

การศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และข้อมูลทาง
อุทกวิทยาในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

นางสาวกนกพรรณ ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา



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

สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A studying comparison of total water storage change from GRACE data and
Hydrological data in central of Thailand

Miss Kanokphan Palakavong N Ayutaya



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Survey Engineering

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด
จากข้อมูลดาวเทียม GRACE และข้อมูลทางอุทกวิทยาใน
พื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

โดย

นางสาวกนกพรรณ ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา

สาขาวิชา

วิศวกรรมสำรวจ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ดร.ชงทิศ ฉายากุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชรินทร์ ทินนโชติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.ชงทิศ ฉายากุล)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ์ ชีโอนิธิไพศาล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ปกรณ์ เพ็ชรประยูร)

กนกพรรณ ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา : การศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และข้อมูลทางอุทกวิทยาในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย (A studying comparison of total water storage change from GRACE data and Hydrological data in central of Thailand) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ดร.ชงทิศ ฉายากุล, 96 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดในพื้นที่ภาคกลางของ ประเทศไทย เพื่อตรวจสอบค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้จากการประมวลผลระหว่างข้อมูลดาวเทียม GRACE (Total Water Storage Change from GRACE, ΔTWS GRACE) และข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ประมวลผลจากข้อมูลทางอุทกวิทยาที่ได้จากสถานีตรวจวัดต่างๆ(Total Water Storage Change from Hydrological, ΔTWS Hydrological) เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากดาวเทียม GRACE ว่าสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้แทนข้อมูลที่ได้จากข้อมูลทางอุทกวิทยาได้หรือไม่ จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม GRACE มีความสอดคล้องกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้จากข้อมูลทางอุทกวิทยา ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากข้อมูลสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน ดังนั้นข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม GRACE สามารถนำมาใช้ดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากกราฟ แทนการใช้ข้อมูลจากภาคพื้นดินซึ่งข้อมูลภาคพื้นดินมีข้อจำกัดด้านพื้นที่ ที่ไม่ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย และสามารถช่วยพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด เพื่อนำไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ

สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ

ปีการศึกษา 2559

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

5770497821 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEYWORDS: GRACE / TOTAL WATER STORAGE

KANOKPHAN PALAKAVONG N AYUTAYA: A studying comparison of total water storage change from GRACE data and Hydrological data in central of Thailand.

ADVISOR: THONGTHIT CHAYAKULA, Ph.D., 96 pp.

This research were undertaken to study the changes of the total water storage in the central region of Thailand. The specific objectives are to determine value of the changes of the total total water storage from processing data of GRACE satellite (Total Water Storage Change from GRACE, ΔTWA GRACE) and determine data of the changes of the total water storage from processing data of hydrology which were obtained from the meteorological stations (Total Water Storage Change from hydrological, ΔTWS hydrological). Moreover, this research is to assess efficiency of data of the change of the total water storage from GRACE satellite and its possibility to replace data of hydrology. The results can conclude that data of the change of the total water storage obtained from GRACE satellite is consistent with hydrological data of the change of the total water storage obtained from the meteorological stations. Thus, data of the change of the total water storage obtained from GRACE satellite can be used to see trend of the change of the total water storage from graph instead of using hydrological data from the meteorological stations which had limitation of area that did not cover the central region of Thailand. Moreover, data of the change of the total water storage obtained from GRACE satellite also can be used to forecast the change of total water storage to manage water more efficiently.

Department: Survey Engineering

Student's Signature

Field of Study: Survey Engineering

Advisor's Signature

Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.ธงทิศ ฉายากุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ให้โอกาสความรู้ และแนวคิด รวมไปถึงการติดต่อประสานงานเพื่อขอความอนุเคราะห์ข้อมูล วิธีการเขียนงานวิจัย และเทคนิควิธีการในการทำงานวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณคุณแม่ ที่เป็นกำลังใจและคอยสนับสนุน ทั้งด้านกำลังใจ และด้านการเงิน เป็นกำลังหลักในการทำงานให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.ปกรณ เพ็ชรประยูร นักวิจัย สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำวิธีการทำงาน ช่วยเหลือในการประมวลผลข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ และเป็นกรรมการภายนอกมหาวิทยาลัยในการสอบ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุจิต คุณธนกุลวงศ์ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่อนุเคราะห์ข้อมูล และให้คำปรึกษาในการหาข้อมูล

ขอขอบพระคุณกรมชลประทาน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชรินทร์ ทินนโชาติ ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ์ ชื่อนิธิไพศาล กรรมการสอบ ที่กรุณาให้คำแนะนำ พร้อมทั้งให้แนวความคิดรวมถึงคำติชมต่างๆให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ ที่ให้ความรู้ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ และขอบคุณพี่ นายชัยพร กิจประชา เพื่อน และ น้อง นิสิตภาควิชาวิศวกรรมสำรวจทุกท่าน สำหรับความช่วยเหลือและมิตรภาพที่ดีตลอดมา พร้อมกันนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ทางสังคมและประเทศชาติสืบไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 GRACE DATA	6
2.2 Total Water Storage from GRACE	7
2.3 Hydrological Cycle	10
2.4 Precipitation.....	12
2.5 Evapotranspiration	16
2.6 River Runoff	17
บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
3.1 การประมาณการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำใต้ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในสภาพ สิ่งแวดล้อมที่มีความแห้งแล้ง	21
3.2 การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมระยะไกลในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ เพื่อวิเคราะห์ภัยแล้ง.....	23

3.3 การเฝ้าระวังภัยแล้ง และน้ำท่วมในที่ราบสูงทางตอนตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม GRACE	25
3.4 การวิเคราะห์ค่าการคายระเหย และข้อมูลความผันแปรความชื้นในดินจากข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลทางอุทก-วิทยาบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำอาร์คันซอแม่น้ำแดง	27
บทที่ 4 วิธีการดำเนินงาน	29
4.1 การประมวลผล Total Water Storage from GRACE, ΔTWS_{GRACE}	29
4.2 การประมวลผล Total Water Storage from Hydrological Data, $\Delta TWS_{Hydrological}$	31
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	35
4.4 แผนผังการดำเนินงาน	35
บทที่ 5 ผลการศึกษา	37
5.1 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม GRACE	37
5.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลสถานีตรวจวัด ($\Delta TWS_{Hydrological}$)	42
บทที่ 6 อภิปราย สรุปผล และข้อเสนอแนะ	47
6.1 อภิปรายผลการศึกษา	47
6.2 สรุปผลการศึกษา	53
6.3 ข้อเสนอแนะ	53
รายการอ้างอิง	54
ภาคผนวก	55
ภาคผนวก ก. รายละเอียดข้อมูลสถานีวัดปริมาณน้ำฝน	56
รายการอ้างอิง	92
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	96

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลปริภูมิที่ใช้ในการศึกษา	4
ตารางที่ 5.1 ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE	40
ตารางที่ 5.2 ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูล Hydrological	45



สารบัญรูปลูกภาพ

รูปที่ 1.1	พื้นที่ที่ศึกษา.....	3
รูปที่ 1.2	แผนที่แสดงสถานีวัดปริมาณน้ำฝนและน้ำท่า	4
รูปที่ 2.1	การทำงานของดาวเทียม GRACE	7
รูปที่ 2.2	Grace Mission Data Flow	8
รูปที่ 2.3	การประมวลผลข้อมูล GRACE เป็น Total Water Storage	9
รูปที่ 2.4	Total Water Storage GRACE	10
รูปที่ 2.5	Hydrological Cycle.....	10
รูปที่ 2.6	เครื่องวัดน้ำฝนตามแบบมาตรฐานของ U.S. National Weather Service.....	14
รูปที่ 2.7	การอ่านปริมาณน้ำฝนจากกระบอกรับน้ำฝนและกระบอกตวง	15
รูปที่ 2.8	ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลการคายระเหย.....	17
รูปที่ 2.9	การติดตั้งแผ่นวัดระดับน้ำ	18
รูปที่ 2.10	เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบข้อมูลต่อเนื่อง	19
รูปที่ 2.11	เครื่องวัดระดับน้ำแบบโทรมาตร.....	19
รูปที่ 3.1	พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาบริเวณ Central Valley in California.....	21
รูปที่ 3.2	ผลลัพธ์การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และข้อมูลทางอุทกวิทยา.....	23
รูปที่ 3.3	กระบวนการจำแนกชั้นข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม GRACE.....	24
รูปที่ 3.4	การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม GRACE	24
รูปที่ 3.5	แผนที่แสดงระดับภัยแล้งของ The US and North American Drought Monitors	25
รูปที่ 3.6	แผนที่แสดงพื้นที่ที่ใช้ทำการศึกษา.....	25
รูปที่ 3.7	ผลการเปรียบเทียบข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด	26

รูปที่ 3.8 ข้อมูลทางอุทกวิทยารายปีของกลุ่มน้ำอาร์คันซอแม่น้ำแดง	27
รูปที่ 3.9 ข้อมูลความผันแปรของข้อมูลปริมาณความชื้นในดินเป็นรายปี	27
รูปที่ 3.10 การเปรียบเทียบค่าการคายระเหยในแต่ละเดือนของแต่ละสมมติฐาน	28
รูปที่ 4.1 ข้อมูลดาวเทียม GRACE รายเดือน	29
รูปที่ 4.2 การตัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม GRACE โดยโปรแกรม ArcMap 10.1	30
รูปที่ 4.3 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม GRACE ของพื้นที่ที่ใช้ศึกษา	30
รูปที่ 4.4 ข้อมูล Eva transpiration จากข้อมูลดาวเทียม MODIS 16.....	31
รูปที่ 4.5 การตัดข้อมูลดาวเทียม MODIS 16 โดยโปรแกรม ArcMap 10.1	32
รูปที่ 4.6 ข้อมูล Evapotranspiration ของพื้นที่ที่ใช้ศึกษา.....	33
รูปที่ 4.7 การ Interpolation ค่าปริมาณน้ำฝนรายเดือน โดยโปรแกรม ArcMap 10.1.....	34
รูปที่ 4.8 แผนผังการประมวลผลข้อมูล.....	36
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE.....	41
รูปที่ 5.2 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE.....	46
รูปที่ 6.1 กราฟแสดงค่าปริมาณน้ำทั้งหมดปี 2010	47
รูปที่ 6.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และ Hydrological ในปี ค.ศ.2011.....	48
รูปที่ 6.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และ Hydrological ในปี ค.ศ.2012.....	49
รูปที่ 6.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และ Hydrological ในปี ค.ศ.2013.....	49
รูปที่ 6.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และ Hydrological ในปี ค.ศ.2014.....	50
รูปที่ 6.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่าง ΔTWS_{GRACE} และ $\Delta TWS_{Hydrological}$	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสถานการณ์น้ำในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ.2553-2558) ประเทศไทยได้ประสบปัญหา ด้านทรัพยากรน้ำ ทั้งภัยแล้ง อุทกภัย และมีแนวโน้มรุนแรงเพิ่มมากขึ้นทุกปี ก่อให้เกิดความเสียหาย และมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะด้านเกษตรกรรม และ อุตสาหกรรม จึงมีการแก้ไขปัญหาด้านทรัพยากรน้ำ โดยการวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่าง เป็นระบบ จึงจำเป็นต้องมีการติดตามสถานการณ์น้ำในประเทศ และมีการวิเคราะห์สถานการณ์น้ำ อย่างต่อเนื่องในทุกพื้นที่ของประเทศ เพื่อทำการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างถูกต้อง และ ครอบคลุมพื้นที่ของทั้งประเทศ ซึ่งในปัจจุบันมีข้อจำกัดในการรวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณ น้ำทั้งหมดที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากสถานีตรวจวัดที่อยู่ในพื้นที่ต่างๆของประเทศ (Hydrological Data) ซึ่งมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่เกิดจาก หยาดน้ำฟ้า (Precipitation), น้ำท่า (Runoff) และการคายระเหย (Evapotranspiration) เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวยังไม่ครอบคลุม ปริมาณน้ำทั้งหมด (Total Water Storage) ที่มีอยู่ในพื้นที่ ได้แก่ ความชื้นในดิน (Soil Moisture) และ น้ำใต้ดิน (Ground Water) ทำให้ไม่ทราบข้อมูลปริมาณน้ำทั้งหมดที่แท้จริง เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมา ทำการวางแผนการจัดการปริมาณน้ำอาจทำให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนได้ ทำให้เกิดการวางแผน จัดการปริมาณน้ำที่ผิดพลาด

ในปัจจุบันมีโครงการ Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) ที่ก่อตั้ง โดยองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (NASA) และองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ เยอรมัน (German Aerospace Center) เป็นดาวเทียมที่ทำการวัดสนามแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity Field) ซึ่งสนามแรงโน้มถ่วงของโลกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของมวล สารของโลกในช่วงเวลาต่างๆ ความหนาแน่นของมวลสารโลกมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ น้ำในมวลสาร ดังกล่าวเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของมวลสารโลก ทำให้สามารถนำมาศึกษา และติดตามปริมาณการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด (Total Water Storage Change) และนำ ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด มาวิเคราะห์และวางแผนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ การบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของมวลสารโลกที่เกิดขึ้น สามารถทำการบันทึก

เหตุการณ์ของการเปลี่ยนแปลงนั้นได้ วันละ 5 ครั้ง ดังนั้นภายใน 1 เดือน ดาวเทียมทั้งสองสามารถวัดสนามแรงโน้มถ่วง ในบริเวณต่างๆ ของโลกได้หมด แต่มีข้อจำกัดที่ว่า ข้อมูลที่ได้เป็นผลรวมของอิทธิพลสนามแรงโน้มถ่วงอันเกิดจาก น้ำทะเล หินใต้ดิน และอื่นๆ อย่างบนผิวโลก

โดยที่ GRACE ยังไม่สามารถ แยกแยะอิทธิพลของสิ่งต่างๆ ออกจากกันได้ เพราะดาวเทียมทั้งสองต้องใช้เวลาสแกนภาพ นาน 1 เดือน ดังนั้น เหตุการณ์ต่างๆถ้ามีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วและใช้เวลาน้อยกว่า 1 เดือน GRACE ไม่สามารถตรวจจับและวิเคราะห์ผลได้ ปัจจุบันดาวเทียม GRACE สามารถหาค่าความหนาแน่นของมวลสารของโลก และแปลงค่าความหนาแน่นของมวลสารโลกเป็นปริมาณน้ำที่อยู่บนผิวโลก ทำให้สามารถประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดได้ (Swenson & Milly, 2006) ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้จากข้อมูลทางอุทกวิทยาสามารถคำนวณได้โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลการคายระเหย และข้อมูลปริมาณน้ำท่า จากสมการ Hydrological budget (Shusen Wang, 2012)

ในบทความนี้ได้นำเสนอการประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE ในปี พ.ศ.2553 ถึง พ.ศ.2557 เปรียบเทียบกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลอุทกวิทยา (Hydrology Data) เพื่อประเมินประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE เทียบกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลอุทกวิทยา ว่าข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม GRACE สามารถนำมาทดแทนการใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลอุทกวิทยาซึ่งมีข้อจำกัดในด้านพื้นที่ และความครอบคลุมของข้อมูลปริมาณน้ำทั้งหมดของมวลสารโลก และสามารถนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากดาวเทียม GRACE มาใช้ในการติดตามสถานการณ์น้ำ และประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย เพื่อตรวจสอบค่าที่ประมวลผลจากข้อมูลดาวเทียม GRACE (Total Water Storage from GRACE, ΔTWS GRACE) เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ประมวลผลจากข้อมูลอุทกวิทยาที่ได้จากสถานีตรวจวัดต่างๆ (Total Water Storage from Hydrological, ΔTWS Hydrological) และนำค่าที่ได้มาแสดงผลในรูปแบบของกราฟ เพื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด

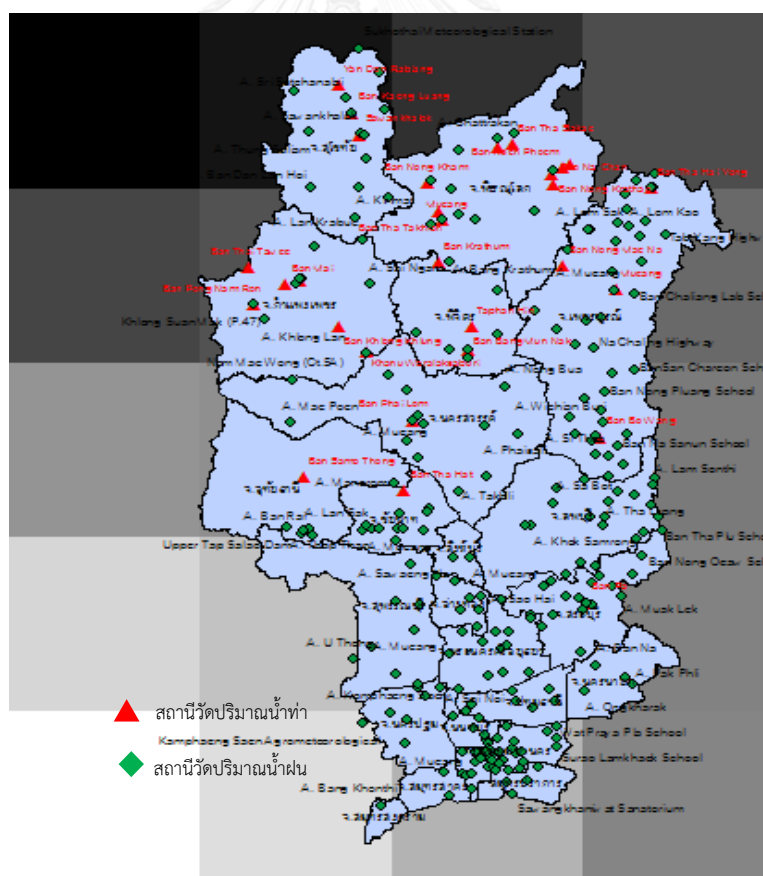
1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 พื้นที่ศึกษา ใช้พื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย 22 จังหวัด

กลุ่มข้อมูล	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล	ประเภทของข้อมูล	Resolution
Hydrological Data	การคายระเหย	ดาวเทียม MODIS (MODIS 16)	ข้อมูลภาพถ่าย ดาวเทียม	0.5 ⁰
GRACE Data	Total Water Storage	ดาวเทียม GRACE (RL05)	ข้อมูลภาพถ่าย ดาวเทียม	1 ⁰

ตารางที่ 1.1 ข้อมูลปริภูมิที่ใช้ในการศึกษา

1.3.3 สถานีวัดปริมาณน้ำฝน และน้ำท่า



รูปที่ 1.2 แผนที่แสดงสถานีวัดปริมาณน้ำฝนและน้ำท่า

1.3.4 ใช้ซอฟต์แวร์ ArcGIS และ Matlab ในการประมวลผลภาพ และใช้ซอฟต์แวร์ Microsoft Excel ในการคำนวณ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบการประมวลผลข้อมูลดาวเทียม GRACE และแปลงข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมเป็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด (Total Water Storage)

1.4.2 สามารถนำค่าที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม GRACE มาใช้ในการประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด และวิเคราะห์สถานการณ์น้ำ แทนการใช้ข้อมูลที่ได้จากภาคสนาม



บทที่ 2

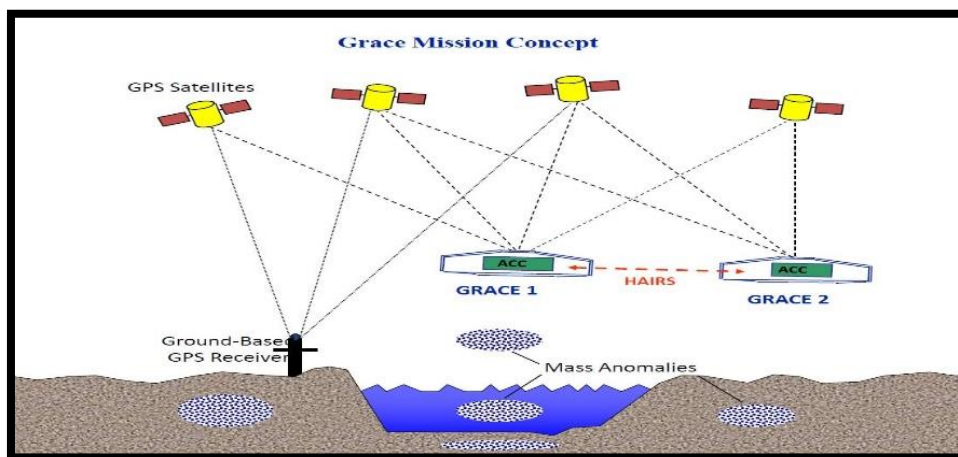
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย องค์ประกอบของข้อมูลดาวเทียม GRACE การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม GRACE การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากองค์ประกอบของข้อมูล Hydrological และการประมาณค่าของข้อมูล (Interpolation) ของปริมาณน้ำฝน และน้ำท่า

