลอง จำนวนของทิศทางการไหลต่อกริดข้างเคียง เวลาในการจำลองทั้งหมดในหน่วยชั่วโมง ความละเอียดในการคำนวณการไหลในพื้นที่ราบในหน่วยของวินาที ความละเอียดในการคำนวณการไหลในลำน้ำในหน่วยของวินาที จำนวนไฟล์ผลลัพธ์ พิกัดมุมล่างซ้ายของไฟล์ฝนนำเข้า และขนาดกริด

3. ส่วนพารามิเตอร์สำหรับการใช้ที่ดินแต่ละชนิด เป็นการใส่พารามิเตอร์ที่ขึ้นอยู่กับชนิดการใช้ที่ดิน โดยพารามิเตอร์จะเป็นกลุ่มที่เกี่ยวกับดิน สัมประสิทธิ์การไหลและการซึมของดิน

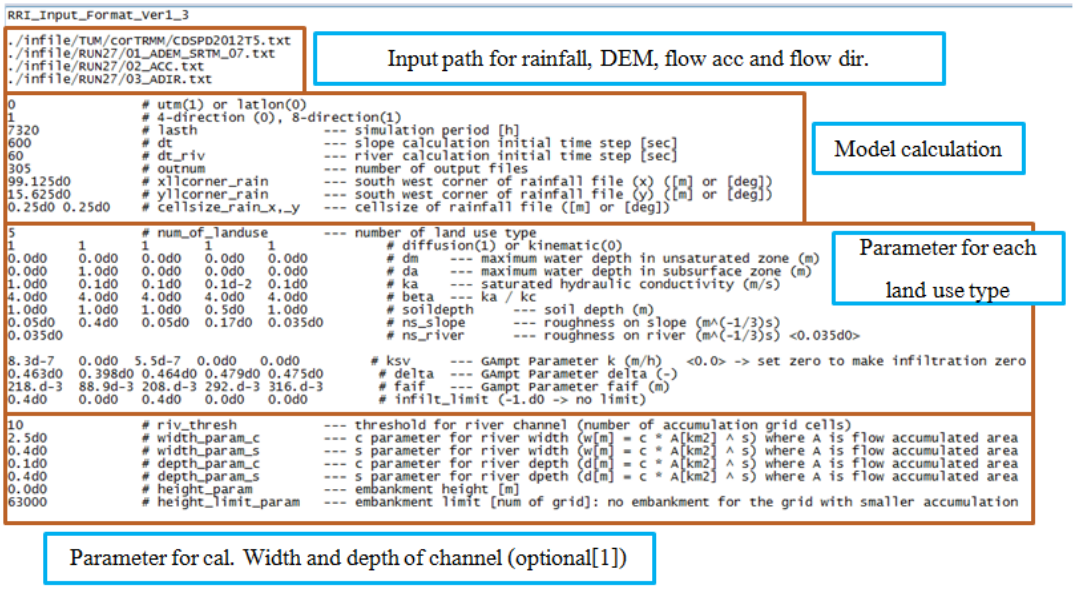
4. ส่วนพารามิเตอร์ลักษณะลำน้ำ มี 2 ทางเลือกคือ วิธีแรกคือการใช้สมการในการคำนวนความกว้างและความลึกของลำน้ำ วิธีที่สองคือใส่ข้อมูลความกว้างและความลึกลำน้ำด้วยการนำเข้าไฟล์โดยตรง

5. ส่วนค่าตั้งต้นการจำลอง (initial condition) มี 2 ทางเลือกคือ วิธีแรกตั้งค่าระดับน้ำในส่วนของพื้นราบและลำน้ำด้วยค่าเดียว และวิธีที่สองคือการใส่ข้อมูลระดับน้ำเริ่มต้นด้วยการนำเข้าไฟล์

