

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การสร้างฝนกริดแบบรายเดือนสำหรับประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลฝนจาก
สถานีตรวจวัดและผลิตภัณฑ์การรับรู้จากระยะไกล

Development of Monthly Grid Rainfall for Thailand using
Gauged Rainfall data and Remote Sensing Rainfall Product

โดย

นายกมลพัฒน์ ตันตีสวนิชย์กุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

พ.ศ. 2562

กมลพัฒน์ ดันติสุวณิชย์กุล 2562: การสร้างฝนกริดแบบรายเดือนสำหรับประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดและผลิตภัณฑ์การรับรู้จากระยะไกล ปริญาวิทยาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศาสตราจารย์นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์, Ph.D. 72 หน้า

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการสร้างฝนกริดแบบรายเดือนสำหรับประเทศไทยในช่วงเวลา 31 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 โดยใช้ข้อมูลฝนรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 1,896 สถานี โดยสถานีเหล่านี้มีข้อมูลตั้งแต่ 3 ถึง 31 ปี และมีข้อมูลเฉลี่ยจำนวน 16 ปี ในขั้นต้นได้ทำการตรวจสอบตำแหน่งที่ตั้งของสถานีเหล่านี้และในกรณีที่เกิดความผิดพลาดจะย้ายตำแหน่งให้มีความถูกต้องมากขึ้น จากนั้นจึงใช้ Double Mass Curve (DMC) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลฝนรายเดือนสำหรับแต่ละสถานีกับสถานีที่ตั้งอยู่โดยรอบ โดยจำนวนสถานีรอบ ๆ ที่เลือกใช้เปลี่ยนแปลงจาก 3 ถึง 10 สถานี ที่ทำให้ข้อมูลฝนมีความถูกต้องสูงสุดในแต่ละสถานี ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลฝนรายเดือนที่ไม่น่าเชื่อถือที่ควรตัดทิ้งคิดเป็น 4% ของข้อมูลฝนทั้งหมด รวมทั้งสถานีที่ถูกตัดข้อมูลทิ้งทั้งสถานีจำนวน 5 สถานี ทำให้ค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) ของ DMC เพิ่มขึ้นจาก 0.774 เป็น 0.845 (เพิ่มขึ้น 9%) นอกจากนั้นแล้ว ในการศึกษาได้นำผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS แบบรายเดือนที่ได้จากเทคนิคการรับรู้จากระยะไกลมาปรับแก้ความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบกับฝนแบบกริด (Gridded Gauged Rainfall, GGR) ที่สร้างขึ้นจากข้อมูลฝนตรวจวัดที่ผ่านการตรวจสอบข้อมูลแล้ว โดยการสร้างแฟลคเตอร์การปรับแก้ฝน CHIRPS ในช่วงเวลา 21 ปี (70% ของข้อมูลทั้งหมด) ให้มีค่าที่สอดคล้องกับ GGR ในแต่ละจุดภาพโดยใช้เทคนิคการปรับแก้ 3 วิธีการ ซึ่งประกอบด้วย (1) Bias correction using regression analysis (RABC) (2) Linear bias correction (LBC) และ (3) Bias correction using distribution transformation (DTBC) จากนั้นจึงนำค่าการปรับแก้ที่ได้ไปปรับฝน CHIRPS ของข้อมูลที่เหลือจำนวน 10 ปี (30% ของข้อมูลทั้งหมด) และนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลฝน GGR ในช่วงเวลาเดียวกัน ผลการศึกษาพบว่า วิธี RABC เป็นวิธีการที่ให้ผลดีกว่าวิธี LBC และ DTBC โดยทำให้ความสอดคล้องกันระหว่างของ CHIRPS หลังการปรับแก้มีค่าเพิ่มขึ้นจนมีความสัมพันธ์ในระดับสูง ($NSE = 0.755$, เพิ่มขึ้น 52%) แสดงว่าแฟลคเตอร์การปรับแก้ที่สร้างขึ้นได้รับการพิสูจน์ว่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ปรับแก้ฝน CHIRPS ในอนาคตให้มีความถูกต้องใกล้เคียงกับข้อมูลฝนที่ได้จากการตรวจวัด ดังนั้น ข้อมูลฝน CHIRPS ที่ผ่านการปรับแก้แล้วสามารถนำมาใช้เป็นอีกแนวทางหนึ่งนอกเหนือจากข้อมูลฝนที่ได้จากการตรวจวัดซึ่งต้องการงบประมาณสูงและเวลาที่มากในการตรวจวัด

Kamonpat Tantisuvanichkul 2019: Development of Monthly Grid Rainfall for Thailand using Gauged Rainfall data and Remote Sensing Rainfall Product. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Professor Nutchanart Sriwongsitanon, Ph.D. 72 pages.

This study aims to create 31 years of monthly gridded rainfall between 1985 and 2015 for Thailand using gauged rainfall data at 1,896 stations. These stations have the average record of 16 years and vary between 3 and 31 years. First of all, the locations of these stations were validated for their accuracy and some of them were relocated to the more accurate locations. Double Mass Curve (DMC) was subsequently applied to check the consistency of rainfall data by comparing data of the station of interest with data from surrounding stations which varied from 3 to 10 stations to give the most accurate rainfall data at each station. The results suggested that 4% of the original rainfall data set should be eliminated including the entire dataset at 5 stations to improve the Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) of the DCM from 0.774 to 0.845 (9% increased). Furthermore, monthly CHIRPS rainfall product from remote sensing technique were verified for their accuracy by comparing them to Gridded Gauged Rainfall (GGR) which were created from the validated gauged rainfall dataset. Bias correction factors for 21 years (70% of the overall dataset) at each pixel were calculated to adjust CHIRPS rainfall to be corresponded to the GGR using 3 bias correction methods consisting of (1) linear bias correction (LBC), (2) bias correction using regression analysis (RABC), and (3) bias correction using distribution transformation (DTBC). The bias corrections were later applied to the remaining 10 years (30%) of CHIRPS rainfall and compared to the GGR for the same period. The results showed that the RABC is a better method compared to the LBC and DTBC, resulting the correlations of the original CHIRPS compared to the biased CHIRPS increased to the high accuracy level (NSE = 0.755, increased 52%). These bias correction factors were proved to be suitable to be applied for future monthly CHIRPS rainfall to be corresponded to the gauged rainfall data. The biased CHIRPS rainfall product can be used as an alternative to the gauged rainfall data which required high cost and time consuming.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

_____/_____/_____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในการวางแผนวิจัยสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ และขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรณพิมพ์ พุทธรักษา มะเปี่ยม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้ความกรุณาแนะนำในการแก้ไขต้นฉบับวิทยานิพนธ์ให้เกิดความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทานที่ได้สนับสนุนข้อมูลน้ำฝนรายวันและ Climate Hazards Group ที่ทำการเผยแพร่ผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS เพื่อใช้ประกอบงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยเพื่อการดำเนินงานของศูนย์วิจัยการรับรู้จากระยะไกลเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (Remote Sensing Research Centre for Water Resources Management; SENSWAT) โดยที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยภายใต้ศูนย์วิจัย SENSWAT

ด้วยความดีและประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อคุณแม่และครอบครัวที่ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยในทุกเรื่องตลอดมา

กมลพัฒน์ ตันตีสวนิชย์กุล

กรกฎาคม 2562

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
ขอบเขตการศึกษา	5
การตรวจเอกสาร	6
อุปกรณ์และวิธีการ	
อุปกรณ์	21
วิธีการ	21
ผลและวิจารณ์	44
สรุปและข้อเสนอแนะ	65
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	66
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	68

สารบัญญัตินี้

ตารางที่	หน้า	
1	<p>รหัสลุ่มน้ำ ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ จำนวนลุ่มน้ำย่อย และจำนวนจังหวัดที่ครอบคลุมใน 25 ลุ่มน้ำหลัก ของประเทศไทย</p>	9
2	<p>ความลึกฝนเฉลี่ย ความลึกฝนเฉลี่ยสูงสุด 1 วัน และความลึกฝนเฉลี่ยต่ำสุด รายเดือนและรายปีของสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย</p>	15
3	<p>รายละเอียดของสถานีตรวจวัดข้อมูลฝนใน 25 ลุ่มน้ำหลัก</p>	26
4	<p>รายละเอียดของสถานีตรวจวัดข้อมูลฝนสำหรับภูมิภาคของประเทศไทย</p>	27
5	<p>ความลึกฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีจำนวน 1,896 สถานี สำหรับ 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย</p>	28
6	<p>ความลึกฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีจำนวน 1,896 สถานี สำหรับภูมิภาค ของประเทศไทย</p>	30
7	<p>ความลึกฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปี ของผลิตภัณฑ์ CHIRPS จำนวน 1,896 สถานี สำหรับ 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย</p>	33
8	<p>ผลการเลือกจำนวนสถานีข้างเคียงที่ใช้ในการสร้าง DMC สำหรับ 25 ลุ่มน้ำ ของประเทศไทย</p>	38
9	<p>จำนวนสถานีที่มีการแก้ไขตำแหน่งที่ตั้งในแต่ละลุ่มน้ำหลัก</p>	48
10	<p>ผลจากการตัดข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝน 1,896 สถานี สำหรับเกณฑ์ต่ำสุด ของ NSE_{DMC} ต่างๆ</p>	51
11	<p>ความเข้ากันได้ของข้อมูลฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดและผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS สำหรับเกณฑ์ต่ำสุดของ NSE_{DMC} ต่าง ๆ</p>	54
12	<p>ความลึกฝนเฉลี่ยรายปีของฝนกริด (GGR) สำหรับ 25 ลุ่มน้ำหลัก ของประเทศไทย</p>	57
13	<p>เปรียบเทียบความลึกฝนเฉลี่ยรายปีจากข้อมูลฝนกริด (GGR) กับข้อมูลฝน จากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ในช่วงเวลา 31 ปี</p>	59
14	<p>การเปรียบเทียบความถูกต้องของผลการประเมินฝนกริด (GGR) จากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ด้วยชุดข้อมูล 30% ที่ได้จากวิธีการปรับแก้ทั้ง 3 วิธี สำหรับ 25 ลุ่มน้ำหลัก และ 5 ภูมิภาค</p>	62

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
15 ความลึกฝนเฉลี่ยรายปีจากข้อมูลฝนกริด (GGR) กับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ก่อนและหลังปรับแก้ (ชุดข้อมูล 30%)	65

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า	
1	แผนที่แสดงขอบเขต 25 ลุ่มน้ำหลัก ของประเทศไทย	8
2	ร่องความกดอากาศต่ำ ทิศทางลมมรสุม และทางเดินพายุหมุนเขตร้อน ที่พัดผ่านประเทศไทย	13
3	ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศ	14
4	แนวทางการสร้าง CHIRPS precipitation และการประยุกต์ใช้	16
5	การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลฝนแบบรายเดือนโดยวิธี Double mass curve	18
6	ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 1,896 สถานี ที่ใช้ในการศึกษา	25
7	ความลึกฝนเฉลี่ยรายปีจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ในระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558	32
8	ตัวอย่างการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ โดยวิธี Double mass curve ของความลึกฝนสะสมของสถานีดัชนีที่เข้ากันได้กับสถานีที่อยู่ข้างเคียง (ก) และสถานีที่ต้องถูกปรับแก้ (ข)	36
9	ตัวอย่างการตัดข้อมูลที่ผิดพลาดออกของสถานีรหัส 080042	39
10	ตัวอย่างการตัดข้อมูลฝนที่ผิดพลาดออกจากอนุกรมข้อมูลฝนสำหรับสถานี 080042	41
11	รายละเอียดการเตรียม ไฟล์ Input (Excel)	42
12	ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลความลึกฝน	43
13	ขั้นตอนการพล็อตสถานีวัดน้ำฝนในโปรแกรม ArcGIS	43
14	ผลลัพธ์การพล็อตสถานีวัดน้ำฝน	44
15	ขั้นตอนการลบสถานีที่ไม่มีการเก็บข้อมูล ณ ช่วงเวลาที่ต้องการคำนวณ	44
16	การตั้งค่าเพื่อสร้างข้อมูลฝนกริด (GGR) จากคำสั่ง IDW (Geostatistical Analyst)	45
17	ข้อมูลฝนแบบกริด (GGR) สำหรับชุดข้อมูลชุดข้อมูลฝนเดือนเมษายน Water year 1985 46	
18	ค่าเฉลี่ย NSE_{DMC} เซึ่งพื้นที่สำหรับแต่ละเกณฑ์ค่า สุดของ NSE _{DMC} ที่ได้จาก การตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลฝน โดย DMC	52
19	ค่าเฉลี่ย NSE_{CHIRPS} เซึ่งพื้นที่สำหรับแต่ละเกณฑ์ค่า สุดของ NSE_{DMC} ที่ได้จาก การตรวจสอบความเข้ากันได้กับผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS	55
20	ที่ตั้งของสถานีตรวจวัดน้ำฝนและปริมาณฝนกริดรายปีเฉลี่ยของประเทศไทย ที่คำนวณด้วยวิธี Inverse Distance Square ในระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	ความลึกฝนเฉลี่ยรายปีของข้อมูลฝนกริดที่สร้างจากสถานีวัดน้ำฝนภาคสนาม (GGR) และผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS รวมทั้งค่า RMSE เฉลี่ยรายปีในแต่ละจุดภาพ	58
22	ค่าเฉลี่ยของดัชนี NSE_{bias} เชนพื้นที่ของก่อนและหลังปรับแก้ทั้ง 3 วิธี	65
23	ความลึกฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่จากข้อมูลฝนกริด (GGR) กับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ก่อนและหลังปรับแก้ (ชุดข้อมูล 30%)	68

การสร้างฝนกริดแบบรายเดือนสำหรับประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลฝนจาก สถานีตรวจวัดและผลิตภัณฑ์การรับรู้จากระยะไกล

Development of Monthly Grid Rainfall for Thailand using Gauged Rainfall data and Remote Sensing Rainfall Product

คำนำ

ปริมาณฝนนับว่าเป็นปัจจัยหลักที่มีความสำคัญมากปัจจัยหนึ่งในวัฏจักรทางอุทกวิทยา จึงจำเป็นต้องติดตั้งสถานีตรวจวัดฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ศึกษา อย่างไรก็ตาม ในการนำข้อมูลฝนมาใช้งานจำเป็นต้องทำการประเมินความลึกฝนเชิงพื้นที่โดยใช้วิธีการประมาณค่าในระหว่างด้วยเทคนิคต่าง ๆ อาทิเช่น เทคนิค Geostatistical Kriging, Inverse Distance Weighted (IDW), Thin Plate Spline (TPS) และ Thiessen Polygon (Chappell et al., 2013; วิษุวัตก์ และ นุชนารถ, 2550; Yoo, 2000) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ความลึกฝนเชิงพื้นที่ คือ ความถูกต้องของข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนที่เป็นผลมาจากกระบวนการเก็บข้อมูลและปัจจัยจากสภาพภูมิประเทศ

ในหลาย ๆ ภูมิภาคทั่วโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนา พบว่าสถานีตรวจวัดปริมาณฝนจะมีอยู่อย่างจำกัดและไม่มีการกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่เป็นภูเขาสูงซึ่งโดยปกติจะมีฝนตกมากกว่าบริเวณพื้นราบแต่กลับมีความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดที่น้อยมาก เนื่องจากความไม่สะดวกในการจัดเก็บข้อมูล สำหรับสถานีตรวจวัดฝนในประเทศไทยนั้น พบว่าพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยามีความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดปริมาณฝนมากที่สุด โดยมีความหนาแน่นประมาณ 73 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี ในขณะที่ลุ่มน้ำสาละวินซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงชันจะมีความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดน้อยที่สุด โดยมีความหนาแน่นประมาณ 1,006 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี ดังนั้น ความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดที่น้อยจึงเป็นข้อจำกัดสำคัญที่ส่งผลต่อความถูกต้องของผลการประเมินปริมาณฝนเชิงพื้นที่ (Dutton, M. and Jenkins, T., 2008; Sevruk, 1996; Ren and Li, 2007) จากข้อจำกัดของการตรวจวัดฝนจากสถานีตรวจวัดภาคสนาม เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ฝนที่ได้จากการรับรู้จากระยะไกลได้รับความนิยมในการนำมาใช้เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ฝนที่ได้จากการรับรู้จากระยะไกลนั้น เป็นการ

ตรวจวัดปริมาณฝนในเชิงพื้นที่โดยทางอ้อม กล่าวคือ เป็นการตรวจวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของสัญญาณเรดาร์ อุณหภูมิยอดเมฆ และค่าการสะท้อนกลับจากพื้นผิวของช่วงคลื่นที่ตามองเห็นได้ จากนั้นข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาประมวลผลร่วมกันเพื่อประเมินเป็นปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ (Huffman et al., 2006) ทั้งนี้พื้นฐานที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ฝนที่ได้จากการรับรู้จากระยะไกลคือ เป็นกระบวนการเก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติและเป็นการเก็บข้อมูลจากทุกจุดภาพโดยไม่ต้องพึ่งพามนุษย์ในการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูล อย่างไรก็ตาม การนำข้อมูลปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์การรับรู้จากระยะไกลมาใช้ทดแทนข้อมูลจากการตรวจวัดโดยตรงไม่ใช่วิธีการที่เหมาะสม จากการศึกษาของ Becker et al. (2013) ได้แสดงให้เห็นว่าความถูกต้องของข้อมูลฝนจากการรับรู้จากระยะไกลจะเพิ่มขึ้นเมื่อทำการตรวจพิสูจน์ความถูกต้องกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดในพื้นที่ โดยขั้นตอนการตรวจพิสูจน์ปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์จากการรับรู้จากระยะไกลจะต้องอาศัยข้อมูลจากการตรวจวัดฝนภาคสนามเป็นตัวอ้างอิง อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากภาคสนามซึ่งจะต้องใช้ในการอ้างอิงมักถูกละเลยในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนากระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการประเมินฝนกริดแบบรายเดือนสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทย โดยจะดำเนินการในช่วงเวลา 31 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 โดยการผนวกเอาข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดกับข้อมูลปริมาณฝนจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรับรู้จากระยะไกลเข้าด้วยกัน โดยผลิตภัณฑ์ฝนจากการรับรู้จากระยะไกลที่เลือกนำมาใช้คือ ผลิตภัณฑ์ CHIRPS ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมนำไปประยุกต์ใช้ในหลายภูมิภาคทั่วโลก สำหรับกระบวนการในการพัฒนาวิธีการจะเริ่มต้นตั้งแต่วิธีการตรวจสอบตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัด เมื่อพบความผิดพลาดจะทำการปรับแก้ตำแหน่งที่ตั้งให้ถูกต้องต่อจากนั้นจะทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่สถานีตรวจวัดทั่วประเทศในช่วงเวลา 31 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 ด้วยวิธีโค้งทับทวิ (Double Mass Curves, DMC) เมื่อพบว่าข้อมูลช่วงใดของสถานีใดมีความผิดพลาดจะทำการตัดข้อมูลช่วงนั้นออกไป เมื่อมั่นใจว่าข้อมูลฝนที่สถานีตรวจวัดภาคสนามมีความถูกต้องแล้ว จะนำข้อมูลดังกล่าวสร้างเป็นข้อมูลฝนเชิงพื้นที่ เพื่อให้ได้ข้อมูลฝนแบบกริดแบบรายเดือนในช่วงเวลา 31 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 สำหรับใช้เป็นต้นแบบของฝนในประเทศไทยเพื่อสนับสนุนงานด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศให้มีความถูกต้องมากขึ้น จากนั้นจะทำการปรับแก้ข้อมูลความลึกฝนเชิงพื้นที่ของผลิตภัณฑ์ CHIRPS ให้เข้ากับข้อมูลฝนแบบกริดที่สร้างขึ้น เพื่อนำกระบวนการปรับแก้ไปใช้กับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ CHIRPS ในอนาคตเพื่อสร้างข้อมูลอีกประเภทหนึ่งซึ่งสามารถให้เป็นทางเลือกหรือใช้ประกอบกับข้อมูลฝนแบบกริดเพื่อเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความถูกต้องซึ่งกันและกัน หรือ

สำหรับใช้ในกรณีที่ข้อมูลฝนกรดอาจมีความผิดพลาดที่เกิดจากจำนวนสถานีตรวจวัดภาคสนามมีจำนวนไม่เพียงพอจากข้อจำกัดที่เกิดจากสภาพภูมิประเทศ ซึ่งแนวทางดังกล่าวจะเป็นการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยในปัจจุบันมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนทั่วประเทศที่ตรวจวัด โดยกรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน และหน่วยงานอื่น ๆ และทำการปรับแก้ตำแหน่งที่ตั้งให้ถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริง
2. เพื่อตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลฝนแบบรายเดือนสำหรับทุกสถานีวัดน้ำฝนทั่วประเทศ ในช่วงเวลา 31 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 โดยวิธีโค้งทับทวี (Double-Mass Curve, DMC) และตัดข้อมูลที่ผิดพลาดออกจากอนุกรมฝนของแต่ละสถานีวัดน้ำฝนที่พิจารณา
3. เพื่อสร้างข้อมูลฝนรายเดือนแบบกริดในช่วงเวลา 31 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 จากข้อมูลฝนที่สถานีตรวจวัดทั่วประเทศที่ผ่านการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลโดย DMC และถูกปรับแก้ในบริเวณที่มีปัญหาโดยใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS
4. เพื่อทำการปรับแก้ผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS แบบรายเดือน ในช่วงเวลา 31 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 ให้เข้ากันได้กับข้อมูลฝนรายเดือนแบบกริด เพื่อนำไปใช้ปรับแก้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ในอนาคต

ขอบเขตการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษาคือพื้นที่ลุ่มน้ำในประเทศไทยทั้ง 25 ลุ่มน้ำหลัก
2. ข้อมูลฝนที่ใช้ในการศึกษา คือ ข้อมูลฝนที่สถานีวัดน้ำฝนทั่วประเทศแบบรายวันในระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 ที่ดำเนินการตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน และหน่วยงานอื่น ๆ
3. ข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS แบบรายวันขนาดกริดเท่ากับ 5 ตารางกิโลเมตร ในระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 ที่สามารถ Download ได้จาก <ftp://chg-ftpout.geog.ucsb.edu/>
4. ข้อมูลฝนที่เก็บรวบรวมแบบรายวันจะนำมาบวกสะสมเป็นแบบรายเดือนเพื่อนำไปตรวจสอบความถูกต้องแบบรายเดือนโดยวิธี Double-Mass Curve ทั้งนี้ข้อมูลที่มีความผิดพลาดจะถูกตัดออกก่อนนำไปใช้วิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป
5. การสร้างฝนกริดแบบรายเดือนขนาดกริดเท่ากับ 1 ตารางกิโลเมตร โดยการเฉลี่ยเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Inverse Distance Square
6. การปรับแก้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS แบบรายเดือน ให้เข้ากันได้กับข้อมูลฝนรายเดือนแบบกริด โดยใช้วิธีการปรับแก้จาก 3 วิธี คือ (1) Bias correction using regression analysis (RABC) (2) Linear bias correction (LBC) และ (3) Bias correction using distribution transformation (DTBC)

การตรวจเอกสาร

1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาสำหรับงานวิจัย คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ 25 ลุ่มน้ำหลัก ของประเทศไทย โดยมีรายละเอียดที่สำคัญของประเทศไทยดังนี้

1.1 สภาพทั่วไป

ประเทศไทยตั้งอยู่บนคาบสมุทรอินโดจีนและมลายู ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีพรมแดนด้านตะวันออกติดประเทศลาวและประเทศกัมพูชา ทิศใต้ติดต่อกับประเทศมาเลเซีย ทิศตะวันตกติดทะเลอันดามันและประเทศพม่า ทิศตะวันออกติดกับอ่าวไทย และทิศเหนือติดประเทศพม่าและลาว ประเทศไทยมีพื้นที่โดยประมาณ 513,115 ตารางกิโลเมตร โดยในแต่ละภูมิภาคมีลักษณะภูมิประเทศที่หลากหลาย ทั้งนี้ในภาคเหนือเป็นพื้นที่ภูเขาสูงสลับซับซ้อนและปกคลุมไปด้วยป่าไม้อันเป็นต้นน้ำที่สำคัญของประเทศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีสภาพดินค่อนข้างแห้งแล้งและไม่เหมาะสำหรับการเพาะปลูก ภาคกลางมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำและมีความอุดมสมบูรณ์ที่สุดในประเทศ รวมทั้งเป็นแหล่งปลูกข้าวที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ภาคใต้เป็นส่วนหนึ่งของคาบสมุทรไทย-มาเลย์ ซึ่งมีอ่าวไทยและทะเลอันดามันขนานทั้งสองด้าน ส่วนภาคตะวันตกเป็นหุบเขาและแนวเทือกเขาซึ่งพาดตัวมาจากทางตะวันตกของภาคเหนือ