2.1 GRACE DATA

โครงการ Gravity Recovery And Climate Experiment หรือ GRACE เป็นโครงการที่ร่วมมือกันระหว่างองค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (NASA) และศูนย์การบินและอวกาศแห่งชาติเยอรมัน (German Aerospace Center) ปฏิบัติภารกิจเกี่ยวกับการวัดแรงโน้มถ่วงของโลก เริ่มปฏิบัติการกิจตั้งแต่เดือนมีนาคม ค.ศ. 2002 โดยทางโครงการได้ตั้งสมมติฐานว่า แรงโน้มถ่วงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากมวลของโลก จึงทำการวัดการเปลี่ยนแปลงจากมวลของโลก ดังนั้นข้อมูลดาวเทียม GRACE จึงสามารถนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงมวลของมหาสมุทร มวลของโลก และสภาพภูมิอากาศ วิธีการวัดข้อมูลดาวเทียม GRACE เริ่มจากตัวดาวเทียม GRACE ประกอบไปด้วยตัวยานดาวเทียม 2 ดวง (Tom and Jerry) ในตัวยานจะประกอบไปด้วยเครื่องรับสัญญาณ GPS เป็นเครื่องมือในการระบุตำแหน่งการวัดบนพื้นผิวโลก และเครื่อง accelerometer ใช้วัดความเร่ง สำหรับการส่งสัญญาณระหว่างตัวยานสองดวงส่งด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยตัวยานจะถูกส่งให้อยู่เหนือพื้นดิน 500 กิโลเมตร และระยะห่างระหว่างตัวยาน 220 กิโลเมตร การวัดความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงมวลสารของโลก โดยวัดจากความเร่งอันเนื่องมาจากระยะห่างของตัวยานทั้งสองที่เปลี่ยนแปลงไป โดยยานทั้งสองจะโคจรในวงโคจรของโลกเมื่อยานเคลื่อนตัวไปบริเวณพื้นโลกที่เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดึงดูดบนพื้นโลก การเปลี่ยนแปลงแรงโน้มถ่วงของโลกจะกระทำต่อตัวยานโดยดึงดูดตัวยานตัวที่ 1 ให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ทำให้ระยะห่างระหว่างตัวยานทั้งสองเพิ่มขึ้น และเมื่อตัวยานตัวที่ 2 เคลื่อนที่ผ่านจุดที่มีสนามแรงโน้มถ่วงจุดเดียวกันและกระทำต่อยานที่ 2 จะทำการเคลื่อนตัวไปข้างหน้า เพื่อรักษาระยะห่างระหว่างยานให้คงที่ โดยที่การวัดระยะห่างระหว่างดาวเทียมสองดวงใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (Global Analysis System, GPS) และระบบช่วงคลื่นไมโครเวฟเป็นตัววัดระยะห่างระหว่างดาวเทียม ที่ต้องใช้ยานถึงสองดวงเพราะ จะตัดค่าความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากชั้นบรรยากาศ เพื่อให้เหลือแค่ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

(G) และนำค่า G มาใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมวลสารของโลก ค่า G ดังกล่าวคือ แบบจำลองชนิดความโน้มถ่วงพิภพ เช่น EGM2008 เป็นต้น

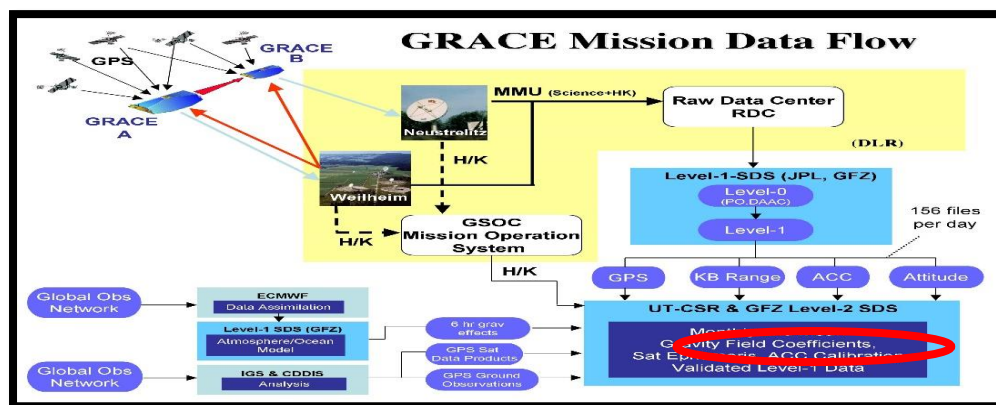


รูปที่ 2.1 การทำงานของดาวเทียม GRACE

ที่มา: (Byron Tapley, 2012)

2.2 Total Water Storage from GRACE

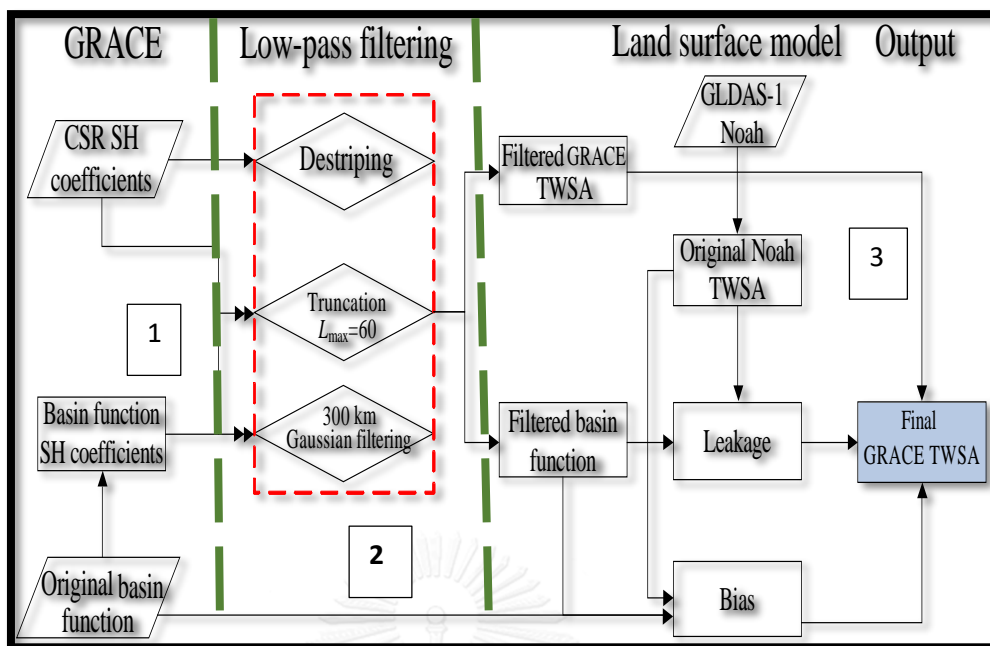
การเปลี่ยนแปลงของมวลสารโลกที่ดาวเทียม GRACE ทำการวัดค่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่อยู่ในมวลสารโลกที่เกิดการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา ทำให้แรงโน้มถ่วงที่วัดได้เกิดการเปลี่ยนแปลง จึงนำข้อเท็จจริงดังกล่าวมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และบริหารการจัดการน้ำ ข้อมูลดังกล่าวได้มาจากระบวนการประมวลผลข้อมูลจากดาวเทียม GRACE (Raw Data Center) ดังรูปที่ 2.2 ผลลัพธ์ที่ออกมาอยู่ในรูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์ของอนุกรมฮาร์โมนิก spherical harmonic(SH) หรือค่า Gravity Field Coefficients



รูปที่ 2.2 Grace Mission Data Flow

ที่มา: (under & Program, 2012)

กระบวนการแปลงข้อมูล Gravity Field Coefficients เป็นข้อมูล Total Water Storage จะแบ่งได้เป็นสามช่วง ดังรูปที่ 2.3 โดยที่ช่วงที่ (1) คือข้อมูล Gravity Field Coefficients จากดาวเทียม GRACE ช่วงที่ (2) นำข้อมูล Gravity Field Coefficients เข้ากระบวนการ Low-pass filtering เป็นกระบวนการกรองภาพบริเวณที่มีความถี่เชิงพื้นที่ต่ำให้สามารถผ่านขั้นตอนการกรองภาพผ่านไปได้ ส่วนบริเวณที่มีความถี่เชิงพื้นที่สูงกว่ากำหนดขบวนการนี้จะกรอกให้ความถี่ลดต่ำลง การกรองเพื่อลดความถี่เชิงพื้นที่นี้ ทำให้ภาพที่มีความถี่เชิงพื้นที่สูงมีความนุ่มนวลขึ้น เพื่อลบหรือลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขณะดาวเทียมตรวจจับภาพ ช่วงที่ (3) แบบจำลองพื้นผิวดิน (Land surface model) โดยแบบจำลองดังกล่าวใช้ข้อมูล GLDAS-1 จากดาวเทียม Noah ซึ่งเป็นข้อมูลส่วนประกอบของผิวดิน ในวัฏจักรอุทกวิทยามีพารามิเตอร์ อันประกอบไปด้วย ข้อมูลพืชพันธุ์ต่างๆ ข้อมูลดิน และข้อมูลชั้นความสูง GLDAS-1 และข้อมูลน้ำใต้ดิน นำข้อมูลทั้งสองมาเข้ากระบวนการกรองภาพเพื่อลดการรบกวนของสัญญาณภาพ และกำจัดค่าความคลาดเคลื่อนออก เมื่อทำกระบวนการดังกล่าวเรียบร้อยแล้ว จะได้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำโดยรวม (Total Water Storage, TWS) สามารถดาวน์โหลดข้อมูล Total Water Storage ที่ผ่านขบวนการดังกล่าว ที่ GRACE Tellus : Monthly Mass Grids - Land มาทำการวิเคราะห์ และศึกษาต่อไป



รูปที่ 2.3 การประมวลผลข้อมูล GRACE เป็น Total Water Storage
ที่มา: (Long, Longuevergne, & Scanlon, 2015)

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำโดยรวมของดาวเทียม GRACE (ΔTWS GRACE) สามารถอธิบายส่วนประกอบของข้อมูลได้จากสมการที่ (1)

$$TWS = GW + SW + SM \quad \text{--- (1)}$$

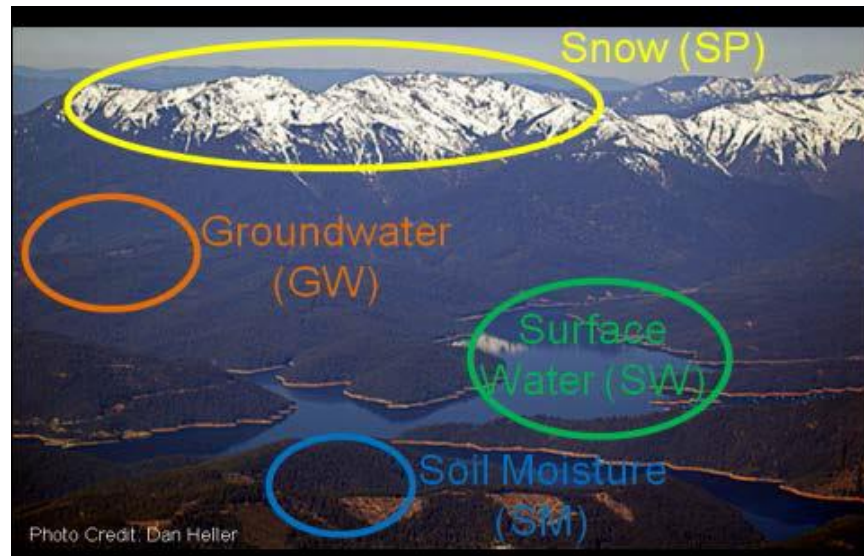
โดยที่

TWS คือ Total Water Storage GRACE หรือ การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE

GW คือ Ground Water หรือ น้ำใต้ดิน

Surface Water คือ Surface Water หรือ น้ำผิวดิน

เนื่องจากในประเทศไทยไม่มีหิมะ จึงไม่นำ SP (Snow Pack) หรือหิมะ มาคำนวณในสมการ

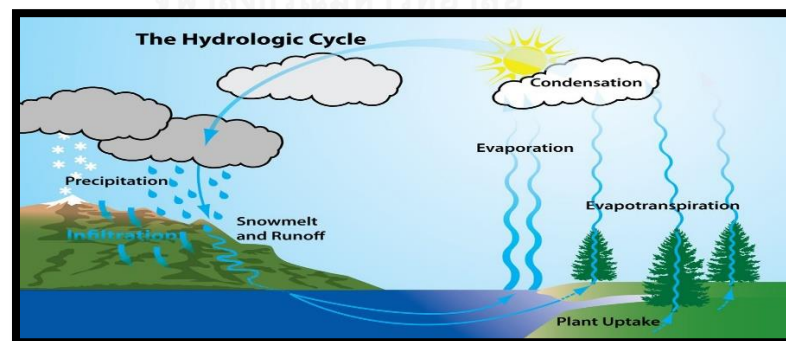


รูปที่ 2.4 Total Water Storage GRACE

ที่มา: (Kuss et al., 2012)

2.3 Hydrological Cycle

การเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่อง และมีความสัมพันธ์กันของน้ำในรูปแบบต่างๆ แสดงได้โดย วัฏจักรของน้ำหรือการหมุนเวียนทางอุทกวิทยา ตามรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 Hydrological Cycle

ที่มา: (Kuss et al., 2012)

ไอน้ำในบรรยากาศ (atmospheric moisture) คือ น้ำในรูปของไอน้ำที่มีอยู่ทั่วไปตลอดเวลา อาจมองเห็นได้ในรูปของเมฆ (cloud) หมอก (fog) หรือไม่สามารถมองเห็นในรูปแบบไอน้ำ (water vapor) ปริมาณไอน้ำที่มีความชื้นสูง การเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิตามวิถีของบรรยากาศรอบผิวโลก จะทำให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นละอองน้ำ และรวมตัวกันเป็นหยดน้ำตกลงสู่ผิวโลก เรียกว่า หยาดน้ำฟ้า หรือน้ำจากอากาศ (precipitation) โดยจะตกลงมาในรูปแบบต่างๆ เช่น ฝน (rainfall) หิมะ (snow) ลูกเห็บ (hail) น้ำแข็ง (ice) น้ำค้าง (dew) และน้ำค้างแข็งตัว (frost) เป็นต้น

ปริมาณการตกทั้งหมดอาจไม่ถึงพื้นดิน บางส่วนจะค้างอยู่ตามต้นไม้ หรือพืชต่างๆ เรียกว่า การดัก (interception) ซึ่งจะมีการระเหย (evaporation) และการคายน้ำ (transpiration) กลับคืนสู่บรรยากาศ ปริมาณการระเหยรวมกับการคายน้ำ เรียกว่า การคายระเหย (evapotranspiration)

ปริมาณฝนที่ตกลงถึงผิวดิน บางส่วนเกิดการซึม (infiltration) ลงใต้ผิวดินและกลายเป็นน้ำที่ไหลในดิน (subsurface flow) จนกระทั่งดินอิ่มตัว น้ำส่วนที่ซึมลงไปอิ่มตัวอยู่ในดินจะถูกดูดซึมลึก (percolation) ลงไปในชั้นดินตามแรงดึงดูดของโลก จนถึงระดับน้ำใต้ดิน (water table) ที่มีน้ำอิ่มตัวขังอยู่ เรียกว่า น้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล (ground water) น้ำใต้ดินมีหลายระดับชั้นจะไหลตามความลาดเทของชั้นดินลงไปสู่ที่ต่ำ และอาจไหลออกสู่แม่น้ำลำธาร หรือทะเลโดยตรง น้ำใต้ดินบางส่วนที่ไหลซึมไปจนถึงชั้นที่บ้นน้ำ จะไหลไปตามความลาดเทและขนานกับชั้นดินที่บ้นน้ำ เรียกว่า interflow ซึ่งจะไหลออกสู่ผิวดินหรือแม่น้ำได้อีก

ปริมาณการตกถึงผิวดิน อีกส่วนหนึ่งจะถูกเก็บตามหลุม บ่อ และพืชคลุมดิน เรียกว่า depression storage ซึ่งอาจระเหยกลับคืนสู่บรรยากาศ หรือซึมผ่านลงใต้ผิวดิน ปริมาณน้ำฝนบางส่วนจะจับตัวเป็นชั้นบางๆตามผิวดินช่วงเวลาขณะหนึ่ง เรียกว่า น้ำรอการไหลตามผิวดิน (detention storage) ก่อนที่จะเกิดการไหลออกตามผิวดิน (overland flow หรือ surface flow) หรือ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า น้ำท่าผิวดิน (surface runoff) ลงสู่แม่น้ำ ลำธาร ทะเลสาบ เรียกว่า น้ำท่า (runoff หรือ stream flow) จะมีการระเหยกลับคืนสู่บรรยากาศ บางส่วนไหลซึมลงใต้ดิน ไหลลงแม่น้ำ ลำธาร ทะเลสาบ ไหลออกสู่ทะเล และมหาสมุทร

ตลอดเวลาที่น้ำอยู่ในชั้นตอนต่างๆ จะเกิดการระเหยกลับคืนสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งสามารถกลั่นตัวเป็นหยดน้ำและกลายเป็นฝน ตกลงมาอีก วัฏจักรน้ำจึงไม่มีจุดเริ่มต้น และไม่มีที่สิ้นสุด จะหมุนเวียนอยู่เช่นนี้ และปริมาณน้ำในชั้นตอนต่างๆจะมีการแปรผันอยู่ตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆที่ควบคุม เช่น ลักษณะภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ และสภาพทางธรณีวิทยา

2.4 Precipitation

หยาดน้ำฟ้า ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานพุทธศักราช 2542 หมายถึง น้ำที่ตกจากบรรยากาศ หรือตกจากฟ้า ลงสู่พื้นดินในภาวะที่เป็นน้ำหรือน้ำแข็ง เช่น ฝน หิมะ ลูกเห็บ เป็นต้น และคำว่า หยาดน้ำฟ้า หรือ น้ำฟ้า ตามความหมายของคณะกรรมการจัดทำนิยามศัพท์อุตุนิยามวิทยา หมายถึง น้ำในลักษณะของเหลว หรือของแข็งในรูปแบบผลึก หรือของแข็งอสัณฐาน ที่เกิดขึ้นมาจากก้อนเมฆบนท้องฟ้าแล้วตกลงมายังพื้นโลก หรืออาจรวมถึง ฝนละออง ฝน หิมะ ผลึกน้ำแข็ง และลูกเห็บด้วย ลักษณะของหยาดน้ำฟ้ามีความแตกต่างไปจากเมฆ หมอก น้ำค้างแข็ง และไอน้ำ ตรงที่หยาดน้ำฟ้าจะตกลงจากบรรยากาศถึงพื้นดิน

หยาดน้ำฟ้าหรือชั้นน้ำจากชั้นบรรยากาศ (precipitation) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญและมีอิทธิพลต่อวัฏจักรของน้ำในพื้นที่หนึ่งๆ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากไอน้ำที่มีอยู่ในบรรยากาศได้รับความเย็นและเกิดการกลั่นตัวรวมกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้น จนมีน้ำหนักมากกว่าแรงลอยตัวตามปกติและเกินกว่าแรงยกตัวของกระแสอากาศไหลขึ้นทำให้ไม่สามารถลอยตัวอยู่ได้ในชั้นบรรยากาศ จึงตกลงสู่พื้นดินในลักษณะต่างๆด้วยความเร็วที่ต่างกัน ตามแรงดึงดูดของโลก (นิตยา หวังวงศ์โรจน์, 2551)

ฝน (rain, rainfall) คือ หยาดน้ำฟ้าที่ตกลงมาในรูปแบบของเหลว ประกอบด้วยหยดน้ำขนาดไม่ใหญ่กว่า 6 มิลลิเมตร ถ้ามีขนาดใหญ่กว่านี้ มักจะมีการแตกตัวกระจายขณะตกลงมา ฝนเกิดจากการที่มวลไอน้ำในบรรยากาศได้รับความเย็นและกลั่นตัวรวมกันเป็นเมฆฝน การเกิดของฝนอาจเริ่มจากไอน้ำในรูปผลึกน้ำแข็งในชั้นบรรยากาศที่เย็นจัด เมื่อรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้นเป็นเกล็ดหิมะ (snow flake) เมื่อตกลงมาสู่ชั้นบรรยากาศที่อุ่นกว่า หิมะจะหลอมละลายและตกสู่พื้นดินในรูปหยดของเหลว และเป็นหนึ่งในรูปแบบของหยาดน้ำฟ้า