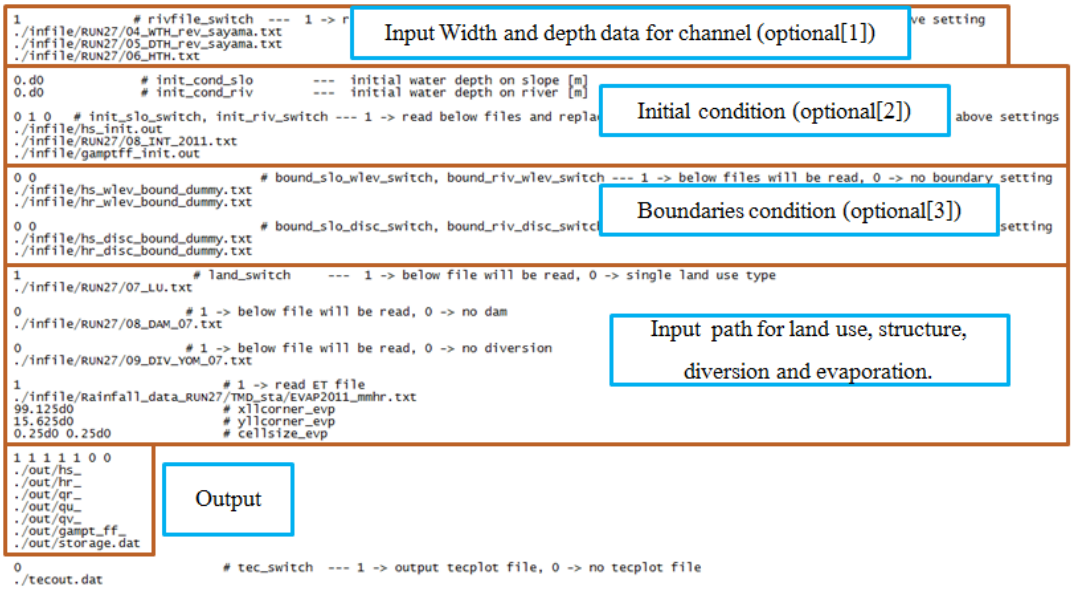
6. ส่วนขอบเขตการจำลอง (boundaries condition) นำเข้าข้อมูลเป็นไฟล์

7. ส่วนตำแหน่งไฟล์นำเข้าของการใช้ที่ดิน โครงสร้างทางชลศาสตร์ การผันน้ำ และข้อมูลการระเหย

8. ผลลัพธ์ มีทั้งหมด 5 แบบได้แก่ ระดับน้ำในลำน้ำ ระดับน้ำในพื้นราบ อัตราการไหลในลำน้ำ อัตราการไหลในทิศทางแกน x และอัตราการไหลในทิศทางแกน y



รูปที่ ค.1 ไฟล์ RRI input ส่วนแรก



รูปที่ ค.2 ไฟล์ RRI input ส่วนที่สอง

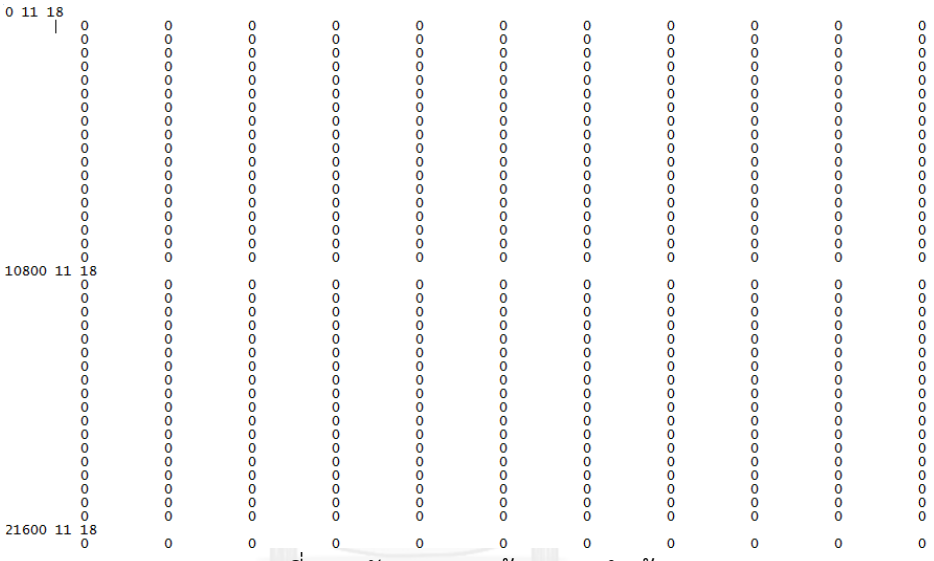
การเตรียมไฟล์นำเข้า

ไฟล์นำเข้าแบบจำลอง RRI มี 2 ลักษณะได้แก่

1. รูปแบบเชิงเวลา (time series) เฉพาะข้อมูลฝนที่ใช้รูปแบบไฟล์นี้ ซึ่งมีลักษณะตามรูปที่ ค.3 โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ หัวข้อ จะประกอบไปด้วย ช่วงเวลาของข้อมูลเป็นวินาที จำนวนข้อมูลในแกนนอน และจำนวนข้อมูลในแกนตั้ง และส่วนถัดไปคือข้อมูลฝน สำหรับแบบจำลอง RRI นี้หน่วย