1.2 การแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำ

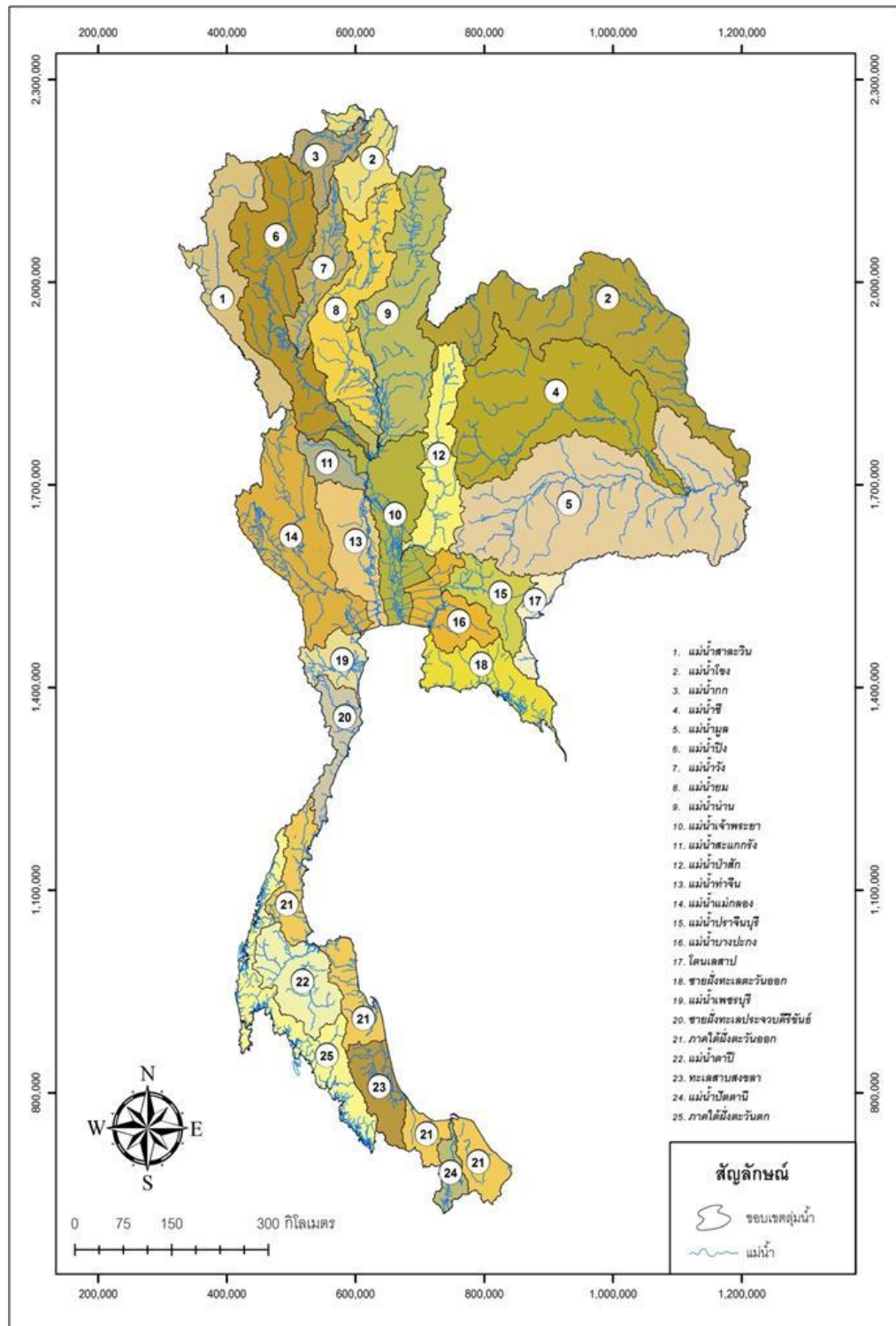
ประเทศไทยมีการแบ่งลุ่มน้ำออกเป็น 25 ลุ่มน้ำหลัก โดยคณะกรรมการอุทกวิทยาแห่งชาติในปี พ.ศ. 2550 สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำแสดงดังในภาพที่ 1 และสำหรับขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำหลักและจำนวนลุ่มน้ำย่อยแสดงดังในตารางที่ 1 ทั้งนี้การแบ่งลุ่มน้ำโดยหน่วยงานดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำมาตรฐานการแบ่งลุ่มน้ำหลักของประเทศไทยให้มีมาตรฐานสากลและเป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยใช้มาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018 โดยอ้างอิงหมุดหลักฐาน WGS84 UTM Zone47N ดังนั้น ในการศึกษาวิจัยขอบเขตและรายละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่ได้รับการยอมรับครั้งล่าสุดเป็นข้อมูลอ้างอิง

สำหรับแนวทางการแบ่งขอบเขตลุ่มน้ำ (นุชนารถ, 2555) มีดังต่อไปนี้

(1) กำหนดให้แม่น้ำสายหลัก (Main river) เป็นลุ่มน้ำย่อยหนึ่งที่มีรหัสเป็น 01 และเรียกชื่อลุ่มน้ำย่อยนี้เช่นเดียวกับชื่อลำน้ำสายหลัก ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการบริการข้อมูลเฉพาะของลำน้ำสายหลัก ยกเว้นสำหรับพื้นที่บางพื้นที่ เช่น พื้นที่บริเวณใกล้เขตแดนติดต่อกับประเทศกัมพูชาซึ่งไม่มีแม่น้ำสายใหญ่ที่จะใช้เป็นตัวแทนของลุ่มน้ำที่จัดแบ่งได้ จึงได้กำหนดขอบเขต และเรียกชื่อลุ่มน้ำตามลุ่มน้ำย่อยนั้น ๆ เช่น ใช้ชื่อลุ่มน้ำโตนเลสาป เป็นต้น หรือบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเล เช่น ชายฝั่งทะเลตะวันออกและชายฝั่งทะเลตะวันตก โดยยึดถืออ่าวไทยเป็นหลักในการกำหนดชื่อบริเวณภาคใต้ของประเทศ โดยแบ่งออกเป็นภาคใต้ฝั่งตะวันออก และภาคใต้ฝั่งตะวันตก ซึ่งถือตามทิศทางการไหลลงสู่ทะเลในบริเวณพื้นที่นั้น ๆ เป็นหลัก

(2) ลำน้ำสาขาที่ไหลลงสู่ลำน้ำสายหลักและมีขนาดพื้นที่มากกว่า 500 ตารางกิโลเมตร จะกำหนดให้เป็นลุ่มน้ำย่อย โดยให้ชื่อของลำน้ำสุดท้ายที่ไหลบรรจบกับลำน้ำสายหลักเป็นชื่อของลุ่มน้ำย่อย แต่หากขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยมากกว่า 3,000 ตารางกิโลเมตร จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยเรียกชื่อเป็นตอนบน (Upper part) และตอนล่าง (Lower part)

(3) สำหรับลำน้ำสายเล็ก ๆ ที่มีขนาดพื้นที่น้อยกว่า 500 ตารางกิโลเมตร และไหลลงสู่ลำน้ำสายหลักโดยตรง ซึ่งไม่สะดวกที่จะกำหนดให้เป็นลุ่มน้ำย่อยของแต่ละลำน้ำนั้นได้ จึงรวมพื้นที่ของลำน้ำใกล้เคียงเข้าด้วยกัน โดยมีพื้นที่รวมกันประมาณ 500-3,000 ตารางกิโลเมตร กำหนดเป็นลุ่มน้ำย่อยของลำน้ำใกล้เคียงเข้าด้วยกัน โดยกำหนดเรียกชื่อเป็นตอนบน (Upper part) ส่วนที่ 2 (2nd part) ส่วนที่ 3 (3rd part) และตอนล่าง (Lower part) เรียงลำดับจากต้นน้ำ



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงขอบเขต 25 ลุ่มน้ำหลัก ของประเทศไทย

ที่มา: ชาญพิชญ์ (2558)

ตารางที่ 1 รหัสลุ่มน้ำ ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ จำนวนลุ่มน้ำย่อย และจำนวนจังหวัดที่ครอบคลุมใน 25 ลุ่มน้ำหลัก ของประเทศไทย

รหัส ลุ่มน้ำหลัก	ชื่อลุ่มน้ำหลัก	พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)	จำนวน ลุ่มน้ำย่อย	จำนวน จังหวัด
01	แม่น้ำสาละวิน	19,105.94	17	3
02	แม่น้ำโขง	57,188.60	37	17
03	แม่น้ำกก	7,299.83	4	2
04	แม่น้ำชี	49,129.87	20	14
05	แม่น้ำมูล	71,071.57	31	13
06	แม่น้ำปิง	34,499.39	20	6
07	แม่น้ำวัง	10,793.57	7	3
08	แม่น้ำยม	23,948.15	11	11
09	แม่น้ำน่าน	34,908.11	16	10
10	แม่น้ำเจ้าพระยา	20,266.49	2	19
11	แม่น้ำสะแกกรัง	5,055.88	4	3
12	แม่น้ำป่าสัก	15,623.36	8	7
13	แม่น้ำท่าจีน	13,491.63	2	13
14	แม่น้ำแม่กลอง	30,180.71	11	8
15	แม่น้ำปราจีนบุรี	9,672.10	4	6
16	แม่น้ำบางปะกง	10,700.71	4	9
17	โตนเลสาป	4,085.93	3	2
18	ชายฝั่งทะเลตะวันออก	13,093.05	6	5
19	แม่น้ำเพชรบุรี	6,260.17	3	4
20	ชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	7,132.81	5	3
21	ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	26,067.89	13	11
22	แม่น้ำตาปี	13,561.81	8	5
23	ทะเลสาบสงขลา	8,481.28	3	5
24	แม่น้ำปัตตานี	3,654.87	2	2
25	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	18,775.60	13	11
ประเทศไทย		514,049.33	254	77

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2559)

1.3 สภาพภูมิอากาศและอุตุนิยมวิทยา

1) สภาพภูมิอากาศ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในซีกโลกเหนือทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของภาคพื้นทวีปยูเรเชีย (ระหว่างทวีปยุโรปกับทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้) โดยที่ทางเหนือของประเทศประกอบด้วยภาคพื้นดินกว้างใหญ่ ส่วนทางตอนใต้และทางตะวันออกของประเทศจะเป็นภาคพื้นน้ำที่กว้างใหญ่เช่นเดียวกัน จากการที่ประเทศไทยมีที่ตั้งอยู่ระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำที่กว้างขวางนี้เอง จึงทำให้ประเทศไทยอยู่ใต้อิทธิพลของลมมรสุมฤดูร้อนที่พัดจากน้ำเข้าสู่ภาคพื้นทวีป (ลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้) และลมมรสุมฤดูหนาวที่พัดจากภาคพื้นทวีปลงสู่ทะเล (ภาพที่ 2) เป็นผลให้ประเทศไทยมีฤดูกาลที่เด่นชัด 2 ฤดู คือ ฤดูฝนกับฤดูแล้ง (Wet and Dry Seasons) สลับกัน และสำหรับฤดูแล้งนั้น ถ้าพิจารณาให้ละเอียดลงไปสามารถแยกออกเป็น 2 ฤดู คือ ฤดูร้อนกับฤดูหนาว ดังนั้นฤดูกาลของประเทศไทยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ฤดู คือ

ก. ฤดูร้อน

ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงที่เปลี่ยนจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (หรือที่เปลี่ยนจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูฝน) โดยเฉพาะในเดือนเมษายนประเทศไทยจะเป็นประเทศหนึ่งที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ลำแสงของดวงอาทิตย์จะตั้งฉากกับผิวพื้นโลกในเวลาเที่ยงวัน ทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ จึงทำให้สภาวะอากาศร้อนอบอ้าวโดยทั่วไป ในฤดูนี้แม้ว่าประเทศไทยอากาศจะร้อนและแห้งแล้ง แต่ในบางครั้งอาจมีมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาถึงประเทศไทยตอนบนได้ ทำให้เกิดการปะทะกันระหว่างมวลอากาศเย็นที่แผ่ลงมา กับมวลอากาศร้อนที่ปกคลุมอยู่เหนือประเทศไทย ซึ่งก่อให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองและลมกระโชกแรง หรืออาจมีลูกเห็บตกลงมาด้วย ก่อให้เกิดความเสียหายได้ พายุฝนฟ้าคะนองที่เกิดขึ้นในฤดูนี้เรียกว่า "พายุฤดูร้อน"

ข. ฤดูฝน

ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงประมาณกลางเดือนตุลาคม ฤดูนี้จะเริ่มเมื่อมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งเป็นลมชื้นพัดปกคลุมประเทศไทย ขณะที่ร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่าน

ประเทศไทยทำให้มีฝนชุกทั่วไป ร่องความกดอากาศต่ำนี้ปกติจะเริ่มพาดผ่านภาคใต้ในเดือนเมษายน แล้วจึงเลื่อนขึ้นไปพาดผ่านภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือ ในเดือนพฤษภาคมและมีอุณหภูมิต่ำตามลำดับ ประมาณเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายนร่องความกดอากาศต่ำเลื่อนกลับลงมาทางใต้พาดผ่านบริเวณประเทศไทยอีกครั้งหนึ่ง โดยจะพาดผ่านตามลำดับจากภาคเหนือลงไปภาคใต้ ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวประเทศไทยจะมีฝนชุกต่อเนื่อง โดยประเทศไทยตอนบนจะตกชุกช่วงเดือนสิงหาคมถึงกันยายน และภาคใต้จะตกชุกช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน ตลอดช่วงเวลาที่ร่องความกดอากาศต่ำเลื่อนขึ้นลงนี้ ประเทศไทยก็จะได้รับอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดปกคลุมอยู่ตลอดเวลา เพียงแต่บางระยะอาจมีกำลังแรง บางระยะอาจมีกำลังอ่อน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของแนวร่องความกดอากาศต่ำ ประมาณกลางเดือนตุลาคมจะมีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นลมหนาวเข้ามาปกคลุมประเทศไทยแทนที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นสัญญาณว่าได้เริ่มฤดูหนาวของประเทศไทยตอนบน เว้นทางภาคใต้จะยังคงมีฝนตกชุกต่อไปจนถึงเดือนธันวาคม ทั้งนี้เนื่องจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดลงมาจากประเทศจีนจะพัดผ่านทะเลจีนใต้และอ่าวไทยก่อนลงไปถึงภาคใต้ ซึ่งจะนำความชื้นลงไปด้วยเมื่อถึงภาคใต้ โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ทำให้เกิดฝนตกชุกดังกล่าวข้างต้น

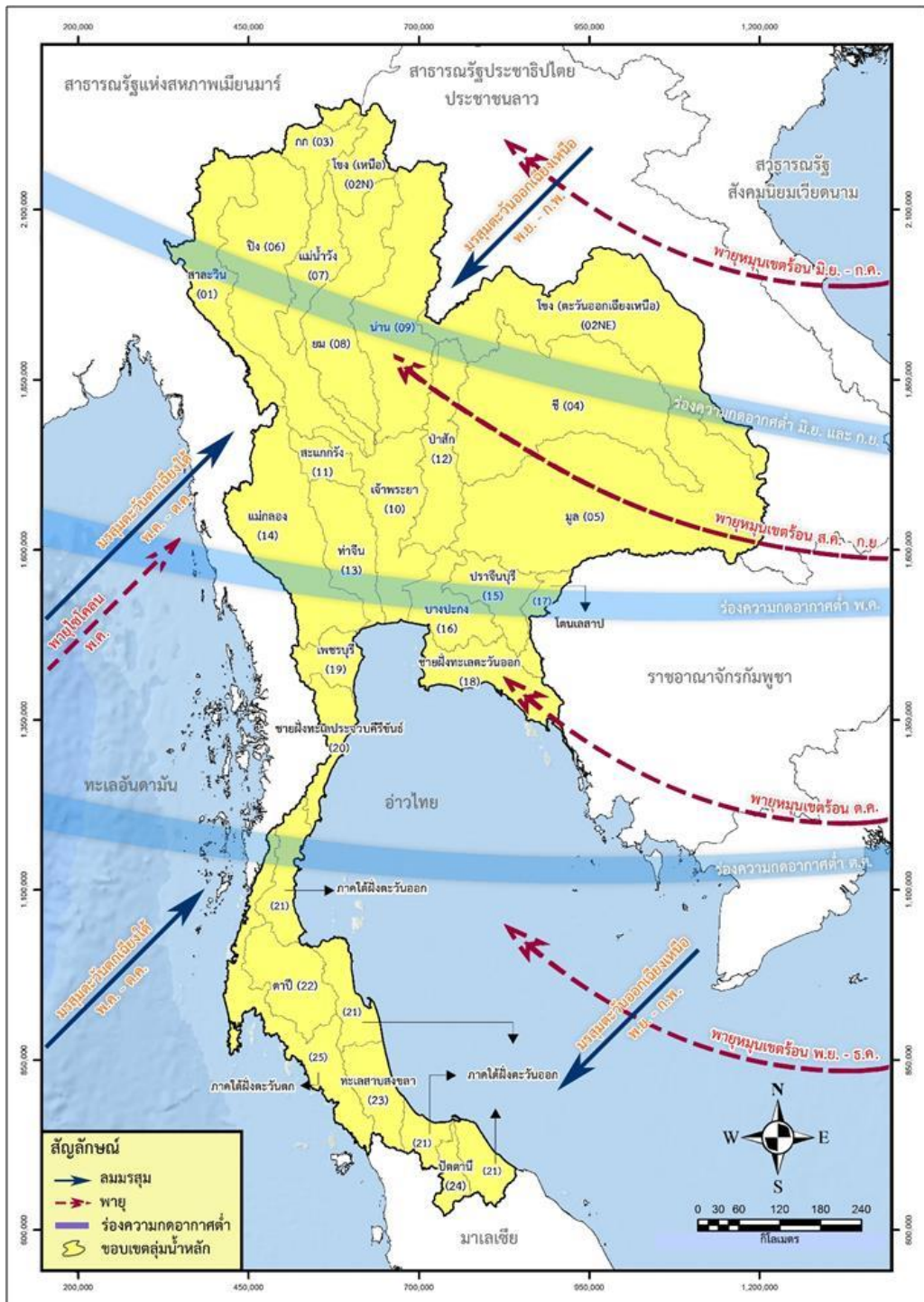
ค. ฤดูหนาว

ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเริ่มพัดปกคลุมประเทศไทยประมาณกลางเดือนตุลาคม ซึ่งจะนำความหนาวเย็นมาสู่ประเทศไทย เป็นระยะที่ขั้วโลกใต้หันเข้าหาดวงอาทิตย์ ตำแหน่งลำแสงของดวงอาทิตย์ทำมุมฉากกับผิวพื้นโลกขณะเที่ยงวันจะอยู่ทางซีกโลกใต้ ทำให้ลำแสงที่ตกกระทบกับพื้นที่ในประเทศไทยเป็นลำแสงเฉียงตลอดเวลา

2) ปริมาณฝน

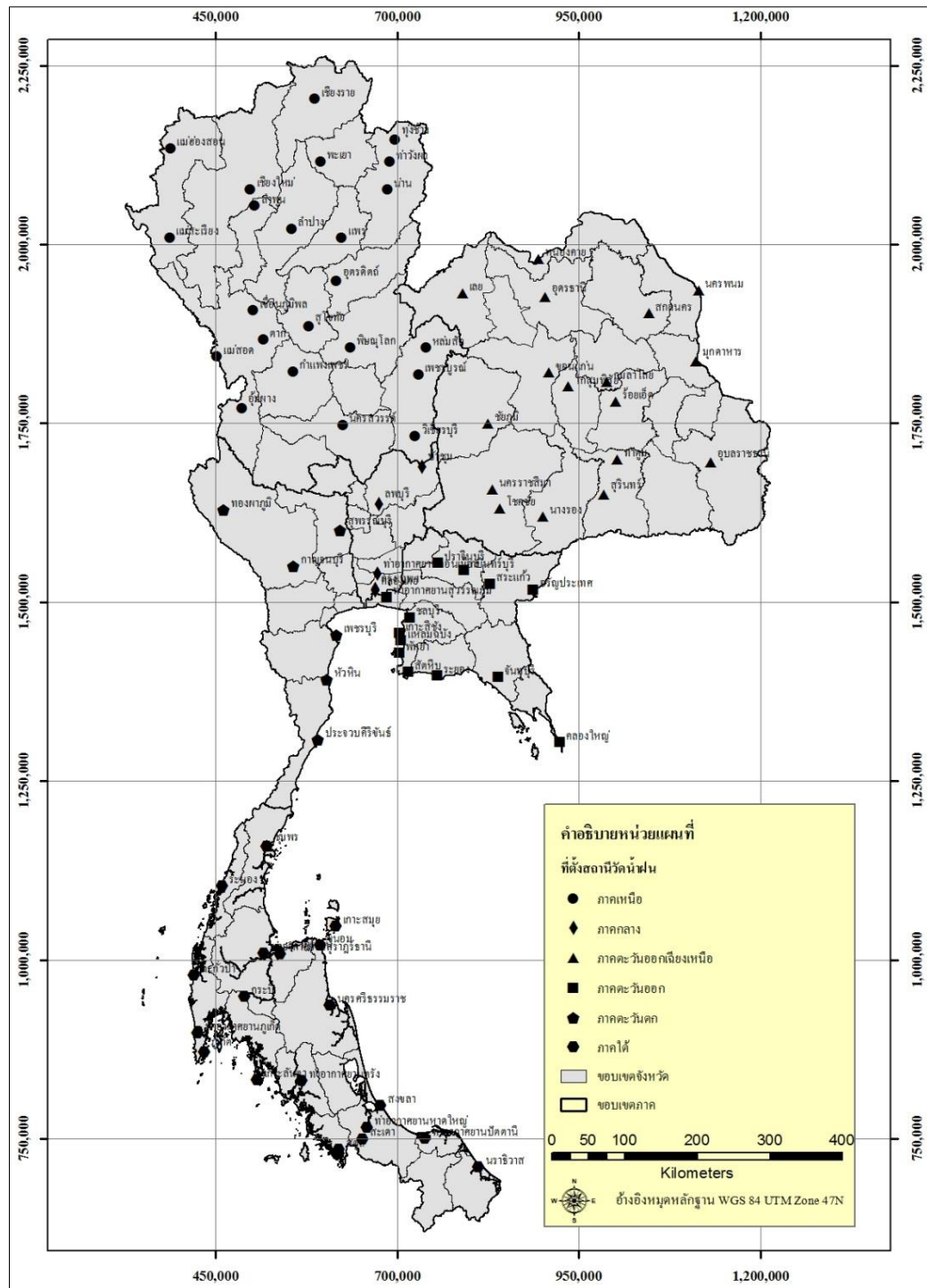
ข้อมูลความลึกฝนจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาประจำจังหวัดและสถานีตรวจอากาศที่สำคัญบางสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นข้อมูลในระหว่างปี พ.ศ. 2528 จนถึงปี พ.ศ. 2558 ประกอบด้วยสถานีตรวจอากาศจำนวน 85 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศไทย โดยประเทศไทยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 6 ภูมิภาค คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ ซึ่งมีสถานีตรวจอากาศตั้งอยู่เท่ากับ 23, 5, 17, 13, 6 และ 21

สถานี ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้ว ยังได้แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศเหล่านี้ลงในแผนที่ประเทศไทยที่แสดงการแบ่งภูมิภาคตามเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น เพื่อแสดงการกระจายของที่ตั้งของสถานีทุกสถานี ดังแสดงในภาพที่ 3 สำหรับข้อมูล โดยสรุปนั้น ได้ทำการสรุปเป็นความถี่ฝนเฉลี่ย ความถี่ฝนเฉลี่ยสูงสุด และความถี่ฝนเฉลี่ยต่ำสุด แบบรายเดือนและรายปี ของสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละภูมิภาค ดังในตารางที่ 2 จากตารางดังกล่าวสรุปได้ว่า ในภาพรวมของประเทศไทยนั้น มีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 1,374 มิลลิเมตร โดยเดือนที่มีปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยสูงสุดในเดือนกันยายนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 239 มิลลิเมตร รองลงมาคือในเดือนสิงหาคมมีค่าเฉลี่ยประมาณ 204 มิลลิเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยในเดือนกันยายน นอกจากนั้นแล้ว เมื่อพิจารณาสถานีที่มีความถี่ฝนรายปีเฉลี่ยสูงสุด พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 5,258 มิลลิเมตร ซึ่งตรวจวัดได้ที่อำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด ส่วนสถานีที่มีความถี่ฝนรายปีเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ ที่สถานีลำพูน โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 905 มิลลิเมตร



ภาพที่ 2 ร่องความกดอากาศต่ำ ทิศทางลมมรสุมและทางเดินพายุหมุนเขตร้อนที่พัดผ่านประเทศไทย

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำ (2559)



ภาพที่ 3 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศ

ที่มา: บุษนารถและคณะ (2555)

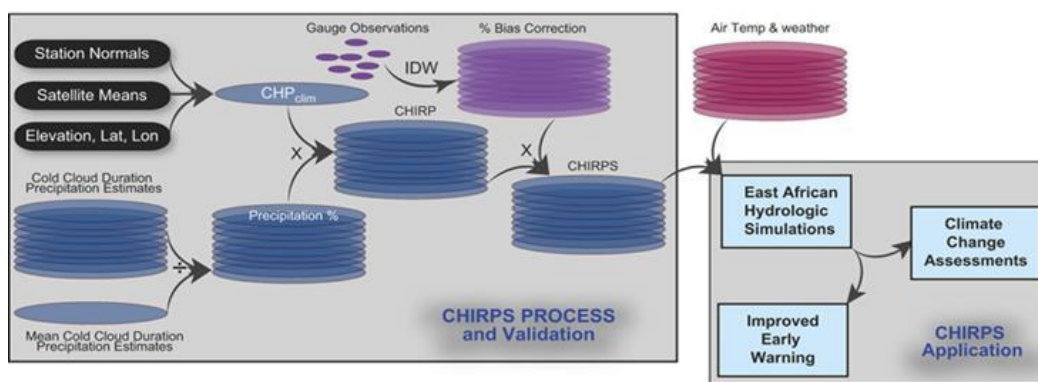
ตารางที่ 2 ความลึกฝนเฉลี่ย ความลึกฝนเฉลี่ยสูงสุด 1 วัน และความลึกฝนเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือนและรายปีของสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย

หน่วย: มิลลิเมตร

ภูมิภาค	ค่าทางสถิติ	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	รายปี
ภาคเหนือ	ค่าเฉลี่ย	66.0	178.2	160.8	193.5	238.5	228.2	122.2	32.2	8.6	6.7	8.1	26.2	1,280.2
	ค่าสูงสุด	118.4	245.3	280.3	367.6	376.8	305.5	251.8	59.5	23.7	13.1	32.2	69.9	1,813.9
	ค่าต่ำสุด	32.8	131.7	86.1	63.7	104.1	151.6	40.0	13.4	4.0	0.8	5.6	16.3	904.8
	ค่าเฉลี่ย	60.8	141.4	118.8	119.9	154.1	241.0	165.5	26.2	3.4	4.8	9.7	31.3	1,098.8
ภาคกลาง	ค่าสูงสุด	104.6	264.7	178.5	185.8	237.8	373.8	309.0	60.8	14.7	19.9	39.5	64.6	1,812.7
	ค่าต่ำสุด	69.5	130.9	99.2	106.2	142.6	223.2	91.9	27.3	2.9	6.0	5.2	33.7	987.5
	ค่าเฉลี่ย	70.3	173.7	183.7	197.4	245.3	243.8	112.0	17.1	3.3	4.1	12.8	34.6	1,302.9
	ค่าสูงสุด	109.2	295.1	458.2	556.6	618.8	363.0	151.5	46.0	9.5	7.6	40.6	68.5	2,612.9
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ค่าต่ำสุด	59.6	138.9	103.2	100.6	146.6	181.8	45.9	8.7	0.6	0.8	7.2	22.7	954.9
	ค่าเฉลี่ย	86.0	198.1	227.7	242.5	249.2	310.1	208.4	34.9	5.2	13.2	22.2	45.7	1,661.7
	ค่าสูงสุด	184.3	484.3	918.8	1,027.0	1,228.7	671.3	347.5	74.6	26.1	49.0	91.5	135.0	5,258.1
	ค่าต่ำสุด	39.7	117.8	90.5	71.3	82.9	189.7	138.8	28.2	3.6	3.8	9.2	18.6	942.4
ภาคตะวันออก	ค่าเฉลี่ย	67.4	154.1	131.4	159.7	162.8	216.1	205.5	49.6	6.3	8.7	13.6	37.5	1,225.5
	ค่าสูงสุด	97.1	242.1	263.1	358.2	344.9	249.0	314.8	186.1	19.5	34.9	19.6	90.3	1,835.9
	ค่าต่ำสุด	29.1	86.6	65.3	73.4	59.2	81.5	143.0	22.0	4.0	3.8	3.5	24.1	910.2
	ค่าเฉลี่ย	102.5	185.3	164.5	176.2	217.6	230.8	271.6	329.1	213.1	65.4	33.6	83.1	2,114.0
ภาคใต้	ค่าสูงสุด	225.6	547.1	720.5	706.3	889.6	738.3	568.0	689.4	615.9	146.2	116.3	176.1	4,560.4
	ค่าต่ำสุด	55.5	109.4	80.0	80.5	109.2	114.3	209.2	143.0	44.7	9.2	8.0	31.0	1,442.5
	ค่าเฉลี่ย	72.3	164.8	154.5	167.8	204.4	239.3	166.9	75.8	39.2	15.7	15.1	40.7	1,374.0
	ค่าสูงสุด	225.6	547.1	918.8	1,027.0	1,228.7	738.3	568.0	689.4	615.9	146.2	116.3	176.1	5,258.1
รวมทั้งประเทศ	ค่าเฉลี่ย	29.1	86.6	65.3	63.7	59.2	81.5	40.0	8.7	0.6	0.8	3.5	16.3	904.8
	ค่าสูงสุด	29.1	86.6	65.3	63.7	59.2	81.5	40.0	8.7	0.6	0.8	3.5	16.3	904.8

2. ผลิตภัณฑ์ CHIRPS

Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data (CHIRPS) เป็นผลิตภัณฑ์ฝนที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียด 0.05° หรือประมาณ 5 กิโลเมตร ชุดข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลความลึกฝนรายวันที่มีช่วงเวลาย้อนหลังไปมากกว่า 30 ปี เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 จนถึงปัจจุบัน และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ครอบคลุมพื้นที่ 1 ใน 4 ของโลก คือตั้งแต่ตำแหน่ง 50° เหนือ ถึง 50° ใต้ ตลอดแนวลองจิจูด สำหรับแนวทางการสร้างผลิตภัณฑ์ CHIRPS rainfall และการประยุกต์ใช้แสดงดังในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แนวทางการสร้างผลิตภัณฑ์ CHIRPS precipitation และการประยุกต์ใช้

ผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ได้รับการพัฒนาจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRP ซึ่งสร้างจากข้อมูลอินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared, TIR) และช่วงเวลาของเมฆเย็น (Cold Cloud Duration, CCD) และถูกสอบเทียบกับความลึกฝนจากผลิตภัณฑ์ TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) ซึ่งเป็นฝนที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Multi-Satellite Precipitation Analysis เวอร์ชัน 7 (TMPA 3B42v7) (Peterson, T. C. and Vose, R. S., 1997) จากนั้นผ่านการปรับแก้ความถูกต้องกับข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดทั่วโลกจำนวน 2 ชุดคือ (1) ชุดข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศเกษตร (Agromet Group) ขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (The Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) จำนวน 27,453 สถานี และ (2) ชุดข้อมูลจาก Global Historical Climate Network (GHCN) จำนวน 20,591 สถานี โดยวิธีการถ่วงน้ำหนักตามส่วนกลับของระยะทาง (Modified inverse distance weight algorithm) จนได้เป็นผลิตภัณฑ์ CHIRPS

กระบวนการในการคำนวณฝน CHIRPS จากสถานีตรวจวัดโดยวิธีการถ่วงน้ำหนักตามส่วนกลับของระยะทาง (Modified inverse distance weight algorithm) สำหรับในแต่ละจุดภาพจะ

ทำการหาค่าเฉลี่ยโดยวิธีการถ่วงน้ำหนักตามส่วนกลับของระยะทางของสถานีตรวจวัดผล
ภาคสนามจำนวน 5 สถานี ที่อยู่ใกล้ที่สุด ดังแสดงแนวทางการคำนวณดังในสมการที่ (1)

$$b_{1..5} = (s_{1..5} + \varepsilon)/(c_{1..5} + \varepsilon) \quad (1)$$

โดยที่	b	=	ค่าถ่วงน้ำหนักของ 5 สถานี
	S	=	ความลึกฝนที่ได้จากการตรวจวัดข้อมูลภาคสนามของ 5 สถานี
	C	=	ความลึกฝน CHIRP ของ 5 สถานี
	ε	=	ค่าปรับแก้ฝน CHIRP ที่มีค่าเป็น 0 หรือใกล้เคียง 0

ข้อมูลอนุกรมเวลาของฝน CHIRPS จะถูกใช้เพื่อคำนวณค่าปรับแก้เฉลี่ยที่ระยะ 1.5° ทั้งนี้
ค่าปรับแก้สำหรับฝน CHIRPS สามารถคำนวณได้ดังในสมการที่ (2)

$$\alpha = \frac{R_{CHIRP}}{(R_{CHIRP} + R_{ns})} \quad (2)$$

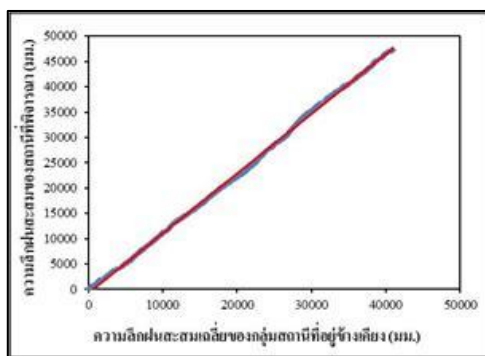
โดยที่ R_{ns} คือ ค่าปรับแก้สำหรับสถานีที่ใกล้ที่สุด และ R_{CHIRP} คือ ค่าปรับแก้ที่ควรจะเป็น
ระหว่างความลึกฝนที่ถูกต้องกับข้อมูลความลึกฝนจาก CHIRP ซึ่งถูกกำหนดให้มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ
0.5 ซึ่งขึ้นอยู่กับผลการตรวจพิสูจน์

ผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ที่เป็นผลในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการรวมกันระหว่างข้อมูลฝน
CHIRP ที่ไม่ถูกปรับแก้กับข้อมูลที่ถูกปรับแก้ ซึ่งแสดงดังในสมการที่ (3)

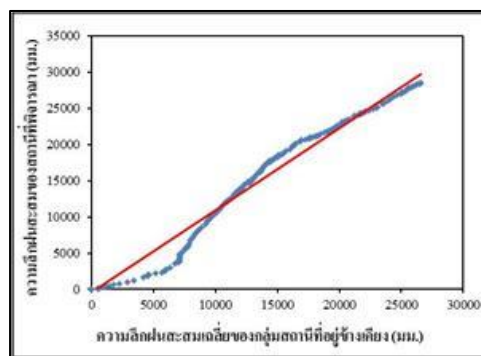
$$CHIRPS = \alpha CHIRP + (1 - \alpha)bCHIRP \quad (3)$$

3. โค้งทับทวีแบบรายเดือน (Monthly Double Mass Curve)

ข้อมูลฝนที่ได้จากการตรวจวัดภาคสนามอาจเกิดความผิดพลาดเนื่องจากหลายสาเหตุ อาทิ เช่น วิธีการเก็บข้อมูล อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูล ตำแหน่งที่ตั้ง และสภาพแวดล้อมของสถานีตรวจวัด เป็นต้น ดังนั้น ก่อนนำข้อมูลฝนมาใช้งานจึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบความถูกต้อง ในการศึกษา นี้ได้นำวิธี โค้งทับทวี (Double Mass Curve, DMC) (Searcy and Hardison, 2503) มาใช้เพื่อ ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลฝนทั้ง 1,896 สถานี แบบรายเดือน ซึ่งดำเนินการโดยการสร้าง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนสะสมของสถานีที่ต้องการตรวจสอบกับค่าเฉลี่ยของ ปริมาณน้ำฝนสะสมของกลุ่มสถานีที่อยู่ข้างเคียง ในกรณีที่ข้อมูลทั้งสองชุดมีความสอดคล้องกันจะ ได้กราฟความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับเส้นตรง (ภาพที่ 5ก) และในกรณีที่ข้อมูลฝนของสถานีที่พิจารณา มีความแตกต่างจากสถานีโดยรอบจะได้กราฟเบี่ยงเบนจากเส้นตรง (ภาพที่ 5ข) ซึ่งในกรณีดังกล่าว จะพิจารณาตัดข้อมูลฝนรายเดือนของสถานีที่พิจารณาที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเบี่ยงเบนจาก กราฟเส้นตรงจากมากไปหาน้อย จนทำให้กราฟความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับเส้นตรงที่ยอมรับได้ ซึ่ง ในศึกษานี้จะใช้ค่าทางสถิติ Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency (NSE) เป็นดัชนีบ่งชี้ความ เข้ากันได้ของข้อมูลฝนทั้งสองชุด



(ก) ความสัมพันธ์ที่ยอมรับได้



(ข) ความสัมพันธ์ที่ต้องปรับแก้

ภาพที่ 5 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลฝนแบบรายเดือน โดยวิธี Double mass curve

4. วิธีการประเมินค่าส่วนกลับของระยะทางกำลังสอง (Inverse Distance Square, IDS)

ข้อมูลฝนที่ได้จากสถานีตรวจวัดภาคสนามมีลักษณะเป็นข้อมูลแบบจุด อย่างไรก็ตาม ใน การศึกษานี้ได้มีการนำข้อมูลฝนภาคสนามมาใช้ปรับแก้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ซึ่งได้มาจาก

เทคนิคการรับรู้จากระยะไกล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับข้อมูลฝนแบบจุดมาเป็นข้อมูลฝนแบบกริด ในลักษณะเดียวกับผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS โดยทำการปรับแก้ด้วยวิธีส่วนกลับของระยะทางกำลังสอง (Inverse Distance Square, IDS)

วิธีการประเมินค่าส่วนกลับของระยะทางกำลังสอง (Inverse Distance Square, IDS) เป็นวิธีการวิเคราะห์ความลึกฝนเชิงพื้นที่ โดยการถ่วงน้ำหนักจากอัตราส่วนกลับของระยะทางระหว่างศูนย์กลางของกลุ่มน้ำที่พิจารณาถึงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนยกกำลังสองหารด้วย อัตราส่วนกลับดังกล่าวของทุกสถานีวัดน้ำฝน สูตรที่ใช้ในการคำนวณแสดงดังสมการที่ (4) และ สำหรับสมการที่ (5) เป็นการวิเคราะห์ค่าความลึกฝนที่ศูนย์กลางของกลุ่มน้ำที่พิจารณาจากผลรวมของผลคูณระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละสถานีวัดน้ำฝนกับความลึกฝนที่ตรวจวัดได้ ณ สถานีวัดน้ำฝนที่พิจารณา

$$W_{(i)} = \frac{\frac{1}{d_{(i)}^2}}{\sum_i^n \frac{1}{d_{(i)}^2}} \quad (4)$$

$$P = \sum_i^n p_{(i)} \times W_{(i)} \quad (5)$$

เมื่อ	$W_{(i)}$	=	ค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละสถานีวัดน้ำฝน (i)
	$d_{(i)}$	=	ระยะทางระหว่างจุดศูนย์กลางของกลุ่มน้ำที่พิจารณาถึงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝน
	$p_{(i)}$	=	ความลึกฝนที่ตรวจวัดได้ ณ สถานีวัดน้ำฝนที่พิจารณา
	P	=	ความลึกฝนเชิงพื้นที่ที่จุดศูนย์กลางของกลุ่มน้ำที่พิจารณา
	n	=	จำนวนสถานีวัดน้ำฝนในกลุ่มน้ำที่พิจารณา

5. ดัชนี Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) สำหรับตรวจสอบประสิทธิภาพของผลการดำเนินงาน

Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) (Nash, J.E. and J.V.Sutcliffe, 2513) ได้ถูกเลือกใช้เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลฝนกริดจากสถานีตรวจวัดกับผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ที่ได้จากเทคนิคการรับรู้จากระยะไกล ทั้งนี้ NSE เป็นดัชนีที่นิยมใช้เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของวิธีการประเมินปริมาณที่ต้องการ โดยถ้าค่า NSE เข้าใกล้ 1 แสดงว่า วิธีการประเมินมีประสิทธิภาพที่ดีมาก สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้ค่า NSE เป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพสำหรับการประเมินผลใน 3 ขั้นตอนหลัก คือ (1) การ

ตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลฝนแบบรายเดือนโดยใช้ Double Mass Curve (NSE_{DMC}) (2) การเปรียบเทียบความเข้ากันได้ระหว่างข้อมูลฝนกริด (GGR) กับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS (NSE_{CHIRPS}) และ (3) การปรับแก้ข้อมูลความลึกฝนเชิงพื้นที่ของผลิตภัณฑ์ CHIRPS ให้เข้ากับข้อมูลฝนกริด (GGR) ที่สร้างขึ้น (NSE_{BIAS})

$$NSE = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{GAU(i)} - \bar{P}_{GAU(i)})^2 - \sum_{i=1}^n (P_{GAU(i)} - P_{RS(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (P_{GAU(i)} - \bar{P}_{GAU(i)})^2} \quad (6)$$

เมื่อ	$P_{GAU(i)}$	=	ข้อมูลความลึกฝนจากสถานีตรวจวัด
	$\bar{P}_{GAU(i)}$	=	ค่าเฉลี่ยข้อมูลความลึกฝนจากสถานีตรวจวัด
	$P_{RS(i)}$	=	ข้อมูลความลึกฝนจากการรับรู้จากระยะไกล (RS)
	n	=	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

6. วิธีการปรับแก้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS

ก่อนการนำข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ไปประยุกต์ใช้จำเป็นต้องผ่านการปรับแก้ความถูกต้อง เพื่อให้เข้าได้กับข้อมูลฝนภาคสนามแบบกริด ในการศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการปรับแก้ความถูกต้อง 3 วิธี คือ (1) Bias correction using regression analysis (RABC) (2) Linear bias correction (LBC) และ (3) Bias correction using distribution transformation (DTBC) ซึ่งแต่ละวิธีจะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวคือ ข้อมูลความลึกฝนจากสถานีตรวจวัดแบบกริด (P_{GAU}) และ ข้อมูลความลึกฝนจากการรับรู้จากระยะไกล (P_{RS}) ดังแสดงในสมการที่ (7) ถึง (9)

(1) วิธี Bias correction using regression analysis (RABC)

$$P_{GAU(i)} = aP_{RS(i)}^2 + bP_{RS(i)} \quad (7)$$

(2) วิธี Linear bias correction (LBC)

$$P'_{RS(i)} = P_{RS(i)} \times \frac{\sum_{i=1}^n P_{GAU(i)}}{\sum_{i=1}^n P_{RS(i)}} \quad (8)$$

(3) วิธี Bias correction using distribution transformation (DTBC)

$$P'_{RS(i)} = \left(\frac{P_{RS(i)} - P_{RS\mu}}{P_{RS\sigma}} \right) \times P_{GAU\sigma} + P_{GAU\mu} \quad (9)$$

เมื่อ	$P_{GAU(i)}$	=	ข้อมูลความถี่ฝนจากสถานีตรวจวัดแบบกริด
	$P_{RS(i)}$	=	ข้อมูลความถี่ฝนจากการรับรู้จากระยะไกล (RS)
	$P'_{RS(i)}$	=	ข้อมูลความถี่ฝนจากการรับรู้จากระยะไกล (RS) ที่ผ่านการปรับแก้ให้เข้ากับข้อมูลความถี่ฝนจากสถานีตรวจวัดแบบกริด
	$P_{GAU\sigma}$	=	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลความถี่ฝนจากสถานีตรวจวัดแบบกริด
	$P_{GAU\mu}$	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลความถี่ฝนจากสถานีตรวจวัดแบบกริด
	$P_{RS\sigma}$	=	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลความถี่ฝนจากการรับรู้จากระยะไกล (RS)
	$P_{RS\mu}$	=	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลความถี่ฝนจากการรับรู้จากระยะไกล (RS)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

- (1) เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์ 1 ชุด
- (2) โปรแกรม Microsoft Office version 2010
- (3) โปรแกรม Google Earth Pro
- (4) โปรแกรม ArcGIS version 10.5
- (5) ข้อมูลความลึกฝนรายวันจากสถานีตรวจวัดทั่วประเทศที่ดำเนินการโดยกรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน และหน่วยงานอื่น ๆ ในระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558
- (6) ข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ในระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558
- (7) ห้องดำเนินงานวิจัยและสาธารณูปโภคพื้นฐาน

วิธีการ

งานวิจัยเรื่อง “การสร้างฝนกริดแบบรายเดือนสำหรับประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดและผลิตภัณฑ์การรับรู้จากระยะไกล” มีขั้นตอนในการดำเนินงานดังต่อไปนี้

- (1) รวบรวมข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนทั่วประเทศและข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS แบบรายวันในช่วงเวลา 31 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558
- (2) ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนทั่วประเทศที่รวบรวมได้

(3) ตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลฝนแบบรายเดือนสำหรับทุกสถานีวัดน้ำฝนที่ทำการรวบรวมได้ทั่วประเทศ ในช่วงเวลา 31 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 โดยวิธี Double Mass Curve (DMC)

(4) นำผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS แบบรายเดือน ที่ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยในช่วงเวลาที่ศึกษามาเปรียบเทียบกับข้อมูลฝนรายเดือนที่ตรวจวัดได้ที่สถานีวัดน้ำฝน

(5) สร้างข้อมูลฝนกริด (Gridded Gauged Rainfall, GGR) แบบรายเดือนโดยการเฉลี่ยเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Inverse Distance Square จากข้อมูลฝนที่ได้จากสถานีตรวจวัดที่ผ่านการตรวจสอบตำแหน่งที่ตั้งของสถานีและผ่านการตัดข้อมูลฝนที่ไม่ถูกต้องออกจากอนุกรมฝนในบางสถานี

(6) เปรียบเทียบความเข้ากันได้ระหว่างข้อมูลฝนกริด (GGR) กับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS และปรับแก้ข้อมูลความลึกฝนเชิงพื้นที่ของผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ให้เข้ากับข้อมูลฝนกริด (GGR) ที่สร้างขึ้น

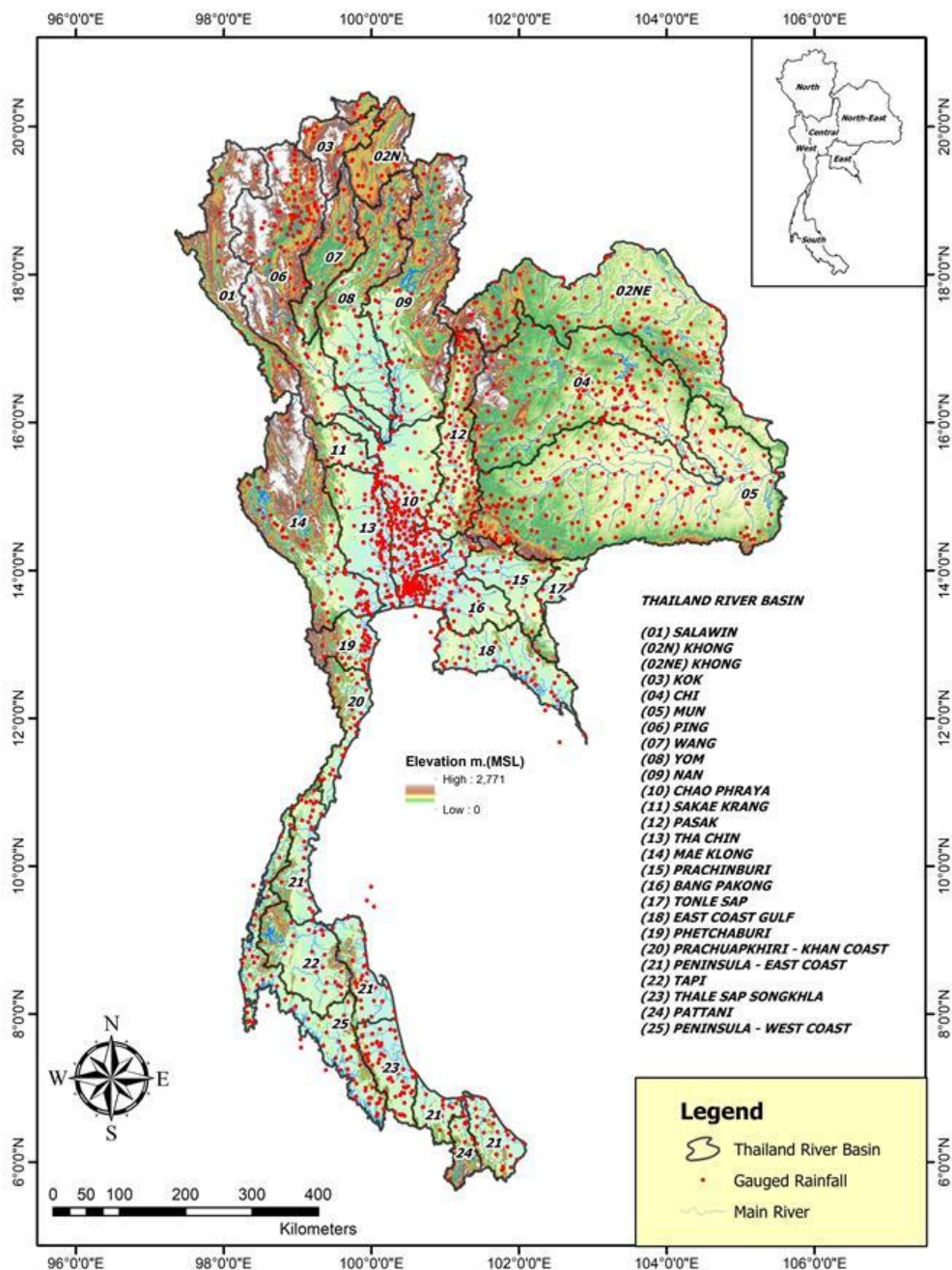
สำหรับรายละเอียดของการดำเนินการศึกษาในแต่ละขั้นตอนแสดงดังหัวข้อต่อไปนี้