สำหรับฝนในประเทศไทยจะสิ้นสุดฤดูร้อนและเข้าสู่ฤดูฝนประมาณกลางเดือนพฤษภาคม เป็นต้นไป จนถึงประมาณกลางเดือนตุลาคม ถือว่าสิ้นสุดฤดูฝนและจะเข้าสู่ฤดูหนาว รวมระยะเวลาฤดูฝนนานประมาณ 5 เดือน ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าว จะมีมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดพาเอาความชื้นจากทะเลเข้ามาปกคลุมประเทศไทย ฤดูฝนอาจเริ่มต้นเร็วหรือช้ากว่ากำหนดนี้ได้ประมาณ 1-2 สัปดาห์แล้วแต่ความแปรปรวนของสภาพอากาศในแต่ละปี ในภาคใต้จะแบ่งได้เป็น 2 ฝั่ง คือ ภาคใต้ฝั่งตะวันออก และฝั่งตะวันตกจะมีสภาพฝนต่างจากภาคอื่นๆ เพราะมีฝนตกชุกหนาแน่นตลอดเดือนตุลาคม และยังมีฝนตกต่อเนื่องไปอีกจนถึงสิ้นปี โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออก เป็นด้านที่รับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดพาเอาความชื้นขึ้นจากอ่าวไทยเข้ามาปกคลุมภาคใต้

ข้อมูลฝนในประเทศไทย โดยทั่วไปประเทศไทยมีฝนตกอยู่ในเกณฑ์ดี ปริมาณฝนรวมตลอดปีเฉลี่ยทั่วประเทศมีค่าประมาณ 1,564.8 มิลลิเมตร ซึ่งปริมาณฝนในแต่ละพื้นที่จะผันแปรไปตามลักษณะภูมิประเทศนอกเหนือจากการผันแปรตามฤดูกาล บริเวณประเทศไทยตอนบนปกติจะมีความแห้งแล้งและมีฝนน้อยในฤดูหนาว เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนปริมาณน้ำฝนที่ตกจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นบ้างรวมทั้งมี

พายุฝนฟ้าคะนอง และเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน ฝนจะตกเพิ่มมากขึ้นโดยมีปริมาณฝนตกมากที่สุดในเดือนสิงหาคมหรือเดือนกันยายน พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมากส่วนใหญ่จะอยู่จะอยู่ด้านหน้าทิวเขาหรือด้านที่รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ พื้นที่ด้านตะวันตก และตะวันออกของประเทศไทย ส่วนพื้นที่ที่มีฝนตกน้อยได้แก่พื้นที่ บริเวณตอนกลางของภาคเหนือ ภาคกลาง และทางภาคอีสานของประเทศไทย สำหรับภาคใต้มีฝนตกชุกตลอดปียกเว้นช่วงฤดูร้อน โดยเฉพาะพื้นที่ภาคใต้ฝั่งตะวันออกเพราะได้รับมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีฝนตกมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน สำหรับพื้นที่ที่มีฝนตกมากที่สุดใภาคใต้อยู่บริเวณจังหวัดระนอง การเกิดฝนตกในประเทศไทย เกิดขึ้นตามปัจจัยในแต่ละฤดูกาลดังนี้

1. ฤดูร้อน (กลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึง กลางเดือนพฤษภาคม) เกิดฝนตกเนื่องจาก
 - การเกิดฝนจากหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อนหรือมวลอากาศร้อนที่ปกคลุมประเทศไทยอยู่เดิม แล้วมีมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาปะทะจะทำให้เกิดฝนฟ้าคะนอง อาจมีลมแรงและมีลูกเห็บตกได้
 - เกิดการพัดสอบเข้าหากันของลมสองกระแส ทำให้เกิดการยกตัวของอากาศ และเมื่อมีการสะสมความชื้นที่เพียงพอ จะทำให้เกิดฝนฟ้าคะนองและมีลมกระโชกแรง
 - เกิดจากคลื่นกระแสลมตะวันตกเคลื่อนจากประเทศพม่าเข้าสู่ประเทศไทยตอนบน จะทำให้เกิดฝนฟ้าคะนอง จะมีลมกระโชกแรง
2. ฤดูฝน (กลางเดือนพฤษภาคม ถึง กลางเดือนตุลาคม) เกิดฝนตกเนื่องจาก
 - เกิดจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็นลมประจำฤดูกาล ที่นำความชื้นจากทะเลเข้าปกคลุมประเทศไทยทำให้เกิดฝนตก
 - เกิดจากร่องความกดอากาศต่ำหรือร่องมรสุม มีลักษณะเป็นแนวพาดขวางในทิศตะวันออกถึงตะวันตก ซึ่งเมื่อร่องความกดอากาศต่ำนี้พาดผ่านบริเวณใด
 - ช่วงต้นฤดู ช่วงปลายเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม อาจเกิดหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรง หรือพายุหมุนเขตร้อนทางตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ หรือในทะเลจีนใต้ เคลื่อนตัวเข้าใกล้ชายฝั่งประเทศเวียดนาม หรือเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย ทำให้มีฝนตกชุก
3. ฤดูหนาว (กลางเดือนตุลาคม ถึง กลางเดือนกุมภาพันธ์) เกิดฝนตกเนื่องจาก
 - เกิดจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เกิดฝนทางประเทศไทยตอนบน เมื่อพัดผ่านทะเลจีนใต้และอ่าวไทย จะนำความชื้นมาปกคลุมภาคใต้ฝั่งตะวันออก ทำให้เกิดฝนตกชุกเฉพาะเดือนพฤศจิกายน
 - เกิดจากหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรง หรือพายุหมุนเขตร้อน ในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม อาจเกิดหย่อมความกดอากาศต่ำ หรือพายุหมุนเขตร้อนก่อตัวในทะเลจีนใต้ หรือในอ่าวไทย ทำให้เกิดฝนตกเป็นบริเวณกว้าง

- เกิดจากการปะทะกันระหว่างมวลอากาศเย็นกับคลื่นกระแสลมตะวันตก ทำให้เกิดการยกตัวของอากาศเป็นเมฆฝนตกลงมาที่ประเทศไทยตอนบน

2.4.1 การวัดปริมาณน้ำฝน

การวัดปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาที่กำหนดจะแสดงผลในหน่วยความลึกของน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่โดยถือว่าปริมาณฝนแผ่กระจาย และมีความลึกสม่ำเสมอ (equivalent uniform depth) ที่ครอบคลุมทั้งพื้นที่ และมีสมมติฐานว่าไม่มีการไหลออกของน้ำท่า การซึมผ่านผิวดินหรือการระเหย หน่วยที่นิยมใช้ในการวัดปริมาณน้ำฝน คือ มิลลิเมตร

การวัดปริมาณน้ำฝนกระทำได้โดยการใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณน้ำฝน การตรวจวัดฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ และการตรวจวัดฝนด้วยดาวเทียมทางอุตุนิยมวิทยา สำหรับเครื่องมือการวัดปริมาณน้ำฝนในงานวิจัยครั้งนี้ ใช้ข้อมูลจากกรมชลประทาน ซึ่งใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบธรรมดา หรือ แบบมาตรฐาน ซึ่งมีลักษณะเป็นกระบอกตวง ใช้วัดปริมาณน้ำฝนรวมที่ตกลงมาในแต่ละครั้ง ไม่สามารถวัดข้อมูลปริมาณฝนอย่างต่อเนื่องได้ (non-recording rain gauge) ซึ่งในแต่ละประเทศอาจมีมาตรฐานแตกต่างกันไป แต่จะมีหลักการเดียวกันคือใช้สำหรับวัดความลึกฝนที่ตกในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยทั่วไป เครื่องวัดจะผลิิตมาจากโลหะที่ไม่เป็นสนิม

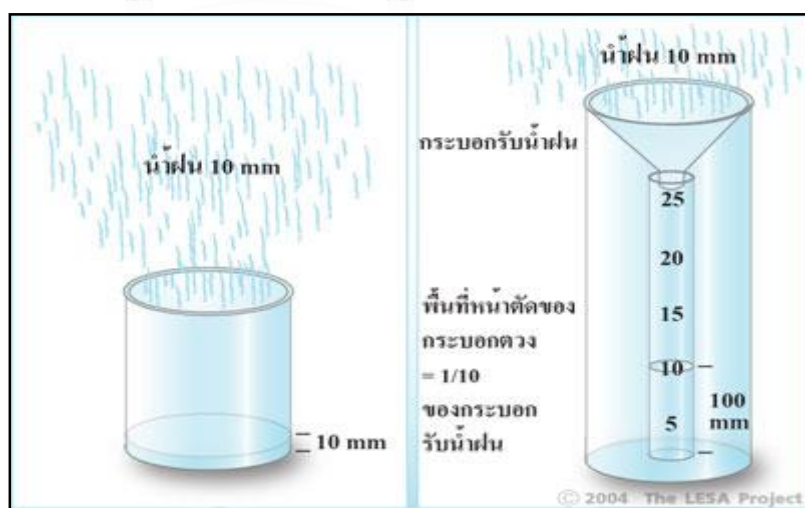


รูปที่ 2.6 เครื่องวัดน้ำฝนตามแบบมาตรฐานของ U.S. National Weather Service
ที่มา : (วิษญ์ ศรีวงษา, 2556)

เครื่องวัดปริมาณฝนตามแบบมาตรฐานของหน่วยงานด้านภูมิอากาศของสหรัฐอเมริกา (U.S. National Weather Service) มีส่วนประกอบ และวิธีการใช้งานดังต่อไปนี้ (นิตยา หวังวงศ์โรจน์, 2551)

1. ไม้วัดความลึกฝน (measuring stick)
2. กระบอกรับน้ำฝนหรือกรวยรับน้ำฝน (collector or receiver) มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปากกรวย 8 นิ้ว (20.32 เซนติเมตร) หรือคิดเป็นพื้นที่ที่น้ำฝน

$$(A_r) = \frac{\pi(20.32)^2}{4} = 324.29 \text{ ตารางเซนติเมตร}$$
3. กระบอกตวงหรือกระบอกวัดน้ำฝน (measuring tube) มีหน้าที่รองรับน้ำฝนที่ไหลผ่านลงมาจากกระบอกรับน้ำฝน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.43 เซนติเมตร คิดเป็นพื้นที่ผิวหน้าในกระบอกตวง $(A_t) = \frac{\pi(6.43)^2}{4} = 32.47 \text{ ตารางเซนติเมตร}$ จะเห็นได้ว่า อัตราส่วน $\frac{A_t}{A_r} = \frac{32.47}{324.29} \cong \frac{1}{10}$ แสดงว่า พื้นที่ผิวน้ำในกระบอกตวง มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{10}$ เท่าของพื้นที่ปากกรวยรับน้ำฝน ถ้าหากมีฝนตกลงมาแล้ววัดระดับน้ำฝน โดยใช้ไม้บรรทัดวัดในกระบอกตวงได้ 100 มิลลิเมตร จะสามารถหาปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาจริง โดยเทียบกับบริเวณพื้นที่รับน้ำฝนของปากกรวยซึ่งคิดเป็นปริมาณฝนตกจริง 10 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การอ่านปริมาณน้ำฝนจากกระบอกรับน้ำฝนและกระบอกตวง
 ที่มา : <https://sites.google.com/site/mekhhmxk/home/mekh>

4. ระบายน้ำล้น (overflow can) มีหน้าที่รับน้ำฝนที่ตกเกินกว่าขีดความสามารถของกระบอกตวง หรือกระบอกวัดน้ำฝนจะรับได้ ซึ่งจะมีน้ำส่วนหนึ่งไหลล้นลงสู่กระบอกรับน้ำล้น จากหลักการดังกล่าว สามารถตวงน้ำส่วนเกินที่ไหลล้นนี้แล้วนำไปรวมกับปริมาณน้ำจากกระบอกวัดน้ำฝนจะได้ปริมาณฝนทั้งหมด

4. โครงเครื่องวัดน้ำฝน (support) เป็นโลหะที่แข็งแรง มี 3 ขายึดติดกับฐาน หรือพื้นที่รองรับ เพื่อป้องกันเครื่องวัดน้ำฝนไม่ให้เอียง เพราะต้องตั้งเครื่องให้อยู่ในแนวตั้งเสมอ

เกณฑ์การพิจารณาปริมาณน้ำฝนภายใน 24 ชั่วโมงต่อวัน (สัญญา มณฑลทางกูร, 2555) เริ่มตั้งแต่เวลา 7.00 น. ถึง 7.00 น. ของวันถัดไป และพิจารณาตามลักษณะของฝนที่ตกในประเทศที่อยู่เขตร้อนย่านมรสุม ดังนี้

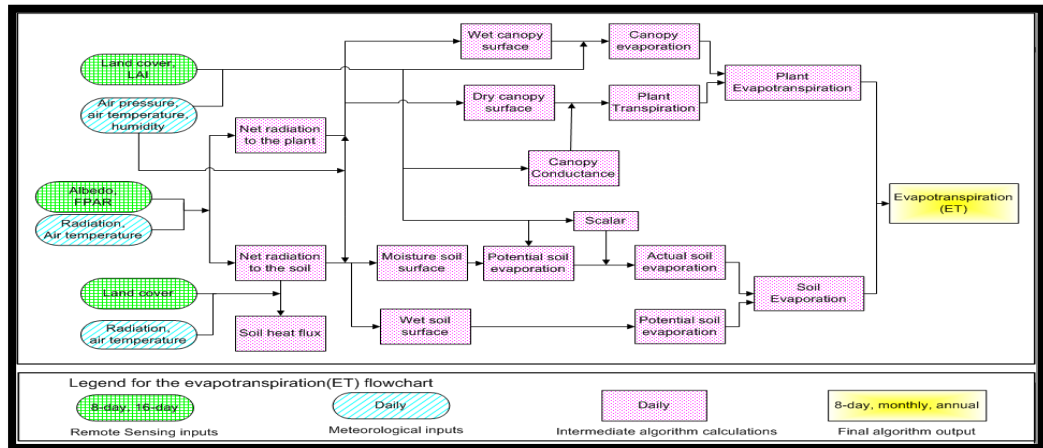
- ฝนวัดจำนวนไม่ได้ ปริมาณน้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร
- ฝนเล็กน้อย ปริมาณระหว่าง 0.1 – 10.0 มิลลิเมตร
- ฝนปานกลาง ปริมาณระหว่าง 10.1 – 35.0 มิลลิเมตร
- ฝนหนัก ปริมาณระหว่าง 35.1 – 90.0 มิลลิเมตร
- ฝนหนักมาก ปริมาณระหว่าง 90.1 มิลลิเมตรขึ้นไป

2.5 Evapotranspiration

ในการศึกษาทางด้านอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำ โดยทั่วไปจะพิจารณาการคายน้ำรวมกับการระเหยเป็นเทอมเดียวกัน เรียกว่า การคายระเหย มีความหมายคล้ายกับการใช้น้ำของพืช (Consumptive use) ซึ่งจะแตกต่างกันตรงที่ การใช้น้ำของพืชจะรวมการระเหยและการคายน้ำทั้งหมด แต่ยังไม่รวมปริมาณน้ำที่ใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อของพืชโดยตรงด้วย แต่ในทางปฏิบัติความแตกต่างนี้มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด

ปัจจัยที่ควบคุมการระเหย ได้แก่ การเคลื่อนที่ของความชื้นในดิน การถ่ายเทความชื้นผ่านปากใบ และขีดความสามารถในการรับการระเหยของชั้นบรรยากาศ แต่ปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือความชื้นในดิน ดังนั้นค่าที่กล่าวถึงน้ำที่ระเหยโดยรวมทั้งที่ผ่านพืช และจากพื้นผิวอื่น ๆ กระบวนการที่เปลี่ยนสถานะของน้ำจากของเหลวให้กลายเป็นไอ เป็นกระบวนการรวมระหว่างการระเหยน้ำ (evaporation) คือ การสูญเสียน้ำจากผิวน้ำหรือจากผิวดินโดยตรงกับการคายน้ำของพืช (transpiration) สามารถดาวน์โหลดข้อมูลจาก MODIS Sensor on the Satellite Aqua ในหน่วย

มิลลิเมตร ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลการคายระเหย จากข้อมูลดาวเทียม MODIS 16 แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลการคายระเหย

ที่มา: (Qiaozhen Mu, 2011)

2.6 River Runoff

น้ำท่า (Runoff หรือ stream flow) คือ การรวมตัวของการไหลของน้ำในลำน้ำ แหล่งที่มาของน้ำท่าประกอบด้วย การไหลตามผิวดิน (surface runoff) การไหลเสริม (interflow) และการไหลจากน้ำใต้ดิน (groundwater flow) การวัดข้อมูลน้ำท่า จะกระทำได้โดยการติดตั้งสถานีวัดน้ำ (gauging station) ที่จุดต่างๆของลำน้ำ สามารถหาข้อมูลได้จากกรมชลประทาน โดยหน่วยของข้อมูลคือ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

2.6.1 การวัดระดับน้ำ

ค่าระดับ (stage) ของลำน้ำ คือ ระดับของผิวน้ำเหนือเส้นระดับอ้างอิงที่กำหนด ซึ่งระดับอ้างอิงมาตรฐานก็คือระดับน้ำทะเลปานกลาง (mean sea level) แต่ถ้าในกรณีที่ไม่สามารถอ้างอิงกับระดับน้ำทะเลปานกลางได้นั้น เช่น ยังไม่มีการถ่ายระดับน้ำทะเลปานกลางเข้าไปยังสถานีวัดนั้น ให้ทำการสร้างหมุดหลักฐาน (Bench mark, BM) แล้วกำหนดระดับอ้างอิงสมมติ (Assume datum) สำหรับกรณีที่ไม่สามารถถ่ายหมุดระดับน้ำทะเลปานกลางไปยังสถานีวัดได้ สามารถใช้ระดับกันคลอง หรือท้องน้ำเป็นระดับอ้างอิงแทนได้

การวัดค่าระดับน้ำ ส่วนใหญ่จะจดบันทึกเป็นข้อมูลรายวัน สำหรับลำน้ำที่ระดับผิวน้ำเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเร็ว อาจจะต้องวัดข้อมูลเป็นรายชั่วโมงแล้วทำการหาค่าเฉลี่ยเป็นรายวัน ส่วนลำน้ำที่ระดับเปลี่ยนแปลงขึ้นลงช้า จะทำการวัดทุกๆ 3 ชั่วโมง หรือ 6 ชั่วโมง แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยเป็นรายวัน สำหรับการวัดระดับน้ำที่นิยมมี 3 วิธี คือ

การวัดระดับน้ำแบบไม่บันทึกข้อมูลต่อเนื่อง คือ การติดตั้งแผนวัดระดับน้ำดังรูปที่ 2.9 ที่มีซีตบอกระดับน้ำ ใช้อ่านระดับน้ำวันละ 1-2 ครั้ง การวัดระดับน้ำแบบนี้ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีระดับสูง ซึ่งใช้กันมายาวนานจนถึงปัจจุบัน



รูปที่ 2.9 การติดตั้งแผนวัดระดับน้ำ

ที่มา : (วิษญ์ ศรีวงษา, 2556)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวัดระดับน้ำแบบบันทึกข้อมูลต่อเนื่องโดยใช้เครื่องมือวัด มีลักษณะเป็นลูกลอยต่อพ่วงกับอุปกรณ์เขียนกระดาษกราฟ ดังรูปที่ 2.9 มีช่วงการบันทึกได้อย่างต่อเนื่องราวๆ 1 สัปดาห์ จากนั้นต้องทำการเปลี่ยนกระดาษกราฟแผ่นใหม่ เครื่องมือวัดระดับแบบนี้ใช้ในกรมชลประทาน และปัจจุบันสถานีวัดหลายแห่งยังใช้การอยู่ และมีการเพิ่มอุปกรณ์บันทึกข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์ ที่เรียกว่า “data logger” ทำให้การเข้าถึงข้อมูลระดับน้ำมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.10 เครื่องมือวัดระดับน้ำแบบข้อมูลต่อเนื่อง
ที่มา : (วิษญ์ ศรีวงษา, 2556)

การวัดระดับน้ำด้วยระบบโทรมาตร จัดเก็บบันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติในระยะไกล ด้วยระบบ SCADA มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ศูนย์ควบคุมกลาง (Master station) สถานีลูกข่ายภาคสนาม (Slave station) ที่มีหลายๆ แห่ง ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลที่ตรวจวัดในระยะไกลแบบอัตโนมัติ ณ เวลาจริง (Real Time) เป็นวิธีที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงเพื่อการตรวจวัดระดับน้ำ ปริมาณฝนตก หรือค่าตัวแปรอื่นๆ สำหรับงานชลประทาน ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 เครื่องวัดระดับน้ำแบบโทรมาตร
ที่มา : (วิษญ์ ศรีวงษา, 2556)

