

การประมาณปริมาณน้ำฝนด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MTSAT-2

ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ตุลาคม 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

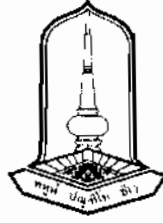
การประมาณปริมาณน้ำฝนด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MTSAT-2

ธีรพงศ์ เหล่าสุวรรณ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

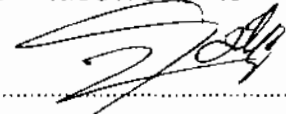
ตุลาคม 2556

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนาย ชีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

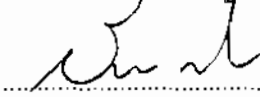
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผศ.ดร.นิวัฒน์ ลังควิศิษรพันธ์)

ประธานกรรมการ

(กรรมการบัณฑิตศึกษาประจำคณะ)



(รศ.ดร.สิงห์ทอง พัดนเศรษฐานนท์)

กรรมการ

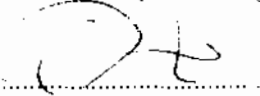
(ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์)



(ผศ.ดร.วรวัดน์ เสี่ยมวิบูล)

กรรมการ

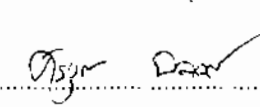
(กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์)



(ผศ.ดร.อมิพันธ์ อูร์โสภณ)

กรรมการ

(อาจารย์บัณฑิตศึกษาประจำคณะ)




(อาจารย์ ดร.ศราวุฒิ นิลสวัสดิ์)

กรรมการ

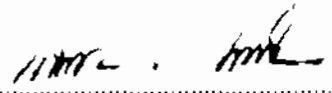
(ผู้ทรงคุณวุฒิ)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม



(รศ.ดร.สัมพันธ์ ฤทธิเดช)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์



(รศ.เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส)

ผู้อำนวยการคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ๒๔ เดือน ๓.๙ พ.ศ. ๒๕๕๖

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก
รองศาสตราจารย์ ดร.สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร
อังคศิษฏพันธ์ ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ อรุโสภาณ กรรมการสอบ
วิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.ศราวุฒิ นิลสวัสดิ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ ดร.พรทิพย์ บำรุงกลาง กรรมการผู้จัดการบริษัท พารากอน อินโฟเทค จำกัด
น้องสาว ที่ให้คำแนะนำด้านการเขียนโปรแกรมภาษาสคลิปต์สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล เหล่าสุวรรณ และอาจารย์บุหลัน เหล่าสุวรรณ
บิดาและมารดา ที่มอบโอกาสในการศึกษาและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา คุณค่าและประโยชน์
อันเกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่มี
ส่วนร่วมในการช่วยเหลือ และขอน้อมบูชาท่านบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้
ด้วยความรักและเมตตา

ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ

ชื่อเรื่อง	การประมาณปริมาณน้ำฝนด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MTSAT-2
ผู้วิจัย	ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
กรรมการควบคุม	รองศาสตราจารย์ ดร.สิงห์ทอง พัฒนเศรษฐานนท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่พิมพ์ 2556

บทคัดย่อ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตโซนร้อนมีปริมาณการกระจายของฝนในแต่ละพื้นที่ค่อนข้างสูง ปัจจุบันกรมอุตุนิยมวิทยาทำการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนสะสมรายวันในเวลา 07.00 น. (00.00 UTC) โดยข้อมูลที่ได้รับส่วนใหญ่จะได้รับการจากสถานีตรวจอากาศ และข้อมูลจากผลการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ แต่ยังมีข้อจำกัดกล่าวคือ การวัดฝนด้วยถังวัดน้ำฝนจะได้เป็นข้อมูลเพียงจุดเดียวในพื้นที่ มีความคลาดเคลื่อนการอ่านค่าจากเครื่องมือวัด การได้ข้อมูลล่าช้า การวัดด้วยเรดาร์มีข้อเสียคือมีต้นทุน ค่าใช้จ่ายสูง หากใช้ข้อมูลดาวเทียมในการประเมินน้ำฝนทำให้ได้ผลการตรวจในเวลาจริงได้ปกคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ สามารถทำภาพเคลื่อนไหวเพื่อติดตามแนวโน้มและสภาพอากาศได้สะดวกขึ้น การนำข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาไปใช้การพยากรณ์อากาศในปัจจุบันนี้ยังเป็นการแปลภาพเมฆจากข้อมูลดาวเทียมด้วยสายตาเพื่อติดตาม จากลักษณะรูปร่างและชนิดของเมฆที่ปกคลุมแต่ยังไม่มีการประมาณปริมาณฝน ถ้ามีการประมาณปริมาณฝนจากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาจะช่วยสนับสนุนการพยากรณ์อากาศให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวมานี้การศึกษาคั้งนี้จึงได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อการประมาณฝนจากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา โดยเริ่มจากการนำข้อมูลจากดาวเทียม MTSAT-2 (IR1) รายชั่วโมงมาหาค่าอุณหภูมิเมฆด้วยชุดโปรแกรมวิเคราะห์เมฆที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ด้วยภาษาสคริปต์ SML และ EML บนโปรแกรม ERDAS จากนั้นทำการหาความสัมพันธ์ของค่า IR1 กับปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน โดยมีระยะเวลาที่ศึกษาอยู่ระหว่างเดือน กรกฎาคม ถึง กันยายน พ.ศ. 2553 และแบ่งปริมาณน้ำฝนเป็นช่วง 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 มิลลิเมตร โดยผลที่ได้จะอยู่ในรูปของสมการ $P=aT^b$ เมื่อ P ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) T อุณหภูมิยอดเมฆ (เคลวิน) ซึ่งค่า a และ b เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่ ได้นำสมการที่ได้จากการหาความสัมพันธ์นี้มาทำการออกแบบโปรแกรมวิเคราะห์และแสดงกลุ่มเมฆด้วยซอฟต์แวร์ที่สเปค โดยโปรแกรมนี้สามารถประมาณปริมาณการตกของฝน ในพื้นที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศไทยได้ดี อีกทั้งยังสามารถแสดงผลข้อมูลกลุ่มเมฆในชั้นต่าง ๆ โดยผู้ใช้สามารถนำโปรแกรมดังกล่าวไปติดตั้งและใช้งานได้ทันทีที่มีการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

คำสำคัญ: การประมาณฝน; ข้อมูลดาวเทียม; ภาษาสคริปต์; โปรแกรมวิเคราะห์เมฆ

TITLE Satellite Rainfall Estimation using MTSAT-2 Data
AUTHOR Mr. Teerawong Laosuwan
DEGREE Doctor of Philosophy **MAJOR** Electrical and Computer Engineering
ADVISORS Singthong Pattanasetanon, Ph.D. Assoc. Prof.
 Worawat Sa-ngiamvibool, Ph.D. Assist. Prof.
UNIVERSITY Mahasarakham University **DATE** 2013

ABSTRACT

Thailand is a country situated in a hot temporal zone with high attributes of rain fall for each different region of the country. Presently, Department of Meteorology collects accumulate daily rain fall statistics at 7.00 a.m. (00.00UTC); the data acquired mostly received from weather report and rainfall collection station across the country in addition to data gathered from meteorological radar acquisition. However, these data has its limitation that, rainfall data collect directly with bucket, it represents a single location of the area, and the data error can be happened, it caused from misreading of the instrument and the data acquired is not up to date. Deploying weather forecast radar is proved to be an expensive and high operating expenditure. Data acquired from weather forecast satellite to study the weather change is proved to effective since it can cover a larger and area and most important of all, it is real time and up-to-date data. Data acquired from meteorology satellite in weather forecast presently has limited to just visual interpretation of clouds, the interpreter studies the formation of clouds and he can't forecast the distribution of rainfall volume. However, if we can extract the rainfall data out of the meteorological satellite, it is of course useful for weather forecast and enhancing the accuracy of the weather forecast of the country. Based on the mention reasons, the research team has developed weather forecast software to study about rainfall distribution by using data acquired from meteorology satellite. The process starts from the study of hourly data acquired from MTSAT-2 (IR1) to study the temperature of the cloud by using Cloud Analysis Software developed newly using SML and EML and it runs on ERDAS platform. The next step is to study the relativity between IR1 value with the rainfall volume collected from ground rainfall data acquisition station, and the period of study is between July and September 2010. Rainfall volume will be divided sequentially 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 millimeter and result will be in the equation format providing that $P=aT^b$ when P (rainfall volume); T (cloud temperature) which a and b is the variable value. Equation obtained from the study of relativity will be used to design analysis program and cloud data can be displayed by using open source platform in addition to forecast possible

rainfall volume in different areas in Thailand. Moreover, it can display cloud data at different atmosphere and users can install the software and use immediately when internet connection established.

Key Words: Rainfall Estimation; Satellite Data; Script Language; Cloud Analysis Program

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพประกอบ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 พื้นที่ศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ปรัชศน์เอกสารข้อมูล	7
2.1 เมฆ	7
2.2 ทฤษฎีของการเกิดฝน	9
2.3 การตรวจวัดฝน	11
2.4 ลักษณะฝนในประเทศไทย	13
2.5 การตรวจวัดฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา	14
2.6 การแทรก (Interpolation)	26
2.7 โปรแกรม ERDAS IMAGINE	28
2.8 โปรแกรมรหัสเปิด (Open Source Software)	29
2.9 การศึกษาการประมาณฝนด้วยอุณหภูมิเมฆสำหรับประเทศไทย	36
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	38
3.1 การประยุกต์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา	39
3.2 การเลือกพื้นที่ที่สนใจ (Subset Image)	41
3.3 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์	42
3.4 การแปลงค่าพิกัดตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนตัวแทนเพื่อใช้ในภาพถ่ายดาวเทียม	45
3.5 การประมาณปริมาณฝนโดยใช้อัตราการลดอุณหภูมิตามความสูง (Adiabatic Lapserate)	47
3.6 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงข้อมูลการประมาณฝน	49

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย	50
4.1 ข้อมูลการกระจายปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการแทรกค่า (Interpolation methods)	50
4.2 ภาพถ่ายดาวเทียมและการเลือกพื้นที่ที่สนใจ (Subset image)	51
4.3 การพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาสคริปต์ Script Spatial Modeler (SML) และ Erdas Model Language (EML)	54
4.4 ปริมาณน้ำฝน	56
4.5 การประมาณปริมาณฝนโดยอาศัยความสัมพันธ์ของอัตราการลดอุณหภูมิตาม ความสูง (Adiabatic lapse rate)	56
4.6 การพัฒนาโปรแกรมแสดงข้อมูลการประมาณฝน	65
บทที่ 5 บทสรุป	67
5.1 สรุปผลและอภิปราย	67
5.2 ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก	75
ภาคผนวก ก ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน	76
ภาคผนวก ข คำสั่งโปรแกรมแมทแลบ	82
ภาคผนวก ค คำสั่งโปรแกรม SML และ EML	97
ภาคผนวก ง คำสั่งโปรแกรมวิเคราะห์และแสดงกลุ่มเมฆ	116
ประวัติย่อผู้วิจัย	126

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 การจำแนกเมฆออกเป็น 10 ตระกูล	8
ตาราง 2.2 การจำแนกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	17
ตาราง 2.3 ค่าอัลบิโดเฉลี่ยเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมอุตุวิทยามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์	22
ตาราง 3.1 ค่าคงตัวของสัมประสิทธิ์การแก้ไขช่วงคลื่น a1 และ a2 ของ MTSAT-1R	43
ตาราง 3.2 ค่าคงตัวของสัมประสิทธิ์การแก้ไขช่วงคลื่น a1 และ a2 ของ MTSAT-2	44
ตาราง 4.1 การจำแนกปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ปี พ.ศ. 2553	51
ตาราง 4.2 จำนวนสถานีวัดน้ำฝนในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึง เดือน กันยายน พ.ศ. 2553	56
ตาราง 4.3 สมการความสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในช่วงปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตร	61
ตาราง 4.4 สมการความสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในช่วงปริมาณน้ำฝน 40-60, 60-80, 80-100 มิลลิเมตร	64
ตาราง 5.1 สมการความสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation: R ²) ในช่วงปริมาณน้ำฝน 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 มิลลิเมตร	68
ตาราง ก.1 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน	77
ตาราง ข.1 คำสั่งโปรแกรมแมทแลบ (IR1)	83
ตาราง ค.1 คำสั่งโปรแกรม Insatall.bat	98
ตาราง ค.2 คำสั่งโปรแกรม tempconvertIR2.mdl	106
ตาราง ค.3 คำสั่งโปรแกรม Split_windows.mdl	114
ตาราง ง.1 คำสั่งโปรแกรมวิเคราะห์และแสดงกลุ่มเมฆ	117

สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 1.1 วัฏจักรน้ำ	1
ภาพประกอบ 1.2 แสดงขอบเขตประเทศไทย	4
ภาพประกอบ 1.3 ลมมรสุมที่เกิดขึ้นสำหรับประเทศไทย	6
ภาพประกอบ 2.1 ลักษณะของเมฆตามความสูง	8
ภาพประกอบ 2.2 การยกตัวขึ้นตามแนวตั้งของมวลอากาศร้อน	9
ภาพประกอบ 2.3 สภาพอากาศ	10
ภาพประกอบ 2.4 แสดงปริมาณฝนเฉลี่ยคาบ 30 ปี สำหรับประเทศไทย	14
ภาพประกอบ 2.5 กระบวนการและองค์ประกอบการรับรู้จากระยะไกล	16
ภาพประกอบ 2.6 ช่วงคลื่นต่างๆ ที่ใช้ในการรับรู้ระยะไกล	18
ภาพประกอบ 2.7 การแผ่รังสีของเทหวัตถุดำ	20
ภาพประกอบ 2.8 ตารางกริดที่เกิดจากการทำนายค่าความสูงจากตำแหน่งต่างๆ บนพื้นผิว	27
ภาพประกอบ 2.9 โปรแกรม ERDAS IMAGINE 9.1	29
ภาพประกอบ 2.10 อาปาเซเวปเซอร์เวอร์	30
ภาพประกอบ 2.11 กระบวนการของ PHP	32
ภาพประกอบ 2.12 แสดง html tag และ PHP Script	33
ภาพประกอบ 2.13 แสดง Graphical User Interface ของ Quantum GIS	34
ภาพประกอบ 3.1 ขั้นตอนและวิธีการทำงาน	38
ภาพประกอบ 3.2 แผนที่แสดงสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา	40
ภาพประกอบ 3.3 ภาพถ่ายดาวเทียม MTSAT-2 ช่องสัญญาณ IR1 วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2553	40
ภาพประกอบ 3.4 การพัฒนาโปรแกรมในการตัดภาพ	41
ภาพประกอบ 3.5 ตัวอย่างโค้ดการแปลงข้อมูลจากความสว่างไปเป็นอุณหภูมิ	44
ภาพประกอบ 3.6 แบบจำลองสปิริทวินโดว์ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษาสคริปต์ SML และ EML	45
ภาพประกอบ 3.7 ขอบเขตและความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จากดาวเทียม MTSAT-2	45
ภาพประกอบ 3.8 ช่องกริดทุกๆ 1 องศา	46
ภาพประกอบ 3.9 ค่าอุณหภูมิของตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนและตาม Pixel	47
ภาพประกอบ 3.10 ขั้นตอนการประมาณปริมาณฝนด้วยวิธีใช้อัตราการลดอุณหภูมิตามความสูง	48
ภาพประกอบ 4.1 การกระจายปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการแทรกค่า IDW	50
ภาพประกอบ 4.2 ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมของช่องสัญญาณ IR1	52
ภาพประกอบ 4.3 ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมของช่องสัญญาณ IR2	52
ภาพประกอบ 4.4 ขอบเขตทั้งหมดที่สามารถเก็บภาพได้	53
ภาพประกอบ 4.5 ตัวอย่างพื้นที่ศึกษาประเทศไทยเมื่อผ่านขบวนการตัดภาพ	53
ภาพประกอบ 4.6 ฟังก์ชันที่พัฒนาขึ้นมาในโปรแกรม ERDAS IMAGINE 9.1	54

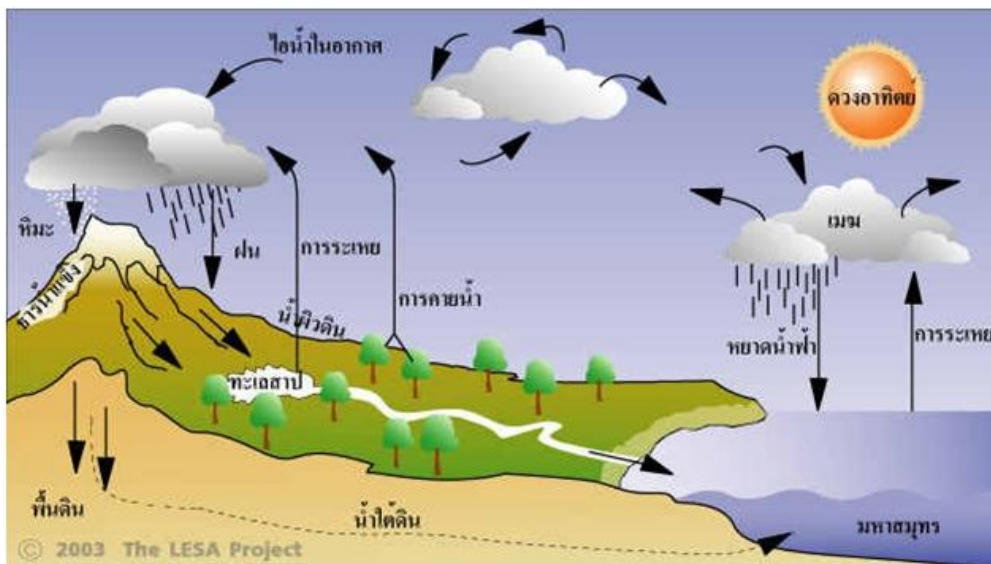
ภาพประกอบ 4.7	ค่าความสว่างของภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา	55
ภาพประกอบ 4.8	ค่าอุณหภูมิจากภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยามีหน่วยเป็นเคลวิน	55
ภาพประกอบ 4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ เดือนกรกฎาคม	57
ภาพประกอบ 4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ ในรูป Log เดือนกรกฎาคม	57
ภาพประกอบ 4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ เดือนสิงหาคม	58
ภาพประกอบ 4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ ในรูป Log เดือนสิงหาคม	58
ภาพประกอบ 4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ เดือนกันยายน	59
ภาพประกอบ 4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ ในรูป Log เดือนกันยายน	59
ภาพประกอบ 4.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิ ของเมฆ	60
ภาพประกอบ 4.16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ ในรูป Log	60
ภาพประกอบ 4.17	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 40-60 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิ ของเมฆ	61
ภาพประกอบ 4.18	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 40-60 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ ในรูป Log	62
ภาพประกอบ 4.19	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 60-80 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิ ของเมฆ	62
ภาพประกอบ 4.20	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 60-80 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ ในรูป Log	63
ภาพประกอบ 4.21	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 80-100 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิ ของเมฆ	63
ภาพประกอบ 4.22	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 80-100 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ ในรูป Log	64
ภาพประกอบ 4.23	วันที่ฝนไม่ตก	66
ภาพประกอบ 4.23	วันที่ฝนตก	66

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

โลกของเราประกอบขึ้นด้วยพื้นดินและพื้นน้ำ โดยส่วนที่เป็นผืนน้ำนั้น มีอยู่ประมาณ 3 ส่วน (75%) และเป็นพื้นดิน 1 ส่วน (25%) น้ำมีความสำคัญอย่างยิ่งกับชีวิตของพืชและสัตว์บนโลกรวมทั้งมนุษย์เราด้วย น้ำเป็นทรัพยากรที่สามารถเกิดหมุนเวียนได้เรื่อย ๆ ไม่มีวันหมดสิ้น เมื่อแสงแดดส่องมาบนพื้นโลก น้ำจากทะเลและมหาสมุทรก็จะระเหยเป็นไอน้ำลอยขึ้นสู่เบื้องบนเนื่องจากไอน้ำมีความเบา กว่าอากาศ เมื่อไอน้ำลอยสู่เบื้องบนแล้ว จะได้รับความเย็นและกลั่นตัวกลายเป็นละอองน้ำเล็ก ๆ ลอยจับตัวกันเป็นกลุ่มเมฆ เมื่อจับตัวกันมากขึ้นและกระทบความเย็นก็จะกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำ ตกลงสู่พื้นโลก น้ำบนพื้นโลกจะระเหยกลายเป็นไอน้ำอีกเมื่อได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ไอน้ำ จะรวมตัวกันเป็นเมฆและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำกระบวนการเช่นนี้ เกิดขึ้นเป็นวัฏจักรหมุนเวียนต่อเนื่องกัน ตลอดเวลา เรียกว่า วัฏจักรน้ำทำให้มีน้ำเกิดขึ้นบนผิวโลกอยู่เสมอ การเกิดฝนก็เป็นขั้นตอนหนึ่งของ วัฏจักรน้ำ (Water cycle) (ชุดการเรียนรู้โลกและดาราศาสตร์, 2555) ดังแสดงในภาพประกอบ 1.1



ภาพประกอบ 1.1 วัฏจักรน้ำ
ที่มา: ชุดการเรียนรู้โลกและดาราศาสตร์ (2555)

เป็นที่ทราบกันดีว่าโดยทั่วไปว่าน้ำเมื่อได้รับความร้อนก็จะระเหยเปลี่ยนสถานะภาพเป็นก๊าซที่เรียกว่าไอน้ำ ลอยขึ้นสู่บรรยากาศ เมื่อไอน้ำกระทบกับความเย็นก็จะควบแน่นจับตัวเป็นก้อนเมฆและเมื่ออนุภาคของไอน้ำจับตัวจนมีขนาดต่างๆ กันในก้อนเมฆ เมื่อมีขนาดใหญ่จนไม่สามารถลอยตัวอยู่ในก้อนเมฆได้ ก็จะตกมาเป็นฝน และบางครั้งฝนก็ตกแผ่เป็นบริเวณกว้างถึงร้อยๆ กิโลเมตรก็มี

อย่างไรก็ตามในขณะนี้ ยังไม่มีนักอุตุนิยมวิทยาคนใดเข้าใจการกลไกเกิดของฝนได้อย่างสมบูรณ์ (โครงการการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ, 2555)

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตโซนร้อนมีปริมาณการกระจายของฝนในแต่ละพื้นที่ค่อนข้างสูง (วารสารอุตุนิยมวิทยา, 2554) ปัจจุบันสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาทำการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนสะสมรายวันในเวลา 07.00 น. ในกรณีที่ต้องการข้อมูลน้ำฝนรายชั่วโมง หรือราย 3 ชั่วโมง เพื่อช่วยในการพยากรณ์อากาศระยะสั้น ข้อมูลที่ได้รับส่วนใหญ่จะได้รับจากสถานีตรวจอากาศ และข้อมูลจากผลการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ แต่ยังมีข้อจำกัดกล่าวคือ การวัดฝนด้วยถังวัดน้ำฝนจะได้เป็นข้อมูลเพียงจุดเดียวในพื้นที่ มีความคลาดเคลื่อนการอ่านค่าจากเครื่องมือวัด การได้ข้อมูลล่าช้า การวัดด้วยเรดาร์มีข้อเสียคือมีต้นทุน ค่าใช้จ่ายสูง สัญญาณเรดาร์อาจถูกรบกวนโดยสิ่งก่อสร้าง สภาพอากาศ บริเวณข้างเคียง หากใช้ข้อมูลดาวเทียมในการประเมินน้ำฝนทำให้ได้ผลการตรวจในเวลาจริงได้ ปกคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่สามารถทำภาพเคลื่อนไหวเพื่อติดตามแนวโน้มน้ำฝนและสภาพอากาศได้สะดวกขึ้น ทั้งยังเป็นข้อมูลสนับสนุนการจัดการทรัพยากรน้ำหรือเตือนภัยพิบัติจากฝนตกหนักและอุทกภัย การศึกษาข้อมูลที่ได้รับจากดาวเทียม ซึ่งจะเป็นข้อมูลอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนการพยากรณ์อากาศระยะสั้น โดยนำข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมมาเปรียบเทียบกับข้อมูลการตรวจวัดกับข้อมูลปริมาณฝนที่ตรวจวัดจากสถานีตรวจอากาศ ซึ่งจะเป็นประโยชน์กับการพยากรณ์อากาศในระยะสั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งฝนสะสมรายชั่วโมง ราย 3 ชั่วโมงและฝนสะสม 24 ชั่วโมง ปัจจุบันกรมอุตุนิยมวิทยา ประเทศไทย ได้ดำเนินการรับสัญญาณดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา 2 ระบบ คือดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดวงโคจรค้างฟ้า (Geostationary Meteorological Satellite) โดยรับสัญญาณดาวเทียม MTSAT (The Multifunctional Transport Satellite) และดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก (Near Polar Orbiting Meteorological Satellite) โดยรับสัญญาณจากดาวเทียม NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ของประเทศสหรัฐอเมริกา การนำข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาไปใช้สนับสนุนการพยากรณ์อากาศในปัจจุบันนี้เป็นการแปลภาพเมฆจากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาด้วยสายตา เพื่อติดตาม วิเคราะห์ลักษณะอากาศ จากลักษณะรูปร่างและชนิดของเมฆที่ปกคลุม เนื่องจากเมฆที่ปรากฏมีความสัมพันธ์กับระบบลักษณะอากาศที่เกิดขึ้นในขณะนั้น (พรนภาทองเทพ, 2552)

การประมาณปริมาณฝนต้องใช้เครื่องมือที่มีเทคโนโลยีสูง เช่นดาวเทียม และเรดาร์ (ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ และธนัทเดช โรจนกุล, 2556) โดยดาวเทียมที่ใช้ในการประมาณปริมาณฝนมีอยู่ 2 ชนิด คือดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบบโคจรรอบโลก และดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรค้างฟ้า โดยดาวเทียมที่จะนำมาใช้ในการศึกษาคั้งนี้คือดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรค้างฟ้า ซึ่งจะบันทึกภาพทุกชั่วโมง ทำให้สามารถเห็นถึงการก่อตัว การเคลื่อนตัว ของเมฆ และอุณหภูมิยอดเมฆ ในเวลาที่อยู่เนื่องในการศึกษานี้จะใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการประมาณปริมาณฝนโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชื่อ Multifunctional Transport Satellites-2 (MTSAT-2) ซึ่งเป็นดาวเทียมของประเทศญี่ปุ่น และเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้จากอินเทอร์เน็ตได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และเนื่องด้วยในประเทศไทยยังไม่มีงานศึกษาและวิจัยโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม MTSAT-2 เพื่อการประมาณฝนมาก่อน การศึกษานี้จึงก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งแก่พื้นที่ที่ทำการศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องที่สนใจจะทำการศึกษาในเรื่องที่เกี่ยวข้องต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในการประมาณปริมาณน้ำฝนด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MTSAT-2

1.2.2 เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแปลงค่าความสว่าง (Brightness value) ไปเป็นค่าอุณหภูมิ (Brightness temperature) สำหรับดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา MTSAT-2

1.2.3 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนที่เกิดจากคุณสมบัติของเมฆ

1.2.4 เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยซอฟต์แวร์ที่สเปด (Open Source Software: OSS) ในการแสดงข้อมูลการประมาณฝนผ่านเครือข่ายแบบใกล้เคียงเวลาจริง (Near real time)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ทำการศึกษาในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือน กรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2533 เนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิดที่สำคัญและมักจะก่อให้เกิดฝนตกหนัก และการเกิดอุทกภัย

1.3.2 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนนำมาจากกรมอุตุนิยมวิทยาประเทศไทย ส่วนข้อมูลจากดาวเทียมได้ใช้ข้อมูลจากดาวอุตุนิยมวิทยา MTSAT-2 ของประเทศญี่ปุ่น

1.3.3 เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแปลงค่าความสว่าง (Brightness value) ไปเป็นค่าอุณหภูมิ (Brightness temperature) สำหรับดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา MTSAT-2 ใช้ภาษาสคริปต์ Erdas Model Language และ Spatial Model Language เท่านั้น

1.3.4 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงข้อมูลการประมาณฝนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบใกล้เคียงเวลาจริงด้วยด้วยโปรแกรมรหัสเปิด Quantum GIS, MS4W, PHP, PHP Map Script, phpMyAdmin

1.4 พื้นที่ศึกษา

ประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เหนือเส้นศูนย์สูตรเล็กน้อยหรือระหว่างเส้นละติจูดหรือเส้นรุ้งที่ 5 องศา 37 ลิปดาเหนือ กับ 20 องศา 27 ลิปดาเหนือ และระหว่างลองจิจูดหรือเส้นแวงที่ 97 องศา 22 ลิปดาตะวันออก กับ 105 องศา 37 ลิปดาตะวันออก มีเนื้อที่ 513,115 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในภาพประกอบ 1.2 โดยประเทศไทยมีพรมแดนด้านตะวันออกติดประเทศลาวและประเทศกัมพูชา ทิศใต้เป็นแดนต่อแดนประเทศมาเลเซียและอ่าวไทย ทิศตะวันตกติดทะเลอันดามันและประเทศพม่า และทิศเหนือติดประเทศพม่าและลาว



ภาพประกอบ 1.2 แสดงขอบเขตประเทศไทย
ที่มา: Visit-Thailand.info

การที่ประเทศไทยมีที่ตั้งอยู่ในซีกโลกเหนือทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของภาคพื้นทวีปยูเรเชีย (ระหว่างทวีปยุโรปกับทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้) โดยที่ทางเหนือของประเทศประกอบด้วยภาคพื้นดินกว้างใหญ่ ส่วนทาง ตอนใต้และทางตะวันออกของประเทศจะเป็นภาคพื้นน้ำที่กว้างใหญ่เช่นเดียวกัน จากการที่ประเทศไทยมีที่ตั้งอยู่ระหว่างพื้นดิน และพื้นน้ำที่กว้างขวางนี้เองจึงทำให้ประเทศไทย อยู่ใต้อิทธิพลของลมมรสุมฤดูร้อนที่พัดจากน้ำเข้าสู่ภาคพื้นทวีปและลมมรสุม ฤดูหนาวที่พัดมาจากภาคพื้นทวีปลงสู่ทะเล อันเป็นผลให้ในช่วงฤดูร้อน ประเทศไทยจะมีสภาพอากาศ ชุ่มชื้นและมีฝนตกชุกติดต่อกันโดยเฉลี่ยประมาณ 6 เดือน ส่วนในช่วงฤดูหนาวจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม ฤดูหนาว จึงทำให้มีสภาพอากาศที่แห้งแล้งและหนาวเย็น แต่ว่าจะปรากฏอยู่เพียงระยะ เวลาสั้น ๆ คือราว ๆ 3 เดือน ส่วนระยะเวลาที่เหลืออีกประมาณ 3 เดือนจะเป็นช่วงที่อากาศร้อนและแห้งแล้งมาก อย่างไรก็ตามในช่วงผลัดเปลี่ยนฤดูของลมมรสุมที่พัดจะถือว่าเป็นระยะเวลาราว 1-2 สัปดาห์ ในช่วงเวลาดังกล่าวทิศทางของลมที่พัดจะไม่แน่นอน ถ้าหากลมมรสุมชนิดใดชนิดหนึ่งพัดแรงขึ้นอีกชนิดหนึ่งก็จะอ่อนกำลังลง โดยภูมิอากาศของประเทศไทยขึ้นอยู่กับระบบของที่พัดตามฤดูกาล 2 ระบบ (ดังภาพประกอบ 1.3)

1. ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จะเริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมไปจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ แต่บางที่อาจจะเลยไปถึงเดือนมีนาคมได้ ลมนี้มีความสัมพันธ์กับ ฤดูหนาวในซีกโลกเหนือคือพื้นดินของทวีปเอเชียมีความหนาวเย็น อุณหภูมิลดลงต่ำ มีความกดอากาศสูง ซึ่งศูนย์กลางอยู่ที่

ไซบีเรีย ส่วนบริเวณทางใต้มีลักษณะ ตรงกันข้าม ทำให้เกิดลมพัด จากแผ่นดินสู่พื้นน้ำ เป็นลมหนาว แห้งแล้งพัดออกจากศูนย์กลาง ความกดอากาศสูง พัดมายังประเทศไทยทางภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ส่วนภาคใต้ฝั่งตะวันออก ลมนี้จะพัดผ่านอ่าวไทย จึงนำฝนมาตกด้วย

2. ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ในฤดูร้อนของซีกโลกเหนือ บริเวณทวีปเอเชียเป็นแหล่งความร้อนระอุ อุณหภูมิสูง ความกดอากาศต่ำ ส่วนในบริเวณน่านน้ำมหาสมุทร แปซิฟิก และอินเดีย ไม่ร้อนเท่า มีความกดอากาศสูง ทำให้มีลมพัดจากบริเวณน่านน้ำสู่พื้นทวีป เป็นลมตะวันออกเฉียงใต้ เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตรลมจะเบี่ยงเบนไปทาง ขวามือ กลายเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้ ลมนี้จะพัดตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมไปจนถึงเดือนกันยายน ส่วนภาคใต้ของประเทศไทยลมนี้จะไปสิ้นสุดราวกลางเดือนตุลาคม ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวเป็นฤดูฝนของ ประเทศไทย (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)

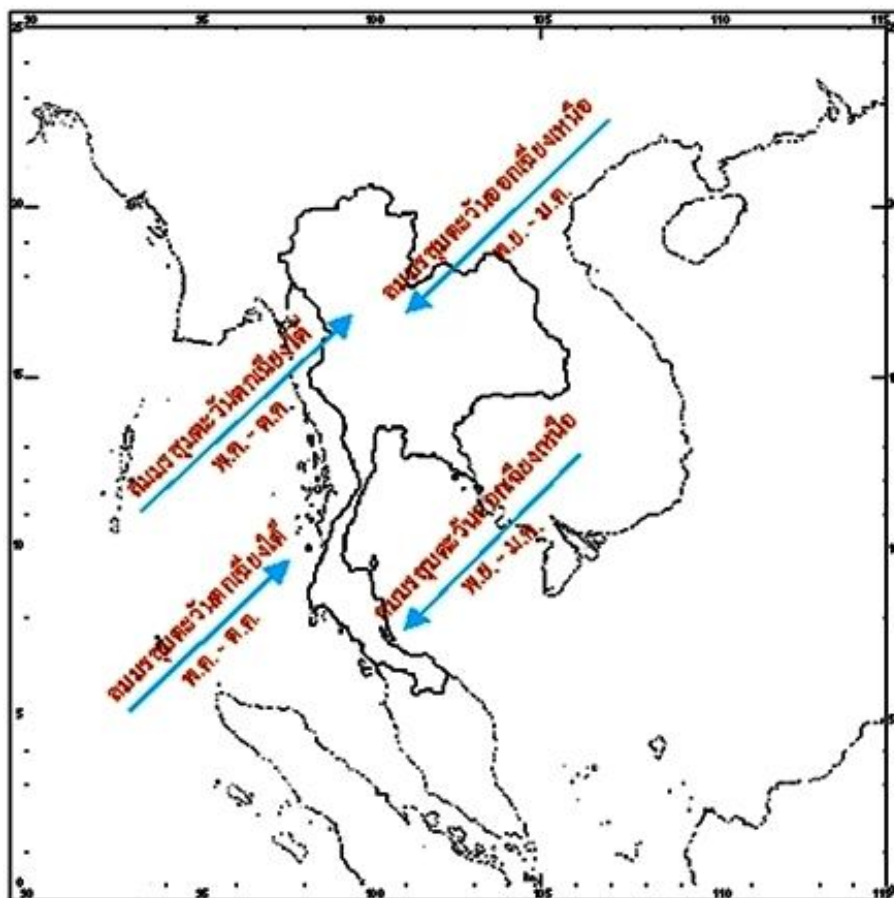
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียม MTSAT-2 ในการประมาณปริมาณน้ำฝนสำหรับประเทศไทย

1.5.2 สามารถพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับจำแนกเมฆจากข้อมูลดาวเทียม MTSAT-2

1.5.3 สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนที่เกิดจากคุณสมบัติของเมฆ

1.5.4 สามารถพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมรหัสเปิด (Open Source Software: OSS) ในการแสดงข้อมูลการประมาณฝนผ่านเครือข่ายแบบใกล้เวลาจริง



ภาพประกอบ 1.3 ลมมรสุมที่เกิดขึ้นสำหรับประเทศไทย
ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2553)

บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

ในบทนี้จะกล่าวถึง เมฆ ทฤษฎีของการเกิดฝน วิธีการตรวจวัดฝน การประมาณฝนด้วยข้อมูล จากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาสคริปต์ Spatial Modeler Language และ Erdas Model Language ตลอดจนการพัฒนาเว็บคอมพิวเตอร์ให้แสดงข้อมูลการ ประมาณฝนผ่านเครือข่ายแบบใกล้เวลาจริงด้วยโปรแกรมรหัสเปิด Apache Web Server, PHP, phpMyAdmin, MySQL, และ Quantum GIS เป็นต้น

2.1 เมฆ (Cloud)

Strahler (1967) ได้อธิบายว่าเมฆประกอบด้วยหยดน้ำ (Droplets of water) ขนาดเล็ก ๆ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.02 ถึง 0.06 มิลลิเมตร หรือเป็นผลึกน้ำแข็ง ซึ่งถูกยกตัวสูงโดยการเคลื่อนที่ของ อากาศ ในการรวมตัวกันเป็นเป็นต้องมีฝุ่นละอองเป็นศูนย์กลางของการควบแน่น (Condensation nuclei) ซึ่งฝุ่นละอองดังกล่าวมีอยู่เป็นจำนวนมากในอากาศ เมื่ออุณหภูมิของอากาศลดต่ำกว่าจุดเยือก แข็ง (Freezing) เมฆอาจจะเป็นผลึกน้ำแข็งเล็ก ๆ และน้ำจะเป็นของเหลวอยู่ได้แม้อุณหภูมิลดลงต่ำกว่า จุดเยือกแข็ง โดยจะยังคงสภาพอยู่ได้จนอุณหภูมิลดลงถึง -12 องศาเซลเซียส และจะเริ่มมีการผสมของ หยดน้ำและผลึกน้ำแข็งที่อุณหภูมิต่ำกว่า -12 ถึง -30 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า และกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง ทั้งหมดเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า -30 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า -40 องศาเซลเซียส เมฆทั้งหมดจะ กลายเป็นน้ำแข็ง โดยมองเห็นเป็นสีขาวเมื่อจับกลุ่มกันบาง ๆ หรือเมื่อแสงอาทิตย์ส่องกระทบพื้นผิว แต่เมื่อเมฆจับตัวกันหนาขึ้นจะปรากฏเป็นสีเทาหรือดำ เพราะเงาของเมฆซ้อนทับกัน

2.1.1 ชนิดและลักษณะของเมฆ

ชนิดของเมฆอาจแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือแบ่งตามรูปร่างและแบ่งตามความสูง เมื่อพิจารณาแบ่งตามรูปร่างจะแบ่งได้ 2 ชนิด คือ เมฆแผ่น (Stratiform หรือ layer) และเมฆก้อน (Cumuliform หรือ Massive) ถ้าพิจารณาแบ่งตามความสูงจะแบ่งได้เป็น 4 ชนิด คือ เมฆชั้นสูง (High cloud) เมฆชั้นกลาง (Middle cloud) เมฆชั้นต่ำ (Low cloud) และเมฆก่อตัวในแนวตั้ง (Cloud with vertical development) อย่างไรก็ตาม ในการจำแนกเมฆไม่มีลักษณะที่ชัดเจน จึงใช้หลักการจัดกลุ่ม โดยแบ่งเมฆเป็น ตระกูล (Genera) ประเภท (Species) และชนิด (Varieties) ซึ่ง (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553) ได้แบ่งเมฆออกเป็น 10 ตระกูล ดังตาราง 2.1 และลักษณะของเมฆดังแสดงในภาพประกอบ 2.1

ตาราง 2.1 การจำแนกเมฆออกเป็น 10 ประเภท (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)

การจำแนก	ชนิดเมฆ	ความสูง (กม)	ความลึก (กม)	ช่วงอุณหภูมิ (°C)
เมฆระดับสูง	Cirrus (Ci)	5-13	0.6	-20 to -60
	Cirrocumulus (Cs)	5-13	-	-20 to -60
	Cirrostratus (Cs)	5-13	-	-20 to -60
เมฆระดับกลาง	Alto cumulus (Ac)	2-7	0.6	+10 to -30
	Altostratus (As)	2-7	0.6	+10 to -30
เมฆระดับต่ำ	Stratus (St)	0-0.5	0.5	+20 to -5
	Stratocumulus (Sc)	0.5-2	-	+15 to -5
	Nimbostratus (Ns)	1-3	2.0	+10 to -15
เมฆแนวตั้ง	Cumulus (Cu)	0.5-2	1.0	+15 to -5
	Cumulonimbus (Cb)	0.5-2	6.0	+15 to -5

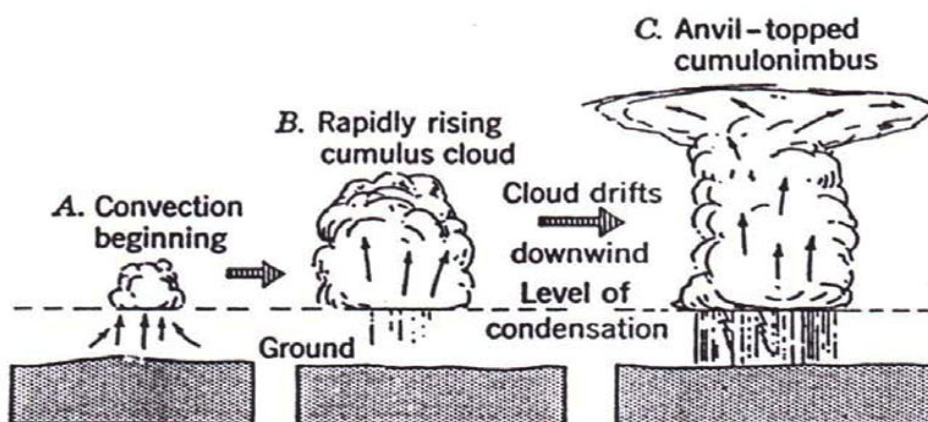


ภาพประกอบ 2.1 ลักษณะของเมฆตามความสูง
ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2553)