ของข้อมูลฝนใช้คือ มม./ชั่วโมง เท่านั้น เรียงตามแกนนอน และแกนตั้งตามที่ได้ตั้งไว้ในส่วนของหัวข้อ หลังจากใส่ข้อมูลในช่วงเวลาแรกครบแล้วจึงเริ่มใส่ข้อมูลหัวข้อในช่วงเวลาถัดไป ดังตัวอย่างรูปที่ ค.6 ช่วงเวลาถัดไปคือ 3ชั่วโมงถัดไปในหน่วยวินาที มีค่าเท่ากับ 10800 วินาที

2. รูปแบบในเชิงพื้นที่ เป็นรูปแบบของข้อมูลนำเข้าทั้งหมดยกเว้นข้อมูลฝน เป็นรูปแบบของ ASCII raster file ดังรูปที่ ค.4 แบ่งเป็นส่วนหัวข้อและส่วนข้อมูล ในส่วนของหัวข้อมีทั้งหมด 6 บรรทัด ได้แก่ จำนวนหลัก จำนวนแถว พิกัดกึ่งกลางล่างซ้ายในแกนนอนและแกนตั้ง บรรทัดสุดท้าย คือค่าผิดพลาดของชุดข้อมูล ในส่วนถัดไปคือชุดข้อมูลจะใส่เรียกตามพิกัดแกนตั้งและแกนนอน



รูปที่ ค.3 ลักษณะของข้อมูลฝนนำเข้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

```
ncols         172
nrows         424
xllcorner     99.241666666667
yllcorner     15.875
cellsize      0.0083333333333333
NODATA_value  -9999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
-9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999   -9999
```

รูปที่ ค.4 ลักษณะข้อมูลแบบ ASCII raster file

การใช้งานแบบจำลอง

เมื่อจัดเตรียมข้อมูลนำเข้าทั้งหมด และข้อมูลในไฟล์ RRI input เรียบร้อยแล้ว การสั่งให้แบบจำลอง RRI ทำงาน ต้องทำการ compile เพื่อได้ไฟล์ .exe หลังจากนั้นจึงจะสั่งให้แบบจำลองทำงานได้ ผลจากแบบจำลองจะถูกเก็บอยู่ในตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ใน RRI input

ผลลัพธ์การคำนวน

ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง RRI จะแบ่งเป็นไฟล์ตามผลลัพธ์ที่ได้ตั้งไว้ใน RRI input ยกตัวอย่างเช่น ตั้งให้เขียนผลลัพธ์ทุก 1 วันจากการจำลอง และตั้งให้เขียนเฉพาะระดับน้ำในลำน้ำใน ไฟล์ RRI input ทุกการคำนวนด้วยแบบจำลองที่ผ่านไป 1 วันจะได้ผลลัพธ์ที่เป็นข้อมูลระดับน้ำในลำน้ำที่มีความละเอียดกริดของข้อมูลเท่ากับระดับความสูงเชิงตัวเลขที่ตั้งไว้ในแบบจำลอง โดยจะมี 1 ไฟล์ต่อช่วงเวลาที่ตั้งไว้ โดยในกรณีตัวอย่างนี้คือผลลัพธ์วันละ 1 ไฟล์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

Teerawat Ram-Indra

E-mail : Teerawat.ram@gmail.com

Education

2011 Bachelor of Engineering, Department of Water Resources Engineering, Kasetsart University

Publications

- ธีรวัฒน์ รามอินทรา, อนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์, และ ปิยธิดา เรืองรัศมี. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง น้ำฝน น้ำท่า น้ำหลาก, การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำแห่งชาติ ครั้งที่ 6, 5-7 สิงหาคม 2558, อุดรธานี
- Ruangrassamee, P., Ram-Indra, T., and Hanittinan, P., Uncertainty in Flood Forecasting under Climate Change: Case Study of Yom River Basin, Thailand, Proceeding of Environmental and Water Resources Congress 2015: Floods, Droughts, and Ecosystems, p. 1155-1162, 17-21 May 2015, Austin, USA.
- Ram-Indra, T., Sriariyawat, A., and Hoisungwan, P. Rainfall-Runoff-Inundation Simulation with Bias-Corrected Satellite Based Rainfall: Case Study Yom River Basin, Proceeding of THA 2015 International Conference, January, 2015, Thailand.
- Ram-Indra, T. and Hoisungwan P., Evaluation of TRMM for Flood Forecasting in Yom River Basin, The 2nd AUN/SEED-Net Natural Disaster Conference, 2014, Myanmar.