จากข้อมูลปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และปริมาณการคายระเหย สามารถนำมาคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำจากสมการ (3)

$$\Delta TWS = P - ET - Q \quad \text{--- (3)}$$

- เมื่อ P คือ ปริมาณน้ำฝน
ET คือ การคายระเหย
Q คือ อัตราการไหลของน้ำแต่ในงานวิจัยนี้ใช้เป็นปริมาณน้ำท่า
 ΔTWS คือ การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ



บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 การประมาณการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำใต้ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในสภาพ สิ่งแวดล้อมที่มีความแห้งแล้ง

(Kuss et al., 2012) ศึกษาเกี่ยวกับการประมาณค่าปริมาณการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด ได้ทำการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลทางอุทกวิทยา ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้จาก PRISM from Oregon State University ฐานข้อมูลโดยใช้ข้อมูลจากภาคสนามข้อมูล Evapotranspiration จาก MODIS Sensor on the Satellite Aqua และข้อมูลปริมาณน้ำท่าจาก Real time daily mean discharge data ของ U.S. Geological Survey (USGS) นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณการกักเก็บน้ำจากข้อมูลดาวเทียม GRACE พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา คือ Central Valley in California เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำใต้ดิน (groundwater storage)



รูปที่ 3.1 พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาบริเวณ Central Valley in California

ที่มา : (Kuss et al., 2012)

การคำนวณข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม GRACE โดยใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด Total water storage anomaly จากภาพถ่ายดาวเทียม GRACE ระหว่างเดือนตุลาคม ปี ค.ศ.2002 ถึง เดือนกันยายน ปี ค.ศ.2009 นำมาคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากสูตร

$$\Delta TWS_{\alpha,GRACE} = TWS_{\alpha,GRACE}(t_2) - TWS_{\alpha,GRACE}(t_1)$$

เมื่อ

$\Delta TWS_{\alpha,GRACE}$ = การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE

$\Delta TWS_{\alpha,GRACE}(t_1)$ = การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE

เดือนที่ 1

$\Delta TWS_{\alpha,GRACE}(t_2)$ = การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE

เดือนที่ 2

การคำนวณข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลทางอุทกวิทยา โดยใช้สมการ

$$\Delta TWS_{Budget} = P - (ET + Q)$$

เมื่อ

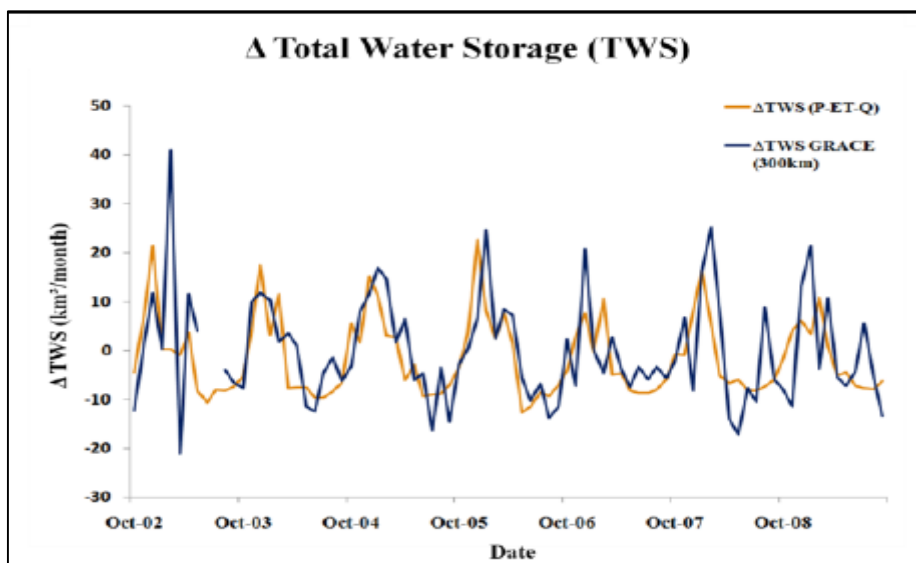
ΔTWS_{Budget} = การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลทางอุทกวิทยา

P = ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน

ET = ข้อมูลค่าการคายระเหยรายเดือน

Q = ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือน

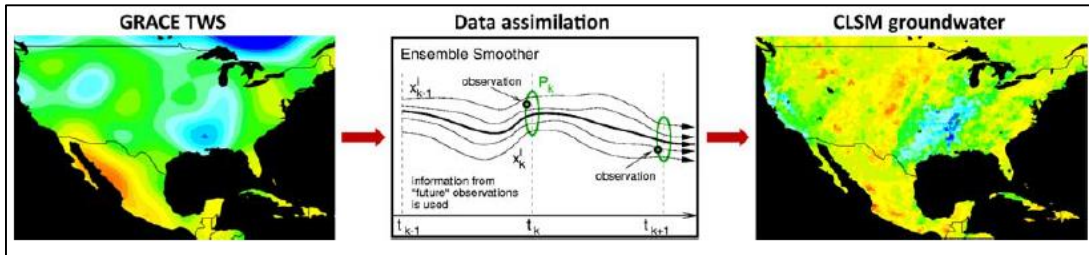
ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษา ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูล Hydrological data และ ข้อมูล GRACE นำมาเปรียบเทียบกับกันจากกราฟแสดงให้เห็นว่า ข้อมูลทั้งสองมีค่าไปในทิศทางเดียวกัน จึงสามารถนำข้อมูลจากดาวเทียม GRACE มาคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำโดยรวมได้แทนการใช้ข้อมูลทางอุทกวิทยา



รูปที่ 3.2 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และข้อมูลทางอุทกวิทยา
ที่มา : (Kuss et al., 2012)

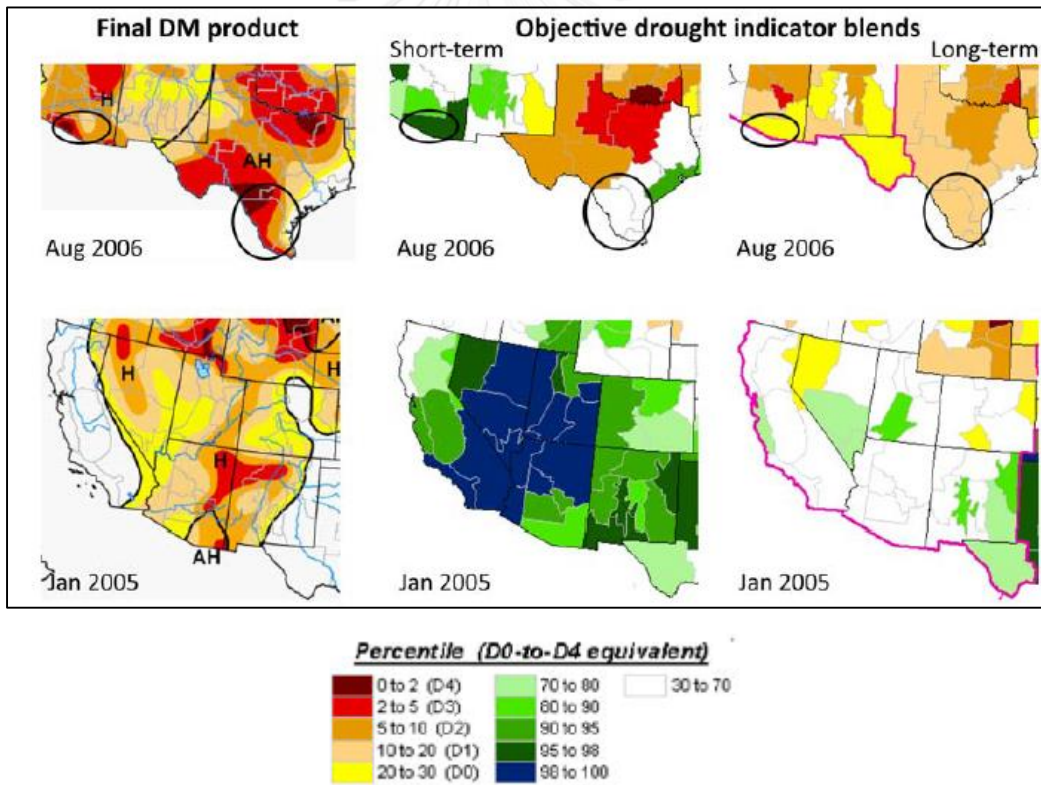
3.2 การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมระยะไกลในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำ เพื่อวิเคราะห์ภัยแล้ง

(Houborg & Rodell, 2010) ได้ทำการศึกษาการเฝ้าระวังและติดตามภัยแล้งโดยใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำโดยรวมจากข้อมูลดาวเทียม GRACE งานวิจัยครั้งนี้ใช้ชื่อว่า “The US and North American Drought Monitors” คือ ใช้ข้อมูล GRACE เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้ำโดยรวมและทำแอปพลิเคชันในการตรวจสอบ การประเมิน เพื่อลดผลกระทบอันเกิดจากภัยแล้ง โดยใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE (Total water storage) รวมกับข้อมูลการดูดซึมจากพื้นที่กักเก็บน้ำของแบบจำลองพื้นผิวดิน (The Catchment Land Surface Model, CLSM) หลังจากนั้นทำการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม GRACE ให้เป็น ปริมาณน้ำใต้ดิน ความชื้นผิวดิน และหิมะ



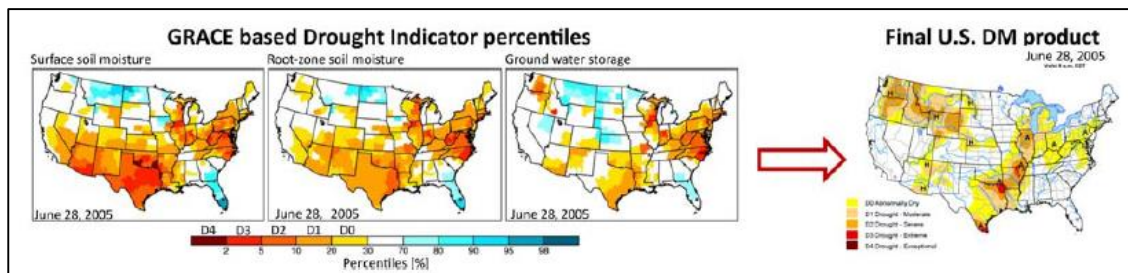
รูปที่ 3.3 กระบวนการจำแนกชั้นข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม GRACE
ที่มา : (Houborg & Rodell, 2010)

เมื่อทำการจำแนกเสร็จนำแผนที่ที่ได้มาเข้ากระบวนการวิเคราะห์



รูปที่ 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม GRACE
ที่มา : (Houborg & Rodell, 2010)

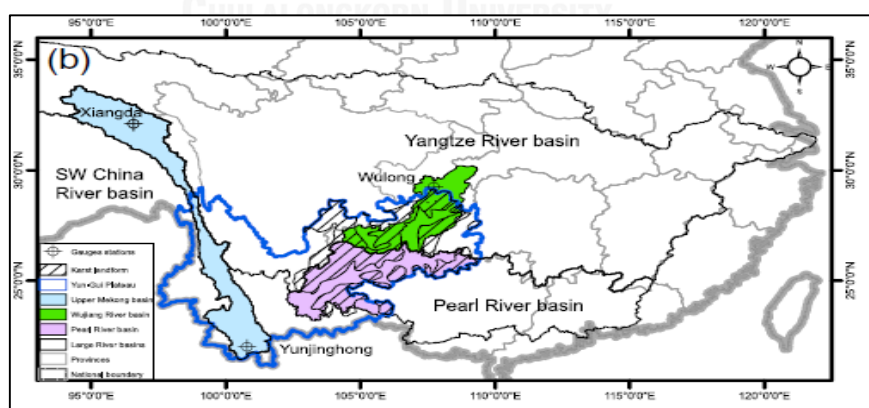
ผลลัพธ์ของข้อมูลจะแสดงค่าต่างๆโดยใช้แผนที่แสดงความรุนแรงของภัยแล้ง และใช้ข้อมูลจากดาวเทียม GRACE ในการประเมินค่าน้ำใต้ดิน และความชื้นในดิน ในแผนที่แสดงทั้งหมด 5 ระดับ คือ Do (Anomaly Dry พื้นที่แห้งแล้ง), D1(Drought Moderate พื้นที่แห้งแล้งปานกลาง), D2(Drought Severe พื้นที่ขาดน้ำ), D3(Drought Extreme แห้งแล้งจัด), D4(Drought Exceptional แห้งแล้งแบบพิเศษ



รูปที่ 3.5 แผนที่แสดงระดับภัยแล้งของ The US and North American Drought Monitors
ที่มา : (Houborg & Rodell, 2010)

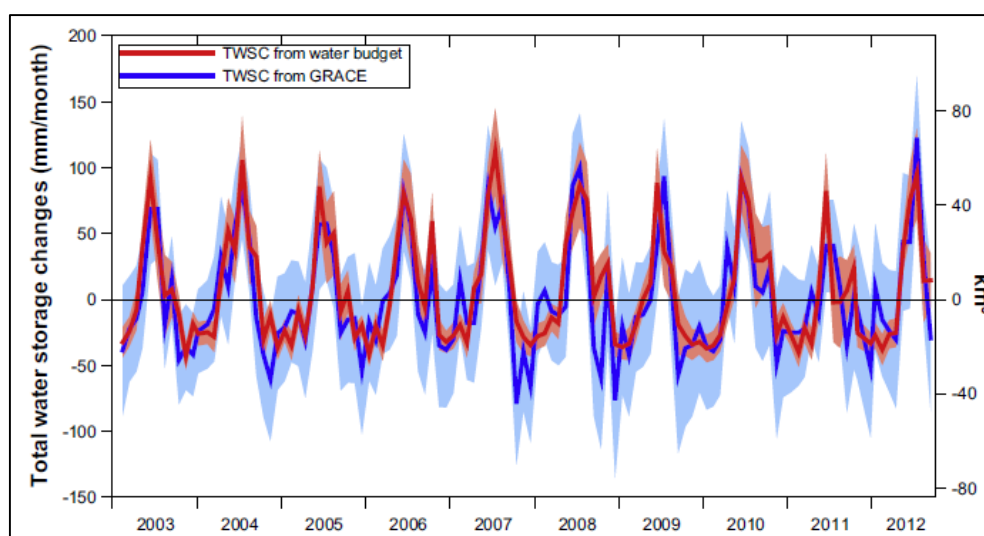
3.3 การเฝ้าระวังภัยแล้ง และน้ำท่วมในที่ราบสูงทางตอนตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม GRACE

(Ward, 2003) ได้ทำการศึกษาการเฝ้าติดตามภาวะภัยแล้งและน้ำท่วมของที่ราบสูงทางตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน



รูปที่ 3.6 แผนที่แสดงพื้นที่ที่ใช้ทำการศึกษา
ที่มา : (Ward, 2003)

โดยใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE มาเปรียบเทียบกับข้อมูลทางอุทกวิทยา เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลปริมาณน้ำท่า จากข้อมูลกรมอุตุวิทยวจำนวน 55 สถานี ข้อมูลค่าการคายระเหย จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MODIS และการคำนวณโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ ANN ตั้งแต่เดือนมกราคม ปี ค.ศ.2003 ถึง เดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2012 ผลจากการเปรียบเทียบแสดงในรูปแบบกราฟ

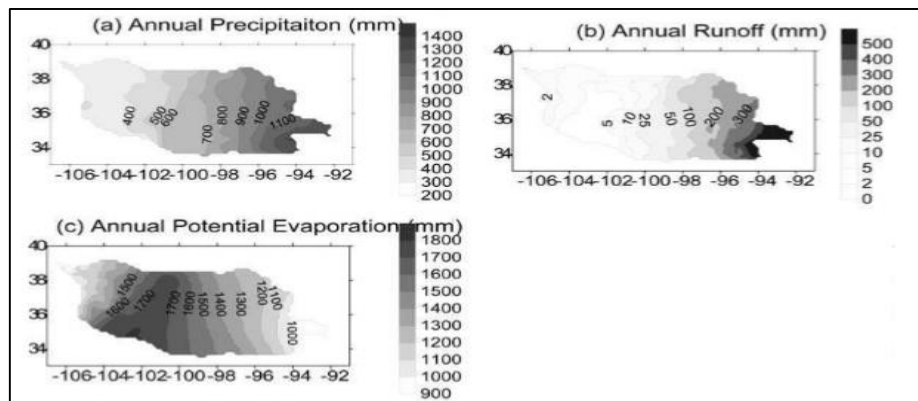


รูปที่ 3.7 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด
ที่มา : (Ward, 2003)

ผลลัพธ์ที่ได้มีค่าสหสัมพันธ์อยู่ที่ 0.91, 0.83, 0.76 และ 0.57

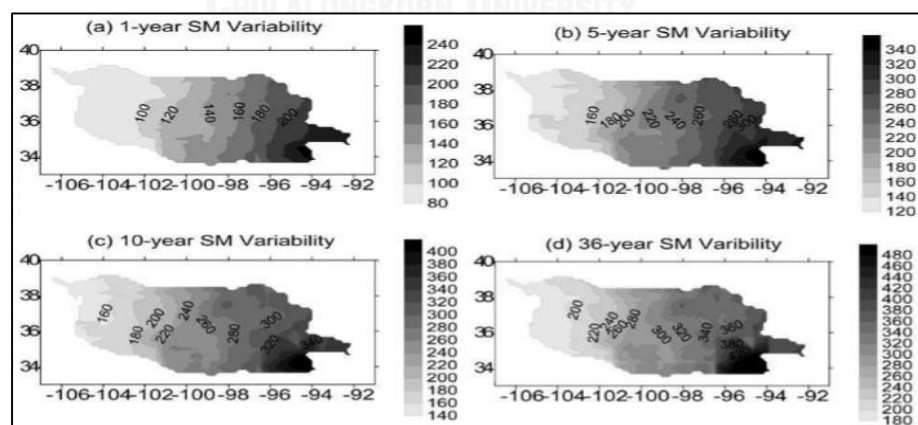
3.4 การวิเคราะห์ค่าการคายระเหย และข้อมูลความผันแปรความชื้นในดินจากข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลทางอุทก-วิทยาบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำอาร์คันซอแม่น้ำแดง

(Qingyun Duan, 2003) ได้วิเคราะห์ค่าการคายระเหย และข้อมูลความชื้นในดิน โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลปริมาณน้ำท่า ข้อมูลการคายระเหยจากทั้ง 27 ลุ่มน้ำของอาร์คันซอแม่น้ำแดงเป็นข้อมูลทางอุทกวิทยา



รูปที่ 3.8 ข้อมูลทางอุทกวิทยารายปีของลุ่มน้ำอาร์คันซอแม่น้ำแดง
ที่มา : (Qingyun Duan, 2003)

และข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากดาวเทียม GRACE จากการศึกษาได้แสดงความผันแปรของข้อมูลปริมาณความชื้นในดินเป็นรายปี โดยแสดงเป็น 1 ปี 5 ปี 10 ปี และ 36 ปี



รูปที่ 3.9 ข้อมูลความผันแปรของข้อมูลปริมาณความชื้นในดินเป็นรายปี
ที่มา : (Qingyun Duan, 2003)

และทำการศึกษาค่าการคายระเหยโดยทำการตั้งสมมติฐานค่าการคายระเหยทั้งหมด 5 สมมติฐาน สมมติฐานที่ 1 คือ การประมาณค่าการคายระเหยโดยสมมติค่าให้เป็นสัดส่วนเชิงเส้นตรงกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด สมมติฐานที่ 2 สมมติฐานที่ 3 ใช้ข้อมูลแบบจำลองของชั้นบรรยากาศ atmosphere มาทำการวิเคราะห์ สมมติฐานที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูลการคายระเหยจากดินที่มีการเพาะปลูก สมมติฐานที่ 5 วิเคราะห์ค่าการคายระเหยจากการตกตะกอนของแม่น้ำ ผลลัพธ์ที่ได้แสดงเป็นการเปรียบเทียบค่าการคายระเหยในแต่ละเดือนของแต่ละสมมติฐาน โดยมีค่า R-square อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

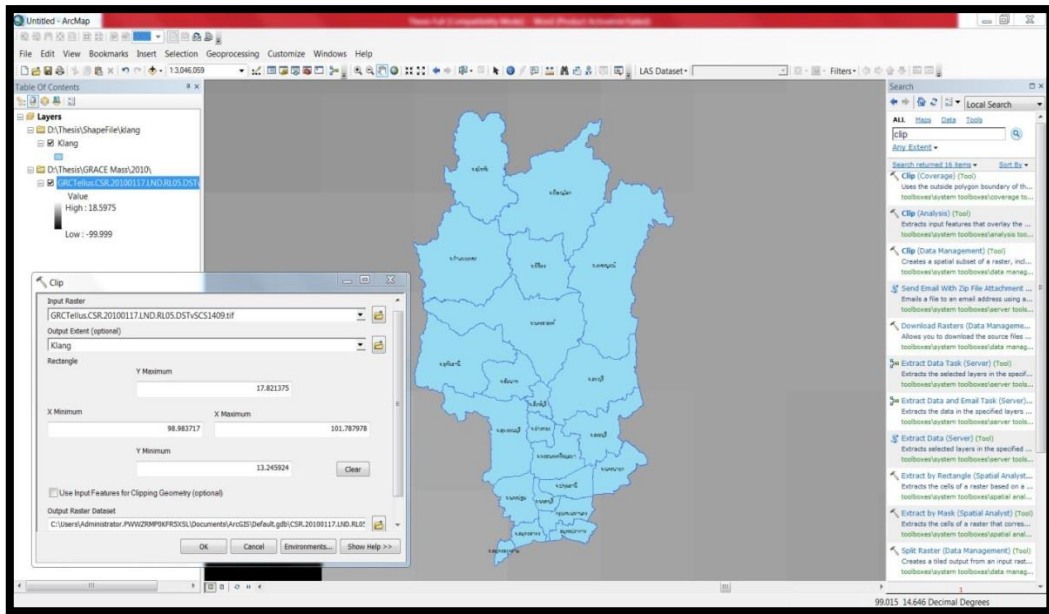
	E_{ann}	F1	F2	F3	F4	F5
January	17.33	16.60	17.36	15.08	19.44	18.31
February	26.47	25.16	26.39	21.49	29.73	27.35
March	53.14	47.21	49.43	39.84	54.03	51.86
April	69.42	68.10	70.98	57.47	75.68	64.51
May	101.33	91.18	94.89	76.96	99.37	94.97
June	103.62	90.22	90.79	85.08	95.23	90.25
July	84.80	95.81	94.99	89.19	90.36	75.88
August	73.51	81.23	79.18	80.34	70.20	65.79
September	73.66	49.94	45.08	61.93	38.57	51.72
October	43.47	30.72	26.54	44.44	24.27	45.97
November	41.47	19.55	17.93	26.05	17.41	29.34
December	22.66	15.26	15.49	16.16	16.20	19.57
Year	710.88	630.98	629.05	614.03	630.49	635.52
R^2	–	0.89	0.87	0.90	0.84	0.95

*F1–F5, functions 1–5.