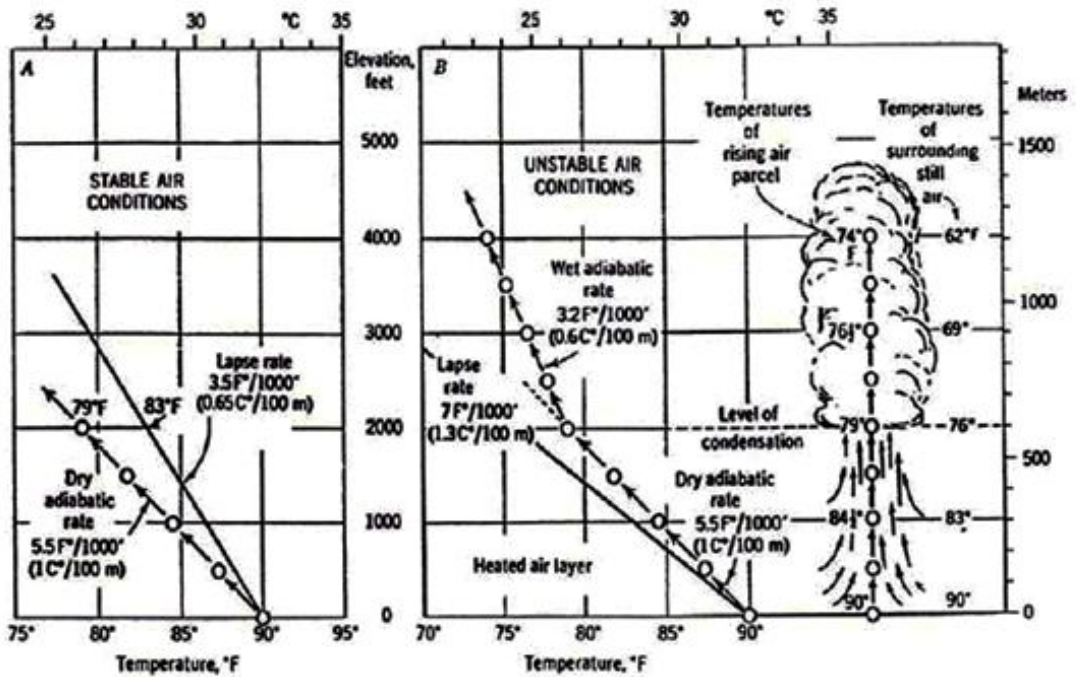
2.2 ทฤษฎีของการเกิดฝน

ฝนหรือน้ำจากอากาศ หมายถึง การที่ไอน้ำที่อยู่ในบรรยากาศซึ่งเย็นตัวลงและควบแน่นรวมกันทำให้มีขนาดโตขึ้น และมีน้ำหนักมากขึ้นจนไม่สามารถลอยอยู่ในบรรยากาศจึงตกลงสู่พื้นดิน

มวลดน้ำดังกล่าวรวมเรียกว่า หยาดน้ำฟ้า (Precipitation) ตกลงมาสู่พื้นดินในลักษณะต่างๆ ทั้งของเหลว คือ ฝน (Rain) หรือเป็นของแข็ง เช่น ลูกเห็บ (Hail) และหิมะ (Snow) เป็นต้น ฝนเกิดจากการพาความร้อน มักเกิดในฤดูร้อนที่ท้องฟ้าแจ่มใส พื้นดินได้รับความร้อนเต็มที่ ทำให้อากาศบริเวณนั้นร้อนกว่าบริเวณใกล้เคียง มวลอากาศถูกยกตัวสูงขึ้นเพราะเบากว่าอากาศโดยรอบ ขณะที่มวลอากาศลอยตัวขึ้นจะเย็นตัวลงโดยไม่รับและสูญเสียความร้อนและไม่มีการควบแน่น (Dry Adiabatic Lapse Rate) จนถึงจุดหนึ่งที่อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature) จะควบแน่นเป็นละอองน้ำและรวมตัวกันเป็นเมฆก่อตัวในแนวตั้งคล้ายรูปดอกเห็ด เรียกว่า เมฆคิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus) และมีหยาดน้ำฟ้าตกลงมาจากฐานเมฆ ดังรูป 2.2 และสามารถอธิบายการลดลงของอุณหภูมิได้ดังรูป 2.3 กล่าวคือ มวลอากาศ (Air Parcel) ยกตัวขึ้น จากพื้นดินที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส สูงขึ้นไป 600 เมตร อุณหภูมิลดลงประมาณ 6 องศาเซลเซียส เหลือ 26 องศาเซลเซียส ขณะที่อากาศโดยรอบเย็นลง 4 องศาเซลเซียส เหลือ 28 องศาเซลเซียส ซึ่งมวลอากาศจะเย็นกว่าอากาศโดยรอบที่ระดับ 600 เมตร ถ้าไม่มีแรงยกขึ้น มวลอากาศจะลดต่ำลงไปที่เดิม ในสภาพแบบนี้เรียกว่า สภาวะอากาศเสถียร (Stable Air) ซึ่งจะไม่เกิดการพาความร้อน (Convection) เพราะอากาศต่อต้านการยกตัวดังกล่าว



ภาพประกอบ 2.2 การยกตัวขึ้นตามแนวตั้งของมวลอากาศร้อน
ที่มา: Strahler (1967)



ภาพประกอบ 2.3 สภาพอากาศ โดย (a) สภาพอากาศแบบเสถียร และ (b) สภาพอากาศแบบไม่เสถียร
ที่มา: Strahler (1967)

สำหรับสาเหตุการเกิดของฝนสามารถจำแนกได้เป็น 4 วิธี คือ

2.2.1 ฝนเกิดจากการพาความร้อน (Convectonal precipitation)

ฝนเกิดจากการพาความร้อน หรือ ฝนจากกระแสอากาศไหลลอยขึ้นในแนวตั้ง เป็นฝนที่ส่วนใหญ่จะเกิดในฤดูร้อนที่ท้องฟ้าแจ่มใส พื้นดินได้รับความร้อนเต็มที่ ทำให้อากาศบริเวณนั้นร้อนกว่า บริเวณใกล้เคียงส่งผลให้มวลอากาศที่ร้อนและเบาถูกยกตัวสูงขึ้น มวลอากาศที่ลอยตัวขึ้นจะเริ่มเย็นตัวลง โดยไม่รับหรือสูญเสียความร้อนและไม่มีการควบแน่น เมื่อมวลอากาศลอยถึงระดับความสูงที่อุณหภูมิเท่ากับอากาศโดยรอบจะกลั่นตัวเป็นละอองน้ำ และรวมตัวกันเป็นเมฆที่ก่อตัวในแนวตั้ง ดังแสดงในภาพประกอบ 2.1 โดยมีฝนตกลงมาจากฐานเมฆ ฝนประเภทนี้เป็นฝนที่ตกในช่วงเวลาสั้น ๆ อาจตกหนักได้แต่ก็หยุดเร็วและตกเฉพาะแห่งในบริเวณแคบๆ

2.2.2 ฝนที่เกิดจากการเคลื่อนที่ผ่านภูเขา (Orographic precipitation)

ฝนที่เกิดจากการเคลื่อนที่ผ่านภูเขา การเกิดฝนแบบนี้จะเกี่ยวข้องกับภูมิประเทศที่มีการยกตัวสูงขึ้นอย่างฉับพลัน โดยมวลอากาศจะเคลื่อนที่ผ่านภูเขา และถูกบังคับให้ยกตัวขึ้น ด้านที่อากาศถูกยกขึ้น จะเย็นตัวลงแบบไม่ได้รับและสูญเสียความร้อน ถ้าเย็นตัวลงเพียงพอก็จะเกิดฝนได้ มวลอากาศหลังจากผ่านภูเขาไปทางด้านหลัง จะร้อนขึ้นแบบไม่ได้รับและสูญเสียความร้อนเช่นเดียวกัน แต่ไม่มีความชื้นหลงเหลืออยู่ที่สามารถจะทำให้เกิดฝน จึงเกิดความแห้งแล้ง แถบของความแห้งแล้งนี้เรียกว่า เขตเงาฝน ซึ่งมักเกิดด้านหลังของภูเขา ฝนประเภทนี้ส่วนมากมักตกเพียงเบาบาง ทางด้านต้นลมของภูเขา แต่จะมีฝนตกหนักถึงหนักมากถ้ามีลักษณะของกระแสลมวน กำลังแรงหรือการยกตัวของอากาศขึ้นสู่เบื้องบนอย่างรวดเร็วมาประกอบ

2.2.3 ฝนมรสุม (Monsoon rain)

ฝนมรสุม เป็นฝนที่เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของร่องมรสุมซึ่งเป็นแนวปะทะระหว่างอากาศซีกโลกเหนือ และซีกโลกใต้ ที่คาดไปรอบๆ โลก เกิดขึ้นเนื่องจากโลกที่หมุนรอบตัวเองจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออกและที่ละติจูดต่ำประมาณ 0-30 องศาเหนือและใต้นั้น โลกจะหมุนเร็วกว่ามวลอากาศที่ห่อหุ้มโลกอยู่ จึงเกิดลักษณะลมจากฝ่ายตะวันออกขึ้น เรียกว่า ลมสินค้า จากเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทางซีกโลกเหนือ เรียกว่าลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนในซีกโลกใต้ เรียกว่า ลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้ ลมทั้งสองชนิดพัดสอบเข้าหากันในแนวใกล้เส้นศูนย์สูตร หรือเรียกว่าแนวลมพัดสอบในเขตร้อนหรือ ร่องความกดอากาศต่ำ เพราะเป็นแนวที่มีความกดอากาศต่ำ มวลอากาศมีการยกตัวขึ้นสู่เบื้องบน มีการก่อตัวของเมฆจึงทำให้มีฝนตกชุกโดยเฉพาะเมื่อมีกระแสลมวนอยู่ในแนวนี้ด้วยจะทำให้มีฝนตกหนักได้ ซึ่งแนวร่องนี้จะเคลื่อนออกจากเส้นศูนย์สูตรไปทางซีกโลกเหนือหรือใต้ตามฤดูกาล ซึ่งจะทำให้เกิดฝนตกในบริเวณร่องมรสุม และเกิดฝนทิ้งช่วงในพื้นที่ที่ร่องความกดอากาศเคลื่อนที่ผ่านไป

2.2.4 ฝนจากพายุหมุนเขตร้อน (Cyclonic precipitation)

ฝนจากพายุหมุนเขตร้อน เป็นฝนที่เกิดจากอิทธิพลของพายุหมุนเขตร้อนลักษณะของพายุหมุนเขตร้อนจะมีลมพัดเวียนเข้าหาศูนย์กลางคล้ายวงก้นหอย ที่ศูนย์กลางพายุเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำสุด พายุหมุนเขตร้อนจะมีความกดอากาศต่ำมากที่ศูนย์กลาง จึงมีเมฆชั้นต่ำก่อตัวในแนวตั้งหนาแน่นโดยรอบ เมื่อพายุนี้เคลื่อนผ่านไปทีใดจะทำให้ที่นั้นมีฝนตกหนักหรือหนักมากติดต่อกันหลายวัน และมีลมแรง ฝนที่ตกจะเป็นฝนที่ตกในบริเวณกว้าง และมีปริมาณมาก

2.3 การตรวจวัดฝน

ฝนเป็นแหล่งน้ำหลักที่สำคัญที่สุดของมนุษย์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาฝนเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับน้ำ ในส่วนของความพอเพียงและความต้องการของน้ำ การเกิดฝนแปรผันตามลักษณะของความถี่การเกิด (Frequency), ช่วงเวลาฝนตก (Duration), ความเข้มของฝนที่ตก (Intensity) และการกระจายตามระยะทาง (Spatial distribution) ดังนั้นในการสำรวจข้อมูลฝนต้องกระทำด้วยความถูกต้องแน่นอน ฝนในเขตร้อน (Tropical rainfall) โดยมากเป็นฝนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการยกตัวขึ้นตามแนวตั้งของมวลอากาศร้อน (Convective) ซึ่งจะทำให้เกิดฝนตามบริเวณที่มีการยกตัวของมวลอากาศร้อน ดังนั้นจึงทำให้การกระจายตัวของฝนที่ตกมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมาก ทั้งตามระยะทางเวลา และความเข้มฝน ลักษณะเช่นนี้จะมีผลทั้งทางตรง และทางอ้อมต่อเศรษฐกิจสังคมในด้านต่างๆ เช่น ด้านการเกษตรกรรม, แหล่งน้ำ, การขนส่ง, การก่อสร้าง และอื่น ๆ อีกมากมาย ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการวัดการตกของฝนในพื้นที่ตามเวลาจริงที่ฝนตก (Real time) เพื่อที่จะดูผลกระทบในด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของฝนนั้น อุปกรณ์หลายชนิดถูกใช้ในการวัด และประมาณฝนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ซึ่งจะกล่าวถึงเพียงบางชนิด ดังต่อไปนี้

เครื่องมือวัดน้ำฝน (Rain gauges) เครื่องมือวัดน้ำฝนสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ (วีระพล แต่สมบัติ, 2533)

1) เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบไม่อัตโนมัติ (Non-recording rain gauge) เป็นเครื่องมือวัดน้ำฝนที่ไม่สามารถบันทึกปริมาณน้ำฝนได้ตลอดเวลา แต่จะวัดปริมาณน้ำฝนรวมในการอ่านแต่ละครั้งเท่านั้น เครื่องมือประเภทนี้มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ที่นิยมใช้กันก็คือ แบบ Standard 8-inch rain

gauge โดยปกติแล้วการอ่านปริมาณน้ำฝนด้วยเครื่องมือวัดน้ำฝนแบบไม่อัตโนมัตินี้จะกระทำวันละหนึ่งครั้งประมาณเวลา 7.00 น. หรือ 8.00 น.

2) เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ (Recording rain gauge) เป็นเครื่องมือวัดน้ำฝนที่สามารถคำนวณหาความเข้มของฝนที่ตก (Intensity) และช่วงเวลาฝนตก (Duration) ได้ความลึกของน้ำฝนที่ตกจะบันทึกลงบนแผ่นกราฟ ซึ่งจะแบ่งเวลาให้ได้แผ่นละ 24 ชั่วโมง สำหรับการเก็บการเปลี่ยนแปลงกระต่ายกราฟทุก ๆ วัน เครื่องมือวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติที่นิยมใช้กันมีอยู่ 3 ชนิด คือ แบบถังกระต่าย (Tipping bucket gauge), แบบชั่งน้ำหนัก (Weighing gauge) และแบบทุ่นลอย (Float gauge) โครงข่ายของสถานีวัดน้ำฝน (Precipitation-Gage Network) มีการจัดตั้งสถานีวัดน้ำฝนหลาย ๆ สถานีในบริเวณใกล้ ๆ กัน หรือการจัดตั้งสถานีวัดน้ำฝนทั่วประเทศนั้นก็เพื่อวัตถุประสงค์ เช่น เพื่อหาข้อมูลใช้สำหรับงานพัฒนาแหล่งน้ำ เพื่อการพยากรณ์ปริมาณน้ำล้นหน้า และเพื่องานวิจัยและค้นคว้าทดลอง เป็นต้น ความหนาแน่นของสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่หนึ่งๆ นั้นขึ้นอยู่กับสิ่งต่างๆ คือ วัตถุประสงค์ของการศึกษา ความคล้ายคลึงกัน และความแตกต่างกันของสภาพลมฟ้าอากาศ สภาพธรรมชาติของพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง เช่น สภาพของดิน ในแง่ของการพัฒนาเพื่อการเกษตร หรือการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณน้ำท่าที่จะเกิดจากฝน และความหนาแน่นของประชากรซึ่งเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ และการจัดหาคนอ่านข้อมูลน้ำฝน

องค์การอุตุนิยมวิทยาระหว่างประเทศของโลกได้แนะนำความหนาแน่นน้อยที่สุดของโครงข่ายสถานีวัดน้ำฝนที่ยอมรับได้สำหรับการเก็บข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางอุทกวิทยาไว้ดังนี้

- 1) ในพื้นที่ที่ค่อนข้างราบเรียบแถบเมดิเตอร์เรเนียน หรือแถบไซบีเรีย ความหนาแน่นของเครื่องมือวัดน้ำฝนประมาณ 600 ถึง 900 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี
- 2) ในพื้นที่ที่เป็นหุบเขาแถบเมดิเตอร์เรเนียนหรือแถบไซบีเรียความหนาแน่นของเครื่องมือวัดน้ำฝนประมาณ 100 ถึง 250 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี
- 3) ในพื้นที่บริเวณเกาะเล็ก ๆ และเต็มไปด้วยภูเขาที่มีสภาพฝนตกไม่สม่ำเสมอและไม่แน่นอน ความหนาแน่นจะประมาณ 25 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี
- 4) สำหรับบริเวณที่ค่อนข้างแห้งแล้งและแถบขั้วโลกความหนาแน่น ประมาณ 1,500 ถึง 10,000 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี

ข้อดี

- 1) ต้นทุนต่ำ และง่ายต่อการบำรุงรักษาและการอ่านข้อมูล
- 2) มีข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือวัดน้ำฝนหลายปีทำให้สามารถที่จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในช่วงเวลานานขึ้น
- 3) สามารถเปรียบเทียบข้อมูลจากพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันได้

ข้อเสีย

- 1) ข้อมูลที่ได้เป็นเพียงจุดเดียวในพื้นที่ทำให้ยากที่จะได้ข้อมูลฝนที่ถูกต้องแน่นอน นอกจากนั้นการที่จะทำให้โครงข่ายเครื่องมือวัดน้ำฝนมีความหนาแน่นมากขึ้น เพื่อที่จะวัดการกระจายตัวของฝนในเขตไซบีเรีย ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่สูงนั้นทำให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้น
- 2) ในกรณีที่ไม่ใช่เครื่องมือวัดน้ำฝนอัตโนมัติ การอ่านข้อมูลจะกระทำเพียงวันละครั้ง ดังนั้นถ้าต้องการข้อมูลที่เกิดขึ้นในเวลาจริง (Real time) ก็ควรกำหนดตำแหน่งที่ผู้ตรวจวัดสามารถ

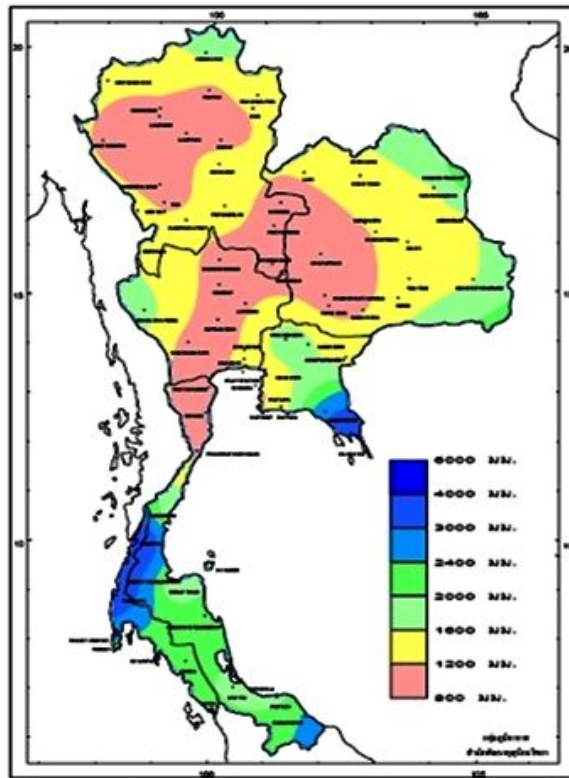
เข้าถึงได้ง่ายแต่บางครั้งพื้นที่ที่สนใจอยู่ห่างไกลออกไปมากทำให้การเข้าถึงจุดวัดน้ำฝนลำบากดังนั้น
โครงข่ายเครื่องวัดน้ำฝนจึงไม่สามารถปกคลุมทุกพื้นที่ที่สนใจได้ถ้าต้องการเก็บข้อมูลในเวลาจริง

3) ความคลาดเคลื่อนจากการวัดน้ำฝนนั้นเกิดจากสาเหตุหลายประการ แต่พอจะสรุป
หาเหตุใหญ่ๆ ได้ 4 ประการคือ 1) เนื่องจากเครื่องวัด 2) เนื่องจากการอ่าน 3) เนื่องจากกระแสลม และ
4) เนื่องจากการติดตั้ง

4) บางครั้งเกิดความล่าช้าในการได้รับข้อมูลจากผู้ตรวจวัด เนื่องจากปัญหาการ
ติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ตรวจวัด กับศูนย์กลางการรวบรวมข้อมูล

2.4 ลักษณะฝนในประเทศไทย

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่ฝนตกชุก มีฤดูฝนยาวนาน มีความอุดมสมบูรณ์ในเรื่องน้ำ
เนื่องจากตั้งอยู่ในภูมิภาคที่เหมาะสมคืออยู่ในเขตร้อนชื้นใกล้เส้นศูนย์สูตร และอยู่ภายใต้อิทธิพล
ของลมมรสุม ดังแสดงในภาพประกอบ นอกจากนี้อาณาเขตทางด้านเหนืออยู่ติดกับประเทศใกล้เคียง
ที่มีภูเขาล้อมรอบ ทำให้พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยส่วนใหญ่อ่อนกำลังลงจนเป็นเพียง
พายุดีเปรสชันที่ก่อให้เกิดฝนมากกว่าที่จะก่อให้เกิดความเสียหายที่เกิดจากลมที่พัดแรงจัดประเทศไทย
จะสิ้นสุดฤดูร้อนและเข้าสู่ฤดูฝนประมาณกลางเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไปจนถึงประมาณกลางเดือน
ตุลาคมจึงถือว่าสิ้นสุดฤดูฝนและเข้าสู่ฤดูหนาว ซึ่งช่วงดังกล่าวจะมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดพา
ความชื้นมาปกคลุมประเทศไทย (วิทย์, 2542) ปริมาณฝนรวมตลอดปีเฉลี่ยทั่วประเทศไทยมีค่าประมาณ
1,580 มิลลิเมตร ปริมาณฝนเฉลี่ยในประเทศไทยดังแสดงในภาพประกอบ 2.4 โดยปริมาณฝนในแต่ละ
พื้นที่ผันแปรตามฤดูกาลและเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะภูมิประเทศโดยบริเวณประเทศไทยตอนบน
ปกติจะแห้งแล้ง และมีฝนน้อยในฤดูหนาว เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นบ้าง พร้อมทั้งมีพายุฟ้า
คะนอง และเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นมาก โดยจะมีปริมาณฝนมากที่สุด ในเดือนสิงหาคม
หรือกันยายน ภาคใต้มีฝนชุกเกือบตลอดปียกเว้นฤดูร้อน พื้นที่บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันตก ซึ่งเป็นด้านรับ
ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันออกในช่วงฤดูฝน โดยมีปริมาณฝน
มากที่สุดในเดือนกันยายน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2548)



ภาพประกอบ 2.4 แสดงปริมาณฝนเฉลี่ยคาบ 30 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2514 - พ.ศ. 2543
ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2548)

2.5 การตรวจวัดฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

2.5.1 ทฤษฎีการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing)

คำว่า “Remote Sensing: RS” เริ่มถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรกโดยนักวิจัยในประเทศสหรัฐอเมริกาในยุค ค.ศ. 1960 ซึ่งเป็นช่วงที่การตรวจวัดจากระยะไกลด้วยดาวเทียม (Satellite Remote Sensing) ได้รับการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกาและในสหภาพโซเวียต

การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) หมายถึง การบันทึกหรือการได้มาซึ่งข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับวัตถุพื้นที่เป้าหมายด้วยอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Sensor) โดยปราศจากการสัมผัสกับวัตถุนั้น ๆ ซึ่งอาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงสัญญาณ (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal) ของสิ่งต่างๆ บนพื้นผิวโลก (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2547)

คำจำกัดความ การรับรู้ระยะไกลในช่วงปี ค.ศ. 1960 คือ “การใช้พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation) ในการบันทึกภาพสิ่งที่อยู่โดยรอบซึ่งสามารถนำภาพมาทำการแปลความ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์” และหลังจากปี 1960 เป็นต้นมา คำนิยามของการรับรู้ระยะไกล ก็ได้มีความหลากหลายมากขึ้นตามความแตกต่างของลักษณะวิชาที่เกี่ยวข้อง เช่น

ทางด้านวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภูมิศาสตร์ ธรณีวิทยา พักษศาสตร์ ป่าไม้ เกษตร อุตุนิยมวิทยา และสมุทรศาสตร์ เป็นต้น คำว่า “การรับรู้ระยะไกล” เริ่มใช้ครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1960 (Japan Association on Remote Sensing, 1993) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับวิชา โฟโตแกรมเมตรี (Photogrammetric) การแปลภาพถ่ายทางอากาศ (Photo interpretation) และศาสตร์สาขาอื่น ๆ อีกมากมาย สำหรับคำจำกัดความของการรับรู้ระยะไกลที่ได้มีผู้บัญญัติศัพท์ไว้ในระยะต่อมาสามารถรวบรวมได้มีอีกหลายคำจำกัดความด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น

Lillesand และ Kiefer (1994) กล่าวว่า รีโมตเซนซิงคือ ศาสตร์และศิลป์ที่รวมเอาข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับวัตถุพื้นทีหรือปรากฏการณ์ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอุปกรณ์หรือเครื่องมือซึ่งมิได้ไปสัมผัสโดยตรงกับสิ่งเหล่านั้นและเป็นส่วนหนึ่งของการสืบสวนหาคำตอบ

สุรัชย์ รัตนเสริมพงษ์ (2536) ได้กล่าวถึงความหมายของการรับรู้ระยะไกลในทำนองเดียวกันว่า “การรับรู้ระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นทีหรือปรากฏการณ์จากเครื่องบินที่ข้อมูล โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้ โดยอาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูล 3 ลักษณะคือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงสัญญาณของวัตถุบนพื้นโลก และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal)”

ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ (2544); ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ และพรทิพย์ บำรุงกลาง (2550); กล่าวว่า “การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) หมายถึง วิธีการรับรู้หรือการตรวจสอบวัตถุเป้าหมายใดๆ ก็ตาม โดยมีได้สัมผัสกับสิ่งเหล่านั้น ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการได้มาของข้อมูล”

โดยสรุปแล้ว คำนิยามของการรับรู้ระยะไกลเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบสามส่วนใหญ่ คือ (1) ระบบบันทึกข้อมูลชนิดต่างๆ ที่อยู่ห่างไกลจากวัตถุหรือพื้นที่เป้าหมาย (2) พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า และ (3) การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลภาพที่บันทึกด้วยสายตา และด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อเอาข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ออกมาใช้ประโยชน์ (ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ, 2553)

2.5.2 กระบวนการทำงานของการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing)

กระบวนการและองค์ประกอบการรับรู้จากระยะไกล (แสดงในภาพประกอบ 2.5) ประกอบด้วย 2 ลักษณะ คือ

1) การรับและบันทึกสัญญาณข้อมูล (Data acquisition) เป็นกระบวนการบันทึกพลังงานที่สะท้อน หรือส่งผ่านของวัตถุโดย เครื่องมือบันทึกข้อมูลบนยานสำรวจ (Platform) แล้วส่งข้อมูลเหล่านั้น ไปยังสถานีรับสัญญาณภาคพื้นดิน เพื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตเป็นข้อมูลทั้งในรูปแบบภาพถ่ายและข้อมูลเชิงตัวเลข กระบวนการดังกล่าวสามารถแสดงในภาพประกอบ 1

2) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสายตา (Visual interpretation) และการวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ (Digital analysis)



ภาพประกอบ 2.5 กระบวนการและองค์ประกอบการรับรู้จากระยะไกล

2.5.3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุและความยาวคลื่นของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

วัตถุใดๆมีความเกี่ยวข้องกับพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าคือ ความสามารถสะท้อน ดูดกลืน ส่งผ่าน และแผ่ พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าได้ในลักษณะเฉพาะตัว ดังตัวอย่างเช่น การเห็นใบไม้เป็นสีเขียว ก็เพราะสารคลอโรฟิลล์ดูดกลืนแสงสีน้ำเงินและสีแดง ขณะที่สะท้อนแสงสีเขียว เราเรียกลักษณะเฉพาะตัวของวัตถุดังกล่าว คุณลักษณะเชิงคลื่น (Spectral characteristic) หากจะตอบคำถามที่ว่า ทำไมวัตถุจึงมีลักษณะการสะท้อน (Reflection) การดูดกลืน (Absorption) หรือการเปล่งรังสี (Emission) ที่ผิดแผกกันไปในั้นจำเป็นต้องทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโมเลกุลและอะตอมของวัตถุกับพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ในที่นี้จะอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างอะตอมของก๊าซไฮโดรเจน กับการดูดกลืนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ

อะตอมของไฮโดรเจนประกอบด้วยนิวเคลียสและอิเล็กตรอนสถานะภายใน (Inner state) ของอะตอมจะขึ้นอยู่กับระดับของพลังงานธรรมชาติ วิทยาลัยหนึ่งๆ ระดับของพลังงานจะเป็นตัวบ่งวงโคจรของอิเล็กตรอน ถ้าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าไปตกกระทบอะตอมของไฮโดรเจนที่ระดับพลังงาน (Energy level) หรือ ค่า E ต่ำจะเกิดการดูดกลืนพลังงานและอิเล็กตรอนจะถูกกระตุ้น (Excitation) ให้ขยับไปที่ระดับพลังงาน E₂ ซึ่งอยู่ในระดับโคจรที่สูงขึ้น พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า E มีค่าดังนี้

$$E = \frac{hc}{\lambda} \tag{2.1}$$

โดยที่

h = ค่าคงที่พลังค์

c = ความเร็วแสง

λ = ความยาวคลื่น

พลังงานที่ถูกดูดกลืน คือค่าความแตกต่างของระดับพลังงาน เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E = E_2 - E_1 = \frac{hc}{\lambda_H} \quad (2.2)$$

หรืออาจกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงสถานะภายในของอะตอม ไฮโดรเจนจะเกิดก็ต่อเมื่อมีการดูดกลืนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นเฉพาะ λ_H ในทางกลับกันจะเกิดการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่น λ_H จากอะตอมไฮโดรเจนเมื่อมีการเปลี่ยนระดับพลังงานจาก E_2 ไป E_1 วัตถุต่างๆ จะประกอบด้วยอะตอมและโมเลกุลในรูปแบบเฉพาะแตกต่างกันไป ดังนั้นจึงมีการเปล่งและดูดกลืนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นเฉพาะตามสถานะภายในของวัตถุ

2.5.4 ความยาวของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

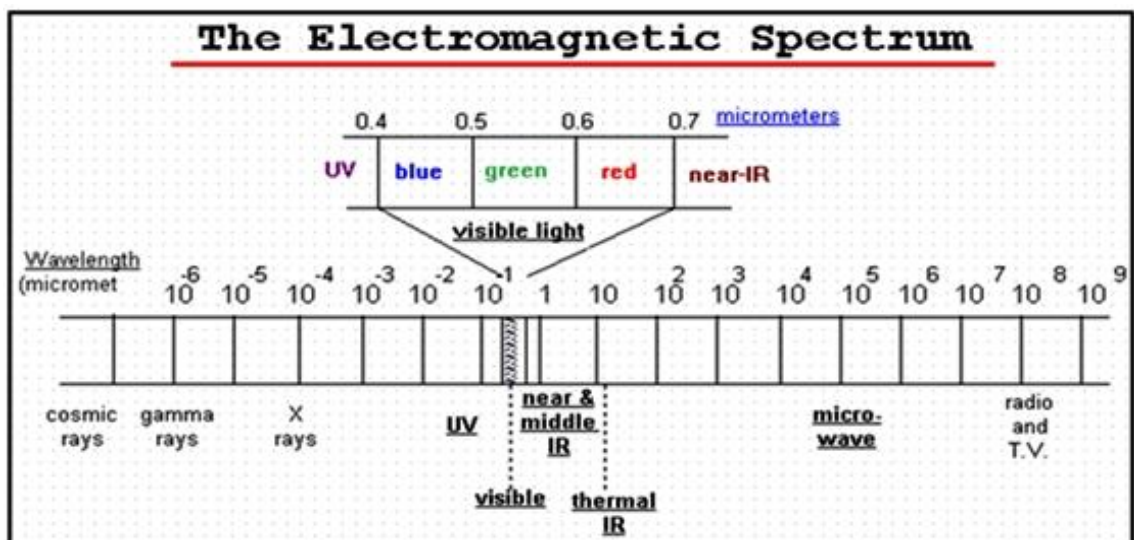
ช่วงความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ตารางที่ 2.1) มีชื่อเรียกต่างๆ กัน ตั้งแต่ รังสีแกมมา (Gamma), รังสีเอ็กซ์ (X-ray), อัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet: UV), แสงตามองเห็น (Visible light), อินฟราเรด (Infrared: IR), จนถึงคลื่นวิทยุ (Radio wave) จากความยาวคลื่นสั้นไปจนถึงยาวตามลำดับยิ่งความยาวคลื่นสั้นเท่าใด คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ายิ่งจะสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของอนุภาคในเชิงเส้นและทิศทางมากยิ่งขึ้น

ตาราง 2.1 การจำแนกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ประเภท		ความยาวคลื่น	ความถี่	
อัลตราไวโอเล็ต		100 Å – 0.4 μm	7.50 – 3000 THz	
แสงที่ตามองเห็น		0.4 – 0.7 μm	430 – 750 THz	
อินฟราเรด	อินฟราเรดใกล้	0.1 – 1.3 μm	230 – 430 THz	
	อินฟราเรดคลื่นสั้น	1.3 – 3 μm	100 – 230 THz	
	อินฟราเรดกลาง	3 – 8 μm	38 – 100 THz	
	อินฟราเรดร้อน	8 – 14 μm	22 – 38 THz	
	อินฟราเรดไกล	14 – 1 mm	0.3 – 22 THz	
คลื่นวิทยุ	ไมโครเวฟ	มิลลิเมตร	1 – 10 mm	30 – 300 GHz
		เซนติเมตร	1 – 10 cm	3 – 30 GHz
		เดซิเมตร	0.1 – 1 dm	0.3 – 3 GHz
	คลื่นสั้นมาก (VHF)	1 – 10 m	300 – 30 MHz	
	คลื่นสั้น (HF)	10 – 100 m	3 – 30 MHz	
	คลื่นกลาง (MF)	0.1 – 1 km	0.3 – 3 MHz	
	คลื่นยาว (LF)	1 – 10 km	30 – 300 KHz	
คลื่นยาวมาก (VLF)	10 – 100 km	3 – 30 KHz		

ในตาราง 2.1 แสดงชื่อและย่านความยาวคลื่นต่างๆ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและมีสิ่งที่น่าสนใจ คือ การแยกประเภทของรังสีอินฟราเรดและคลื่นวิทยุอาจแตกต่างกันไป ขึ้นกับสาขาวิชาการนั้นๆ โดยช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการรับรู้ระยะไกล ได้แก่ ช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ตไกล (0.3 -0.4 ไมโครเมตร), ช่วงคลื่นตามองเห็น (0.4-0.7 ไมโครเมตร), ช่วงคลื่นอินฟราเรดไกล (Shot wave infrared), อินฟราเรดร้อน (Thermal infrared) (0.7-14 ไมโครเมตร) และช่วงคลื่นไมโครเวฟ (Microwave) (1 มิลลิเมตร -1 เมตร)

ในภาพประกอบ 2.6 แสดงช่วงคลื่นที่ใช้ในการรับรู้จากระยะไกล ช่วงคลื่นตามองเห็น (Visible light) จะสัมพันธ์กับสีต่างๆ ซึ่งเมื่อเรียงลำดับจากความยาวคลื่นในย่านตามองเห็น (Visible light) จะเรียงลำดับสีเป็น สีรุ้ง คือ แดง ส้ม เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม และ ม่วง ตามลำดับ จากคลื่นยาวไปจนถึงคลื่นสั้น ย่านแสงในช่วงอินฟราเรดไกล และอินฟราเรดคลื่นสั้น ในบางครั้งจะเรียกว่า อินฟราเรดช่วงสะท้อน (Reflective infrared) (0.7-3 ไมโครเมตร) เพราะเป็นย่านที่ได้รับอิทธิพลจาการสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์มากกว่าเกิดการแผ่รังสีพื้นโลก สำหรับช่วงอินฟราเรดคลื่นสั้นได้ถูกนำมาใช้ทางธรณีวิทยาเพื่อจำแนกประเภทหิน ส่วนคลื่นอินฟราเรดความร้อนนั้นใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิพื้นผิว ในขณะที่ไมโครเวฟมีประโยชน์ในการบันทึกข้อมูลระบบเรดาร์และไมโครเวฟ



ภาพประกอบ 2.6 ช่วงคลื่นต่างๆ ที่ใช้ในการรับรู้ระยะไกล

ที่มา: <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/remote/remote_f.html>

2.5.5 การแผ่รังสีของเทห์วัตถุดำ

การส่งถ่ายพลังงานความร้อนในลักษณะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของแสง เมื่อเทห์วัตถุใดดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นไว้ได้ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก็จะแปรสภาพเป็นพลังงานความร้อนเป็นผลให้เทห์วัตถุนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าเดิม วัตถุหนึ่งๆ จะแผ่รังสีการแผ่รังสี (การแผ่รังสีต่อหนึ่งหน่วยเวลา) เฉพาะตัวทั้งนี้ขึ้นกับอุณหภูมิและสภาพเปล่งรังสีของวัตถุนั้นๆ

การแผ่รังสีดังกล่าว เรียกว่า การแผ่รังสีความร้อน เนื่องจากจะขึ้นกับอุณหภูมิเป็นส่วนใหญ่ ลักษณะการแผ่รังสีความร้อนสามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีทฤษฎี (ศุทธิณี, 2549)

ทฤษฎีทฤษฎี (Black body) หมายถึง สารที่สามารถดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตกกระทบตัวมันได้ทั้งหมดโดยไม่มีการสะท้อนหรือส่งผ่านพลังงานเลย โดยกฎของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's law) แล้วสัดส่วนของพลังงานที่แผ่จากวัตถุในสภาพสมดุลสถิต ความร้อนกับพลังงานที่ถูกดูดกลืนจะมีค่าคงที่ และจะขึ้นกับความยาวคลื่นและอุณหภูมิ (T) เท่านั้น ทฤษฎีทฤษฎีจะให้ค่าการแผ่รังสีสูงสุดเมื่อเทียบกับวัตถุอื่น ๆ ดังนั้น เราจึงเรียกทฤษฎีทฤษฎีว่าเป็นตัวแผ่รังสีสมบูรณ์แบบ การแผ่รังสีของทฤษฎีทฤษฎี (Black body radiation) หมายถึง การแผ่รังสีความร้อนของทฤษฎีทฤษฎี ซึ่งเป็นไปตามกฎของพลังค์ (Planck's law) โดยเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ (T) และความยาวคลื่น ดังแสดงสมการที่ 2.3 และในภาพประกอบ 2.5 ดังนี้

$$B_\lambda = \frac{2hc^2}{\lambda^5 e^{-\left(\frac{hc}{\lambda T}\right)}} \quad (2.3)$$

โดย

$$B_\lambda = \text{ค่าแผ่รังสีเชิงคลื่นของทฤษฎีทฤษฎี (W.m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \mu\text{m}^{-1})$$

$$T = \text{อุณหภูมิสัมบูรณ์ของทฤษฎีทฤษฎี(K)}$$

$$\lambda = \text{ความยาวคลื่น}(\mu\text{m})$$

$$c = \text{ความเร็วแสง} = 2.998 \times 10^8 \text{ (m.s}^{-1})$$

$$h = \text{ค่าคงที่พลังค์} = 6.626 \times 10^{-34} \text{ (J.s)}$$

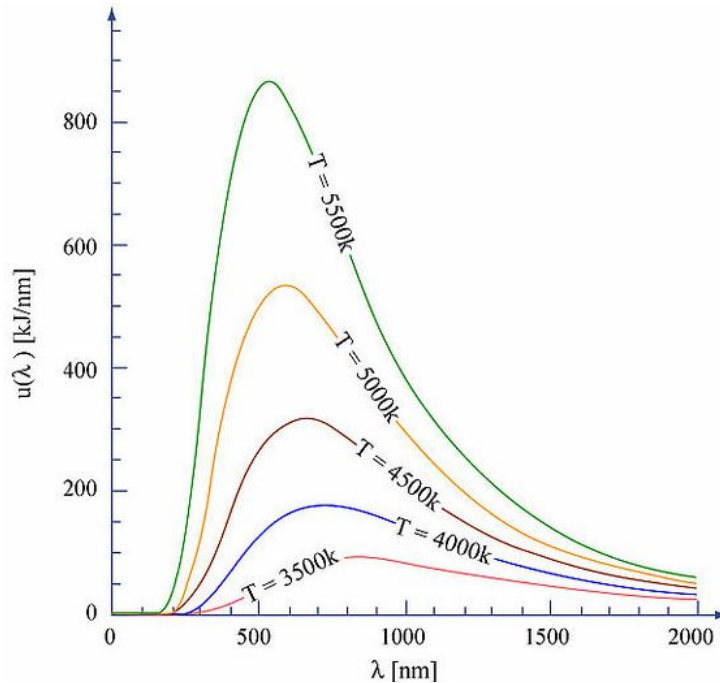
$$k = \text{ค่าคงที่โบลต์ซมานน์} = 1.380 \times 10^{-23} \text{ (J.k}^{-1})$$

เนื่องจากวัตถุในธรรมชาติไม่ใช่ทฤษฎีทฤษฎีจึงต้องมีการปรับแก้ค่าสภาพเปล่งรังสี (Emissivity) ซึ่งสามารถกำหนดได้โดย

$$\text{สภาพการเปล่งรังสี} = \frac{\text{พลังงานการแผ่รังสีของวัตถุ}}{\text{พลังงานการแผ่รังสีของทฤษฎีทฤษฎีที่อุณหภูมิเดียวกับวัตถุ}} \quad (2.4)$$