1. การรวบรวมข้อมูล

1.1 ข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัด

การศึกษานี้ได้รวบรวมข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา (TMD) กรมชลประทาน (RID) และหน่วยงานอื่น ๆ (Other) ทั้งหมด 2,294 สถานี ทั้งนี้ ได้พิจารณาใช้ข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 โดยได้คัดเลือกสถานีเฉพาะที่มีข้อมูลฝนไม่ต่ำกว่า 6 ปี และต้องมีพิกัดที่ตั้งของสถานีตรวจวัด จากกฎเกณฑ์ดังกล่าวพบว่า สถานีวัดน้ำฝนที่ผ่านหลักเกณฑ์ดังกล่าวมีจำนวนทั้งสิ้น 1,896 สถานี ดังแสดงในภาพที่ 6 โดยมีรายละเอียดความหนาแน่นของสถานีในแต่ละลุ่มน้ำ หน่วยงานที่รับผิดชอบ และประเภทของเครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝน (แบบอัตโนมัติและแบบไม่อัตโนมัติ) ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยในตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ลุ่มน้ำที่มีความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดมากที่สุดคือ ลุ่มน้ำเจ้าพระยา (10) ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำฝน 20,267 ตารางกิโลเมตร และมีสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 277 สถานี คิดเป็นความหนาแน่นของสถานีประมาณ 73 ตาราง

กิโลเมตรต่อสถานี ทั้งนี้เนื่องจาก ลุ่มน้ำเจ้าพระยาเป็นพื้นที่ราบและมีโครงการชลประทานตั้งอยู่มาก จึงมีความหนาแน่นของสถานีฝนมาก ในขณะที่ลุ่มน้ำสาละวิน (01) ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำฝน 19,106 ตารางกิโลเมตร และมีลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงชัน ทำให้ไม่สะดวกในการเก็บข้อมูล โดยมีสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 19 สถานี คิดเป็นความหนาแน่นประมาณ 1,006 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี ทั้งนี้เกณฑ์ความหนาแน่นของสถานีวัดน้ำฝนตามเกณฑ์ WMO กำหนดให้ พื้นที่ราบควรจะมี ความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดในสภาพปกติเท่ากับ 600-900 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี และสภาพที่มีข้อจำกัดเท่ากับ 900-3,000 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี สำหรับพื้นที่เขตภูเขาควรจะมี ความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดในสภาพปกติเท่ากับ 100-250 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี และสภาพที่มีข้อจำกัดเท่ากับ 250-1,000 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี จากตารางที่ 4 สังเกตได้ว่าการตั้งสถานีของประเทศไทยในแต่ละภูมิภาคมีความไม่เหมาะสมตามหลัก WMO โดยในภูมิภาคที่ควรจะมี ความหนาแน่นของสถานีมาก ๆ เช่น ภาคเหนือและภาคตะวันตกซึ่งเป็นบริเวณภูเขา มีความหนาแน่นของสถานีเท่ากับ 352 และ 284 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี ตามลำดับ เข้าเกณฑ์การตั้งสถานีแบบมีข้อจำกัด แต่สำหรับภูมิภาคที่เป็นพื้นที่ราบเช่น ภาคกลางมีความหนาแน่นของสถานีเท่ากับ 106 ตารางกิโลเมตรต่อปี มากกว่าเกณฑ์ปกติสำหรับพื้นที่ราบ แต่อย่างไรก็ตามการที่มีสถานีตั้งอยู่ในพื้นที่มากย่อมเป็นผลดีต่อการนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ต่าง ๆ สำหรับข้อมูลความลึกฝนเฉลี่ยรายปีของแต่ละลุ่มน้ำ แสดงดังในตารางที่ 5 โดยในตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความลึกฝนเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยในช่วงเวลาระหว่าง 2528-2558 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,374 มิลลิเมตรต่อปี และตารางที่ 6 แสดงความลึกฝนเฉลี่ยรายปีสำหรับแต่ละภูมิภาค โดยภูมิภาคที่มีความลึกฝนเฉลี่ยรายปีมากที่สุดคือภาคใต้ รองลงมาคือ ภาคตะวันออก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,114 และ 1,662 มิลลิเมตร ตามลำดับ และน้อยที่สุดคือ ภาคกลาง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,099 มิลลิเมตร



ภาพที่ 6 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 1,896 สถานี ที่ใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 3 รายละเอียดของสถานีตรวจวัดข้อมูลฝนใน 25 กลุ่มน้ำหลัก

รหัส กลุ่มน้ำ	ชื่อกลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	จำนวนสถานี						Total	ความ หนาแน่น (ตร.กม./ สถานี)
			RID		TMD		Others			
			Non	Auto	Non	Auto	Non	Auto		
01	ลุ่มน้ำสาละวิน	19,106	1	2	9	5	0	2	19	1,006
02N	ลุ่มน้ำโขง (ภาคเหนือ)	10,034	1	0	18	1	2	0	22	456
02NE	ลุ่มน้ำโขง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)	47,155	47	7	65	10	5	0	134	352
03	ลุ่มน้ำกก	7,300	1	0	9	3	0	0	13	562
04	ลุ่มน้ำชี	49,130	70	16	80	9	3	1	179	274
05	ลุ่มน้ำมูล	71,072	78	33	107	10	3	0	231	308
06	ลุ่มน้ำปิง	34,499	6	15	47	5	3	3	79	437
07	ลุ่มน้ำวัง	10,794	0	4	10	4	3	2	23	469
08	ลุ่มน้ำยม	23,948	1	5	32	5	1	1	45	532
09	ลุ่มน้ำน่าน	34,908	2	10	42	6	2	2	64	545
10	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	20,267	133	4	129	10	1	0	277	73
11	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	5,056	0	6	11	0	1	0	18	281
12	ลุ่มน้ำป่าสัก	15,623	11	5	89	7	1	1	114	137
13	ลุ่มน้ำท่าจีน	13,492	73	2	27	3	0	0	105	128
14	ลุ่มน้ำแม่กลอง	30,181	14	16	36	4	6	1	77	392
15	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	9,672	1	5	20	3	0	0	29	334
16	ลุ่มน้ำบางปะกง	10,701	33	7	30	2	0	0	72	149
17	ลุ่มน้ำโตนเลสาป	4,086	0	0	7	1	0	0	8	511
18	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	13,093	5	8	24	9	1	0	47	279
19	ลุ่มน้ำเพชรบุรี	6,260	8	12	13	0	0	0	33	190
20	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	7,133	1	6	11	2	0	0	20	357
21	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก	26,068	18	16	62	7	2	2	107	244
22	ลุ่มน้ำตาปี	13,562	3	1	18	5	0	3	30	452
23	ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	8,481	13	11	25	3	5	1	58	146
24	ลุ่มน้ำปัตตานี	3,655	3	0	7	1	0	2	13	281
25	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	18,776	10	13	45	8	3	0	79	238
ประเทศไทย		514,049	533	204	973	123	42	21	1,896	271

ตารางที่ 4 รายละเอียดของสถานีตรวจวัดข้อมูลฝนสำหรับภูมิภาคของประเทศไทย

ชื่อลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	จำนวนสถานี						Total	ความหนาแน่น (ตร.กม./สถานี)
		RID		TMD		Others			
		Non	Auto	Non	Auto	Non	Auto		
ภาคเหนือ	238,295	204	73	335	43	16	6	677	352.0
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	69,650	3	19	84	15	6	5	132	527.7
ภาคกลาง	54,437	217	17	256	20	3	1	514	105.9
ภาคตะวันตก	50,554	48	28	86	9	6	1	178	284.0
ภาคตะวันออก	30,572	14	26	55	12	1	0	108	283.1
ภาคใต้	70,542	47	41	157	24	10	8	287	245.8
ประเทศไทย	514,049	533	204	973	123	42	21	1896	271.1

ตารางที่ 5 ความลึกฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีจำนวน 1,896 สถานี สำหรับ 25 คุ่มน้ำหลัก ของประเทศไทย

หน่วย: มิลลิเมตร

รหัสคุ่มน้ำ	ชื่อคุ่มน้ำ	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ความลึกฝนเฉลี่ย
01	คุ่มน้ำสาละวิน	51.73	188.88	265.31	316.90	318.96	215.84	138.25	34.52	9.41	4.37	5.70	18.81	1,570.63
02N	คุ่มน้ำโขง (ภาคเหนือ)	86.00	195.47	152.39	256.77	299.19	251.77	112.58	38.07	12.84	10.86	8.96	30.02	1,474.92
02NE	คุ่มน้ำโขง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)	74.10	212.60	249.23	272.44	326.88	251.87	89.80	12.93	4.09	4.35	15.38	36.91	1,550.86
03	คุ่มน้ำกก	79.68	197.40	159.64	269.70	303.93	259.92	125.44	48.58	14.49	10.88	10.88	33.95	1,513.23
04	คุ่มน้ำชี	69.39	160.15	161.92	160.32	226.04	233.51	104.29	14.90	3.60	3.54	12.76	34.24	1,189.12
05	คุ่มน้ำมูล	68.52	157.36	155.21	173.24	204.39	245.56	132.11	21.43	2.47	4.21	11.09	33.25	1,217.07
06	คุ่มน้ำปิง	52.80	162.76	129.03	137.52	183.60	215.69	135.31	40.22	8.66	5.42	6.76	20.22	1,108.32
07	คุ่มน้ำวัง	63.46	172.37	123.50	134.12	185.52	210.82	112.48	34.43	7.15	7.38	6.77	27.21	1,104.54
08	คุ่มน้ำยม	64.23	176.05	141.27	156.33	211.26	232.66	121.47	24.65	5.99	5.61	7.08	25.86	1,180.20
09	คุ่มน้ำน่าน	80.29	181.94	162.59	190.96	252.47	236.06	105.87	22.55	7.94	7.60	11.06	33.27	1,309.36
10	คุ่มน้ำเจ้าพระยา	58.50	140.72	117.37	119.52	149.46	242.83	172.31	26.63	3.81	5.34	9.00	29.17	1,094.62
11	คุ่มน้ำสะแกกรัง	66.52	173.81	140.16	123.55	151.20	252.68	188.14	32.69	3.83	5.80	17.60	41.01	1,209.31
12	คุ่มน้ำป่าสัก	79.04	154.87	136.29	141.22	191.81	244.42	126.00	20.93	3.48	5.80	12.05	36.60	1,180.89
13	คุ่มน้ำท่าจีน	40.93	114.60	92.55	94.29	118.34	229.80	192.62	29.15	2.35	2.37	5.21	24.90	968.55

ตารางที่ 5 (ต่อ)

หน่วย: मिलियन

รหัสผู้นำ	ชื่อผู้นำ	ณ.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ความเสียหายสุทธิ
14	ผู้นำแม่กลอง	68.59	161.42	134.73	165.76	162.34	225.34	207.02	41.37	5.15	5.28	12.47	32.00	1,229.36
15	ผู้นำปราจีนบุรี	86.86	175.48	180.80	217.57	253.31	298.90	170.67	26.32	3.02	7.56	17.73	44.20	1,503.82
16	ผู้นำบางปะกง	67.90	158.04	166.79	182.69	208.75	277.41	174.64	24.40	3.21	6.96	13.73	31.99	1,338.98
17	ผู้นำโตนดสถาป	79.00	151.69	159.80	164.05	189.66	233.83	156.91	25.16	3.62	5.73	16.03	44.19	1,237.87
18	ผู้นำชายฝั่งทะเลตะวันออก	102.89	245.35	298.63	315.79	300.80	360.60	252.07	46.50	7.28	20.55	31.15	57.42	2,057.73
19	ผู้นำเพชรบุรี	42.59	120.33	87.14	95.24	89.84	152.81	225.44	56.19	3.22	5.82	3.95	29.65	914.63
20	ผู้นำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	58.00	123.54	89.07	112.38	105.66	120.30	229.15	110.46	18.37	27.45	21.42	58.50	1,104.80
21	ผู้นำภาคใต้ฝั่งตะวันออก	81.13	159.89	127.25	135.50	153.33	165.35	260.39	436.72	302.27	94.06	41.53	86.42	2,094.40
22	ผู้นำดาบี่	87.65	175.81	138.97	161.95	206.90	216.52	229.59	218.47	98.71	32.41	20.19	68.48	1,702.67
23	ผู้นำทะเลสาบสงขลา	104.80	125.13	95.60	97.62	123.66	137.03	250.37	459.36	352.31	100.51	44.00	96.16	2,032.63
24	ผู้นำปัตตานี	115.13	176.21	134.02	126.78	172.81	173.60	246.12	302.43	295.09	60.11	41.03	77.47	1,940.08
25	ผู้นำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	139.27	256.34	271.54	288.25	365.83	385.56	332.11	205.76	92.90	34.62	26.13	84.34	2,509.04
ประเทศไทย		72.29	164.77	154.49	167.80	204.36	239.28	166.92	75.78	39.18	15.69	15.09	40.68	1,373.96

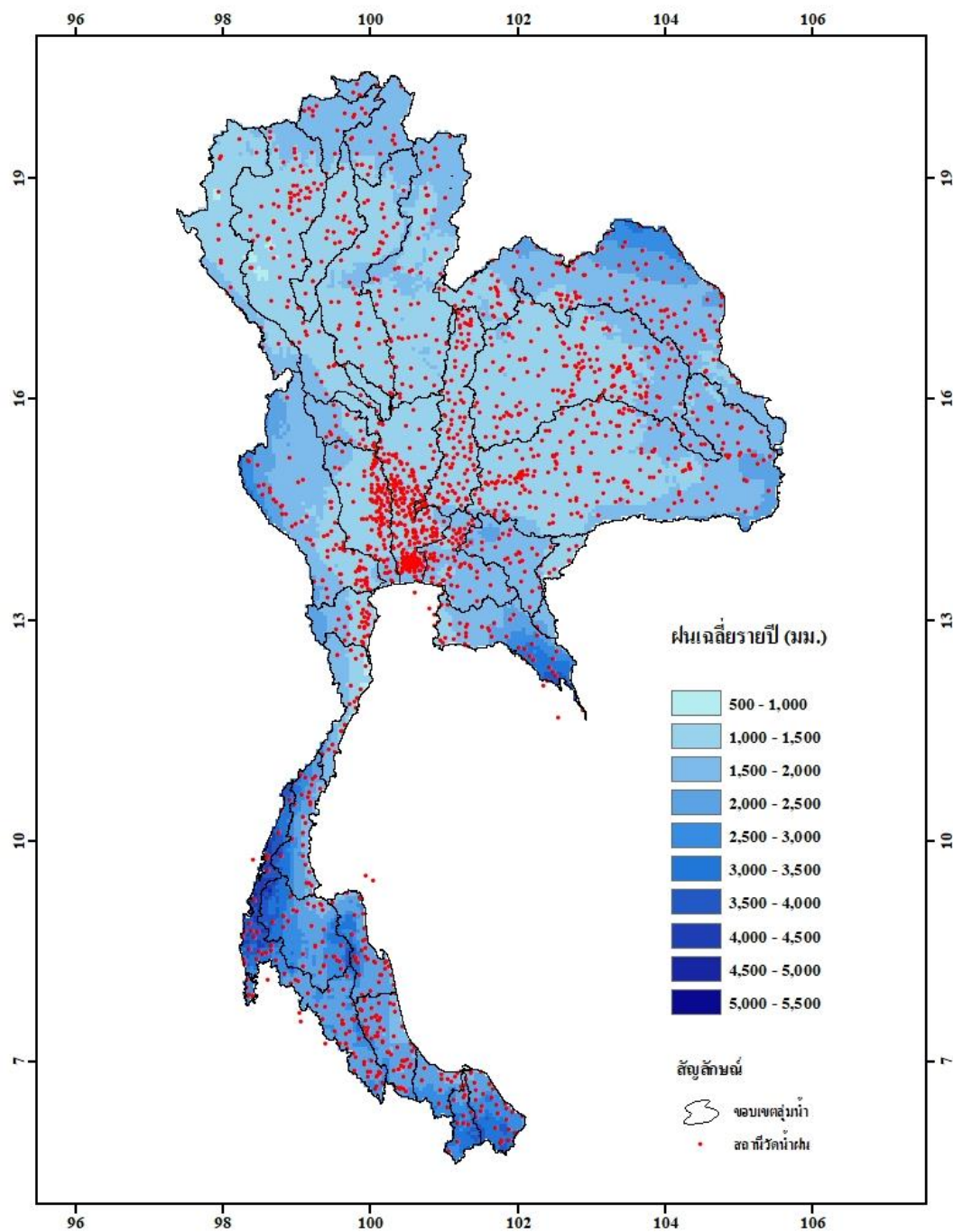
ตารางที่ 6 ความลึกฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีจำนวน 1,896 สถานี สำหรับภูมิภาคของประเทศไทย

หน่วย: มิลลิเมตร

ภูมิภาค	ม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ความลึกฝนเฉลี่ย
ภาคเหนือ	66.0	178.2	160.8	193.5	238.5	228.2	122.2	32.2	8.6	6.7	8.1	26.2	1,280.2
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	70.3	173.7	183.7	197.4	245.3	243.8	112.0	17.1	3.3	4.1	12.8	34.6	1,302.9
ภาคกลาง	60.8	141.4	118.8	119.9	154.1	241.0	165.5	26.2	3.4	4.8	9.7	31.3	1,098.8
ภาคตะวันตก	67.4	154.1	131.4	159.7	162.8	216.1	205.5	49.6	6.3	8.7	13.6	37.5	1,225.5
ภาคตะวันออก	86.0	198.1	227.7	242.5	249.2	310.1	208.4	34.9	5.2	13.2	22.2	45.7	1,661.7
ภาคใต้	102.5	185.3	164.5	176.2	217.6	230.8	271.6	329.1	213.1	65.4	33.6	83.1	2,114.0
ประเทศไทย	72.3	164.8	154.5	167.8	204.4	239.3	166.9	75.8	39.2	15.7	15.1	40.7	1,374.0

1.2 ข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS

ผลิตภัณฑ์ความถี่ฝน Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) เป็นผลิตภัณฑ์ฝนที่วิเคราะห์จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียด 0.05° หรือประมาณ 5 กิโลเมตร ที่ผ่านการปรับแก้ (Bias) ด้วยข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดภาคสนาม โดยหน่วยงานที่ทำการเก็บรวบรวมและเผยแพร่ข้อมูลคือ Climate Hazards Group ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS สามารถ download ได้จาก website <ftp://chg-ftpout.geog.ucsb.edu> ผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS เป็นข้อมูลฝนแบบรายวันที่เริ่มมีการเผยแพร่ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981 จนถึงปัจจุบัน โดยมีข้อมูลย้อนหลัง (latency) ประมาณ 3 สัปดาห์ และข้อมูลครอบคลุมระหว่าง 50°S ถึง 50°N สำหรับข้อมูลความถี่ฝนเฉลี่ยรายปีของ 25 กลุ่มน้ำหลัก ที่ได้จากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS แสดงดังในภาพที่ 7 และตารางที่ 7 โดยในตารางดังกล่าวได้แสดงความถี่ฝนเฉลี่ย ณ จุดภาพที่ตรงกับสถานีวัดน้ำฝน 1,896 สถานี ที่ใช้ในการศึกษา โดยความถี่ฝนเฉลี่ยรายปีที่ได้จากสถานีวัดน้ำฝนเหล่านี้เท่ากับ 1,553 มิลลิเมตร ในขณะที่ความถี่ฝนแบบกริดเฉลี่ยทั่วพื้นที่ประเทศไทยที่ได้จากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS มีค่าเท่ากับ 1,374 มิลลิเมตร (ตารางที่ 5) ซึ่งผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS มีค่ามากกว่าข้อมูลฝนภาคสนาม ประมาณ 11.5 %



ภาพที่ 7 ความลึกฝนเฉลี่ยรายปีจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ในระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558

ตารางที่ 7 ความลึกฝนเฉลี่ยรายเดือนและรายปีของผลิตภัณฑ์ CHIRPS จำนวน 1,896 สถานี สำหรับ 25 ภูมิภาคหลักของประเทศไทย

หน่วย: มิลลิเมตร

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ความลึกฝนเฉลี่ย
01	ลุ่มน้ำตาละวัน	47.43	200.02	216.65	222.99	234.39	204.89	156.88	33.79	5.39	4.83	6.15	19.73	1,353.14
02N	ลุ่มน้ำโขง (ภาคเหนือ)	86.80	210.06	169.71	294.85	351.47	255.78	115.99	42.41	12.21	7.47	10.03	26.69	1,583.46
02NE	ลุ่มน้ำโขง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)	83.31	243.18	253.69	298.67	331.88	275.13	87.30	12.37	4.46	3.88	20.12	49.61	1,663.61
03	ลุ่มน้ำกก	80.23	234.93	186.20	298.12	336.01	263.13	139.16	57.76	15.47	7.41	11.45	24.71	1,654.57
04	ลุ่มน้ำชี	81.80	188.97	171.89	189.28	246.01	257.62	101.88	14.78	3.07	3.96	16.75	42.98	1,319.24
05	ลุ่มน้ำมูล	82.20	183.83	172.23	202.59	258.47	268.94	126.81	22.39	3.40	4.05	14.35	42.54	1,383.07
06	ลุ่มน้ำปิง	61.75	196.40	130.71	146.00	186.90	230.81	147.58	41.00	8.07	5.28	8.55	23.53	1,186.81
07	ลุ่มน้ำวัง	73.18	194.89	121.73	136.38	215.78	225.03	121.52	33.83	4.82	5.67	7.62	23.95	1,164.40
08	ลุ่มน้ำยม	72.38	222.30	162.33	170.09	228.58	266.14	123.15	26.12	4.20	6.16	10.06	30.14	1,321.67
09	ลุ่มน้ำน่าน	81.87	201.06	183.32	199.80	247.66	269.67	117.03	24.27	5.42	6.02	11.50	31.43	1,379.04
10	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	84.09	167.32	155.38	156.03	179.77	287.78	196.64	43.24	4.57	5.68	15.76	42.42	1,338.70
11	ลุ่มน้ำตะแบกเรียง	80.47	217.07	142.18	208.57	216.92	315.70	167.57	23.42	4.40	3.66	19.22	40.00	1,439.18
12	ลุ่มน้ำป่าสัก	92.03	174.91	152.78	145.89	198.88	269.08	136.23	32.12	3.91	4.54	13.14	51.38	1,274.90
13	ลุ่มน้ำท่าจีน	73.59	149.10	121.91	124.37	138.50	294.13	202.06	50.10	5.54	5.66	14.03	36.68	1,215.74

ตารางที่ 7 (ต่อ)

หน่วย: मिलियन

รหัสผู้นำ	ชื่อผู้นำ	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ความเสียหายเฉลี่ย
14	ผู้นำแมกลอง	78.46	202.85	171.76	228.06	196.56	301.97	230.85	57.13	6.48	6.15	13.59	42.99	1,536.85
15	ผู้นำปราจินรี	108.47	181.35	213.69	246.00	266.02	344.86	192.47	34.10	6.22	9.05	25.62	62.22	1,690.08
16	ผู้นำบางประกง	104.07	193.88	167.14	212.26	216.05	308.52	200.44	47.55	5.55	8.68	20.87	65.90	1,550.93
17	ผู้นำโตนเลสาป	99.11	168.69	181.58	196.60	205.92	281.94	182.16	44.04	7.38	8.54	31.57	60.50	1,468.04
18	ผู้นำชายฝั่งทะเลตะวันออก	126.25	245.32	301.93	331.55	308.89	390.65	257.46	69.10	8.03	23.46	29.12	75.97	2,167.72
19	ผู้นำเพชรบุรี	66.87	149.47	104.41	157.70	113.36	217.20	296.31	93.29	10.22	12.32	11.76	45.55	1,278.44
20	ผู้นำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	75.44	153.88	105.82	203.64	130.07	117.82	273.55	135.12	29.49	32.93	20.59	66.32	1,344.66
21	ผู้นำภาคใต้ฝั่งตะวันออก	93.32	193.66	166.86	172.38	197.05	194.63	275.44	467.30	321.23	110.47	41.54	85.16	2,319.05
22	ผู้นำตปี่	137.02	240.18	248.02	222.58	250.34	276.78	276.39	334.87	199.48	68.94	31.02	90.05	2,375.66
23	ผู้นำทะเลสาบสงขลา	115.44	164.06	133.86	128.62	160.21	162.80	270.93	416.93	326.13	92.99	35.94	84.40	2,092.30
24	ผู้นำปัตตานี	134.33	205.75	169.81	183.35	221.63	223.00	314.16	379.30	369.43	122.59	64.69	136.49	2,524.53
25	ผู้นำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	167.18	279.69	316.41	298.98	358.09	374.25	320.67	234.51	122.17	44.25	34.41	112.71	2,663.31
ประเทศไทย		89.41	193.57	177.07	196.24	227.59	271.25	178.15	87.42	43.42	18.17	18.96	51.44	1,552.91