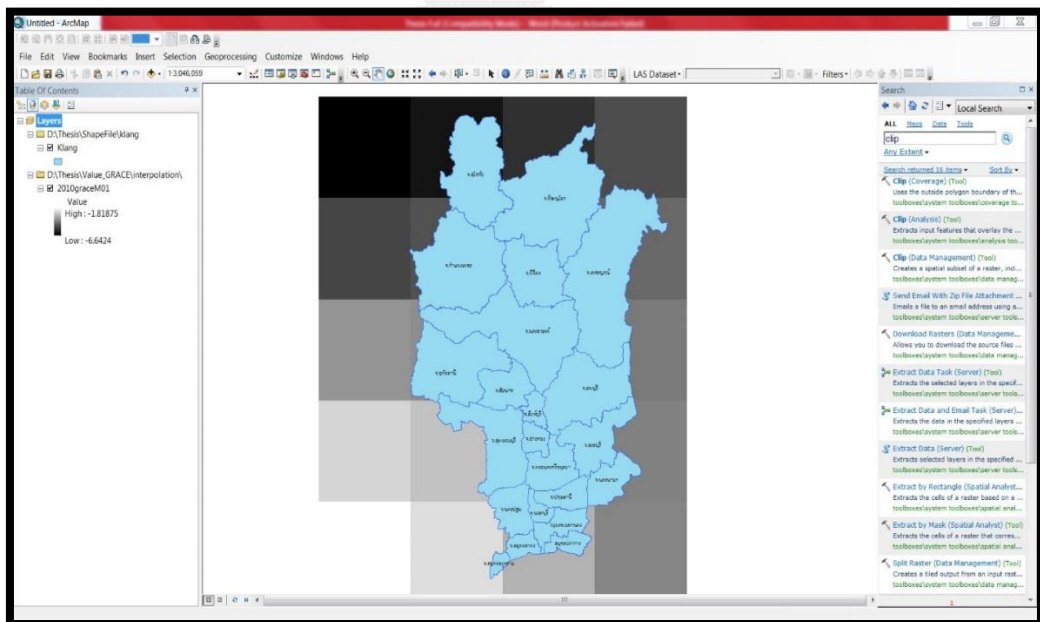
รูปที่ 3.10 การเปรียบเทียบค่าการคายระเหยในแต่ละเดือนของแต่ละสมมติฐาน

ที่มา : (Qingyun Duan, 2003)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 4.2 การตัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม GRACE โดยโปรแกรม ArcMap 10.1



รูปที่ 4.3 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม GRACE ของพื้นที่ที่ใช้ศึกษา

หลังจากทำการตัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม GRACE นำข้อมูลดังกล่าวมาประมวลผลค่า pixel value ของภาพถ่ายดาวเทียม GRACE โดยโปรแกรม MATLAB R2012b โดยใช้ฟังก์ชัน Read entire image ในการประมวลผล ใช้ code สำหรับการประมวลผล

เมื่อทำการประมวลผลเสร็จ จะได้ค่า pixel value ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม GRACE ซึ่งข้อมูลดังกล่าว คือข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดของดาวเทียม GRACE (Total Water Storage from GRACE, TWS_{GRACE}) เป็นข้อมูลของแต่ละเดือน

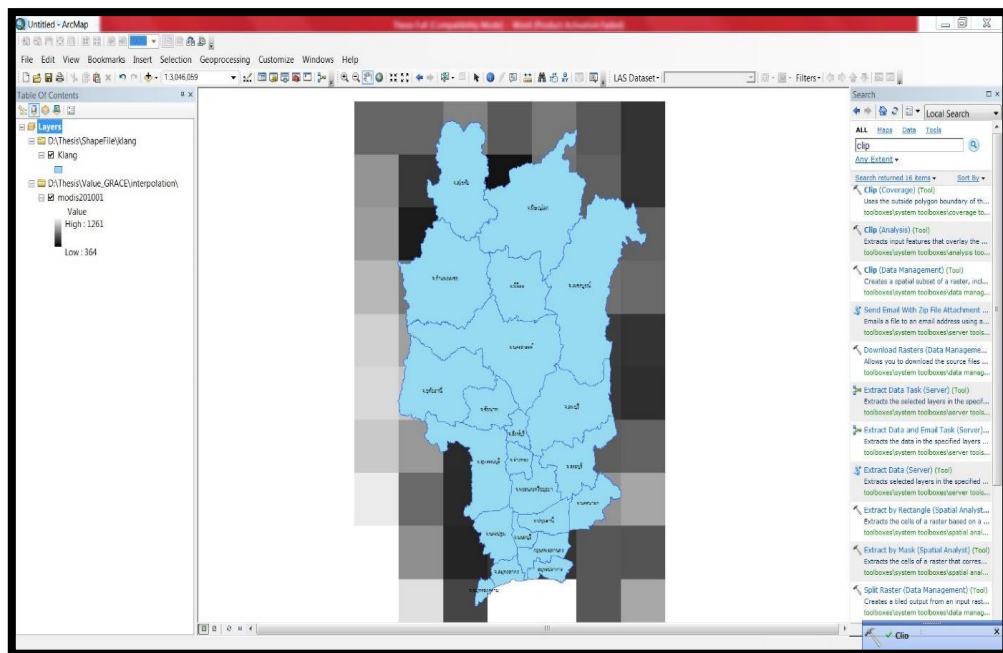
4.2 การประมวลผล Total Water Storage from Hydrological Data, $\Delta TWS_{Hydrological}$

การประมวลผลข้อมูลการคายระเหย (Evapotranspiration, ET)

ทำการดาวน์โหลดข้อมูลจาก ftp://ftp.ntsg.umd.edu/pub/MODIS/NTSG_Products/MOD16/MOD16A2_MONTHLY.MERRA_GMAO_1kmALB/GEOTIFF_0.5degree/ ของหน่วยงาน NASA โดยเลือกดาวน์โหลดข้อมูล MOD16A2_MONTHLY.MERRA_GMAO_1kmALB เลือกไฟล์ GEOTIFF_0.5degree ตั้งแต่ปี ค.ศ.2010-ค.ศ.2014 ดังรูปที่ 4.4

MOD16A2_ET_0.5deg_GEO_2010M01.tif	109 KB	3/5/2556
MOD16A2_ET_0.5deg_GEO_2010M02.tif	110 KB	3/5/2556
MOD16A2_ET_0.5deg_GEO_2010M03.tif	115 KB	3/5/2556
MOD16A2_ET_0.5deg_GEO_2010M04.tif	120 KB	3/5/2556
MOD16A2_ET_0.5deg_GEO_2010M05.tif	126 KB	3/5/2556
MOD16A2_ET_0.5deg_GEO_2010M06.tif	128 KB	3/5/2556
MOD16A2_ET_0.5deg_GEO_2010M07.tif	129 KB	3/5/2556
MOD16A2_ET_0.5deg_GEO_2010M08.tif	126 KB	3/5/2556
MOD16A2_ET_0.5deg_GEO_2010M09.tif	121 KB	3/5/2556
MOD16A2_ET_0.5deg_GEO_2010M10.tif	116 KB	3/5/2556
MOD16A2_ET_0.5deg_GEO_2010M11.tif	113 KB	3/5/2556
MOD16A2_ET_0.5deg_GEO_2010M12.tif	110 KB	3/5/2556

รูปที่ 4.4 ข้อมูล Eva transpiration จากข้อมูลดาวเทียม MODIS 16

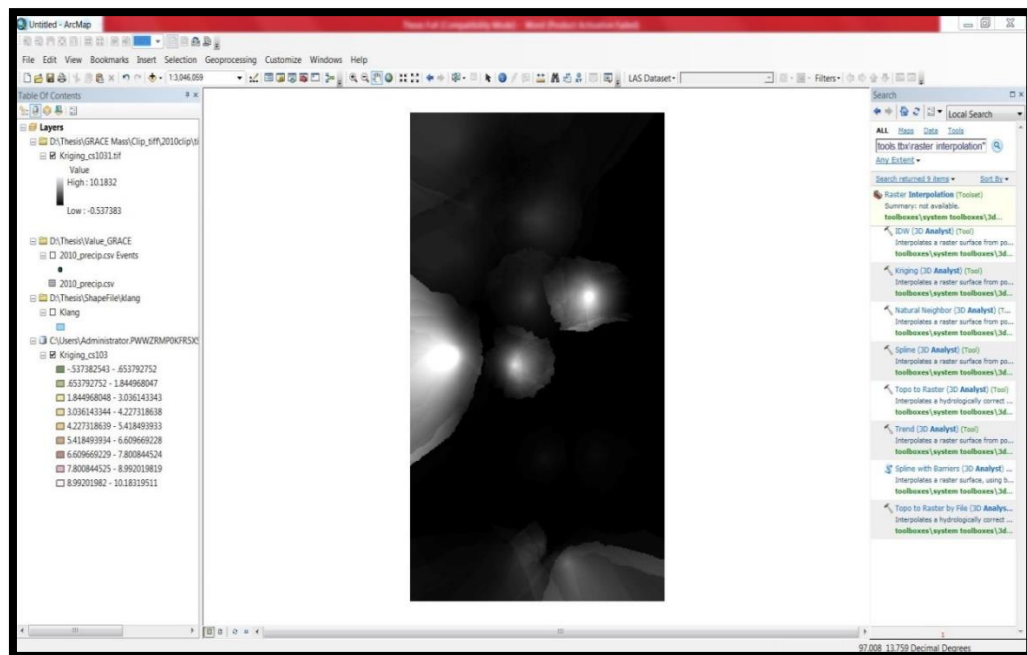


รูปที่ 4.6 ข้อมูล Evapotranspiration ของพื้นที่ที่ใช้ศึกษา

หลังจากทำการตัดข้อมูลดาวเทียม MODIS 16 นำข้อมูลดังกล่าวมาประมวลผลค่า pixel value ของภาพ โดยโปรแกรม MATLAB R2012b โดยใช้ฟังก์ชัน Read entire image ในการประมวลผล ใช้ code สำหรับการประมวลผล

4.2.1 การประมวลผลค่าปริมาณน้ำฝนรายเดือน (Precipitation, P)

นำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่ได้จากกรมชลประทาน มาทำการประมาณค่า(Interpolation) ให้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนให้ครอบคลุมทั่วพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา โดยเลือกการประมาณค่า โดยวิธีการ Krigging ซึ่งวิธีการประมาณค่าสามารถดูผลการประมาณค่าจากภาคผนวก ข. และนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนทำไฟล์เป็น .csv และนำเข้าข้อมูลในโปรแกรม ArcMap 10.1 เพื่อทำเป็นข้อมูล Raster และนำข้อมูล Raster ไปทำการ Interpolation ดังภาพที่ 4.7



รูปที่ 4.7 การ Interpolation ค่าปริมาณน้ำฝนรายเดือน โดยโปรแกรม ArcMap 10.1

เมื่อทำการ Interpolation เสร็จทำการประมวลผลข้อมูล pixel value จากโปรแกรม MATLAB R2012b (ภาคผนวก ค.) จะได้ค่าปริมาณน้ำฝนรายเดือน

4.2.2 การประมวลผลค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือน (River Runoff, Q)

นำข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ได้จากกรมชลประทาน มาทำการประมาณค่า(Interpolation) ให้ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนให้ครอบคลุมทั่วพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา โดยเลือกการประมาณค่า โดยวิธีการ Krigging และนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนทำไฟล์เป็น .csv และนำเข้าข้อมูลในโปรแกรม ArcMap 10.1 เพื่อทำเป็นข้อมูล Raster และนำข้อมูล Raster ไปทำการ Interpolation เมื่อทำการ Interpolation เสร็จทำการประมวลผลข้อมูล pixel value จากโปรแกรม MATLAB R2012b จะได้ค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือน

เมื่อทำการประมวลผลข้อมูล Hydrological ทั้งสามข้อมูล และนำข้อมูลทั้งสามมาเข้าสู่สูตรเพื่อทำการคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำโดยรวมโดยใช้ข้อมูล Hydrological ($\Delta TWS_{Hydrological}$) จากสูตร (Kuss et al., 2012)

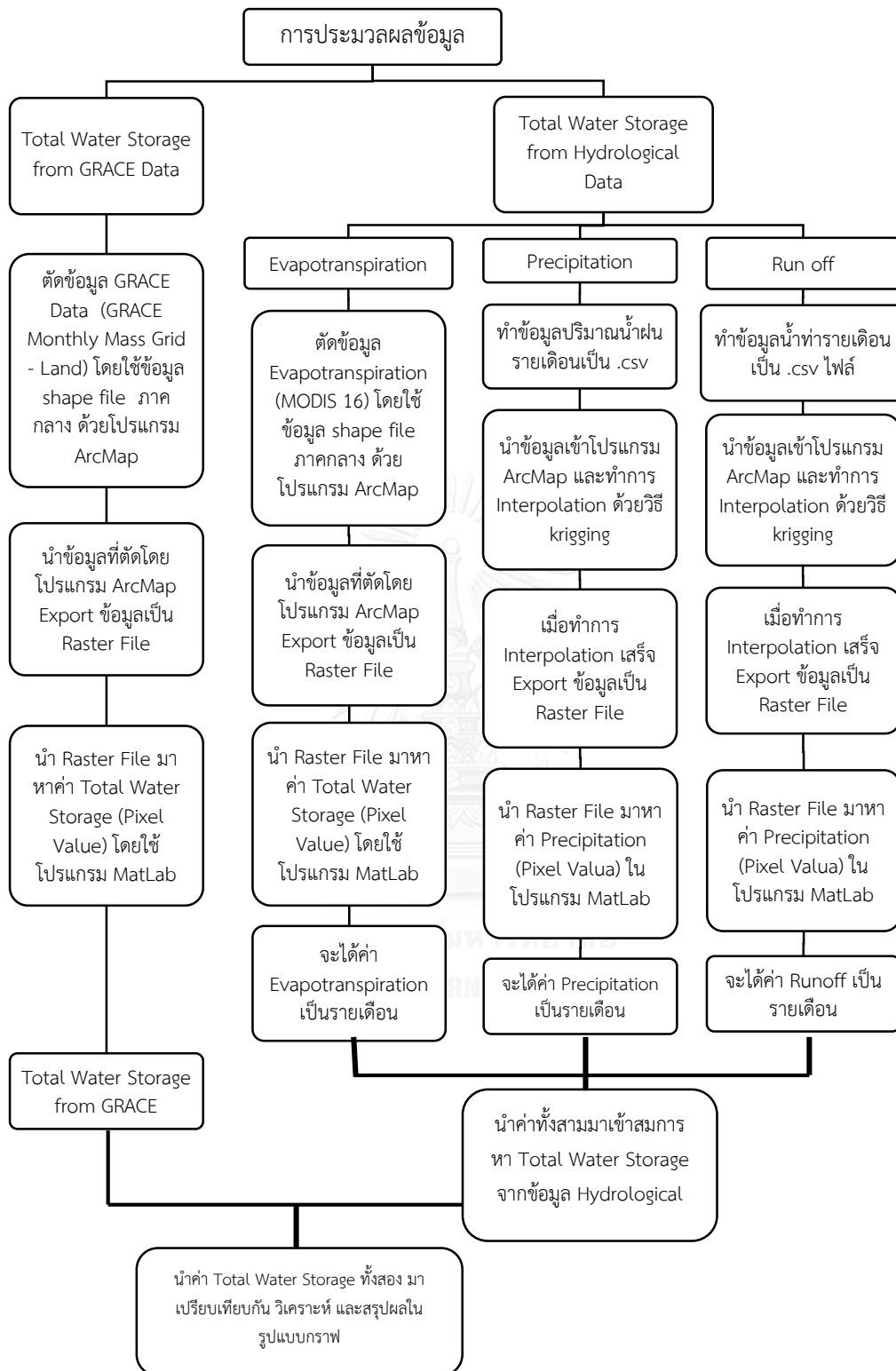
$$\Delta TWS_{Hydrological} = P - (ET + Q) \quad \text{---- (3)}$$

เมื่อ $\Delta TWS_{Hydrological}$ = การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำโดยรวมจากข้อมูล Hydrological
 P = ปริมาณน้ำฝนรายเดือน (precipitation)
 ET = การคายระเหย (Evapotranspiration)
 Q = ปริมาณน้ำท่า (River Runoff)
 โดยการคำนวณ ใช้หน่วย มิลลิเมตร(mm.)