สภาพเปล่งรังสีจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นอยู่กับค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของวัตถุ ความขรุขระของพื้นผิว อุณหภูมิ ความยาวคลื่น มุมมอง ฯลฯ การเปล่งรังสีเชิงคลื่น และฟลักซ์การแผ่รังสีเชิงคลื่นของวัตถุ 3 ประเภท ได้แก่ ทฤษฎีทฤษฎี ทฤษฎีทฤษฎีเทา (Gray body) และตัวแผ่รังสีที่เลือกมาหนึ่งชนิด

ค่าอุณหภูมิของทฤษฎีทฤษฎีที่แผ่รังสีระดับเดียวกับวัตถุใดๆ เรียกว่าเป็นค่าอุณหภูมิความสว่าง (Brightness temperature) ของวัตถุนั้นๆ



ภาพประกอบ 2.7 การแผ่รังสีของเทหวัตถุดำ (Black body radiation)
ที่มา: <<http://www.flickr.com/photos/mitopencourseware/3681748795/>>

ค่าอุณหภูมิของเทหวัตถุดำที่แผ่รังสีระดับเดียวกับวัตถุใดๆ เรียกว่าเป็นค่าอุณหภูมิความสว่าง (Brightness temperature) ของวัตถุนั้นๆ

กฎของสเตฟาน - โบลต์ซมานน์ (Stefan - Boltzman's law) เป็นกฎที่หาปริพันธ์ (Integrate) ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นที่ได้จากกฎของแพลงค์ และเป็นกฎที่แสดงให้เห็นว่าค่าการเปล่งรังสี (ค่าการแผ่รังสีจากหนึ่งหน่วยพื้นที่ต่อหนึ่งหน่วยเวลา) เป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ยกกำลังสี่ (T) จึงมีความไวต่อการตรวจวัดอุณหภูมิและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

กฎการแทนที่ของวิน (Wien's displacement law) ได้จากการหาอนุพันธ์ของค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลคูณของความยาวคลื่น (ที่ให้ค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่นสูงสุด) กับอุณหภูมิ จะมีค่าประมาณ 3000 เคลวิน (K) กฎนี้มีประโยชน์สำหรับการหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับใช้ตรวจวัดอุณหภูมิของวัตถุที่อุณหภูมิ T ตัวอย่าง เช่น ความยาวคลื่นที่ดีที่สุดสำหรับใช้ตรวจวัดวัตถุที่มีอุณหภูมิ 300 K คือประมาณ 10 ไมโครเมตร

2.5.6 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาและวิธีการประมาณฝน

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกศึกษาข้อมูลจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา MTSAT-2 ของประเทศญี่ปุ่น ชนิดวงโคจรค้างฟ้า (Geostationary satellite) หรือเรียกว่าเป็นดาวเทียมที่โคจรแบบสถิตย์ (Synchronous orbit) มีวงโคจรอยู่ที่ตำแหน่ง 140 องศาตะวันออก มีความสูงจากพื้นโลก 35,800 กิโลเมตร ปกคลุมพื้นที่ คือ ทวีปเอเชีย ออสเตรเลีย และมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก และมีการบันทึกข้อมูลทุกหนึ่งชั่วโมง

2.5.6.1 เครื่องมือตรวจวัดข้อมูลจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่นตามองเห็นและช่วงคลื่นอินฟราเรดภาพถ่ายดาวเทียมได้มาจากเครื่องมือตรวจวัดที่ติดตั้งบนดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา เรียกว่าเรดิโอมิเตอร์ (Radiometer) เป็นเครื่องมือตรวจวัดรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น การสะท้อน การเปล่งรังสี และการดูดกลืน ของบรรยากาศ เมฆ และผิวโลก ซึ่งมีผลมาจากรังสีดวงอาทิตย์

1) ข้อมูลดาวเทียมช่วงคลื่นตามองเห็น เครื่องมือตรวจวัดรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาจะวัดค่า การสะท้อนแสงของวัตถุในช่วงคลื่นตามองเห็น ของแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีความกว้าง 6 ไมครอนที่จะใช้รับการสะท้อนแสงแบบกระจายของบรรยากาศ แล้วแสดงในรูปของความสว่าง (Brightness) ซึ่งความสว่างของภาพถ่ายแสดงถึงความสัมพันธ์กับค่าอัลบีโด โดยทั่วไปพื้นที่ที่ปรากฏเป็นสีขาวในภาพแสดงถึงพื้นที่นั้นมีค่าอัลบีโดสูง และพื้นที่ที่ปรากฏเป็นสีดำจะแทนหาพื้นที่นั้นมีค่าอัลบีโดต่ำที่สุด หรือมีค่าการสะท้อนน้อยที่สุด แต่เป็นการยากที่จะวัดปริมาณค่าอัลบีโดที่แน่นอนจากภาพช่วงคลื่นตามองเห็นนี้ เนื่องจากความสว่างของเมฆจะขึ้นอยู่กับมุมของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบตำแหน่งและมุมของเมฆที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของกล้องดาวเทียมและดวงอาทิตย์ คุณสมบัติการสะท้อนแสงของเมฆซึ่งสัมพันธ์กับความหนา ขนาดการกระจายลักษณะส่วนบนของเมฆและความหนาแน่นของอนุภาคน้ำหรือน้ำแข็งในก้อนเมฆ

นอกจากนี้แล้วความสว่างนี้จะแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติ และประสิทธิภาพของอุปกรณ์บันทึกข้อมูลบนดาวเทียมด้วย ดังนั้น การวัดความสว่างที่ปรากฏขึ้นในภาพช่วงคลื่นลักษณะนี้ จะได้ค่าอัลบีโดเฉลี่ย อย่างไรก็ตามความแตกต่างของรูปแบบเมฆที่ปรากฏให้เห็นเป็นความสว่างนั้น อาจมาจากความแตกต่างเนื่องจากเงื่อนไขของบรรยากาศ เช่น ฟ้าหลัว กลางวันกลางคืน หรือฝุ่นละออง เป็นต้น ข้อมูลจากภาพช่วงคลื่นตามองเห็น เงามและความสูงจะช่วยให้การ พิจารณาโครงสร้างของเมฆได้ง่ายขึ้น คือ ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเมฆที่แตกต่างกัน เงามของเมฆจึงสามารถใช้เป็นข้อมูลบอกถึงระดับความสูงและชนิดของเมฆได้ พื้นที่ของเมฆที่ราบเรียบส่วนล่างมักจะสัมพันธ์กับพื้นราบที่ยอด แต่จะแปรผันตามความหนา รูปแบบของเมฆทั้งหมดจะแปรเปลี่ยนตามรูปร่างและขนาดซึ่งอาจรวมเป็นก้อน หรือยึดออก หรือแตกกระจายในภาพถ่ายจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่นตามองเห็น ค่าการสะท้อนแสงที่มีความสัมพันธ์กับค่าความสว่างจะปรากฏในภาพในลักษณะโทนสีเทา (Gray scale) ดังนั้น วัตถุที่มีค่าอัลบีโดสูง ค่าความสว่างสูง ภาพจะปรากฏเป็นสีเทาอ่อน-ขาว และวัตถุที่มีค่าอัลบีโดต่ำ ค่าความสว่างต่ำ ภาพจะปรากฏสีเทาเข้มดำ ตัวอย่างค่าอัลบีโดเฉลี่ยที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่สะท้อนจากเมฆประเภทต่างๆ ดังแสดงในตาราง 2.3 (จงกลณี อยู่สบาย, 2542)

ตาราง 2.3 ค่าอัลบิโดเฉลี่ยเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมหาวิทยาลัย

ข้อมูลดาวเทียม	ค่าอัลบิโดเฉลี่ย (%)
เมฆคิวมูโลนิมบัส ขนาดใหญ่และหนา	92
เมฆคิวมูโลนิมบัส เล็ก ยอดสูงประมาณ 6 กิโลเมตร	86
เมฆซีร์โรสเตรตัส หนา กับเมฆชั้นต่ำและหยาดน้ำฟ้า	74
เมฆคิวมูโลนิมบัสและสเตรโตคิวมูลัส บนแผ่นดิน	69
เมฆสเตรโตคิวมูลัส บนแผ่นดิน	68
เมฆสเตรตัส หนาประมาณ 0.5 กิโลเมตรเหนือพื้นน้ำทะเล	64
เมฆสเตรตัส บางเหนือทะเล	42
เมฆซีร์รัสเหนือแผ่นดิน	36
เมฆคิวมูลัส ในบริเวณอากาศดีเหนือแผ่นดิน	29

2) ในข้อมูลดาวเทียมช่วงคลื่นอินฟราเรด เครื่องมือตรวจวัดรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะวัดค่าการแผ่รังสีช่วงคลื่นยาว (Long-wave radiation emitted) จากเมฆ แผ่นดิน และผิวน้ำ ซึ่งการวัดค่ารังสีนี้จะสัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิของวัตถุนั้น แล้วข้อมูลนี้จะถูกส่งในรูปของตัวเลขซึ่งสัมพันธ์และแสดงในระดับสีเทา อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกและบรรยากาศ คือ 253 เคลวิน (k) การแผ่รังสีในช่วงคลื่นนี้จะอยู่สูงกว่า 10 ไมครอน ช่วงคลื่นอินฟราเรดจะถูกดูดซึมและแผ่กลับ (Re-emission) โดยองค์ประกอบหลายอย่างของบรรยากาศ ช่วงคลื่นอินฟราเรดจะถูกดูดซึมมากที่สุดด้วยไอน้ำ CO₂ และ O₃ การดูดซึมนี้จะแปรผันกับความยาวคลื่น ระหว่าง 8-12 ไมครอน แต่มีช่วงว่างบางช่วงเรียกว่าช่วงคลื่นอินฟราเรดสามารถแผ่รังสีผ่านสู่บรรยากาศได้

ดังนั้นเครื่องวัดอินฟราเรด (Infrared sensors) ของดาวเทียมจึงได้รับการออกแบบให้สามารถรับการแผ่รังสีของวัตถุจากช่วงนี้ได้ เมื่ออุปกรณ์บันทึกข้อมูลของดาวเทียมสามารถรับการแผ่รังสีช่วงคลื่นอินฟราเรดนี้ ค่าที่ได้จะสัมพันธ์กับอุณหภูมิของการแผ่รังสีของแผ่นดิน น้ำ และเมฆ การวัดค่าอุณหภูมิของยอดเมฆที่แสดงในระดับสีเทาขึ้นอยู่กับ ความหนาขนาดของเมฆในแต่ละระดับ จำนวนเมฆ และตำแหน่งที่สัมพันธ์กับมุมกล้องของดาวเทียม ในเวลากลางคืนเมื่อแผ่นดินเย็น แผ่นดินจะปรากฏเป็นสีเทาอ่อน และอุณหภูมิของพื้นน้ำสูงกว่าแผ่นดิน พื้นน้ำจะปรากฏเป็นสีดำหรือสีเทาเข้ม ทำให้เห็นความแตกต่างกันได้อย่างชัดเจน แต่ถ้าแผ่นดินและผิวน้ำมีอุณหภูมิใกล้เคียงกันก็จะไม่สามารถเห็นขอบเขตของแผ่นดินตามชายฝั่งได้ ช่วงฤดูหนาวในเขตละติจูดสูง ๆ เวลากลางคืน เมื่อเมฆอยู่เหนือแผ่นดินที่เย็นจะทำให้การแปลภาพเมฆได้ยากขึ้นเนื่องจากระดับสีของเมฆชั้นต่ำและพื้นดินจะมีสีเทาอ่อนคล้าย ๆ กัน แต่ในเขตละติจูดต่ำซึ่งแผ่นดินพื้นน้ำ และเมฆจะมีค่าความแตกต่างของอุณหภูมิมาก ทำให้เกิดความแตกต่างในระดับสีเทา การแปลภาพจะทำได้ง่ายกว่า

2.5.6.2 วิธีการประมาณฝน

Mohammedberhan (1998) ได้ศึกษาวิธีการประมาณปริมาณน้ำฝนโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมอุตุนิยมหาวิทยาลัยในปัจจุบันมีหลายวิธี เช่น

1) วิธีการประมาณปริมาณฝนโดยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave rainfall estimation technique)

Spencer *et al.*, (1989) กล่าวว่า การแผ่คลื่นรังสีไมโครเวฟ (3 – 300 GHz หรือ 10 – 0.1 cm) อาจถูกดูดซับ สะท้อน หรือกระจาย โดยน้ำหรือน้ำแข็งที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำในชั้นบรรยากาศ การเกิดปฏิกิริยาที่รุนแรงของหยดน้ำและเกล็ดน้ำแข็งที่มีต่อการแผ่รังสีของคลื่นไมโครเวฟ ทำให้การประมาณฝนโดยคลื่นไมโครเวฟเป็นวิธีโดยตรง และใช้พื้นฐานทางกายภาพมากกว่าเทคนิคของคลื่นที่มองเห็นได้และคลื่นอินฟราเรด โดยเฉพาะบริเวณเหนือพื้นผิวมหาสมุทร วิธีการนี้อยู่บนพื้นฐานความจริงที่ว่า การแผ่ของคลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่ต่ำกว่า 30 GHz จะถูกดูดซับ และแผ่ออกมาโดยหยดน้ำฝนในสถานะของเหลว และเมื่อความถี่สูงขึ้นจะถูกทำให้กระจายออกโดยเกล็ดน้ำแข็งและหยดน้ำฝน

Morland *et al.*, (1997) การแผ่ของคลื่นไมโครเวฟจากพื้นผิวขึ้นอยู่กับมุมของการตรวจวัดคลื่น ความสามารถในการแผ่คลื่นจากพื้นผิวและความถี่ของการแผ่คลื่นจึงสามารถที่จะถูกตรวจพบได้ มหาสมุทรมีความสามารถในการสะท้อนคลื่นมากกว่าพื้นผิวดิน แต่จะมีความสามารถในการแผ่คลื่นน้อยกว่าพื้นดิน ยิ่งไปกว่านั้นความสามารถในการแผ่คลื่นของพื้นผิวมหาสมุทรเกือบที่จะเป็นค่าคงที่ ขณะที่การเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวดินและปริมาณความชื้นในดินทำให้ความสามารถในการแผ่คลื่นของพื้นผิวดินเปลี่ยนแปลงอย่างมาก ด้วยเหตุดังกล่าวการประมาณฝนโดยคลื่นไมโครเวฟสามารถทำได้เป็นอย่างดีเหนือพื้นผิวของมหาสมุทรโดยไม่มีปัญหาอย่างไรก็ตามการประมาณฝนมีผลกระทบเป็นอย่างมากเหนือพื้นผิวดิน

Barret and Beaumont (1994) สรุปความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างการแผ่คลื่นไมโครเวฟและฝนที่ตกใช้ไม่ได้เหนือพื้นผิวดิน เทคนิคการประมาณฝนโดยคลื่นไมโครเวฟเหนือพื้นผิวดินจึงขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลองและความสัมพันธ์ทางสถิติ เช่นเดียวกับกับเทคนิคคลื่นที่มองเห็นได้และคลื่นอินฟราเรด เทคนิคการประมาณฝนโดยคลื่นไมโครเวฟมีอุปสรรคดังต่อไปนี้ที่ทำให้ยากลำบากในการตรวจตราฝนที่มีความแปรปรวนอย่างต่อเนื่อง อุปสรรคดังกล่าวคือความละเอียดตามเวลาต่ำ นั่นคือ 1 – 2 ภาพต่อวันและความละเอียดตามระยะทางต่ำคือความละเอียดสูงที่สุดได้เพียง 10 กม.

2) วิธีการประมาณปริมาณฝนโดยวิธีซีพีซี (CPC rainfall estimation technique)

วิธีซีพีซี (Climate Prediction Center, CPC) เป็นวิธีที่ได้รับการพัฒนาเพื่อใช้สำหรับการประมาณฝนที่ตกสะสม (Accumulated rainfall) โดยใช้ข้อมูลของดาวเทียมเมทีโอแซท (Meteosat satellite), ข้อมูลเครื่องวัดน้ำฝนที่ได้รับจากระบบโทรคมนาคมทั่วโลก (Global Telecommunication System: GTS), การวิเคราะห์แบบจำลองของลม, ความชื้นสัมพัทธ์ และความสูงต่ำของพื้นที่ (Model analysis of wind and relative humidity and orographic feature) (Herman *et al.*, 1997) โดยวิธีนี้ได้ รับการพัฒนาเพื่อจุดประสงค์ด้านการตรวจสอบสภาพความแห้งแล้ง (drought) โดยองค์การเพื่อการ พัฒนาระหว่างชาติของสหรัฐอเมริกา (United States Agency for International Development, USAID) ระบบเตือนภัยล่วงหน้าด้านความอดอยาก (Famine Early Warning System, FEWS) และ วิธีนี้สามารถทำการประมาณฝนได้ทั้งที่เกิดจาก เมฆเย็น ที่เกิดจากการยกตัวของมวลอากาศร้อนขึ้น ในแนวตั้ง และฝนที่เกิดจาก เมฆอุ่น ซึ่งเป็นเมฆชั้น (Stratified clouds)

วิธีซีพีซีจะใช้ค่าดัชนีฝนโกส (Geostationary Operational Environmental Satellite Precipitation Index = GOES Precipitation Index: GPI) ซึ่งค่าดัชนี GPI ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อการประมาณฝนที่ตกแบบสะสม (Accumulated rainfall) สำหรับในช่วงระยะเวลา 10 วัน

ของเมฆที่เกิดจากการยกตัวขึ้นในแนวตั้งของมวลอากาศร้อน โดยใช้ช่วงเวลาที่เย็ดเมฆเย็น (Cold cloud duration) เหนือพื้นพื้นนั้น (Herman *et al.*, 1997) มาปรับแก้ความผิดพลาดที่เกิดจากการประมาณค่าการตกของฝนพอดี้กับค่าที่ได้จากเครื่องวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน ในขั้นตอนของ GPI ฝนที่ตก 3 มม. ทุก ๆ ชั่วโมงจะสามารถวัดค่าอุณหภูมิเย็ดเมฆได้ต่ำกว่า 235 เคลวิน (K) และได้รับข้อมูลเครื่องวัดน้ำฝนภาคพื้นดินทุก ๆ 6 ชั่วโมงจากระบบโทรคมนาคมทั่วโลก (GTS) แล้วจะถูกนำมารวมกันทุก ๆ 24 ชั่วโมง และทุก ๆ 10 วัน แล้วนำมาเปรียบเทียบกับฝนที่ประมาณได้โดยวิธี GPI (GOES precipitation technique) การปรับแก้ความผิดพลาดที่เกิดจากการประมาณค่าการตกของฝนโดยวิธี GPI เป็นวิธีที่ได้จากการทดลอง (empirical) ซึ่งใช้การประมาณค่าทางสถิติ โดยทำการปรับแก้ค่าที่ประมาณได้จากวิธี GPI ให้พอดี้กับค่าที่ได้จากเครื่องวัดน้ำฝนภาคพื้นดินในการปรับแก้เพื่อการประมาณฝนจะทำการปรับแก้ค่าทุก ๆ ชั่วโมง โดยใช้เทคนิคผลคูณเวกเตอร์ (Dot product technique) กล่าวคือ ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันของพื้นที่กรุงเทพมหานคร กับทิศทางลม ผลคูณทางสเกลาร์ (Scalar product) ของผิวนราบของทิศทางลม $[u(x,y),v(x,y)]$ และความลาดชันในแนวราบของลาดภูเขา $[h(x,y)]$ นั่นคือ

$$u \frac{dh}{dx} + v \frac{dh}{dy} \quad (2.5)$$

แต่วิธีซีพีซี ยังมีความผิดพลาดในการประมาณค่าฝนมากเกินไปจริง (Overestimate) และการประมาณค่าฝนน้อยเกินไปจริง (Underestimate) ในกรณีการประมาณค่าฝนมากเกินไปจริงจะเกิดขึ้นเมื่อเหนือพื้นพื้นนั้นมีการเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องของ เมฆเซอร์รัส (Cirrus cloud) ซึ่งเป็นเมฆที่เย็นแต่ไม่หนาพอที่จะเกิดฝนตกได้ ในทางกลับกัน การประมาณค่าฝนน้อยเกินไปจริงจะเกิดขึ้นเป็นปกติโดยเฉพาะเหนือพื้นที่ที่มีฝนที่เกิดเนื่องจากภูเขา (Orographic precipitation) และการตกของฝนที่เกิดจากเมฆอุ่น (Warm clouds) ซึ่งฝนชนิดนี้จะเกิดในบริเวณพื้นที่แถบชายฝั่งทะเล และพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นภูเขา ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงบางอย่างสำหรับเทคนิค ซีพีซี เพื่อให้การประมาณค่าการตกของฝนที่เกิดจากเมฆอุ่น (Warm cloud) และเมฆเป็นชั้น ๆ (Stratiform cloud) ซึ่งจะพบว่าวิธีการนี้จะประสบผลสำเร็จก็ต่อเมื่อ พื้นที่ที่เลือกใช้สำหรับการปรับแก้ จะต้องเป็นพื้นที่ที่ไม่มีเมฆเย็นในช่วงระยะเวลาที่ทำการปรับแก้ และฝนที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะต้องเป็นฝนที่เกิดจากการยกตัวขึ้นของมวลอากาศร้อนเนื่องจากสภาพพื้นที่ที่เป็นภูเขา (Orographic rainfall)

3) วิธีการประมาณปริมาณฝนโดยวิธีออสตอม (ORSTOM Rainfall Estimation Technique)

Guillot (1995) อธิบายว่า วิธีออสตอมซึ่งพัฒนาโดย The Lannion Centre De Meteorologie Spatiale (CMS) จะใช้อุณหภูมิพื้นผิว (Ground surface temperature, T_s) ที่ได้จากภาพของดาวเทียมเมทีโอแซท (METEOSAT) เพื่อทำการประมาณฝน โดยทำการศึกษาในพื้นที่ด้านตะวันตกของทวีปอาฟริกา ซึ่งใช้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิว (T_s) กับเครื่องวัดน้ำฝน (Pluviometer) โดยมีพื้นฐานอยู่บนความสมดุล 2 ชนิด คือ สมดุลพลังงาน (Energy balance) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างการไหลของความร้อน (Sensible heat flow, Φ_s) กับการระเหยและการคายน้ำ

ของพืช (Evapotranspiration) และสมดุลน้ำ (Water balance) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์การระเหย (Evaporation) กับปริมาณฝนที่ตก (Rainfall) โดยความสัมพันธ์เชิงเส้นของสมดุลคือ

$$\phi_s = \square C_p h (T_s - T_a) \quad (2.6)$$

เมื่อ:

- \square = ปริมาตรของมวลอากาศ (ลูกบาศก์เมตร)
- C_p = ความร้อนจำเพาะของอากาศ (KJ/Kg. °C)
- h = สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลง
- T_s = อุณหภูมิของผิวดิน (องศาเซลเซียส)
- T_a = อุณหภูมิของอากาศ (องศาเซลเซียส)

เทคนิคนี้มีพื้นฐานจากผลกระทบของฝนที่ตกไปแล้ว ที่มีต่ออุณหภูมิพื้นผิวดินซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์แบบผกผันระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวดินกับปริมาณฝนรวมที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน อย่างไรก็ตามอาจมีปัจจัยทางสภาพอากาศท้องถิ่นที่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิพื้นผิวดินตัดผ่านพื้นที่ที่สนใจ ปัจจัยนี้อาจมีผลของอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิพื้นผิวดินเกิดขึ้นในแนวเหนือ-ใต้ และตะวันตก-ตะวันออก ตัดผ่านพื้นที่ที่พิจารณา ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบฝนครั้งแรกกับอุณหภูมิพื้นผิวดินเพื่อแสดงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยทางสภาพอากาศท้องถิ่น ในกรณีนี้เพื่อที่จะหาปัจจัยทางสภาพอากาศท้องถิ่นที่ตัดผ่านพื้นที่ที่พิจารณา จึงต้องทำการลดค่า T_s ลงโดยที่ $\Delta T_a = T_a - T_o$, เมื่อ T_o คืออุณหภูมิของอากาศที่สถานีอ้างอิง ดังนั้นความสัมพันธ์ด้านบนถูกเปลี่ยนเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนรวม (Rainfall Totals, $\sum P$) กับผลรวมของอุณหภูมิพื้นผิวดิน (T_s) ลบด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ (ΔT_a) นั่นก็คือ $\sum (T_s - \Delta T_a)$

4) วิธีการประมาณปริมาณฝนโดยวิธีแทมแซท (TAMSAT Rainfall Estimation Technique)

วิธีแทมแซท (Tropical Application of Meteorological SATellite, TAMSAT) ได้พัฒนามาจากกลุ่มแทมแซท (TAMSAT group) ในมหาวิทยาลัยเรดดิ้ง ประเทศอังกฤษ ซึ่งได้พัฒนาวิธีนี้ขึ้นมาจากดัชนีฝนของโกส (GOES Precipitation Index, GPI) เพื่อการประมาณฝนที่ตกเหนือทวีป แอฟริกา ซึ่งไม่เหมือนกับวิธีซีพีซีและวิธีออสตอม โดยที่วิธีแทมแซทใช้ภาพคลื่นอินฟราเรดจากดาวเทียมทุกครั้งชั่วโมง หรือทุกชั่วโมง (Mohammedberhan, 1998) ค่าของฝนภาคพื้นดินจะมีความสัมพันธ์กับค่าช่วงเวลาเมฆเย็น (Cold Cloud Duration, CCD) เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นซึ่งเขียนสมการได้ดังนี้

$$R = a_1 \text{CCD} + a_0 \quad (2.7)$$

เมื่อ

- R = ปริมาณฝน (mm)
 CCD = ค่าช่วงเวลาเมฆเย็น (Cold Cloud Duration value: hour)
 a_1, a_0 = ค่าคงที่หาได้โดยการเปรียบเทียบค่าจากภาพของ CCD
 กับข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน
 (โดยที่ $CCD = 0$ จะได้ค่า $R = 0$)

5) วิธีการประมาณปริมาณฝนโดยวิธีใช้อัตราการลดอุณหภูมิตามความสูง วิธีการนี้ใช้อัตราการลดอุณหภูมิตามความสูงของชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นแบบอะเดียบาติก (Adiabatic lapse rate) ซึ่งมีความสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบสมการยกกำลัง ดังนั้นความสัมพันธ์ของปริมาณฝนกับอุณหภูมิจึงอยู่ในรูปแบบสมการยกกำลังด้วย จึงได้ความสัมพันธ์แบบสมการถดถอยไม่เชิงเส้น (Non-linear regression equation) ซึ่งเขียนสมการได้ดังนี้ (Udomchoke and Aungsuratana, 1995)

$$P = aT^b \quad (2.8)$$

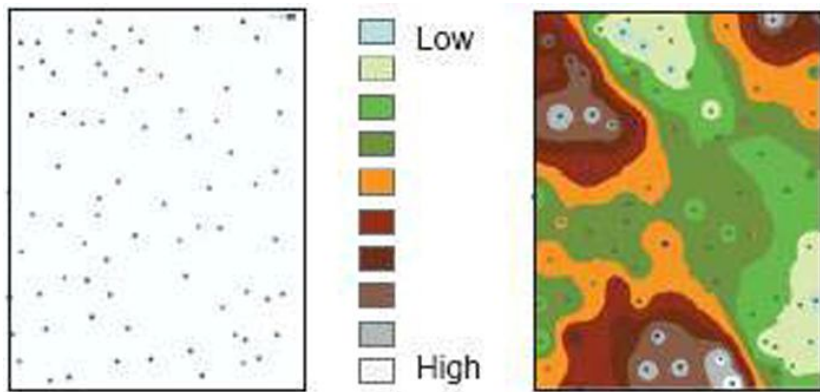
โดยที่

- P = ปริมาณฝนของสถานีฝนภาคพื้นดิน (มิลลิเมตร)
 T = อุณหภูมิยอดเมฆจากภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (เคลวิน)
 a, b = ค่าคงที่หาได้โดยการเปรียบเทียบระหว่างค่าอุณหภูมิยอดเมฆกับข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

2.6 การแทรก (Interpolation)

การแทรก หรือ (Interpolation) เป็นการนำค่าให้กับเซลล์ใน Raster จากข้อมูลจุดตัวอย่างที่มีอยู่อย่างจำกัด ด้วยวิธีการนี้สามารถใช้ในการนำค่าที่ไม่ทราบได้จากจุดใด ๆ ทางภูมิศาสตร์ได้ ไม่ว่าจะเป็น จุดความสูง (Elevation) ปริมาณน้ำฝน (Rainfall) การแทรกนั้นเป็นการเข้าไปในทุกๆ ที่ที่อยู่ในพื้นที่ศึกษาเพื่อวัดความสูง ขนาด หรือความเข้มข้นของข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยากมาก หรือไม่มีราคาแพง ดังนั้นแทนที่เราจะทำอย่างนั้น การเก็บจุดตัวอย่างเพื่อใช้วิเคราะห์กระจายกันไปตามพื้นที่ที่เลือกไว้ และทำนายค่าที่เป็นไปได้ให้กับตำแหน่งที่ไม่ได้เก็บค่าจึงเหมาะสมกว่ามาก จุดที่เก็บนั้นอาจได้มาด้วยการสุ่มตำแหน่ง การเก็บตามโครงสร้างทางปัจจัย หรือเก็บมาอย่างเป็นแบบแผนก็ได้ ทั้งนี้ก็เพื่อให้ได้จุดตัวอย่างที่มีค่าความสูง ความเข้มข้น หรือขนาดที่ต้องการวัด ตัวอย่างการแทรกค่าจากจุดที่ติดตัวอย่างหนึ่งคือ การสร้างพื้นผิวแสดงความสูง (Elevation) จากชุดของจุดตัวอย่างที่วัดเก็บมาได้ โดยแต่ละจุดที่เก็บมาจะแสดงถึงความสูง ณ ตำแหน่งที่เก็บเท่านั้น ค่าระหว่างจุดตัวอย่างนั้นล้วนได้มาจากการทำนายด้วยวิธีการแทรกข้อมูลนั่นเอง โดยผลที่ได้คือตารางกริด

ที่เกิดจากการทำนายค่าความสูงจากตำแหน่งต่างๆ ที่เก็บข้อมูลจริงบนพื้นผิว (ศูนย์ความรู้กลางกรมชลประทาน, 2555) ตัวอย่างของการแทรกได้ในภาพประกอบ 2.8



ภาพประกอบ 2.8 ตารางกริดที่เกิดจากการทำนายค่าความสูงจากตำแหน่งต่างๆ บนพื้นผิว
ที่มา: (ศูนย์ความรู้กลาง กรมชลประทาน) 2555

2.6.1 วิธีการแทรกค่า (Interpolation methods)

วิธีการแทรกค่า มีหลายวิธีในการสร้างพื้นผิวภาพขึ้นมาได้จากข้อมูลแบบจุด คุณสามารถใช้วิธีที่เรียกว่า IDW, Natural Neighbors, Spline และ Kriging เพื่อสร้างพื้นผิวผ่านส่วนติดต่อผู้ใช้ของ 3D Analyst ส่วนวิธีการสร้างพื้นผิวที่เรียกว่า Trend นั้นต้องมีการเขียนโปรแกรมหรือคำสั่งเพื่อเรียกใช้ วิธีการแทรกค่า ซึ่งแต่ละวิธีจะทำการสันนิษฐานว่าควรประมาณการค่าใดกำหนดให้กับเซลล์ที่ต้องการแทรกข้อมูล โดยจะขึ้นอยู่กับวิธีการจำลองข้อมูลจริงที่มีอยู่และการกระจายตัวของจุดตัวอย่าง วิธีการแทรกค่าแต่ละแบบจะมีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับพื้นผิวจริงแต่ละลักษณะ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าวิธีการแทรกค่าที่ใช้จะเปลี่ยนไปตามจุดตัวอย่างเรื่องต่างๆ การกระจายตัวของจุดและยังให้ผลลัพธ์ต่างกันจากวิธีการแต่ละแบบด้วย

2.6.1.1 Inverse Distance Weighted

เป็นวิธีการแทรกค่าโดยทำการสุ่มจุดตัวอย่างแต่ละจุดจากตำแหน่งที่สามารถส่งผลกระทบไปยังเซลล์ที่ต้องแทรกค่าได้ ซึ่งจะมีผลกระทบน้อยลงเรื่อยๆ ตามระยะทางที่ไกลออกไปจากเซลล์ที่ต้องการแทรกค่า ดังนั้นจุดที่อยู่ใกล้กับเซลล์ที่ต้องการคำนวณค่าจะมีน้ำหนักมากกว่าจุดที่อยู่ไกลออกไป โดยเราสามารถเจาะจงจำนวนจุด หรือ อาจใช้ทุกจุดที่อยู่ในรัศมีที่กำหนด มาคำนวณหาให้เซลล์ผลลัพธ์ได้ วิธีการนี้เหมาะกับกรณีที่ว่าแปรที่ใช้ในการสร้างแผนที่มีการปรับค่าตามระยะทางจากจุดตัวอย่าง ตัวอย่างเช่น เมื่อต้องการสร้างพื้นผิวด้วยการแทรกค่าที่แสดงการวิเคราะห์กำลังซื้อของผู้ซื้อต่อร้านค้าปลีกแต่ละแห่ง ค่าปริมาณของกำลังซื้อจะค่อย ๆ มีอิทธิพลน้อยลงไปตามระยะทาง เนื่องจากผู้คนส่วนใหญ่มักจะซื้อของกับร้านค้าใกล้บ้าน

2.6.1.2 Natural Neighbors

เช่นเดียวกันแบบ IDW การแทรกค่าด้วยวิธีการนี้ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่อาศัยการเฉลี่ยน้ำหนักของข้อมูลที่ได้ อย่างไรก็ตามแทนที่จะหาค่ามาใส่ในเซลล์ที่ต้องการแทรกค่าโดยใช้จุดทุกจุดแล้วให้น้ำหนักไล่ระดับกันไป วิธีการ Natural Neighbors จะสร้างรูปสามเหลี่ยม Delaney ของจุดตัวอย่างและเลือกมาเฉพาะจุดที่อยู่ใกล้กับจุดเชื่อมของสามเหลี่ยมของขอบรอบบริเวณเซลล์ที่ต้องการแทรกค่า

โดยน้ำหนักของค่าที่ใช้จะได้สัดส่วนกับพื้นที่นั้นๆ วิธีการนี้เหมาะสมอย่างยิ่งหากต้องการสร้างพื้นผิวขึ้นมา จากจุดตัวอย่าง ที่มีการกระจายตัวด้วย ความหนาแน่นแบบไม่แน่นอน

2.6.1.3 Spline

เป็นวิธีการที่ใช้ได้กับวัตถุประสงค์ทั่วๆ ไปในการแทรกค่าให้พอดีเป็นพื้นผิวที่มีความโค้งเว้าอย่างน้อยตามจุดข้อมูลตัวอย่างที่นำเข้ามา เหมือนกับการบิดงอของแผ่นยางผ่านจุดตัวอย่าง โดยพยายามให้อย่างน้อยความโค้งทั้งหมดเข้าหาจุดตัวอย่างเหล่านั้นออกมาเป็นพื้นผิว เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ ที่สร้างส่วนโค้งเล็กๆ บนระนาบสองมิติ หรือแผ่นแบนๆ วิธีการแทรกค่าแบบ Spline นี้สามารถกำหนดจำนวนของจุดตัวอย่างที่นำมาเป็นข้อมูลเข้าได้จากจุดตัวอย่างทั้งหมดที่มี วิธีนี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดสำหรับพื้นผิวที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป อย่างเช่น พื้นผิวแสดงความสูง ตารางความลึกของพื้่นน้ำ หรือระดับความเข้มข้นของมลภาวะ

2.6.1.4 Kriging

เป็นวิธีการแทรกที่ทำการสันนิษฐานจากระยะทางหรือทิศทางระหว่างจุดตัวอย่างแต่ละจุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ที่สามารถนำมาใช้ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวได้ ด้วยวิธีการ Kriging นี้จะทำการเลือกสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับจุดตัวอย่างที่เลือกไว้ หรือจุดตัวอย่างทั้งหมด ภายในรัศมีที่กำหนด เพื่อให้ค่าผลลัพธ์ในแต่ละพื้นที่ออกมา Kriging ทำงานหลายขั้นตอน โดยผสมผสานการสำรวจวิเคราะห์ค่าทางสถิติของข้อมูล การทำแบบจำลองแบบ Variogram การสร้างพื้นผิว และยังมีส่วนเสริมให้สามารถตรวจดูความแปรปรวนของพื้นผิวได้อีกด้วย

2.6.1.5 Trend

วิธีการแทรกค่าแบบนี้จะทำการเลือกสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม ได้ด้วยการระบุลำดับของ (Polynomial) พหุนาม ให้กับจุดตัวอย่างทั้งหมดที่ต้องนำมาวิเคราะห์ วิธีการนี้ใช้ค่าจากเซลล์สี่เหลี่ยมเล็กๆ ที่ผ่านมาในการปรับค่าให้พอเหมาะ ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นพื้นผิวที่มีความแปรปรวนต่ำ สัมพันธ์กับค่าที่ได้จากจุดตัวอย่างออกมาเป็นพื้นผิวต่อเนื่องกันตามแนวโน้มของข้อมูล โดยที่ความแตกต่างทั้งหมดระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการประมาณการ (ค่าความแปรปรวน) จะมีค่าน้อยมาก พื้นผิวที่ได้จึงไม่ต่างจากข้อมูลจริงจากจุดตัวอย่างมากนัก

2.7 โปรแกรม ERDAS IMAGINE

ธีรวงค์ เหล่าสุวรรณ (2553) ได้อธิบายการทำงานของโปรแกรม ERDAS IMAGINE (แสดงในภาพประกอบ 2.9) ว่าเป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมสูงสุดในการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม โดยระบบมีการทำงานแบบ Graphical User Interface (GUI) ที่ง่ายต่อการใช้งาน และมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม มี Visualization tool ที่ให้ผู้ใช้ นำข้อมูลดาวเทียมที่มีความแตกต่างของชนิดข้อมูล มาใช้ร่วมกันได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว มีเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการปรับแก้ภาพ (Geometric correction), วิเคราะห์ข้อมูลภาพ (Image analysis), การแสดงภาพ (Visualization) ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติและการสร้างแผนที่ผลลัพธ์ (Map output) จากเครื่องมือพื้นฐานนี้สามารถนำข้อมูลภาพของผู้ใช้มาสร้างเป็นแผนที่ที่มีคุณภาพ



ภาพประกอบ 2.9 โปรแกรม ERDAS IMAGINE 9.1

ERDAS IMAGINE สามารถให้ผู้ใช้เข้าถึงและจัดการทั้งข้อมูล Vector และ Raster ได้หลากหลายรูปแบบ และ Image Catalog ทำให้ผู้ใช้สามารถจัดการข้อมูลที่มีอยู่ในรูปแบบของ ห้องสมุดภาพ (Image library) นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถทำงานกับข้อมูล Raster หลายรูปแบบได้โดยตรง โดยไม่ต้องมีการแปลงข้อมูลเพื่อประหยัดเนื้อที่ในการทำงานและยังสามารถทำงานร่วมกับข้อมูล Vector ในรูปแบบของ Arc Coverage และ Shape file ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถแสดง การปรับแก้และวิเคราะห์ภาพข้อมูลได้ และสามารถแสดงผลข้อมูลในรูปแบบ 3 มิติโดยง่าย สามารถ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ด้านพิกัดของภาพกับ Viewer อื่นๆ ได้โดยไม่จำกัด มีเครื่องมือในการขยายภาพ และเลื่อนภาพอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงความสามารถในการทำ Flicker, Blend, Fade และ Swipe ภาพ นอกจากนี้ยังมีความสามารถแปลงด้วยสายตาและกำหนดขอบเขตได้บนหน้าจอ รวมถึงการ จำแนกข้อมูลภาพด้วยเทคนิค ISODATA โดยโปรแกรมทำแบบอัตโนมัติ และสร้างข้อมูลผลลัพธ์ โดยการประกอบแผนที่ที่ผู้ใช้สามารถจัดการได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถเขียน Script Erdas Model Language ใน Spatial Modeler Language ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของ ERDAS IMAGINE ให้เหมาะสมสำหรับผู้ใช้ และสามารถสร้างชุดคำสั่งใหม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับงานที่ ต้องการ

2.8 โปรแกรมรหัสเปิด (Open Source Software)

โปรแกรมรหัสเปิดหรือซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส (Open Source Software – OSS) คือ ซอฟต์แวร์ลิขสิทธิ์ที่มีไลเซนส์แบบโอเพนซอร์ส ซึ่งมีลักษณะต่างจากไลเซนส์ของซอฟต์แวร์ทั่วไป คือ ผู้พัฒนาเจ้าของซอฟต์แวร์จะอนุญาตให้ผู้ใช้ติดตั้งและใช้งานได้อย่างไม่จำกัดทั้งจำนวนและรูปแบบการ ใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานส่วนตัว ในเชิงการค้า หรือในองค์กร นอกจากนี้ยังอนุญาตและสนับสนุน ให้เรียนรู้ทำความเข้าใจการทำงานของซอฟต์แวร์ โดยการเผยแพร่ต้นฉบับ (Source code) ของ ซอฟต์แวร์ออกมา และอนุญาตให้แก้ไขดัดแปลงให้ตรงความต้องการได้ สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้ โปรแกรมรหัสเปิด หรือซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สมาประยุกต์ใช้ในการจัดทำระบบคอมพิวเตอร์ในรูปแบบ เว็บแอปพลิเคชันสำหรับการประเมินผลและแสดงรายละเอียดเชิงพื้นที่ผ่านระบบเครือข่ายด้วยโปรแกรม รหัสเปิดดังต่อไปนี้