2. การตรวจสอบความถูกต้องของที่ตั้งสถานีวัดน้ำฝน

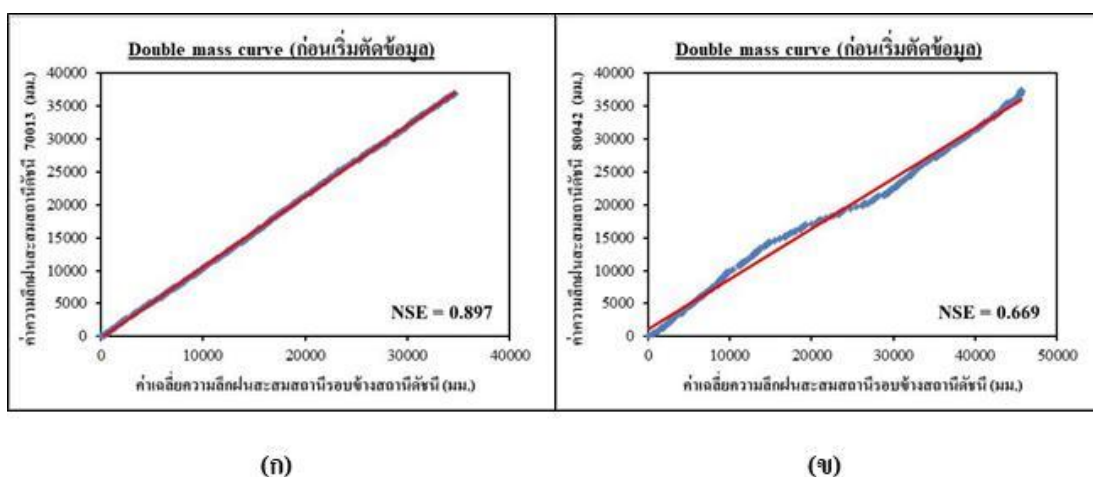
ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดน้ำฝนจะถูกระบุมาในรายละเอียดของสถานี อย่างไรก็ตาม เนื่องจากระบบพิกัดภูมิศาสตร์และหมวดหลักฐานอ้างอิงที่แตกต่างกัน ทำให้พิกัดที่ตั้งของบางสถานี มีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง ในกรณีที่เกิดการความคลาดเคลื่อนจะทำการปรับแก้ให้ถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริง ทั้งนี้ ในการศึกษานี้ ได้นำตำแหน่งพิกัดของสถานีวัดน้ำฝน จำนวน 1,896 สถานี ที่ระบุไว้ในรายงานของกรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (Hydrology Division Office of Water Management and Hydrology Royal Irrigation Department, 2558) ซึ่งแสดงสถานีวัดน้ำฝนของทุกหน่วยงานมาลงตำแหน่งในแผนที่ภูมิประเทศ โดยใช้โปรแกรม ArcGIS จากนั้นตรวจสอบว่าตำแหน่งที่ตั้งของสถานีซึ่งมีการระบุรายละเอียดต่าง ๆ อาทิ เช่น ชื่อสถานี อำเภอ และจังหวัด นั้นตรงกับพิกัดที่ระบุไว้หรือไม่ ในกรณีที่เกิดความคลาดเคลื่อนในระดับอำเภอ จะทำการปรับแก้ให้เกิดความถูกต้องโดยการใช้โปรแกรม Google Earth ที่สร้างขึ้น โดย Google Inc

3. การตรวจสอบความน่าเชื่อถือได้ของข้อมูลฝนด้วยวิธีโค้งทับทวิ (Double Mass Curve, DMC)

ความผิดพลาดของข้อมูลเป็นปัญหาหนึ่งที่พบในการนำข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดมาใช้งาน ซึ่งเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น วิธีการเก็บข้อมูล อุปกรณ์ที่ใช้เก็บข้อมูล ตำแหน่งที่ตั้ง และสภาพแวดล้อมของสถานีตรวจวัด เป็นต้น สำหรับแนวทางการตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูล สามารถวิเคราะห์ด้วย วิธีโค้งทับทวิ (Double Mass Curve, DMC) ซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลความลึกฝนที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งใช้หลักการของความสัมพันธ์ระหว่างความลึกฝนรายเดือนสะสมของสถานีที่ต้องการตรวจสอบ (สถานีดัชนี) กับค่าเฉลี่ยของความลึกฝนสะสมรายเดือนของสถานีที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งค่าเฉลี่ยความลึกฝนของสถานีข้างเคียงสามารถคำนวณโดยวิธีการ Inverse Distance Square (IDS) เข้ามายังจุดที่ตั้งของสถานีดัชนี

การตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดแสดงดังในภาพที่ 8 จากภาพดังกล่าวแกน Y หมายถึง ความลึกฝนสะสมรายเดือนของสถานีที่ต้องการจะตรวจสอบความเข้ากันได้ (สถานีดัชนี) และแกน X หมายถึง ค่าเฉลี่ยความลึกฝนของสถานีข้างเคียงซึ่งคำนวณด้วยวิธีการ Inverse Distance Square (IDS) ดังแสดงในสมการที่ (4) และ (5) โดยค่าถ่วงน้ำหนัก (W) จะแปรผันตามจำนวนสถานีข้างเคียง (n) ที่นำมาพิจารณา โดยความเข้ากันได้ของข้อมูลตรวจสอบด้วยค่า

Nash-Sutcliffe coefficient of efficiency ของ Double Mass Curve (NSE_{DMC}) ซึ่งเมื่อค่า NSE_{DMC} มีค่าสูงแสดงว่าข้อมูลมีความเข้ากันได้ดีจะได้กราฟความสัมพันธ์ใกล้เคียงเส้นตรงดังแสดงในภาพที่ 8 (ก) ในทางตรงกันข้ามเมื่อค่า NSE_{DMC} มีค่าต่ำหมายถึง ข้อมูลทั้งสองชุดจะแตกต่างกันมากทำให้ได้กราฟเบี่ยงเบนจากเส้นตรงดังแสดงในภาพที่ 8 (ข) จากเหตุผลดังกล่าวจึงใช้ค่า NSE_{DMC} ในการเลือกจำนวนสถานีข้างเคียง (n) ที่ทำให้ค่า NSE_{DMC} มากที่สุดของสถานีดัชนีนั้น ๆ โดยกำหนดเกณฑ์ไว้คือ จำนวนสถานีน้อยสุด 3 สถานี และมากที่สุด 10 สถานี ผลการเลือกแสดงดังตารางที่ 8 โดยจำนวนสถานีข้างเคียงที่ใช้เฉลี่ยทั่วประเทศเท่ากับ 7 สถานี โดยระยะทางเฉลี่ยเท่ากับ 25 กิโลเมตร และค่า NSE_{DMC} เฉลี่ยเท่ากับ 0.776



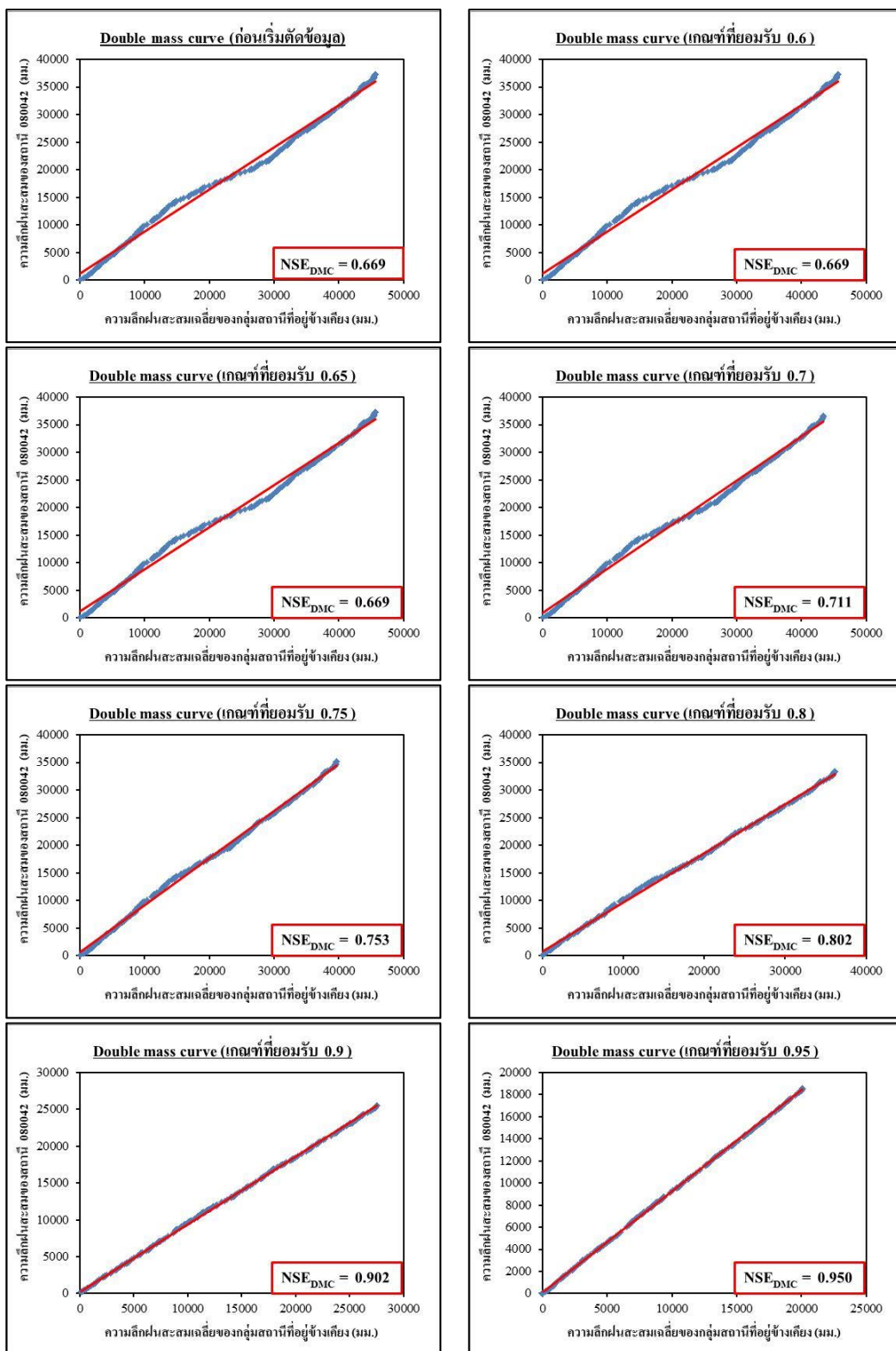
ภาพที่ 8 ตัวอย่างการตรวจสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธี Double mass curve ของความลึกฝนสะสมของสถานีดัชนีที่ค่า NSE สูง (ก) และสถานีดัชนีที่ค่า NSE ต่ำ (ข)

สำหรับการตัดข้อมูลที่เป็นสาเหตุทำให้กราฟความสัมพันธ์เบี่ยงเบนจากเส้นตรงทำได้โดยหลังจากพล็อตกราฟ Double Mass Curve ระหว่างสถานีดัชนีและสถานีข้างเคียงและวิเคราะห์ค่า NSE_{DMC} สำหรับสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 1,896 สถานี พบว่าค่าเฉลี่ย NSE_{DMC} เท่ากับ 0.774 โดยค่าเฉลี่ยของแต่ละลุ่มน้ำแสดงดังในตารางที่ 8 จากนั้นทำการกำหนดเกณฑ์ต่ำสุด (Threshold) ของค่า NSE_{DMC} ที่ยอมรับได้ อาทิเช่น 0.60 และดำเนินการตัดข้อมูลที่ทำให้ความสัมพันธ์เบี่ยงเบนไปจากเส้นตรงจากมากไปหาน้อยของทุกสถานีที่มีค่า NSE_{DMC} ต่ำกว่าเกณฑ์ต่ำสุดที่กำหนด จากนั้นพิจารณาเพิ่มเกณฑ์ต่ำสุดของ NSE_{DMC} ทีละ 0.05 ไปเป็น 0.65 จนถึง 1.0 โดยได้ยกตัวอย่างการตัดข้อมูลฝนของสถานี 080042 ซึ่งตั้งอยู่ที่ลุ่มน้ำโขง (ภาคเหนือ) โดยมีสถานีข้างเคียงที่ใช้ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือทั้งหมด 9 สถานี ได้แก่ สถานี 730122, 730022, 730100, 080252, 730062,

080162, 080022, 080132 และ 730052 ดังแสดงในภาพที่ 9 โดยเริ่มต้นค่า NSE_{DMC} ของสถานีเท่ากับ 0.699 จากนั้นเริ่มตัดข้อมูลที่เบี่ยงเบนจากเส้นตรงจากค่ามากไปน้อยออกทีละค่า จนผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับที่กำหนดจากรูปดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเมื่อตัดข้อมูลออกจนผ่านเกณฑ์ที่ 0.75 กราฟความสัมพันธ์เริ่มใกล้เคียงเส้นตรงโดยค่า NSE_{DMC} เพิ่มขึ้นเป็น 0.753 แสดงว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุด มีความเข้ากันได้เพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 8 ผลการเลือกจำนวนสถานีข้างเคียงที่ใช้ในการสร้าง DMC สำหรับ 25 กลุ่มน้ำหลัก

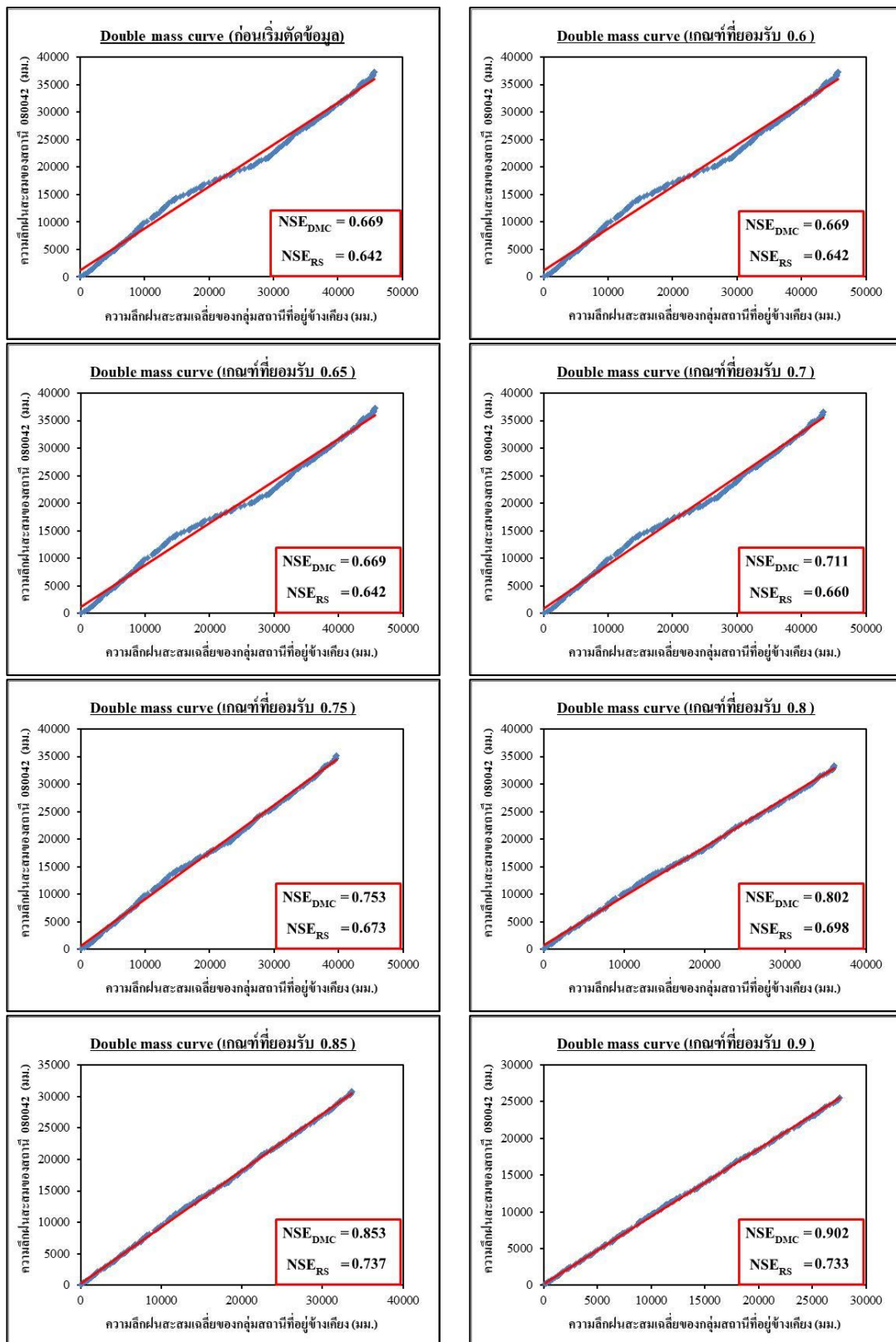
รหัสกลุ่มน้ำ	ชื่อกลุ่มน้ำ	จำนวนสถานีข้างเคียง (n)	ระยะทาง (กม.)	NSE_{DMC}
01	ลุ่มน้ำสาละวิน	5	67	0.797
02N	ลุ่มน้ำโขง (ภาคเหนือ)	7	41	0.789
02NE	ลุ่มน้ำโขง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)	6	28	0.825
03	ลุ่มน้ำกก	6	51	0.761
04	ลุ่มน้ำชี	7	24	0.799
05	ลุ่มน้ำมูล	6	23	0.799
06	ลุ่มน้ำปิง	7	34	0.796
07	ลุ่มน้ำวัง	7	45	0.784
08	ลุ่มน้ำยม	7	42	0.766
09	ลุ่มน้ำน่าน	7	39	0.793
10	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	6	11	0.797
11	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	7	33	0.786
12	ลุ่มน้ำป่าสัก	7	18	0.693
13	ลุ่มน้ำท่าจีน	6	14	0.830
14	ลุ่มน้ำแม่กลอง	7	25	0.726
15	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	7	36	0.753
16	ลุ่มน้ำบางปะกง	7	18	0.772
17	ลุ่มน้ำโตนเลสาป	5	68	0.608
18	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	7	33	0.789
19	ลุ่มน้ำเพชรบุรี	6	17	0.770
20	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	7	45	0.742
21	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก	7	28	0.775
22	ลุ่มน้ำตาปี	7	30	0.580
23	ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	7	18	0.772
24	ลุ่มน้ำปัตตานี	6	38	0.675
25	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	7	35	0.686
ประเทศไทย		7	25	0.774



ภาพที่ 9 ตัวอย่างการตัดข้อมูลฝนที่ผิดพลาดออกจากอนุกรมข้อมูลฝนสำหรับสถานีวัดน้ำฝน รหัส 080042

4. การตรวจสอบความเข้ากันได้ของข้อมูลฝนรายเดือนที่ได้ ณ ตำแหน่งสถานีตรวจวัดกับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS

การตรวจสอบความเข้ากันได้ของข้อมูลทั้งสองประเภทดำเนินการโดยการนำข้อมูลจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS แบบรายเดือนที่ตรงกับตำแหน่งสถานีตรวจวัดเปรียบเทียบกับข้อมูลฝนรายเดือน ณ สถานีตรวจวัดได้ที่สถานีวัดน้ำฝนที่รวบรวมได้ทั้ง 1,896 สถานี ในช่วงเวลาเดียวกันและตำแหน่งเดียวกัน ทั้งในกรณีที่สถานีตรวจวัดไม่มีการตัดข้อมูลฝนรายเดือนและในทุกกรณีที่มีการตัดข้อมูลฝนรายเดือนเพื่อการเพิ่มค่า NSE_{DMC} จาก 0.60 จนถึง 1.0 จากนั้นวิเคราะห์ค่า NSE_{RS} เพื่อดูความเข้ากันได้ของข้อมูลทั้ง 2 ชุด เพื่อนำไปหาค่าเกณฑ์ต่ำสุดของ NSE_{DMC} ที่เหมาะสมที่ไม่เป็นการตัดข้อมูลฝนรายเดือนที่ผิดพลาดมากเกินไปจนความจำเป็น โดยได้ยกตัวอย่างการเปรียบเทียบข้อมูลฝนของสถานี 080042 กับผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ในทุกกรณีดังแสดงในภาพที่ 10 โดยเริ่มต้นค่า NSE_{DMC} และ NSE_{RS} ของสถานี 080042 เท่ากับ 0.699 และ 0.642 ตามลำดับ เมื่อเริ่มตัดข้อมูลที่ผิดพลาดออก จนผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับในแต่ละเกณฑ์ค่า NSE_{DMC} และ NSE_{RS} ต่างเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเกณฑ์ก่อนหน้า จนถึงเกณฑ์ที่ 0.9 ค่า NSE_{RS} ลดลงเมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่ 0.85 แสดงว่ามีการตัดข้อมูลฝนรายเดือนที่ผิดพลาดมากเกินไปจนความจำเป็น จึงพิจารณาเลือกเกณฑ์ที่ NSE_{DMC} เท่ากับ 0.85 มาใช้สำหรับสถานี 080042 โดยทำให้ค่า NSE_{DMC} และ NSE_{RS} เพิ่มขึ้นเป็น 0.853 และ 0.737 คิดเป็น 22% และ 13% ตามลำดับ



ภาพที่ 10 ตัวอย่างการตัดข้อมูลที่ผิดพลาดออกจากอนุกรมข้อมูลฝนสำหรับสถานี 080042

5. การสร้างข้อมูลฝนกริด (GGR) แบบรายเดือนจากข้อมูลสถานีตรวจวัด

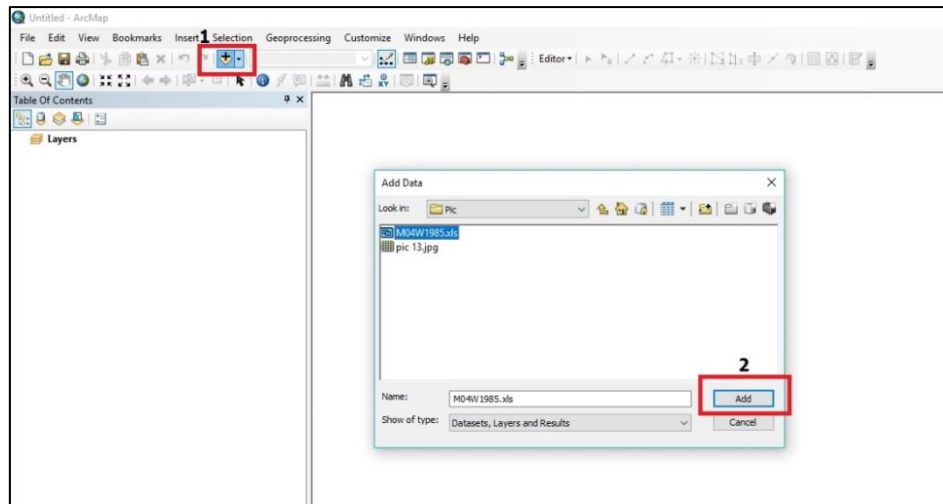
ขั้นตอนการสร้างข้อมูลฝนกริด (GGR) แบบรายเดือนดำเนินการโดยการนำค่าความลึกฝนรายเดือนที่ผ่านการตรวจสอบตำแหน่งที่ตั้งของสถานีและผ่านการตัดข้อมูลฝนที่ไม่ถูกต้องออกจากอนุกรมฝนในบางสถานี โดยการเฉลี่ยเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Inverse Distance Square (IDS) ผ่านโปรแกรม ArcGIS version 10.5 โดยได้แสดงตัวอย่างการใช้โปรแกรมไว้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

(1) เตรียมข้อมูลความลึกฝนรายเดือนในรูปแบบไฟล์ Excel (.xls) ดังรายละเอียดแสดงในภาพที่ 11 โดยคอลัมน์ A คือรหัสสถานีวัดน้ำฝน คอลัมน์ B และ C คือพิกัดที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝน และคอลัมน์ D คือข้อมูลความลึกฝนรายเดือนของสถานีวัดน้ำฝนที่พิจารณา โดยคอลัมน์ D แถวที่ 1 แสดงตัวย่อของเดือนและปีของชุดข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น M04W1985 หมายถึง เดือนเมษายน ในปีน้ำ (Water year) 1985 (พ.ศ. 2528) ถ้าสถานีใดไม่มีการเก็บข้อมูลในเดือนนั้นจะแทนด้วย -999 (คอลัมน์ D แถวที่ 21)

Clipboard		Font		Station		
A1		f				
	A	B	C	D	E	F
1	Station	LAT	LONG	M04W1985		
2	10012	14.59	100.46	66.4		
3	10022	14.66	100.47	16.4		
4	10032	14.66	100.41	44.9		
5	10042	14.59	100.36	0		
6	10052	14.49	100.45	4.2		
7	10062	14.75	100.33	0		
8	10070	14.64	100.30	0		
9	10080	14.59	100.27	0		
10	10090	14.54	100.27	0		
11	10100	14.62	100.34	34		
12	10110	14.57	100.35	42.7		
13	10120	14.54	100.39	122		
14	10130	14.59	100.44	81.2		
15	10140	14.75	100.41	15		
16	10150	14.64	100.40	54.8		
17	10160	14.71	100.44	0		
18	10170	14.64	100.46	0		
19	10180	14.59	100.46	33.6		
20	10190	14.49	100.44	64.2		
21	10200	14.69	100.33	-999		
22	10210	14.72	100.27	0		

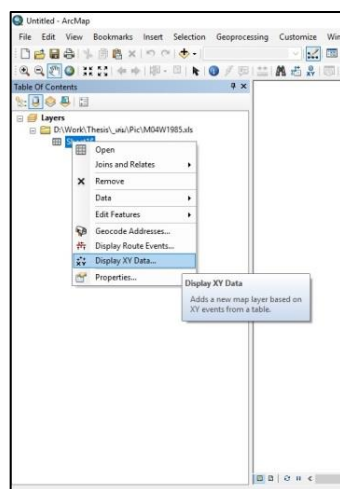
ภาพที่ 11 รายละเอียดการเตรียมไฟล์ Input (Excel)

(2) เปิดโปรแกรม ArcGIS เลือก Add Data เพื่อนำเข้าข้อมูลความลึกฝนที่จะทำการเฉลี่ย จากนั้นกด Add ดังแสดงในภาพที่ 12