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากทำการประมวลผลโดยโปรแกรมต่างๆ นำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลในรูปแบบกราฟ และวิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟ โดยแยกเป็นข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูล Hydrological ทำการเปรียบเทียบกัน และสรุปผล เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลทั้งสอง ว่ามีความสัมพันธ์กัน หรือแตกต่างกันอย่างไร

4.4 แผนผังการดำเนินงาน



รูปที่ 4.8 แผนผังการประมวลผลข้อมูล

บทที่ 5
ผลการศึกษา

5.1 ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม GRACE

YEAR	MONTH	Total Water Storage from GRACE (mm.)
2010	JAN	-42.286
	FEB	-85.263
	MAR	-127.526
	APR	-160.350
	MAY	-158.270
	JUN	-106.020
	JUL	-65.490
	AUG	146.049
	SEP	90.721
	OCT	150.813
	NOV	66.211
	DEC	-3.670
2011	JAN	-
	FEB	-121.270
	MAR	-118.940

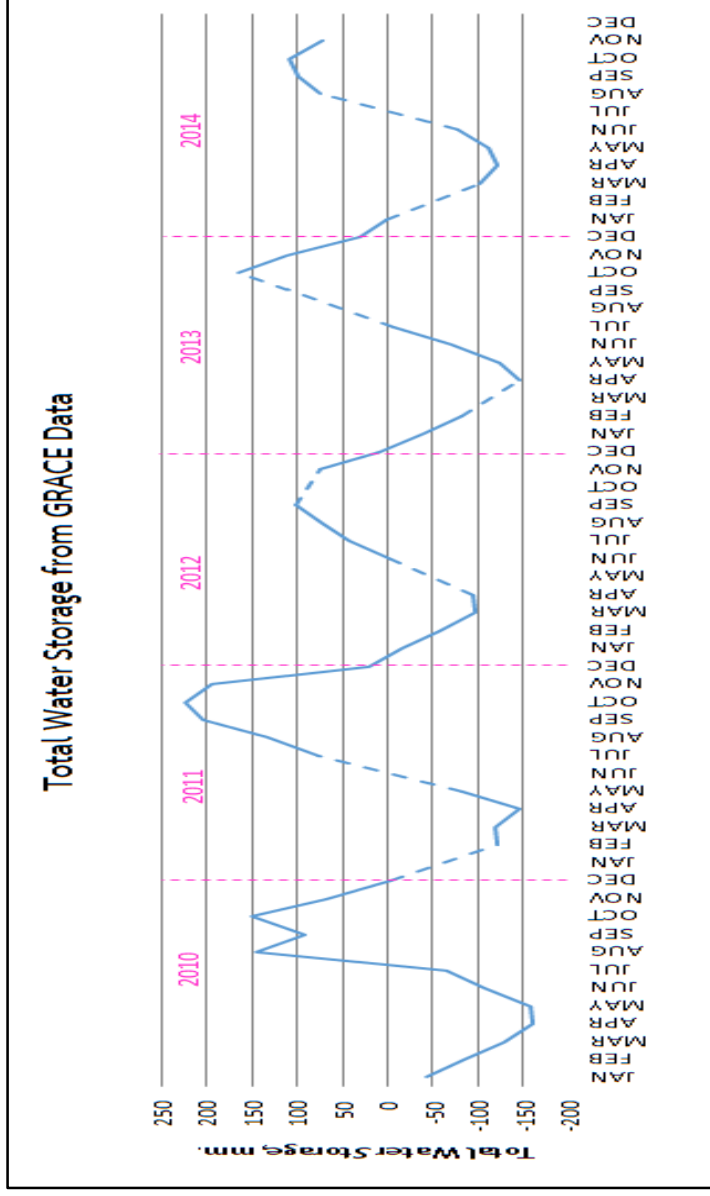
YEAR	MONTH	Total Water Storage from GRACE (mm.)
2011	APR	-145.270
	MAY	-81.494
	JUN	-
	JUL	77.315
	AUG	132.484
	SEP	202.984
	OCT	-
	NOV	193.798
	DEC	21.419
2012	JAN	-14.985
	FEB	-57.110
	MAR	-95.351
	APR	-95.245
	MAY	-
	JUN	-4.550
	JUL	43.699
	AUG	71.082
	SEP	100.086
OCT	-	

YEAR	MONTH	Total Water Storage from GRACE (mm.)
2012	NOV	73.385
	DEC	7.929
2013	JAN	-39.153
	FEB	-81.136
	MAR	-
	APR	-146.030
	MAY	-124.060
	JUN	-69.626
	JUL	-5.770
	AUG	-
	SEP	-
	OCT	164.198
	NOV	110.098
	DEC	31.185
2014	JAN	2.1842
	FEB	-
	MAR	-101.89
	APR	-120.950
	MAY	-112.020

YEAR	MONTH	Total Water Storage from GRACE (mm.)
2014	JUN	-77.515
	JUL	-
	AUG	74.596
	SEP	99.368
	OCT	109.564
	NOV	71.226
	DEC	-

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE

ตารางที่ 5.1 แสดงผลข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE ตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ.2010 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.2014 โดยที่ แกน Y แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด ในหน่วย มิลลิเมตร (mm.) และแกน X แสดง เดือนที่ทำการประมวลผล แสดงให้เห็นว่าค่าที่ทำการประมวลผลซึ่งมีค่าติดลบ คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำรายเดือน (Anomaly of GRACE Data)



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE

5.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลสถานีตรวจวัด
(Δ TWS Hydrological)

YEAR	MONTH	Total Water Storage from Hydrological (mm.)
2010	JAN	-161.699
	FEB	-139.587
	MAR	-64.263
	APR	-113.135
	MAY	-100.179
	JUN	-60.424
	JUL	-44.189
	AUG	46.650
	SEP	21.909
	OCT	35.192
	NOV	-183.538
	DEC	-150.679
2011	JAN	-
	FEB	-135.236
	MAR	-82.778

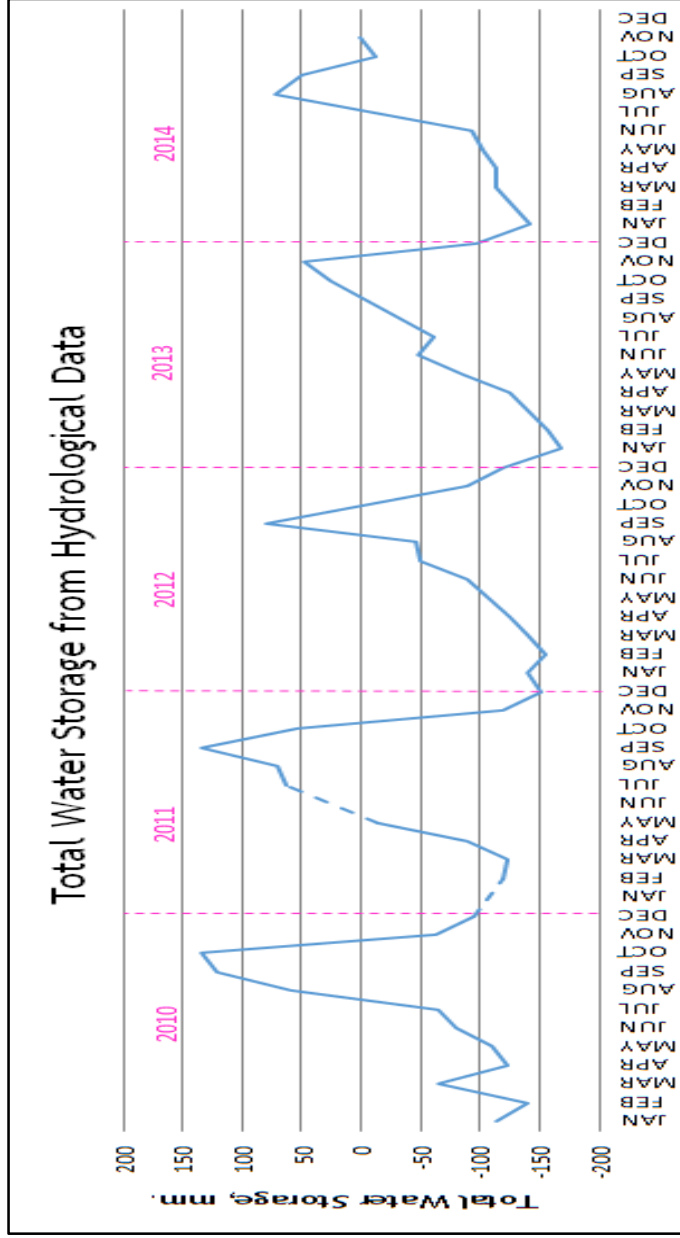
YEAR	MONTH	Total Water Storage from Hydrological (mm.)
2011	APR	-143.992
	MAY	-119.959
	JUN	-
	JUL	-49.715
	AUG	44.803
	SEP	21.428
	OCT	25.362
	NOV	-183.485
	DEC	-141.348
2012	JAN	-140.224
	FEB	-155.048
	MAR	-139.283
	APR	-124.074
	MAY	-
	JUN	-88.704
	JUL	-49.016
	AUG	-46.662

YEAR	MONTH	Total Water Storage from Hydrological (mm.)
2012	SEP	79.895
	OCT	-
	NOV	-139.221
	DEC	-175.599
2013	JAN	-167.098
	FEB	-156.023
	MAR	-
	APR	-124.948
	MAY	-85.273
	JUN	-48.557
	JUL	-61.621
	AUG	-
	SEP	-
	OCT	-74.740
	NOV	-161.676
	DEC	-155.830
2014	JAN	-141.961

YEAR	MONTH	Total Water Storage from Hydrological (mm.)
2014	FEB	-
	MAR	-113.167
	APR	-113.245
	MAY	-102.943
	JUN	-93.214
	JUL	-
	AUG	-27.848
	SEP	-50.671
	OCT	-111.162
	NOV	-160.938
	DEC	-

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูล Hydrological

ตารางที่ 5.2 แสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน โดยแกน Y แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้จากการรังวัดจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน ในหน่วยมิลลิเมตร(mm.) แกน X แสดง เดือนที่ทำการประมวลผลข้อมูล เริ่มประมวลผลตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ.2010 ถึง เดือนธันวาคม ค.ศ.2014 จากกราฟค่าที่แสดงติดลบเนื่องจาก ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำทั้งหมดของเดือนที่ทำการคำนวณ



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE

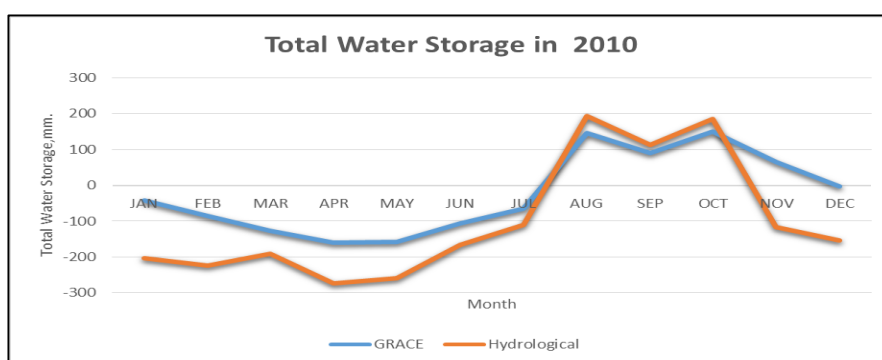
บทที่ 6

อภิปราย สรุปผล และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการอภิปรายผลการวิจัย และสรุปผลการวิจัยในหัวข้อต่างๆ ข้อจำกัดในงานวิจัย และข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัย หรือเทคนิคที่ใช้ในการทำวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคตต่อไป

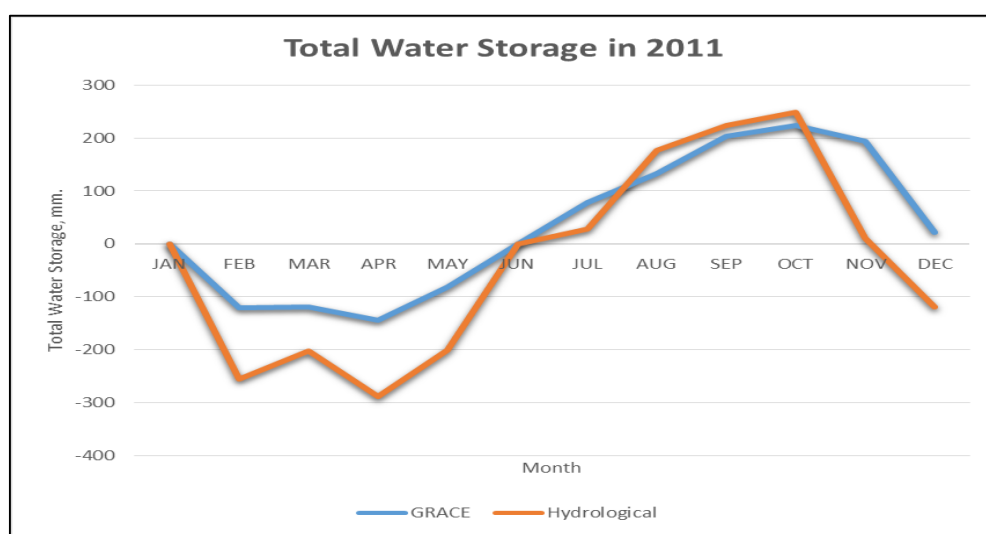
6.1 อภิปรายผลการศึกษา

รูปที่ 6.1 แสดงผลข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูล Hydrological เป็นรายเดือนของปี ค.ศ. 2010 ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยที่แกน Y แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดในหน่วย มิลลิเมตร(mm.) และแกน X แสดง เดือนที่ทำการประมวลผล แสดงให้เห็นว่า ช่วงเดือน เมษายน(APR) ถึงเดือน มิถุนายน(JUN) ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดมีค่าติดลบเนื่องจากมีค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดต่ำกว่าค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่เป็นรายเดือน (Anomaly of GRACE Data) ซึ่งมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกับข้อมูล Hydrological ที่เป็นข้อมูลภาคพื้นดิน เนื่องจากเดือนดังกล่าวอยู่ในฤดูแล้งของประเทศไทย จึงทำให้กราฟจึงมีค่าติดลบ ส่วนในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำมีค่าสูงเนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นฤดูฝนของประเทศไทยจึงมีปริมาณน้ำมาก



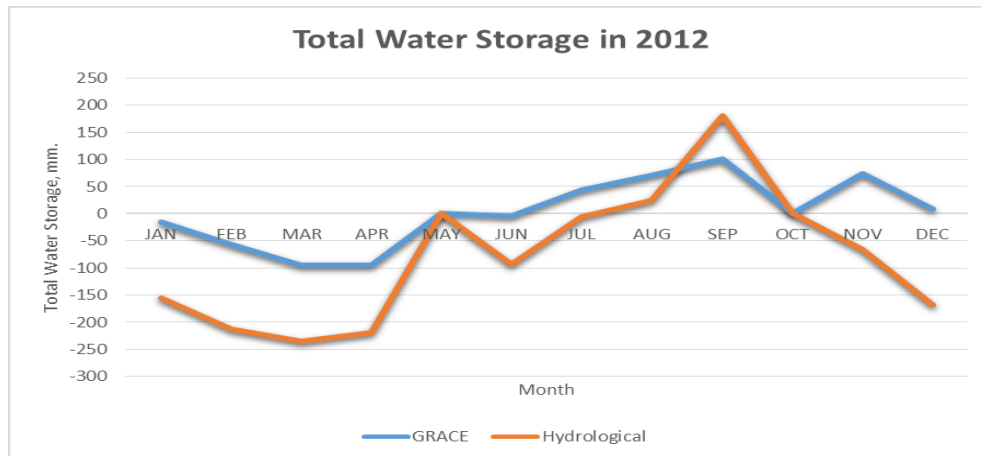
รูปที่ 6.1 กราฟแสดงค่าปริมาณน้ำทั้งหมดปี 2010

รูปที่ 6.2 แสดงผลข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูล Hydrological เป็นรายเดือนของปี ค.ศ. 2010 ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยที่แกน Y แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดในหน่วย มิลลิเมตร(mm.) และแกน X แสดง เดือนที่ทำการประมวลผล แสดงให้เห็นว่า ช่วงเดือน เมษายน(APR) ถึงเดือน มิถุนายน(JUN) ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดมีค่าติดลบเนื่องจากมีค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดต่ำกว่าค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่เป็นรายเดือน (Anomaly of GRACE Data) ซึ่งมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกับข้อมูล



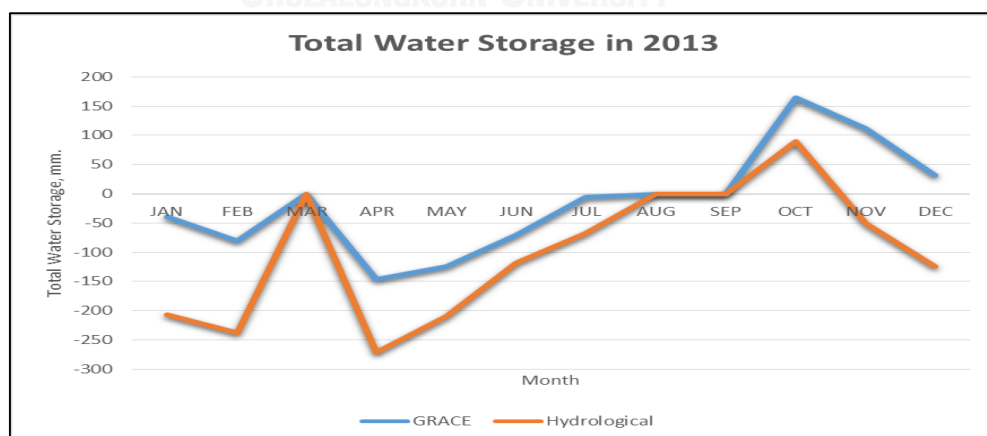
รูปที่ 6.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และ Hydrological ในปี ค.ศ.2011

รูปที่ 6.3 แสดงผลข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูล Hydrological เป็นรายเดือนของปี ค.ศ.2010 ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยที่แกน Y แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดในหน่วย มิลลิเมตร(mm.) และแกน X แสดง เดือนที่ทำการประมวลผล แสดงให้เห็นว่า ในปีนี้ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดในช่วงเดือนกันยายน เนื่องจากช่วงเดือนดังกล่าว มีการเกิดอุทกภัย และฝนตกหนักในภาคกลางทำให้ค่ากราฟมีค่าสูงขึ้น



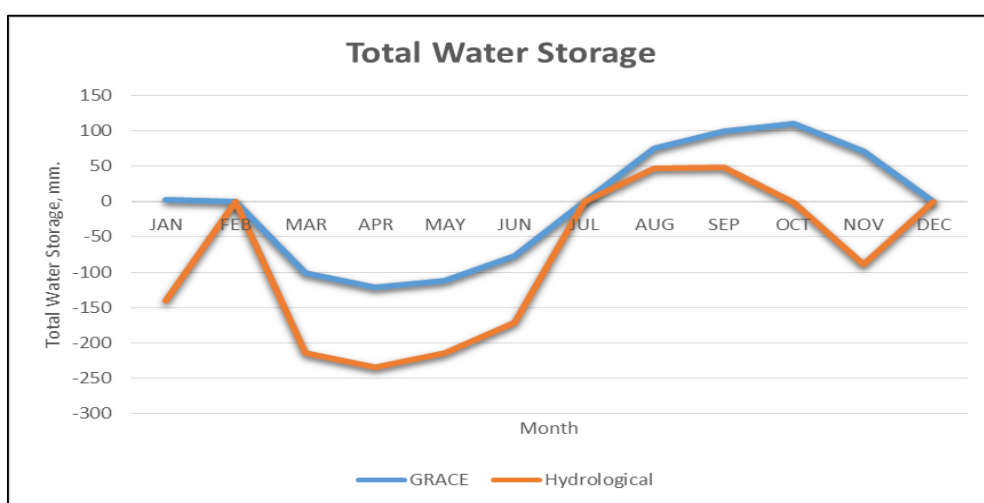
รูปที่ 6.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และ Hydrological ในปี ค.ศ.2012

รูปที่ 6.4 แสดงผลข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และ ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูล Hydrological เป็นรายเดือนของปี ค.ศ.2010 ใน พื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยที่แกน Y แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดในหน่วย มิลลิเมตร(mm.) และแกน X แสดง เดือนที่ทำการประมวลผล แสดงให้เห็นว่าในปีดังกล่าว ค่าการ เปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด มีค่าปกติเป็นไปตามฤดูกาลของประเทศไทย



รูปที่ 6.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และ Hydrological ในปี ค.ศ.2013

รูปที่ 6.5 แสดงผลข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูล Hydrological เป็นรายเดือนของปี ค.ศ.2010 ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย โดยที่แกน Y แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดในหน่วย มิลลิเมตร(mm.) และแกน X แสดง เดือนที่ทำการประมวลผล แสดงให้เห็นว่าในปีดังกล่าว มีค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำค่อนข้างน้อย เนื่องจากเกิดวิกฤติการภัยแล้งทั่วทั้งประเทศไทย เกิดวิกฤติการณ์จากเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นวิกฤติภัยแล้งที่หนักที่สุดในรอบ 10 ปี ของประเทศไทย