2.8.1 Apache web server

Apache พัฒนามาจาก HTTPD Web Server ที่มีกลุ่มผู้พัฒนาอยู่ก่อนแล้ว โดย ร็อบ แม็คคูล (Rob McCool) ที่ NCSA (National Center for Super computing Applications) มหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ เออร์แบนา แชมเปญน์ สหรัฐอเมริกา แต่หลังจากที่ แม็คคูล ออกจาก NCSA และหันไปให้ความสนใจกับโครงการอื่นๆ มากกว่าทำให้ HTTPD เว็บเซิร์ฟเวอร์ ถูกปล่อยทิ้งไม่มีผู้พัฒนาต่อ แต่เนื่องจากเป็นซอร์ฟแวร์ที่อยู่ภายใต้ลิขสิทธิ์ กนู (General Public License) GNU และ GPL, GPL คือ ทุกคนมีสิทธิ์ที่จะนำเอาซอร์สโค้ดไปพัฒนาต่อได้ ทำให้มีผู้ใช้กลุ่มหนึ่งได้พัฒนาโปรแกรมขึ้นมาเพื่ออุดช่องโหว่ ที่มีอยู่เดิม (หรือ แพช) และยังได้รวบรวมเอาข้อมูลการพัฒนา และการแก้ไขต่างๆ แต่ข้อมูลเหล่านี้อยู่ตามที่แตกต่างกัน ไม่ได้รวมอยู่ในที่เดียวกัน จนในที่สุด ไบอัน บีเลนด์อर्फ (Brian Behlendorf) ได้สร้างจดหมายกลุ่ม (Mailing list) ขึ้นมาเพื่อนำเอาข้อมูลเหล่านี้เข้าไปเป็นกลุ่มเดียวกัน เพื่อให้สามารถเข้าถึงข้อมูลเหล่านี้ได้ง่ายยิ่งขึ้นและในที่สุดกลุ่มผู้พัฒนาได้เรียกตัวเองว่า กลุ่มอาปาเช่ (Apache Group) และได้ปล่อยซอฟต์แวร์ HTTPD เว็บเซิร์ฟเวอร์ (แสดงในภาพประกอบ 2.10) ที่พัฒนาโดยการนำเอาแพชหลายๆ ตัวที่ผู้ใช้ได้พัฒนาขึ้นเพื่อปรับปรุงการทำงานซอฟต์แวร์ตัวเดิมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2539 อาปาเช่ ได้รับความนิยมขึ้นเรื่อยๆ จนปัจจุบันได้รับความนิยมเป็นอันดับหนึ่ง มีผู้ใช้งาน อยู่ประมาณ 65% ของเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการอยู่ทั้งหมด



ภาพประกอบ 2.10 อาปาเช่ เวปเซอร์เวอร์ (Apache web server)

2.8.2 ภาษา PHP

เดิมนั้น PHP เป็นชื่อย่อของภาษาโปรแกรมมิ่งชนิดหนึ่งที่มีชื่อว่า “Professional Home Pages” แต่ในปัจจุบันภาษาชนิดนี้ถูกพัฒนาต่อมาจากกลายเป็นภาษาโปรแกรมมิ่งชนิดใหม่ซึ่งมีชื่อว่า “Personal Hypertext Processor; PHP” ภาษาชนิดใหม่นี้เป็นที่นิยมในการนำมาใช้เขียนสคริปต์ (ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของโปรแกรม ซึ่งมีความยาวไม่มากนักและสามารถทำงานได้ดีกับเว็บไซต์เป็นอย่างมาก) PHP เป็นภาษาสคริปต์ที่เป็น Server Side Script และเป็น Open Source ที่ผู้ใช้ทั่วไปสามารถ Download Source Code ได้ฟรี จุดประสงค์ที่สำคัญของภาษา PHP คือการช่วยให้นักพัฒนาเว็บเพจสามารถเขียนเว็บเพจที่เป็นแบบไดนามิกได้อย่างรวดเร็ว ภาษา PHP จะทำงานร่วมกับเอกสาร HTML โดยการสร้างโค้ดแทรกระหว่าง Tag HTML และสร้างเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล .php .php3 หรือ php4 ไวยากรณ์ที่ใช้ใน PHP เป็นการนำรูปแบบของภาษาต่าง ๆ มารวมกัน ได้แก่ C Perl และ Java ทำให้ผู้ใช้ที่มีพื้นฐานของภาษาเหล่านี้สามารถใช้งาน PHP ได้ไม่ยากเนื่องจาก PHP จะทำงาน

โดยมีตัวแปลและเอ็กซีคิวต์ที่ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ อาจเรียกรการทำงานว่าเป็นเซิร์ฟเวอร์ไซด์ (Server Side) ส่วนการทำงานของบราวเซอร์ของผู้ใช้เรียกว่าไคลเอนไซด์ (Client Side) โดยการทำงานจะเริ่มตัวที่ผู้ใช้ส่งความต้องการผ่านเว็บเบราว์เซอร์ทาง HTTP (HTTP Request) ซึ่งอาจเป็นการกรอกแบบฟอร์มหรือใส่ข้อมูลที่ต้องการ หรือแสดงดูเฉย โดยเรียกเอกสาร PHP (เอกสารนี้จะมีส่วนขยายเป็น php) เช่น test.php เมื่อเอกสาร PHP เข้ามาถึงเว็บเซิร์ฟเวอร์ก็จะถูกส่งต่อไปให้ PHP Interpreter เพื่อทำหน้าที่แปลคำสั่งแล้วเอ็กซีคิวต์คำสั่งตามบรรทัดที่ระบุคำสั่งนั้น ๆ จากนั้น PHP จะสร้างผลลัพธ์ในรูปแบบเอกสาร HTML ส่งกลับไปให้เว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อส่งต่อไปให้บราวเซอร์แสดงผลทางฝั่งผู้ใช้ต่อไป (HTTP Response) แสดงในภาพประกอบที่ 2.11 ตามกระบวนการดังนี้

2.8.2.1 จากไคลเอนต์จะเรียกไฟล์ php script ผ่านทางโปรแกรมบราวเซอร์ (Internet Explore)

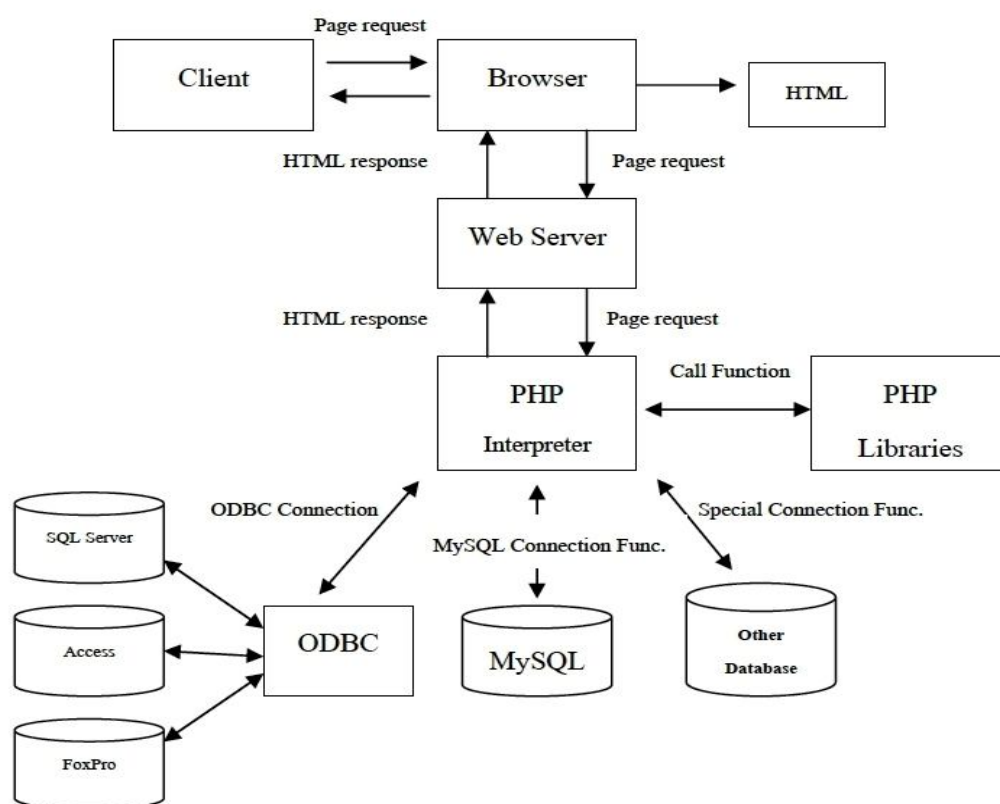
2.8.2.2 บราวเซอร์จะส่งคำร้อง (Request) ไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2.8.2.3 เมื่อเว็บเซิร์ฟเวอร์รับคำร้องขอจากบราวเซอร์แล้ว ก็จะนำสคริปต์ php ที่เก็บอยู่ในเซิร์ฟเวอร์มาประมวลผลด้วยโปรแกรมแปลภาษา PHP ที่เป็น อินเทอร์เน็ตพรีเตอร์

2.8.2.4 กรณีที่ php script มีการเรียกใช้ข้อมูลก็จะติดต่อกับฐานข้อมูลต่าง ๆ ผ่านทาง ODBC Connection ถ้าเป็น ฐานข้อมูลกลุ่ม Microsoft SQL Server, Microsoft Access, FoxPro หรือใช้ Function Connection ที่มีอยู่ใน PHP Library ในการเชื่อมต่อฐานข้อมูล เพื่อดึงข้อมูลออกมา หลังจากแปลสคริปต์ PHP เสร็จแล้วจะได้รับไฟล์ HTML ใหม่ที่มีแต่แท็ก HTML ไปยัง Web Service

2.8.2.5 Web Service ส่งไฟล์ HTML ที่ได้ผ่านการแปลแล้วกลับไปยังบราวเซอร์ที่ร้องขอผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2.8.2.6 บราวเซอร์รับไฟล์ HTML ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ส่งมาให้ แปล HTML แสดงผลออกมาทางจอภาพเป็นเว็บเพจ โดยใช้ตัวแปลภาษา HTML ที่อยู่ในบราวเซอร์ ซึ่งเป็นอินเทอร์เน็ตพรีเตอร์เช่นเดียวกัน



ภาพประกอบ 2.11 กระบวนการของ PHP

2.8.3 ความสามารถของภาษา PHP

ภาษา PHP เป็นภาษาที่พัฒนาขึ้นจากพื้นฐานของโปรแกรมชนิดอื่น ๆ เช่น C, C++ และ Perl ทำให้มีลักษณะเด่นของภาษาต้นแบบแต่ละชนิดรวมกันอยู่ความสามารถของภาษา PHP ที่เห็นได้อย่างเด่นชัด สามารถจำแนกออกได้ดังนี้

2.8.3.1 เป็น Open Source ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลด และนำ source code ของ PHP ไปใช้ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

2.8.3.2 เป็นสคริปต์แบบเซิร์ฟเวอร์ไซด์ ดังนั้นจึงทำงานบนเว็บเซิร์ฟเวอร์ ไม่ส่งผลกับการทำงานของเครื่องไคลเอนต์ โดย PHP จะอ่านโค้ด และทำงานที่เซิร์ฟเวอร์จากนั้นจึงส่งผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลมาที่เครื่องของผู้ใช้ในรูปแบบของเอกสาร HTML ซึ่งอ่านโค้ดของ PHP ผู้ใช้ไม่สามารถมองเห็นได้

2.8.3.3 PHP สามารถทำงานได้ในระบบปฏิบัติการที่ต่างชนิดกัน เช่น Unix, Windows, Mac, OS อย่างดี ประสิทธิภาพเนื่องมาจาก PHP เป็นสคริปต์ที่ต้องทำงานบนเซิร์ฟเวอร์ ดังนั้นคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับเรียกคำสั่ง PHP จึงจำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมประเภทเว็บเซิร์ฟเวอร์ไว้ด้วยเพื่อให้สามารถประมวลผล PHP ได้

2.8.3.4 PHP สามารถทำงานได้ในเว็บเซิร์ฟเวอร์หลายชนิด เช่น Personal Web Server (PWS), Apache, OmniHttpd, Microsoft Internet Information Server (IIS) เป็นต้น

2.8.3.5 คุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่งของ PHP คือความสามารถในการทำงานร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูลที่หลากหลายซึ่งระบบการจัดการฐานข้อมูลที่สนับสนุนการทำงานของ PHP มีตัวอย่างดังนี้

1) ชนิด ORACLE เช่น Oracle (OC17 and OC18), AdabasD, Ingres, FilePro (read-only) และ Solid เป็นต้น

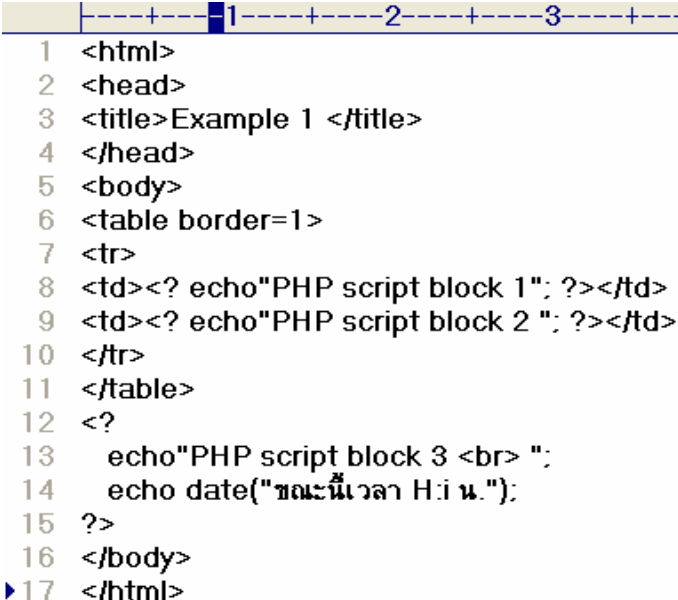
2) ชนิด Access เช่น dBase, InterBase, Ovrimos Empress และ FrontBase เป็นต้น

3) ชนิด SQL เช่น MS SQL, PostgreSQL, mSQL และ MySQL เป็นต้น

2.8.3.6 PHP อนุญาตให้ผู้ใช้สร้างเว็บไซต์ซึ่งทำงานผ่านโปรโตคอล (Protocol) ชนิดต่าง ๆ ได้ เช่น LDAP, IMAP, SNMP, NNTP, POP3, HTTP และ COM (สำหรับ Windows) เป็นต้น

2.8.3.7 ผู้ใช้สามารถเขียนโค้ด PHP และอ่านข้อมูลในรูปแบบของ Extensible Markup Language (XML) ได้

สำหรับตัวอย่างโค้ดที่ใช้ใน PHP สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 2.12



```

1 <html>
2 <head>
3 <title>Example 1 </title>
4 </head>
5 <body>
6 <table border=1>
7 <tr>
8 <td><? echo"PHP script block 1": ?></td>
9 <td><? echo"PHP script block 2 ": ?></td>
10 </tr>
11 </table>
12 <?
13   echo"PHP script block 3 <br> ";
14   echo date("ขณะนี้เวลา H:i น.");
15 ?>
16 </body>
17 </html>

```

ภาพประกอบ 2.12 แสดง Html tag และ PHP Script

2.8.4 โปรแกรม Image Magick

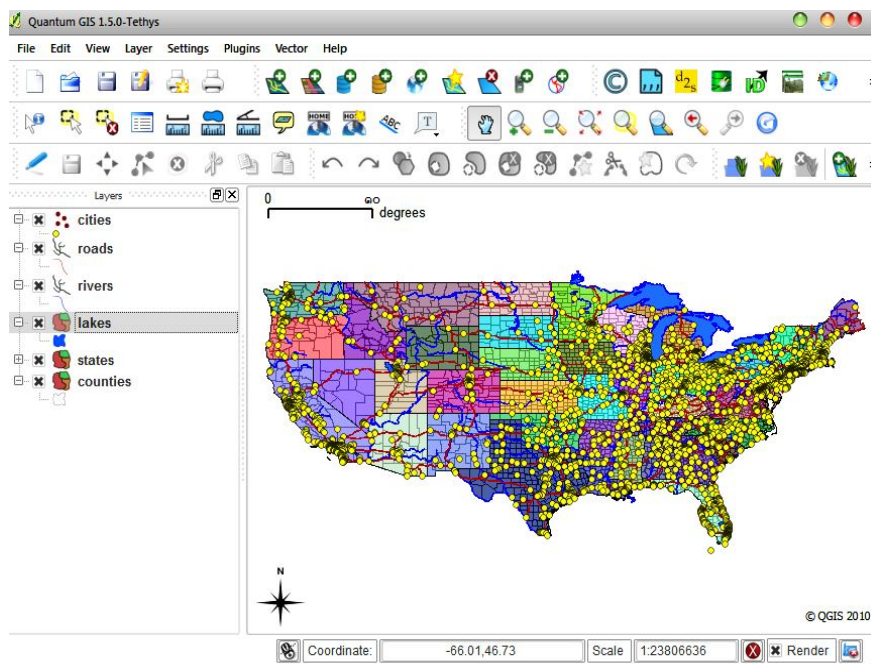
Image Magick เป็นชุดซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส สำหรับการแสดง, การแปลงและแก้ไขไฟล์ภาพราสเตอร์ (Raster) สามารถอ่านและเขียนรูปแบบไฟล์ภาพกว่า 200 รูปแบบโดย ImageMagick นั้นได้รับใบอนุญาตให้ติดตั้งใน Apache 2.0 ขึ้นไป

2.8.5 โปรแกรม Quantum GIS

Quantum GIS หรือ QGIS เป็นโปรแกรม Desktop GIS ประเภทหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการนำมาใช้จัดการข้อมูลปริภูมิ จัดอยู่ในกลุ่มซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Free and Open Source

Software: FOSS) ที่ใช้งานง่าย ลักษณะการใช้งานเป็นแบบ Graphic User Interface ซึ่งสะดวกต่อการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นการเรียกใช้ข้อมูลภาพ ข้อมูลตาราง การแสดงผลตาราง การแสดงผลกราฟ ตลอดจนสามารถสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอข้อมูลได้ในรูปแบบแผนที่ที่สวยงาม

ในปี ค.ศ. 2002 กลุ่มนักพัฒนาจากเยอรมัน ได้พัฒนา Desktop GIS ที่ชื่อ Quantum GIS ที่สามารถเรียกใช้ข้อมูลเวกเตอร์ ราสเตอร์ ในรูปแบบที่เป็นมาตรฐานแพร่หลาย เช่น Shapefile และ GeoTIFF QGIS สามารถแก้ไข Shapefile Format ได้ซึ่งเป็นที่ต้องการมากในเวลานี้ QGIS พัฒนาบนพื้นฐานที่เป็นไลบรารีสำหรับ Graphical User Interface (GUI) ที่ใช้งานได้ทั้ง UNIX, Window และ Mac ดังแสดงในภาพประกอบ 2.13



ภาพประกอบ 2.13 แสดง Graphical User Interface ของ Quantum GIS

ที่มา: <<http://www.cgistln.nu.ac.th/web/>>

นอกจากนี้ QGIS ยังสามารถเชื่อมต่อกับ Spatial RDBMS เช่น PostGIS/PostgreSQL สามารถอ่านและเขียนพีเจอร์ที่เก็บใน PostGIS ได้โดยตรง สามารถเชื่อมต่อกับ GRASS ได้ทำให้สามารถเรียกดูข้อมูลที่จัดเก็บใน GRASS โดยตรง และสามารถเรียกใช้ฟังก์ชันต่างๆ ของ GRASS ได้ สนับสนุนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) ในเบื้องต้น และการแสดงผลข้อมูลเชิงตำแหน่งในรูปแบบของแผนที่ การสร้างและการแก้ไขข้อมูลเชิงตำแหน่ง (Spatial data) และข้อมูลตาราง (Attribute data) สามารถจัดการข้อมูลได้ง่ายโดยเครื่องมือตาม GUI ที่กำหนดไว้ และนอกจากนี้ยังสามารถเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมด้วย Script ที่เป็นภาษา Python ได้อีกด้วย ซึ่งผู้ที่สนใจโปรแกรมทางด้าน GIS สามารถ Download โปรแกรมมาใช้ได้ที่ www.qgis.org

2.8.6 มายเอสคิวแอล (MySQL)

มนัชยา ชมธวัช (2551) กล่าวว่า MySQL คือ ตัวระบบจัดการฐานข้อมูล ซึ่งก็คือตัวที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในระบบติดต่อระหว่าง ผู้ใช้กับฐานข้อมูล เป็นฐานข้อมูลแบบ Open source ที่ได้รับความนิยมในการใช้งานสูงสุดโปรแกรมหนึ่งบนเครื่องให้บริการ ซึ่งจะทำงานในลักษณะ Client/Server ผ่าน Port 3306 รองรับกับระบบปฏิบัติการ หลากหลายไม่ว่าจะเป็น Unix, Linux, Windows มีความสามารถในการจัดการกับฐานข้อมูลด้วยภาษา SQL (Structures Query Language) อย่างมีประสิทธิภาพ มีความรวดเร็วในการทำงาน รองรับการทำงานจากผู้ใช้หลายๆ คน และหลายๆ งานได้ในขณะเดียวกัน

2.8.6.1 ความสามารถและการทำงานของโปรแกรม MySQL

1) MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล: Database Management System (DBMS)

ฐานข้อมูลมีลักษณะเป็นโครงสร้างของการเก็บรวบรวมข้อมูล การที่จะเพิ่มเติมเข้าถึงหรือประมวลผลข้อมูลที่เก็บในฐานข้อมูลจำเป็นต้องอาศัยระบบจัดการฐานข้อมูล ซึ่งจะทำให้หน้าที่เป็นตัวกลางในการจัดการกับข้อมูลในฐานข้อมูลทั้งสำหรับการใช้งานเฉพาะ และรองรับการทำงานของแอปพลิเคชันอื่นๆ ที่ต้องการใช้งานข้อมูลในฐานข้อมูล เพื่อให้ได้รับความสะดวกในการจัดการกับข้อมูลจำนวนมาก MySQL ทำหน้าที่เป็นทั้งตัวฐานข้อมูลและระบบจัดการฐานข้อมูล

2) MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลแบบ Relational

ฐานข้อมูลแบบ Relational จะทำการเก็บข้อมูลทั้งหมดในรูปแบบของตาราง แทนการเก็บข้อมูลทั้งหมดลงในไฟล์เพียงไฟล์เดียว ทำให้ทำงานได้รวดเร็วและมีความยืดหยุ่น นอกจากนี้ แต่ละตารางที่เก็บข้อมูลสามารถเชื่อมโยงเข้าหากันทำให้สามารถรวมหรือจัดกลุ่มข้อมูลได้ตามต้องการ โดยอาศัยภาษา SQL ที่เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม MySQL ซึ่งเป็นภาษามาตรฐานในการเข้าถึงฐานข้อมูล

3) MySQL

ผู้ใช้งาน MySQL ทุกคนสามารถใช้งานและปรับแต่งการทำงานได้ตามต้องการ สามารถดาวน์โหลดโปรแกรม MySQL ได้จากอินเทอร์เน็ตและนำมาใช้งานโดยไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ

2.8.6.2 การใช้งาน MySQL ร่วมกับ PHP

โดยใช้ Apache เป็น web Server การติดตั้ง MySQL เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกับ PHP และ Apache เป็นลักษณะที่พบได้บ่อยเนื่องจากทุกตัวเป็นฟรีแวร์มีจำนวนผู้ใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Apache ที่เป็นซอฟต์แวร์ web server ที่มีผู้ใช้งานมากที่สุดในโลก PHP และ MySQL ก็เริ่มได้รับความนิยมมากขึ้นลักษณะการทำงานสำหรับ Apache, PHP และ MySQL นี้จะเป็นการทำงานในลักษณะ Server-side คือ ทำงาน Server เหมือนกับการทำงานของ CGI ซึ่งจะส่งผลลัพธ์หรือเอาต์พุตกลับมาที่ Client เท่านั้น ตัวโปรแกรมและโลจิกทั้งหลายจะอยู่ที่ Server การทำงานระหว่าง PHP กับ MySQL โดยเฉพาะ PHP เวอร์ชัน 4.0.4 เป็นต้นไป ก็สามารถทำได้ทันทีโดยไม่ต้องปรับแต่งอะไรเพิ่มเติม เนื่องจากกำหนดให้ MySQL เป็น Built-in module มาแล้ว ทำให้ผู้ใช้ MySQL ได้รับประโยชน์อย่างสูงสุด เพราะนอกจากความง่ายในการใช้งานแล้ว ยังได้ความรวดเร็วในการทำงานเพิ่มมากขึ้นด้วย (การใช้งาน MySQL ร่วมกับ PHP, 2552)

2.9 การศึกษาการประมาณฝนด้วยอุณหภูมิมะฆสำหรับประเทศไทย

จงกลณี อยู่สบาย (2542) ทดลองวิเคราะห์ฝนในบริเวณประเทศไทยจากภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา โดยศึกษาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิมะฆที่ต่ำกว่า -10°C ของเมฆที่เกิดจากการพาความร้อนและฝนจากเมฆที่ก่อตัวในแนวตั้ง ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา GMS-3 บริเวณประเทศไทยและอ่าวไทย ใช้ข้อมูลทุก 3 ชั่วโมง กับความแรงของฝนจากผลการตรวจฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศของสถานีบางนา สถานีสกลนคร ศูนย์พยากรณ์อากาศภาคเหนือเชียงใหม่ สถานีชุมพร ศูนย์พยากรณ์อากาศภาคใต้ สงขลา ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2530 ถึง 30 พฤษภาคม 2530 ได้ค่าสหสัมพันธ์ $r = 0.93-0.95$ และอุณหภูมิมะฆที่ทำให้มีโอกาสดังกล่าวคือ ตั้งแต่ต่ำกว่า -32°C ลงไป

ประเสริฐ อังสุรัตน์ (2537) ทำการศึกษาการประเมินน้ำฝนในภาคเหนือของประเทศไทยจากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม GMS-4 ระหว่างเดือนมีนาคมถึง พฤษภาคม 2536 ได้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน (P) กับอุณหภูมิมะฆ (T_p) คือ $P = 135.03 T_p^{-24.8}$ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน (P) กับอุณหภูมิมะฆเฉลี่ย (T_a) คือ $P = 145.26 T_a^{-26.69}$ และความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของฝนสูงสุดใน 60 นาที (P_i) กับอุณหภูมิมะฆ (T_p) คือ $P_i = 126.12 T_p^{-23.17}$

ธีระพงษ์ เสาวภาคย์ (2539) ทำการประเมินปริมาณน้ำฝนที่ทำให้เกิดอุทกภัย จากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ได้ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดอุทกภัยอย่างฉับพลันในบริเวณที่ราบภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันตก และภาคใต้ฝั่งตะวันออก โดยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน (P,mm) และอุณหภูมิมะฆ (T,K) ในรูปสมการถดถอยไม่เชิงเส้นคือ $P = 1.1102 \times 10^{13} T^{-4.8288}$, $P = 4.4905 \times 10^{10} T^{-3.8012}$, $P = 5.2384 \times 10^{12} T^{-4.6683}$ และ $P = 2.4916 \times 10^{11} T^{-4.0840}$ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (r^2) เท่ากับ 0.71 0.73 0.70 และ 0.71 ตามลำดับ จากผลการศึกษาดังกล่าวเมื่อทราบอุณหภูมิมะฆจากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา จะสามารถคาดคะเนปริมาณน้ำฝนที่เป็นสาเหตุของอุทกภัยอย่างฉับพลันได้

จุฬารพร แก้วทิพย์ (2541) จัดทำฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนเพื่อใช้ในแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ (1) สร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่จากปริมาณน้ำฝนซึ่งสามารถเชื่อมโยงได้กับแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชเพื่อนำไปใช้ร่วมกับข้อมูลอื่นในการทำนายผลผลิตของพืชได้ (2) เปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าข้อมูลน้ำฝนเชิงพื้นที่โดยวิธีการ Thiessen วิธีการ Inverse Distance Weight และวิธีการ Kriging การศึกษาครั้งนี้ได้นำข้อมูลน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนและจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยรายเดือนไปประมาณค่าต่อเนื่องเชิงพื้นที่โดย 3 วิธีการ โดย 2 วิธีแรกใช้ชุดคำสั่งของระบบ GIS เพื่อประมาณค่าและแสดงผล สำหรับวิธี Kriging ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและประมาณค่าในโปรแกรมสถิติเชิงพื้นที่ คือ Splus แล้วนำมาแสดงผลในระบบ GIS เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการประมาณค่าของวิธีการทั้ง 3 ด้วยการตัดข้อมูลน้ำฝน ณ สถานีน้ำฝนที่รู้ตำแหน่งออกแล้วใช้วิธีการเหล่านั้นในการประมาณค่าใหม่พร้อมทั้งหาค่า Root Mean Square Error (RMSE) พบว่าวิธี Kriging ให้ค่าเฉลี่ย RMSE ต่ำที่สุด แสดงว่าการประมาณค่าทำได้ใกล้เคียงกับค่าจริงที่วัดได้ ณ สถานีนั้นๆ มากที่สุด

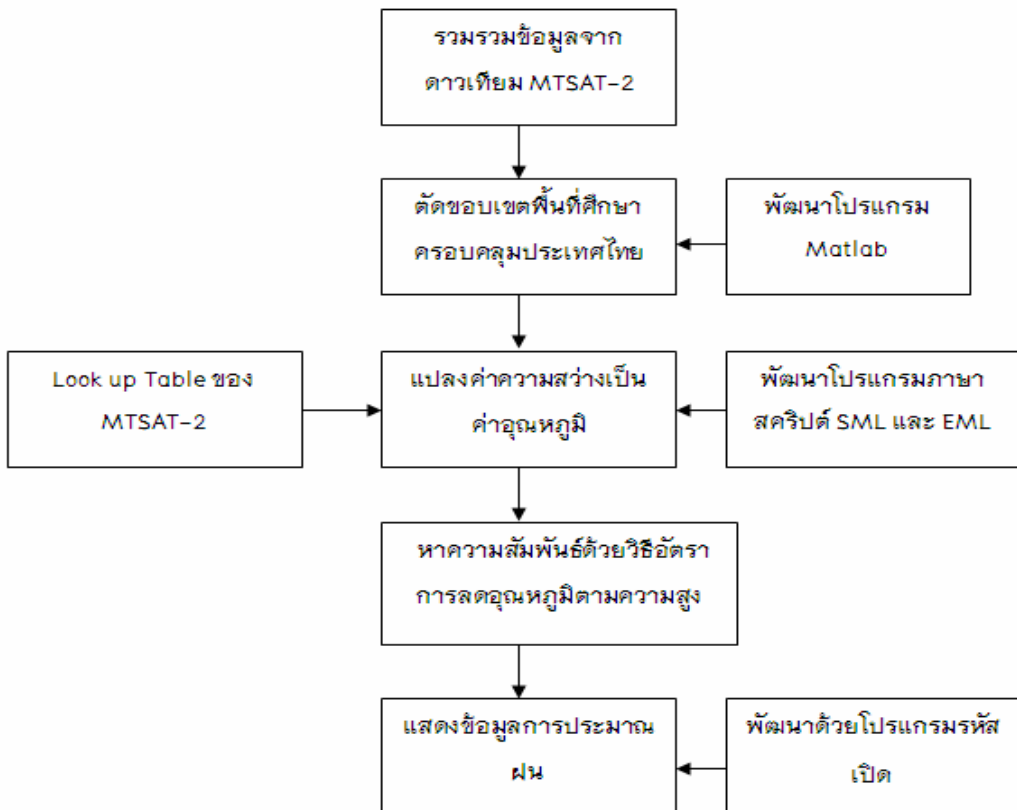
มณฑล จิตเอื้ออารีกุล (2547) ทำการศึกษาการประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียมสำหรับ กรุงเทพมหานครในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการใช้ข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา GMS-5 ของประเทศญี่ปุ่นเพื่อหาความสัมพันธ์กับปริมาณฝนภาคพื้นดินการประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในงานวิจัยนี้มี 2 วิธี คือ 1) วิธีแทมแซท เป็นวิธีที่อาศัยความสัมพันธ์ในรูปแบบการเชิงเส้น ระหว่างปริมาณฝน (R, mm) กับระยะเวลาที่อุณหภูมียอดเมฆเย็นกว่าเกณฑ์อุณหภูมิ (CCD, hours) โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมียอดเมฆในช่วงเวลา 1 วัน ได้ความสัมพันธ์ คือ $R = 0.616CCD + 14.488$ ใช้เกณฑ์อุณหภูมิเท่ากับ -40 องศาเซลเซียส ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.7 และความสัมพันธ์มีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ ± 13 2) วิธีใช้อัตราการลดอุณหภูมิตามความสูง เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับอุณหภูมียอดเมฆในรูปแบบสมการถดถอยไม่เชิงเส้นตรง โดยผลการทดลองได้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดน้อยมาก (ไม่เกิน 0.09)

เจน อรุณสิทธิ์ (2550) ทำการศึกษาการประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียมสำหรับบริเวณลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียม สำหรับบริเวณลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา ในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเปรียบเทียบกับปริมาณฝนภาคพื้นดิน โดยใช้ข้อมูลฝนจากสถานีวัดน้ำฝน และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของดาวเทียม GMS-5 ของประเทศญี่ปุ่นในช่วงเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ.2543 ถึงเดือนมกราคม ปี พ.ศ.2544 และช่วงเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ.2544 ถึงเดือนมกราคมปี พ.ศ.2545 ผลจากการศึกษาพบว่าจุดเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เหมาะสม (Optimum Threshold Temperature) ที่ทำให้เกิดฝนในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา คือ 224 องศาเซลเซียส หรือ -49 องศาเซลเซียส และพบว่าความสัมพันธ์ของการประมาณปริมาณฝน (Rainest, มม.) กับช่วงอุณหภูมียอดเมฆเย็น (Cold Cloud Duration, CCD) สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis) ของช่องสัญญาณดาวเทียม IR1, IR2 และ IR3 เมื่อเงื่อนไขคือ $Rain \geq 35$ มม., $Rain \geq 40$ มม., $Rain \geq 50$ มม., $Rain \geq 50$ มม., $Rain \geq 60$ มม. และ $Rain \geq 70$ มม. ในแต่ละกรณีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) ของแต่ละเงื่อนไขเท่ากับ 0.620, 0.641, 0.530, 0.609, 0.680, 0.494, 0.509, 0.498, 0.555, 0.518, 0.494, 0.564 และ 0.559 ตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย โดยเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา MTSAT-2 ในช่วงเดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2553 ทำการเลือกพื้นที่ศึกษาโดยการตัดภาพข้อมูลที่ครอบคลุมเฉพาะประเทศไทยด้วยด้วยโปรแกรมแมทแลป จากนั้นได้นำข้อมูลดังกล่าวมาทำการเปลี่ยนจากค่าความสว่างเป็นอุณหภูมิด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษาสคริปต์ SML และ EML โดยติดตั้งไว้บนโปรแกรม ERDAS ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนที่เกิดจากคุณสมบัติของเมฆและปริมาณน้ำฝนภาคพื้นดินจากสถานีวัดน้ำฝนด้วยวิธีการหาความสัมพันธ์ของอัตราการลดอุณหภูมิตามความสูง และการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรมรหัสเปิดในการแสดงข้อมูลการประมาณฝน ซึ่งขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานดังกล่าวข้างต้นสามารถแสดงได้ในภาพประกอบ 3.1



ภาพประกอบ 3.1 ขั้นตอนและวิธีการทำงาน

3.1 การประยุกต์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาประมาณปริมาณฝน จะใช้ข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน และข้อมูลอุณหภูมียอดเมฆจากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา โดยพิจารณาเลือกสถานีวัดน้ำฝนที่มีข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันและใช้ข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเพื่อพิจารณาเมฆที่ก่อตัวในทางตั้งบริเวณพิกัดสถานีตรวจวัดน้ำฝน เพื่ออ่านค่าอุณหภูมียอดเมฆจากข้อมูลดาวเทียมในตำแหน่งเดียวกับพิกัดสถานีวัดน้ำฝน

3.1.1 การรวบรวมข้อมูลสถานีวัดน้ำฝน

ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษาของประเทศไทยที่ติดตั้งโดยกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นเครื่องวัดน้ำฝนแบบโทรมาตรวัดน้ำฝนแบบอัตโนมัติ มีจำนวน 108 สถานี ดังแสดงในภาพประกอบ 3.1

3.1.2 การรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝน

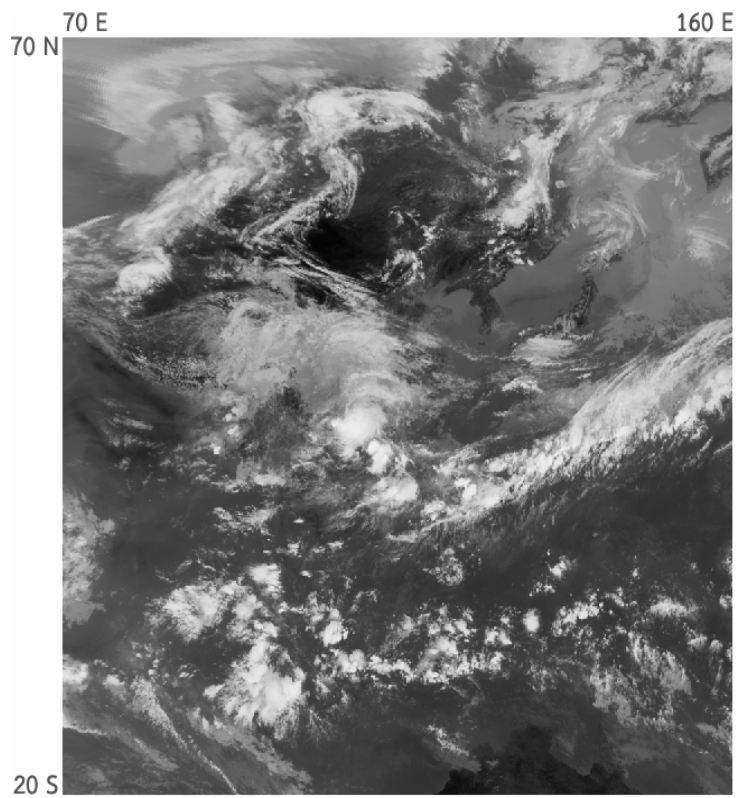
รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 118 สถานี (แสดงในภาพประกอบ 3.2) ครอบคลุมประเทศไทย โดยข้อมูลที่รวบรวมได้ใช้ปริมาณฝนรายวัน จากข้อมูลเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนที่ตกและสะสม พิจารณาเลือกข้อมูลน้ำฝน ของวันที่ปริมาณฝนตก 0-20 mm, 20-40 mm, 40-60 mm, 60-80 mm, 80-100 mm และ > 100 mm ต่อวัน จากนั้นตรวจสอบข้อมูลฝนของสถานีเครือข่ายตรวจวัดน้ำฝน โดยการเปรียบเทียบข้อมูลจากสถานีใกล้เคียง ในกรณีที่ข้อมูลที่มีความผิดพลาด และการศึกษานี้จะใช้ข้อมูลปริมาณฝนราย 1 วัน เพื่อเป็นการหาความสัมพันธ์ที่ได้ผลจริง (Real Time) กับข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาของประเทศญี่ปุ่น MTSAT-2 ซึ่งถ่ายภาพเป็นรายชั่วโมง เพื่อใช้สำหรับการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับอุณหภูมียอดเมฆ สำหรับประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียม มีความสอดคล้องกับข้อมูลของฝนที่ตกจริง ดังนั้นในการศึกษานี้ได้เลือกสถานีวัดซึ่งวัดน้ำฝนเป็นรายวัน เป็นสถานีวัดน้ำฝนตัวแทน โดยรายละเอียดชื่อของแต่ละสถานีทั้งหมดแสดงในภาคผนวก ก

3.1.3 การรวบรวมข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ในการหาความสัมพันธ์การประมาณปริมาณน้ำฝนนี้เป็นข้อมูลของดาวเทียม MTSAT-2 ของญี่ปุ่น เนื่องจากมีขอบเขตของภาพถ่ายดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทย ซึ่งลักษณะของข้อมูลเป็นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายชั่วโมง ดังแสดงในภาพประกอบ 3.3 ซึ่งเป็นเว็บไซต์ของสถาบันอุตุนิยมวิทยาศาสตร์มหาวิทาลัยโตเกียว, ญี่ปุ่น และมีรูปแบบของไฟล์เป็นชนิด pgm image ซึ่งในแต่ละพิกเซลมีค่าเป็นความเข้มของแสงหรือค่าความสว่าง โดยค่าความสว่างมี 256 ระดับ คือ ระดับความสว่างที่ 0 จะเป็นสีดำ และระดับความสว่างที่ 255 จะเป็นสีขาว และมีขนาด 1800x1800 พิกเซล แต่ละพิกเซลมีขนาดเท่ากับ 3 ลิปตาโดยมีการเรียงลำดับของพิกเซลจากบนลงล่าง และจากซ้ายไปขวา



ภาพประกอบ 3.2 แผนที่แสดงสถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา



ภาพประกอบ 3.3 ภาพถ่ายดาวเทียม MTSAT-2 ช่องสัญญาณ IR1 วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2553

3.2 การเลือกพื้นที่ที่สนใจ (Subset Image)