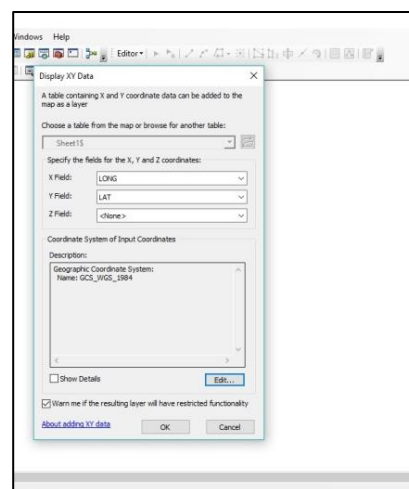


ภาพที่ 12 ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลความลึกฝน

(3) จากนั้นคลิกขวาที่ข้อมูล แล้วเลือก Display XY Data เพื่อนำพิกัดในไฟล์ .xls พล็อตลงในโปรแกรม (ภาพที่ 13ก) จากนั้นเลือก X Field ซึ่งเป็นคอลัมน์พิกัดลองจิจูด (Longitude) และ Y Field ซึ่งเป็นพิกัดละติจูด (Latitude) จากนั้นกด OK (ภาพที่ 13ข) โปรแกรมจะพล็อตสถานีวัดน้ำฝนตามระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (ภาพที่ 14)

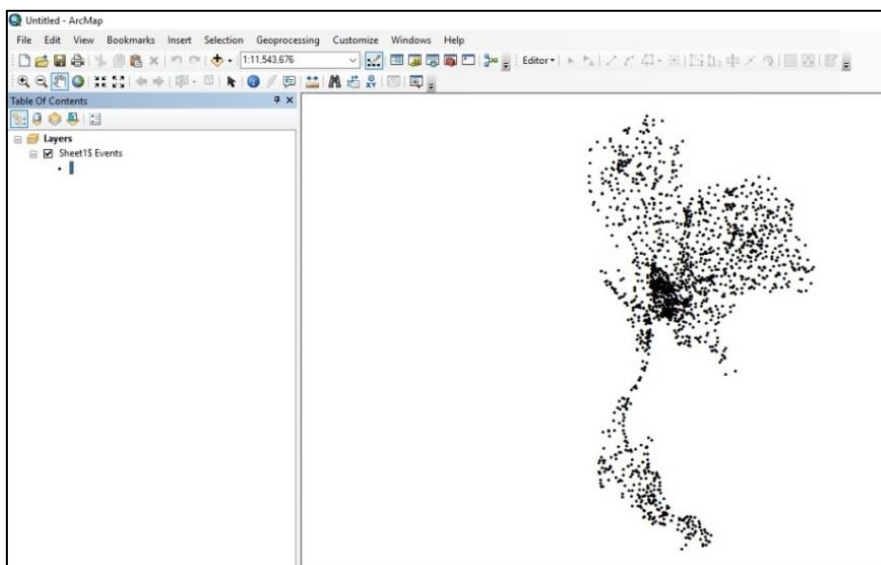


(ก)



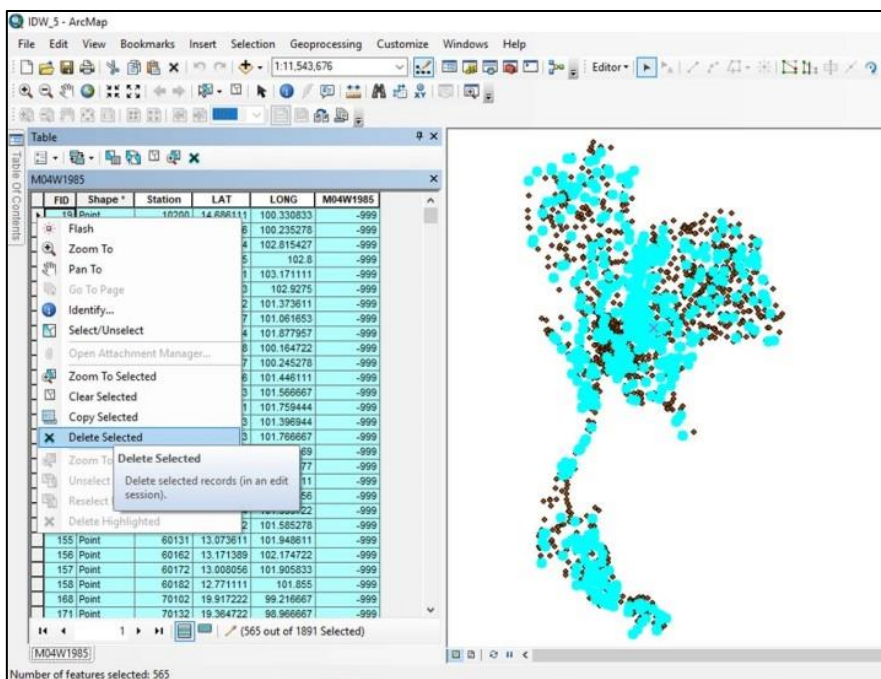
(ข)

ภาพที่ 13 ขั้นตอนการพล็อตสถานีวัดน้ำฝนในโปรแกรม ArcGIS



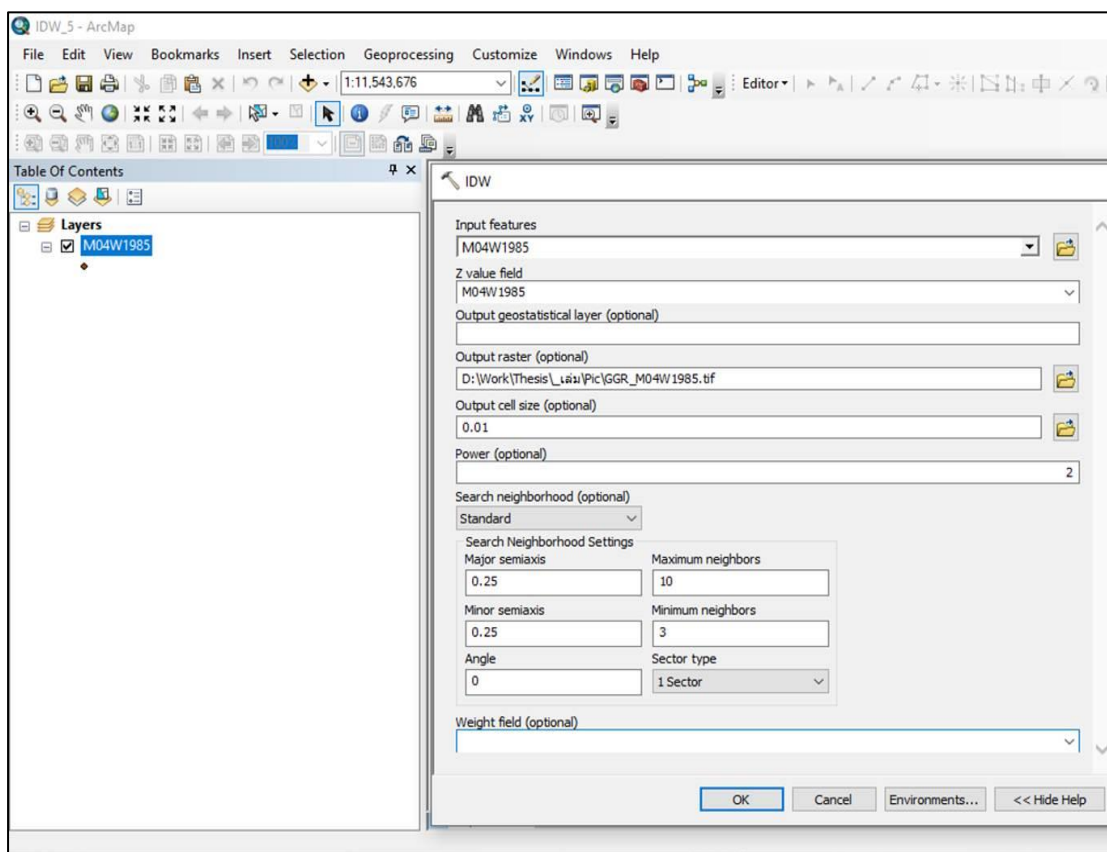
ภาพที่ 14 ผลลัพธ์การพล็อตสถานีวัดน้ำฝน

(4) ลบสถานีที่มีค่าความความลึกฝนเท่ากับ -999 (ไม่มีการเก็บข้อมูล) ออกโดยการลากคลุมสถานีที่ต้องการจะลบจากนั้นคลิกขวาเลือก Delete Selected (ภาพที่ 15)



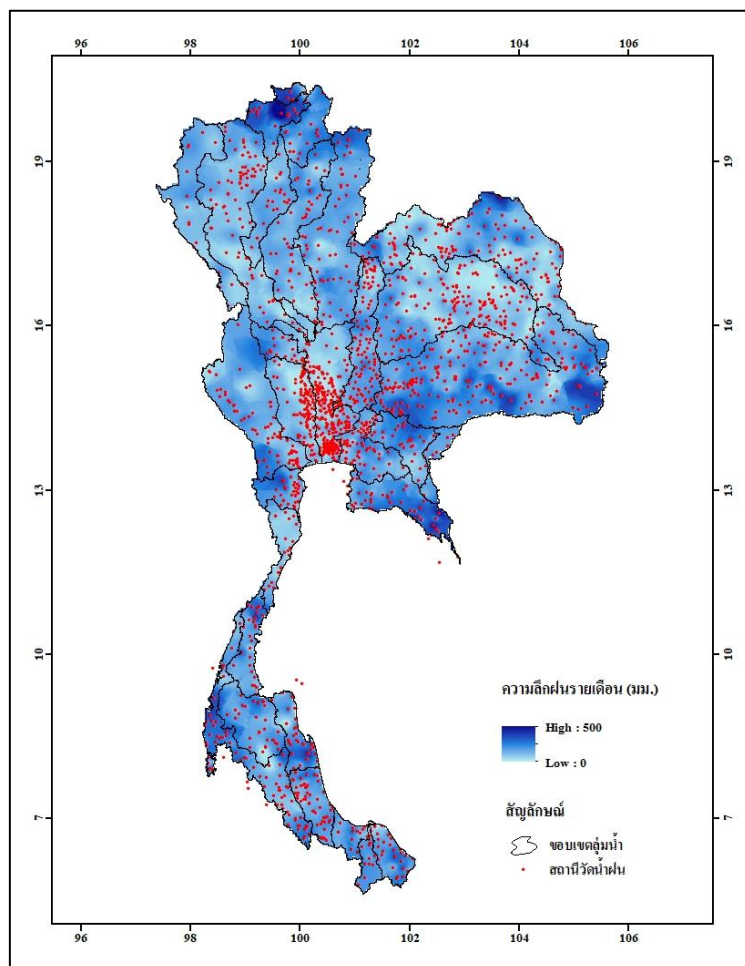
ภาพที่ 15 ขั้นตอนการลบสถานีที่ไม่มีการเก็บข้อมูล ณ ช่วงเวลาที่ต้องการคำนวณ

(5) สร้างข้อมูลฝนกริด (GGR) สำหรับชุดข้อมูลฝนในเดือนเมษายน ณ ปีนี้ 1985 จากคำสั่ง IDW (Geostatistical Analyst) โดยในการศึกษานี้ได้ตั้งค่าในแต่ละคำสั่งดังนี้ (1) Input features เพื่อเลือกชุดข้อมูลฝนรายเดือนที่ต้องการเฉลี่ยเชิงพื้นที่โดยในตัวอย่างนี้ได้แสดงชุดข้อมูล “M04W1985” (2) Z value field เพื่อเลือกชื่อคอลัมน์ที่เป็นข้อมูลความลึกฝน (3) Output raster เพื่อแสดงที่อยู่และชื่อของผลการคำนวณ (4) Output cell size เพื่อเลือกขนาดของกริด (5) Major และ Minor semiaxis เพื่อเลือกระยะทางมากที่สุดและน้อยสุดที่ใช้ในการเฉลี่ยเชิงพื้นที่ และ (6) Maximum และ Minimum neighbors เพื่อเลือกจำนวนสถานีข้างเคียงมากที่สุดและน้อยที่สุดที่ใช้ในการเฉลี่ยเชิงพื้นที่ โดยในการศึกษานี้กำหนด จำนวนสถานีน้อยสุดเท่ากับ 3 สถานี และมากที่สุดเท่ากับ 10 สถานี ดังแสดงไว้ในหัวข้อที่ 3 “การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนด้วยวิธีโค้งทับทวี (Double Mass Curve, DMC)” (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 การตั้งค่าเพื่อสร้างข้อมูลฝนกริด (GGR) จากคำสั่ง IDW (Geostatistical Analyst)

(6) ได้ข้อมูลฝนกริด (GGR) สำหรับชุดข้อมูลฝนเดือนเมษายน ณ ปีนี้ 1985 (ภาพที่ 17) ซึ่งในการศึกษานี้ได้คำนวณตามขั้นตอนที่กล่าวมาสำหรับทุกชุดข้อมูลในช่วงเวลา 31 ปี (พ.ศ. 2528-2558)



ภาพที่ 17 ข้อมูลฝนแบบกริด (GGR) สำหรับชุดข้อมูลชุดฝนเดือนเมษายน Water year 1985

6. การเปรียบเทียบและปรับแก้ความเข้ากันได้ระหว่างข้อมูลฝนกริด (GGR) กับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS

เนื่องจากข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ย่อมมีความผิดพลาดมากกว่าข้อมูลฝนกริด (GGR) ดังนั้น เพื่อเพิ่มความถูกต้องให้กับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS จึงต้องทำการปรับแก้ข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ให้เข้ากันได้กับข้อมูลฝนกริด (GGR) โดยใช้วิธีการปรับแก้โดย 3 วิธีการ ดังอธิบายวิธีการที่ใช้ในการปรับแก้ค่าในสมการที่ (7) ถึง (9) ตามรายละเอียดตรวจเอกสารหัวข้อที่ 5 เรื่อง “วิธีการปรับแก้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS” ทั้งนี้ในการศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบกระบวนการปรับแก้ทั้ง 3 วิธีคือ (1) Bias correction using regression analysis (RABC) (2) Linear bias correction (LBC) และ (3) Bias correction using distribution transformation (DTBC) โดยสร้างแฟกเตอร์ปรับแก้จากความสัมพันธ์ของข้อมูลฝนจำนวน 70% (พ.ศ. 2528-2548) ของข้อมูลฝนทั้งสองประเภทในแต่ละจุดภาพ จากนั้นนำแฟกเตอร์ปรับแก้ที่สร้างขึ้นมาประเมินข้อมูลฝน GGR โดยใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ที่เหลืออีก 30% (พ.ศ. 2549-2558) เพื่อใช้เป็นข้อมูลด้านเข้า เพื่อนำผลของข้อมูลฝน GGR ที่สร้างขึ้นจากสมการดังกล่าวไปเปรียบเทียบความถูกต้องกับข้อมูลฝน GGR ที่สร้างขึ้นมาจากข้อมูลภาคสนามที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและผ่านการตัดข้อมูลที่ผิดพลาดออกแล้ว

ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาเรื่อง “การสร้างฝนกริดแบบรายเดือนสำหรับประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดและผลิตภัณฑ์การรับรู้จากระยะไกล” สามารถนำมาสรุปภาพโดยรวมได้ดังต่อไปนี้

1. ผลการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝน

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 1,896 สถานี สรุปดังในตารางที่ 9 โดยในตารางดังกล่าวได้แสดงจำนวนสถานีและระยะทางที่ทำการปรับแก้ในแต่ละลุ่มน้ำหลัก โดยทำการปรับแก้เข้าสู่ตำแหน่งของอำเภอ ทั้งนี้มีการเคลื่อนย้ายตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 58 สถานี ใน 17 ลุ่มน้ำหลัก ซึ่งมีระยะทางที่เคลื่อนย้ายเฉลี่ยเท่ากับ 51 กิโลเมตร โดยระยะทางมากที่สุดคือ 285 กิโลเมตร ที่สถานี 290131 ในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และน้อยที่สุดเท่ากับ 14 กิโลเมตร ที่สถานี 450043 ในลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ ทั้งนี้มีการเคลื่อนย้ายตำแหน่งมากที่สุดในลุ่มน้ำมูลจำนวน 9 สถานี จากจำนวนทั้งหมด 231 สถานี และน้อยที่สุดในลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์ เพียงลุ่มน้ำละ 1 สถานี จากจำนวนทั้งหมด 23 และ 20 สถานี ตามลำดับ

ตารางที่ 9 จำนวนสถานีที่มีการแก้ไขตำแหน่งที่ตั้งในแต่ละลุ่มน้ำหลัก

รหัสลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	จำนวนสถานี	จำนวนสถานีที่แก้ไขพิกัด	ระยะทางที่เคลื่อนย้าย (กม.)		
				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
01	ลุ่มน้ำสาละวิน	19	0	-	-	-
02N	ลุ่มน้ำโขง (ภาคเหนือ)	22	0	-	-	-
02NE	ลุ่มน้ำโขง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)	134	3	29	12	18
03	ลุ่มน้ำกก	13	0	-	-	-
04	ลุ่มน้ำชี	179	4	149	77	106
05	ลุ่มน้ำมูล	231	9	113	10	51
06	ลุ่มน้ำปิง	79	0	-	-	-
07	ลุ่มน้ำวัง	23	3	81	12	38

ตารางที่ 9 (ต่อ)

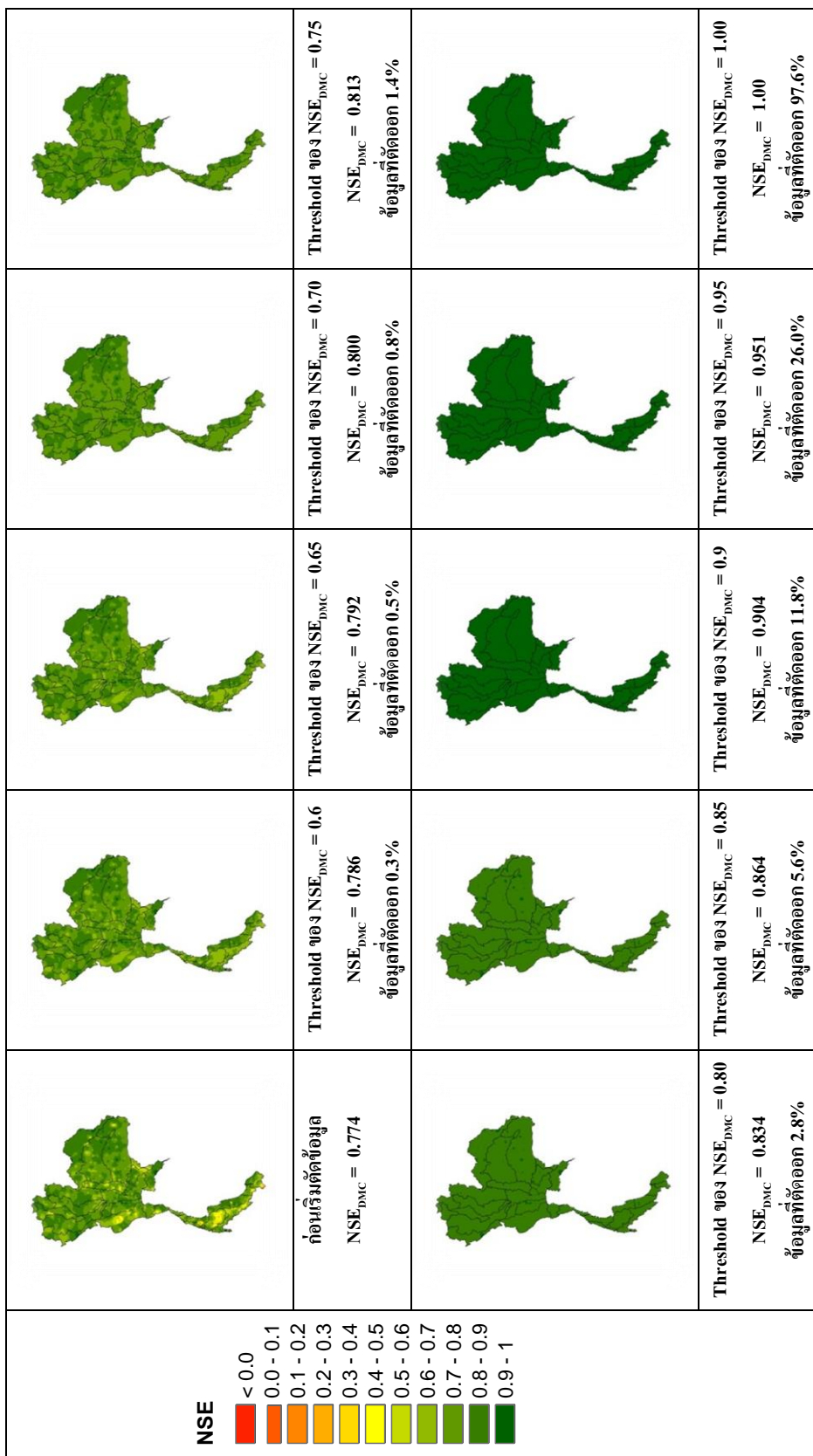
รหัส ลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	จำนวนสถานี	จำนวนสถานี ที่แก้ไขพิกัด	ระยะที่เคลื่อนย้าย (กม.)		
				สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
08	ลุ่มน้ำยม	45	1	84	84	84
09	ลุ่มน้ำน่าน	64	0	-	-	-
10	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	278	2	18	17	17
11	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	18	1	35	35	35
12	ลุ่มน้ำป่าสัก	113	5	109	14	54
13	ลุ่มน้ำท่าจีน	105	3	54	13	27
14	ลุ่มน้ำแม่กลอง	77	3	149	11	64
15	ลุ่มน้ำปราจีนบุรี	29	0	-	-	-
16	ลุ่มน้ำบางปะกง	72	4	108	10	54
17	ลุ่มน้ำโตนเลสาป	8	0	-	-	-
18	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	47	0	-	-	-
19	ลุ่มน้ำเพชรบุรี	33	2	112	30	71
20	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	20	1	14	14	14
21	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก	107	4	105	14	40
22	ลุ่มน้ำตาปี	30	2	112	34	73
23	ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	58	4	285	17	87
24	ลุ่มน้ำปัตตานี	13	0	-	-	-
25	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	79	7	63	15	29
รวม		1,896	58	285	0	51

2. ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนโดยวิธี Double Mass Curve (DMC)

ผลการตรวจสอบความน่าเชื่อถือได้ของข้อมูลฝนแบบรายเดือนสำหรับสถานีวัดน้ำฝนทั่วประเทศจำนวน 1,896 สถานี ในช่วงเวลา 31 ปี โดยวิธี DMC และผลการตัดข้อมูลความลึกฝนรายเดือนของสถานีที่พิจารณาที่แตกต่างจากสถานีรอบ ๆ จากมากไปหาน้อย แสดงดังในตารางที่ 9 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่ไม่มี การตัดข้อมูลฝนออกจากอนุกรมฝนของทุกสถานีจะทำให้ค่า NSE_{DMC} มีค่าเท่ากับ 0.744 และเมื่อต้องการเพิ่มเกณฑ์ต่ำสุด (Threshold) ของค่า NSE_{DMC} ของทุกสถานีขึ้นเป็น 0.60 จำเป็นต้องตัดข้อมูลฝนเท่ากับ 0.03% ของข้อมูลฝนทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ค่า NSE_{DMC} เพิ่มขึ้นจาก 0.744 เป็น 0.786 และสำหรับในกรณีที่ ต้องการเพิ่มเกณฑ์ต่ำสุด (Threshold) ของค่า NSE_{DMC} ของทุกสถานีขึ้นเป็น 0.65 จำเป็นต้องตัดข้อมูลฝนเท่ากับ 0.50% ของข้อมูลฝนทั้งหมด รวมทั้งต้องตัดข้อมูลฝนทั้งหมดของสถานีวัดน้ำฝน 1 สถานี ทำให้เหลือจำนวนสถานีวัดน้ำฝนเท่ากับ 1,895 สถานี ซึ่งจะทำให้ค่า NSE_{DMC} เพิ่มขึ้นจาก 0.775 เป็น 0.792 โดยการวิเคราะห์ดำเนินไปเรื่อย ๆ โดยการเพิ่มเกณฑ์ต่ำสุด (Threshold) ของค่า NSE_{DMC} จนถึง 1.0 ซึ่งเป็นผลให้ต้องตัดข้อมูลฝนเท่ากับ 97.6% ของข้อมูลฝนทั้งหมด รวมทั้งต้องตัดข้อมูลฝนทั้งหมดของสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 1,609 สถานี ทำให้เหลือจำนวนสถานีวัดน้ำฝนเท่ากับ 287 สถานี ซึ่งจะทำให้ค่า NSE_{DMC} เพิ่มขึ้นจาก 0.796 เป็น 1.0 โดยในภาพที่ 18 ได้แสดงค่า NSE_{DMC} เฉลี่ยเชิงพื้นที่สำหรับแต่ละเกณฑ์ต่ำสุด (Threshold) สำหรับพื้นที่ประเทศไทยรวมทั้งเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลที่ตัดออก ซึ่งจากภาพที่ 18 และตารางที่ 10 สรุปได้ว่าทุก ๆ การตัดข้อมูลทำให้ค่า NSE_{DMC} เพิ่มขึ้นอย่างไรก็ตาม การตัดข้อมูลในปริมาณมากไม่เหมาะสม ดังนั้น จำเป็นต้องประเมินความเหมาะสมในการตัดข้อมูลตามผลการศึกษาในขั้นตอนถัดไป