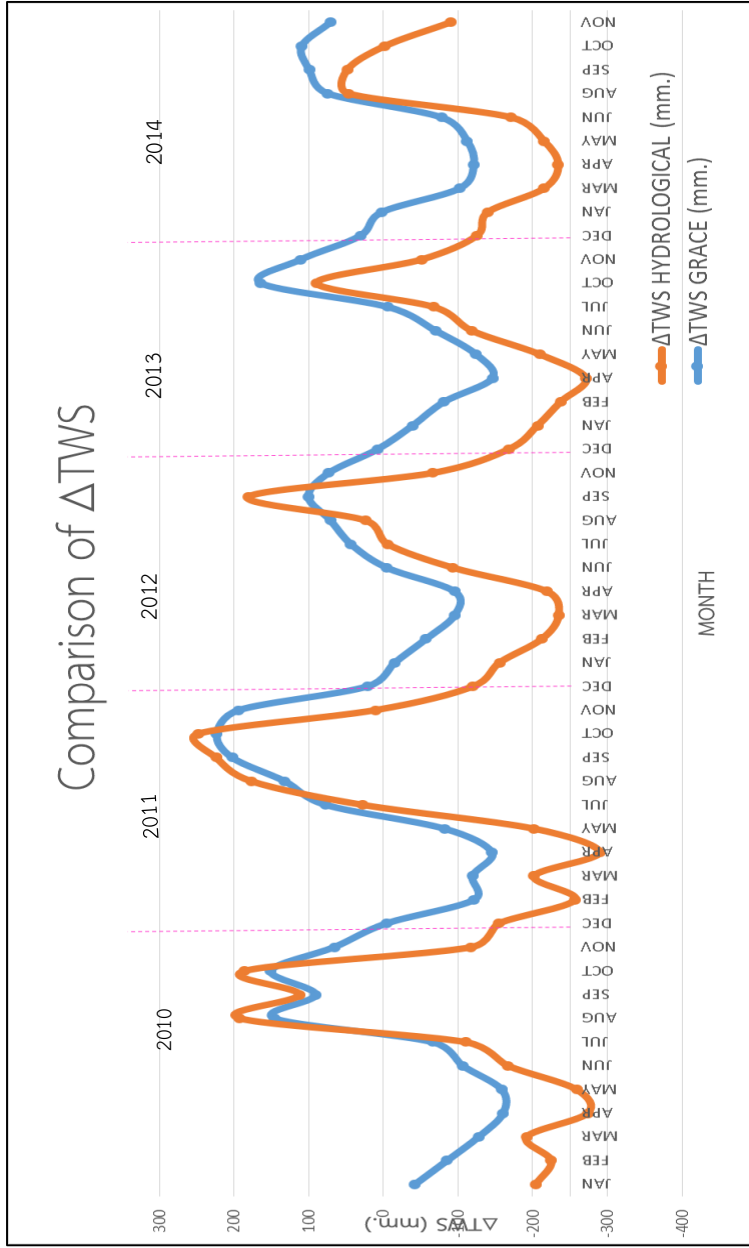


รูปที่ 6.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE และ Hydrological ในปี ค.ศ.2014

จากรูป 6.6 เมื่อนำกราฟทั้ง 5 ปี มารวมกัน สังเกตได้ว่าค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม GRACE และข้อมูลจาก Hydrological มีค่าไปในทิศทางเดียวกัน แต่ค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม GRACE จะมีค่าสูงกว่า ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูล Hydrological เนื่องจาก ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE มีตัวแปรที่ใช้ในสมการของการหาค่าเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด คือ น้ำผิวดิน(Surface Water, SW) ที่รวมทั้งปริมาณน้ำบนผิวดิน ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า ,น้ำใต้ดิน(Ground Water, GW) และค่าความชื้นในดิน(Soil Moisture, SM) ส่วนข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูล Hydrological มีตัวแปรที่ใช้ในสมการของการหาค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูล Hydrological คือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน(Precipitation, P)

,ข้อมูลปริมาณน้ำท่า(River Runoff, Q) และข้อมูลการคายระเหย(Evapotranspiration, ET) ซึ่งทำให้เมื่อกราฟของ Hydrological ลดระดับลง แต่ข้อมูล GRACE มีค่ามากกว่า เนื่องจากยังมีน้ำที่อยู่ใต้ดิน และมีความชื้นในดินอยู่ ทำให้กราฟมีค่าสูงกว่า





รูปที่ 6.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่าง ΔTWS GRACE และ ΔTWS Hydrological

จากการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากผลการศึกษา ที่อยู่ในรูปแบบกราฟที่แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากข้อมูลดาวเทียม GRACE จะเห็นได้ว่าช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนพฤศจิกายนของทุกปี กราฟจะมีค่าสูง เนื่องจากช่วงเดือนดังกล่าวมีปริมาณน้ำฝนมากกว่าเดือนอื่นๆ จึงทำให้ปริมาณน้ำที่ดาวเทียมวัดได้สูงกว่าเดือนอื่นๆ และในปี ค.ศ.2011 กราฟมีค่าปริมาณน้ำทั้งหมดสูงที่สุดเนื่องจากปีดังกล่าว ได้เกิดมหาอุทกภัยในประเทศไทยเริ่มตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ค.ศ.2011 ถึงปลายเดือนมกราคม ค.ศ.2012 จึงส่งผลให้กราฟมีค่าสูงมาก เมื่อเทียบกับปี ค.ศ.2014 ที่เกิดภัยแล้งในประเทศไทย ดังนั้นเมื่อสังเกตแนวโน้มของกราฟมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตามฤดูกาล สำหรับค่าของกราฟที่ติดลบ เพราะปริมาณการเปลี่ยนแปลงน้ำทั้งหมดของปีดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ GRACE:

Anomaly liquid water equivalent thickness (cm) (Research, 2002)

6.2 สรุปผลการศึกษา

จากการอภิปรายผลข้างต้น ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม GRACE มีความสอดคล้องกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้จากข้อมูลทางอุทกวิทยา ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากข้อมูลสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน ดังนั้นข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม GRACE สามารถนำมาใช้ดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมดจากกราฟ แทนการใช้ข้อมูลจากภาคพื้นดินซึ่งข้อมูลภาคพื้นดินมีข้อจำกัดด้านพื้นที่ที่ไม่ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย และสามารถใช้พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำทั้งหมด เพื่อนำไปใช้ในการบริหารจัดการน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

6.3 ข้อเสนอแนะ

6.3.1 เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียม GRACE มีค่า Resolution ที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ ควรใช้กับพื้นที่ที่มีขนาดพื้นที่ไม่ต่ำกว่า 100,000 ตารางกิโลเมตร จะทำให้ค่าของข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

6.3.2 จากข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้สามารถนำมาต่อยอดการศึกษาในการหาปริมาณความชื้นในดินโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้ ร่วมกับข้อมูลปริมาณน้ำใต้ดิน

รายการอ้างอิง

- Byron Tapley, S. B., Himanshu Save, Tatyana Pekker. (2012). *GRACE Measurement of Total Water Storage Variations Over Texas*. Retrieved from 3:
- Houborg, R., & Rodell, M. (2010). *INTEGRATING ENHANCED GRACE TERRESTRIAL WATER STORAGE DATA INTO THE U.S. AND NORTH AMERICAN DROUGHT MONITORS*. Paper presented at the ASPRS 2010 Annual San Diego, California.
- Kuss, A., Brandt, W. T., Randall, J., Floyd, B., Bourai, A., Newcomer, M., . . . Skiles, J. W. (2012). *COMPARISON OF CHANGES IN GROUNDWATER STORAGE USING GRACE DATA AND A HYDROLOGICAL MODEL IN CALIFORNIA'S CENTRAL VALLEY*. Paper presented at the ASPRS 2012 Annual, Sacramento, California.
- Long, D., Longuevergne, L., & Scanlon, B. R. (2015). Global analysis of approaches for deriving total water storage changes from GRACE satellites. *Water Resources Research*, 51(4), 2574-2594. doi:10.1002/2014WR016853
- Qiaozhen Mu, M. Z., Steven W. Running. (2011). *Brief Introduction to MODIS Evapotranspiration Data Set (MOD16)*. Retrieved from
- Qingyun Duan, J. C., Schaake Jr. (2003). Total water storage in the Arkansas-Red River basin. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, 108(D22), 14.
- Shusen Wang, J. H., Junhua Li, Alfonso Rivera, Hazen Russell. (2012). *Estimation of the Water Budget for Major Canadian River Basins*. Paper presented at the American Geophysical Union, San Francisco, California, USA.
- Swenson, S. C., & Milly, P. C. D. (2006). Climate model biases in seasonality of continental water storage revealed by satellite gravimetry. *Water Resources Research*, 42(3), n/a-n/a. doi:10.1029/2005wr004628
- under, T. G. m. i. j. i. b. N. a. D., & Program, t. N. E. S. S. P. (2012). *GRACE Mission Data Flow*.
- Ward, A. (2003). *GRACE Gravity Recovery and Climate Experiment*. Retrieved from
- นิตยา หวังวงศ์โรจน์. (2551). อุทกวิทยา. กรุงเทพฯ: ด่านสุทธา.
- วิษณุ ศรีวงษา. (2556). วัตรระดับน้ำ 111 ปี. Retrieved from
- สัญญา มั่นทางกูร. (2555). ความรู้ด้านทรัพยากรน้ำที่นักจัดการลุ่มน้ำมีอาชีพควรรู้. Retrieved from



ภาคผนวก ก. รายละเอียดข้อมูลสถานีวัดปริมาณน้ำฝน



ตารางภาคผนวกที่ ก.1 แสดงข้อมูลสถานีวัดปริมาณน้ำฝนของภาคกลาง

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Ang Thong	A. Mueang	010012	A. Mueang	14.5875	100.4572
Ang Thong	A. Chaiyo	010022	A. Chaiyo	14.6614	100.4694
Ang Thong	A. Pho Thong	010032	A. Pho Thong	14.6567	100.4119
Ang Thong	A. Wiset Chai Chan	010042	A. Wiset Chai Chan	14.5886	100.3558
Ang Thong	A. Pa Mok	010052	A. Pa Mok	14.4878	100.4514
Ang Thong	A. Sawaeng Ha	010062	A. Sawaeng Ha	14.7514	100.3281
Ang Thong	A. Sawaeng Ha	010262	Ang Thong Sugar Cane Experiment and Breeding Station	14.7806	100.2353

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Chai Nat	A. Sapphaya	040022	A. Sapphaya	15.1350	100.0367
Chai Nat	A. Manorom	040032	A. Manorom	15.3094	100.0106
Chai Nat	A. Sankhaburi	040042	A. Sankhaburi	15.0453	100.1647
Chai Nat	A. Hankha	040052	A. Hankha	14.98	100.0172
Chai Nat	A. Sapphaya	040361	Mae Nam Chao Phraya (C.13)	15.1658	100.1922
Chai Nat	A. Mueang	040383	Chai Nat Agrometeorological Station	15.15	100.1833
Kamphaeng Phet	A. Phran Kratai	120032	A. Phran Kratai	16.6633	99.5919
Kamphaeng Phet	A. Khanu Woralaksaburi	120042	A. Khanu Woralaksaburi	16.0603	99.8636

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Kamphaeng Phet	A. Khanu Woralak-aburi	120081	Nam Mae Wong (Ct.5A)	15.9028	99.4792
Kamphaeng Phet	A. Sai Ngam	120102	A. Sai Ngam	16.45	99.8833
Kamphaeng Phet	A. Mueang	120113	Kamphaeng Phet Weather Observing Station	16.4864	99.5269
Kamphaeng Phet	A. Khlong Lan	120121	Khlong Suan Mak (P.47)	16.3342	99.2747
Kamphaeng Phet	A. Khlong Lan	120132	A. Khlong Lan	16.2464	99.3303
Kamphaeng Phet	A. Lan Krabue	120142	A. Lan Krabue	16.7094	99.8511
Kamphaeng Phet	A. Mueang	120152	Kamphaeng Phet Sugarcane Research	16.4511	99.5019
Kamphaeng Phet	A. Mueang	120161	Mae Nam Ping (P.7A)	16.4781	99.5219
Lop Buri	A. Khok Samrong	190042	A. Khok Samrong	15.0694	100.7278

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Lop Buri	A. Chai Badan	190052	A. Chai Badan	15.2033	101.1364
Lop Buri	A. Mueang	190072	Academic Services and Production Plant Center	14.75	100.8333
Lop Buri	A. Khok Samrong	190082	Academic Service and Production Plant Center	15.0667	100.7
Lop Buri	A. Phatthana Nikhom	190092	A. Phatthana Nikhom	14.8547	100.9917
Lop Buri	A. Sa Bot	190102	Maha Pho school	15.2833	100.8667
Lop Buri	A. Chai Badan	190113	Bua Chum Hydro-meteo Station	15.2639	101.1833
Lop Buri	A. Chai Badan	190351	Lam Sonthi (S.13)	15.3392	101.375
Lop Buri	A. Tha Luang	190372	A. Tha Luang	15.0681	101.1067
Lop Buri	A. Sa Bot	190402	A. Sa Bot	15.195	100.8489

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Lop Buri	A. Lam Sonthi	190412	Pang Hu Sua Wild animal research station	15.1139	101.4
Lop Buri	A. Lam Sonthi	190422	A. Lam Sonthi	15.2972	101.3667
Lop Buri	A. Phattana Nikhom	190432	T. Nong Bua Health Centre	14.8417	101.0625
Lop Buri	A. Chai Badan	190442	Ban Khao Tambon School	15.2444	101.2667
Lop Buri	A. Phattana Nikhom	190452	T. Chong Sarika Health Centre	14.7883	100.9139
Lop Buri	A. Chai Badan	190462	Ban Langka Prachason School	15.3333	101.0139
Lop Buri	A. Tha Luang	190482	Ban Pong Sawong Khiriwan School	14.9944	101.2833

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Lop Buri	A. Khok Charoen	190522	Ban Nong Makha School	15.4306	101.9306
Lop Buri	A. Lam Sonthi	190542	Ban Dan Thai Lom School	15.1833	101.3583
Lop Buri	A. Chai Badan	190562	Ban Thung Takaew School	15.1181	101.0361
Lop Buri	A. Chai Badan	190572	Nam Tok Wang Kanlueng Plant Garden	15.1167	101.1167
Lop Buri	A. Chai Badan	190582	Ban Khao Laem School	15.6858	100.9333
Lop Buri	A. Tha Luang	190592	Ban Hua Lam School	15.0333	101.3167
Nakhon Nayok	A. Mueang	220012	A. Mueang	14.2017	101.2197
Nakhon Nayok	A. Ongkharak	220022	A. Ongkharak	14.1233	101.0056
Nakhon Nayok	A. Pak Phli	220032	A. Pak Phli	14.1622	101.2656

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Nakhon Nayok	A. Ban Na	220042	A. Ban Na	14.265	101.0642
Nakhon Pathom	A. Mueang	230032	A. Mueang	13.8172	100.0711
Nakhon Pathom	A. Kamphae ng Saen	230052	A. Kamphaeng Saen	13.9967	99.9944
Nakhon Pathom	A. Kamphae ng Saen	230063	Kamphaeng Saen Agrometeorol ogical	13.9344	99.8506
Nakhon Pathom	A. Bang Len	230130	Bang Sai Pa Regulator (SUP.52)	14.0944	100.1783
Nakhon Pathom	A. Bang Len	230140	Yipun Tai Regulator	14.1383	100.2572
Nakhon Pathom	A. Dontum	230202	A. Dontum	13.9594	100.0847
Nakhon Pathom	A. Bang Len	230210	Bang Wai Regulator	14.1389	100.1361
Nakhon Sawan	A. Mueang	260013	A. Mueang	15.7031	100.1408

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Nakhon Sawan	A. Tha Tako	260032	A. Tha Tako	15.6389	100.4861
Nakhon Sawan	A. Krok Phra	260042	A. Krok Phra	15.5544	100.0761
Nakhon Sawan	A. Phayuha Khiri	260052	A. Phayuha Khiri	15.4539	100.1383
Nakhon Sawan	A. Banphot Phisai	260062	A. Banphot Phisai	15.9336	99.9856
Nakhon Sawan	A. Takhli	260082	A. Takhli	15.2611	100.3472
Nakhon Sawan	A. Mueang	260092	2nd Animals Provision Headquarters	15.65	100.1667
Nakhon Sawan	A. Nong Bua	260102	A. Nong Bua	15.8628	100.5894
Nakhon Sawan	A. Phaisali	260122	A. Phaisali	15.5953	100.6606
Nakhon Sawan	A. Tak Fa	260143	Tak Fa Agrometeorological Station	15.35	100.5

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Nakhon Sawan	A. Kao Liao	260292	A. Kao Liao	15.8458	100.0764
Nakhon Sawan	A. Mueang	260301	Mae Nam Chao Phraya (C.2)	15.6708	100.1125
Nakhon Sawan	A. Mae Poen	260322	A. Mae Poen	15.6556	99.4692
Nonthaburi	A. Mueang	310032	A. Mueang	13.8397	100.4956
Nonthaburi	A. Bang Bua Thong	310070	Bang Bua Thong Regulator (CPA.28)	13.9056	100.4314
Nonthaburi	A. Pakkret	310080	Phra Udom Regulator	13.9656	100.4556
Nonthaburi	A. Sai Noi	310132	A. Sai Noi	13.9753	100.3178
Nonthaburi	A. Sai Noi	310152	Nonthaburi Technical College	13.8647	100.4864
Nonthaburi	A. Mueang	310162	Wat Khema Phitaram School	13.8197	100.5078

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Pathum Thani	A. Lat Lum Kaeo	320022	A. Lat Lum Kaeo	14.0403	100.4222
Pathum Thani	A. Thanyaburi	320042	A. Thanyaburi	14.0194	100.7375
Pathum Thani	A. Nong Suea	320052	A. Nong Suea	14.1333	100.8281
Pathum Thani	A. Khlong Luang	320072	A. Khlong Luang	14.0611	100.6483
Pathum Thani	A. Thanyaburi	320082	Pathum Thani Rice Research Center	14.0667	100.85
Pathum Thani	A. Lat Lum Kaeo	320140	Klangkhlong Khutmai Regulator (NRS.6)	14.0067	100.385
Pathum Thani	A. Khlong Luang	320293	Pathum Thani Agrometeorological Station	14.1167	100.6333

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Phetchabun	A. Mueang	360013	A. Mueang	16.4167	101.1597
Phetchabun	A. Lom Sak	360023	A. Lom Sak	16.7783	101.2458
Phetchabun	A. Lom Kao	360032	A. Lom Kao	16.8836	101.2328
Phetchabun	A. Wichian Buri	360043	A. Wichian Buri	15.6556	101.1103
Phetchabun	A. Chon Daen	360052	A. Chon Daen	16.1875	100.8633
Phetchabun	A. Si Thep	360082	A. Si Thep	15.4722	101.0667
Phetchabun	A. Khao Kho	360102	B.N. Farm Pine Camp	16.7658	101.0339
Phetchabun	A. Bueng Sam Phan	360132	A. Bueng Sam Phan	15.7958	101.0081
Phetchabun	A. Wang Pong	360172	A. Wang Pong	16.2956	100.7442
Phetchabun	A. Khao Kho	360202	A. Khao Kho	16.6456	100.9256

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Phetchabun	A. Lom Kao	360212	Ban Tatkha Phatthana School	17.0072	101.3669
Phetchabun	A. Lom Kao	360222	Ban Song Ploei School	17.0442	101.2792
Phetchabun	A. Lom Kao	360242	Ban wang kon Huat School	17.0839	101.3733
Phetchabun	A. Lom Kao	360282	Ban Hin Hao School	16.9675	101.2242
Phetchabun	A. Lom Sak	360322	Ban Pa Kae Khroe School	16.8111	101.3281
Phetchabun	A. Lom Sak	360332	Ban Nam Ko School	16.7994	101.1797
Phetchabun	A. Khao Kho	360342	Ban Lao Ya School	16.7672	101.0308
Phetchabun	A. Lom Sak	360352	Tab Yang Highway	16.7364	101.4331
Phetchabun	A. Lom Sak	360362	Ban Nam Duk Nua School	16.7222	101.3025
Phetchabun	A. Lom Sak	360372	Ban Dong Khwang School	16.6997	101.1739

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Phetchabun	A. Lom Sak	360422	Ban Chang Ta Lut School	16.5775	101.3064
Phetchabun	A. Mueang	360432	Ban Na Ngua School	16.5231	101.1558
Phetchabun	A. Mueang	360452	Ban Chaliang Lab School	16.3942	101.2714
Phetchabun	A. Mueang	360492	Ban Na Yom School	16.2581	101.0972
Phetchabun	A. Mueang	360502	Petchabun Breeding Station	16.2453	101.0233
Phetchabun	A. Nong Phai	360532	Ban Wang Haew School	16.1039	100.965
Phetchabun	A. Nong Phai	360552	Na Chaling Highway	16.0844	101.0567
Phetchabun	A. Nong Phai	360572	BanSan Chareon School	15.9572	101.2731
Phetchabun	A. Nong Phai	360582	Ban Neon Kontha School	15.9447	101.1522

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Phetchabun	A. Bueng Sam Phan	360592	Ban Nong Pluang School	15.8378	101.1192
Phetchabun	A. Wichian Buri	360622	Ban Kog Prue School	15.7267	101.0981
Phetchabun	A. Wichian Buri	360632	Ban Wang Yai School	15.5958	100.9578
Phetchabun	A. Wichian Buri	360642	Ban Nong Bua Thong School	15.5931	101.2364
Phetchabun	A. Wichian Buri	360653	Ban Phu Kham School	15.5508	101.0525
Phetchabun	A. Si Thep	360662	Ban Na Sanun School	15.5261	101.1867
Phetchabun	A. Si Thep	360672	Si Thep National Park	15.4675	101.1356
Phetchabun	A. Si Thep	360682	Ban Kog Rang Noi School	15.4214	101.2156