การกำหนดพื้นที่ที่สนใจ ปกติโดยปกติทั่วไปนักวิชาการ รวมถึงนักวิจัยส่วนใหญ่ จะใช้เครื่องมือ Area of Interest (AOI) จากโปรแกรม ERDAS IMAGINE Essential ในการตัดภาพ เช่น การตัดภาพข้อมูลพื้นที่ศึกษาครอบคลุมภาคใต้ การตัดภาพข้อมูลพื้นที่ศึกษาครอบคลุม ตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น สำหรับการศึกษารั้งนี้เป็นการตัดภาพข้อมูลพื้นที่ศึกษาครอบคลุม ประเทศไทย ด้วยสาเหตุที่ภาพข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้มีจำนวนมากถึง 8,760 ภาพข้อมูล ประกอบกับความสามารถของเครื่องมือ Area of Interest (AOI) จากโปรแกรม ERDAS IMAGINE Essential นั้นสามารถทำการตัดภาพข้อมูลได้ทีละ 1 ภาพเท่านั้น ซึ่งทำให้เสียเวลาและเกิดความล่าช้า ขึ้นในการทำงาน ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้พัฒนาโปรแกรมในการตัดภาพขึ้นมาใหม่ ภายใต้ วัตถุประสงค์หลักคือ สามารถทำการตัดภาพได้ไม่จำกัดจำนวน และสามารถตัดภาพได้ทุกนามสกุล ภายในการทำงานเพียง 1 ครั้ง ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาซอฟต์แวร์เพื่องานดังกล่าวด้วยโปรแกรมแมทแลบ (MATLAB) โดยซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่สามารถแสดงโค้ดตัวอย่างการทำงานบนโปรแกรมแมทแลบ ได้ภาพประกอบ 3.4

```

1  %% Author:Teerawong Laosuan
2  %% Project:Subset_IRGVIS.m
3  %% Subset:IRGVIS from HTSAT-2
4  %% data in a loop
5
6  -
7  -
8  -
9
10 % create output directory
11
12 -
13 -
14
15 % calculate long & lat
16
17 -
18 -
19 -
20 -
21
22 -
23 -
24 -
25 -
26
27 % load .pgm and crop into the scale of Thailand
28
29 -
30 -
31 -
32
33
34
35 % showing .pgm as a diashow and save cropped files as .jpg
36
37
38
39
40
41 -
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58

```

ภาพประกอบ 3.4 การพัฒนาโปรแกรมในการตัดภาพ

3.3 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.3.1 การประมาณฝนจากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

สำหรับวิธีการต่างๆ ที่ใช้สำหรับการประมาณฝนจากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา เราสามารถใช้ภาพข้อมูลของช่องสัญญาณที่มองเห็นได้ (ความยาวคลื่นระหว่าง 0.4 ถึง 0.7 ไมโครเมตร) และช่องสัญญาณอินฟราเรด (ความยาวคลื่น ระหว่าง 10.5 ถึง 12.5 ไมโครเมตร) ซึ่งเป็นการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้รับจากดาวเทียมชนิดโคจรค้างฟ้า ช่องสัญญาณที่มองเห็นได้ใช้วัดการแผ่ของคลื่นชนิดสั้นที่เกิดการหักเหเนื่องจากชั้นบรรยากาศและผิวโลก ช่องสัญญาณนี้จะให้รังสีสะท้อนจากผิวของวัตถุสะท้อนแสงและการที่มีความสว่างมาก แสดงว่า เมฆสะท้อนแสงได้มาก ความสว่างจากเมฆที่เกิดขึ้นมากนั้นจะเกี่ยวข้องกับความหนาของเมฆที่มองเห็นได้ และส่วนประกอบของน้ำในสถานะของเหลว อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์นี้ใช้ได้สำหรับเมฆที่มีความหนาน้อยกว่า 700 เมตร นอกจากกลุ่มเมฆที่มีความสัมพันธ์ที่อ่อนแอแล้ว และมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ของรังสีที่สะท้อนจากก้อนเมฆของสัญญาณอินฟราเรดใช้วัดการแผ่ของคลื่นความร้อนที่แผ่ออกมาจากก้อนเมฆ โดยมีสมมติฐานว่าเกิดการแผ่คลื่นความร้อนอย่างสมบูรณ์ และยังเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิของก้อนเมฆที่แผ่รังสีออกมาด้วย โดยใช้กฎการแผ่รังสีของพลังค์ (Planck's radiation law) วิธีการนี้ความสูงของก้อนเมฆจะถูกแสดงออกมาโดยอุณหภูมิของยอดเมฆที่ได้รับมาจากการเก็บข้อมูลของช่องสัญญาณอินฟราเรดของดาวเทียม ดังนั้นก้อนเมฆที่เย็นจะถูกสมมติให้เป็นก้อนเมฆที่อยู่สูงและมีโอกาสทำให้เกิดฝนตกได้

ด้วยเหตุนี้ความสว่างที่เกิดขึ้นมากในช่องสัญญาณชนิดมองเห็นได้ และอุณหภูมิที่ต่ำในช่องสัญญาณอินฟราเรด แสดงถึง ความหนาของก้อนเมฆมีขนาดใหญ่มาก และระดับยอดเมฆที่สูงตามลำดับ ซึ่งลักษณะเช่นนี้แสดงถึงความเป็นไปได้มากที่จะเกิดฝนตก ดังนั้นความสว่าง หรืออุณหภูมิของกลุ่มเมฆที่เกิดฝนเป็นการวัดโดยทางอ้อมของความเข้มของฝนที่ตก ที่เกิดจากการยกตัวของความร้อนขึ้นทางแนวตั้งแม้ว่ายังไม่ได้พัฒนาจนสามารถใช้งานในทางปฏิบัติแบบรายวันในเวลาจริง (Real time) นอกจากนี้ยังมีวิธีการคลื่นไมโครเวฟ (Microwave methods) ที่ใช้ในการประมาณฝนที่ตกโดยใช้เครื่องตรวจจับคลื่นไมโครเวฟ (Microwave sensors) วิธีการนี้เป็นวิธีการโดยตรงในการประมาณฝนที่ตก ซึ่งไม่เหมือนกับเทคนิคคลื่นที่มองเห็นได้และคลื่นอินฟราเรด

3.3.2 การพัฒนาโปรแกรมภาษาสคริปต์ Script Spatial Modeler (SML) และ Erdas Model Language (EML)

พรทิพย์ บำรุงกลาง และคณะ (2552) ได้พัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษาสคริปต์ SML และ EML ติดตั้งไว้ในโปรแกรม ERDAS IMAGINE Essential version 9.X เพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการแปลงค่าความสว่างของภาพข้อมูลจากดาวเทียม MTSAT-1R โดยกำหนดค่าความสว่างให้มีขนาด 8 บิต หรือ 256 ระดับ คือ ระดับความสว่างที่ 0 จะเป็นสีดำและระดับความสว่างที่ 255 จะเป็นสีขาวไปเป็นค่าอุณหภูมิความสว่าง โดยอ้างอิงจากรายค่าของค่าคงที่ a_1 และ a_2 สำหรับแต่ละช่วงคลื่นของดาวเทียม MTSAT-1R ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และเป็นไปตามกฎการแผ่รังสีของพลังค์ ที่เรียกว่า พลังค์ฟังก์ชัน (Planck function) และฟังก์ชันการตอบสนองสเปกตรัมจากเซ็นเซอร์ (Sensor's spectral response functions) โดยสามารถแสดงสมการได้ดังต่อไปนี้ (MSC, 2010)

$$B_i(T_b) = 2hc^2V_i^3 / \exp \{hcv_i/k(a_{1i}+a_{2i}T_b) - 1\} \quad (3.1)$$

เมื่อ	B_i	=	แพลงค์ฟังก์ชันของช่วงคลื่น $_i$
	T_b	=	ค่าอุณหภูมิความสว่าง
	V_i	=	จำนวนคลื่นของช่วงคลื่น $_i$
	a_{1i}, a_{2i}	=	ค่าสัมประสิทธิ์การแก้ไขของช่วงคลื่น $_i$
	h	=	ค่าคงตัวของแพลงค์
	k	=	ค่าคงตัวของค่าคงตัวโบท์แมน
	c	=	ความเร็วของแสง

ตาราง 3.1 ค่าคงตัวของสัมประสิทธิ์การแก้ไขช่วงคลื่น a_1 และ a_2 ของ MTSAT-1R

ช่วงคลื่น	จำนวนคลื่น	สัมประสิทธิ์การแก้ไขช่วงคลื่น	
	ν (cm ⁻¹)	a_1	a_2
IR1 (10.8 μm)	926.6118	0.3592380	0.9987587
IR2 (12.0 μm)	833.1675	0.1968675	0.9992525
IR3 (6.80 μm)	1482.2068	0.3785336	0.9991187
IR4 (3.80 μm)	2652.9316	2.3473427	0.9969755

ด้วยเหตุที่โปรแกรมดังกล่าวมีความสะดวกรวดเร็วในการแปลงค่าความสว่างของภาพข้อมูลจากดาวเทียม MTSAT-1R ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้นำแนวคิดดังกล่าวมาพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้กับภาพข้อมูลจากดาวเทียม MTSAT-2 โดยดาวเทียม MTSAT-2 นี้ได้ถูกส่งขึ้นไปปฏิบัติการณาด้านอุตุนิยมวิทยาต่อจากดาวเทียม MTSAT-1R ที่ถูกปลดระวางไป โดยในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้พัฒนาฟังก์ชันบนโปรแกรมด้วยภาษาสคริปต์ SML และ EML ด้วยการพัฒนาฟังก์ชันการใช้งานใหม่เพื่อให้สามารถใช้ได้กับดาวเทียม MTSAT-2 โดยกำหนดค่าความสว่างให้มีขนาด 8 บิต หรือ 256 ระดับ คือ ระดับความสว่างที่ 0 จะเป็นสีดำและระดับความสว่างที่ 255 จะเป็นสีขาว ไปเป็นค่าอุณหภูมิความสว่างเช่นเดียวกับ พรทิพย์ บำรุงกลาง และคณะ (2552) แต่การศึกษานี้อ้างอิงจกตารางค่าของค่าคงที่ a_1 และ a_2 ซึ่งเป็นค่าคงที่แต่ละช่วงคลื่นของดาวเทียม MTSAT-2 ดังแสดงในตาราง 3.2 ภายใต้กฎการแผ่รังสีของแพลงค์ ที่เรียกว่าแพลงค์ฟังก์ชัน (Planck function) และฟังก์ชันการตอบสนองสเปกตรัมจากเซ็นเซอร์ (Sensor's spectral response functions) อีกทั้งได้พัฒนาฟังก์ชันของการทำงานให้สามารถใช้ได้กับไฟล์ภาพข้อมูลดาวเทียมในเกือบทุกนามสกุล เช่น jpg, gif, tiff, img, bmp, pgm, fit, png เป็นต้น สามารถตั้งเวลาของการแปลงข้อมูลล่วงหน้าได้โดยการกำหนด วัน เดือน ปี และเวลาในการแปลงข้อมูล รวมถึงสามารถแปลงข้อมูลจำนวนมากได้ภายในครั้งเดียว ตัวอย่าง ภาษาสคริปต์

SML และ EML ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่สำหรับการแปลงข้อมูลแสดงได้ในภาพประกอบ 3.5 และตัวอย่างของภาษา สำหรับแบบจำลองสปริทวินโดว์ (Split windows model) แสดงได้ในภาพประกอบ 3.6

ตาราง 3.2 แสดงค่าคงตัวของสัมประสิทธิ์การแก้ไขช่วงคลื่น a_1 และ a_2 ของ MTSAT-2

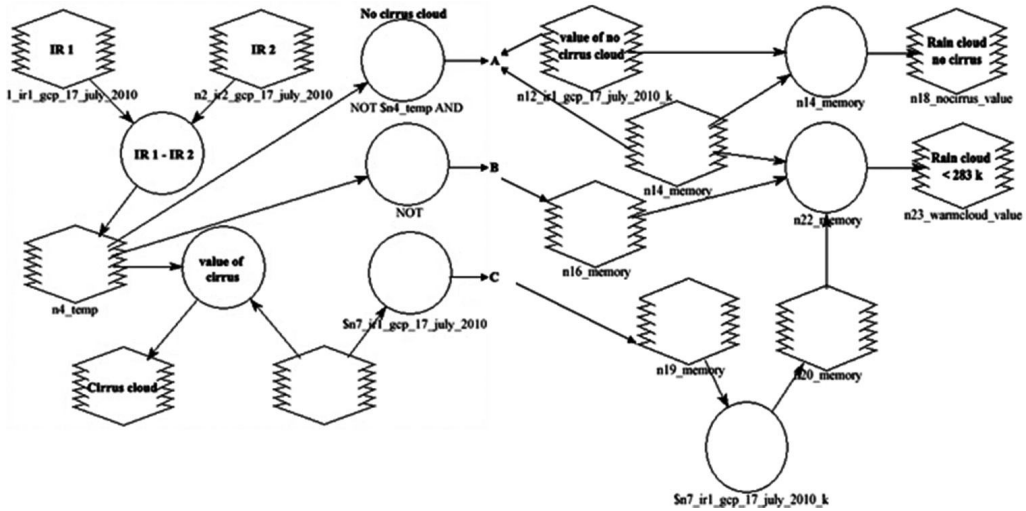
ช่วงคลื่น	จำนวนคลื่น	สัมประสิทธิ์การแก้ไขช่วงคลื่น	
	ν (cm ⁻¹)	a_1	a_2
IR1 (10.8 μm)	926.4627	0.3597581	0.9987568
IR2 (12.0 μm)	835.6672	0.2195110	0.9991676
IR3 (6.8 μm)	1476.6898	0.3645235	0.9991492
IR4 (3.8 μm)	2684.1181	2.4635230	0.9967825

```

*****
COMMENT "Author: Teerawong Laosuwan";
COMMENT " Program name: IR1 Convert to temperature.mdl";
COMMENT "Generated model: IR1 Convert to temperature";
*****
#
# set cell size for the model
#
SET CELLSIZE MIN;
#
# set window for the model
#
SET WINDOW UNION;
#
# set area of interest for the model
#
SET AOI NONE;
#
# declarations
#
Integer RASTER n1_mt1r06030600 FILE OLD NEAREST NEIGHBOR
AOI NONE arg1;
Float RASTER n3_out FILE DELETE_IF_EXISTING IGNORE 0
ATHEMATIC
FLOAT DOUBLE arg2;
#
# function definitions
#
n3_out = CONDITIONAL {
($n1_mt1r06030600==0) 329.941500,
($n1_mt1r06030600==1) 329.625500,
($n1_mt1r06030600==2) 329.309500,
($n1_mt1r06030600==3) 328.993500,
}
↓
QUIT;

```

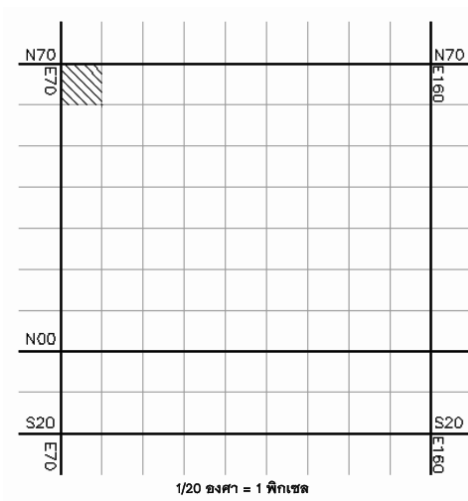
ภาพประกอบ 3.5 ตัวอย่างโค้ดการแปลงข้อมูลจากความสว่างไปเป็นอุณหภูมิ



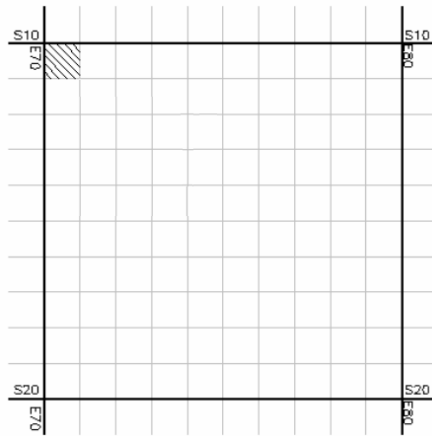
ภาพประกอบ 3.6 แบบจำลองสปริทวินโดว์ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษาสคริปต์ SML และ EML

3.4 การแปลงค่าพิกัดตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนตัวแทนเพื่อใช้ในภาพถ่ายดาวเทียม

ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geo-coordinate) ของแต่ละสถานี จะต้องทำการแปลงเป็นค่าตำแหน่งจุดพิกเซล (Pixel) ตามตำแหน่งในภาพถ่ายดาวเทียมที่มีช่วงพิกัดทางภูมิศาสตร์ทางด้านเหนือ-ใต้ N70 – S20 และทางด้านตะวันออก-ตะวันตก E70 – E160 (แสดงในภาพประกอบ 3.7 และภาพประกอบ 3.8) โดยที่ความละเอียดของแต่ละพิกเซลในภาพถ่ายดาวเทียม เท่ากับ 1/20 องศา และภาพถ่ายดาวเทียมมีขนาด 1800x1800 พิกเซล โดยจะมีวิธีการแปลงค่าดังนี้ ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการแปลงค่าพิกัดตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนเพียงสถานีเดียว ได้แก่ สถานีจังหวัดนครราชสีมา 3 ซึ่งมีพิกัดทางภูมิศาสตร์ LAT 14-38-37, LON 101-19-5 โดยจะมีวิธีการแปลงค่าดังนี้ 1/20 องศา = 1 พิกเซล หมายความว่า 1 องศา = 20 พิกเซล และ 1/20 องศา = 3 ลิปดา หมายความว่า 1 พิกเซล = 3 ลิปดา



ภาพประกอบ 3.7 ขอบเขตและความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จากดาวเทียม MTSAT-2



ภาพประกอบ 3.8 ช่องกริดทุกๆ 1 องศา

ทำการแปลงค่าส่วนเหนือ-ใต้ (N หรือ แกน Y) LAT 14-38-37 จะได้จาก S20 ถึง N0 มีความแตกต่างกัน 20 องศา ดังนั้น ต้องนำค่า 14 องศาไปรวมกับส่วนต่างนี้ก่อนที่จะนำมาหาตำแหน่งพิกเซล ก็คือ

$$\begin{aligned} \text{LAT } 14-38-37 &= (20+14) \times 20 + (38+37/60)/38 \\ &= 680 + 12.8720 \\ &= 692.8720 \end{aligned}$$

เนื่องจากลำดับของพิกเซลเริ่มจากด้านบนลงล่าง และในที่นี้ได้พัฒนาโปรแกรมโดยเริ่มจากพิกเซลที่ 0x0 ดังนั้นจะต้องนำไปหักออกจาก 1800 แล้วปัดเศษลง

$$\begin{aligned} \text{LAT } 07-00-34 &= 1800 - 692.8720 \\ &= 1107 \\ \text{ก็จะได้ตำแหน่งพิกเซลที่} &= 1107 \end{aligned}$$

ทำการแปลงค่าส่วนตะวันออก-ตะวันตก (E หรือ แกน X) LON 101-19-5 จะได้จาก E70 ถึง E100 มีความแตกต่างกัน 30 องศา ดังนั้น ต้องนำค่า ส่วนต่างที่ได้นี้ไปใช้ในการคำนวณหาตำแหน่งของพิกเซล ก็คือ

$$\begin{aligned} \text{LON } 101-19-5 &= (101-70) \times 20 + (19+5/60)/3 \\ &= 620+6.361 \\ \text{ก็จะได้ตำแหน่งพิกเซลที่} &= 626 \end{aligned}$$

จากค่าที่คำนวณได้นำมารวมกันเป็นตำแหน่งพิกเซลภายในภาพถ่ายดาวเทียม ตามแนวแกน x และ แกน y ก็จะได้เป็นตำแหน่งพิกเซลที่ (626,1107) สำหรับตำแหน่งสถานีภายในภาพถ่ายดาวเทียมของสถานีจังหวัดนครราชสีมา 3 เป็นต้น ดังแสดงได้ในภาพประกอบ 3.9

Row	605	606	607	608	609	610	611
1097	243.966	243.966	244.694	242.486	240.208	239.428	Z
1098	240.975	244.694	244.694	241.735	238.642	238.642	Z
1099	242.486	242.486	245.417	245.417	243.966	236.226	Z
1100	240.975	240.975	242.486	241.735	240.208	234.564	Z
1101	240.975	238.642	Z	Z	237.044	235.399	Z
1102	241.735	238.642	Z	Z	245.417	246.837	Z
1103	245.417	243.966	Z	Z	246.837	240.208	Z
1104	239.428	239.428	Z	Z	242.486	235.399	Z
1105	235.399	237.044	Z	Z	232.860	232.860	Z
1106	234.564	235.399	236.226	234.564	235.399	233.715	Z
1107	231.980	233.715	236.226	237.044	237.044	237.847	Z
1108	231.099	233.715	233.715	235.399	235.399	233.715	Z
1109	226.464	224.503	225.490	229.285	228.360	228.360	Z
1110	230.202	231.980	231.095	234.564	231.980	231.095	Z
1111	242.486	244.694	239.428	238.642	238.642	237.044	Z
1112	252.247	248.223	248.223	242.486	243.231	241.735	Z
1113	252.895	250.929	247.530	246.837	248.223	246.837	Z
1114	251.597	247.530	246.128	246.837	249.585	249.585	Z
1115	247.530	247.530	246.128	245.417	249.585	249.585	Z
1116	245.417	248.905	243.966	243.966	246.128	249.585	Z
1117	243.966	243.966	248.905	246.837	250.261	252.247	Z
1118	241.735	244.694	246.128	250.929	254.175	256.682	Z
1119	242.486	243.966	249.585	255.439	256.682	257.905	Z
1120	241.735	249.585	257.295	255.439	255.439	259.708	Z
1121	241.735	241.735	252.895	260.886	260.303	259.708	Z
1122	237.847	246.128	254.811	258.515	260.886	260.886	Z

ภาพประกอบ 3.9 ค่าอุณหภูมิของตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝนและตาม Pixel

3.5 การประมาณปริมาณฝนโดยใช้อัตราการลดอุณหภูมิตามความสูง (Adiabatic Lapserate)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับอุณหภูมียอดเมฆ ทางคณะผู้วิจัยได้ใช้วิธีการประมาณปริมาณฝนโดยวิธีใช้อัตราการลดอุณหภูมิตามความสูง (Adiabatic Lapserate) ขั้นตอนของวิธีใช้อัตราการลดอุณหภูมิตามความสูง ดังรูป

3.5.1 รวบรวมข้อมูลปริมาณฝนภาคพื้นดินของสถานีวัดน้ำฝนรายวันจาก 118 สถานีของประเทศไทย ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2553

3.5.2 รวบรวมข้อมูลอุณหภูมียอดเมฆบริเวณที่เป็นเมฆก่อตัวในทางตั้งบริเวณสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน จากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 ณ พิกัดเดียวกับสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดิน

3.5.3 หาความสัมพันธ์แบบสมการถดถอยไม่เชิงเส้นระหว่างอุณหภูมียอดเมฆกับปริมาณฝนภาคพื้นดินประมาณค่าคงที่ a, b

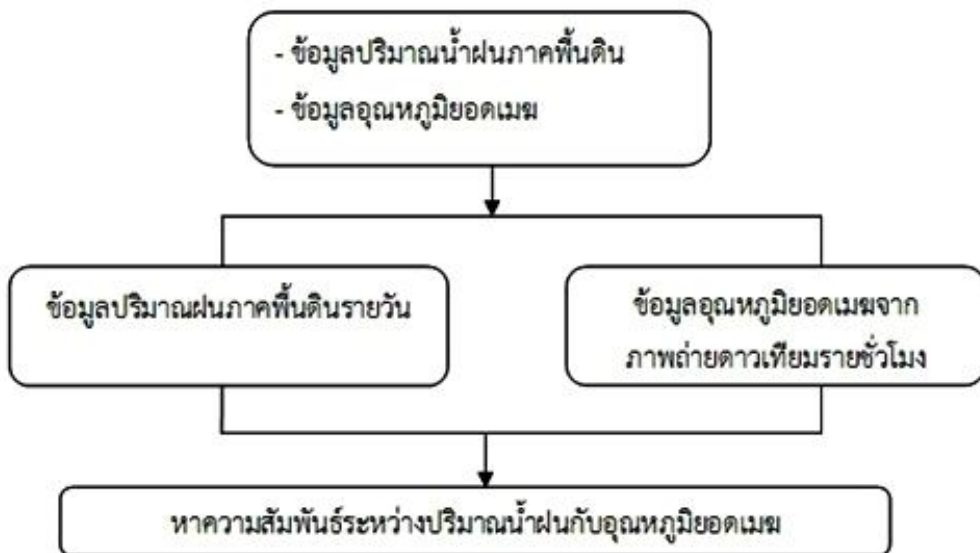
สำหรับการศึกษาวิธีการประมาณปริมาณฝนโดยวิธีใช้อัตราการลดอุณหภูมิตามความสูง (Adiabatic Lapse Rate) เพื่อศึกษาสมการสำหรับคำนวณปริมาณฝน โดยทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลภาคพื้นดิน เพื่อหาสัมประสิทธิ์ของสมการใช้อัตราการลดอุณหภูมิตามความสูง ซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบสมการถดถอยไม่เชิงเส้น (Non-Linear Regression Equation) ดังสมการที่ 3.1

$$R=aT^b \quad (3.2)$$

เมื่อ

- R = ปริมาณฝน (มิลลิเมตร)
 T = อุณหภูมียอดเมฆ (เคลวิน)
 a,b = ค่าคงที่หาได้โดยการเปรียบเทียบระหว่างค่าอุณหภูมียอดเมฆกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนภาคพื้นดิน

ขั้นตอนการศึกษาวิธีการประมาณปริมาณน้ำฝนโดยวิธีใช้อัตราการลดอุณหภูมิตามความสูง (Adiabatic Lapse Rate) แสดงได้ดังภาพประกอบ 3.10



ภาพประกอบ 3.10 ขั้นตอนการประมาณปริมาณฝนด้วยวิธีใช้อัตราการลดอุณหภูมิตามความสูง

3.6 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงข้อมูลการประมาณฝน

3.6.1 ความต้องการของระบบ

การแสดงข้อมูลการประมาณฝนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยทั่วไปจะมีการรายงานค่าน้ำฝนและอุณหภูมิที่วัดได้จากจุดตรวจวัด การแสดงข้อมูลจะเป็นการแสดงค่าที่วัดได้นำมาแสดงในตาราง หากมีการประมาณค่าก็จะเป็นการนำมาประมาณค่าผ่านโปรแกรมและส่งออกเป็นข้อมูลไฟล์รายละเอียดแผนที่ การศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์ความต้องการของระบบโดยเว็บไซต์ต้องมีข้อมูลการวัดปริมาณน้ำฝนและแสดงการประมาณฝน

3.6.2 ความต้องการของผู้ดูแลระบบ

3.6.2.1 สามารถดึงข้อมูลดาวเทียมได้จากแหล่งข้อมูลที่ต้องการ

3.6.2.2 มีความปลอดภัยในการจัดเก็บข้อมูล

3.6.2.3 รองรับการทำงานในรูปแบบของ Multi user ได้

3.6.2.4 สามารถปรับปรุงข้อมูลต่างๆได้อย่างรวดเร็ว

3.6.3 ความต้องการของผู้ใช้

3.6.3.1 มีส่วนติดต่อที่เข้าใจง่าย

3.6.3.2 สามารถดูข้อมูลย้อนหลังที่มีการจัดเก็บไว้ได้

3.6.3.3 สามารถดูการประมาณค่าการประมาณฝนเชิงพื้นที่ได้

ดังนั้นสามารถวิเคราะห์ได้ว่าระบบที่จะพัฒนาขึ้นนี้จะต้องเป็นระบบงานที่ทำงานบนเว็บไซต์ จึงได้พัฒนาเว็บไซต์ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งต้องทำงานร่วมกับระบบฐานข้อมูลและมีการแสดงผลโดยจาวาสคริปต์

3.6.4 องค์ประกอบของเว็บแอปพลิเคชัน

เพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการของระบบจึงได้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของหน้าเว็บ เป็นส่วนการใช้งานของผู้ที่ใช้บริการ มีลักษณะการทำงานดังนี้

3.6.4.1 ผู้ใช้บริการสามารถขอข้อมูลได้ตลอดเวลา

3.6.4.2 แสดงการกระจายตัวของน้ำฝนโดยการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่

จากข้อมูลที่เก็บในฐานข้อมูล

3.6.4.3 แสดงข้อมูลแผนที่ที่เก็บในระบบฐานข้อมูล

ส่วนของหลังเว็บ เป็นส่วนของผู้ดูแลระบบได้ มีลักษณะการทำงานดังนี้

3.6.4.4 สคริปต์ดึงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ และจะทำการดึงตามเวลาที่กำหนด

ที่กำหนด

3.6.4.5 มีฐานข้อมูลที่ทำการจัดเก็บข้อมูลที่ดึงมาและจัดเก็บไว้เพื่อเรียกดูข้อมูล

ย้อนหลัง

3.6.4.6 สคริปต์ที่ใช้ในการแสดงผลการประมาณค่าข้อมูล

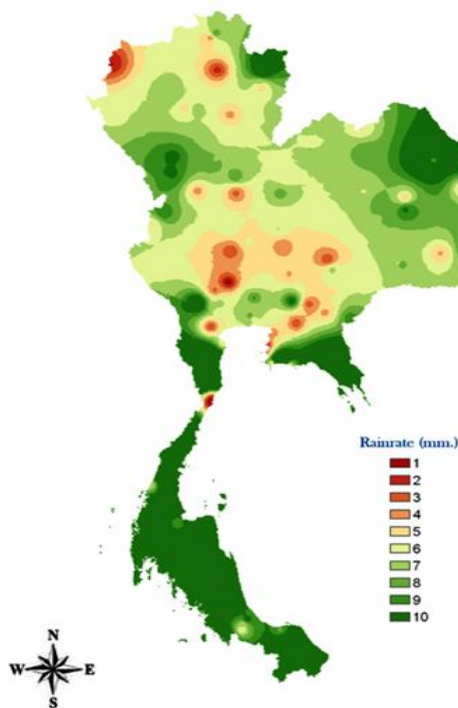
บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

จากการการประมาณปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่โดยการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา MTSAT-2 และข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินเพื่อทำการหาความสัมพันธ์ในการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

4.1 ข้อมูลการกระจายปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการแทรกค่า (Interpolation methods)

การศึกษารั้ครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการแทรกค่า(Interpolation methods) แบบ Inverse Distance Weighted (IDW) โดย IDW จะทำการประมาณค่าให้กับเซลล์ ด้วยการปรับตามค่าของจุดตัวอย่างที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับเซลล์แต่ละช่องจุดที่อยู่ใกล้กับจุดศูนย์กลางของเซลล์มากที่สุดจะมีผลต่อค่าของเซลล์นั้นมากที่สุดด้วย ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับอิทธิพลจากจุดอื่น และน้ำหนักที่ให้กับจุดแต่ละจุดที่เปลี่ยนไปตามระยะทาง โดยผลข้อมูลปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ปี พ.ศ. 2553 ด้วยวิธีการแทรกค่าแบบ IDW ของสถานีวัดน้ำฝนจำนวน 118 สถานี แสดงได้ดังภาพประกอบ 4.1 และตาราง 4.1



ภาพประกอบ 4.1 การกระจายปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการแทรกค่า IDW

ตาราง 4.1 การจำแนกปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ปี พ.ศ. 2553

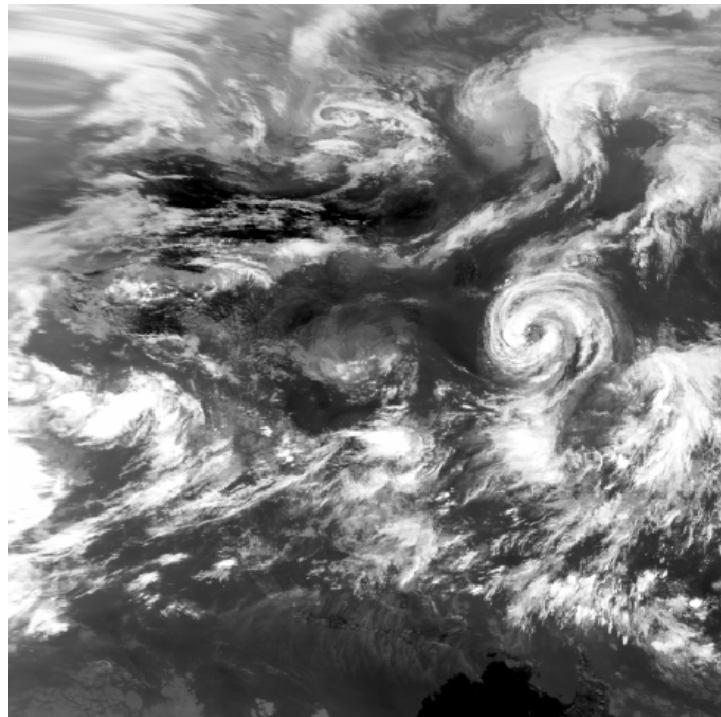
ปริมาณฝน	ปี พ.ศ. 2553	
	ตร.กม.	เปอร์เซ็นต์
[1] 0-900	369.60	0.08
[2] 900-1,000	1,491.60	0.31
[3] 1,000-1,100	4,738.80	0.99
[4] 1,100-1,200	14,946.80	3.13
[5] 1,200-1,300	47,203.20	9.90
[6] 1,300-1,400	115,742.00	24.27
[7] 1,400-1,500	105,124.80	22.04
[8] 1,500-1,600	59,078.80	12.39
[9] 1,600 - 1,700	25,066.80	5.26
[10] > 1,700	103,166.80	21.63

4.2 ภาพถ่ายดาวเทียมและการเลือกพื้นที่ที่สนใจ (Subset image)

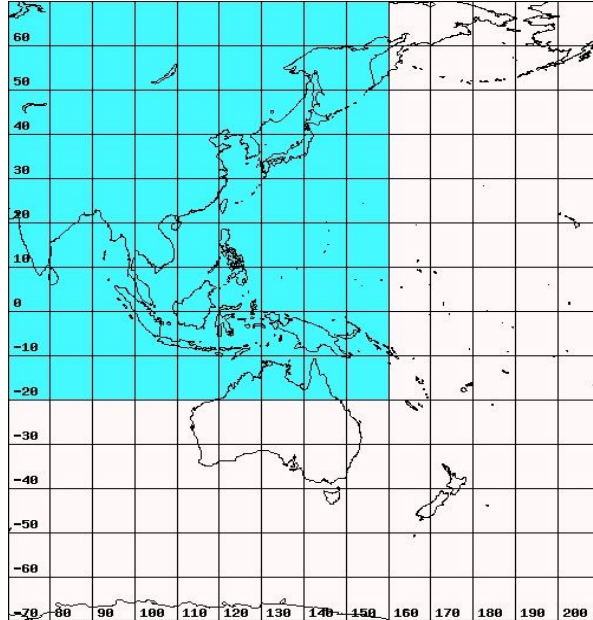
การรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้งหมดจะประกอบด้วย ภาพถ่ายดาวเทียมจากช่องสัญญาณอินฟราเรด IR1 และ IR2 ทุกชั่วโมง ในช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 แต่ละภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่ศึกษาซึ่งมีช่วงพิกัดทางภูมิศาสตร์ทางด้านเหนือได้ N70 - S20 และทางด้านตะวันออก-ตะวันตก E70 - E160 โดยที่ความละเอียดแต่ละพิกเซลในภาพถ่ายดาวเทียมเท่ากับ 1/20 องศา หรือ 3 ลิปดา ตัวอย่างของภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละช่องสัญญาณจะใช้ข้อมูลวันที่ 1 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 เวลา 00.00 GMT (Greenwich Mean Time) ซึ่งเวลาของประเทศไทยเร็วกว่าเวลามาตรฐานสากล 7 ชั่วโมง ดังนั้น ณ เวลาดังกล่าวเท่ากับเวลา 07.00 น. ของประเทศไทย ภาพประกอบ 4.2 และภาพประกอบ 4.3 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมของช่องสัญญาณ IR1 และ IR2 ภาพประกอบ 4.4 แสดงขอบเขตทั้งหมดที่สามารถเก็บภาพได้ และขอบเขตพื้นที่ศึกษาของดาวเทียม MTSAT-2



ภาพประกอบ 4.2 ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมของช่องสัญญาณ IR1

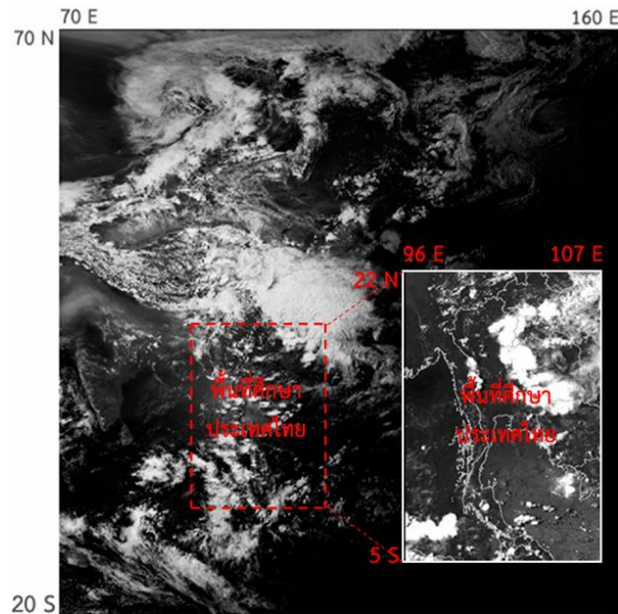


ภาพประกอบ 4.3 ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียมของช่องสัญญาณ IR2



ภาพประกอบ 4.4 ขอบเขตทั้งหมดที่สามารถเก็บภาพได้

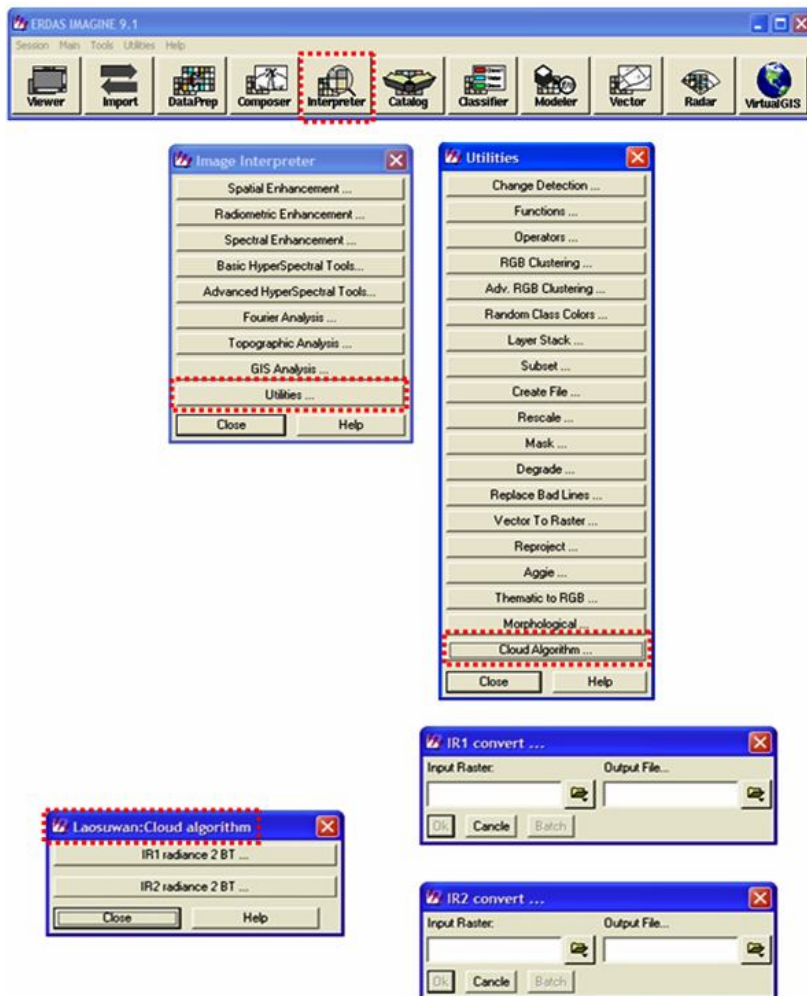
ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อใช้ตัดภาพพื้นที่ที่สนใจ (Subset image) ด้วยโปรแกรมแมทแล็บ (MATLAB) โดยซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่สามารถแสดงผลการตัดภาพถ่ายดาวเทียมดังแสดงในภาพประกอบ 4.5



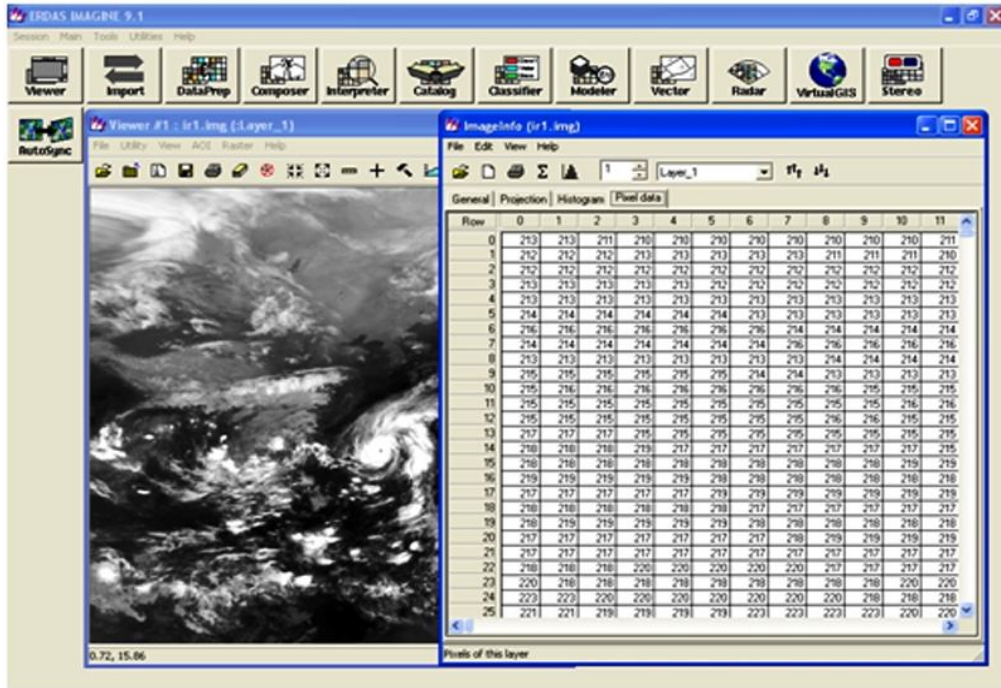
ภาพประกอบ 4.5 ตัวอย่างพื้นที่ศึกษาประเทศไทยเมื่อผ่านขบวนการตัดภาพ

4.3 การพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาสคริปต์ Script Spatial Modeler (SML) และ Erdas Model Language (EML)