ตารางที่ 10 ผลจากการตัดข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝน 1,896 สถานี สำหรับเกณฑ์ต่ำสุดของ NSE_{DMC} ต่าง ๆ

เกณฑ์ต่ำสุด ของ NSE_{DMC} (Threshold)	จำนวนสถานี ที่ผ่านเกณฑ์	NSE_{DMC} (ก่อนตัดข้อมูล)	NSE_{DMC} (หลังตัดข้อมูล)	จำนวนข้อมูล ที่ตัดออก (%)
ก่อนตัดข้อมูล	1,896	0.774	-	0.0
0.60	1,896	0.774	0.786	0.3
0.65	1,896	0.775	0.792	0.5
0.70	1,895	0.775	0.800	0.8
0.75	1,894	0.775	0.813	1.4
0.80	1,892	0.775	0.834	2.8
0.81	1,891	0.775	0.840	3.3
0.82	1,891	0.775	0.845	3.7
0.83	1,891	0.775	0.851	4.3
0.84	1,890	0.775	0.858	4.9
0.85	1,890	0.775	0.864	5.6
0.90	1,843	0.777	0.904	11.8
0.95	1,801	0.780	0.951	26.0
1.00	287	0.796	1.000	97.6



ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ย NSE_{DMC} เติบโตขึ้นที่สำหรับแต่ละเกณฑ์ค่าสุดของ NSE_{DMC} ที่ได้จากการตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูล โดย DMC

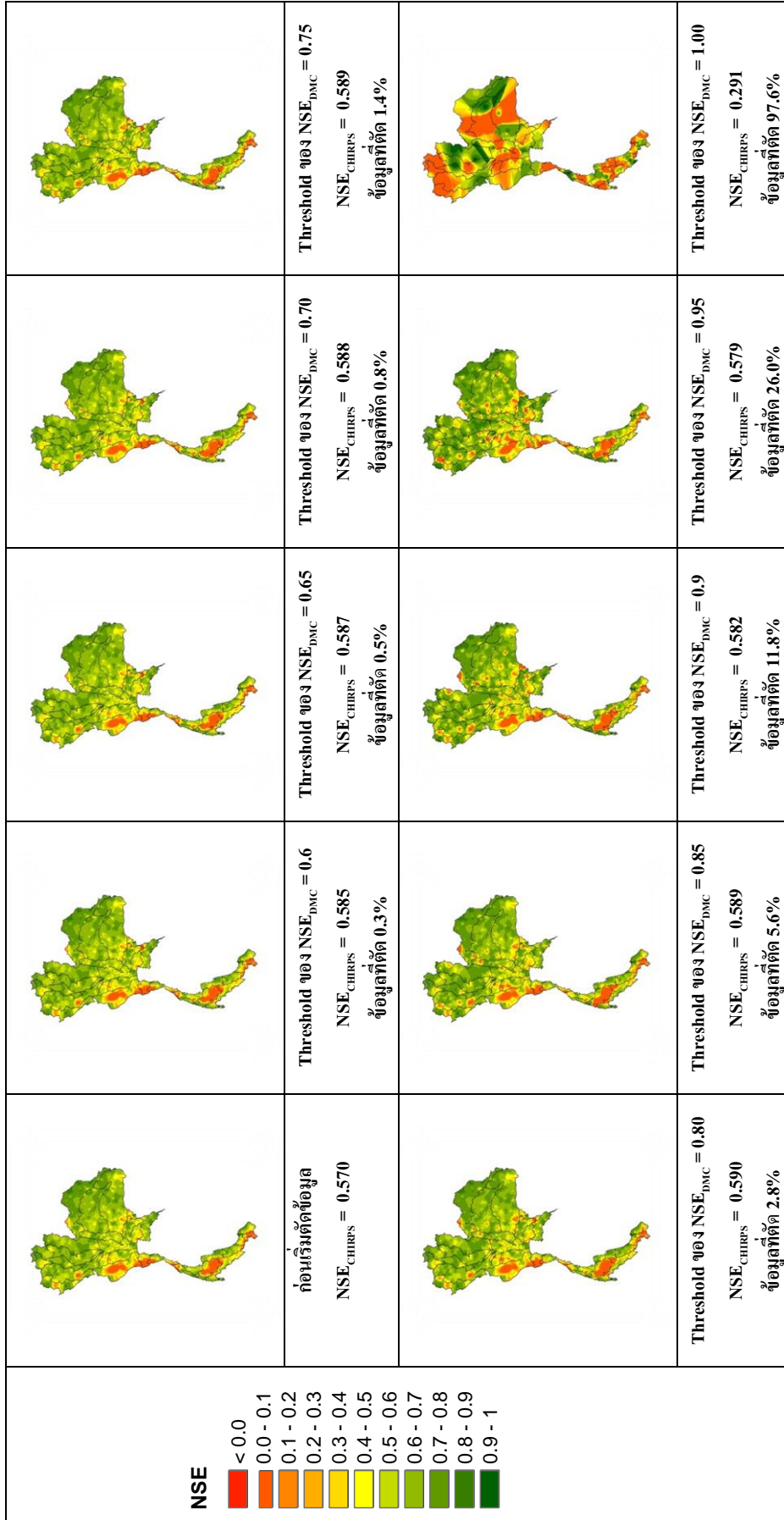
3. ผลการตรวจสอบความเข้ากันได้ของข้อมูลฝนรายเดือนที่ได้จากการตรวจวัดกับผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ที่ตรงกับสถานีตรวจวัด

ผลการตรวจสอบความเข้ากันได้ของข้อมูลฝนรายเดือนที่ได้จากการตรวจวัดกับผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ที่ตรงกับสถานีตรวจวัด ทั้งในกรณีที่ไม่มี การตัดข้อมูลฝนรายเดือนออกจากอนุกรมฝนของแต่ละสถานี รวมทั้งในทุกกรณีที่มีการตัดข้อมูลฝนรายเดือนเพื่อ การเพิ่มค่า NSE_{DMC} จาก 0.60 จนถึง 1.0 แสดงดังในตารางที่ 11 และ ภาพที่ 19 โดยในตารางและภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่ไม่มี การตัดข้อมูลฝนออกจากอนุกรมฝนของทุกสถานีจะทำให้ค่า NSE_{CHIRPS} ซึ่งแสดง ความเข้ากันได้ของข้อมูลฝนแบบรายเดือนที่ได้จากการตรวจวัดกับผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS มีค่า เท่ากับ 0.570 และเมื่อเพิ่มเกณฑ์ต่ำสุด (Threshold) ของค่า NSE_{DMC} ของทุกสถานีขึ้นเป็น 0.60 จำเป็นต้องตัดข้อมูลฝนเท่ากับ 0.03% ของข้อมูลฝนทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ค่า NSE_{CHIRPS} เพิ่มขึ้นจาก 0.570 เป็น 0.585 และสำหรับในกรณีที่ต้องการเพิ่มเกณฑ์ต่ำสุด (Threshold) ของค่า NSE_{DMC} ของทุกสถานีขึ้นเป็น 0.65 จำเป็นต้องตัดข้อมูลฝนเท่ากับ 0.50% ของข้อมูลฝนทั้งหมด รวมทั้งต้องตัด ข้อมูลฝนทั้งหมดของสถานีวัดน้ำฝน 1 สถานี ซึ่งจะทำให้ค่า NSE_{CHIRPS} เพิ่มขึ้นจาก 0.570 เป็น 0.585 และเมื่อดำเนินไปเรื่อย ๆ โดยการเพิ่มเกณฑ์ต่ำสุด (Threshold) ของค่า NSE_{DMC} จนถึง 1.0 ซึ่ง จะเป็นผลให้ต้องตัดข้อมูลฝนเท่ากับ 97.6% ของข้อมูลฝนทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ค่า NSE_{CHIRPS} ลดลง 0.595 เป็น 0.291 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การตัดข้อมูลฝนภาคสนามในปริมาณมากดังกล่าวไม่เหมาะสม กล่าวคือ ทำให้ข้อมูลฝนภาคสนามไม่เป็นตัวแทนฝนที่เพียงพอ จึงเป็นผลให้ค่า NSE_{CHIRPS} ลดลง อย่างมาก จากในตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่า ค่าเกณฑ์ต่ำสุด (Threshold) ของค่า NSE_{DMC} ที่ทำให้เกิดความเข้ากันได้ของข้อมูลฝนแบบรายเดือนที่ได้จากการตรวจวัดกับผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS มาก ที่สุดคือ ในกรณีที่ค่าเกณฑ์ต่ำสุดของ NSE_{DMC} เท่ากับ 0.82 ซึ่งเป็นผลให้ค่า NSE_{CHIRPS} มีค่าเพิ่มขึ้น จาก 0.574 เป็น 0.594 ซึ่งเป็นค่า NSE_{CHIRPS} ที่สูงที่สุด โดยเป็นกรณีที่ ต้องตัดข้อมูลฝนเท่ากับ 3.7% ของข้อมูลฝนทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ค่า NSE_{DMC} เพิ่มขึ้นจาก 0.775 เป็น 0.845 รวมทั้งต้องตัดข้อมูลฝน ทั้งหมดของสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 5 สถานี ทำให้เหลือจำนวนสถานีวัดน้ำฝนเท่ากับ 1,891 สถานี ซึ่งนับว่าเป็นกรณีที่ มีความเหมาะสมที่สุด โดยจะนำผลดังกล่าวไปใช้เพื่อการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 11 ความเข้ากันได้ของข้อมูลฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดและผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS
สำหรับเกณฑ์ต่ำสุดของ NSE_{DMC} ต่าง ๆ

เกณฑ์ต่ำสุดของ NSE_{DMC} (Threshold)	จำนวนสถานี ที่ผ่านเกณฑ์	NSE_{CHIRPS} (ก่อนตัดข้อมูล)	NSE_{CHIRPS} (หลังตัดข้อมูล)	จำนวนข้อมูล ที่ตัดออก (%)
ก่อนตัดข้อมูล	1,896	0.570	-	0.0
0.60	1,896	0.570	0.585	0.3
0.65	1,896	0.571	0.587	0.5
0.70	1,895	0.571	0.588	0.8
0.75	1,894	0.571	0.589	1.4
0.80	1,892	0.574	0.590	2.8
0.81	1,891	0.574	0.593	3.3
0.82	1,891	0.574	0.594	3.7
0.83	1,891	0.574	0.592	4.3
0.84	1,890	0.574	0.591	4.9
0.85	1,890	0.574	0.589	5.6
0.90	1,843	0.576	0.582	11.8
0.95	1,801	0.584	0.579	26.0
1.00	287	0.595	0.291	97.6

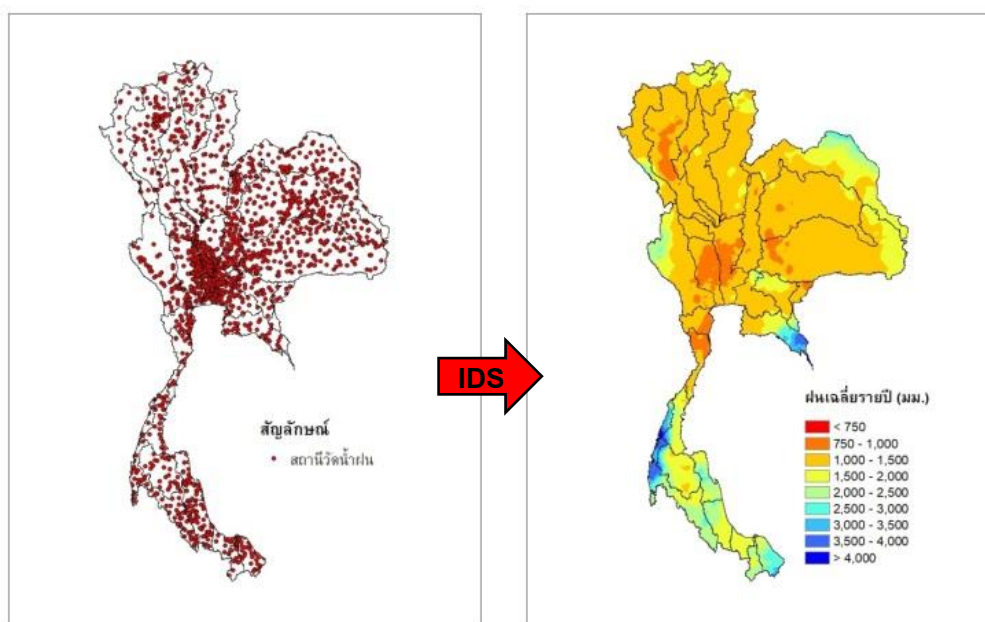
หมายเหตุ : 0.82 คือ เกณฑ์ของ NSE_{DMC} ที่ได้รับการคัดเลือก



ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ย NSE_{CHIRPS} เซึ่งพื้นที่สำหรับแต่ละเกณฑ์ที่สุดของ NSE_{DMC} ที่ได้จากการตรวจสอบความเข้ากันได้กับผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS

4. ผลการสร้างข้อมูลฝนกริดแบบรายเดือน

จากผลการตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลฝนแบบรายเดือนโดยวิธี Double Mass Curve และผลการตรวจสอบความเข้ากันได้ของข้อมูลฝนรายเดือนที่ได้จากการตรวจวัดกับผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ดังแสดงในข้อที่ (2) และ (3) ตามลำดับ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า สถานีวัดน้ำฝนที่เหลืออยู่จากการตัดข้อมูลฝนที่ผิดพลาดออกไป 3.7% ของข้อมูลฝนทั้งหมด และตัดข้อมูลฝนทั้ง 5 สถานี ออกไป ซึ่งประกอบด้วยสถานีวัดน้ำฝน 250872, 370042, 570042, 610352 และ 610412 ซึ่งตั้งอยู่ในลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำเพชรบุรี ลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำตาปี และ ลุ่มน้ำตาปี ตามลำดับ ซึ่งทำให้เหลือจำนวนสถานีวัดน้ำฝนทั้งสิ้น 1,891 สถานี และเมื่อนำข้อมูลฝนรายเดือนของสถานีเหล่านี้ในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 ไปเฉลี่ยเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Inverse Distance Square จะได้ข้อมูลฝนกริด (Gridded Gauges Rainfall, GGR) ดังแสดงในภาพที่ 20 โดยในช่วงเวลาดังกล่าวมีความลึกฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1,448 มิลลิเมตร โดยได้แสดงรายละเอียดความลึกฝนเฉลี่ยรายปีสำหรับ 25 ลุ่มน้ำหลักในตารางที่ 12 ทั้งนี้ ความลึกฝนเฉลี่ยรายปีที่ได้จากการเฉลี่ยที่ทุกสถานีมีค่าเท่ากับ 1,374 มิลลิเมตร ซึ่งนับว่ามีความแตกต่างจากความลึกฝนที่ได้จากการเฉลี่ยเชิงพื้นที่ประมาณ 5.38% ทั้งนี้เนื่องจากการกระจายตัวของสถานีวัดน้ำฝนมีความไม่สม่ำเสมอในบางพื้นที่



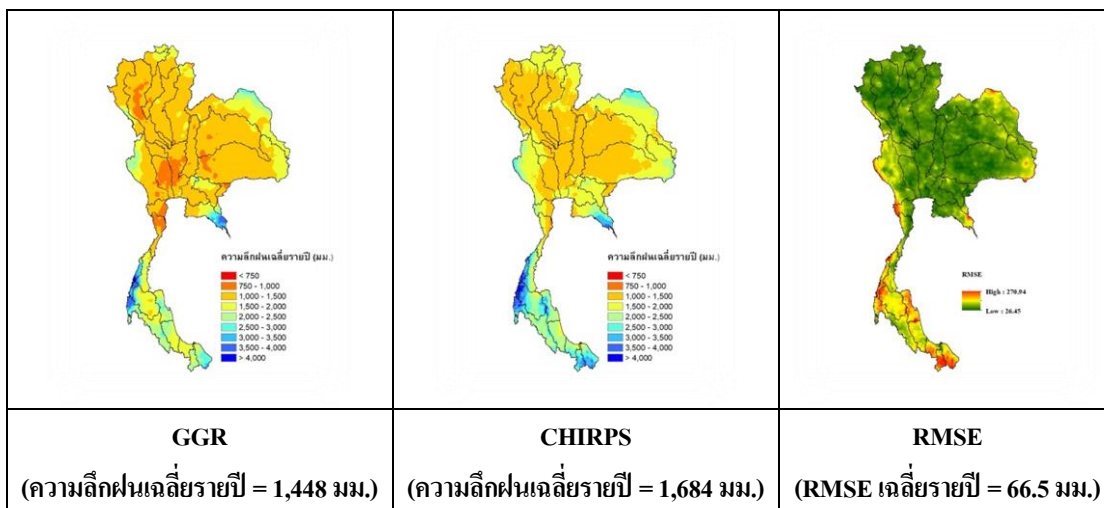
ภาพที่ 20 ที่ตั้งของสถานีตรวจวัดน้ำฝนและความลึกฝนกริดเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยที่คำนวณด้วยวิธี Inverse Distance Square ในระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558

ตารางที่ 12 ความลึกฝนเฉลี่ยรายปีของฝนกรด (GGR) สำหรับ 25 กลุ่มน้ำหลัก ของประเทศไทย

รหัสกลุ่มน้ำ	ชื่อกลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ความลึกฝนเฉลี่ย (มม.)
01	กลุ่มน้ำสาละวิน	19,106	1,344
02N	กลุ่มน้ำโขง (ภาคเหนือ)	10,034	1,483
02NE	กลุ่มน้ำกก	47,155	1,652
03	กลุ่มน้ำปิง	7,300	1,479
04	กลุ่มน้ำวัง	49,130	1,228
05	กลุ่มน้ำยม	71,072	1,308
06	กลุ่มน้ำน่าน	34,499	1,137
07	กลุ่มน้ำโขง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)	10,794	1,117
08	กลุ่มน้ำชี	23,948	1,217
09	กลุ่มน้ำมูล	34,908	1,312
10	กลุ่มน้ำเจ้าพระยา	20,266	1,071
11	กลุ่มน้ำสะแกกรัง	5,056	1,243
12	กลุ่มน้ำป่าสัก	15,623	1,171
13	กลุ่มน้ำท่าจีน	13,492	1,035
14	กลุ่มน้ำแม่กลอง	30,181	1,440
15	กลุ่มน้ำเพชรบุรี	9,672	1,500
16	กลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	10,701	1,354
17	กลุ่มน้ำปราจีนบุรี	4,086	1,466
18	กลุ่มน้ำบางปะกง	13,093	2,164
19	กลุ่มน้ำโตนเลสาป	6,260	1,044
20	กลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	7,133	1,106
21	กลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก	26,068	2,126
22	กลุ่มน้ำตาปี	13,562	1,933
23	กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	8,481	2,002
24	กลุ่มน้ำปัตตานี	3,655	2,070
25	กลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	18,776	2,537
ประเทศไทย		514,049	1,448

5. ผลการเปรียบเทียบความเข้ากันได้ระหว่างข้อมูลฝนกริด (GGR) กับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างฝนกริดแบบรายเดือนโดยใช้ข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS และข้อมูลฝนกริดจากสถานีตรวจวัดภาคสนาม ดังนั้น ในหัวข้อนี้จึงทำการเปรียบเทียบความเข้ากันได้ของข้อมูลฝนทั้ง 2 ประเภท แบบรายเดือนในระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 โดยได้แสดงความลึกฝนเฉลี่ยรายปีของข้อมูลทั้ง 2 ประเภท ดังในภาพที่ 21 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความลึกฝนเฉลี่ยรายปีของข้อมูลฝนกริด (GGR) เท่ากับ 1,448 มิลลิเมตร ในขณะที่ความลึกฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS เท่ากับ 1,684 มิลลิเมตร รวมทั้งได้แสดงค่า RMSE เฉลี่ยรายปีในรูปดังกล่าว โดยมีค่าเฉลี่ยทุกจุดภาพเท่ากับ 66.5 มิลลิเมตรต่อปี สำหรับรายละเอียดการเปรียบเทียบของแต่ละลุ่มน้ำหลักแสดงดังในตารางที่ 13 จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความลึกฝนเฉลี่ยรายปีที่ได้จากข้อมูลฝนกริด (GGR) และข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS มีค่าแตกต่างกันมากที่สุดและน้อยที่สุดในลุ่มน้ำเจ้าพระยา และลุ่มน้ำโตนเลสาป ตามลำดับ ทั้งนี้ค่า RMSE เฉลี่ยรายปีมีค่าสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 116.3 และ 45.2 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งเกิดขึ้นในลุ่มน้ำตาปีและลุ่มน้ำวัง ตามลำดับ



ภาพที่ 21 ความลึกฝนเฉลี่ยรายปีของข้อมูลฝนกริดที่สร้างจากสถานีวัดน้ำฝนภาคสนาม (GGR) และผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS รวมทั้งค่า RMSE เฉลี่ยรายปีในแต่ละจุดภาพ

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบความคลึงฝนเฉลี่ยรายปีจากข้อมูลฝนกริด (GGR) กับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ในช่วงเวลา 31 ปี

รหัสลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ความคลึงฝนเฉลี่ยรายปี จากข้อมูลฝนกริด (GGR) (มม.)	ความคลึงฝนเฉลี่ยรายปีจากข้อมูล ฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS (มม.)	RMSE (มม.)
01	ลุ่มน้ำสาละวิน	19,106	1,344	1,345	60.6
02N	ลุ่มน้ำโขง (ภาคเหนือ)	10,034	1,483	1,693	61.1
02NE	ลุ่มน้ำโขง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)	47,155	1,652	1,826	68.3
03	ลุ่มน้ำกก	7,300	1,479	1,733	62.7
04	ลุ่มน้ำชี	49,130	1,228	1,376	51.5
05	ลุ่มน้ำมูล	71,072	1,308	1,496	56.7
06	ลุ่มน้ำปิง	34,499	1,137	1,273	51.4
07	ลุ่มน้ำวัง	10,794	1,117	1,253	45.2
08	ลุ่มน้ำยม	23,948	1,217	1,401	52.9
09	ลุ่มน้ำน่าน	34,908	1,312	1,465	55.6
10	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	20,267	1,071	1,334	50.3
11	ลุ่มน้ำสะเม็กกว้าง	5,056	1,243	1,571	68.8
12	ลุ่มน้ำป่าสัก	15,623	1,171	1,325	47.3
13	ลุ่มน้ำท่าจีน	13,492	1,035	1,334	57.0

ตารางที่ 13 (ต่อ)

รหัสกลุ่มน้ำ	ชื่อกลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ความลึกฝนเฉลี่ยรายปี จากข้อมูลฝนกริด (GGR) (มม.)	ความลึกฝนเฉลี่ยรายปีจากข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS (มม.)	RMSE (มม.)
14	คู่ม่านแม่กลอง	30,181	1,440	1,795	88.8
15	คู่ม่านปราจีนบุรี	9,672	1,500	1,736	59.8
16	คู่ม่านบางปะกง	10,701	1,354	1,628	60.4
17	คู่ม่านโตนเกล้า	4,086	1,466	1,589	65.8
18	คู่ม่านชายฝั่งทะเลตะวันออก	13,093	2,164	2,290	81.6
19	คู่ม่านเพชรบุรี	6,260	1,044	1,611	90.4
20	คู่ม่านชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	7,133	1,106	1,567	80.8
21	คู่ม่านภาคใต้ฝั่งตะวันออก	26,068	2,126	2,563	104.4
22	คู่ม่านตาปี	13,562	1,933	2,773	116.3
23	คู่ม่านทะเลสาบสงขลา	8,481	2,002	2,187	88.5
24	คู่ม่านปัตตานี	3,655	2,070	2,956	116.2
25	คู่ม่านภาคใต้ฝั่งตะวันตก	18,776	2,537	2,897	104.8
ประเทศไทย		514,049	1,478	1,684	66.5

6. ผลปรับแก้ความเข้ากันได้ระหว่างข้อมูลฝนกริด (GGR) กับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS

ผลการปรับแก้ข้อมูลความลึกฝนเชิงพื้นที่ของผลิตภัณฑ์ CHIRPS ให้เข้ากับข้อมูลฝนกริด (GGR) แสดงตารางที่ 14 โดยตารางดังกล่าวเป็นผลจากการนำข้อมูลฝนจำนวน 70% (พ.ศ. 2528-2547) สำหรับชุดข้อมูลทั้งสองประเภทในแต่ละจุดภาพ มาสร้างความสัมพันธ์เพื่อหาแฟกเตอร์ปรับแก้ข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ให้เข้ากับข้อมูลฝนกริด (GGR) ด้วยวิธีการปรับแก้ทั้ง 3 วิธี คือวิธี RABC, LBC และ DTBC จากนั้นจึงใช้แฟกเตอร์การปรับแก้ที่ได้มาใช้ปรับแก้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ที่เหลืออีก 30% (พ.ศ. 2548-2558) เพื่อการประเมินฝน GGR ในแต่ละจุดภาพเพื่อนำไปเปรียบเทียบความถูกต้องกับข้อมูลฝน GGR ที่สร้างขึ้นมาจากข้อมูลภาคสนามที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและผ่านการตัดข้อมูลที่ผิดพลาดออกแล้ว โดยในตารางดังกล่าวเป็นการสรุปผลการเปรียบเทียบความถูกต้องของผลการประเมินฝนกริดจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ด้วยข้อมูล 30% ในแต่ละ 25 กลุ่มน้ำหลัก ของประเทศไทย จากตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่ไม่มีกริดการปรับแก้ข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS จะเป็นผลให้ข้อมูลฝน CHIRPS มีความเข้ากันได้กับข้อมูลฝนกริด (GGR) ด้วยค่า NSE (Unbias) เฉลี่ยทั่วประเทศเท่ากับ 0.497 โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.772 ในลุ่มน้ำโขง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) และต่ำสุดเท่ากับ -2.249 ในลุ่มน้ำปัตตานี จากนั้นเมื่อมีการปรับแก้โดย 3 วิธีการคือ RABC, LBC และ DTBC เป็นผลให้ค่า NSE เพิ่มขึ้นเฉลี่ยประเทศเท่ากับ 0.755, 0.734 และ 0.713 โดยมีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นเท่ากับ 52%, 47% และ 43% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับ กรณีไม่มีกริดการปรับแก้ ทั้งนี้วิธีการ RABC สามารถเพิ่มความถูกต้องให้กับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS มากกว่าวิธีการอื่น แต่นับว่าไม่มีนัยสำคัญมากมายนัก ทั้งนี้ผลการปรับแก้โดยทั้ง 3 วิธีการแสดงให้เห็นว่า เมื่อได้รับการปรับแก้โดยวิธี RABC, LBC และ DTBC แล้วเป็นผลให้ค่า NSE ลุ่มน้ำในภาคใต้ได้รับการปรับแก้ให้มีความถูกต้องสูงขึ้นจากข้อมูลที่ไม่ผ่านการปรับแก้มากที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นถึง 425%, 399% และ 371% ตามลำดับ ตามด้วยลุ่มน้ำในภาคตะวันตก โดยมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นเท่ากับ 367%, 334% และ 325% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากลุ่มน้ำในทั้ง 2 ภูมิภาค มีข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ก่อนการปรับแก้ มีความแตกต่างจากข้อมูลฝนกริดมาก ในขณะที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการเพิ่มขึ้นเพียง 7%, 7% และ 5% ตามลำดับ ตามด้วยลุ่มน้ำภาคตะวันออก โดยมีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นเท่ากับ 7%, 7% และ 4% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากทั้ง 2 ภูมิภาคมีข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ก่อนการปรับแก้มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลฝนกริด (GGR) มากกว่าลุ่มน้ำในภูมิภาคอื่นโดยรวม

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบความถูกต้องของผลการประเมินฝนกริด (GGR) จากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ด้วยชุดข้อมูล 30% ที่ได้จากวิธีการปรับแก้ทั้ง 3 วิธี สำหรับ 25 ลุ่มน้ำหลัก และ 5 ภูมิภาค

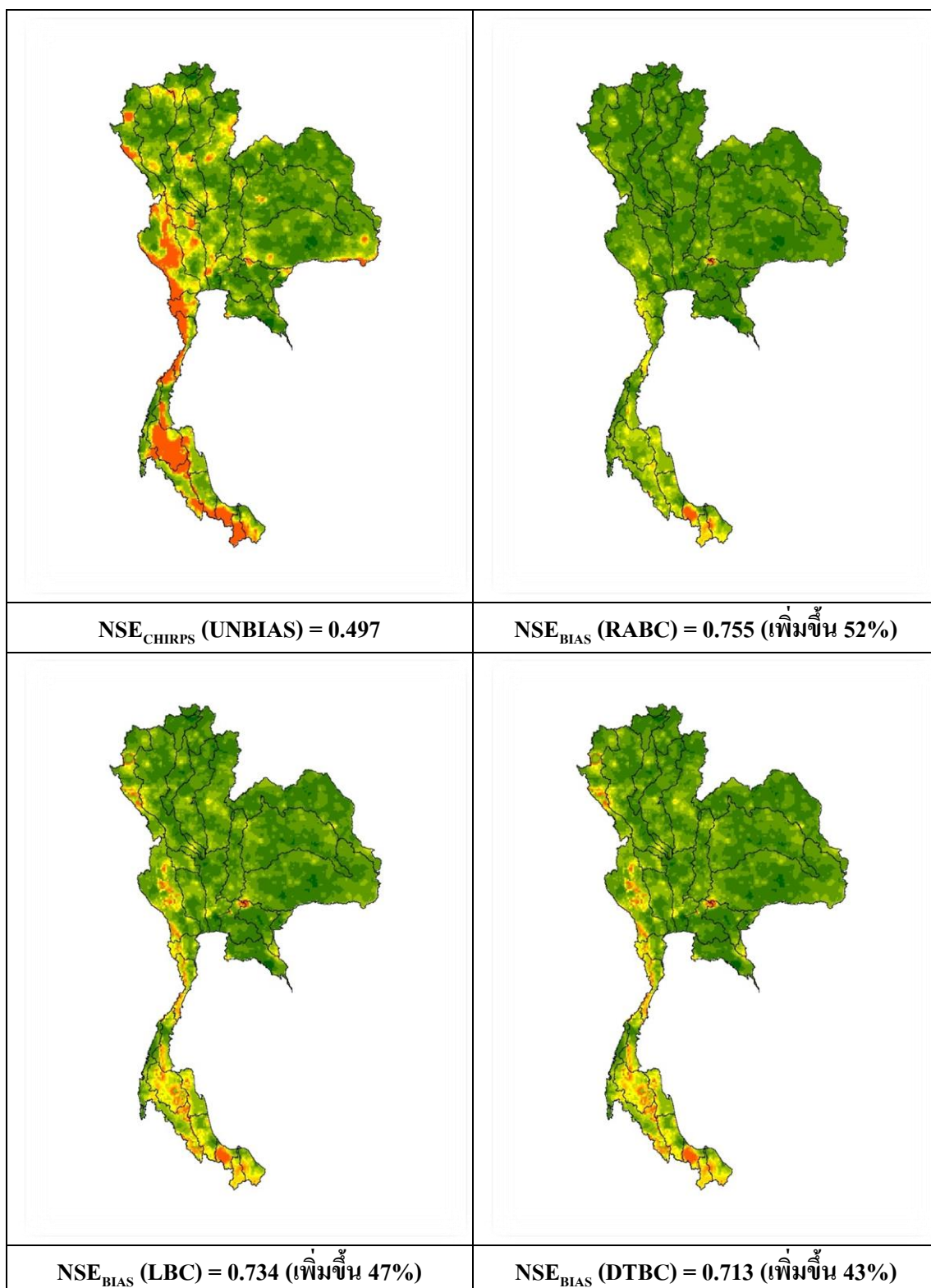
รหัสลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ / ภูมิภาค	พื้นที่ (ตร.กม.)	NSE (Umbias)	NSE _{BIAS} (RABC) (% การเพิ่มขึ้น)	NSE _{BIAS} (LBC) (% การเพิ่มขึ้น)	NSE _{BIAS} (DTBC) (% การเพิ่มขึ้น)
01	ลุ่มน้ำสาละวิน	19,106	0.589	0.745	0.659	0.645
02N	ลุ่มน้ำโขง (ภาคเหนือ)	10,034	0.713	0.809	0.805	0.804
03	ลุ่มน้ำกก	7,300	0.706	0.817	0.820	0.820
06	ลุ่มน้ำอิง	34,499	0.677	0.783	0.754	0.743
07	ลุ่มน้ำวัง	10,794	0.710	0.803	0.793	0.783
08	ลุ่มน้ำยม	23,948	0.670	0.802	0.782	0.771
09	ลุ่มน้ำน่าน	34,908	0.675	0.785	0.769	0.751
ภาคเหนือ			0.670	0.787 (17%)	0.760 (13%)	0.748 (12%)
02NE	ลุ่มน้ำโขง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)	47,155	0.772	0.798	0.799	0.793
04	ลุ่มน้ำชี	49,130	0.760	0.788	0.794	0.781
05	ลุ่มน้ำมูล	71,072	0.714	0.791	0.790	0.781

ตารางที่ 14 (ต่อ)

รหัสผู้นำ	ชื่อผู้นำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	NSE (Unbias)	NSE _{BIAS} (RABC) (% การเพิ่มขึ้น)	NSE _{BIAS} (LBC) (% การเพิ่มขึ้น)	NSE _{BIAS} (DTBC) (% การเพิ่มขึ้น)
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	167,356	0.744	0.792 (7%)	0.794 (7%)	0.784 (5%)
10	ผู้นำเข้าพระยา	20,266	0.636	0.804	0.800	0.762
11	ผู้นำสะแกกรัง	5,056	0.425	0.757	0.711	0.696
12	ผู้นำป่าสัก	15,623	0.698	0.781	0.780	0.747
13	ผู้นำท่าจีน	13,492	0.544	0.766	0.758	0.733
	ภาคกลาง	54,437	0.611	0.784 (28%)	0.776 (27%)	0.745 (22%)
14	ผู้นำแม่กลอง	30,181	0.100	0.724	0.628	0.612
15	ผู้นำปราจีนบุรี	9,672	0.735	0.794	0.798	0.775
19	ผู้นำเพชรบุรี	6,260	-1.381	0.646	0.608	0.580
20	ผู้นำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	7,133	-0.789	0.589	0.504	0.459
	ภาคตะวันตก	43,574	-0.258	0.691 (367%)	0.605 (334%)	0.582 (325%)

ตารางที่ 14 (ต่อ)

รหัสกลุ่มน้ำ	ชื่อกลุ่มน้ำ	พื้นที่ พนที่ (ตร.กม.)	NSE (UNBIAS)	NSE _{BIAS} (RABC) (% การเพิ่มขึ้น)	NSE _{BIAS} (LBC) (% การเพิ่มขึ้น)	NSE _{BIAS} (DTBC) (% การเพิ่มขึ้น)
16	ลุ่มน้ำบางปะกง	10,701	0.757	0.782	0.780	0.769
17	ลุ่มน้ำโตนเลสาป	4,086	0.666	0.772	0.768	0.718
18	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก	13,093	0.772	0.820	0.825	0.795
ภาคตะวันออก						
		37,552	0.747	0.797 (7%)	0.799 (7%)	0.774 (4%)
21	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก	26,068	-0.019	0.562	0.545	0.487
22	ลุ่มน้ำตาปี	13,562	-0.963	0.621	0.459	0.433
23	ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	8,481	0.454	0.616	0.641	0.552
24	ลุ่มน้ำปัตตานี	3,655	-2.249	0.403	0.440	0.383
25	ลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	18,776	0.264	0.661	0.607	0.563
ภาคใต้						
		70,541	-0.184	0.598 (425%)	0.551 (399%)	0.499 (371%)
ประเทศไทย						
		51,4049	0.497	0.755 (52%)	0.734 (47%)	0.713 (43%)



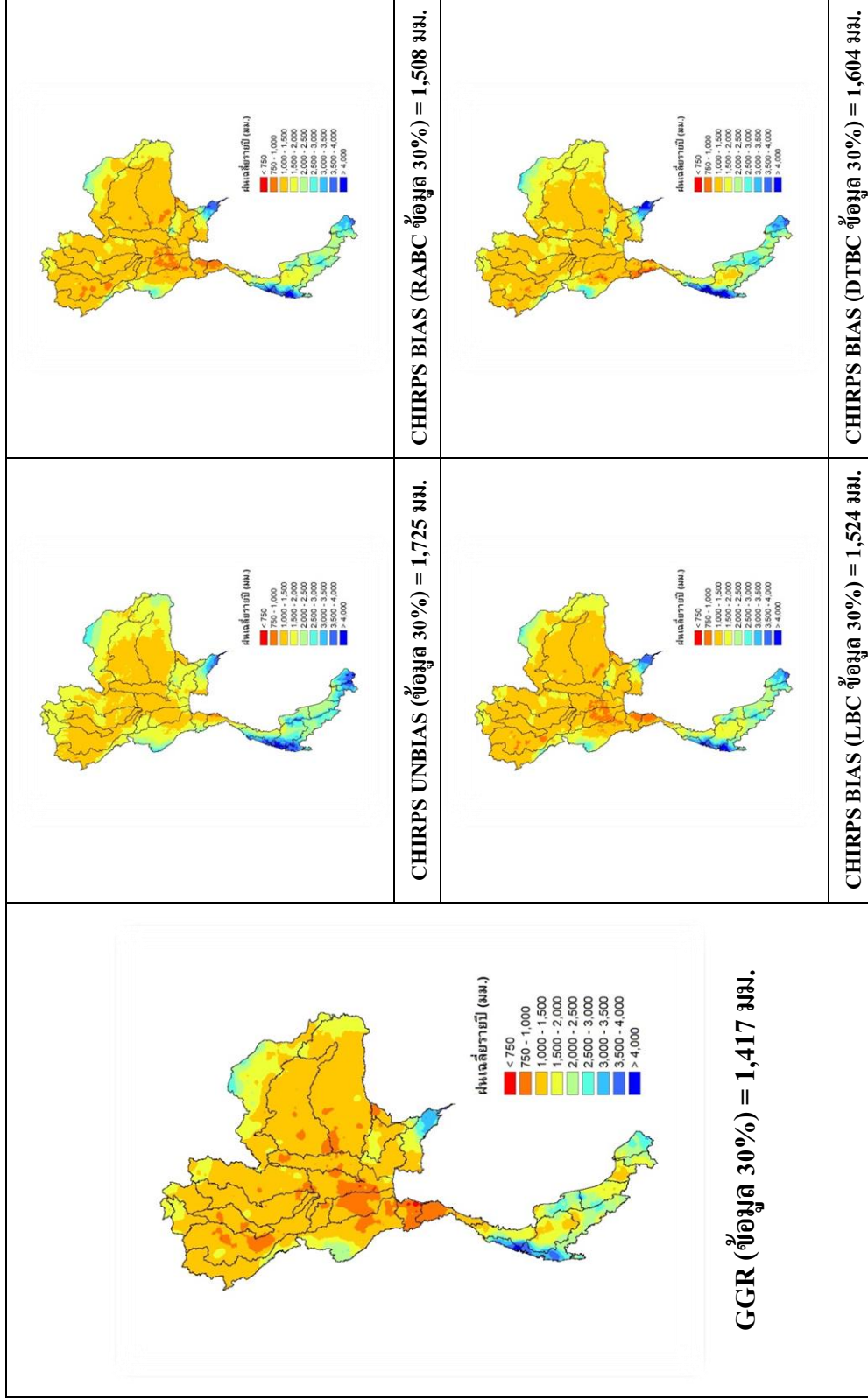
ภาพที่ 22 ค่าเฉลี่ยของดัชนี NSE_{bias} เชิงพื้นที่ของก่อนและหลังปรับแก้ทั้ง 3 วิธี

ตารางที่ 15 ความคลี่ยนเคลื่อนที่รายปีจากข้อมูลผนกริด (GGR) กับข้อมูลผนจากผลิตภัณฑ์ใน CHIRPS ก่อนและหลังปรับแก้ (ชุดข้อมูล 30%)

รหัสลุ่มน้ำ	ชื่อลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	GGR	CHIRPS		CHIRPS BIAS		CHIRPS BIAS		หน่วย: มิลลิเมตร
				UNBIAS	(RABC)	(LBC)	(DTBC)			
01	ลุ่มน้ำสาละวิน	19,106	1,294	1,412	1,385	1,440	1,466			
02N	ลุ่มน้ำโขง (ภาคเหนือ)	10,034	1,404	1,636	1,450	1,442	1,449			
02NE	ลุ่มน้ำกก	47,155	1,644	1,828	1,646	1,657	1,781			
03	ลุ่มน้ำปิง	7,300	1,454	1,679	1,425	1,421	1,456			
04	ลุ่มน้ำวัง	49,130	1,210	1,404	1,258	1,273	1,368			
05	ลุ่มน้ำยม	71,072	1,283	1,528	1,337	1,360	1,425			
06	ลุ่มน้ำน่าน	34,499	1,138	1,330	1,186	1,209	1,279			
07	ลุ่มน้ำโขง (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ)	10,794	1,093	1,289	1,165	1,174	1,219			
08	ลุ่มน้ำชี	23,948	1,194	1,457	1,289	1,298	1,349			
09	ลุ่มน้ำมูล	34,908	1,267	1,501	1,369	1,380	1,467			
10	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา	20,266	1,076	1,408	1,155	1,157	1,290			
11	ลุ่มน้ำสะแกกรัง	5,056	1,237	1,680	1,337	1,374	1,424			
12	ลุ่มน้ำป่าสัก	15,623	1,135	1,386	1,258	1,265	1,367			
13	ลุ่มน้ำท่าจีน	13,492	1,044	1,373	1,070	1,074	1,180			
14	ลุ่มน้ำแม่กลอง	30,181	1,395	1,816	1,482	1,501	1,499			
15	ลุ่มน้ำเพชรบุรี	9,672	1,419	1,729	1,520	1,525	1,647			
16	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลประจวบคีรีขันธ์	10,701	1,374	1,623	1,344	1,342	1,481			

ตารางที่ 15 (ต่อ)

รหัสผู้นำ	ชื่อผู้นำ	พื้นที่ (ตร.กม.)	GGR	CHIRPS UNBIAS	CHIRPSBIAS (RABC)	CHIRPSBIAS (LBC)	CHIRPSBIAS (DTBC)
17	ผู้นำปราจีนบุรี	4,086	1,381	1,598	1,507	1,511	1,712
18	ผู้นำบางปะกง	13,093	2,106	2,348	2,265	2,272	2,484
19	ผู้นำโพนเลสาป	6,260	919	1,578	1,110	1,110	1,075
20	ผู้นำชายฝั่งทะเลตะวันออก	7,133	991	1,515	1,170	1,172	1,152
21	ผู้นำภาคใต้ฝั่งตะวันออก	26,068	2,065	2,684	2,350	2,369	2,487
22	ผู้นำตป	13,562	1,880	2,768	2,055	2,063	1,967
23	ผู้นำทะเลสาบสงขลา	8,481	2,002	2,379	2,297	2,286	2,568
24	ผู้นำปัตตานี	3,655	1,992	3,265	2,491	2,616	2,507
25	ผู้นำภาคใต้ฝั่งตะวันตก	18,776	2,502	3,008	2,682	2,713	2,863
ประเทศไทย		51,4049	1,417	1,725	1,508	1,524	1,604



ภาพที่ 23 ความลึกฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่จากข้อมูลฝนกริด (GGR) กับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ก่อนและหลังปรับแก้ (ชุดข้อมูล 30%)

สรุปและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาเรื่อง “การสร้างฝนกริดแบบรายเดือนสำหรับประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดและผลิตภัณฑ์การรับรู้จากระยะไกล” ได้ดำเนินการสร้างฝนกริดแบบรายเดือนสำหรับประเทศไทยในระหว่างปี พ.ศ. 2528-2558 จำนวน 2 ชุด คือ ข้อมูลฝนกริด (GGR) จากข้อมูลฝนที่ได้จากสถานีตรวจวัดภาคสนามที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว และข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ที่ผ่านการปรับแก้ให้เข้ากับข้อมูลฝนกริด (GGR) จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า มีความจำเป็นอย่างมากที่ข้อมูลฝนที่ได้จากสถานีตรวจวัดภาคสนามจะต้องได้รับการตรวจสอบตำแหน่งที่ตั้งและความถูกต้องของข้อมูลก่อนนำไปใช้งาน โดยในการศึกษานี้ได้พิสูจน์ให้เห็นว่า วิธี Double Mass Curve (DMC) มีประสิทธิภาพที่สามารถใช้ตรวจสอบความเชื่อถือได้ของข้อมูลฝนแบบรายเดือนได้เป็นอย่างดี และเมื่อทำการตัดข้อมูลฝนที่มีความผิดพลาดที่ชัดเจนออกไปจากอนุกรมฝนในบางสถานี วัตถุประสงค์ของข้อมูลฝนภาคสนามมีความสอดคล้องกับข้อมูลฝนที่ได้จากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS มากขึ้น โดยข้อมูลฝนทั้ง 2 ประเภท สามารถนำมาใช้ประโยชน์ร่วมกันในการพิจารณาตัดข้อมูลที่มีความผิดพลาดออกไป โดยในการศึกษานี้ได้เสนอแนะแนวทางในการเลือกตัดข้อมูลฝนอย่างสมเหตุสมผลด้วยการนำข้อมูลฝนที่ได้จากการตรวจวัดที่เหลืออยู่จากการตัดข้อมูลในแต่ละกรณีศึกษามาเปรียบเทียบกับข้อมูลฝนที่ได้จากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS จากนั้นเลือกตัดข้อมูลที่ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดมีความเข้ากันได้มากที่สุดกับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS จากนั้นจึงนำข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดที่เหลือมาสร้างข้อมูลฝนกริด (GGR) แบบรายเดือนในช่วงเวลาดังกล่าวเพื่อนำไปปรับแก้ข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ให้มีความถูกต้องมากขึ้น จากนั้นจึงสามารถนำแพลตฟอร์มการปรับแก้ที่ได้ไปใช้ในการปรับแก้ฝน CHIRPS ในอนาคต ทั้งนี้วิธีการปรับแก้ที่มีความสามารถสูงสุดในการปรับข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS ให้เข้ากับข้อมูลฝนกริด (GGR) คือวิธี RBAC อย่างไรก็ตาม วิธีการ DTBC และ LBC นับว่ามีความสามารถในการปรับแก้ที่ใกล้เคียงกันมากกับวิธี RBAC ดังนั้น วิธีการปรับแก้ที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลมากนักต่อผลการปรับแก้ข้อมูลฝนจากผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS นอกจากนั้นแล้ว จากผลการศึกษาที่ได้เป็นการยืนยันว่าผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS สามารถถูกนำมาใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการประเมินฝนแบบกริด โดยผลิตภัณฑ์ฝน CHIRPS เป็นข้อมูลที่ได้จากเทคนิคการรับรู้จากระยะไกลที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้โดยง่าย ไม่เสียค่าใช้จ่าย และเป็นข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่ทุกจุดภาพของประเทศไทย รวมทั้งยังมีความเป็นไปได้ที่จะนำข้อมูลฝนที่ได้จากเทคนิคการรับรู้จากระยะไกลที่ประเมินได้ในบริเวณพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมที่จะติดตั้งสถานีตรวจวัด อาทิเช่น พื้นที่บริเวณภูเขาสูงและพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึง เป็นต้น มาช่วยเพิ่มความถูกต้องให้กับข้อมูลฝนที่ได้จากการตรวจวัด ซึ่งจะเป็นการนำเอาเทคโนโลยีขั้นสูงมาช่วยเสริมสร้างความถูกต้องให้กับข้อมูลฝนภาคสนามที่ต้องการทรัพยากรมนุษย์และค่าใช้จ่ายที่สูงมาก

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำ 2559. โครงการศึกษาความมั่นคงของกลุ่มน้ำอย่างยั่งยืนทั้ง 25 กลุ่มน้ำ, กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร

ชาญพิชญ์ กำพรหม 2558. การเฉลี่ยเชิงพื้นที่สำหรับดัชนีฝนมาตรฐานเพื่อการติดตามภัยแล้ง, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นุชนารถ 2555. โครงการตรวจสอบภัยแล้งและการเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับประเทศไทย, สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

วิษุวัตก์ เต็มสมบัติ และ นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ 2550. การประมาณค่าเชิงพื้นที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันโดยวิธี *Thin Plate Smoothing Spline* สำหรับกลุ่มน้ำปึงตอนบน. การประชุมวิชาการ. งานเกษตรกำแพงแสนครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

Becker, A., P. Finger, A. Meyer-Christoffer, B. Rudolf, K. Schamm, U. Schneider, and M. Ziese. 2013. A description of the global land-surface precipitation data products of the Global Precipitation Climatology Centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901–present, **Earth Syst. Sci. Data**. pp. 71-99.

Chappell, A., L. J. Renzullo, T. H. Raupach, and M. Haylock. 2013. Evaluating geostatistical methods of blending satellite and gauge data to estimate near real-time daily rainfall for Australia. **J. Hydrol.** pp. 105–114.

Dutton, M. and T. Jenkins. 2008. **A Heated Aerodynamic Universal Precipitation Gauge**. Environmental Measurements Limited, Sunderland, UK.

- Huffman et al. 2007. The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-Global, Multiyear, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scales. **J. Hydrometeorology**. pp. 38-55.
- Hydrology Division Office of Water Management and Hydrology Royal Irrigation Department 2015.
List of Rainfall Station Up to year 2015
- Nash, J. E. and J. V. Sutcliffe 1970, River Flow Forecasting Through Conceptual Models, Part 1: A Discussion of Principles, **Journal of Hydrology**. pp. 282-290.
- Peterson, T. C. and R. S.Vose. 1997. An overview of the Global Historical Climatology Network temperature database. **B Am Meteorol. Soc.** pp. 2837–2849.
- Ren, Z. and M. Li 2007. Errors and correction of precipitation measurements in China. **Advances in Atmospheric Sciences**. pp. 449–458.
- Searcy, J. K. and C. H. Hardison 1960. **Double Mass Curves. Manual of hydrology: Part 1. General Surface Water Techniques**, US Geological Survey, Water-Supply Paper 1541-B.
- Sevruk, B. 1996. Adjustment of tipping-bucket precipitation gauge measurements. **Atmos. Res.** pp. 237–246.
- Yoo, C. 2000. On the sampling errors from raingauges and microwave attenuation measurements. **Stoch. Environ. Res.** pp. 69–77.

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นายกมลพัฒน์ ดันตีสุนิษฐ์กุล
เกิดวันที่	31 สิงหาคม 2535
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. วิศวกรรมโยธา-ทรัพยากรน้ำ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-