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Phetchabun	A. Si Thep	360692	Ban Klong Krajung School	15.3472	101.1361
Phetchabun	A. Lom Kao	360711	Mae Nam Pasak (S.33)	17.0028	101.3564
Phetchabun	A. Nam Nao	360731	Nam Phong (E.81)	16.2875	104.0092
Phetchabun	A. Wichian Buri	360790	Ban Bo Rang (S.42)	15.5853	101.0678
Phichit	A. Bang Mun Nak	380022	A. Bang Mun Nak	16.0264	100.3986
Phichit	A. Wang Sai Phun	380072	A. Wang Sai Phun	16.4167	100.55
Phichit	A. Tap Khlo	380082	Khao Sai School	16.1667	100.55
Phichit	A. Mueang	380103	Phichit Agrometeorological Station	16.0758	100.3014
Phichit	A. Bang Mun Nak	380111	Mae Nam Nan (N.8A)	16.0792	100.4

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Phichit	A. Bueng Na Rang	380182	A. Bueng Na Rang	16.1706	100.1281
Phitsanulok	A. Mueang	390013	A. Mueang	16.8233	100.2625
Phitsanulok	A. Wang Thong	390032	A. Wang Thong	16.8236	100.4333
Phitsanulok	A. Nakhon Thai	390042	A. Nakhon Thai	17.0989	100.8425
Phitsanulok	A. Phrom Phiram	390052	A. Phrom Phiram	17.0489	100.2036
Phitsanulok	A. Bang Krathum	390062	A. Bang Krathum	16.5778	100.3028
Phitsanulok	A. Wat Bot	390072	A. Wat Bot	16.9928	100.3117
Phitsanulok	A. Wang Thong	390082	Phitsanulok Rice Research Center	16.85	100.35
Phitsanulok	A. Wang Thong	390132	Khao Krayang Forest Plantation	16.8667	100.75

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Phitsanulok	A. Chattrakan	390142	A. Chattrakan	17.2833	100.55
Phitsanulok	A. Wat Bot	390161	Ban Nong Bon (N.40)	17.2206	100.3528
Phitsanulok	A. Chat Trakan	390202	Phu Miang-Phu Thong Wildlife Sanctuary	17.3139	100.6444
Phitsanulok	A. Mueang	390220	Hydrology Irrigation For Northern Region	16.7892	100.2056
Bangkok	Khet Bang Na	410013	Meteorological Department	13.7283	100.5703
Bangkok	Khet Bang Kapi	410022	Bang Kapi District Office	13.7639	100.6508
Bangkok	Khet Nong Chok	410042	Nong Chok District Office	13.8539	100.8656

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Bangkok	Khet Don Mueang	410063	Don Mueang Airport	13.9167	100.6
Bangkok	Khet Bang Na	410083	Bang Na Agrometeorological Station	13.6667	100.6167
Bangkok	Khet Taling Chan	410172	Taling Chan District Office	13.775	100.4594
Bangkok	Khet Rat Burana	410192	Rat Burana District Office	13.6811	100.5094
Bangkok	Khet Ratchathewi	410332	The War Veterans Organization of Thailand	13.7653	100.5344
Bangkok	Khet Dusit	410362	Kuakarun Nursing College	13.7792	100.5106
Bangkok	Khet Dusit	410372	Ministry of Education	13.7639	100.5111
Bangkok	Khet Yan Nawa	410412	Yan Nawet Witthayakhorn School	13.685	100.5381

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Bangkok	Khet Phra Nakhon	410422	Poh Chang College	13.7386	100.5006
Bangkok	Khet Bang Rak	410442	Bangkok Christian College	13.7194	100.5256
Bangkok	Khet Khlong Toei	410472	Science Center for Education (Bangkok Planetarium)	13.7206	100.5828
Bangkok	Khet Din Daeng	410512	Sam Sen Nok School	13.7736	100.5686
Bangkok	Khet Bang Kapi	410552	Wat Bueng Thonglang School	13.7944	100.6286
Bangkok	Khet Bueng Kum	410582	Wat Nuan Chan	13.835	100.6411
Bangkok	Khet Bang Khen	410652	Thai Police Aviation Division	13.8531	100.5569

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Bangkok	Khet Taling Chan	410722	Suwan Plupplapittay akom School	13.7539	100.4519
Bangkok	Khet Taling Chan	410732	Wat Thong School	13.7708	100.4558
Bangkok	Khet Taling Chan	410742	Potisarnpittay akorn School	13.7714	100.4389
Bangkok	Khet Khlong Toei	410753	Khlong Toei Port	13.7069	100.5681
Bangkok	Khet Bang Phlat	410772	Samakkeesutt hawas School	13.7917	100.5025
Bangkok	Khet Bang Phlat	410782	Siam Commercial College	13.7858	100.5153
Bangkok	Khet Bang Phlat	410792	Si Ulai School	13.7767	100.4981

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Bangkok	Khet Phasi Charoen	410842	Phet Kasem Sub-Electrical Station	13.7153	100.4375
Bangkok	Khet Phasi Charoen	410862	Thonburi Commercial College	13.7358	100.4633
Bangkok	Khet Bang Bon	410882	Wat Bang Bon School	13.6419	100.375
Bangkok	Khet Bang Bon	410892	Phromrat Rangsan School	13.6381	100.3861
Bangkok	Khet Bang Khun Thian	410902	Rattanakosin Somphot Bang Khun Thian School	13.6444	100.4208
Bangkok	Khet Saphan Sung	410912	Somphoch Krung Anusorn (200 Pee) School	13.7117	100.6858
Bangkok	Khet Nong Chok	410962	Wat Sam Ngam School	13.8872	100.8119

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Bangkok	Khet Nong Chok	410982	Wat Praya Pla School	13.9156	100.8664
Bangkok	Khet Nong Chok	410992	Surao Lamkhaek School	13.8025	100.8639
Bangkok	Khet Saphan Sung	410012	Triam Udom Suksa Nomklao School	13.7764	100.6806
Bangkok	Khet Prawet	410032	Construction and Maintenance Center	13.6778	100.6664
Bangkok	Khet Yan Nawa	410052	Wat Dan School	13.6692	100.5439
Bangkok	Khet Thawi Watthana	410082	Nawaminthrarachinuthit Satriwitthaya 3 School	13.7772	100.3681
Bangkok	Khet Bangkok	410092	Taweethapisek	13.5622	100.4197

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
	Khun Thian		Bangkhunthian School		
Phra Nakhon Si Ayutthaya	A. Phra Nakhon Si Ayutthaya	420012	A. Phra Nakhon Si Ayutthaya	14.3636	100.5756
Phra Nakhon Si Ayutthaya	A. Tha Ruea	420032	A. Tha Ruea	14.5575	100.725
Phra Nakhon Si Ayutthaya	A. Bang Pahan	420042	A. Bang Pahan	14.4619	100.5481
Phra Nakhon Si Ayutthaya	A. Wang Noi	420062	A. Wang Noi	14.2253	100.7222
Phra Nakhon Si Ayutthaya	A. Bang Pa-in	420072	A. Bang Pa-in	14.225	100.5794
Phra Nakhon Si Ayutthaya	A. Phak Hai	420082	A. Phak Hai	14.4564	100.3722

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Phra Nakhon Si Ayutthaya	A. Bang Sai	420092	A. Bang Sai	14.2111	100.5019
Phra Nakhon Si Ayutthaya	A. Bang Ban	420112	A. Bang Ban	14.4028	100.4725
Phra Nakhon Si Ayutthaya	A. Nakhon Luang	420122	A. Nakhon Luang	14.4628	100.6089
Phra Nakhon Si Ayutthaya	A. Ban Phraek	420142	A. Ban Phraek	14.6436	100.5778
Phra Nakhon Si Ayutthaya	A. Bang Sai	420162	A. Bang Sai	14.3325	100.3056
Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Phra Nakhon Si Ayutthaya	A. Phra Nakhon Si Ayutthaya	420172	Hantra Agricultural Experiment Station	14.3833	100.6

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Phra Nakhon Si Ayutthaya	A. Lat Bua Luang	420430	Lak Khon Regulator	14.1311	100.3514
Phra Nakhon Si Ayutthaya	A. Phra Nakhon Si Ayutthaya	420633	Phra Nakhon Si Ayutthaya Weather Observing Station	14.5333	100.7278
Samut Prakan	A. Mueang	510012	A. Mueang	13.5992	100.5992
Samut Prakan	A. Bang Phli	510022	A. Bang Phli	13.6047	100.7094
Samut Prakan	A. Mueang	510162	Sawangkhaniwat Sanatorium	13.5333	100.6333
Samut Prakan	A. Mueang	510193	Pilot Station	13.3772	100.5994
Samut Prakan	A. Bang Phli	510273	Suvarnabhumi Airport	13.6864	100.7675
Samut Sakhon	A. Krathum Baen	520032	A. Krathum Baen	13.6536	100.2722

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Samut Sakhon	A. Mueang	520062	Co-op. Unit Ban Rai Dev. Settlement,	13.5167	100.3
Samut Songkhram	A. Bang Khonthi	530032	A. Bang Khonthi	13.4675	99.9444
Saraburi	A. Sao Hai	540022	A. Sao Hai	14.5533	100.8472
Saraburi	A. Kaeng Khoi	540032	A. Kaeng Khoi	14.5847	101.0025
Saraburi	A. Nong Saeng	540062	A. Nong Saeng	14.49	100.7861
Saraburi	A. Chaloem Phra Kiat	540072	Central Botanical Garden (Pukae)	14.6667	100.9167
Saraburi	A. Phra Phutthabat	540092	Phra Phutthabat Self-supporting Settlement	14.7167	100.8
Saraburi	A. Kaeng Khoi	540112	Thap Kwang Animal	14.6167	101.05

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
			Husbandry and Research Center		
Saraburi	A. Wihan Daeng	540122	A. Wihan Daeng	14.3456	100.9922
Saraburi	A. Muak Lak	540142	Kham Phran School	14.7833	101.0833
Saraburi	A. Muak Lek	540192	A. Muak Lek	14.6622	101.2008
Saraburi	A. Muak Lek	540342	Ban Tha Plu School	15.0431	101.4167
Saraburi	A. Muak Lek	540362	Ban Nong Oeaw School	14.8958	101.3139
Saraburi	A. Muak Lek	540402	Wat Suan Thong Ruam Mit School	14.7917	101.2622
Saraburi	A. Kaeng Khoi	540412	Hin Zon Health Center	14.7389	101.0431
Saraburi	A. Muak Lek	540422	Ban Lang Khao School	14.7247	101.1581

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Saraburi	A. Kaeng Khoi	540442	Wat Phraphutthab at Noi School	14.6511	100.9847
Saraburi	A. Kaeng Khoi	540450	Mae Nam Pasak (S.9)	14.6275	101.0172
Sing Buri	A. Mueang	560012	A. Mueang	14.8867	100.4081
Sing Buri	A. Bang Rachan	560022	A. Bang Rachan	14.8903	100.3194
Sukhothai	A. Sri Satchanalai	590022	A. Sri Satchanalai	17.5153	99.7644
Sukhothai	A. Sawankhalok	590032	A. Sawankhalok	17.3153	99.8356
Sukhothai	A. Kong Krailat	590042	A. Kong Krailat	16.9511	99.9794
Sukhothai	A. Ban Dan Lan Hoi	590062	A. Ban Dan Lan Hoi	17.0044	99.5772
Sukhothai	A. Sri Samrong	590073	Sri Sam Rong Agrometeorological Station	17.1667	99.8667

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Sukhothai	A. Kirimat	590082	A. Kirimat	16.8319	99.8056
Sukhothai	A. Thung Saliang	590092	A. Thung Saliang	17.32	99.5639
Sukhothai	A. Sri Satchanalai	590121	Mae Nam Yom (Y.6)	17.4342	99.7922
Sukhothai	A. Sri Nakhon	590162	A. Sri Nakhon	17.45	99.9667
Sukhothai	A. Mueang	590182	Sukhothai Agricultural Extension Office	17.0061	99.8239
Sukhothai	A. Sawankhalok	590192	Forest Products Research Station	17.3075	99.8539
Sukhothai	A. Si Satchanalai	590202	Si Satchanalai National Park	17.5539	99.4853
Sukhothai	A. Mueang	590213	Sukhothai Meteorological Station	17.8	99.8283

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Sukhothai	A. Si Satchana lai	590302	Ban Mae Rak Tai	17.6667	99.9333
Suphan Buri	A. Mueang	600013	A. Mueang	14.4694	100.12056
Suphan Buri	A. U Thong	600023	U Thong Agrometeorological Station	14.3733	99.8942
Suphan Buri	A. Song Phi Nong	600042	Song Phi Nong Agricultural Extension office	14.2214	100.0244
Suphan Buri	A. Si Prachan	600052	Si Prachan Agricultural Extension Office	14.6172	100.1472
Suphan Buri	A. Doemba ng Nangbuat	600062	Doembang Nangbuat Agricultural Extension Office	14.8431	100.1

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Suphan Buri	A. Don Chedi	600092	A. Don Chedi	14.6328	100.0242
Suphan Buri	A. Mueang	600102	Suphan Buri Rice Research Center	14.4667	100.1167
Suphan Buri	A. Song Phi Nong	600350	Phraya Banlu Regulator (SUP.41)	14.1575	100.135
Suphan Buri	A. U Thong	600522	A. U Thong	14.3	99.8
Uthai Thani	A. Mueang	690012	A. Mueang	15.0475	100.0281
Uthai Thani	A. Thap Than	690022	A. Thap Than	15.0525	99.8928
Uthai Thani	A. Nong Khayang	690032	A. Nong Khayang	15.0475	99.9325
Uthai Thani	A. Nong Chang	690042	A. Nong Chang	15.0433	99.8444
Uthai Thani	A. Ban Rai	690052	A. Ban Rai	15.02	99.5242

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Uthai Thani	A. Sawang Arom	690062	A. Sawang Arom	15.0719	99.8636
Uthai Thani	A. Lan Sak	690132	A. Lan Sak	15.0467	99.5667
Uthai Thani	A. Huai Khot	690151	Huai Khun Kaeo (C.30)	15.0361	99.5394
Uthai Thani	A. Ban Rai	690171	Huai Kra Sieo (T.7)	15.0067	99.5883
Uthai Thani	A. Mueang	690201	Mae Nam Sakae Krang (Ct.2A)	15.0508	100.0581
Uthai Thani	A. Lan Sak	690251	Upper Tap Salao Dam	15.0561	99.45

ตารางภาคผนวกที่ ก.2 แสดงข้อมูลสถานีวัดน้ำท่าของภาคกลาง

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Chai Nat	A. Wat Sing	c.1	Ban Tha Hat	15.2714	100.0622

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Kamphaeng Phet	A. Kosamphi Nakhon	P.50A	Ban Thai Tawee	16.5497	99.25
Kamphaeng Phet	A.Khlong Lan	P.47	Ban Pong Nam Ron	16.3342	99.2747
Kamphaeng Phet	A. Mueang	P.7A	Ban Huai Yang	16.4772	99.5183
Kamphaeng Phet	A. Khlong Khlung	P.15	Ban Khlong Khlung	16.2139	99.7239
Kamphaeng Phet	A. Khanu Woralak saburi	P.16	Khanu Woralak saburi	16.0617	99.8642
Kamphaeng Phet	A. Mueang	P.26A	Ban Mai	16.4492	99.4408
Uthai Thani	A. Ban Rai	C.30	Ban Samo Thong	15.3494	99.5342
Phetchabun	A. Mueang	S.4B	Mueang	16.42	101.1703
Phetchabun	A. Wichian Buri	S.42	Ban Bo Wang	15.5764	101.0911
Phetchabun	A. Lom Sak	S.33	Ban Tha Hai Yong	17.0031	101.3561
Phetchabun	A. Khao Kho	N.73	Ban Nong Mae Na	16.5567	100.8956
Sukhothai	A. Sawankhalok	Y.3A	Sawankhalok	17.3081	99.8286

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Sukhothai	A. Si Satchanalai	Y.6	Ban Kaeng Luang	17.4342	99.7922
Sukhothai	A. Si Satchanalai	Y.14	Yan Don Rabiang	17.595	99.7189
Phitsanulok	A. Mueang	N.5A	Mueang	16.8208	100.2636
Phitsanulok	A. Phrom Phiram	N.27A	Ban Nong Kham	17.0317	100.1847
Phitsanulok	A. Nakhon Thai	N.36	Ban Nong Krathao	17.0831	100.8319
Phitsanulok	A. Chat Trakan	N.55	Ban Tha Sakae	17.2528	100.6308
Phitsanulok	A. Nakhon Thai	N.58	Ban Kok Muang	17.1425	100.935
Phitsanulok	A. Nakhon Thai	N.59	Ban Na Chan	17.0286	100.8456
Phitsanulok	A. Chat Trakan	N.62	Ban Huai Tha Nua	17.2403	100.5531
Phitsanulok	A. Nakhon Thai	N.66	Ban Noen Phoem	17.1214	100.8975
Phitsanulok	A. Mueang	N.68	Ban Tha Takhian	16.8711	100.2433

Province	Amphoe	Code	Station Name	Latitude	Longitude
Phitsanulok	A. Bang Krathum	N.74	Ban Krathum	16.5772	100.2425
Nakhon Sawan	A. Mueang	C.2	Ban Phai Lom	15.6706	100.1067
Saraburi	A. Kaeng Khoi	S.9	Ban Pa	14.6283	101.0142
Phichit	A. Bang Mun Nak	N.8A	Ban Bang Mun Nak	16.0792	100.4
Phichit	A. Taphan Hin	N.10A	Taphan Hin	16.2117	100.4169

รายการอ้างอิง





APPENDIX

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- Byron Tapley, S. B., Himanshu Save, Tatyana Pekker. (2012). GRACE Measurement of Total Water Storage Variations Over Texas. 3: University of Texas Center for Space Research.
- Houborg, R., & Rodell, M. (2010). *INTEGRATING ENHANCED GRACE TERRESTRIAL WATER STORAGE DATA INTO THE U.S. AND NORTH AMERICAN DROUGHT MONITORS*. Paper presented at the ASPRS 2010 Annual San Diego, California.
- Kuss, A., Brandt, W. T., Randall, J., Floyd, B., Bourai, A., Newcomer, M., . . . Skiles, J. W. (2012). *COMPARISON OF CHANGES IN GROUNDWATER STORAGE USING GRACE DATA AND A HYDROLOGICAL MODEL IN CALIFORNIA'S CENTRAL VALLEY*. Paper presented at the ASPRS 2012 Annual, Sacramento, California.
- Long, D., Longuevergne, L., & Scanlon, B. R. (2015). Global analysis of approaches for deriving total water storage changes from GRACE satellites. *Water Resources Research*, 51(4), 2574-2594. doi: 10.1002/2014WR016853
- Qiaozhen Mu, M. Z., Steven W. Running. (2011). Brief Introduction to MODIS Evapotranspiration Data Set (MOD16).
- Qingyun Duan, J. C., Schaake Jr. (2003). Total water storage in the Arkansas-Red River basin. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, 108(D22), 14.
- Research, T. N. C. f. A. (2002). GRACE: Gravity Recovery and Climate Experiment: Surface mass, total water storage, and derived variables.
- Shusen Wang, J. H., Junhua Li, Alfonso Rivera, Hazen Russell. (2012). *Estimation of the Water Budget for Major Canadian River Basins*. Paper presented at the American Geophysical Union, San Francisco, California, USA.
- Swenson, S. C., & Milly, P. C. D. (2006). Climate model biases in seasonality of continental water storage revealed by satellite gravimetry. *Water Resources Research*, 42(3), n/a-n/a. doi: 10.1029/2005wr004628
- under, T. G. m. i. j. i. b. N. a. D., & Program, t. N. E. S. S. P. (2012). GRACE Mission Data Flow.
- Ward, A. (2003). GRACE Gravity Recovery and Climate Experiment (pp. 19): Goddard Space Flight Center.
- นิตยา หวังวงศ์วิโรจน์. (2551). อุทกวิทยา. กรุงเทพฯ: ด่านสุทธา.
- วิษณุ ศรีวงษา. (2556). วัตรระดับน้ำ 111 ปี: สำนักงานวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน.

สัญญา มั่นทางกูร. (2555). ความรู้ด้านทรัพยากรน้ำที่นักจัดการลุ่มน้ำมีเอเซียพรรณรู้ (กรมทรัพยากรน้ำ).



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกนกพรรณ ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา เกิดเมื่อวันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2533 ที่
จังหวัด กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสำรวจ เมื่อปี พ.ศ.
2556 จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ วิทยาเขตเทคนิค
กรุงเทพ

ผลงานตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการ

- การประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำจากข้อมูลดาวเทียม GRACE
เพื่อประเมินสภาวะภัยแล้งและน้ำท่วมในภาคกลางของประเทศไทย

Estimated Total Water Storage Change from GRACE

To Assess Drought and Flood Condition in the Central Thailand, การประชุม
วิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 21