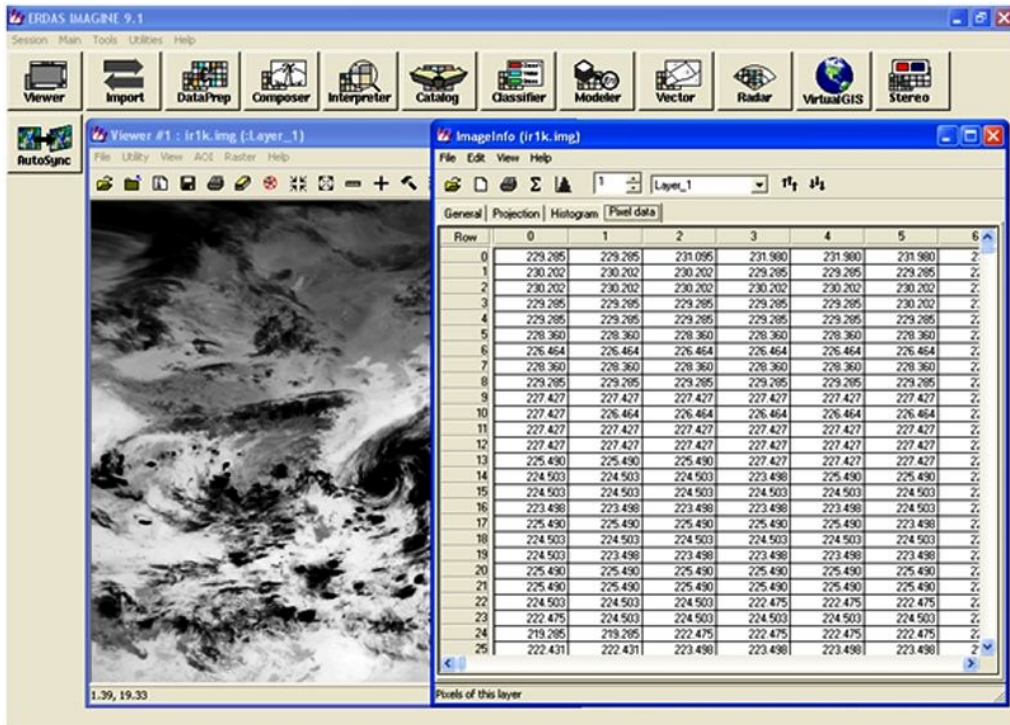
ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้พัฒนาฟังก์ชันบนโปรแกรมขึ้นมาใหม่ด้วยภาษาสคริปต์ SML และ EML เพื่อให้สามารถใช้ได้กับดาวเทียม MTSAT-2 โดยกำหนดค่าความสว่างให้มีขนาด 8 บิต หรือ 256 ระดับ คือ ระดับความสว่างที่ 0 จะเป็นสีดำและระดับความสว่างที่ 255 จะเป็นสีขาว ไปเป็นค่าอุณหภูมิ ความสว่างมีหน่วยเป็น Kelvin (K) ในภาพประกอบ 4.6 แสดง Graphic User Interface (GUI) ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อการเปลี่ยนค่าความสว่าง Brightness temperature ไปเป็นค่าอุณหภูมิความสว่างมีหน่วยเป็น Kelvin (K) ภาพประกอบ 4.7 แสดงค่าความสว่างของภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาาก่อนการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น และหลังจากที่ใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นค่าความสว่าง ถูกเปลี่ยนไปเป็นค่าอุณหภูมิหน่วยเป็นเคลวิน (kelvin) แสดงในภาพประกอบ 4.8



ภาพประกอบ 4.6 ฟังก์ชันที่พัฒนาขึ้นมาในโปรแกรม ERDAS IMAGINE 9.1



ภาพประกอบ 4.7 ค่าความสว่างของภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา



ภาพประกอบ 4.8 ค่าอุณหภูมิจากภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยามีหน่วยเป็นเคลวิน (kelvin)

4.4 ปริมาณน้ำฝน

จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตกของแต่ละสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินในระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ.2553 สามารถสรุปตามตาราง 4.2

ตาราง 4.2 จำนวนสถานีวัดน้ำฝนในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึง เดือน กันยายน พ.ศ.2553

ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	จำนวนสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินที่เกิดฝนในแต่ละช่วงเวลา		
	เดือนกรกฎาคม	เดือนสิงหาคม	เดือนกันยายน
20-40	21	23	20
40-60	7	14	9
60-80	5	7	9
80-100	2	5	2

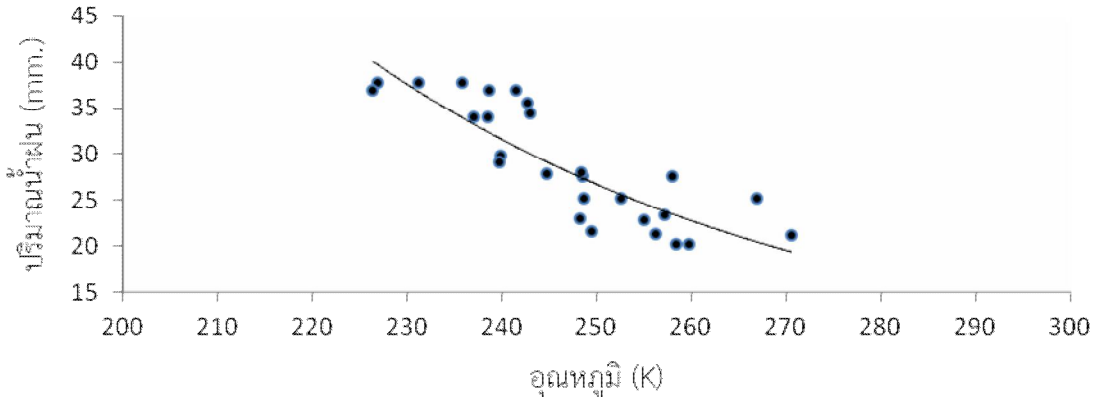
โดยข้อมูลปริมาณฝนที่รวบรวมนั้นจะอ้างอิงกับข้อมูลของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเพื่อใช้ในการหาความสัมพันธ์ซึ่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานั้นเป็นการเก็บข้อมูลราย 1 ชั่วโมง ซึ่งทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนเป็นรายวัน โดยที่ลักษณะของการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจะเก็บข้อมูลจากจำนวนสถานีวัดน้ำฝนภาคพื้นดินของปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือน

4.5 การประมาณปริมาณฝนโดยอาศัยความสัมพันธ์ของอัตราการลดอุณหภูมิตามความสูง (Adiabatic lapse rate)

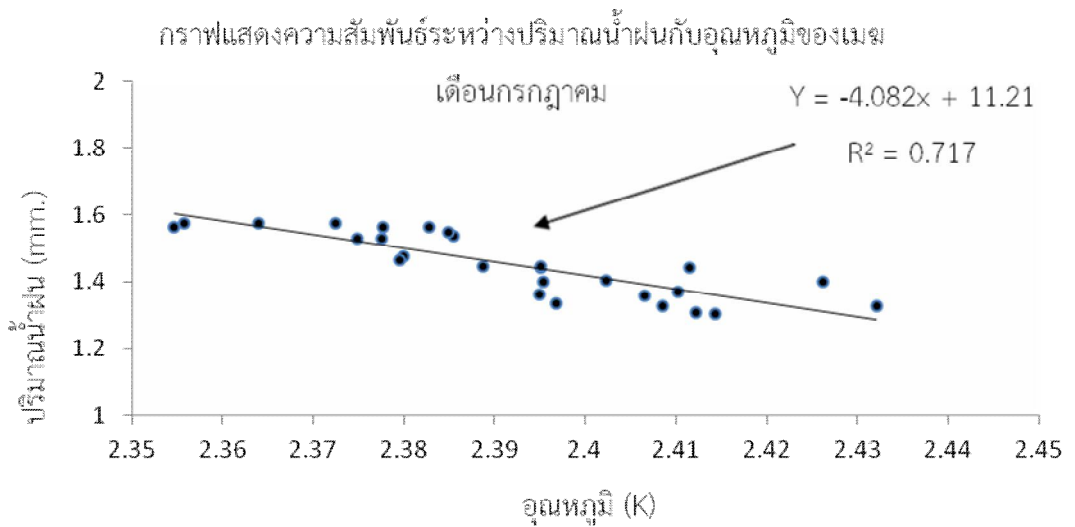
จากการประมาณปริมาณฝน โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนจากข้อมูลฝนของสถานีวัดฝนระบบโทรมาตร กับอุณหภูมิยอดเมฆที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา นำมาหาความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการถดถอยไม่เชิงเส้น (Non-linear regression equation) ในรูปแบบสมการยกกำลัง และทำการหาความสัมพันธ์ของสถานีวัดน้ำฝนระบบโทรมาตร จำนวน 25 สถานี กับอุณหภูมิยอดเมฆที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนกับอุณหภูมิเมฆของสถานีวัดน้ำฝน ได้ตามลำดับสมการดังนี้

4.5.1 ปริมาณน้ำฝนช่วง 20-40 มิลลิเมตร

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับอุณหภูมิของเมฆ
เดือนกรกฎาคม



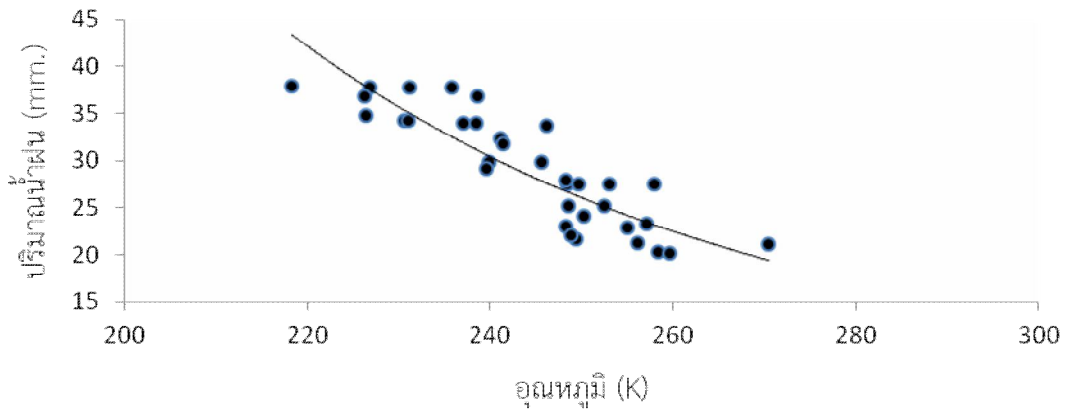
ภาพประกอบ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆเดือนกรกฎาคม



ภาพประกอบ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆในรูป Log เดือนกรกฎาคม

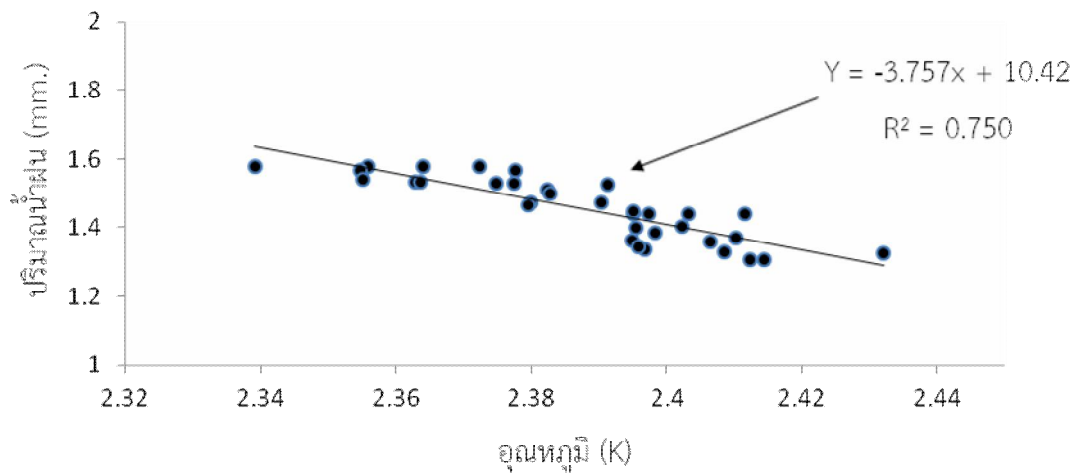
$$P = 1.6218 \times 10^{11} (T^{-4.082}) \quad R^2 = 0.717 \quad (4.1)$$

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับอุณหภูมิของเมฆ
เดือนสิงหาคม



ภาพประกอบ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆเดือนสิงหาคม

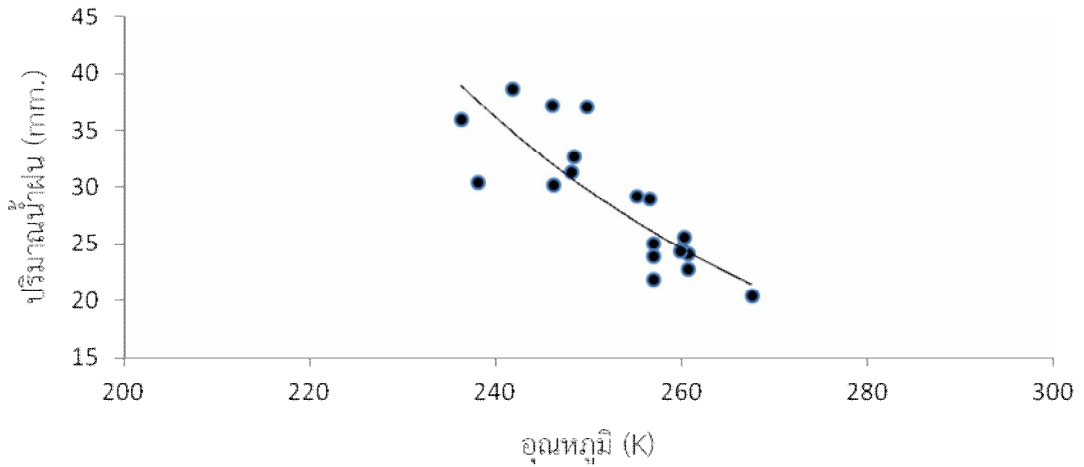
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับอุณหภูมิของเมฆ
เดือนสิงหาคม



ภาพประกอบ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ
ในรูป Log เดือนสิงหาคม

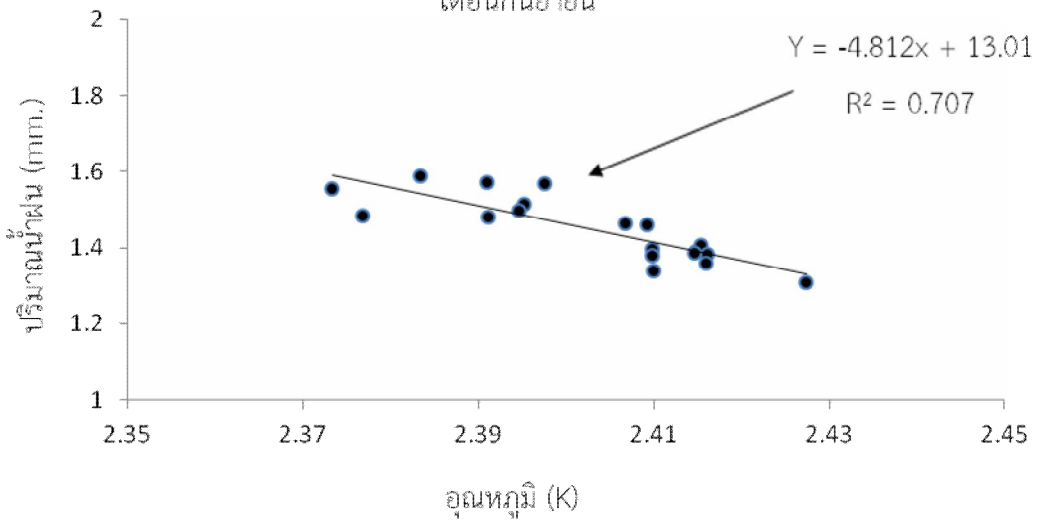
$$P = 2.62481 \times 10^{11} (T^{-3.757}) \quad R^2 = 0.750 \quad (4.2)$$

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับอุณหภูมิของเมฆ
เดือนกันยายน



ภาพประกอบ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ
เดือนกันยายน

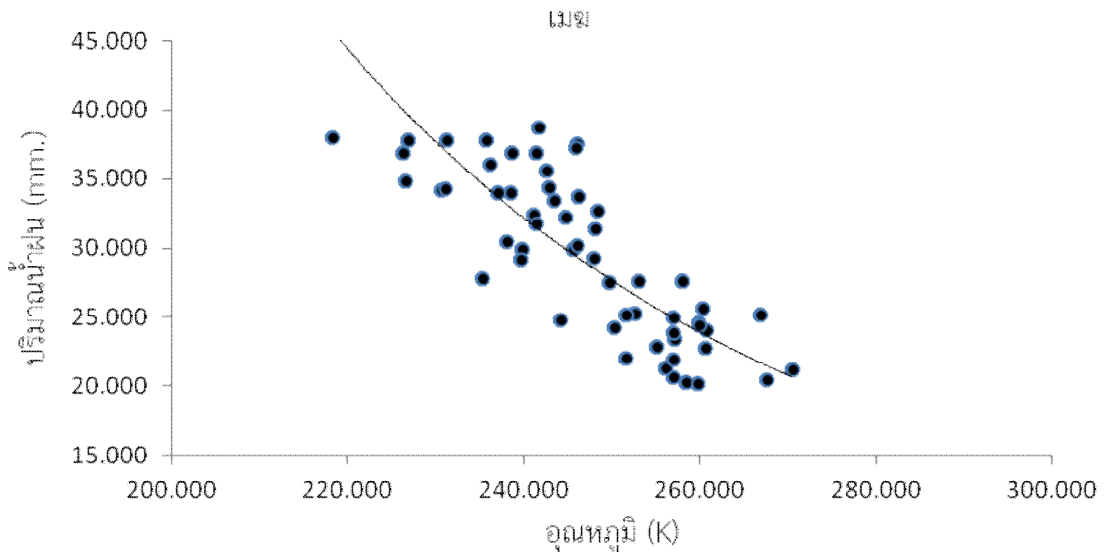
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับอุณหภูมิของเมฆ
เดือนกันยายน



ภาพประกอบ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ
ในรูป Log เดือนกันยายน

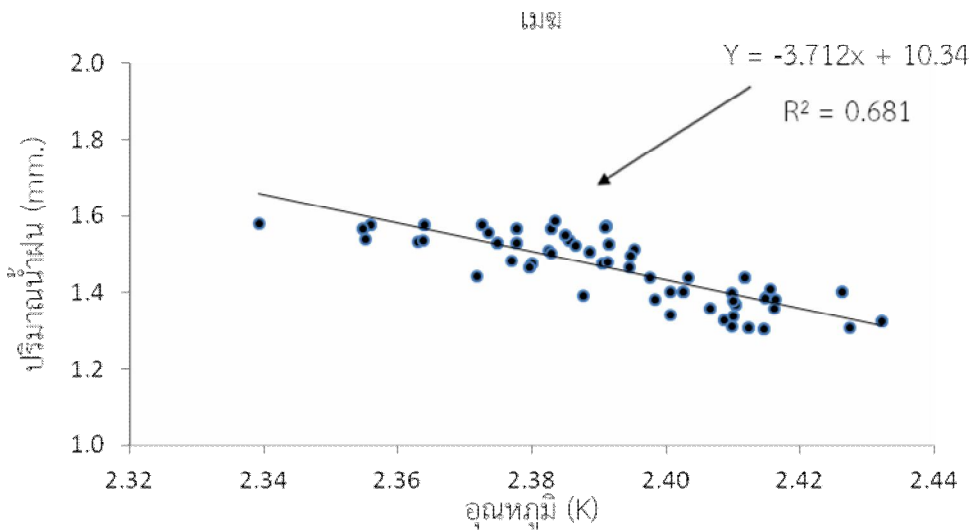
$$P = 1.02329 \times 10^{13} (T^{-4.812}) \quad R^2 = 0.707 \quad (4.3)$$

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของ



ภาพประกอบ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของ



ภาพประกอบ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ
ในรูป Log

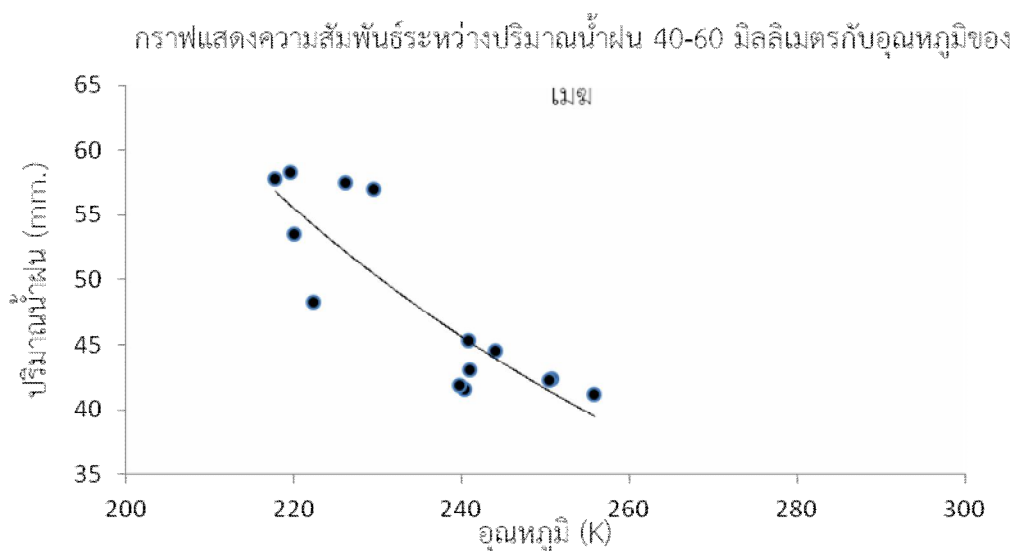
$$P = 2.1878 \times 10^{10} (T^{-3.712}) \quad R^2 = 0.681 \quad (4.4)$$

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนในช่วง 20 – 40 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิเมฆระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2553 พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) และสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับอุณหภูมิเมฆ มีค่าดังตารางที่ 4.3

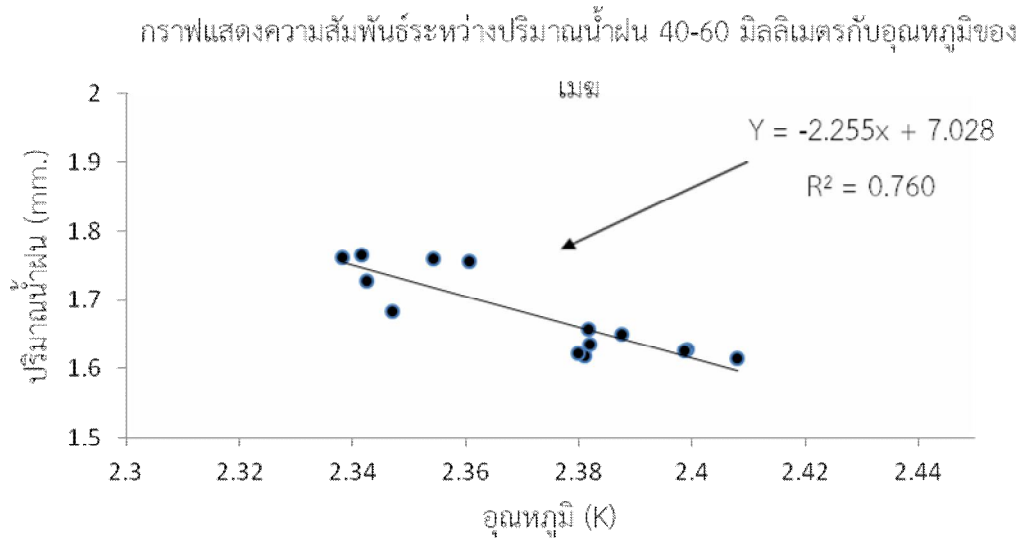
ตาราง 4.3 สมการความสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation: R^2) ในช่วงปริมาณน้ำฝน 20-40 มิลลิเมตร

เดือน	สมการความสัมพันธ์	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation : R^2)
กรกฎาคม	$P = 1.6218 \times 10^{11} (T^{-4.082})$	0.717
สิงหาคม	$P = 2.6248 \times 10^{11} (T^{-3.757})$	0.750
กันยายน	$P = 1.0233 \times 10^{13} (T^{-4.812})$	0.707
กรกฎาคม ถึง กันยายน	$P = 2.1878 \times 10^{10} (T^{-3.712})$	0.681

4.5.2 ปริมาณน้ำฝนช่วง 40-60 มิลลิเมตร



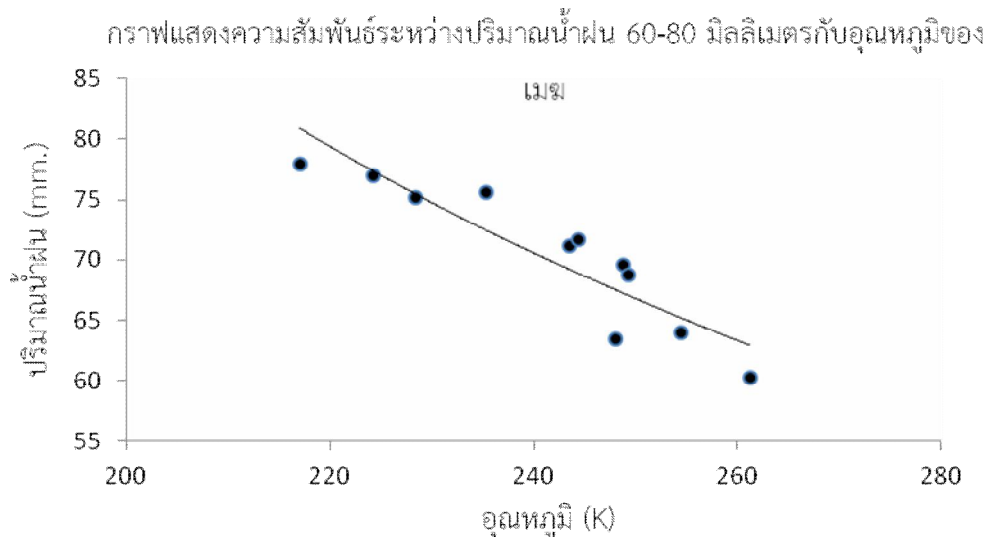
ภาพประกอบ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 40-60 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ



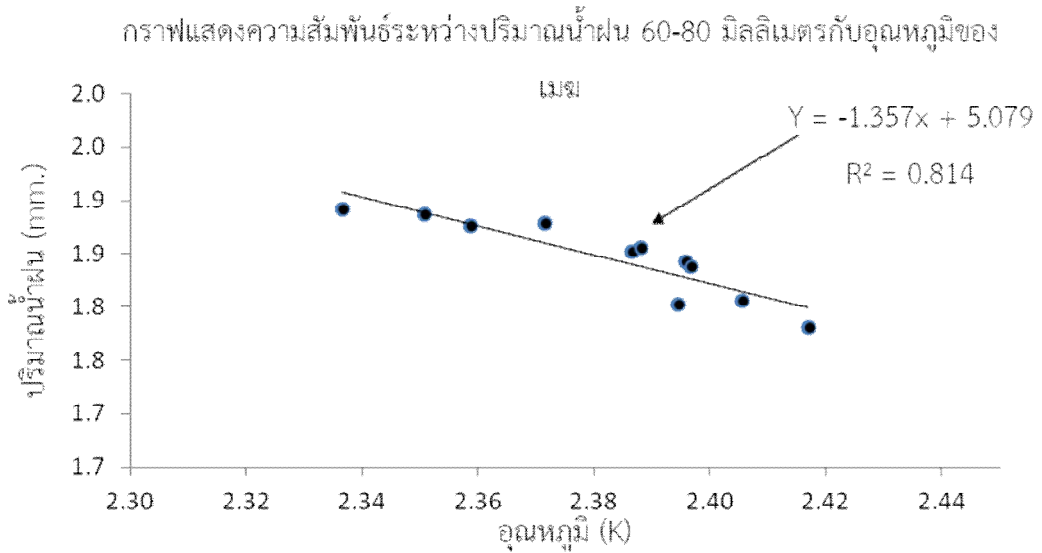
ภาพประกอบ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 40-60 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ
ในรูป Log

$$P = 1.0666 \times 10^7 (T^{-2.225}) \quad R^2 = 0.760 \quad (4.5)$$

4.5.3 ปริมาณน้ำฝนช่วง 60-80 มิลลิเมตร



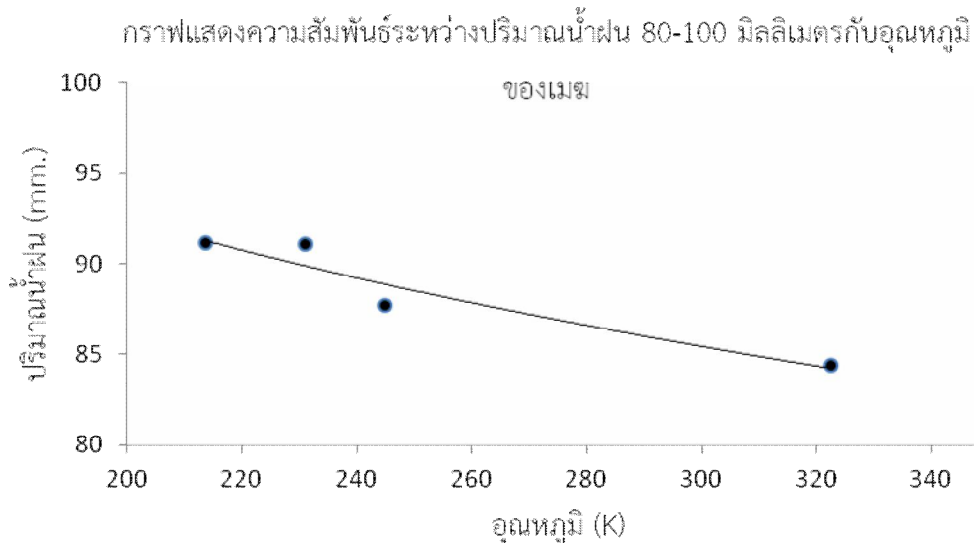
ภาพประกอบ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 60-80 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ



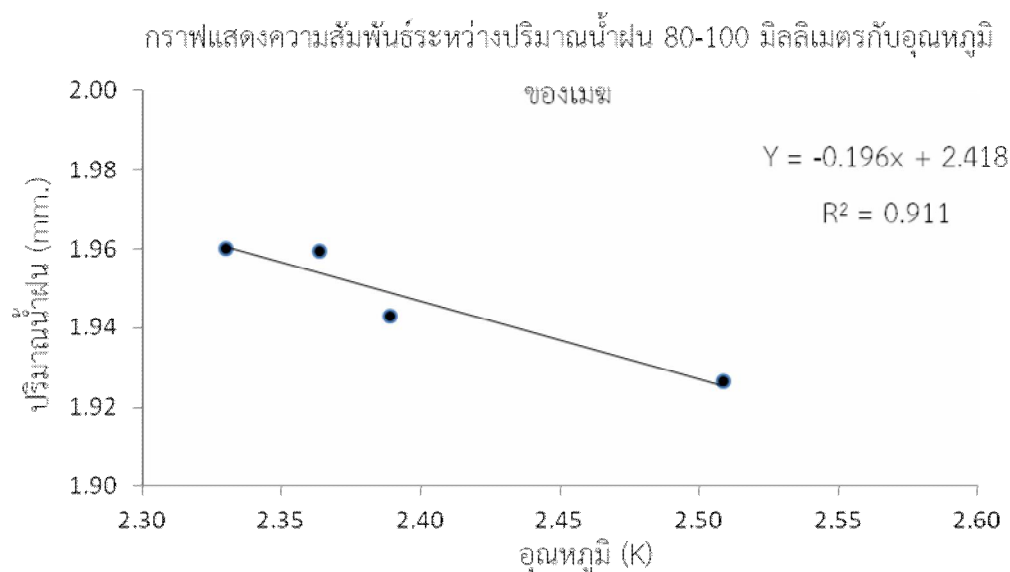
ภาพประกอบ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 60-80 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ
ในรูป Log

$$P = 1.9995 \times 10^5 (T^{-1.357}) \quad R^2 = 0.814 \quad (4.6)$$

4.5.4 ปริมาณน้ำฝนช่วง 80-100 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 80-100 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ



ภาพประกอบ 4.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน 80-100 มิลลิเมตรกับอุณหภูมิของเมฆ
ในรูป Log

$$P = 20618 \times 10^2 (T^{-0.196}) \quad R^2 = 0.911 \quad (4.7)$$

เนื่องจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนในช่วง 40-60, 60-80 และ 80-100 มิลลิเมตร มีข้อมูลจำนวนของสถานีวัดน้ำฝนที่น้อยมากในแต่ละเดือน ทางผู้วิจัยจึงทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับอุณหภูมิเมฆทั้ง 3 ช่วง ให้อยู่ในเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2553 ทั้งหมด พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) และสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับอุณหภูมิเมฆ มีค่าดังตารางที่ 4.4

ตาราง 4.4 สมการความสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation: R²) ในช่วงปริมาณน้ำฝน 40-60, 60-80, 80-100 มิลลิเมตร

ปริมาณ (มิลลิเมตร)	สมการความสัมพันธ์	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation : R ²)
40-60	$P = 1.0666 \times 10^7 (T^{-2.225})$	0.760
60-80	$P = 1.9995 \times 10^5 (T^{-1.357})$	0.814
80-100	$P = 20618 \times 10^2 (T^{-0.196})$	0.911

4.6 การพัฒนาโปรแกรมแสดงข้อมูลการประมาณฝน

สำหรับการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงข้อมูลการประมาณฝนนี้ผู้วิจัยได้นำโปรแกรมรหัสเปิดหรือซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส (Open Source Software – OSS) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมแสดงข้อมูลการประมาณฝนเพื่อลดปัญหาเรื่องค่าลิขสิทธิ์ของซอฟต์แวร์ โดยซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบไปด้วย

4.6.1 Apache web server ทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์

4.6.2 PHP เป็นภาษาหลักในการพัฒนาโปรแกรมแสดงข้อมูลการประมาณฝน

4.6.3 Image Magick เป็นชุดซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส สำหรับการแสดง, การแปลงและแก้ไขไฟล์ภาพแรสเตอร์

4.6.4 MySQL สำหรับจัดการฐานข้อมูล

4.6.5 Quantum GIS สำหรับจัดการข้อมูลเวกเตอร์ และแรสเตอร์

ในการแสดงข้อมูลการประมาณฝนนี้สามารถแสดงได้ในภาพประกอบ 4.23 และภาพประกอบ 4.24 โดยภาพประกอบ 4.23 และภาพประกอบ 4.24 ได้แสดงการประมาณปริมาณฝนนั้นประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

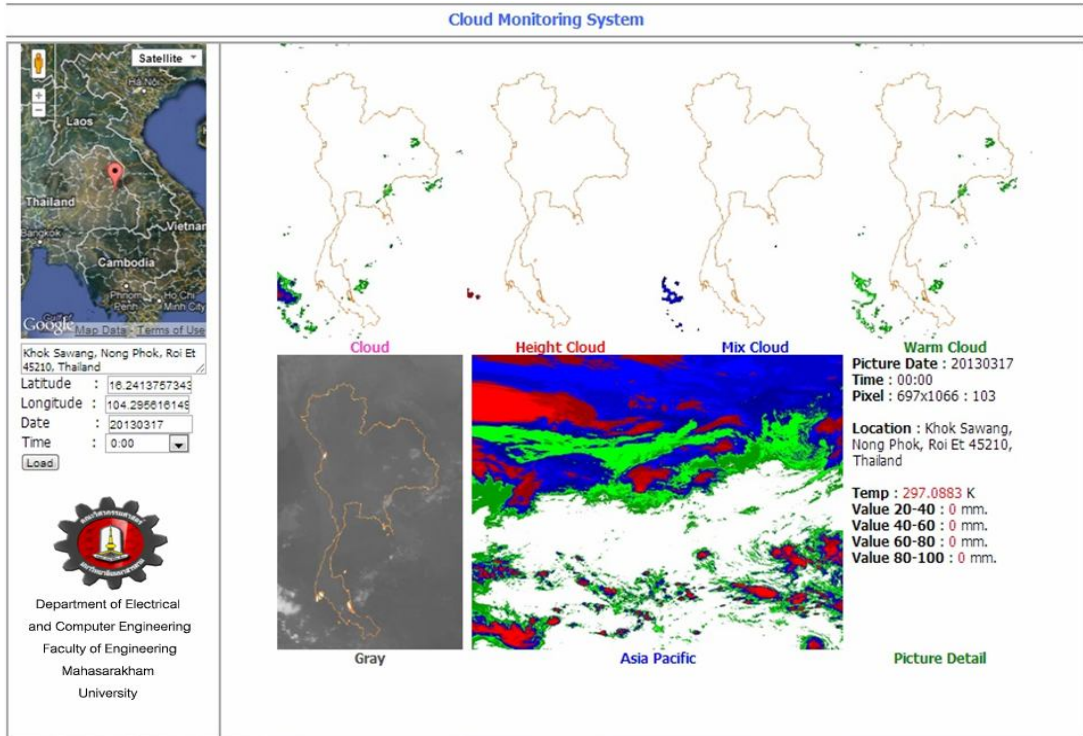
4.6.6 สามารถแสดงเมฆรวม เมฆชั้นสูง เมฆชั้นกลาง และเมฆอ่อน เป็นรายชั่วโมง

4.6.7 สามารถแสดงภาพถ่ายดาวเทียม MTSAT-2 ครอบคลุมประเทศไทยและเอเชียแปซิฟิก เป็นรายชั่วโมง

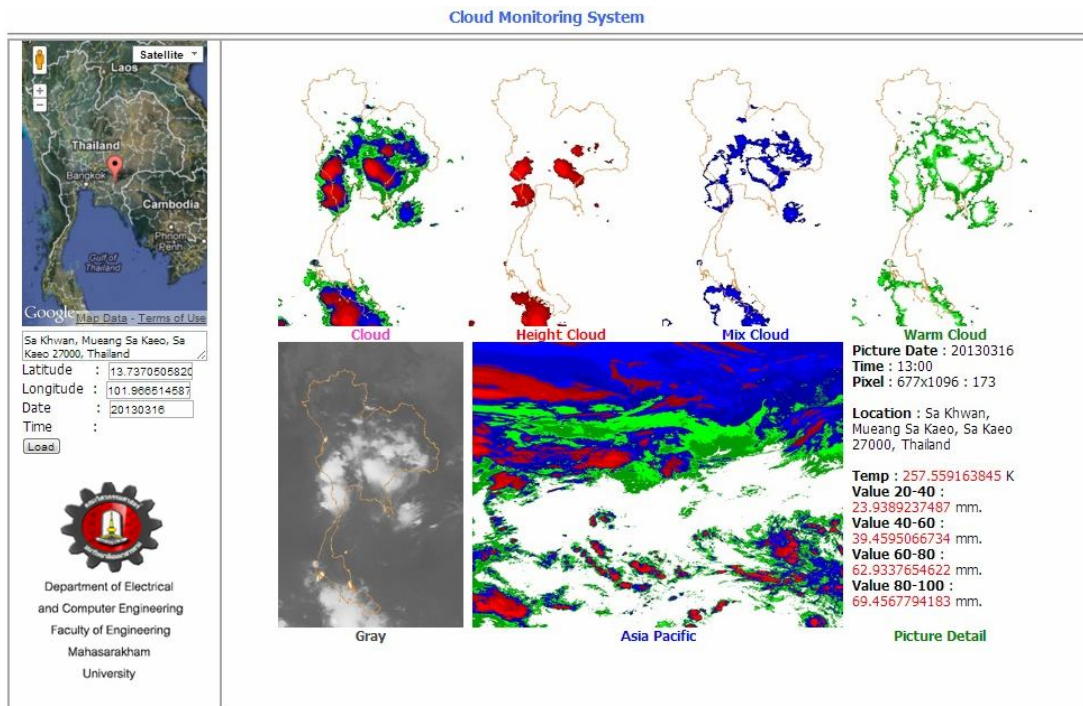
4.6.8 สามารถเลือกตำแหน่งของการประมาณปริมาณฝนที่ต้องการได้จากกูเกิ้ลเอิร์ท

4.6.9 สามารถประมาณปริมาณฝนที่ต้องการย้อนหลังได้ เช่น 12 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง และ 36 ชั่วโมง

4.6.10 โปรแกรมสามารถดาวโหลดข้อมูลดาวเทียม MTSAT-2 ได้โดยอัตโนมัติทันทีที่ติดต่อบริบบินเตอร์เน็ตได้



ภาพประกอบ 4.23 วันที่ไม่มีฝนตก



ภาพประกอบ 4.24 แสดงวันที่ฝนตก

บทที่ 5

สรุปผลและอภิปรายผล ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและอภิปรายผล

ปัจจุบันได้มีการนำข้อมูลจากดาวเทียมมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายและมีโปรแกรมด้านการรับรู้ระยะไกลลิขสิทธิ์จากหลายค่าย เช่น Erdas, ENVI, IDRISI โดยโปรแกรมที่กล่าวมาเหล่านี้ถึงแม้ว่าจะมีฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมที่หลากหลายแต่โปรแกรมเหล่านี้ก็ยังคงขาดฟังก์ชันการทำงานด้านการวิเคราะห์เมฆ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงได้พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาสคริปต์ SML และ EML บนโปรแกรม Erdas โดยเพิ่มฟังก์ชันการทำงานเพื่อให้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MTSAT-2 โดยใช้ Look up Table (LUT) ของดาวเทียม MTSAT-2 ไปเป็นค่าอุณหภูมิตามทฤษฎีของแพลนค์ อีกทั้งได้เพิ่มฟังก์ชันการทำงานของวิธีการสปิริทวินโดว์เพื่อการวิเคราะห์เมฆฝน

ฝนที่ตกในประเทศไทยมักเกิดจากการพาความร้อน (Convective precipitation) เป็นส่วนใหญ่ โดยฝนจะเกิดจากเมฆที่ก่อตัวทางแนวตั้ง ซึ่งเรียกว่าเมฆคิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus) จากการศึกษาการประมาณปริมาณฝนโดยใช้ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา พบว่าสมการความถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ที่ได้จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบ สามารถนำมาประมาณปริมาณฝนสำหรับประเทศไทยได้ดี ซึ่งในแต่ละสมการสามารถตรวจสอบความถูกต้องใกล้เคียงกับปริมาณฝนที่เกิดขึ้นจริงได้จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) ซึ่งสามารถอธิบายได้ในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ของความน่าจะเป็น ตาราง 5.1 แสดงสมการความสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจของแต่ละกรณีทั้งหมด โดยสรุปวิธีการดำเนินการได้ดังนี้

5.1.1 ทำการอ่านค่าความสว่างของภาพถ่ายดาวเทียมในบริเวณพื้นที่ที่ต้องการศึกษาซึ่งภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา มีค่าความถี่ของภาพถ่ายเป็นรายชั่วโมง

5.1.2 ทำการแปลงภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในบริเวณพื้นที่ที่ต้องการศึกษาเป็นอุณหภูมิยอดเมฆโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับการศึกษาค้นคว้า

5.1.3 นำอุณหภูมียอดเมฆในบริเวณพื้นที่ที่ต้องการศึกษามาทำการประมาณปริมาณฝนโดยใช้สมการความสัมพันธ์ที่คำนวณได้

5.1.4 ทำการประมาณปริมาณฝนในบริเวณพื้นที่ที่ต้องการศึกษาในชั่วโมงถัดไปโดยใช้ขั้นตอน 1-3 อีกครั้ง

5.1.5 พัฒนาโปรแกรมแสดงการประมาณปริมาณฝนด้วยซอฟต์แวร์ที่สเปค

ซึ่งจากวิธีการประมาณปริมาณฝนโดยใช้ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ทำให้สามารถประมาณปริมาณฝนรายชั่วโมงในบริเวณพื้นที่ที่ต้องการศึกษาได้ และสามารถนำค่าปริมาณฝนรายชั่วโมงมารวมเป็นปริมาณฝนรายวันได้ ซึ่งค่าปริมาณฝนที่ประมาณได้นี้สามารถนำมาหาค่าปริมาณน้ำท่าในบริเวณพื้นที่ที่ต้องการศึกษา เพื่อตรวจสอบว่าปริมาณน้ำท่าที่ประมาณจากปริมาณฝนจะทำให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษาหรือไม่ ถ้าหากจะเกิดผลกระทบก็สามารถเตือนภัยได้อย่างทันเหตุการณ์

ตาราง 5.1 สมการความสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation: R^2) ในช่วงปริมาณน้ำฝน 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 มิลลิเมตร

ปริมาณ (มิลลิเมตร)	สมการความสัมพันธ์	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation : R^2)
20-40	$P = 2.1878 \times 10^{10} (T^{-3.712})$	0.681
40-60	$P = 1.0666 \times 10^7 (T^{-2.225})$	0.760
60-80	$P = 1.9995 \times 10^5 (T^{-1.357})$	0.814
80-100	$P = 20618 \times 10^2 (T^{-0.196})$	0.911

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาสามารถแบ่งข้อเสนอแนะได้เป็น 2 แนวทาง คือ

5.2.1 ข้อผิดพลาดของการศึกษา

5.2.1.1 การประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในงานวิจัยนี้ มีข้อจำกัดในการประมาณปริมาณฝน ไม่สามารถประมาณปริมาณฝนที่มีขนาดน้อยได้ดีนัก ควรมีการศึกษาการประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเพิ่มเติม ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาในส่วนนี้ในประเทศไทย

5.2.1.2 ควรมีการเปรียบเทียบการตรวจวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน และหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ข้อมูลที่ตรวจวัดได้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

5.2.1.3 เนื่องจากข้อมูลจากดาวเทียม MTSAT-2 ที่นำมาใช้นั้นบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมงทำให้มีข้อมูลเป็นจำนวนมากจึงต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงเท่านั้น

5.2.2 แนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมจากการศึกษานี้

5.2.2.1 สมการความสัมพันธ์ เพื่อใช้ประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่ได้จากงานวิจัยนี้ เป็นการประมาณปริมาณฝนสำหรับประเทศไทย ถ้านำไปใช้ที่อื่นนอกเหนือจากประเทศไทย ควรตรวจสอบความน่าเชื่อถือของความสัมพันธ์ของการประมาณปริมาณฝนว่าค่าความผิดพลาดอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ในทางอุตุนิยมวิทยาหรือไม่

5.2.2.2 ควรมีการศึกษาการประมาณปริมาณฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ และนำข้อมูลจากเรดาร์ตรวจอากาศมาทำการคัดข้อมูลเฉพาะบางส่วนที่ไม่ใช่เมฆฝนออกไป จะทำให้การประมาณปริมาณฝนโดยดาวเทียมอุตุนิยมวิทยามีความถูกต้องมากขึ้น

5.2.2.3 ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเกิดฝน เช่น ลม เป็นต้น ควรจะนำมาประกอบใช้ในการประมาณปริมาณฝนให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2553). *ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับสภาพอากาศและดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา*.
[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <<http://www.tmd.go.th>> เข้าถึงเมื่อ 02 ตุลาคม 2553.
- _____. (2548). *ภูมิอากาศประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา.
- จنگลณี อยู่สบาย. (2539). *ฤดูมรสุมของประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา.
- จنگลณี อยู่สบาย. (2542). *การแปลสภาพถ่ายจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา*. กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา.
- จุไรพร แก้วทิพย์. (2541). *ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนเพื่อใช้ในแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชุดการเรียนรู้โลกและดาราศาสตร์. 2555. *วัฏจักรน้ำ*. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/LESA212/7/cycle_water/cycle_water/cycle_water.html> เข้าถึงเมื่อ 02 มกราคม 2555.
- ชัยภัทร เนื่องคำมา. (2550). *การนำเสนอข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านระบบเครือข่ายด้วยโปรแกรม Mapserver*. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://gotoknow.org/file/pkgsis_chula/pkinternetGIS2.pdf> เข้าถึงเมื่อ 30 ตุลาคม 2552.
- ณัฐพล จันทรแก้ว, อรุณ ลาวัณย์ประเสริฐ และสุเพชร จิระจรกุล (2552). *แบบจำลองทางสถิติเชิงพื้นที่สำหรับการคาดคะเนอุณหภูมิพื้นผิวภายนอกกรอบอาคาร กรณีศึกษา: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต*. กรุงเทพฯ: การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2551.
- ธีระพงษ์ เสาวภาคย์. (2539). *การประเมินน้ำฝนที่ทำให้เกิดอุทกภัยจากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ. (2544). *รายงานการวิจัยเรื่องการผลิตผลงานเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดมหาสารคาม*. มหาสารคาม: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ และธนิตเดช โรจนกุล. (2556). *การเฝ้าระวังและติดตามสถานการณ์น้ำด้วยเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์*. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 32(2), 246-256.
- ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ และพรทิพย์ บำรุงกลาง. (2550). *การศึกษาและเปรียบเทียบเทคนิคการหลอมรวมข้อมูลจากดาวเทียมเพื่อตรวจสอบวัตถุบนผิวโลก*. ใน *การประชุมวิชาการด้านเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติประจำปี 2550 วันที่ 28 พฤศจิกายน 2550 - 1 ธันวาคม 2550*. โรงแรมแอมบาสเดอร์, กรุงเทพฯ. หน้า 125-132.
- ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ. (2550). *การออกแบบคลังข้อมูลหมอยาพื้นบ้านผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเน็ทจีไอเอส*. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*. 13(8), 315-322.
- ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ. (2553). *หลักการรับรู้ระยะไกลและการใช้โปรแกรม ERDAS IMAGINE*. มหาสารคาม: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- ประเสริฐ อังสุรัตน์. (2537). *การประเมินปริมาณน้ำฝนในภาคเหนือของประเทศไทยจากข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- พรนภา ทองเทพ. (2552). *การประมาณปริมาณฝนด้วยข้อมูลดาวเทียมสำหรับภาคเหนือของประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาภูมิสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- มณฑล จิตเอื้ออารีกุล. (2547). *การประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียมสำหรับกรุงเทพมหานครในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มนัชา ชมธวัช. (2552). *เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับความปลอดภัยของ MySQL Server*. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://thaicert.nectec.or.th/paper/unix_linux/mysql.php> เข้าถึงเมื่อ 30 ตุลาคม 2552.
- วารสารอุตุนิยมวิทยา. (2554). [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.tmd.go.th/programs%5Cuploads%5Cmagazines%5Cmag3_2554.pdf> เข้าถึงเมื่อ 20 ตุลาคม 2554.
- วิทย์ วรคุปต์. (2542). ฝนในประเทศไทย. *วารสารชมรมนักอุทกวิทยา*. 3(1), 77-79.
- ศูนย์ความรู้กลาง กรมชลประทาน. (2555). *การแทรก (Interpolation) คืออะไร?*. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <[http://kmcenter.rid.go.th/kmc01/pdf/1/4/Interpolation \(Thai\).pdf](http://kmcenter.rid.go.th/kmc01/pdf/1/4/Interpolation%20(Thai).pdf)> เข้าถึงเมื่อ 20 ตุลาคม 2554.
- สมพงษ์ เลียงโรคาพาธ. (2552). *การรับรู้จากระยะไกลด้วยดาวเทียม*. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
- สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์. (2536). *หลักการเบื้องต้นของการสำรวจข้อมูลระยะไกลและการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2547). *ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ*. ม.ป.ท.: สยามเอ็มแอนด์บี พับลิชชิง.
- เจน อรุณสิทธิ์. (2550). *การประมาณปริมาณฝนด้วยดาวเทียมสำหรับลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภาในช่วงมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- โครงการการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ. (2555). *เมฆ หมอก และหยาดน้ำฟ้า*. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.rmutphysics.com/charud/specialnews/6/cloud/cloud_precip.htm> เข้าถึงเมื่อ 02 มกราคม 2555.
- Barret, E.C. and M.J. Beaumont. (1994). Satellite Rainfall Monitoring: An Overview. in *Remote Sensing Reviews*, p. 330-373. in Goel. N.S. and E.C. Barrett, eds. Satellite rainfall monitoring. Harwood Academic Publications, USA.
- Guillot, B. (1995). Satellite et Precipitations: Contraintes Techniques et Physiques, Analyse de Quelques methodes, Problemes de Recherche et de Validation. *Veille Climatique Satellitaire*, 55(7), 27-58.

- Herman, A., V.B. Kumar, P.A. Arkin and J.V. Kousky. (1997). Objectively Determined 10-day African Rainfall Estimates Created for Famine early Warning Systems. *Int. J. Rem. Sens*, 18(5), 2147-2159.
- Japan Association on Remote Sensing. (1993). *Remote Sensing Note*. Tokyo: Nihon Printing Co. Ltd. 284 pp.
- Kalnary, E. (2003). Atmospheric Modeling Data Assimilation and Predictability. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lam, N.S. (1983). Spatial interpolation methods review. *The American Cartographer*, 10(3), 129-149.
- Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer. (1994). *Remote sensing and image interpretation*. 3rd edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Metolorolical Satellite Center. (2010). *Conversion between Brightness Temperature and Radiance*. [Online] Acquired from <http://mscweb.kishou.go.jp/monitoring/gasics/ir/techinfo_mt1r.htm>
- Mohammedberhan, N. (1998). *Satellite based rainfall estimation over Eritrea*. M.S. thesis, The University of Reading.
- Morland, J., D. Grimes, G. Dugdale and T. Hewison. (1997). The effect of the and surface on microwave rainfall estimates. in *Proceedings of the 23rd Annual Conference and Exhibition of the Remote Sensing Society*, Reading. p. 493-498.
- Pornthip Bumrungklang, Songkot Dasananda, Dusadee Sukawat. (2010). An Analysis of Seasonal Thunderstorm Cloud Distribution and its Relation to Rainfall Occurrence in Thailand Using Remotely Sensed Data. *Suranaree Journal of Science & Technology*, 17(1), 71.
- Preusser, A. (1990). C1- and C2- interpolation on triangles with quintic and nonic bivariate polynomials. *ACM Transactions on Mathematical Software*, 16(5), 253-257.
- Spencer, R.W., H.M. Goodman and R.E. Hood. (1989). Precipitation retrieval over land and ocean with SSM/I: Identification and characteristics of the scattering signal. *J. Atmos. and Oceanic Tech*, 6(2), 254-273.
- Strahler, A.N. (1967). *Introduction to Physical Geography*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Toshiyuki Kurino. (1997). A Satellite Infrared Technique for Estimating' DEEP/ SHALLOW Precipitation. *Adv. Space Res*, 19(3), 511-514.

- Udomchoke, V. and P. Aungsuratana. (1995). The Prediction on Flood Induced Rainfall from Meteorological Satellite Data. in *The Second International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME Pattaya*, Thailand: Japan National Committee for GAME and National Research Council of Thailand. p. 347-351.
- Visit-Thailand.info. (2556). *Map of Thailand*. [Online] Acquired from <<http://www.visit-thailand.info/information/map-of-thailand.htm>>
- Watson, D.F. and G.M. Philip. (1985). A refinement of inverse distance weighted interpolation. *Geo-Processing*, 2(1), 315- 327.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน

ตารางภาคผนวก ก.1 ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน

รหัสสถานี	ลองจิจูด	ละติจูด	ชื่อสถานี
300201	97.83333333	19.30000000	Mae Hong Son
300202	97.93333333	18.16666667	Mae Sariang
303201	99.88138889	19.96138889	Chaing Rai
303301	99.78277778	19.87083333	Chaing Rai Agro
310201	99.92000000	19.15611111	Phayao
327301	99.00000000	18.91666667	Mae Jo Agro
327501	98.97255242	18.77127349	Chiang Mai
328201	99.50662315	18.27833712	Lampang
328202	99.24471617	17.63632357	Thern
328301	99.28333333	18.31666667	Lampang Agro
329201	99.03333333	18.56666667	Lamphun
330201	100.16666667	18.16666667	Phrae
331201	100.77777778	18.77972222	Nan
331301	100.75000000	18.86666667	Nan Agro
331401	100.80250000	19.11055556	Tha Wang Pha
331402	100.88611111	19.40805556	Thung Chang
351201	100.09565771	17.62480080	Uttaradit
352201	102.74734855	17.86513209	Nong Khai
353201	101.73064649	17.45289266	Loei
353301	101.72976673	17.40934968	Loei Agro
354201	102.80585289	17.37862229	Udon Thani
356201	104.13324594	17.15653539	Sakol Nakhon
356301	104.05000000	17.11666667	Sakol Nakhon
357201	104.77859616	17.41208553	Nakpon Phanom
357301	104.76977170	17.27785707	Nakpon Phanom Agro
373201	99.80000000	17.10000000	Sukhothai
373301	99.86666667	17.16666667	Sri Samrong Agro

ตาราง ก.1 (ต่อ)

รหัสสถานี	ลองจิจูด	ละติจูด	ชื่อสถานี
376201	99.00983333	16.87797222	Tak
376202	98.55083333	16.65916667	Mae Sot
376203	99.05305556	17.23333333	Phumibol Dam
376301	98.93333333	16.75000000	Doi Musor Agro
376401	98.86555556	16.01583333	Umphang
378201	100.27588069	16.79639518	Phitsanulok
379201	101.15000000	16.43333330	Phetchabun
379401	101.24666667	16.77361111	Lom Sak
379402	101.10833333	15.65694444	Wichian Buri
380201	99.52693820	16.48663759	Kampaeng Phet
381201	102.78567731	16.46255136	Khon Kaen
381301	102.82321215	16.33775890	Taphra Agro
383201	104.72505391	16.54304981	Mukdahan
386301	100.28550446	16.43776774	Pichit
387401	103.06805556	16.24722222	Kosum Phisai
388401	103.58833333	16.33250000	Kamalasai
400201	100.13550000	15.66997222	Nakhon Sawan
400301	100.53051353	15.34971356	Tak Pha Agro
402301	100.18333333	15.15000000	Chai Nat Agro
403201	102.02426255	15.80733597	Chaiyaphum
405201	103.68333333	16.05000000	Roi Et
405301	103.61666667	16.06666667	Roi Et Agro
407301	105.01959300	15.24048900	Ubon Ratcha Thani Agro
407501	104.87134695	15.24570823	Ubon Ratcha Thani

ตาราง ก.1 (ต่อ)

รหัสสถานี	ลองจิจุด	ละติจูด	ชื่อสถานี
409301	104.28431332	15.10857761	Sri Saket Agro
415301	100.72777778	14.53333333	Ayutthaya Agro
417201	101.38333333	14.21666667	Nakhonnayok
419301	100.63333333	14.11666667	Prathumtani Agro
423301	101.45783333	13.56580556	Chacoeng Sao Agro
424301	99.79750000	13.48722222	Ratchaburi Agro
425201	100.13333333	14.46666667	Suphanburi
425301	99.86666667	14.30000000	U Thong Agro
426201	100.61666667	14.80000000	Lopburi
426401	101.19086111	15.26494444	Bau Chum
429201	100.59944444	13.37722222	Bangkok Pilot
429601	100.76750000	13.68638889	Suwanphum
430201	101.37288889	14.04936111	Prachin Buri
430401	101.70797222	13.98450000	Kabin buri
431201	102.07666667	14.96277778	Nakhon Ratchasima
431301	101.31814420	14.64387953	Pak Chong
431401	102.16484249	14.73951101	Chok Chai
432201	103.49589407	14.87547755	Surin
432301	103.44917536	14.89242911	Surin Agro
432401	103.67916667	15.31944444	Tha Tum
436201	103.23333333	15.23333333	Burirum
436401	102.71786571	14.63303268	Nang Rong
440201	102.50763889	13.68733333	Aranyaprathet
440401	102.03597222	13.79038889	Sakaew

ตาราง ก.1 (ต่อ)

รหัสสถานี	ลองจิจูด	ละติจูด	ชื่อสถานี
450201	99.53333333	14.01666667	Kanchana Buri
450202	98.63638889	14.74222222	Thongphaphum
451301	99.96666667	14.01666667	Kampaeng Saen
455201	100.56000000	13.72638889	Bangkok
455301	100.61667000	13.66667000	Bang Na Agro
455601	100.60500000	13.91916700	Don Muang
459201	100.98566667	13.35391667	Chonburi
459202	100.80613889	13.16108333	Ko Sichang
459203	100.86944444	12.92000000	Pattaya
459204	100.98333333	12.68333333	Sattahip
465201	100.06666667	13.15000000	Petchaburi
478201	101.34583333	12.63472222	Rayong
478301	101.13333333	12.73333333	Huai Pong Agro
480201	102.10744444	12.60813889	Chantaburi
480301	102.17316667	12.50863889	Phlew Agro
500201	99.83333333	11.83333333	Prachap Khirikhan
500202	99.96000000	12.58611111	Hua Hin
500301	99.73333333	12.58333333	Nong Phlap
501201	102.88150000	11.77830556	Khlong Yai
517201	99.18333333	10.48333333	Chumporn
517301	99.10000000	10.33333333	Sawi Agro
532201	98.61666667	9.98333333	Ranong
551202	99.15194444	9.13555556	Surat Thani
551203	100.05000000	9.46666667	Ko Samui

ตาราง ก.1 (ต่อ)

รหัสสถานี	ลองจิจูด	ละติจูด	ชื่อสถานี
551301	99.66305556	9.13888889	Surat Thani Agro
551401	99.25500000	8.56583333	Prasaeng
552201	99.96666667	8.41666667	Nakhon Sithamarat
552301	100.08333333	8.33333333	Nakhon Sithamarat
552401	99.51194444	8.43194444	Chawang
560301	100.16666667	7.58333333	Pattalung Agro
561201	98.25222222	8.68416667	Takuapa
564201	98.40000000	7.88333333	Phuket
564501	98.31444444	8.11666667	Phuket
566201	99.05000000	7.53333333	Ko Lanta
566202	98.90666667	8.06250000	Krabi
567201	99.61666667	7.51666667	Trang
568301	100.50000000	7.01666667	Kho Hong Agro
568401	100.39416667	6.79555556	Sadao
568501	100.60472222	7.20388889	Songkla
568502	100.43333333	6.91666667	Hatyai
570201	100.08333333	6.65000000	Satun
580201	101.15000000	6.78333333	Pattani
581301	101.28333333	6.51666667	Yaal Agro
583201	101.81666667	6.41666667	NaraThiwas

ภาคผนวก ข
คำสั่งโปรแกรมแม่ทแลบ

ตาราง ข.1 คำสั่งโปรแกรมแมทแล็บ (IR1)

```

clear all;
close all;
clc;
outputDir = './outputIR1c';
%delete output folder
[status,message,messageid] = rmdir(outputDir,'s');
disp(message);
%create output folder
[status,message,messageid] = mkdir(outputDir);
disp(message);
%read pgm file from folder
pgmDir = input('Input your pgm directory: ','s');
calFile = input('Input your cal file: ','s');
x=500;
y=960;
w=221;
h=341;
isFilter = 0;
tempFilter = -40;
if(strcmp(input('Do you want to filter [yes|no]: ','s'),'yes'))
    isFilter = 1;
    tempFilter = input('Input filter temperature : ');
end
%cal lon and lat
startLon = (x/20)+70;
startLat = abs((y/20)-70);
endLon = ((x+w)/20)+70;
endLat = abs(((y+h)/20)-70);

```

ตาราง ข.1 (ต่อ)

```

%check cal file
calFID = fopen(calFile, 'r');
tline = fgetl(calFID);
ir1Temp = zeros(256,2);
ir2Temp = zeros(256,2);
ir3Temp = zeros(256,2);
ir4Temp = zeros(256,2);
j = 1;
while ischar(tline)
    line = textscan(tline, '%s','delimiter', ' ');
    keys = line{:};
    if strcmp(keys{2},'Temperature')
        len = length(keys);
        pix = str2double(strtrim(keys{len-2}));
        val = str2double(strtrim(keys{len}));
        if strcmp(keys{1},'IR1')
            ir1Temp(j,1) = pix;
            ir1Temp(j,2) = val;
        end
        if strcmp(keys{1},'IR2')
            ir2Temp(j,1) = pix;
            ir2Temp(j,2) = val;
        end
        if strcmp(keys{1},'IR3')
            ir3Temp(j,1) = pix;
            ir3Temp(j,2) = val;
        end
        if strcmp(keys{1},'IR4')

```


ตาราง ข.1 (ต่อ)

```

ir4Temp(j,1) = pix;
    ir4Temp(j,2) = val;
    end
    j = j + 1;
end
tline = fgetl(calFID);
end
fclose(calFID);
pgmFiles = dir(fullfile(pgmDir, '*.pgm'));
for i=1:length(pgmFiles)
    pgmName = pgmFiles(i).name;
    disp(strcat('==> ',pgmName));
    ir = regexp(pgmName, 'IR[0-9]', 'match');
    ir = ir{1,1};
    pgmCrop = imcrop(imread(fullfile(pgmDir,pgmName)),[x y w h]);
    %dlmwrite(fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm', '.txt')),pgmCrop);
    %save pgmCrop to file
    imwrite(pgmCrop,fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm', '_crop.pgm')));
    [cropH,cropW] = size(pgmCrop);
    %dlmwrite(fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm',
'_greyscale_short.txt')),reshape(pgmCrop,cropH*cropW,1));
    xyGrey = zeros(cropW*cropH,3);
    latRef = zeros(cropH,cropW);
    lonRef = zeros(cropH,cropW);
idx = 1;
    lat = startLat;
    for yP=1:cropH
        lon = startLon;

```

ตาราง ข.1 (ต่อ)

```
for xP=1:cropW
    latRef(yP,xP) = lat;
    lonRef(yP,xP) = lon;
    xyGrey(idx,1) = lat;
    xyGrey(idx,2) = lon;
    xyGrey(idx,3) = pgmCrop(yP,xP);
    idx = idx + 1;
    lon = lon + 0.05;
end
lat = lat - 0.05;
end
%dlmwrite(fullfile(outputDir,'latRef.txt'),latRef);
%dlmwrite(fullfile(outputDir,'lonRef.txt'),lonRef);
%dlmwrite(fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm', '_greyscale.txt')),xyGrey);
%pgmDouble = im2double(pgmCrop); pgmDouble = double(pgmCrop);
%replace temperature
if strcmp(ir,'IR1')
    pixTemp = ir1Temp;
end
if strcmp(ir,'IR2')
    pixTemp = ir2Temp;
end
if strcmp(ir,'IR3')
    pixTemp = ir3Temp;
end
if strcmp(ir,'IR4')
    pixTemp = ir4Temp;
end
```

ตาราง ข.1 (ต่อ)

```

for xP=1:cropW
    for yP=1:cropH
        val = pgmDouble(yP,xP);
        for k=1:length(pixTemp)
            if val == pixTemp(k,1)
                %disp(pgmDouble(yP,xP));
                %disp(pixTemp(k,2));
                %disp(pixTemp(k,2)-273);
                c = pixTemp(k,2) - 273;
                if(isFilter && c > tempFilter)
                    c = 0;
                end
                pgmDouble(yP,xP) = c;
                %disp(pgmDouble(yP,xP));
            end
        end
    end
end
end
%dlmwrite(fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm', '_xy2.txt')),pgmDouble);
%write jpg file
%figure1 = figure('Colormap',...
    %[0.502 0 0;0.5731 0 0;0.6443 0 0;0.7154 0 0;0.7866 0 0;0.8577 0 0;0.9289 0 0;1 0 0;1
    0.0625 0;1 0.125 0;1 0.1875 0;1 0.25 0;1 0.3125 0;1 0.375 0;1 0.4375 0;1 0.5 0;1 0.5625
    0;1 0.625 0;1 0.6875 0;1 0.75 0;1 0.8125 0;1 0.875 0;1 0.9375 0;1 1 0;0.9375 1
    0.0625;0.875 1 0.125;0.8125 1 0.1875;0.75 1 0.25;0.6875 1 0.3125;0.625 1 0.375;0.5625 1
    0.4375;0.5 1 0.5;0.4375 1 0.5625;0.375 1 0.625;0.3125 1 0.6875;0.25 1 0.75;0.1875 1
    0.8125;0.125 1 0.875;0.0625 1 0.9375;0 1 1;0 0.9375 1;0 0.875 1;0 0.8125 1;0 0.75 1;0
    0.6875 1;0 0.625 1;0 0.5625 1;0 0.5 1;0 0.4375 1;0 0.375 1;0 0.3125 1;0 0.25 1;0 0.1875

```

ตาราง ข.1 (ต่อ)

```

1;0 0.125 1;0 0.0625 1;0 0 1;0 0 0.9377;0 0 0.8755;0 0 0.8132;0 0 0.751;0 0 0.6887;0 0
0.6265;0 0 0.5642;0 0 0.502;1 1 1]);
    %imagesc (pgmDouble);
    %figure(gcf);
    %axis on;
    %axes1 = axesm('MapLatLimit',[startLat endLat]);
    %axes1 = axes('Visible','off','Parent',figure1,'YDir','reverse','Layer','top','CLim',[-70 40]);
    %bar = colorbar('location','EastOutside');
    %saveas(gcf,fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm', '.jpg')));
    %close(gcf);
%%[Z, refvec] = geoloc2grid(latRef, lonRef, pgmDouble, 0.05);
    %%f = figure;
    %%[cmap,clim] = demcmap(pgmDouble);
    %%set(f,'Colormap',[0.502 0 0;0.5731 0 0;0.6443 0 0;0.7154 0 0;0.7866 0 0;0.8577 0
0;0.9289 0 0;1 0 0;1 0.0625 0;1 0.125 0;1 0.1875 0;1 0.25 0;1 0.3125 0;1 0.375 0;1 0.4375
0;1 0.5 0;1 0.5625 0;1 0.625 0;1 0.6875 0;1 0.75 0;1 0.8125 0;1 0.875 0;1 0.9375 0;1 1
0;0.9375 1 0.0625;0.875 1 0.125;0.8125 1 0.1875;0.75 1 0.25;0.6875 1 0.3125;0.625 1
0.375;0.5625 1 0.4375;0.5 1 0.5;0.4375 1 0.5625;0.375 1 0.625;0.3125 1 0.6875;0.25 1
0.75;0.1875 1 0.8125;0.125 1 0.875;0.0625 1 0.9375;0 1 1;0 0.9375 1;0 0.875 1;0 0.8125
1;0 0.75 1;0 0.6875 1;0 0.625 1;0 0.5625 1;0 0.5 1;0 0.4375 1;0 0.375 1;0 0.3125 1;0 0.25
1;0 0.1875 1;0 0.125 1;0 0.0625 1;0 0 1;0 0 0.9377;0 0 0.8755;0 0 0.8132;0 0 0.751;0 0
0.6887;0 0 0.6265;0 0 0.5642;0 0 0.502;1 1 1]);
    %set(f,'Colormap',jet);
    %%ax = axesm('mercator','MapLatLimit',[startLat endLat],'MapLonLimit',[startLon
endLon],...
    %%'Grid','on','MeridianLabel','on','ParallelLabel','on');
    %%set(ax,'Visible','off');
    %%geoshow(latRef, lonRef, pgmDouble, 'DisplayType', 'texturemap');

```

ตาราง ข.1 (ต่อ)

```

%geoshow(Z, refvec, 'DisplayType', 'texturemap');
    %%colorbar('location','EastOutside');
%%saveas(f,fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm', '.jpg')));
    %%close(f);
    %save pgmDouble to file
    [doubleH,doubleW] = size(pgmDouble);
    %dlmwrite(fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm',
'_temperature_short.txt')),reshape(pgmDouble,doubleH*doubleW,1));
    %xyTemp = zeros(doubleW*doubleH,3);
    %idx = 1;
    %lat = startLat;
    %for xP=1:cropW
    %   lon = startLon;
    %   for yP=1:cropH
    %       xyTemp(idx,1) = lat;
    %       xyTemp(idx,2) = lon;
    %       xyTemp(idx,3) = pgmDouble(yP,xP);
    %       idx = idx + 1;
    %       lon = lon - 0.05;
    %   end
    %   lat = lat + 0.05;
    %end
    %dlmwrite(fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm', '_temperature.txt')),xyTemp);
end
clear all;
close all;
disp('Done');

```

ตาราง ข.1 (ต่อ)

```

clear all;
close all;
clc;
outputDir = './outputIR1c';
%delete output folder
[status,message,messageid] = rmdir(outputDir,'s');
disp(message);
%create output folder
[status,message,messageid] = mkdir(outputDir);
disp(message);
%read pgm file from folder
pgmDir = input('Input your pgm directory: ','s');
calFile = input('Input your cal file: ','s');
x=500;
y=960;
w=221;
h=341;
isFilter = 0;
tempFilter = -40;
if(strcmp(input('Do you want to filter [yes|no]: ','s'),'yes'))
    isFilter = 1;
    tempFilter = input('Input filter temperature : ');
end
%cal lon and lat
startLon = (x/20)+70;
startLat = abs((y/20)-70);
endLon = ((x+w)/20)+70;
endLat = abs(((y+h)/20)-70);

```

ตาราง ข.1 (ต่อ)

```
%check cal file
calFID = fopen(calFile, 'r');
tline = fgetl(calFID);
ir1Temp = zeros(256,2);
ir2Temp = zeros(256,2);
ir3Temp = zeros(256,2);
ir4Temp = zeros(256,2);
j = 1;
while ischar(tline)
    line = textscan(tline, '%s','delimiter', ' ');
    keys = line{:};
    if strcmp(keys{2},'Temperature')
        len = length(keys);
        pix = str2double(strtrim(keys{len-2}));
        val = str2double(strtrim(keys{len}));
        if strcmp(keys{1},'IR1')
            ir1Temp(j,1) = pix;
            ir1Temp(j,2) = val;
        end
        if strcmp(keys{1},'IR2')
            ir2Temp(j,1) = pix;
            ir2Temp(j,2) = val;
        end
        if strcmp(keys{1},'IR3')
            ir3Temp(j,1) = pix;
            ir3Temp(j,2) = val;
        end
        if strcmp(keys{1},'IR4')
```

ตาราง ข.1 (ต่อ)

```

ir4Temp(j,1) = pix;
    ir4Temp(j,2) = val;
    end
    j = j + 1;
end
tline = fgetl(calFID);
end
fclose(calFID);
pgmFiles = dir(fullfile(pgmDir, '*.pgm'));
for i=1:length(pgmFiles)
    pgmName = pgmFiles(i).name;
    disp(strcat('==> ',pgmName));
    ir = regexp(pgmName, 'IR[0-9]', 'match');
    ir = ir{1,1};
    pgmCrop = imcrop(imread(fullfile(pgmDir,pgmName)),[x y w h]);
    %dlmwrite(fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm', '.txt')),pgmCrop);
    %save pgmCrop to file
    imwrite(pgmCrop,fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm', '_crop.pgm')));
    [cropH,cropW] = size(pgmCrop);
    %dlmwrite(fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm',
'_greyscale_short.txt')),reshape(pgmCrop,cropH*cropW,1));
    xyGrey = zeros(cropW*cropH,3);
    latRef = zeros(cropH,cropW);
    lonRef = zeros(cropH,cropW);
idx = 1;
    lat = startLat;
    for yP=1:cropH
        lon = startLon;

```


ตาราง ข.1 (ต่อ)

```

for xP=1:cropW
    latRef(yP,xP) = lat;
    lonRef(yP,xP) = lon;
    xyGrey(idx,1) = lat;
    xyGrey(idx,2) = lon;
    xyGrey(idx,3) = pgmCrop(yP,xP);
    idx = idx + 1;
    lon = lon + 0.05;
end
lat = lat - 0.05;
end
%dlmwrite(fullfile(outputDir,'latRef.txt'),latRef);
%dlmwrite(fullfile(outputDir,'lonRef.txt'),lonRef);
%dlmwrite(fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm', '_greyscale.txt')),xyGrey);
%pgmDouble = im2double(pgmCrop); pgmDouble = double(pgmCrop);
%replace temperature
if strcmp(ir,'IR1')
    pixTemp = ir1Temp;
end
if strcmp(ir,'IR2')
    pixTemp = ir2Temp;
end
if strcmp(ir,'IR3')
    pixTemp = ir3Temp;
end
if strcmp(ir,'IR4')
    pixTemp = ir4Temp;
end

```

ตาราง ข.1 (ต่อ)

```

for xP=1:cropW
    for yP=1:cropH
        val = pgmDouble(yP,xP);
        for k=1:length(pixTemp)
            if val == pixTemp(k,1)
                %disp(pgmDouble(yP,xP));
                %disp(pixTemp(k,2));
                %disp(pixTemp(k,2)-273);
                c = pixTemp(k,2) - 273;
                if(isFilter && c > tempFilter)
                    c = 0;
                end
                pgmDouble(yP,xP) = c;
                %disp(pgmDouble(yP,xP));
            end
        end
    end
end
end
%dlmwrite(fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm', '_xy2.txt')),pgmDouble);
%write jpg file
%figure1 = figure('Colormap',...
    [0.502 0 0;0.5731 0 0;0.6443 0 0;0.7154 0 0;0.7866 0 0;0.8577 0 0;0.9289 0 0;1 0 0;1
    0.0625 0;1 0.125 0;1 0.1875 0;1 0.25 0;1 0.3125 0;1 0.375 0;1 0.4375 0;1 0.5 0;1 0.5625
    0;1 0.625 0;1 0.6875 0;1 0.75 0;1 0.8125 0;1 0.875 0;1 0.9375 0;1 1 0;0.9375 1
    0.0625;0.875 1 0.125;0.8125 1 0.1875;0.75 1 0.25;0.6875 1 0.3125;0.625 1 0.375;0.5625 1
    0.4375;0.5 1 0.5;0.4375 1 0.5625;0.375 1 0.625;0.3125 1 0.6875;0.25 1 0.75;0.1875 1
    0.8125;0.125 1 0.875;0.0625 1 0.9375;0 1 1;0 0.9375 1;0 0.875 1;0 0.8125 1;0 0.75 1;0
    0.6875 1;0 0.625 1;0 0.5625 1;0 0.5 1;0 0.4375 1;0 0.375 1;0 0.3125 1;0 0.25 1;0 0.1875

```

ตาราง ข.1 (ต่อ)

```

1;0 0.125 1;0 0.0625 1;0 0 1;0 0 0.9377;0 0 0.8755;0 0 0.8132;0 0 0.751;0 0 0.6887;0 0
0.6265;0 0 0.5642;0 0 0.502;1 1 1]);
    %imagesc (pgmDouble);
    %figure(gcf);
    %axis on;
    %axes1 = axesm('MapLatLimit',[startLat endLat]);
    %axes1 = axes('Visible','off','Parent',figure1,'YDir','reverse','Layer','top','CLim',[-70 40]);
    %bar = colorbar('location','EastOutside');
    %saveas(gcf,fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm', '.jpg')));
    %close(gcf);
%%[Z, refvec] = geoloc2grid(latRef, lonRef, pgmDouble, 0.05);
    %%f = figure;
    %%[cmap,clim] = demcmap(pgmDouble);
    %%set(f,'Colormap',[0.502 0 0;0.5731 0 0;0.6443 0 0;0.7154 0 0;0.7866 0 0;0.8577 0
0;0.9289 0 0;1 0 0;1 0.0625 0;1 0.125 0;1 0.1875 0;1 0.25 0;1 0.3125 0;1 0.375 0;1 0.4375
0;1 0.5 0;1 0.5625 0;1 0.625 0;1 0.6875 0;1 0.75 0;1 0.8125 0;1 0.875 0;1 0.9375 0;1 1
0;0.9375 1 0.0625;0.875 1 0.125;0.8125 1 0.1875;0.75 1 0.25;0.6875 1 0.3125;0.625 1
0.375;0.5625 1 0.4375;0.5 1 0.5;0.4375 1 0.5625;0.375 1 0.625;0.3125 1 0.6875;0.25 1
0.75;0.1875 1 0.8125;0.125 1 0.875;0.0625 1 0.9375;0 1 1;0 0.9375 1;0 0.875 1;0 0.8125
1;0 0.75 1;0 0.6875 1;0 0.625 1;0 0.5625 1;0 0.5 1;0 0.4375 1;0 0.375 1;0 0.3125 1;0 0.25
1;0 0.1875 1;0 0.125 1;0 0.0625 1;0 0 1;0 0 0.9377;0 0 0.8755;0 0 0.8132;0 0 0.751;0 0
0.6887;0 0 0.6265;0 0 0.5642;0 0 0.502;1 1 1]);
    %set(f,'Colormap',jet);
    %%ax = axesm('mercator','MapLatLimit',[startLat endLat],'MapLonLimit',[startLon
endLon],...
    %%'Grid','on','MeridianLabel','on','ParallelLabel','on');
    %%set(ax,'Visible','off');
    %%geoshow(latRef, lonRef, pgmDouble, 'DisplayType', 'texturemap');

```

ตาราง ข.1 (ต่อ)

```

%geoshow(Z, refvec, 'DisplayType', 'texturemap');
    %%colorbar('location','EastOutside');
%%saveas(f,fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm', '.jpg')));
    %%close(f);
    %save pgmDouble to file
    [doubleH,doubleW] = size(pgmDouble);
    %dlmwrite(fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm',
'_temperature_short.txt')),reshape(pgmDouble,doubleH*doubleW,1));
    %xyTemp = zeros(doubleW*doubleH,3);
    %idx = 1;
    %lat = startLat;
    %for xP=1:cropW
    %    lon = startLon;
    %    for yP=1:cropH
    %        xyTemp(idx,1) = lat;
    %        xyTemp(idx,2) = lon;
    %        xyTemp(idx,3) = pgmDouble(yP,xP);
    %        idx = idx + 1;
    %        lon = lon - 0.05;
    %    end
    %    lat = lat + 0.05;
    %end
    %dlmwrite(fullfile(outputDir,strrep(pgmName, '.pgm', '_temperature.txt')),xyTemp);
end
clear all;
close all;
disp('Done');

```

ภาคผนวก ค
คำสั่งโปรแกรม SML และ EML

คำสั่งโปรแกรม SML และ EML โดยคำสั่งของชุดโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาแสดงได้ดังนี้

ตาราง ค.1 คำสั่งโปรแกรม Insatall.bat

```

#####
COMMENT "Author : Teerawong Laosuwan";
COMMENT " Program name: install.bat";
COMMENT "Modified date: 2/10/2012";
#####
xcopy tempconvertIR1.mdl "C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging
9.1\etc\models"
xcopy tempconvertIR2.mdl "C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging
9.1\etc\models"
xcopy split_cirrus_nocirrus.mdl "C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging
9.1\etc\models"
xcopy split_cirrus_nocirrus_batch.mdl "C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial
Imaging 9.1\etc\models"
xcopy ii_toplevel.eml "C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging
9.1\scripts"
xcopy tempconvertIR1.eml "C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging
9.1\scripts"
xcopy tempconvertIR2.eml "C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging
9.1\scripts"
xcopy split_cirrus_nocirrus.eml "C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial Imaging
9.1\scripts"
xcopy split_cirrus_nocirrus_batch.eml "C:\Program Files\Leica Geosystems\Geospatial
Imaging 9.1\scripts"

```

ตาราง ค.1 (ต่อ)

```

#####
COMMENT "Author : Teerawong Laosuwan";
COMMENT " Program name: Convert temperature IR1";
COMMENT "Modified date: 2/10/2012";
#####
#
# set cell size for the model
#
SET CELLSIZE MIN;
#
# set window for the model
#
SET WINDOW UNION;
#
# set area of interest for the model
#
SET AOI NONE;
#
# declarations
#
Integer RASTER n1_mt1r06030600 FILE OLD NEAREST NEIGHBOR AOI NONE arg1;
Float RASTER n3_out FILE DELETE_IF_EXISTING IGNORE 0 ATHEMATIC FLOAT DOUBLE arg2;
#
# function definitions
#
n3_out = CONDITIONAL {
($n1_mt1r06030600==0) 329.941500,
($n1_mt1r06030600==1) 329.625500,
($n1_mt1r06030600==2) 329.309500,
($n1_mt1r06030600==3) 328.993500,
($n1_mt1r06030600==4) 328.677500,
($n1_mt1r06030600==5) 328.361500,
($n1_mt1r06030600==6) 328.045500,
($n1_mt1r06030600==7) 327.729500,
($n1_mt1r06030600==8) 327.410000,
($n1_mt1r06030600==9) 327.090000,
($n1_mt1r06030600==10) 326.770000,
($n1_mt1r06030600==11) 326.450000,
($n1_mt1r06030600==12) 326.130000,
($n1_mt1r06030600==13) 325.810000,

```

(\$n1_mt1r06030600==14) 325.490000,
(\$n1_mt1r06030600==15) 325.167414,
(\$n1_mt1r06030600==16) 324.840517,
(\$n1_mt1r06030600==17) 324.513621,
(\$n1_mt1r06030600==18) 324.186724,
(\$n1_mt1r06030600==19) 323.859828,
(\$n1_mt1r06030600==20) 323.532931,
(\$n1_mt1r06030600==21) 323.206034,
(\$n1_mt1r06030600==22) 322.878571,
(\$n1_mt1r06030600==23) 322.547143,
(\$n1_mt1r06030600==24) 322.215714,
(\$n1_mt1r06030600==25) 321.884286,
(\$n1_mt1r06030600==26) 321.552857,
(\$n1_mt1r06030600==27) 321.221429,
(\$n1_mt1r06030600==28) 320.890000,
(\$n1_mt1r06030600==29) 320.557778,
(\$n1_mt1r06030600==30) 320.220000,
(\$n1_mt1r06030600==31) 319.882222,
(\$n1_mt1r06030600==32) 319.544444,
(\$n1_mt1r06030600==33) 319.206667,
(\$n1_mt1r06030600==34) 318.868889,
(\$n1_mt1r06030600==35) 318.531111,
(\$n1_mt1r06030600==36) 318.191667,
(\$n1_mt1r06030600==37) 317.849444,
(\$n1_mt1r06030600==38) 317.507222,
(\$n1_mt1r06030600==39) 317.165000,
(\$n1_mt1r06030600==40) 316.822778,
(\$n1_mt1r06030600==41) 316.480556,
(\$n1_mt1r06030600==42) 316.138333,
(\$n1_mt1r06030600==43) 315.791731,
(\$n1_mt1r06030600==44) 315.442500,
(\$n1_mt1r06030600==45) 315.093269,
(\$n1_mt1r06030600==46) 314.744038,
(\$n1_mt1r06030600==47) 314.394808,
(\$n1_mt1r06030600==48) 314.045577,
(\$n1_mt1r06030600==49) 313.695600,
(\$n1_mt1r06030600==50) 313.340400,
(\$n1_mt1r06030600==51) 312.985200,
(\$n1_mt1r06030600==52) 312.630000,
(\$n1_mt1r06030600==53) 312.274800,
(\$n1_mt1r06030600==54) 311.919600,
(\$n1_mt1r06030600==55) 311.564400,

(\$n1_mt1r06030600==56) 311.203600,
(\$n1_mt1r06030600==57) 310.842000,
(\$n1_mt1r06030600==58) 310.480400,
(\$n1_mt1r06030600==59) 310.118800,
(\$n1_mt1r06030600==60) 309.757200,
(\$n1_mt1r06030600==61) 309.395600,
(\$n1_mt1r06030600==62) 309.030833,
(\$n1_mt1r06030600==63) 308.664167,
(\$n1_mt1r06030600==64) 308.297500,
(\$n1_mt1r06030600==65) 307.930833,
(\$n1_mt1r06030600==66) 307.564167,
(\$n1_mt1r06030600==67) 307.197500,
(\$n1_mt1r06030600==68) 306.826304,
(\$n1_mt1r06030600==69) 306.452391,
(\$n1_mt1r06030600==70) 306.078478,
(\$n1_mt1r06030600==71) 305.704565,
(\$n1_mt1r06030600==72) 305.330652,
(\$n1_mt1r06030600==73) 304.956739,
(\$n1_mt1r06030600==74) 304.576739,
(\$n1_mt1r06030600==75) 304.195870,
(\$n1_mt1r06030600==76) 303.815000,
(\$n1_mt1r06030600==77) 303.434130,
(\$n1_mt1r06030600==78) 303.053261,
(\$n1_mt1r06030600==79) 302.671591,
(\$n1_mt1r06030600==80) 302.284318,
(\$n1_mt1r06030600==81) 301.897045,
(\$n1_mt1r06030600==82) 301.509773,
(\$n1_mt1r06030600==83) 301.122500,
(\$n1_mt1r06030600==84) 300.735227,
(\$n1_mt1r06030600==85) 300.343571,
(\$n1_mt1r06030600==86) 299.949286,
(\$n1_mt1r06030600==87) 299.555000,
(\$n1_mt1r06030600==88) 299.160714,
(\$n1_mt1r06030600==89) 298.766429,
(\$n1_mt1r06030600==90) 298.369286,
(\$n1_mt1r06030600==91) 297.967381,
(\$n1_mt1r06030600==92) 297.565476,
(\$n1_mt1r06030600==93) 297.163571,
(\$n1_mt1r06030600==94) 296.761667,
(\$n1_mt1r06030600==95) 295.359000,
(\$n1_mt1r06030600==96) 295.951000,
(\$n1_mt1r06030600==97) 295.543000,

(\$n1_mt1r06030600==98) 295.135000,
(\$n1_mt1r06030600==99) 294.727000,
(\$n1_mt1r06030600==100) 294.318000,
(\$n1_mt1r06030600==101) 293.902000,
(\$n1_mt1r06030600==102) 293.486000,
(\$n1_mt1r06030600==103) 293.090000,
(\$n1_mt1r06030600==104) 292.654000,
(\$n1_mt1r06030600==105) 292.236842,
(\$n1_mt1r06030600==106) 291.811579,
(\$n1_mt1r06030600==107) 291.386316,
(\$n1_mt1r06030600==108) 290.961053,
(\$n1_mt1r06030600==109) 290.535789,
(\$n1_mt1r06030600==110) 290.108158,
(\$n1_mt1r06030600==111) 289.676579,
(\$n1_mt1r06030600==112) 289.245000,
(\$n1_mt1r06030600==113) 288.813421,
(\$n1_mt1r06030600==114) 288.381842,
(\$n1_mt1r06030600==115) 287.945000,
(\$n1_mt1r06030600==116) 287.505000,
(\$n1_mt1r06030600==117) 287.065000,
(\$n1_mt1r06030600==118) 286.625000,
(\$n1_mt1r06030600==119) 286.183889,
(\$n1_mt1r06030600==120) 285.735000,
(\$n1_mt1r06030600==121) 285.286111,
(\$n1_mt1r06030600==122) 284.837222,
(\$n1_mt1r06030600==123) 284.388333,
(\$n1_mt1r06030600==124) 283.933235,
(\$n1_mt1r06030600==125) 283.474412,
(\$n1_mt1r06030600==126) 283.015588,
(\$n1_mt1r06030600==127) 282.556765,
(\$n1_mt1r06030600==128) 282.094412,
(\$n1_mt1r06030600==129) 281.626176,
(\$n1_mt1r06030600==130) 281.157941,
(\$n1_mt1r06030600==131) 280.689706,
(\$n1_mt1r06030600==132) 280.220625,
(\$n1_mt1r06030600==133) 279.745625,
(\$n1_mt1r06030600==134) 279.270625,
(\$n1_mt1r06030600==135) 278.795625,
(\$n1_mt1r06030600==136) 278.319375,
(\$n1_mt1r06030600==137) 277.834375,
(\$n1_mt1r06030600==138) 277.349375,
(\$n1_mt1r06030600==139) 276.864375,

(\$n1_mt1r06030600==140) 276.378000,
(\$n1_mt1r06030600==141) 275.882000,
(\$n1_mt1r06030600==142) 275.386000,
(\$n1_mt1r06030600==143) 274.890000,
(\$n1_mt1r06030600==144) 274.390000,
(\$n1_mt1r06030600==145) 273.883333,
(\$n1_mt1r06030600==146) 273.376667,
(\$n1_mt1r06030600==147) 272.870000,
(\$n1_mt1r06030600==148) 272.358571,
(\$n1_mt1r06030600==149) 271.844286,
(\$n1_mt1r06030600==150) 271.330000,
(\$n1_mt1r06030600==151) 270.814286,
(\$n1_mt1r06030600==152) 270.288571,
(\$n1_mt1r06030600==153) 269.762857,
(\$n1_mt1r06030600==154) 269.237143,
(\$n1_mt1r06030600==155) 268.703462,
(\$n1_mt1r06030600==156) 268.165000,
(\$n1_mt1r06030600==157) 267.626538,
(\$n1_mt1r06030600==158) 267.084615,
(\$n1_mt1r06030600==159) 266.536923,
(\$n1_mt1r06030600==160) 265.989231,
(\$n1_mt1r06030600==161) 265.440000,
(\$n1_mt1r06030600==162) 264.880000,
(\$n1_mt1r06030600==163) 264.320000,
(\$n1_mt1r06030600==164) 263.760000,
(\$n1_mt1r06030600==165) 263.191250,
(\$n1_mt1r06030600==166) 262.621250,
(\$n1_mt1r06030600==167) 262.051250,
(\$n1_mt1r06030600==168) 261.469583,
(\$n1_mt1r06030600==169) 260.886250,
(\$n1_mt1r06030600==170) 260.302917,
(\$n1_mt1r06030600==171) 259.707917,
(\$n1_mt1r06030600==172) 259.111250,
(\$n1_mt1r06030600==173) 258.514583,
(\$n1_mt1r06030600==174) 257.905455,
(\$n1_mt1r06030600==175) 257.294545,
(\$n1_mt1r06030600==176) 256.682273,
(\$n1_mt1r06030600==177) 256.682273,
(\$n1_mt1r06030600==178) 255.438636,
(\$n1_mt1r06030600==179) 254.811364,
(\$n1_mt1r06030600==180) 254.175000,
(\$n1_mt1r06030600==181) 253.538636,

(\$n1_mt1r06030600==182) 252.895000,
(\$n1_mt1r06030600==183) 252.247000,
(\$n1_mt1r06030600==184) 251.596500,
(\$n1_mt1r06030600==185) 250.928500,
(\$n1_mt1r06030600==186) 250.260500,
(\$n1_mt1r06030600==187) 249.585000,
(\$n1_mt1r06030600==188) 248.905000,
(\$n1_mt1r06030600==189) 248.223333,
(\$n1_mt1r06030600==190) 247.530000,
(\$n1_mt1r06030600==191) 246.836667,
(\$n1_mt1r06030600==192) 246.127778,
(\$n1_mt1r06030600==193) 245.416667,
(\$n1_mt1r06030600==194) 244.694444,
(\$n1_mt1r06030600==195) 243.965556,
(\$n1_mt1r06030600==196) 243.230625,
(\$n1_mt1r06030600==197) 242.485625,
(\$n1_mt1r06030600==198) 241.735000,
(\$n1_mt1r06030600==199) 240.975000,
(\$n1_mt1r06030600==200) 240.207500,
(\$n1_mt1r06030600==201) 239.427500,
(\$n1_mt1r06030600==202) 238.641875,
(\$n1_mt1r06030600==203) 237.846875,
(\$n1_mt1r06030600==204) 237.043571,
(\$n1_mt1r06030600==205) 236.226429,
(\$n1_mt1r06030600==206) 235.398571,
(\$n1_mt1r06030600==207) 234.564286,
(\$n1_mt1r06030600==208) 233.715000,
(\$n1_mt1r06030600==209) 232.860000,
(\$n1_mt1r06030600==210) 231.980000,
(\$n1_mt1r06030600==211) 231.095000,
(\$n1_mt1r06030600==212) 230.201667,
(\$n1_mt1r06030600==213) 229.285000,
(\$n1_mt1r06030600==214) 228.360000,
(\$n1_mt1r06030600==215) 227.426667,
(\$n1_mt1r06030600==216) 226.464167,
(\$n1_mt1r06030600==217) 225.490000,
(\$n1_mt1r06030600==218) 224.503333,
(\$n1_mt1r06030600==219) 223.498000,
(\$n1_mt1r06030600==220) 222.475000,
(\$n1_mt1r06030600==221) 222.431000,
(\$n1_mt1r06030600==222) 220.365000,
(\$n1_mt1r06030600==223) 219.285000,

```
($n1_mt1r06030600==224) 218.170000,  
($n1_mt1r06030600==225) 217.035000,  
($n1_mt1r06030600==226) 215.881250,  
($n1_mt1r06030600==227) 214.700000,  
($n1_mt1r06030600==228) 213.488750,  
($n1_mt1r06030600==229) 212.247500,  
($n1_mt1r06030600==230) 210.972500,  
($n1_mt1r06030600==231) 209.661250,  
($n1_mt1r06030600==232) 208.316250,  
($n1_mt1r06030600==233) 206.935000,  
($n1_mt1r06030600==234) 205.510000,  
($n1_mt1r06030600==235) 204.041670,  
($n1_mt1r06030600==236) 202.515000,  
($n1_mt1r06030600==237) 200.938333,  
($n1_mt1r06030600==238) 199.300000,  
($n1_mt1r06030600==239) 197.600000,  
($n1_mt1r06030600==240) 195.825000,  
($n1_mt1r06030600==241) 193.975000,  
($n1_mt1r06030600==242) 192.027500,  
($n1_mt1r06030600==243) 189.972500,  
($n1_mt1r06030600==244) 187.807500,  
($n1_mt1r06030600==245) 185.505000,  
($n1_mt1r06030600==246) 183.050000,  
($n1_mt1r06030600==247) 180.405000,  
($n1_mt1r06030600==248) 177.525000,  
($n1_mt1r06030600==249) 174.365000,  
($n1_mt1r06030600==250) 170.850000,  
($n1_mt1r06030600==251) 166.855000,  
($n1_mt1r06030600==252) 162.190000,  
($n1_mt1r06030600==253) 156.500000,  
($n1_mt1r06030600==254) 149.010000,  
($n1_mt1r06030600==255) 137.285000};  
QUIT;
```

ตาราง ค.2 คำสั่งโปรแกรม tempconvertIR2.mdl

```

#####
COMMENT "Author : Teerawong Laosuwan";
COMMENT " Program name: Convert temperature IR2";
COMMENT "Modified date: 2/10/2012";
#####
#
# set cell size for the model
#
SET CELLSIZE MIN;
#
# set window for the model
#
SET WINDOW UNION;
#
# set area of interest for the model
#
SET AOI NONE;
#
# declarations
#
Integer RASTER n1_mt1r06030600 FILE OLD NEAREST NEIGHBOR AOI NONE arg1;
Float RASTER n3_out FILE DELETE_IF_EXISTING IGNORE 0 ATHEMATIC FLOAT DOUBLE
arg2;
#
# function definitions
#
n3_out = CONDITIONAL {
($n1_mt1r06030600==0) 329.940000,
($n1_mt1r06030600==1) 329.593333,
($n1_mt1r06030600==2) 329.246667,
($n1_mt1r06030600==3) 328.900000,
($n1_mt1r06030600==4) 328.553333,
($n1_mt1r06030600==5) 328.206667,
($n1_mt1r06030600==6) 327.860000,
($n1_mt1r06030600==7) 327.513333,

```

(\$n1_mt1r06030600==8) 327.161034,
(\$n1_mt1r06030600==9) 326.807931,
(\$n1_mt1r06030600==10) 326.454828,
(\$n1_mt1r06030600==11) 326.101724,
(\$n1_mt1r06030600==12) 325.748621,
(\$n1_mt1r06030600==13) 325.395517,
(\$n1_mt1r06030600==14) 325.042414,
(\$n1_mt1r06030600==15) 324.686724,
(\$n1_mt1r06030600==16) 324.329483,
(\$n1_mt1r06030600==17) 323.972241,
(\$n1_mt1r06030600==18) 323.615000,
(\$n1_mt1r06030600==19) 323.257759,
(\$n1_mt1r06030600==20) 322.900517,
(\$n1_mt1r06030600==21) 322.543276,
(\$n1_mt1r06030600==22) 322.183929,
(\$n1_mt1r06030600==23) 321.821071,
(\$n1_mt1r06030600==24) 321.458214,
(\$n1_mt1r06030600==25) 321.095357,
(\$n1_mt1r06030600==26) 320.732500,
(\$n1_mt1r06030600==27) 320.369643,
(\$n1_mt1r06030600==28) 320.006786,
(\$n1_mt1r06030600==29) 319.641667,
(\$n1_mt1r06030600==30) 319.272778,
(\$n1_mt1r06030600==31) 318.903889,
(\$n1_mt1r06030600==32) 318.535000,
(\$n1_mt1r06030600==33) 318.166111,
(\$n1_mt1r06030600==34) 317.797222,
(\$n1_mt1r06030600==35) 317.428333,
(\$n1_mt1r06030600==36) 317.055741,
(\$n1_mt1r06030600==37) 316.680926,
(\$n1_mt1r06030600==38) 316.306111,
(\$n1_mt1r06030600==39) 315.931296,
(\$n1_mt1r06030600==40) 315.556481,
(\$n1_mt1r06030600==41) 315.181667,
(\$n1_mt1r06030600==42) 314.806852,
(\$n1_mt1r06030600==43) 314.427500,
(\$n1_mt1r06030600==44) 314.047500,

(\$n1_mt1r06030600==45) 313.667500,
(\$n1_mt1r06030600==46) 313.287500,
(\$n1_mt1r06030600==47) 312.907500,
(\$n1_mt1r06030600==48) 312.527500,
(\$n1_mt1r06030600==49) 312.144800,
(\$n1_mt1r06030600==50) 311.757600,
(\$n1_mt1r06030600==51) 311.370400,
(\$n1_mt1r06030600==52) 310.983200,
(\$n1_mt1r06030600==53) 310.596000,
(\$n1_mt1r06030600==54) 310.208800,
(\$n1_mt1r06030600==55) 309.821042,
(\$n1_mt1r06030600==56) 309.429375,
(\$n1_mt1r06030600==57) 309.037708,
(\$n1_mt1r06030600==58) 308.646042,
(\$n1_mt1r06030600==59) 308.254375,
(\$n1_mt1r06030600==60) 307.862708,
(\$n1_mt1r06030600==61) 307.470000,
(\$n1_mt1r06030600==62) 307.070000,
(\$n1_mt1r06030600==63) 306.670000,
(\$n1_mt1r06030600==64) 306.270000,
(\$n1_mt1r06030600==65) 305.870000,
(\$n1_mt1r06030600==66) 305.470000,
(\$n1_mt1r06030600==67) 305.069348,
(\$n1_mt1r06030600==68) 304.664130,
(\$n1_mt1r06030600==69) 304.258913,
(\$n1_mt1r06030600==70) 303.853696,
(\$n1_mt1r06030600==71) 303.448478,
(\$n1_mt1r06030600==72) 303.043261,
(\$n1_mt1r06030600==73) 302.635435,
(\$n1_mt1r06030600==74) 302.223261,
(\$n1_mt1r06030600==75) 301.811087,
(\$n1_mt1r06030600==76) 301.398913,
(\$n1_mt1r06030600==77) 300.986739,
(\$n1_mt1r06030600==78) 300.574565,
(\$n1_mt1r06030600==79) 300.158636,
(\$n1_mt1r06030600==80) 299.740455,
(\$n1_mt1r06030600==81) 299.322273,

(\$n1_mt1r06030600==82) 298.904091,
(\$n1_mt1r06030600==83) 298.485909,
(\$n1_mt1r06030600==84) 298.066667,
(\$n1_mt1r06030600==85) 297.640000,
(\$n1_mt1r06030600==86) 297.213333,
(\$n1_mt1r06030600==87) 296.786667,
(\$n1_mt1r06030600==88) 296.360000,
(\$n1_mt1r06030600==89) 295.933333,
(\$n1_mt1r06030600==90) 295.501667,
(\$n1_mt1r06030600==91) 295.069286,
(\$n1_mt1r06030600==92) 294.636905,
(\$n1_mt1r06030600==93) 294.204524,
(\$n1_mt1r06030600==94) 293.772143,
(\$n1_mt1r06030600==95) 293.335000,
(\$n1_mt1r06030600==96) 292.895000,
(\$n1_mt1r06030600==97) 292.455000,
(\$n1_mt1r06030600==98) 292.015000,
(\$n1_mt1r06030600==99) 291.575000,
(\$n1_mt1r06030600==100) 291.130000,
(\$n1_mt1r06030600==101) 290.682000,
(\$n1_mt1r06030600==102) 290.234000,
(\$n1_mt1r06030600==103) 289.786000,
(\$n1_mt1r06030600==104) 289.338000,
(\$n1_mt1r06030600==105) 288.884474,
(\$n1_mt1r06030600==106) 288.427632,
(\$n1_mt1r06030600==107) 287.970789,
(\$n1_mt1r06030600==108) 287.513947,
(\$n1_mt1r06030600==109) 287.057105,
(\$n1_mt1r06030600==110) 286.594737,
(\$n1_mt1r06030600==111) 286.131579,
(\$n1_mt1r06030600==112) 285.668421,
(\$n1_mt1r06030600==113) 285.205263,
(\$n1_mt1r06030600==114) 284.740833,
(\$n1_mt1r06030600==115) 284.267500,
(\$n1_mt1r06030600==116) 283.794167,
(\$n1_mt1r06030600==117) 283.320833,
(\$n1_mt1r06030600==118) 282.847500,

(\$n1_mt1r06030600==119) 282.370000,
(\$n1_mt1r06030600==120) 281.890000,
(\$n1_mt1r06030600==121) 281.410000,
(\$n1_mt1r06030600==122) 280.930000,
(\$n1_mt1r06030600==123) 280.448824,
(\$n1_mt1r06030600==124) 279.959412,
(\$n1_mt1r06030600==125) 279.470000,
(\$n1_mt1r06030600==126) 278.980588,
(\$n1_mt1r06030600==127) 278.491176,
(\$n1_mt1r06030600==128) 277.993529,
(\$n1_mt1r06030600==129) 277.494706,
(\$n1_mt1r06030600==130) 276.995882,
(\$n1_mt1r06030600==131) 276.497059,
(\$n1_mt1r06030600==132) 275.992813,
(\$n1_mt1r06030600==133) 275.485312,
(\$n1_mt1r06030600==134) 274.977812,
(\$n1_mt1r06030600==135) 274.470312,
(\$n1_mt1r06030600==136) 273.956562,
(\$n1_mt1r06030600==137) 273.439062,
(\$n1_mt1r06030600==138) 272.921562,
(\$n1_mt1r06030600==139) 272.404062,
(\$n1_mt1r06030600==140) 271.880000,
(\$n1_mt1r06030600==141) 271.352000,
(\$n1_mt1r06030600==142) 270.824000,
(\$n1_mt1r06030600==143) 270.296000,
(\$n1_mt1r06030600==144) 269.758667,
(\$n1_mt1r06030600==145) 269.220000,
(\$n1_mt1r06030600==146) 268.681333,
(\$n1_mt1r06030600==147) 268.141786,
(\$n1_mt1r06030600==148) 267.596071,
(\$n1_mt1r06030600==149) 267.050357,
(\$n1_mt1r06030600==150) 266.504643,
(\$n1_mt1r06030600==151) 265.951786,
(\$n1_mt1r06030600==152) 265.394643,
(\$n1_mt1r06030600==153) 264.837500,
(\$n1_mt1r06030600==154) 264.278846,
(\$n1_mt1r06030600==155) 263.709615,

(\$n1_mt1r06030600==156) 263.140385,
(\$n1_mt1r06030600==157) 262.571154,
(\$n1_mt1r06030600==158) 261.991154,
(\$n1_mt1r06030600==159) 261.409615,
(\$n1_mt1r06030600==160) 260.828077,
(\$n1_mt1r06030600==161) 260.240769,
(\$n1_mt1r06030600==162) 259.650000,
(\$n1_mt1r06030600==163) 259.059231,
(\$n1_mt1r06030600==164) 258.465000,
(\$n1_mt1r06030600==165) 257.865000,
(\$n1_mt1r06030600==166) 257.265000,
(\$n1_mt1r06030600==167) 256.658750,
(\$n1_mt1r06030600==168) 256.042083,
(\$n1_mt1r06030600==169) 255.425417,
(\$n1_mt1r06030600==170) 254.805000,
(\$n1_mt1r06030600==171) 254.178333,
(\$n1_mt1r06030600==172) 253.551667,
(\$n1_mt1r06030600==173) 252.920000,
(\$n1_mt1r06030600==174) 252.280000,
(\$n1_mt1r06030600==175) 251.640000,
(\$n1_mt1r06030600==176) 250.990909,
(\$n1_mt1r06030600==177) 250.336364,
(\$n1_mt1r06030600==178) 249.681818,
(\$n1_mt1r06030600==179) 249.017727,
(\$n1_mt1r06030600==180) 248.352273,
(\$n1_mt1r06030600==181) 247.685000,
(\$n1_mt1r06030600==182) 247.005000,
(\$n1_mt1r06030600==183) 246.325000,
(\$n1_mt1r06030600==184) 245.635000,
(\$n1_mt1r06030600==185) 244.939000,
(\$n1_mt1r06030600==186) 244.241500,
(\$n1_mt1r06030600==187) 243.533500,
(\$n1_mt1r06030600==188) 242.825500,
(\$n1_mt1r06030600==189) 242.104444,
(\$n1_mt1r06030600==190) 241.375556,
(\$n1_mt1r06030600==191) 240.643333,
(\$n1_mt1r06030600==192) 239.905556,

(\$n1_mt1r06030600==193) 239.165556,
(\$n1_mt1r06030600==194) 238.410000,
(\$n1_mt1r06030600==195) 237.654444,
(\$n1_mt1r06030600==196) 236.879444,
(\$n1_mt1r06030600==197) 236.101667,
(\$n1_mt1r06030600==198) 235.316250,
(\$n1_mt1r06030600==199) 234.526250,
(\$n1_mt1r06030600==200) 233.726875,
(\$n1_mt1r06030600==201) 232.921875,
(\$n1_mt1r06030600==202) 232.101250,
(\$n1_mt1r06030600==203) 231.271250,
(\$n1_mt1r06030600==204) 230.431429,
(\$n1_mt1r06030600==205) 229.585714,
(\$n1_mt1r06030600==206) 228.725000,
(\$n1_mt1r06030600==207) 227.859286,
(\$n1_mt1r06030600==208) 226.973571,
(\$n1_mt1r06030600==209) 226.081429,
(\$n1_mt1r06030600==210) 225.178571,
(\$n1_mt1r06030600==211) 224.261429,
(\$n1_mt1r06030600==212) 223.335714,
(\$n1_mt1r06030600==213) 222.391667,
(\$n1_mt1r06030600==214) 221.437500,
(\$n1_mt1r06030600==215) 220.470833,
(\$n1_mt1r06030600==216) 219.480833,
(\$n1_mt1r06030600==217) 218.480000,
(\$n1_mt1r06030600==218) 217.466667,
(\$n1_mt1r06030600==219) 216.430000,
(\$n1_mt1r06030600==220) 215.375000,
(\$n1_mt1r06030600==221) 214.302000,
(\$n1_mt1r06030600==222) 213.211000,
(\$n1_mt1r06030600==223) 212.099000,
(\$n1_mt1r06030600==224) 210.959000,
(\$n1_mt1r06030600==225) 209.800000,
(\$n1_mt1r06030600==226) 208.620000,
(\$n1_mt1r06030600==227) 207.415000,
(\$n1_mt1r06030600==228) 206.172500,
(\$n1_mt1r06030600==229) 204.908750,

```
($n1_mt1r06030600==230) 203.615000,  
($n1_mt1r06030600==231) 202.290000,  
($n1_mt1r06030600==232) 200.925000,  
($n1_mt1r06030600==233) 199.520000,  
($n1_mt1r06030600==234) 198.070000,  
($n1_mt1r06030600==235) 196.586667,  
($n1_mt1r06030600==236) 195.053333,  
($n1_mt1r06030600==237) 193.460000,  
($n1_mt1r06030600==238) 191.816667,  
($n1_mt1r06030600==239) 190.110000,  
($n1_mt1r06030600==240) 188.330000,  
($n1_mt1r06030600==241) 186.482500,  
($n1_mt1r06030600==242) 184.540000,  
($n1_mt1r06030600==243) 182.507500,  
($n1_mt1r06030600==244) 180.362500,  
($n1_mt1r06030600==245) 178.095000,  
($n1_mt1r06030600==246) 175.680000,  
($n1_mt1r06030600==247) 173.090000,  
($n1_mt1r06030600==248) 170.295000,  
($n1_mt1r06030600==249) 167.250000,  
($n1_mt1r06030600==250) 163.885000,  
($n1_mt1r06030600==251) 160.105000,  
($n1_mt1r06030600==252) 155.760000,  
($n1_mt1r06030600==253) 150.590000,  
($n1_mt1r06030600==254) 144.075000,  
($n1_mt1r06030600==255) 134.855000};  
QUIT;
```

ตาราง ค.3 คำสั่งโปรแกรม Split_windows.mdl

```

#####
COMMENT "Author : Teerawong Laosuwan";
COMMENT " Program name: Split_windows.mdl";
COMMENT "Modified date: 2/10/2012";
#####
# Split Windows T11-T12 (IR1-IR2) and get NO Cirrus cloud
# Get value of Cirrus
# IR1
# IR2
# IR1-IR2
# Get no cirrus cloud
# Get value of no cirrus cloud
#
# set cell size for the model
#
SET CELLSIZE MIN;
#
# set window for the model
#
SET WINDOW UNION;
#
# set area of interest for the model
#
SET AOI NONE;
#
# declarations
#
Integer RASTER n1_ir1_gcp_07jan_04 FILE OLD NEAREST NEIGHBOR AOI NONE arg1;
Integer RASTER n2_ir2_gcp_07jan_04 FILE OLD NEAREST NEIGHBOR AOI NONE arg2;
Float RASTER n4_temp;
Float RASTER n6_cirrus_jan4 FILE NEW IGNORE 0 ATHEMATIC FLOAT DOUBLE arg4;
Float RASTER n18_no_cirrus_jan4 FILE NEW IGNORE 0 ATHEMATIC FLOAT DOUBLE arg3;
Float RASTER n23_warmcloud_jan4 FILE NEW IGNORE 0 ATHEMATIC FLOAT DOUBLE
arg5;
#

```

```
# function definitions
#
#define n24_memory Float($n1_ir1_gcp_07jan_04 < 283)
#define n25_memory Float($n1_ir1_gcp_07jan_04 * $n24_memory)
n4_temp = ($n1_ir1_gcp_07jan_04-$n2_ir2_gcp_07jan_04) > 1.5 AND
($n1_ir1_gcp_07jan_04 < 250);
#define n21_memory Float(NOT $n4_temp)
n23_warmcloud_jan4 = $n21_memory * $n25_memory;
#define n16_memory Float(NOT $n4_temp AND ($n1_ir1_gcp_07jan_04 < 250))
n18_no_cirrus_jan4 = $n16_memory * $n1_ir1_gcp_07jan_04;
n6_cirrus_jan4 = $n4_temp * $n1_ir1_gcp_07jan_04;
QUIT;
```

ภาคผนวก ง
คำสั่งโปรแกรมวิเคราะห์และแสดงกลุ่มเมฆ

ตาราง ง.1 คำสั่งโปรแกรมวิเคราะห์และแสดงกลุ่มเมฆ

```

<HTML>
<HEAD>
<META HTTP-EQUIV="Content-Type" CONTENT="text/html; charset=utf-8">
<title>Cloud Monitoring System</title>
<SCRIPT language="javascript">
<!-- hide the script from old browsers
//*****
//***** SET UP THESE VARIABLES - MUST BE CORRECT!!!*****
//image_name = "../storm-surge/surge"; //the base "path/name" of the image set
without the numbers

image_name = "show/";
//image_name = "http://mscweb.kishou.go.jp/sat_dat/img/reg/sea1/ir1_"; //the
base "path/name" of the image set without the numbers
image_type = "jpg";          //"gif" or "jpg" or whatever your browser can
display

first_image = 00;           //first image number
last_image = 23;           //last image number

    //!!! the size is very important - if incorrect, browser tries to
    //!!! resize the images and slows down significantly
animation_height = 461;     //height of the images in the animation
animation_width = 300;     //width of the images in the animation
//*****
//*****
//=== THE CODE STARTS HERE - no need to change anything below ===
//=== global variables ===
theImages = new Array();
normal_delay = 300;
delay = normal_delay; //delay between frames in 1/100 seconds
delay_step = 30;
delay_max = 4000;
delay_min = 10;
current_image = first_image; //number of the current image

```

```

timeID = null;
status = 1;          // 0-stopped, 1-playing
play_mode = 1;      // 0-normal, 1-loop, 2-swing
size_valid = 0;

//==> makes sure the first image number is not bigger than the last image
number
if (first_image > last_image)
{
    var help = last_image;
    last_image = first_image;
    first_image = help;
};

//==> preload the images - gets executed first, while downloading the page
for (var i = first_image; i <= last_image; i++)
{
    theImages[i] = new Image();
    //theImages[i].onerror = my_alert("\nError loading
,image_name,i,image_type,!");
    //theImages[i].onabort = my_alert("\nLoading of ",image_name,i,image_type,"
aborted!");
    var j = 23-i;
        if (j<=9)
        {
            theImages[i].src = image_name + "0"+ j + "." + image_type;

        } else {
            theImages[i].src = image_name + j + "." + image_type;
        }
};

//==> displays image depending on the play mode in forward direction
function animate_fwd()
{
    current_image++;
    if(current_image > last_image)
    {

```

```

if (play_mode == 0)
{
    current_image = last_image;
    status=0;
    return;
};          //NORMAL
if (play_mode == 1)
{
    current_image = first_image; //LOOP
};
if (play_mode == 2)
{
    current_image = last_image;
    animate_rev();
    return;
};
};
document.animation.src = theImages[current_image].src;
document.control_form.frame_nr.value = current_image;
timeID = setTimeout("animate_fwd()", delay);
}

//==> displays image depending on the play mode in reverse direction
function animate_rev()
{
    current_image--;
    if(current_image < first_image)
    {
        if (play_mode == 0)
        {
            current_image = first_image;
            status=0;
            return;
        };          //NORMAL
        if (play_mode == 1)
        {
            current_image = last_image; //LOOP

```

```

};
if (play_mode == 2)
{
    current_image = first_image;
    animate_fwd();
    return;
};
};
document.animation.src = theImages[current_image].src;
document.control_form.frame_nr.value = current_image;
timeID = setTimeout("animate_rev()", delay);
}

//==> changes playing speed by adding to or subtracting from the delay
between frames
function change_speed(dv)
{
    delay+=dv;
    if(delay > delay_max) delay = delay_max;
    if(delay < delay_min) delay = delay_min;
}

//==> stop the movie
function stop()
{
    if (status == 1) clearTimeout (timeID);
    status = 0;
}

//==> "play forward"
function fwd()
{
    stop();
    status = 1;
    animate_fwd();
}

```

```

//==> jumps to a given image number
function go2image(number)
{
    stop();
    if (number > last_image) number = last_image;
    if (number < first_image) number = first_image;
    current_image = number;
    document.animation.src = theImages[current_image].src;
    document.control_form.frame_nr.value = current_image;
}

//==> "play reverse"
function rev()
{
    stop();
    status = 1;
    animate_rev();
}

//==> changes play mode (normal, loop, swing)
function change_mode(mode)
{
    play_mode = mode;
}

//==> sets everything once the whole page and the images are loaded (onLoad
handler in <body>)
function launch()
{
    stop();
    //----configure for auto start
    status = 1;
    play_mode = 1;
    change_mode(play_mode);
    animate_fwd();
    //-----
    current_image = last_image;
}

```

```

document.animation.src = theImages[current_image].src;
document.control_form.frame_nr.value = current_image;
// this is trying to set the text (Value property) on the START and END buttons
// to S(first_image number), E(last_image number). It's supposed (according to
// JavaScript Authoring Guide) to be a read only value but for some reason
// it works on win3.11 (on IRIX it doesn't).
document.control_form.start_but.value = "-24 Hrs.";
document.control_form.end_but.value = " Now Hrs.";
// this needs to be done to set the right mode when the page is manually
reloaded
change_mode (document.control_form.play_mode_selection.selectedIndex);
}

//==> writes the interface into the code where you want it
function animation()
{
document.write(" <P><IMG NAME=\"animation\" SRC=\"loading.gif\"
HEIGHT=",animation_height, " WIDTH=", animation_width, "\"
ALT=\"[jsMoviePlayer]\">");
document.write(" <FORM Method=POST Name=\"control_form\"> ");
document.write(" <INPUT TYPE=\"button\" Name=\"start_but\" Value=\"
START \" onClick=\"go2image(first_image)\"> ");
document.write(" <INPUT TYPE=\"button\" Value=\" -1 \" onClick=\"go2image(-
-current_image)\"> ");
document.write("<INPUT TYPE=\"button\" Value=\" < \" onClick=\"rev()\"> ");
document.write("<INPUT TYPE=\"button\" Value=\" [ ] \" onClick=\"stop()\"> ");
document.write("<INPUT TYPE=\"button\" Value=\" > \" onClick=\"fwd()\"> ");
document.write("<INPUT TYPE=\"button\" Value=\" +1 \"
onClick=\"go2image(++current_image)\"> ");
document.write(" <INPUT TYPE=\"button\" Name=\"end_but\" Value=\" END
\" onClick=\"go2image(last_image)\"> ");
document.write(" <BR> ");
document.write(" <SELECT NAME=\"play_mode_selection\"
onChange=\"change_mode(this.selectedIndex)\"> ");
document.write(" <OPTION VALUE=0>play once ");
document.write(" <OPTION SELECTED VALUE=1>loop ");
document.write(" <OPTION VALUE=2>swing ");

```

```

document.write(" </SELECT> ");
document.write(" <INPUT TYPE=\"text\" NAME=\"frame_nr\" VALUE=\"23\"
SIZE=\"5\" ");
document.write(" onFocus=\"this.select()\"
onChange=\"go2image(this.value)\"> ");
document.write(" &nbsp;<INPUT TYPE=\"button\" Value=\" - \"
onClick=\"change_speed(delay_step)\"> speed ");
document.write(" <INPUT TYPE=\"submit\" Value=\" + \"
onClick=\"change_speed(-delay_step)\;return false\"> ");
document.write(" </FORM> ");
document.write(" </P> ");
};
//=== THE CODE ENDS HERE - no need to change anything above === -->
</SCRIPT>
</HEAD>
<BODY BGCOLOR="#FFFFFF" onLoad="launch();">
<CENTER>
<!------->
<TABLE BORDER=0 CELLPADDING=0 CELLSPACING=0>
  <TR ALIGN="Center" BGCOLOR="#FFFFFF">
    <TD>
<div class="container" style="position: relative">
<img style="z-index: 32; left: 0px; position: relative;" NAME="animation"
SRC="show/23.jpg" HEIGHT=461 WIDTH=300 ALT="[jsMoviePlayer]">
<div style="z-index: 100; left: 0px; position: absolute; top: 0px">
</div></div>
  </TD>
</TR>
</TABLE>
  <TABLE BORDER=0 BGCOLOR="ededed" CELLPADDING=0 CELLSPACING=0
WIDTH=300 >
  <FORM Method=POST Name="control_form">
  <TR ALIGN="Center" BGCOLOR="ededed">
    <TD WIDTH=50% ALIGN="Center">
      <FONT SIZE=-1 COLOR="#3300CC">Hours</FONT><BR>
      <INPUTTYPE="button"Name="start_but"Value="START"
onClick="go2image(first_image)">

```

```

        <INPUT TYPE="button" Name="end_but" Value=" END "
onClick="go2image(last_image)">
    </TD>
        <TD ALIGN="Center">
            <FONT SIZE=-1 COLOR="#3300CC">Animation</FONT><BR>
            <INPUT TYPE="button" Value=" < " onClick="rev()">
            <INPUT TYPE="button" Value=" || " onClick="stop()">
            <INPUT TYPE="button" Value="> " onClick="fwd()">
        </TD>
</TR>
<TR ALIGN="Center" BGCOLOR="ededed">
    <TD WIDTH=50%>
        <FONT SIZE=-1 COLOR="#3300CC">Speed</FONT><BR>
        <INPUT TYPE="button" Value=" - " onClick="change_speed(delay_step)">
        <INPUT TYPE="submit" Value=" + " onClick="change_speed(-delay_step);return
false">
    </TD>
    <TD>
        <FONT SIZE=-1 COLOR="#3300CC">Next- Previous</FONT><BR>
        <INPUT TYPE="button" Value=" << " onClick="go2image(--current_image)">
        <INPUT TYPE="button" Value=" >> " onClick="go2image(++current_image)">
    </TD>
</TR>
<TR ALIGN="Center" BGCOLOR="ededed">
<!----->
    <SELECT NAME="play_mode_selection"
onChange="change_mode(this.selectedIndex)">
<OPTION VALUE=0> 1 Loop
</option>
<OPTION SELECTED VALUE=1>Forever Loop
</option>
<OPTION VALUE=2>Swing Loop
</option>
</SELECT>
<INPUT TYPE="text" NAME="frame_nr" VALUE="23" SIZE="5"
onFocus="this.select()" onChange="go2image(this.value)">
</TR>

```



```
<!------->  
    </FORM>  
</TABLE>  
<!------->  
</CENTER>  
</BODY>  
</HTML>
```

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล	นายธีรพงศ์ เหล่าสุวรรณ
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2514
จังหวัด และประเทศที่เกิด	จังหวัดสงขลา ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2532	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่
พ.ศ. 2534	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
พ.ศ. 2536	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
พ.ศ. 2541	ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาการรับรู้จากระยะไกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
พ.ศ. 2556	ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำแหน่ง สถานที่ทำงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

ผลงานวิจัย

Laosuwan T, Pattanasethanon S, Sa-ngiamvibool W. Automated Cloud Detection of Satellite Imagery Using Spatial Modeler Language and ERDAS Macro Language. *IETE Tech Rev*, 30: 183-90; 2013.

Laosuwan T, Pattanasethanon S, Sa-ngiamvibool W. Using GIS, RS for Soil Erosion Mapping. *Geospatial World Weekly*. 2013. online available at <<http://www.geospatialworld.net/paper/application/ArticleView.aspx?aid=30407>>